



# 温州机械工程

2023 年 5 月 10 日 第 10 期 (总 27 期)

温州市品牌学会 浙江省机械工程学会温州服务站

立 创  
足 新  
企 服  
业 务

主 办：温州市机械工程学会  
主 编：吴庆鸿、管自琨  
责任编辑：吴一华、许 节  
地 址：温州市钱江路 121 号  
(温州宏伟建设有限公司 2 楼)  
邮 编 325000  
电 话：0577—88833377  
网址：[www.wzme.org/index.php](http://www.wzme.org/index.php)  
邮 箱：[wqh608@163.com](mailto:wqh608@163.com)

## ◆学会之窗

温州市机械工程学会 2023 年学术工作思路和举措

温州市机械工程学会 2023 年科技创新工作实施方案

## ◆温州市助力工程联合论坛

- 1、企业科技创新实践和探索 吴庆鸿 管自琨
- 2、特材高性能阀门关键技术开发及应用 王汉光
- 3、电力系统智能化自动化的发展探讨 邵武红
- 4、自动化智能化在电力系统运行中的探究 朱博
- 5、车床支架机械加工工艺及钻孔夹具设计 胡小英
- 6、空调中框模具结构设计 包飞霞
- 7、智能柔性灌装设备研发探索 林彬彬
- 8、储能电缆产品案例分析 谢祝国
- 9、笔业精密塑料模具设计 杨家辉
- 10、专用减速机智能化数字化设计探究 郑上剑
- 11、高品质带钢&复合带智能化设计探讨 卜一凡
- 12、智能组合型减速机设计探讨 周小飞
- 13、电缆分支箱设计探讨 张鹏
- 14、心率测量仪的设计与制作 温作平 林新雅
- 15、红外巡迹小车设计 林志楠 张远丽
- 16、掌握科技信息研发智能控制包装生产线的探究 徐文超
- 17、电力铁塔构件热镀锌净化装置及净化工艺探究 廖兴利
- 18、电力铁塔构件热镀锌合金及工艺创新新探讨 柯拥军
- 19、高效率高稳定性减速机关键技术探究 吴宾辉
- 20、温州泵阀智能化关键技术研究 学会技术攻关组
- 21、温州电机换向器产业高质量发展研究 学会技术攻关组



## 温州市机械工程学会简介

温州市机械工程学会总部设在（钱江路 121 号）温州宏伟建设有限公司 2 楼，办公场地 120 多平米，是温州市科协品牌学会和浙江省机械工程学会温州市工作站。学会已建立网站实现网络化办公，目前学会总部秘书处有专职工作人员 5 名。学会成立于 1949 年 5 月 22 日，是我市最早成立的社会学术团体组织之一，学会党组织于 2000 年 5 月 12 日经市委直属机关工作委员会批准成立，2020 年 5 月 22 日统一由中共温州市民间组织联合委员会批准建立。学会是汇集我市机械工业各学科的优秀人才宝库，是机械行业学术领导的智力集团。促进科技进步，开展技术创新，推动学科发展是学会工作的基本任务。学会以改革开放为动力，创新为手段，为深入实施人才强市战略，全面贯彻中央科协的“一加强，四服务”职能，全面推进“科创中国”试点城市建设，围绕我市“5+5”产业，发挥全国(省级)学会人才智力资源和组织网络优势，大力推动全国(省级)学会高端智力资源为我市机械产业服务，打造产学研用深度融合的科技服务平台。

学会现有会员中有机械行业各类专家 500 多名，其中高级工程师

或副教授者 200 多名，教授级高工或教授者 30 多名。多人获省、市特级专家、劳模或模范等荣誉称号。

学会下设专家委员会、学术与培训、科普与咨询等工作委员会。并设有：设计、工艺、电器、医疗装备、泵阀、智能汽配、标准化、压力容器、热处理等专业分会或学组，学会同温大、温职院、浙江工贸学院、市工科院、市工业设计院及行业重点高新技术企业为核心，及行业知名企业，形成产学研为一体的体系。同时与进驻我市国内多所大学、建立良好的合作关系，浙江省机械工程学会同学会共同建立学会服务站，为企业开展系列科技咨询服务工作。曾获市科协五星级学会、等称号，学会承接市人社局、经信局人才工作站及职称评审、行业调研等职能，同时开展高新技术企业及新产品开发服务等工作。学会建有职称评审专家库、企业人才专家库及行业人才专家库等，5 个专家库共有专家 300 多人次。学会承接政府职能，在全国地方学会中领先，浙江省科学技术协会，在第十二届科协年会筹办工作快报第 36 期专题报道《温州市机械工程学会承接政府转移职能见成效》，温州市机械工程赢得荣誉。

【学会之窗】

## 温州市机械工程学会 2023 年学术工作思路和举措

### ——以职称评审赋能高层次人才培养与高质量项目驱动企业高质量发展

吴庆鸿 管自琨 张晓丹 许节

本学会不忘科技创新初心，产学研融合，勇担创新的使命，创建品牌学会和省机械工程学会温州学会服务站，集聚优势专家资源，实现人才集合、技术集成、积极协助政府授权的职称评审职能及人才工程培训；指导企业进行高企认定工作；结合企业的特点，推动企业掌握科技信息，瞄准国内外先进水平围绕智能化关键共性技术开展科技攻关。

本着《以职称评审推进高层次人才培养与高质量项目驱动企业高质量发展》的理念，凝聚智慧力量，踔厉奋发，以实干实绩，奋力续写科技创新新篇章，开展全方位服务温州企业，推进企业科技创新发展。

#### 一、以职称评审赋能人才培养，支撑企业科技创新

近年来参加职称评审的人数都在逐年稳步增加，越来越多的人参与到了职称评审的“浪潮”中来，而与之相对的就是职称评审整体的评审申报难度也在逐年增加，对于那些满足申报条件的科技人员来说，如果不尽早进行评审，那么日后就将面临更多人的竞争，和更苛刻的评审难度。

多年来我们指导企业科技人员职称申报工作，总结了有关申报工作程序，注意事项及与历年来企业高企认定的 RD、PS、IP 有序对接

问题并认为申报职称的企业科技人员，把控申报工作的关键内容和申报成功的切入点，注意网络申报的时间节点等。

在指导实践中感悟到：企业科技人员的职称申报过程是对自己技术历程的回忆、整理、提高的过程。在申报目标确立之后，就坚韧不拔推进、锲而不舍奋斗，任何一项工作的落实都在“具体”里，细微之处见真功，体现着智慧和能力、胸怀和境界。

### 1、全方位掌握职称评审系列材料政策文件

2、申报工作政策性强，要细致地按申报材料的真实性，准确性，完整性要求编写 2023 年度正高、高工申报预案。

#### （1）正高申报预案

——正高评审 8 项条件中符合 4 项以上入围并列出申报清单

#### （2）高工申报预案

——各级打分表，按方案可 81-85 分，能入围。

3、职称申报材料：与历年来高企认定的 RD、PS、IP 紧密相关，要有序整理。

### 4、职称评审申请网上系统填报指南

用人单位和申报人员在浙江省专业技术职务任职资格申报与评审管理服务平台首页 (<https://zcps.rlsbt.zj.gov.cn>) 浏览用人单位操作手册和个人用户手册。

## 二、高企认定是企业创新能力和水平的标志，赋能企业研发活动 RD、知识产权 IP、高新技术产品 PS

高企认定是企业创新能力和水平的标志和荣誉，是企业科技成果的积累和沉淀。多年来我们从事高企认定工作并探讨如何使认定材料

体现企业整体实力，突出企业研发活动（RD）、知识产权（IP）、高新技术产品（PS）的科技创新能力。

## 1、掌握公司（2020 年-2022 年）研发项目 RD 投入、转化时间、高新技术产品 PS 表

（总指挥表，申报过程中不断跟踪、完善）

## 2、搞好（2020 -2022 年）高企认定的前期准备工作

### （1）研发费用归集“合理化”

研究开发费用归集范围：人员人工费用、直接投入费用、折旧费用与长期待摊费用、无形资产摊销费用、设计费用、装备调试费用与试验费用、委托外部研究开发费用（按照实际发生额的 80%计入）及上述费用之外与研究开发活动直接相关的其他费用。

### （2）知识产权布局“前置化”

知识产权要求：企业通过自主研发、受让、受赠、并购等方式，获得对其主要产品（服务）在技术上发挥核心支持作用的知识产权的所有权；企业创新能力评价细则中，知识产权分值为 30 分，主要从知识产权技术的先进程度、对主要产品（服务）在技术上发挥核心支持作用、数量及获得方式四个方面进行评分。

### （3）科技成果转化“常态化”

科技成果相关定义：企业创新能力评价细则中，科技成果转化能力分值为 30 分。

科技成果是指通过科学研究与技术开发所产生的具有实用价值的成果（专利、版权、集成电路布图设计等）。科技成果转化是指为提高生产力水平而对科技成果进行的后续试验、开发、应用、推广直至形成新产品、新工艺、新材料。

#### （4）组织管理体系“规范化”

组织管理要求：企业创新能力评价细则中，研究开发组织管理水平分值为 20 分。主要评价内容为：

### 3、《关于温州市高企认定 RD、IP、PS 数据调查分析研究》（温州市机械工程学会研究成果，载中国科协科创中国）

RD、IP、PS 活动是科技活动的基础和核心，对科学技术向生产力转化起到了至关重要的作用。RD 投入强度、参与 RD 活动人员数、有 RD 活动企业数、建有研发机构企业数、专利申请数等 RD 数据是衡量一个地方科技创新能力的重量指标，也是对地方政府科技工作年度考核的主要指标。而高技术产业是 RD 活动最活跃的产业经济领域，能较好反映一个地方企业的科技创新力工作。同时基于数据的可得性、权威性这样的背景和考虑，该项目通过对温州市高技术产业企业 RD、IP、PS 活动资料的分析，深入研究近几年来温州市高技术产业工业企业 RD、IP、PS 活动的概况和发展趋势，同时对比分析温州市高技术产业工业企业 RD、IP、PS 活动的结构、特点和不足，并运用数学统计工具系统分析温州市高技术产业工业企业 R&D 活动对于进一步加快温州市高技术产业工业企业 RD 活动和技术创新步伐，提出相应的对策与建议。

### 三、开发自主科技信息资源，服务温州企业攻关智能化关键共性技术

学会专家团队发挥多学科、多专业特点，开发具有自主知识产权科技文献资源并掌握科技信息和调研成果，以网络、大数据、政策研究为依托，服务温州企业攻关智能化关键共性技术绩效显著并推荐 2 项 2023 年温州企业重点攻关智能化关键共性技术预调研项目。

## 1、开发具有自主知识产权科技文献资源并掌握科技信息

### （1）掌握科技信息 开发自主科技信息资源

企业技术创新，根据市场需求、竞争状态以及自身条件，提出研发思路、立项，并组织人员进行技术研发、试产和产业化，以满足市场的需求，提高自身的竞争力。掌握科技信息，了解国内外最新研究，帮助正确选课题，确保科研项目的新颖性。

### （2）自主开发科技信息资源

十年来温州市机械工程学会与温州市赛思科技事务所合作，成立“浙江省科技查新咨询协会查新工作站”，具有自主信息系统，为温州企业快捷使用科技信息提供服务。温州市创新科技资源检索系统。整个系统分为四大模块，访问控制，数据存储，数据更新，数据查询，并且都已封装完毕，工作人员在 web 网页上操作即可。

### （3）瞄准国内外先进水平，使企业的创新走向科技的前端

利用科技信息，瞄准国内外先进水平，可为企业技术人员提供前人研究的科技信息，使企业的创新走向科技的最前端。

创新点是非常关键，一是以通用、规范的科学技术概念清楚表达，简明、透彻；二是条理清晰，逐条分别列出；三是清楚、准确，突出技术主题或特征。技术创新点可以分为 5 种类型

## 2、专家团队攻关智能化关键共性技术绩效显著

学会专家团队发挥多学科、多专业特点，开发具有自主知识产权科技文献资源并掌握科技信息和调研成果，以网络、大数据、政策研究为依托，服务温州企业攻关智能化关键共性技术绩效显著

### （1）智能模块化软管包装生产线的研发

### （2）数控电机换向器生产线的研发

(3) BL-400S 全伺服多规格自动包装生产线

(4) 基于机器视觉的牛奶外包装质检系统研发

(5) “一带一路”国家电力铁塔高耐蚀热浸厚锌层关键技术研发与产业化

(6) 大口径高压高密封 LNG 用深冷球阀关键技术开发与产业化

### 3、学会 2023 年智能化关键共性技术攻关项目

(1) 建立基于赶超国际水平的温州泵阀智能化网络化产业群（永嘉、龙湾、瑞安、浙南产业集聚区）科技评价系统及其高端产品共性关键技术攻关创新平台研究预可行性研究报告

① 温州泵阀联合体共性关键技术攻关内容

② 建立温州泵阀行业（永嘉、龙湾、瑞安、浙南产业集聚区）共性关键技术事实型数据库

③ 温州泵阀企业科技竞争力评价系统的应用

(2) 建立基于国际化智能化温州特色电机换向器产业集群高质量发展创新平台预可行性研究报告

① 概述：电机换向器是电机的关键部件，电机应用覆盖几乎全部国民经济基础行业，市场对换向器的需求量庞大且持续增长。

② 温州特色电机换向器行业创新发展的建议

\* 《智能数控电机换向器生产线》提高无故障时间的研究。

\* 《电机换向器系列产品设计》对产品进行模块化设计。

③ 换向器聚集核心技术高质量发展建议

【学会之窗】

## 温州市机械工程学会 2023 年科技创新工作实施方案

### 实施方案之一：以职称评审赋能人才培育，支撑企业科技创新

职称评审工作政策性强，要认真细致地按真实性，准确性，完整性要求。现将历年来指导企业正高高工评审，就关工作程序，注意事项及如何与历年来高企认定的 RD、PS、IP 有序对接，编写成书《掌握职称评审系列材料，以职称评审推进人才培育，支撑企业科技创新》作为 2023 年度职称评审工作的预案。

### 实施方案之二：高企认定是企业创新能力和水平的标志

——赋能企业研发活动 RD、知识产权 IP、高新技术产品 PS

高企认定是引导企业走自主创新、持续创新的发展道路，是企业技术研发成果的积累和沉淀，也是公司科技创新的软实力。高企认定是企业创新能力和水平的标志和荣誉，是企业科技成果的积累和沉淀。多年来我们探讨高企认定工作讨如何体现企业整体实力，科技创新能力。赋能企业研发活动（RD）、知识产权（IP）、高新技术产品（PS）。

#### 第三章 高企认定研究材料

一、温州市高技术产业企业 RD、IP、PS 活动情况分析

二、温州市高新技术企业增强研发（RD）、知识产权（IP）、高新技术产品（PS）活动的分析研究。

三、高新技术企业研发（RD）、知识产权（IP）、高新技术产品

（PS）活动的效应分析

四、关于高新技术企业科技竞争力的评价

### **实施方案之三：开发自主科技信息资源，服务温州企业**

历年来，学会专家团队发挥多学科、多专业特点，开发具有自主知识产权科技文献资源并掌握科技信息和调研成果，以网络、大数据、政策研究为依托，服务温州企业攻关智能化关键共性技术绩效显著并推荐 2 项 2023 年温州企业重点攻关智能化关键共性技术预调研项目。现编写《开发自主科技信息资源，服务温州企业攻关智能化关键共性技术》与同仁分享。

温州市机械工程学会秘书处

【温州市助力工程联合论坛】

## 企业自主创新能力建设与提升论文集

### 序 言

我们举办企业自主创新能力建设与提升研讨会，为企业创新驱动发展，激活产学研一体化，更好地为温州市经济发展提供服务。

机械制造是一个国家发展现代科技和国民经济的基础，是科技水平的集中体现和实现技术创新的主体，也是科学技术的基本载体。

温州市机械工程学会成立于 1949 年 7 月 22 日，是全市第一家成立的学会，至今已历十届理事会。现有会员 500 多人，其中副高以上 150 多人，正高 20 多人，有 30 多人获国务院特殊津贴、市杰出贡献，拔尖人才、“151”及“551”第二层次以上人才等荣誉称号。学会设有机械工业专家委员会、学术培训、科技咨询及激光与机电、电气、汽摩配、泵阀等十多个机构。温州大学等全市七所有关院校，温州工科院、温州产品质量检测院、国家泵阀检测中心（永嘉）等 5 所研究院、检测院及相关高新技术企业均是学会理事单位。2016 年学会经温州市人民政府批准，获可承接政府职能资质，目前已承接温州市人社局委托的全市企业机械工程类工程师评审工作，以及新产品、新技术鉴定。国家行业标准起草推荐等工作，为温州机械工业的壮大发展及高新技术的发展做出应有的贡献。

当前，温州市政府重点扶持发展的五大支柱产业，机械工业占三项（包括电气、汽摩配、泵阀），机械工业总量占全市经济总量的三

分之二以上，高新技术产品和企业也占全市 70%以上，享誉国内外。

温州市助力工程联合论坛为我市工业经济转型发展，为创新驱动发展服务。更好地开展产学研一体化工作，通过互动把学会（协会）、校企联合起来，实现科研，行业生产，经济资源有效整合。更好地为温州经济发展提供服务，以提质增效为中心，加快新一代信息技术与制造业深度融合，推进智能制造，促进经济社会发展和强化工业基础能力，提高综合集成水平，完善多层次多类型人才培养体系，促进产业转型升级，实现制造业由大变强的历史跨越。

温州市助力工程联合论坛通过学会（协会）的桥梁作用，把高校、科研院所资源与我市工业经济更加紧密地结合，以实干奋进的新作为新成效推进温州高质量发展。

吴庆鸿 管自琨

2023 年 5 月

## 01 企业科技创新实践和探索

吴庆鸿 管自琨

（温州市机械工程学会 浙江 温州，325000）

温州市机械工程学会凝聚智慧力量，踔厉奋发，以实干实绩，奋力续写科技创新新篇章，开展全方位服务企业，推进企业科技创新。开发具有自主信息系统，整个系统分为四大模块，访问控制，数据存储，数据更新，数据查询。学会核心团队，2023 年重点研发”建立基于赶超国际水平的温州泵阀智能化网络化产业群（永嘉、龙湾、瑞安、浙南产业集聚区）高端产品共性关键技术攻关创新平台”及”建立基于国际化温州特色智能化网络化温州电机换向器产业集群高质量创新平台”。

### 一、高企认定企业注意事项及研发活动（RD）、知识产权（IP）、高新技术产品（PS）的分析

#### 1、《关于温州市高企认定 RD、IP、PS 数据调查分析研究》

RD、IP、PS 活动是科技活动的基础和核心，对科学技术向生产力转化起到了至关重要的作用。RD 投入强度、参与 RD 活动人员数、有 RD 活动企业数、建有研发机构企业数、专利申请数等 RD 数据是衡量一个地方科技创新能力的重量指标，也是对地方政府科技工作年度考核的主要指标。而高技术产业是 RD 活动最活跃的产业经济领域，能较好反映一个地方企业的科技创新力工作。同时基于数据的可得性、权威性这样的背景和考虑，该项目通过对温州市高技术产业企业 RD、IP、PS 活动资料的分析，深入研究近几年来温州市高技术产业工业企业 RD、IP、PS 活动的概况和发展趋势，同时对比分析温州市

高技术产业工业企业 RD、IP、PS 活动的结构、特点和不足，并运用数学统计工具系统分析温州市高技术产业工业企业 R&D 活动对于进一步加快温州市高技术产业工业企业 RD 活动和技术创新步伐，提出相应的对策与建议。

## 2、温州市高新技术企业研发 (RD)、知识产权 (IP)、高新技术产品 (PS) 活动的效应分析

国家对高新技术企业的资金支持影响的效果究竟如何？总体上可分为挤出效应和诱导效应两大类。国家资助的激励效果随资助率（即国家资助企业研发的金额与企业研发支出的比例）而变化，这种杠杆效应与资助率的关系呈“倒 U 型”曲线，即到一个临界点后，效应随着资助率的增加反而减少，逐渐产生挤出效应。

采用统计学中的皮尔逊函数作为分析工具，分析国家投入的 RD 资助资金和企业研发资金投入、有 RD 活动企业数、建有研发机构企业数、企业新产品 PS 项目数、企业专利 IP 申请数等活动的相关性，并对分析结果提出相应的对策与建议。

(1) 国家研发资助资金投入与温州市高新技术企业研发资金投入、有 RD 活动企业数、有研发机构企业数、企业 PS 新产品项目数、企业 IP 专利申请数之间的皮尔逊系数接近零，不存在线性相关。国家研发资助资金投入似乎对温州市高新技术产业企业的研发资金投入等 RD 活动既没有产生挤出效应和也没有产生诱导效应。

(2) 企业主营收入与温州市高新技术产业企业研发资金投入、有 RD 活动企业数、有研发机构企业数、企业 PS 新产品项目数、企业 IP 专利申请数之间的皮尔逊系数接近 1，存在高度线性相关。企业

RD 活动的首要动力来源是“市场需求”，另一层面说明，企业的 RD 活动对企业主营业务收入有高度线性相关，企业的 RD 投入增加，企业主营业务收入也成线性增加，企业的 RD 活动对企业的效益起正面激励作用。

（3）企业 RD 活动来自市场的因素远比国家研发资助资金来得重要。国家应尽量提供包括公平的竞争环境、有力的知识产权保护制度、市场导向的利益分配机制等等在内的有效的制度安排和激励机制。另外，温州市高新技术企业绝大部分是中小企业，企业 RD 活动的动力来源更多是市场的近期目标，对于影响行业发展的关键共性技术，中小企业没有实力和动力投入资源进行研发，建议国家研发资助资金更多考虑投入到影响地方产业发展的关键共性技术。国家可以购买的方式，委托高能级的研究机构来研究开发，或组织关联企业共同投入，知识产权相关企业共享，推动地方对于产业突破发展瓶颈，促进企业进级发展。

## 二、掌握科技信息，瞄准国内外先进水平，结合企业特点，围绕智能化关键共性技术科技攻关

温州市机械工程学会与温州市赛思科技事务所合作，成立“浙江省科技查新咨询协会查新工作站”，具有自主信息系统，为温州企业快捷使用科技信息提供服务。温州市创新科技资源检索系统。整个系统分为四大模块，访问控制，数据存储，数据更新，数据查询，并且都已封装完毕，工作人员在 web 网页上操作即可。

1、建立基于赶超国际水平的温州泵阀智能化网络化产业群（永嘉、龙湾、瑞安、浙南产业集聚区）科技评价系统及其高端产品共性

## 关键技术攻关创新平台研究

改革开放温州泵阀产业誉享全国,是国内泵阀产业最集中、规模最庞大的城市,全国半数以上的企业汇集在这里,泵阀成为温州当之无愧的支柱产业之一。数据显示,温州市现有泵阀企业约 3200 家,从业人员超 8 万人,2022 年 1~5 月,温州全市泵阀产业实现规上工业总产值 141.9 亿元。

从产业链看,温州的阀门产业也十分成熟,囊括了阀门所需的上游原材料、配件与下游产品。而且在以出口为主的泵阀行业中,温州更是走在前列,业内专家预测,在经济下行压力加大的背景下,温州的泵阀出口额每年仍将以 20%~30% 的速度递增。

庞大的规模、高度的聚集、迅猛的发展,一方面让温州当地泵阀产业形成规模效应、不断吸引资金、人才等资源流入,部分企业崭露头角,成为当地的龙头企业。另一方面,由于行业井喷式发展,大部分企业陷入低价、低质竞争的恶性循环。

但是,尚未构建以永嘉为重点,龙湾、瑞安、浙南产业集聚区协同推进的发展格局,影响了温州泵阀的进一步发展。

### （1）建立科技创新服务联合体,发挥温州泵阀的整体功能

未来五年,泵阀行业将以节能环保、智能控制、高精尖为主攻方向,加快形成龙头引领、配套完整、开放合作的提升模式,构建以永嘉为重点,龙湾、瑞安、浙南产业集聚区协同推进的发展格局,建设全国重要泵阀产业基地。加快发展适用于高温、高压、高磨损等特种作业环境的工艺流程关键单元泵阀设备及相关配套产品。

永嘉泵阀产业: 引领智能制造现代化先行。经过 40 多年的长足

发展，永嘉泵阀已成为永嘉县四大传统产业中的第一大支柱产业，也是全省 26 个山区县中唯一一个单体产业产值超 300 亿的行业，使永嘉成为全国规模最大、产量最高、品种规格最全、企业最为集中的泵阀产品制造基地，已集聚泵阀企业 3294 家，市场份额约占全国的 1/4、全省的 1/2，已创成全国泵阀产业知名品牌创建示范区，可生产 3 千多个品种、4 万多个规格泵阀产品，实现了温州全国知名品牌创建示范区“零”的突破。2021 年，全县泵阀产业年度产值达 374 亿元。

龙湾泵阀产业作为支柱型传统产业经过多年发展，在产业集聚、市场占有、品种体系等方面形成一定规模。去年实现规上企业工业总产值 78.58 亿元，产品涵盖通用阀门及其他特殊材料阀门共 2000 多个品种。截至目前，龙湾区拥有阀门生产和加工企业 1429 家。

瑞安的泵阀行业比较特殊，在温州来说，总的体量很小，只有十几家企业，但每家企业都很有特色。比如，嘉利特荏原有限公司、凯瑞特阀业有限公司（以下简称“凯瑞特阀业”）、浙江贝尔阀门有限公司（以下简称“贝尔公司”）等，在各自的细分领域拥有相当的话语权。市机械电子行业协会会长陈晓宇介绍，2021 年，对于瑞安泵阀业来说，是一个收获之年，市场环境好，企业创新力度大，预计泵阀业规上企业的年产值将超 30 亿元，平均增长幅度在 20%至 30%之间。

泵阀行业的发展对促进我市制造业发展，加快传统制造业改造提升起到了较大的作用，为实体经济发展培育了新动能。

## （2）温州泵阀联合体共性关键技术攻关内容

重点发展（超）临界火电、核电、长输管线、石油化工、LNG 等领域阀门设备，大力发展应用于石油化工、煤化工、环保、城建等领

域配套泵、多级泵、潜水泵等产品。加快发展适用于高温、高压、高磨损等特种作业环境的工艺流程关键单元泵阀设备及相关配套产品。

重点扶持应用新材料、新工艺开发的高参数、强耐蚀、长寿命、高可靠性的泵阀产品和自控和程控类阀门产品的发展,带动相关产业发展,使这种新型泵阀产品及其相关产业成温州泵阀行业新的增长点。提升泵阀产业的现代化水平,提高竞争力。

重点发展新材料应用的阀门,如超低碳不锈钢阀门等;新领域应用的阀门,如建筑部门急需的水力平衡阀、汽车工业急需的多功能瓶用阀门等;长输管线用阀,如公称压力范围在 PN1506、公称通径范围在 DN2'~40, T-290~121℃, ≤450℃, 材质为 WCB、WC 等的平板式闸阀、球阀、止回阀等;核工业和电站用阀,如 PN15.2Mpa, DN20~300mm, T320℃, 材质为 304、316、316L 的闸阀、截止阀、止回阀等,以及按国外先进标准阀门等。

(3) 建立温州泵阀行业(永嘉、龙湾、瑞安、浙南产业集聚区)共性关键技术事实型数据库

如果缺少事实型数据的支持,研究结果都很难保持客观、公正。各种评价方法和评价模型各自为战,缺乏开放性,研究和评价数据无法复用。

#### (一) 温州泵阀企业科技竞争评价系统的研究

温州泵阀企业科技竞争力评价系统是以事实型数据为基础设计构建的,为解决前面所论及的共性问题提供了一个新的研究视角。

#### (二) 评价指标体系建立及事实型数据库建立

##### 1、企业科技竞争力评价指标体系的建立

## 2、事实型数据库的建设

### 3、建立以企业为核心的知识检索和链接系统

#### （三）温州泵阀企业科技竞争力评价系统的应用

通过建立企业科技竞争力评价指标体系和建设企业科技竞争力评价数据库群，同时结合相关信息和资源，利用科技专家队伍，以公开、公正、公平为基本原则，建立开放性的、以事实型数据为基础的中国企业科技竞争力评价系统，并通过互联网向社会开放，可以实现中国企业科技竞争力的动态评价和监测。

## 2、建立基于国际化温州特色智能化网络化瑞安电机换向器产业集群高质量创新平台

电机换向器是电机的关键部件，电机应用覆盖几乎全部国民经济基础行业，市场对换向器的需求量庞大且持续增长。本文就电机换向器生产线智能制造升级，阐述实施路径和可行性，为高质量发展换向器行业提供思路和建议。

#### （一）瑞安市电机换向器行业创新发展

为了适应国际主流创新发展的方法，从产品设计、技术研发、品牌建立、规模扩张作为产学研的核心工作，培育企业具备较强竞争能力。近年来国外电机企业纷纷进入中国国内市场，国际知名电机企业如博世、大陆、博泽、德昌、日本电装及万宝至等大都在中国设立生产基地。他们立足与其合作。目前，作为起步工作，从以下二方面作进行技术创新。

#### 1、《智能数控电机换向器生产线》提高无故障时间的研究。

#### 2、 进行电机换向器产品设计。对产品进行模块化设计，创造条

件与国内大型电机企业及国际知名电机企业如博世、大陆、博泽、德昌、日本电装及万宝至等在中国设立的生产基地合作，参与电机换向器产品设计开发，这是换向器创名牌产品的技术前提。

3、对瑞安市以及国内外电机换向器的现状及发展方向进行较深入的调研，为电机换向器的整体发展提供基础资料，也就是掌握竞争情报。

## （二）换向器聚集核心技术高质量发展

1. 全方位摸底换向器产业。瑞安换向器产业起步早，企业数量大，

产量占国内分量高。深圳、江苏几家较大的换向器企业皆由瑞安分公司。但瑞安本地换向器企业具体有多少家？规上企业有多少？规模如何？员工数量？占地面积？亩产产出量？以及本地企业在外地分公司的情况？等等，皆没有相对精确的数字。需要深入调研，并长年跟踪服务，解决企业困难。

2. 提出自动化、智能化解决方案，甚至换向器产业设备支撑发展规划，提高换向器“两个健康”高质量发展。

3. 引入高校研究院平台精准对接。瑞安各大牌高校研究院、技术

综合体落地，其支撑技术平台扎实有力。在诊断方案的基础上，建立换向器综合技术攻关组并换向器技术理论研究等。

## 02 特材高性能阀门关键技术开发及应用探索

王汉光

(维都利利阀门有限公司, 浙江 温州, 325000)

**摘要:** 特材高性能阀门关键技术开发及应用项目, 优化采用特殊合金材料, 耐腐蚀性非常强。设计“高进低出”的流道设计及双级截止阀体结构, 延长使用寿命。设计串联多级的迷宫式减压流道, 实现逐级降压效果。设计流线直通型结构介质通道, 流体运动阻力小, 压降损失小。设计阀座可微动的密封副自找正结构, 确保密封副的密封性能。

**关键词:** 特材高性能阀门 特殊合金 密封性能

### 一、产品研发的背景和意义

特材高性能阀门关键技术开发及应用项目, 优化采用特殊合金材料, 耐腐蚀性非常强。设计“高进低出”的流道设计及双级截止阀体结构, 延长使用寿命。设计串联多级的迷宫式减压流道, 实现逐级降压效果。设计流线直通型结构介质通道, 流体运动阻力小, 压降损失小。设计阀座可微动的密封副自找正结构, 确保密封副的密封性能。

随着现代化工技术的进步, 高温, 高压和催化剂的应用, 对管道和阀门材料提出了更高的要求。项目优化采用稀有贵重的锆材, 耐腐蚀性非常强, 抗腐蚀性好, 能够耐强氧化腐蚀性介质, 使用时间非常长, 一般不需要更换, 不会影响连续生产, 而且不会被腐蚀渗漏, 安全可靠具有重要价值, 其前景十分广阔。

### 二、国内外研究现状与发展趋势

随着现代化工技术的进步, 高温, 高压和催化剂的应用, 对管

道和阀门材料提出了更高的要求。目前,采用稀有贵重的锆材,耐腐蚀性非常强。阀体采用 ZTA2 或 TA2 钛材制造,阀杆采用 TC4 或 TA2 钛材,蝶板采用 ZTA2 或 TA2 钛材,紧固件采用 TC4 或 TA2 钛材。阀中所有接触强氧化腐蚀性介质的部分均采用钛材,抗腐蚀性好,能够耐强氧化腐蚀性介质,不会被腐蚀渗漏,安全可靠。

国内外同类产品综合比较如下,在阀门结构方面,目前的截止阀的缺点是启闭力矩较大,因阀体内流道比较曲折,流体流动阻力大,造成流体动力在管路中损失较大。有些工艺管线输送的介质腐蚀性强、压力大、流速高,相应也需要采用钛、锆等特殊材质制造的截止阀进行操作控制。通常的截止阀的阀体中都设有上、下腔体,介质是从下腔流向上腔,即“低进高出”,阀瓣则是从上向下位移关闭阀门,由于介质对阀瓣的作用力和阀瓣的位移方向相反,增加了需要的操作力矩,如果是高压大口径的阀门,操作力矩需要相当大,特别是手动操作非常费力,迫使阀杆、驱动装置等也相应需要大规格才可有效操作。而且,阀门关闭后介质对阀瓣的作用力还是持续向上的,减弱了阀瓣密封需要的下压力,影响了阀瓣的密封性能。针对现有技术缺陷及市场需求,研发一种特材压力平衡截止阀。

控制阀是用于控制系统改变管路中流体流量的装置,是管系中的终端控制元件,起着分配流体介质、调节流体流量等重要作用。近年来随着工业技术的不断进步,实际生产中出现的高温、高压等特殊工况对调节阀也提出了更高的要求。特别是应用于高压差场合的调节阀,由于流速很高,经常在内部节流件部位出现冲刷腐蚀,同时还伴有由空化现象引起的汽蚀、噪声和振动等危害,给安全生产带来重大隐患。针对现有技术缺陷及市场需求,研发一种特材多级降压控制阀。

调节阀是工艺管线中常用的阀门,有些管线输送的介质化学性质特殊,相应也需要采用钛、锆等特殊材质制作的调节阀。常见的调节阀较多是 GLOBE 型,介质通过的路线需要走“S”形,阀体内腔的流路复杂,死角较多,介质流阻大,对阀门的冲刷多,容易沉积,特别是高粘度、悬浮颗粒多的特殊介质,很有可能堵卡阀芯导向处。并且, GLOBE 型调节阀的阀芯是直线位移调节,切断能力不够强,容易阻滞,调节稳定性不理想,调节范围较窄。针对现有技术缺陷及市场需求,研发一种特材凸轮挠曲调节阀。

### 三、产品的技术关键与主要创新点分析

我主持的“特材高性能阀门关键技术开发及应用”项目,进行分析探讨如下。

1、项目产优化阀体结构,设计阀体上腔为介质入口,阀体下腔为介质的出口,从而改变介质流向,实现从阀体上腔往下腔的“高进低出”,降低阀杆尺寸,从而节约材料,降低成本。同时可以降低操作力矩,提高密封副之间的密封性。采用双阀瓣结构,通过阀瓣的通孔和泄压孔组成压力平衡通道,无需大操作力矩即可实现高压大口径的阀门开启。优化特材合金阀门热处理工艺,通过三次加热的工序,采用反复且匀速加热的方式,第一次加热的温度为 520℃,不会对合金造成损坏并且提高了热处理的效率,同时能够很好的使工件释放其中的残余应力,延长使用寿命;加热结束后采用风冷和空冷相结合的方式冷却,以不同的降温速率冷却工件,加快了工件的应力释放速度 20-25%。

2、项目产品阀芯采用“糖葫芦”形的一体成型结构,阀座内部具有和阀芯的凸起部一一对应的配合面,构成多级节流调节副。通过

设置多级阀芯以及与之对应的阀座, 流体介质的总压降被多个阀芯分配, 介质每经过一级阀芯的节流都产生压降, 实现逐级降压效果。阀芯通过淬火和回火热处理工艺, 提高汽阀门阀芯的综合性能, 起到细化晶粒的作用, 增加其强度, 采用了两次淬火能够很好的使工件释放其中的残余应力, 延长使用寿命。将一个整体的节流区域以多个分开的节流区域互相串联, 从而使较大的压差转换为多个较小的压差, 使每一次的降压范围都控制在饱和蒸汽压以上, 使空化现象不再出现。

3、项目产品采用流线直通型结构设计介质通道, 流体运动阻力小, 压降损失小。设计凸轮挠曲式的阀芯转动启闭结构, 通过阀杆的转动中心线和介质通道的轴线错位偏移, 阀芯是凸轮挠曲式的偏心转动启闭, 切断能力强, 同时阀芯和阀座只在启闭瞬间摩擦, 调节稳定性好, 调节范围大。设计阀座可微动的密封副自找正结构, 确保密封副的密封性能, 且拆装方便, 可以快速更换维护, 同时, 阀体和阀座间无泄漏。

#### 四、项目达到设计要求

1、特材压力平衡截止阀产品经浙江省泵阀产品质量检验中心检测, 所测各项指标符合 GB/T 12235-2007《石油、石化及相关工业用钢制截止阀和升降式止回阀》标准和相关要求, 同时, 项目还进行了多批次的自检工作, 经过不断的改进和完善, 最终达到预期目的。

项目产品已经小批量在国内推广使用, 经山东华鲁恒升股份有限公司、攀枝花兴辰钒钛有限公司、安徽皖维高新材料有限公司等多家用户使用, 反映良好。

2、特材多级降压控制阀产品经浙江省泵阀产品质量监督检验中心检测, 所测各项指标符合国家标准 GB/T4213-2008《气动调节阀》

的相关要求，同时，项目还进行了多批次的自检工作，经过不断的改进和完善，最终达到预期目的。

项目产品已经小批量在国内推广使用，经在攀枝花新中钛科技有限公司、郴州金山冶金化工有限公司、南京麦驰钛业有限公司多家用户使用，反映良好。

3、特材凸轮挠曲调节阀产品试制过程中，主要在于结构的创新，以及为了生产适应特殊工况的阀门，采用钛锆等特材制造。

项目产品通过采用流线直通型结构设计介质通道，流体运动阻力小，压降损失小。设计凸轮挠曲式的阀芯转动启闭结构，通过阀杆的转动中心线和介质通道的轴线错位偏移，阀芯是凸轮挠曲式的偏心转动启闭，切断能力强，同时阀芯和阀座只在启闭瞬间摩擦，调节稳定性好，调节范围大。设计阀座可微动的密封副自找正结构，确保密封副的密封性能，且拆装方便，可以快速更换维护。同时，阀体和阀座间无泄漏。

## 五、结语

特材高性能阀门关键技术开发及应用项目产品经过试制试产，已取得一定的生产经验和效果，已初步形成市场，并产生较好的经济和社会效益且市场前景良好。该新产品的试制是成功的，今后公司进一步完善产品性能，扩大产量和增加品种规格，提高产品质量，更好地满足用户需求。随着生产规模的扩大，必须进一步健全质量管理体系，保证长期稳定地生产高质量的产品，努力开拓市场，争取创造更好的经济和社会效益。

## 03 电力系统智能化自动化的发展探讨

邵武红

(浙江凯格赛杨智能科技有限公司, 浙江 温州, 325000)

**摘要:** 电力企业采取科学、有效的智能化自动化控制技术, 使电力系统始终保持在安全、可靠的运行状态。本文以电网智能化自动化对电力控制系统的实践方式进行分析, 从模糊控制方法、人工神经网络、专家系统三个方面入手, 明确了解电力系统自动化控制应该与智能控制技术充分整合, 将此作为发展方向, 从而为进一步提高我国电力系统综合发展水平奠定坚实基础。

**关键词:** 智能控制 电力系统 自动化控制系统 发展探讨

在推动电力系统落实各项自动化控制措施的过程中, 电力企业要明确了解, 电网调度系统自动化主要是以计算机为核心技术, 将电网系统自动化运行过程中涉及的信息进行集中处理, 通过屏幕实时显示收集的信息数据, 有效实现对信息的计算、分析、控制; 变电系统自动化主要是利用计算机技术, 实时监控系统运行状况, 及时反馈监控信息, 从而在发生故障问题的第一时间, 为技术人员制定具有较高合理性和可行性的解决方案; 配电网自动化主要是利用电力系统中的变电系统, 对传输给用户的电能进行运作与处理。电力企业应该在明确了解电力自动化控制系统实践原理和方式的基础上, 对系统未来发展方向进行全面探索。

### 一、电力自动化控制系统的实践途径

#### 1、电网调度的自动化应用

目前,我国电网调度系统主要划分为五个级别,不同级别在开展电网调度的过程中,都需要借助计算机技术,对调度工作进行科学、系统的控制。在对电力系统进行调度、运行的过程中,借助计算机系统,能够对电网调度涉及的每一个环节进行数据调度、系统评估、故障诊断,确保在电力调度、运行中,电网始终保持正常运行状态。

通过对计算机技术的有效应用,能够使电网调度总控制中心与各自控制中心之间充分实现信息传递与共享,将远程移动通讯中断设施设置在发电厂以及变电站,全面、实时采集整个电网在运行过程中发生的所有信息,并且利用计算机系统,对总电力系统以及各子电力系统的运行状态进行监控,借助信道,将信息自行传输到电网调度中心,由调度员进行统一查阅和分析,确保电力系统始终保持在安全运行状态。由此可见,在电力系统中灵活运用计算机技术,能够使电力调度质量和系统自动化程度得到有效提升。

## 2、变电系统的自动化应用

在自动化变电站系统中,利用输电线和变电站,能够促使计算机将电能提供给用户,彻底取代传统人工操作方式,保证系统操作准确率得到有效提高,节省大量人力资源的同时,强化电力系统操作精度和效率。而输电线+变电站的方式,能够替代传统电缆,节省电缆占据的空间,为变电站二次设备全面实现集成化、信息化、数字化目标创造良好环境。

通过对触摸屏技术的有效应用,能够为变电站系统生成对应的运行、管理档案,为工作人员日后审查提供便利。变电站系统自动化运行模式能够使传统人工操作方法存在的不足之处得到有效弥补;通过

对档案运行的有效管理,提高计算机技术管理成效;充分利用系统内部各项设备获取的信息数据,能够结合实际情况,对变电站各项设备的监控任务进行合理调整,方便后续工作的顺利开展。由此可见,提高变电站系统自动化水平,能够使电网整体运行质量有效提高,强化电力运输的稳定性、安全性、适应性。

### 3、配电网系统的自动化应用

想要确保电能在变电站内部实现合理转化,技术人员应该将发电设备和用电设施进行有效连接,借助计算机技术,将送电线路、变电所、配电所、配电线路组成网络体系,从而实现高质量的自动化通信,保证信息资源共通、共享的同时,提高配电系统自动化水平和运行效率。

通常情况下,技术人员为了确保沟通更加顺畅,都会将配电系统划分为三个级别,从而利用计算机技术,对变电站进行设备改造和系统升级,使变电站的各项运行需求得到充分满足,实现自动化控制与管理目标。通过这样的方式,不仅能够有效实现共享电网信息资源的目标,而且还能确保配电系统自动化程度不断加深,各项运行功能始终保持良好状态。

## 二、电力自动化控制系统的发展方向

在我国电力事业整体发展水平不断提高的背景下,电力企业之间的竞争越来越激烈,为了确保自身核心竞争能力得到有效提升,电力企业应该加强对电力系统自动化和智能化技术的充分整合,确保电力系统的各项配置具有较高完善性,采取的管理措施简单、有效、方便、快捷,促进电力系统快速实现无人化管理目标。

## 1、模糊控制

随着我国智能化技术研究能力和发展水平的不断提高,其中的模糊理论趋于完善,模糊化控制方法凭借自身具有的多元化优势得到了广泛应用,已经取得了良好效果。其优势主要表现在以下几个层面:第一,模糊控制方法在解决缺乏精确性和准确性以及由噪声产生的问题时,较为适用;第二,模糊知识在表达和转述专家经验时,依靠语言变量,与人的表达方式较为接近,在抽取和表达知识的过程中易于实现;第三,模糊控制方法具有的鲁棒性特征较为明显,当目标控制对象的参数发生变化时,不会对模糊控制结果产生明显影响。

由于传统电力系统采取的控制方法以模型控制为主,对应的线性模型较为简单;然而在自动化控制系统中,以非线性模型系统为主,导致控制难度提高,控制效果无法达到令人满意的水平。通过将模糊理论与电力自动化控制系统充分整合,建立模糊关系模型,能够模拟非线性过程对系统输出量与输入量的关系进行描述,弥补传统模型的短板。

## 2、人工神经网络

对于人工神经网络而言,主要是通过模拟人类的思维过程和推理过程,建立众多结构简单的神经元,并采取不同方式,将这些神经元进行有效连接,形成一个具有较高完整性的神经网络。由于单个神经元中在输入与输出的过程中存在明显非线性特征,所以,由此构建的人工神经网络也具备非线性特征,并且呈现出更加复杂的状态。

根据实际调查研究能够知道,将人工神经网络与电力自动化系统进行充分整合,具有的优势主要表现在以下几个方面:第一,人工神

神经网络具有的学习能力极强,能够对相关知识进行自我组织,具备适应和满足不同信息处理要求的能力;第二,人工神经网络通常会利用分布储存方式对信息进行处理,具有的容错能力较强;第三,人工神经网络包含的众多神经元彼此独立,能够独立处理各类数据信息,工作效率较高。

### 3、专家系统

专家系统的诞生时间较早,在经过长时间的发展之后,成为一项具有较高完善性和成熟性的控制技术。通常情况下,专家控制系统主要分为推理结构和知识库两个模块,具体控制方式是结合某一领域专家、学者提供的知识和意见指导,开展特定推理。在推理过程中,能够对人类专家的思维方式和分析方法进行模拟,从而结合最终分析结果,制定对应决策。

将专家系统与电力自动化系统进行充分整合,由调度人员利用自动化技术完成电力调度和运行,将传统数值分析方式缺乏科学推理性的问题妥善解决,在知识积累层面优于其他方式;电力系统自身具有较高复杂性和多元性,建立的数学模型以及获取状态量难度较高,而专家系统能够整合海量专业知识,降低相关工作难度。

### 结 语:

通过对电力自动化控制系统实现途径和发展方向展开的详细分析能够知道,我国社会经济的快速发展,虽然能够为电力行业实现可持续发展目标提供大量机遇,但同时也对电力系统的建设成效提出了更高、更严格的要求。将各种智能化技术与电力自动化控制系统进行

充分整合,不仅能够进一步提高电力系统的自动化水平,使电力系统的各项配置得到优化、综合管理水平有效提升,而且还能为电力系统实现高效、稳定、安全运行目标提供源源不断的技术支持。

#### 参考文献:

- [1]周圆,王哲强.基于电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用探析[J].电气技术与经济,2018(4):12-13.
- [2]吕睿,薛禹胜,黄天罡,等.关于电力系统失稳判据病态研究的评述[J].电力系统自动化,2022,46(18):169-178.
- [3]韩学山,李克强.适应新型电力系统发展的协同调度理论研究[J].山东大学学报(工学版),2022,52(5):14-23.
- [4]吴坡,张江南,王丹,等.调度自动化主站局域网冗余可靠性风险分析[J].电力系统保护与控制,2021,49(11):172-180.
- [5]李沛哲,肖振锋,陈仲伟,等.电力终端通信接入网通信技术匹配[J].电力科学与技术学报,2021,36(3):125-134.
- [6]邱冬,王秀茹,张科,等.主动配电网馈线自动化动作效果评估方法[J].哈尔滨理工大学学报,2021,26(2):83-90.
- [7]梁子龙,李晓悦,邹荣庆,等.基于 5G 通信智能分布式馈线自动化应用[J].电力系统保护与控制,2021,49(7):24-30.

## 04 自动化智能化在电力系统运行中的探究

朱 博

（爱诺执行器有限公司，浙江 温州，325000）

**摘要：**当前电力系统具有的智能化和自动化水平呈现出前所未有的发展态势，而电气工程自动化技术凭借自身具有的多元化优势，在促进现代电力系统发展的过程中发挥了不可替代的作用。因此，本文从电网调度自动化、变电站自动化、继电保护装置自动化、电力系统智能化等各个角度入手，对电气工程自动化技术的具体内容进行系统梳理，充分掌握电力系统运行过程中电气工程自动化技术的特点和优势，从而为全面提高我国电力系统发展水平奠定坚实基础。

**关键词：**智能化 自动化 电力系统 机电保护

### 一、自动化智能化在电力系统运行中的应用特征

#### （一）可靠性高

从整体层面分析，目前，我国电力行业市场发展规模庞大，电力系统已经成为各行各业生产、发展以及人们日常工作、学习、生活不可缺少的内容。加强对电气工程自动化技术与电力系统各项工作的充分整合，通过对信息管理系统平台的建立健全，使发电厂、变电站涉及的各项数据信息得到集中统计与处理，确保电力系统的可靠性大幅度提高。这一特征与我国电力系统安全、稳定运行要求高度契合，能够最大程度降低电力系统运行过程中发生的故障以及损失。

#### （二）维护方便

在我国社会综合发展实力不断增强的背景下,对用电量和用电质量的要求随之提升,增加了电力系统承受的运行压力,因此,必须采取有效方式,对故障问题进行积极维护与处理。利用电气工程自动化技术,能够使电力系统的各项运行工作得到有效监督,借助互联网技术的线上监督功能,做到及时发现问题、及时分析问题、及时处理问题,不仅能够使电力系统维护工作具有的科学性和灵活性得到有效提高,而且还能为保障电力系统实现安全、稳定运行目标创造良好环境。

## 二、自动化智能化在电力系统运行中的有效实践途径

### (一) 提高电网调度的自动化水平

电网工程凭借自身具有的重要性,成为我国电力系统体系结构的核心,通过与电气工程自动化技术的充分整合,能够使电网工程具有的智能化和自动化程度不断加深,为提高电力系统综合运行成效提供了技术支持,具体作用表现在以下两个方面:

第一,通过实现电网调度自动化目标,不仅能够使电力系统运行过程中涉及的数据采集能力、数据分析能力、数据处理能力得到全面提高,而且能够结合社会用电需求以及自身实际能力提供良好的用电服务,使电网调度具有的针对性和工作效率稳步提升,最大程度降低资源浪费情况的发生概率。

第二,电力系统涉及的设备种类和数量较多,通过实现电网调度自动化目标,能够以电力工程自身实际发展情况以及工程建设标准为依据,在电网运行过程中全面落实自动启动操作,从而对电力系统中的不同设备进行统一管理与有效控制。促进电气工程与电网自动化调

度之间实现良性循环的同时,为进一步提高我国电力系统综合运行成效提供技术支持。

## (二) 提高变电站的自动化水平

作为组成电力系统结构体系的重要内容之一,变电站自身建设水平和发展能力是否能够达到令人满意的水平,主要取决于是否能够对逐渐复杂化的系统进行有效控制,采取的各项管理措施和控制思路是否合理。从根源入手,提高变电站的运行质量,从而为强化电力系统运行成效提供积极帮助。

对于电气工程自动化技术而言,是一种包含众多内容的集合性技术,比如,计算机技术、现代通信技术、数据信息技术等。在电力系统变电站运营中灵活应用电气工程自动化技术,不仅能够使变电站的综合管理能力得到大幅度提升,而且还能采取快速、有效的方式,阻止变电站自动化运行过程中出现失误和错误,从而结合具体运行要求,对工作过程进行机械性优化和自动化调整。能够减少变电站在运行过程中产生的资源浪费情况,为电力工程师开展各项工作提供便利,降低工作难度、减少工作量。

比如,变电站的各项工作通常在高压环境下开展,相关工作人员和技术人员则要在高压环境下开展各项作业,当安全防护工作不到位时,很容易对工作人员和技术人员的生命安全产生威胁。通过将电气工程自动化技术充分应用在变电站各项工作中,不仅能够确保变电站工作人员在安全、稳定的环境下开展各项作业,而且还能使技术人员在电气工程自动化技术的加持下,快速、准确找到影响变电站正常运行的因素,并且采取有效措施及时处理。

### (三) 提高继电保护装置的自动化水平

在我国社会主义现代化建设水平不断提高以及发展能力全面加深的带动下, 各行各业对电能资源的需求量逐渐增加, 能够为社会发展以及人们正常生活和工作提供较大便利, 使电能成为我国能源结构体系中的重要资源之一。而电能资源使用量的不断增加, 使电力行业承担的压力随之提升, 对电力系统的功能提出了更高、更严格的要求。在此过程中, 人们对电力系统继电保护装置的优化与完善给予了高度重视。

通过将电气工程自动化技术充分作用到电力系统运行中, 能够确保继电保护装置实现自动化运行目标, 为社会提供高质量的供电服务, 使社会发展以及人们日常工作、生活中的用电需求得到充分满足; 电气工程自动化技术的有效应用, 还能够为继电保护装置自动化监测系统的建立健全提供技术支持, 对电力系统运行过程中继电保护装置的运行状态进行实时监测。通过系统分析、了解故障问题的产生原因, 对故障位置进行精准判断, 从而快速采取有效措施, 将故障问题妥善解决。提高电力系统综合运行效率的同时, 为促进电力系统安全、稳定运行创造良好环境。

### (四) 提高电力系统的智能化水平

在电力系统运行过程中灵活运用电气工程自动化智能化, 能够使电力系统具有的智能化水平得到全面提高。结合实际调查研究能够发现, 模糊控制技术、精准控制技术等一系列人工智能技术凭借自身具有的多元化优势, 在我国电力系统控制工作中发挥了重要作用, 不仅能够使电力系统运行工作具有的自动化和智能化水平得到全面提高,

而且还能确保各项自动化功能、智能化功能朝着更加规范和标准的方向不断完善，对提高我国电力行业综合发展实力具有重要的现实意义。

### 结语:

通过对电力系统运行中自动化智能化有效实践途径展开的详细分析能够知道，电气工程自动化技术是组成我国现代化电力系统运行体系不可缺少的重要内容之一，能够使电力系统运行工作具有的智能化和自动化水平得到全面提升。相比于其他国家，我国电力系统对电气工程自动化技术的应用还处于探索和发展阶段，具有较大的提升空间，因此，为了确保电气自动化技术的各项功能充分发挥到电力系统运行中，电力企业还应加强对电气专业人才的积极培养，采取现代化思想和方法，对自动化技术不断创新，建立健全可持续发展模式。

**参考文献:**

- [1] 吴坡,张江南,王丹,等.调度自动化主站局域网冗余可靠性风险分析[J].电力系统保护与控制,2021,49(11):172-180.
- [2] 张峰,韩伟,宋闯,等.智能变电站光纤链路在线监测与自动化测试系统设计[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2021,44(8):1038-1044.
- [3] 张恒旭,曹永吉,张怡,等.电力系统频率动态行为衍变与分析方法需求综述[J].山东大学学报(工学版),2021,51(5):42-52.
- [4] 赵曰浩,李知艺,鞠平,等.低碳化转型下综合能源电力系统弹性:综述与展望[J].电力自动化设备,2021,41(9):13-23,47.
- [5] 姚卓磊,黄文焄,余墨多,等.智能配电网电力-通信灾害故障动态协调恢复方法[J].电力系统自动化,2022,46(19):87-94.
- [6] 葛鑫鑫,付志扬,徐飞,等.面向新型电力系统的虚拟电厂商业模式与关键技术[J].电力系统自动化,2022,46(18):129-146.
- [7] 杜蕙,林涛,李轻言,等.电力——天然气互联系统协同安全机制:现状,问题与挑战[J].电网技术,2022,46(10):3764-3777.

## 05 车床支架机械加工工艺及钻孔夹具设计

胡小英

(瑞安博宇科技股份有限公司, 浙江 瑞安, 325200)

**摘要:** 随着我国制造业的发展, 车床支架零件的加工也越来越多, 不同的零件对加工的要求也不同, 其制造精度也有所不同。因此, 探讨车床支架零件的加工工艺对于我国未来制造业的发展也有着重要意义。本设计就车床支架零件的加工工艺规程及一些工序的专用夹具设计, 车床支架零件的主要加工表面是平面及孔系。重点是夹具的设计, 遵循先面后孔的原则, 由于工件上的孔系都要以底面作为基准加工, 故首先得加工出底面, 为保证孔的位置和加工准确性, 应在加工底面的时间通过画线找出底面的加工余量。这样就可以更好的保证孔系的位置和加工精度。因此工序一中的专用夹具的制造显得尤为重要, 在夹具设计中对工序一中铣削夹具进行了设计, 提供了一套可使用于中批量生产的, 经济性和实用性均良好的夹具设计方案。

**关键词:** 车床支架 机械加工 工艺 切削 夹具设计

### 前 言

“车床支架机械加工工艺及钻孔夹具设计”是传统的机械设计项目, 涉及到很多工艺规程设计方面的知识。

车床是机械加工方法中应用最为广泛的机床之一, 是加工轴类、盘套类零件的主要方法。车床支架是组成车床的重要零件, 并承受切削力, 因此它必须有足够的刚度和稳定性, 有较大的安装基面和必要的加强筋, 以防止加工中受力时产生振动和变形。

项目针对车床支架零件的加工进行了相关探索,设计出一种切实可行的工艺流程及工艺装备。在产品的加工过程中,工件在夹具内的定位和夹紧显得尤为重要,夹具是涵盖了从加工到组装的几乎所有操作过程的一种装夹设备。由于大量的加工操作需要装夹,夹具设计在制造系统中就变得非常重要,它直接影响加工质量,生产率和制造成本。本文通过分析支架零件的结构特点和加工要求,指定了一套较合理的夹具设计,从而为保证该零件的加工精度提供了一种经济实用的工艺装备,具有一定的实用价值。

## 1、项目任务

### 1.1 车床的发展概况

机床的夹具对机械加工来说是一个必不可少的一项,无论是车床、铣床还是磨床等都需要有各自的夹具,如果夹具不合适,肯定会严重的影响生产效率。随着我国机械行业的不断发展,机床的夹具对机械行业来说就尤为的重要,所以夹具的改革创新是非常重要的。

工件的生产加工的质量也与机床的使用寿命息息相关,加工质量不行对机床的损害也是很大的,而且夹具对于一个机床是否能加工出高质量的产品也是有很重要的。对此,对机床夹具中的定位误差以及夹紧等进行研究。

### 1.2 车床的工作原理及组成

对于一个机床来说,夹具是一个非常重要的装置,现有的一些夹具可能只能做一些特定的工件,比如说一个车床,夹具一般都是三爪式卡盘,这样的话只能应用于轴类的加工或者是对圆柱形的毛坯进行加工,如果可以设计出那种可以加工多边形的毛坯的那种夹具,那就可以方便

很多，毕竟车床很多都是数控的，只需要编好程序就行，肯定会大大的提升我们的加工生产效率。

### 1.3 设计任务

本次设计任务需完成毛坯选择、编排加工工艺、工装夹具设计、撰写产品说明书，以及图纸绘制等工作，图纸说明如下：

- |             |     |
|-------------|-----|
| 1. 毛坯—零件综合图 | 1 张 |
| 2. 工艺过程卡片   | 1 套 |
| 3. 夹具装配图    | 1 张 |
| 4. 夹具体零件图   | 1 张 |
| 5. 说明书      | 1 份 |

## 2 零件工艺规程设计

### 2.1 产量的确定

#### 2.1.1 生产类型的确定

阐述各类零件的生产类型。并确定本次零件的生产类型。

表 2-1 生产类型的划分

| 生产类型             |      | 同类零件的年产量/件          |                         |                    |
|------------------|------|---------------------|-------------------------|--------------------|
|                  |      | 重型零件<br>(质量>2000kg) | 中型零件<br>(质量 100~2000kg) | 小型零件<br>(质量<100kg) |
| 单件生产             |      | 5 以下                | 10 以下                   | 100 以下             |
| 成<br>批<br>生<br>产 | 小批生产 | 5~100               | 10~200                  | 100~500            |
|                  | 中批生产 | 100~300             | 200~500                 | 500~5000           |
|                  | 大批生产 | 300~1000            | 500~5000                | 5000~50000         |
| 大量生产             |      | 1000 以上             | 5000 以上                 | 50000 以上           |

已知零件质量  $m$  约为 2.2kg，由表 1 即可确定零件的生产性质。  
该零件的生产类型为中批生产。

### 2.1.2 日生产量的确定

零件的年产纲领(件/年):  $N=2000$  件/年

每台产品中该零件的数量(件/台):  $n=1$

备品率:  $a=2\%$

废品率:  $b=2\%$

1. 年产量  $Q=N \times n \times (1+a) \times (1+b)$

2. 年工作日  $D=365-1 \times 52-7 \times 2$

3. 日产量  $q=Q/D$

1) 已知生产纲领: 2000 件/年,

年生产量=生产纲领  $\times$  每台件数  $\times$  (1%储备量)  $\times$  (1%废品率)

$=2000 \times 2 \times (1+1\%) \times (1+1\%)$

$=4080.4$  件

月产量=年产量/12= 340 件

日产量=月产量/25.5= 340/25.5 =13 件

## 2.2 毛坯的选择及毛坯图的绘制

### 2.2.1 毛坯的选择

(1) 毛坯种类的确定

一般来说, 毛坯分很多种, 一般选用哪种毛坯需要考虑以下因素:

1) 根据所要的产品的材料和机械性能来确定毛坯, 比如工业上用的冲头用来冲压工件的, 必须得使用相对硬度较高的材料, 要是使用相对软的材料就根本不能使用。还有就是机械性能来要求的, 要求生产的零件韧性大, 那肯定使用相对软的材料, 否则就会发生断裂的

情况。

2) 根据工件的外形和结构来确定毛坯, 一般铸件就是生产一些小的零件, 型材就是生产小零件, 锻件一般就是生产大零件。

3) 根据生产类型确定毛坯, 在批量的生产中, 我们要选择那种既要效率高又要精度高的毛坯制造方法, 比如模锻, 板件冲压等。要是生产小批量的或者单个零件那种, 就可以采用简单的设备制造。

## (2) 毛坯的形状及尺寸的确定

毛坯的尺寸就是正常加工零件加上加工余量, 而且毛坯的形状尽量要和零件相对应, 比如说生产一个冲头的肩外径是 16mm, 那使用的材料基本都是 16.3mm 的, 要是再大一些就会浪费材料和浪费时间, 在确定毛坯形状时, 为了方便加工还要考虑以下几个问题:

1) 为了方便加工和装夹稳定, 要考虑好装夹的东西, 一个夹大东西的夹具夹小料干活就会发生夹不稳或者发生危险。

2) 为了提高加工的生产率, 有些零件可以批量生产。

3) 有些形状比较特殊, 单个加工都比较困难的那种零件可以合成一个毛坯, 等加工到一定程度上, 在将其分开, 最后用磨床磨一下。

### 2.2.2 毛坯-零件综合图的绘制方法

综合图的绘制方法是:

1. 以实线表示毛坯表面的轮廓、以点划线画出零件的轮廓; 在剖面图上用交叉线表示加工余量, 加工余量为 3~5mm。

2. 标注毛坯尺寸和公差, 毛坯的基本尺寸包括机械加工的余量在内, 毛坯的尺寸公差参照有关资料。

3. 标注机械加工的粗基准符号和有关技术要求。毛坯尺寸是根

据工艺规程, 机械加工各工序的加工余量与毛坯制造方法能到的精度决定的, 因此毛坯图绘制和工艺规程的制订是反复交叉进行的。

4. 用 AutoCAD 软件绘制。参见已给的. JPG 格式的毛坯-零件综合图。

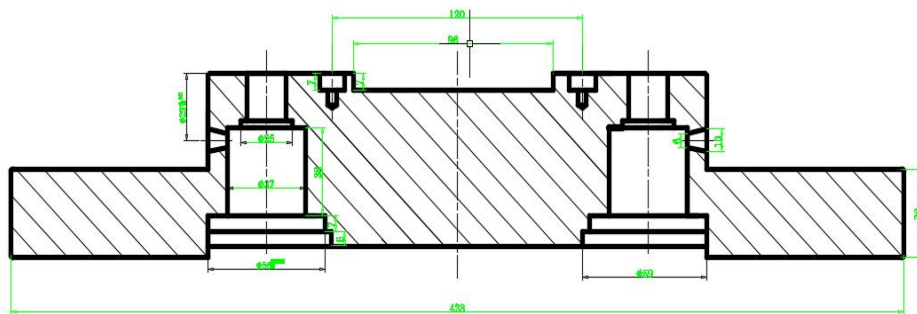


图 2-1 零件毛坯件

## 2.3 定位基准的分析与选择

### 2.3.1 基准的概念

基面选择是工艺规程设计中的重要工作之一。基面选择的正确与合理可以使加工质量得到保证, 生产率得以提高。否则, 加工工艺过程中的问题百出, 更有甚者, 还会造成零件的大批报废, 使生产无法进行。

### 2.3.2 基准选择原则

粗基准的选择原则:

- a) 尽可能用精度要求高的主要表面作粗基准;
- b) 不加工面作粗基准, 且该面与要加工面有一定的位置精度要求;
- c) 余量均匀原则;
- d) 粗基准的表面要尽量光整、光洁、有一定的面积以便于装夹;

e) 不能重复使用原则。

精基准的选择原则:

- a) 基准重合原则——尽可能使设计基准和原始基准重合;
- b) 互为基准原则——两个位置精度要求较高的表面互为基准;
- c) 基准不变原则——统一基准。

### 2.3.3 定位基准的选择

车床支架是一个典型的铸造类零件, 它仍具有一般铸造类零件的加工规律, 根据以上原则及对零件的分析, 拟订出如下的定位基准:

- a) 加工 D 面和 E 面时, 可先将 D 面作粗加工, 再以加工好的 D 面作为基准加工 E 面。
- b) 加工 F 面及 AC1 面、AC2 面时, 可以加工好的 D 面或者 E 面作为基准进行加工。
- c) 加工孔 H1、G1、H2、G2 时, 可以以加工好的 F 面作为定位基准进行加工。
- d) 加工孔 B、孔 L 时, 仍可以以加工好的 F 面作为定位基准进行加工。

## 2.4 工艺路线的制定

加工零件时, 需要对自己的加工的零件有一个明确的工艺加工方案, 要不然会使自己没有头绪, 所以我对我加工的箱体做了两套工艺方案, 如下表 2-2 和表 2-3。

表 2-2 工艺路线方案一

|       |            |
|-------|------------|
| 工序 1  | 钻箱体直径 18 孔 |
| 工序 2  | 钻前端面各孔     |
| 工序 3  | 镗左平面各孔     |
| 工序 4  | 镗右平面各孔     |
| 工序 5  | 粗,精铣上平面至尺寸 |
| 工序 6  | 粗,精铣下平面    |
| 工序 7  | 粗,精铣左端平面   |
| 工序 8  | 粗,精铣右端平面   |
| 工序 9  | 粗,精铣前端平面   |
| 工序 10 | 粗,精铣后端平面   |
| 工序 11 | 钳工,去除锐边毛刺  |
| 工序 12 | 打磨表面       |
| 工序 13 | 检验         |

表 2-3 工艺路线方案二

|       |            |
|-------|------------|
| 工序 1  | 粗,精铣上平面至尺寸 |
| 工序 2  | 粗,精铣下平面    |
| 工序 3  | 粗,精铣左端平面   |
| 工序 4  | 粗,精铣右端平面   |
| 工序 5  | 粗,精铣前端平面   |
| 工序 6  | 粗,精铣后端平面   |
| 工序 7  | 钻箱体直径 18 孔 |
| 工序 8  | 钻前端面各孔     |
| 工序 9  | 镗左平面各孔     |
| 工序 10 | 镗右平面各孔     |
| 工序 11 | 钳工,去除锐边毛刺  |
| 工序 12 | 打磨表面       |
| 工序 13 | 检验         |

### 工艺路线的分析与比较:

两个加工工艺的路线,工程都是一样的,不同的就是顺序不一样,

但是在相比之下，第二个方案，他是先铣再钻和镗，一般情况下，工件表面铣完都是会有毛刺的，如果是先钻孔的话再铣，很有可能就是孔的里面都是毛刺，最后去毛刺的时候更麻烦一些，而且孔内的去毛刺相对来说会麻烦一些，所以先铣再钻会提高生产率，根据对比能够看出来加工顺序的变化对生产效率的一些影响。

加工的时候采用的是互为基准原则，先加工上下两个平面，然后再以上向两个平面作为加工的基准面在加工各个孔，这样最主要就是保证了在加工后可以保证孔的垂直度，不然加工出斜的孔是无法投入使用的。如果使用第一种加工路线，在加工孔的时候是根本找不到基准面的，必须要在铣床上加工一下，铣出一个基准面，才能确定孔的位置，所以第一个加工路线不可行，如果选用第二个加工路线就可以选取基准面了。

无论是从加工效率来看还是从加工的精准度来看，都是第二个方案比较合理，所以选用 第二个方案进行工艺加工，具体过程由工艺卡片所示。

## 2.5 工艺卡的填写

工序 1：粗、精铣传动箱体下平面

粗铣下平面

工件材料： HT200，铸造。

机床： X52K 立式铣床。

刀具： 硬质合金三面刃圆盘铣刀（面铣刀），材料： YT15，  
D=100mm，齿数 Z=8，此为粗齿铣刀。

因其单边余量： Z=2mm，

所以铣削深度  $a_p$ :  $a_p = 2\text{mm}$ ,

每齿进给量  $a_f$ : 取  $a_f = 0.12\text{mm/min}$ , 铣削速度  $V$ , 取  $V = 1.33\text{m/s}$ 。

机床主轴转速  $n$ :

$$n = \frac{1000V}{\pi d} \quad (2-1)$$

式中  $V$ —铣削速度;

$d$ —刀具直径。

由式(5-1)机床主轴转速  $n$ :

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \times 1.33 \times 60}{3.14 \times 100} \approx 254\text{r/min}$$

选取  $n = 300\text{r/min}$ [3]

实际铣削速度  $v$ :

$$v = \frac{\pi dn}{1000} = \frac{3.14 \times 100 \times 300}{1000 \times 60} \approx 1.57\text{m/s}$$

进给量  $V_f$ :

$$V_f = a_f Zn \quad (2-2)$$

由 (2-2) 得:

$$V_f = a_f Zn = 0.12 \times 8 \times 300 / 60 \approx 4.8\text{mm/s}$$

工作台每分进给量  $f_m$ :

$$f_m = V_f = 4.8\text{mm/s} = 288\text{mm/min}$$

$a_z$ :  $a_z = 40\text{mm}$

精铣下平面

工件材料: HT200, 铸造。

机床: X52K 立式铣床。

刀具: 高速钢三面刃圆盘铣刀 (面铣刀): YT15,  $D = 100\text{mm}$ , 齿数 12, 此为细齿铣刀。

精铣该平面的单边余量:  $Z = 1\text{mm}$

铣削深度  $a_p$ :  $a_p = 1\text{mm}$ ,

每齿进给量  $a_f$ :  $a_f = 0.08\text{mm/min}$ [7]

铣削速度  $v$ :  $v = 0.32\text{m/s}$ [7]

机床主轴转速  $n$ , 由 (2-1) 有:

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \times 0.32 \times 60}{3.14 \times 100} \approx 61\text{r/min}$$

选取  $n = 75\text{r/min}$

实际铣削速度  $v$ :

$$v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 100 \times 75}{1000 \times 60} = 0.4\text{m/s}$$

进给量  $v_f$ , 由式 (2-2) 有:

$$V_f = a_f Z n = 0.15 \times 12 \times 75 / 60 = 2.25\text{mm/s}$$

工作台每分进给量  $f_m$ :

$$f_m = V_f = 2.25\text{mm/s} = 135\text{mm/min}$$

粗铣的切削工时,

被切削层长度  $l$ : 由毛坯尺寸可知  $l = 315\text{mm}$ ,

刀具切入长度  $l_1$ :

$$l_1 = 0.5(D - \sqrt{D^2 - a_\epsilon^2}) + (1 \sim 3) \quad (2-3)$$

由 (2-3) 得:

$$\begin{aligned} l_1 &= 0.5(D - \sqrt{D^2 - a_\epsilon^2}) + (1 \sim 3) \\ &= 0.5(100 - \sqrt{100^2 - 40^2}) + (1 \sim 3) = 7\text{mm} \end{aligned}$$

刀具切出长度  $l_2$ : 取  $l_2 = 2\text{mm}$ ,

走刀次数为 1

机动时间  $t_{j1}$ :

$$t_{j1} = \frac{l + l_1 + l_2}{f_m} \quad (2-4)$$

由 (2-4) 得:

$$t_{j1} = \frac{l+l_1+l_2}{f_m} = \frac{315+7+2}{288} \approx 1.13 \text{ min}$$

铣削的辅助时间  $tf1=1.04$

精铣的切削工时,

被切削层长度  $l$ : 由毛坯尺寸可知  $l=315\text{mm}$ ,

刀具切入长度  $l_1$ : 精铣时  $l_1=D=100\text{mm}$ ,

刀具切出长度  $l_2$ : 取  $l_2=2\text{mm}$ ,

走刀次数为 1

机动时间  $t_{j2}$ : 由式 (2-4) 有:

$$t_{j2} = \frac{l+l_1+l_2}{f_m} = \frac{315+100+2}{135} \approx 1.09 \text{ min}$$

铣削的辅助时间  $tf2=1.04$

铣下平面的总工时为:  $t=t_{j1}+t_{j2}+tf1+tf2=1.13+1.04+1.04+1.09=2.58\text{min}$

工序 2: 加工其它平面, 各切削用量与加工上平面相近, 因此省略不算, 参照工序 1 执行。

工序 3: 粗精铣左右端的侧面:

(1) 粗铣左右端的侧面

工件材料: HT200, 铸造。

机床: X52K 立式铣床。

刀具: 硬质合金三面刃圆盘铣刀 (面铣刀), 材料: YT15,  $D=100\text{mm}$ , 齿数  $z=8$ , 此为粗齿铣刀。

因其单边余量:  $Z=2\text{mm}$

所以铣削深度  $a_p$ :  $a_p=2\text{mm}$ ,

每齿进给量  $a_f$ : 取  $a_f=0.12\text{mm}/\text{min}$ , 铣削速度  $v$ : 取  $v=1.33\text{m}/\text{s}$ 。

由式 (2-1) 得机床主轴转速  $n$ :

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \times 1.33 \times 60}{3.14 \times 100} \approx 254 r / \text{min}$$

取  $n=300\text{r}/\text{min}$ ,

实际铣削速度  $v$ :

$$v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 100 \times 300}{1000 \times 60} \approx 1.57 \text{m} / \text{s}$$

进给量  $v_f$ : 由式 (2-2) 有:

$$V_f = a_f Z n = 0.12 \times 8 \times 300 / 60 \approx 4.8 \text{mm} / \text{s}$$

工作台每分进给量  $f_m$ :

$$f_m = V_f = 4.8 \text{mm} / \text{s} = 288 \text{mm} / \text{min}$$

$a_z$ :  $a_z=60\text{mm}$ ,

被切削层长度  $l$ : 由毛坯尺寸可知  $l=60\text{mm}$ ,

刀具切入长度  $l_1$ : 由式 (2-4) 有:

$$\begin{aligned} l_1 &= 0.5(D - \sqrt{D^2 - a_\varepsilon^2}) + (1 \sim 3) \\ &= 0.5(100 - \sqrt{100^2 - 60^2}) + (1 \sim 3) = 11 \sim 13 \text{mm} \end{aligned}$$

刀具切出长度  $l_2$ : 取  $l_2=2\text{mm}$ ,

走刀次数为 1

(2) 精铣左右端侧平面

工件材料: HT200, 铸造。

机床: X52K 立式铣床。

刀具: 高速钢三面刃圆盘铣刀 (面铣刀): YT15,  $D=100\text{mm}$ , 齿数 12, 此为细齿铣刀。

精铣该平面的单边余量:  $Z=1\text{mm}$

铣削深度  $a_p$ :  $a_p=1.0\text{mm}$ ,

每齿进给量  $a_f$ : 取  $v=0.32\text{m/s}$

铣削速度  $v$ : 取  $v=0.32\text{m/s}$

机床主轴转速  $n$ , 由式 (2-1) 有:

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \times 0.32 \times 60}{3.14 \times 100} \approx 61 \text{r/min}$$

选取  $n=75\text{r/min}$ ,

实际铣削速度  $v$ :

$$v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 100 \times 75}{1000 \times 60} = 0.4 \text{m/s}$$

进给量  $v_f$ , 由式 (2-3) 有:

$$V_f = a_f Z n = 0.15 \times 12 \times 75 / 60 = 2.25 \text{mm/s}$$

工作台每分进给量  $f_m$ :

$$f_m = V_f = 2.25 \text{mm/s} = 135 \text{mm/min}$$

被切削层长度  $l$ : 由毛坯尺寸可知  $l=210\text{mm}$ ,

刀具切入长度  $l_1$ : 精铣时  $l_1=D=100\text{mm}$ ,

刀具切出长度  $l_2$ : 取  $l_2=2\text{mm}$ ,

走刀次数为 1

$$t_1 = 249 / (37.5 \times 3) = 2.21 \text{min}。$$

铣削的辅助时间  $t_{f1}=0.41\text{min}$

精铣宽度为  $20\text{mm}$  的下平台

$$t_2 = 249 / (37.5 \times 3) = 2.21 \text{min}$$

铣削的辅助时间  $t_{f2}=0.41\text{min}$

粗精铣宽度为  $30\text{mm}$  的下平台的总工时:

$$t = t_1 + t_2 + t_{f1} + t_{f2} = 2.21 + 2.21 + 0.41 + 0.41 = 5.24 \text{min}$$

工序 4: 粗镗  $\Phi 62\text{H}12$  的孔

机床: 卧式镗床 T618

刀具：硬质合金镗刀，镗刀材料：YT5

切削深度  $a_p$ ： $a_p=2.0\text{mm}$ ，毛坯孔径  $d_0=57\text{mm}$ 。

进给量  $f$ ：刀杆伸出长度取  $200\text{mm}$ ，切削深度为  $=2.0\text{mm}$ 。因此确定进给量  $f=0.2\text{mm/r}$ 。

切削速度  $v$ ：取  $v=2.4\text{m/s}=144\text{m/min}$

机床主轴转速  $n$ ：由式 (5-1) 有：

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \times 144}{3.14 \times 57} \approx 804.56 \text{ r/min}$$

取  $n=1000\text{r/min}$

实际切削速度  $v$ ：

$$v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 57 \times 1000}{1000 \times 60} \approx 2.98 \text{ m/s}$$

工作台每分钟进给量  $f_m$ ：

$$f_m = f n = 0.2 \times 1000 = 200 \text{ mm/min}$$

被切削层长度  $l$ ： $l=35\text{mm}$

刀具切入长度  $l_1$ ：

$$l_1 = \frac{a_p}{\text{tg} k_r} + (2 \sim 3) \quad (2-5)$$

由 (2-5) 得：

$$l_1 = \frac{a_p}{\text{tg} k_r} + (2 \sim 3) = \frac{2.5}{\text{tg} 30^\circ} + 2 \approx 6.33 \text{ mm}$$

刀具切出长度  $l_2$ ： $l_2=3\sim 5\text{mm}$  取  $l_2=4\text{mm}$ ,

行程次数  $i$ ： $i=1$

机动时间  $t_{j1}$ ：由式 (2-4) 有：

$$t_{j1} = \frac{l + l_1 + l_2}{f_m} = \frac{35 + 6.33 + 4}{200} \approx 0.227 \text{ min}$$

工步辅助时间为： $2.61\text{min}[1]$

精镗下端孔  $\Phi 62H12$

机床: 卧式镗床 T618

刀具: 硬质合金镗刀, 镗刀材料: YT5

切削深度  $a_p$ :  $a_p=0.5\text{mm}$ ,

进给量  $f$ : 刀杆伸出长度取  $200\text{mm}$ , 切削深度为  $a_p=0.5\text{mm}$ 。因此确定进给量  $f=0.15\text{mm/r}$ ,

切削速度  $v$ : 取  $v=3.18\text{m/s}=190.8\text{m/min}$

机床主轴转速  $n$ : 由式 (5-1) 有:

$$n = \frac{1000V}{\pi d_0} = \frac{1000 \times 190.8}{3.14 \times 61} \approx 1029 \text{ r/min}$$

取  $n=1000\text{r/min}$ ,

实际切削速度  $v$ :

$$v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 61 \times 1000}{1000 \times 62} \approx 3.09 \text{ m/s}$$

工作台每分钟进给量  $f_m$ :

$$f_m = f n = 0.15 \times 1000 = 150 \text{ mm/min}$$

被切削层长度  $l$ :  $l=35\text{mm}$ ,

刀具切入长度  $l_1$ : 由式 (5-5) 有:

$$l_1 = \frac{a_p}{\tan k_r} + (2 \sim 3) = \frac{0.5}{\tan 30^\circ} + 2 \approx 2.87 \text{ mm}$$

刀具切出长度  $l_2$ :  $l_2=3 \sim 5\text{mm}$  取  $l_2=4\text{mm}$

行程次数  $i$ :  $i=1$

机动时间  $t_{j1}$ : 由式 (5-4) 有:

$$t_{j1} = \frac{l + l_1 + l_2}{f_m} = \frac{35 + 2.87 + 4}{150} \approx 0.279 \text{ min}$$

所以该工序总机动工时  $t_j=0.227+0.279=0.506\text{min}$

工步辅助时间为:  $1.86\text{min}$

工序 5: 粗镗  $\Phi 80H12$  的孔

机床: 卧式镗床 T618

刀具: 硬质合金镗刀, 镗刀材料: YT5

切削深度  $a_p$ :  $a_p=2.0\text{mm}$ , 毛坯孔径  $d_0=75\text{mm}$ 。

进给量  $f$ : 刀杆伸出长度取  $200\text{mm}$ , 切削深度为  $a_F=2.0\text{mm}$ 。因此确定进给量  $f=0.2\text{mm/r}$ 。

切削速度  $v$ : 取  $v=1.92\text{m/s}=115\text{m/min}$ ,

机床主轴转速  $n$ : 由式 (2-1) 有:

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \times 115}{3.14 \times 75} \approx 488.32 \text{ r/min}$$

取  $n=600\text{r/min}$ ,

实际切削速度  $v$ :

$$v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 75 \times 600}{1000 \times 79} \approx 1.79 \text{ m/s}$$

工作台每分钟进给量  $f_m$ :  $f_m=f_n=0.2 \times 600=120\text{mm/min}$

被切削层长度  $l$ :  $l=65\text{mm}$ ,

刀具切入长度  $l_1$ : 由式 (2-5) 有:

$$l_1 = \frac{a_p}{\text{tg} k_r} + (2 \sim 3) = \frac{2.0}{\text{tg} 30^\circ} + 2 \approx 5.45 \text{ mm}$$

刀具切出长度  $l_2$ :  $l_2=3 \sim 5\text{mm}$  取  $l_2=4\text{mm}$ ,

行程次数  $i$ :  $i=1$

机动时间  $t_{j1}$ : 由式 (2-4) 有:

$$t_{j1} = \frac{l + l_1 + l_2}{f_m} = \frac{65 + 5.45 + 4}{150} \approx 0.496 \text{ min}$$

工步辅助时间为:  $2.61\text{min}$

精镗下端孔到  $\Phi 80H12$

机床：卧式镗床 T618

刀具：硬质合金镗刀，镗刀材料：YT5

切削深度  $a_p$ ：  $a_p=0.5\text{mm}$ ,

进给量  $f$ ：刀杆伸出长度取 200mm，切削深度为  $a_F=0.5\text{mm}$ 。因此确定进给量  $f=0.15\text{mm/r}$

切削速度  $v$ ：取  $v=2.86\text{m/s}=171.72\text{m/min}$ ,

机床主轴转速  $n$ ：由式 (5-1) 有：

$$n = \frac{1000V}{\pi d_0} = \frac{1000 \times 171.72}{3.14 \times 71} \approx 770.2 \text{ r/min}$$

取  $n=800\text{r/min}$

实际切削速度  $v$ ：

$$v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 61 \times 800}{1000 \times 72} \approx 3.09 \text{ m/s}$$

工作台每分钟进给量  $f_m$ ：  $f_m = f n = 0.15 \times 800 = 120 \text{ mm/min}$

被切削层长度  $l$ ：  $l=65\text{mm}$ ,

刀具切入长度  $l_1$ ：由式 (2-5) 有：

$$l_1 = \frac{a_p}{\text{tg} k_r} + (2 \sim 3) = \frac{0.5}{\text{tg} 30^\circ} + 2 \approx 2.87 \text{ mm}$$

刀具切出长度  $l_2$ ：  $l_2=3 \sim 5\text{mm}$  取  $l_2=4\text{mm}$ ,

行程次数  $i$ ：  $i=1$

机动时间  $t_{j1}$ ：由式 (2-4) 有：

$$t_{j1} = \frac{l + l_1 + l_2}{f_m} = \frac{65 + 2.87 + 4}{120} \approx 0.599 \text{ min}$$

所以该工序总机动工时  $t_j = 0.496 + 0.599 = 1.094 \text{ min}$

工步辅助时间为：1.56min

工序 6：钻下平在  $2-\phi 18$

工件材料为 HT200 铁, 孔的直径为 18mm。加工机床为 Z535 立式钻床, 加工工序为选用  $\Phi 18$  的麻花钻头。

进给量  $f$ : 取  $f=0.25\text{mm/r}$

切削速度  $v$ : 取  $v=0.43\text{m/s}$

由式 (2-1) 机床主轴转速  $n$ :

$$n = \frac{1000V}{\pi d_0} = \frac{1000 \times 0.43 \times 60}{3.14 \times 18} \approx 456 \text{ r/min}$$

取  $n=900\text{r/min}$ ,

实际切削速度  $V'$ :

$$V' = \frac{\pi d_0 n}{1000} = \frac{3.14 \times 18 \times 900}{1000 \times 60} \approx 0.85 \text{ m/s}$$

被切削层长度  $l$ :  $l=45\text{mm}$ ,

刀具切入长度  $l_1$ :

$$l_1 = \frac{D}{2} \text{ctg} k_r + (1 \sim 2) \quad (2-6)$$

由 (2-6) 得:

$$l_1 = \frac{D}{2} \text{ctg} k_r + (1 \sim 2) = \frac{5}{2} \text{ctg} 120^\circ + 2 \approx 3.5 \text{ mm}$$

刀具切出长度  $l_2$ :  $l_2=0$

走刀次数为 1

被切削层长度  $l$ :  $l=45\text{mm}$ ,

刀具切入长度  $l_1$ :  $l_1=4.5\text{mm}$ ,

刀具切出长度  $l_2$ :  $l_2=0$

走刀次数为 1

机动时间  $t_j$ : 由式 (2-4) 有:

$$t_j = \frac{l + l_1 + l_2}{fn} = \frac{45 + 3.5}{0.25 \times 800} \approx 0.118 \text{ min}$$

钻削的辅助时间  $t_{f1}=1.77$

工序 7: 加工 6— $\Phi 10$  底孔

工件材料为 HT200 铁, 孔的直径为 10mm。加工机床为 Z535 立式钻床, 加工工序为选用  $\Phi 10$  的麻花钻头。

进给量  $f$ : 取  $f=0.25\text{mm/r}$

切削速度  $v$ : 取  $v=0.43\text{m/s}$

由式 (2-1) 机床主轴转速  $n$ :

$$n = \frac{1000V}{\pi d_0} = \frac{1000 \times 0.43 \times 60}{3.14 \times 10} \approx 821 \text{ r/min}$$

取  $n=900\text{r/min}$

实际切削速度  $V'$ :

$$V' = \frac{\pi d_0 n}{1000} = \frac{3.14 \times 10 \times 900}{1000 \times 60} \approx 0.47 \text{ m/s}$$

被切削层长度  $l$ :  $l=20\text{mm}$ ,

刀具切入长度  $l_1$ : 由式 (2-6) 有:

$$l_1 = \frac{D}{2} \text{ctg} k_r + (1 \sim 2) = \frac{7}{2} \text{ctg} 120^\circ + 2 \approx 4.1 \text{ mm}$$

刀具切出长度  $l_2$ :  $l_2=0$

走刀次数为 1

钻削的辅助时间  $t_{f1}=1.77$

工序 8: 钻  $\Phi 40$  孔

工件材料为 HT200 铁, 孔的直径为 40mm, 表面粗糙度  $R_a$ 。加工机床为 Z535 立式钻床, 加工工序为铰钻, 加工刀具为: 钻孔—— $\Phi 40\text{mm}$  小直径钻。

(1) 确定切削用量

确定进给量  $f$ , 取  $f_{表}=0.25 \sim 0.31\text{mm/r}$ , 由于孔深度比

$l/d_0 = 8/13 = 0.6$ ,  $k_{lf} = 1.0$ , 故

$$f_{\text{表}} = (0.25 \sim 0.31) \times 1.0 = 0.25 \sim 0.31 \text{ mm/r}$$

查 Z535 立式钻床说明书, 取  $f=0.23 \text{ mm/r}$ 。

钻头强度所允许是进给量  $f' > 1.75 \text{ mm/r}$ 。由于机床进给机构允许的轴向力  $F_{\text{max}} = 15690 \text{ N}$  (由机床说明书查出), 允许的进给量  $f'' > 1.8 \text{ mm/r}$ 。

由于所选进给量  $f$  远小于  $f'$  及  $f''$ , 故所选  $f$  可用。

确定切削速度  $v$ 、轴向力  $F$ 、转矩  $T$  及切削功率  $p_m$ , 由插入法得:

$V_{\text{表}} = 17 \text{ m/min}$ ,  $F_{\text{表}} = 4732 \text{ N}$

$T_{\text{表}} = 51.69 \text{ N}$ ,  $p_{m \text{ 表}} = 1.25 \text{ kw}$

由于实际加工条件与上表所给条件不完全相同, 故应对表的结论进行修正。

取  $k_{mv} = 0.88$ ,  $k_{lv} = 0.75$ , 故

$$\begin{aligned} v'_{\text{表}} &= 17 \text{ m/min} \times 0.88 \times 0.75 = 11.22 \text{ (m/min)} \\ n' &= \frac{1000 v'_{\text{表}}}{\pi d_0} = \frac{1000 \times 11.22 \text{ mm/min}}{\pi \times 40 \text{ mm}} = 189 \text{ r/min} \end{aligned}$$

查 Z535 机床说明书, 取  $n=195 \text{ r/min}$ 。实际切削速度为, 由式 (5-1) 有:

$$v = \frac{\pi d_0 n}{1000} = \frac{\pi \times 30 \text{ mm} \times 195 \text{ r/min}}{1000} = 18.37 \text{ m/min}$$

$K_{MF} = K_{MT} = 1.0$ , 故

$$F = 4732 \text{ N} \times 1.0 = 4732 \text{ (N)}$$

$$T = 51.69 \text{ N} \cdot \text{m} \times 1.0 = 51.69 \text{ N} \cdot \text{m}$$

校验机床功率切削功率为  $p_m$ :

$$P_m = P_{m \text{ 表}} (n/n') k_{MM} \quad (2-7)$$

由 (2-7) 得:

$$P_m = P_{m \text{ 表}} (n/n') k_{MM}$$

$$= 1.25kW \times (195 / 298) \times 1.0 = 0.82kW$$

机床有效功率

$$P'_E = P_E \eta \quad (2-8)$$

由 (2-8) 得:

$$P'_E = P_E \eta = 4.5kW \times 0.81 = 3.65kW > P_m$$

故选择的钻削用量可用。即

$$d_0=40\text{mm}, f=0.23\text{mm/r}, n=195\text{r/min}, v=7.35\text{m/min}$$

相应地

$$F=4732\text{N}, T=51.69\text{N.m}, p_m=0.82\text{kw}$$

工序 9: 校验

(1) 钻  $\Phi 20$  孔

加工条件:

工件材料: HT200, 金属模铸造,

机床: Z535 立式钻床

刀具: 高速钢钻头  $\Phi 20$ , 被切削层长度  $l$ :  $l=20\text{mm}$ ,

刀具切入长度  $l_1$ : 由式 (2-6) 有:

$$l_1 = \frac{D}{2} \text{ctg} k_r + (1 \sim 2) = \frac{7}{2} \text{ctg} 120^\circ + 2 \approx 4.1\text{mm}$$

刀具切出长度  $l_2$ :  $l_2=0$ ,

走刀次数为 1

机动时间  $t_j$ : 由式 (2-4) 有:

$$t_j = \frac{l + l_1 + l_2}{fn} = \frac{12.5 + 4.1}{0.25 \times 900} \approx 0.07 \text{min}$$

钻削的辅助时间  $t_{f1}=1.77$

镗钻  $\Phi 20$  阶梯的工时

镗钻孔进给量  $f=0.23\text{mm/r}$ , 机床主轴转速  $n=195\text{r/min}$ ,

被切削层长度  $l$ :  $l=12\text{mm}$ ,

刀具切入长度  $l_1$ : 由式 (2-6) 有:

$$l_1 = \frac{D}{2} \text{ctg} k_r + (1 \sim 2) = \frac{20}{2} \text{ctg} 120^\circ + 2 \approx 10.2\text{mm}$$

刀具切出长度  $l_2$ :  $l_2=0$

走刀次数为 1

机动时间  $t_j$ : 由式 (2-4) 有:

$$t_j = \frac{l + l_1 + l_2}{fn} = \frac{3 + 10.2}{0.25 \times 195} \approx 0.27 \text{ min}$$

钻削的辅助时间  $t_{f1}=1.77$

$$t = t_j + t_f$$

$$t = 0.27 + 1.77 = 2.04 \text{ min}$$

该工序的总工时为:  $2.04 + 0.07 + 0.05 + 1.77 + 1.77 = 5.7 \text{ min}$

所以该方案满足生产要求。

### 3 夹具设计

#### 3.1 夹具的整体设计

##### 3.1.1 夹具设计分析

现代生产对夹具提出了如下新的要求:

- A、能迅速方便地装备新产品的投产以缩短生产准备周期;
- B、能装夹一组相似性特征的工件;
- C、适用于精密加工的高精度的机床;
- D、适用于各种现代化制造技术的新技术;
- E、采用液压泵站等为动力源的高效夹紧装置, 进一步提高劳动生产率。

##### 3.1.2 夹具结构方案的确定

现代夹具的发展方向表现为精密化、高效化、柔性化、标准化等四个方面:

#### A、精密化

随着机械产品精度的日益提高,势必也相应提高对其精度要求。精密化夹具的结构类型很多,例如用于精密分度的多齿量,其分度可达正负 0.1,用于精密车削的高精度三爪卡盘,其定心精度为  $5\ \mu\text{m}$ ,又如用于轴承套圈磨削的电磁无心夹具,工件的圆度可达  $0.2\text{-}0.5\ \mu\text{m}$

#### B、高效化

高效化夹具主要用来减少工件加工的机动时间和辅助时间,以提高劳动生产率,减少工人劳动强度,常见的高效化夹具有:自动化夹具、高速化夹具、具有夹紧动力模块的夹具等。例如使用电动虎钳装夹工件,可使工件效率比普通虎钳提高 5 倍左右;而高速卡盘则可保证卡爪在转速  $9000\text{r/min}$  的条件下能正常夹紧工件,使切削速度大幅度提高。

#### C、柔性化

夹具的柔性化和机床的柔性化相似,它是通过调节组合等方式,以适应工艺可变因素的能力。工艺的可变因素主要有:工序特征、生产批量、工件的形状和尺寸等,具有柔性化特征的新型夹具种类主要有:组合夹具、通用可调夹具、成组夹具、模块夹具、数控夹具等,在较长时间内,夹具的柔性化趋向将是夹具发展的主要方向。

#### D、标准化

夹具的标准化与通用化是相互联系的两个方面,在制造典型夹具,结构的基础上,首先进行夹具元件和部件的通用化,建立典型尺

寸系列或变型，以减少功能用途相近的夹具元件和不见的部件的形成；舍弃一些功能低劣的结构，通用化方法包括：夹具、部件、元件、毛坯和材料的通用化，夹具的标准化阶段是通用化的深入并为工作图的审查创造了良好的条件。目前，我国已有夹具零件、部件的国家标准：GB2148-2249-80，GB2262-2269-80 以及通用夹具标准，组合夹具标准等。夹具的标准化也是夹具柔性化高效化的基础，作为发展趋势，这类夹具的标准化有利于夹具的专业化生产和有利于缩短生产准备周期，降低生产总成本。

### 3.1.3 夹具的具体设计

铣床夹具，它主要用于铣各种面，对工件的表面进行加工，也有一些可以铣孔，通常来说以铣刀旋转为主运动，铣刀的上下左右运动为进给运动。铣床也可以加工平面、曲面和各种沟槽都可以。

## 3.2 夹具的装配

铣床可以分为很多种，我知道的就有升降台式，龙门式和其他铣床。一般升降台式铣床相对来说都是比较小的，适合铣那种比较小的零件，而且是铣那种比较简单的平面之类的，不像龙门铣床，都是比较大，可以加工比较大的工件，编写好程序，直接就可以加工成品了。

普通铣床一般就是铣削一些小型零件，一般都是手动的，来铣削工件的表面；龙门式铣床一般都是比较大型，床身水平布置，通常工作台是沿着床身导轨横向和纵向移动，一般都是六个自由度。

夹具体的装配体在底板上一边有两个座耳，是用来装夹整个夹具体的，一般的铣床夹具下面都会有梯形沟槽，来配合座耳装夹夹具，然后用了六点定位法来固定零件。夹具的手柄就是装配体的夹紧机

构,手柄是用来夹紧零件用的,要不然加工零件时由于刀具和零件之间摩擦力大会使零件偏移,所以必须要有夹紧机构。夹紧机构里有个胶皮网格式的装置,增大摩擦力,不然夹紧机构也会因为摩擦力小而使零件发生偏移。外壳上还有个对刀用的对刀块,比如说对刀时候一般都是有偏差的,用它来对刀,比较准确。如图 3-1 所示。

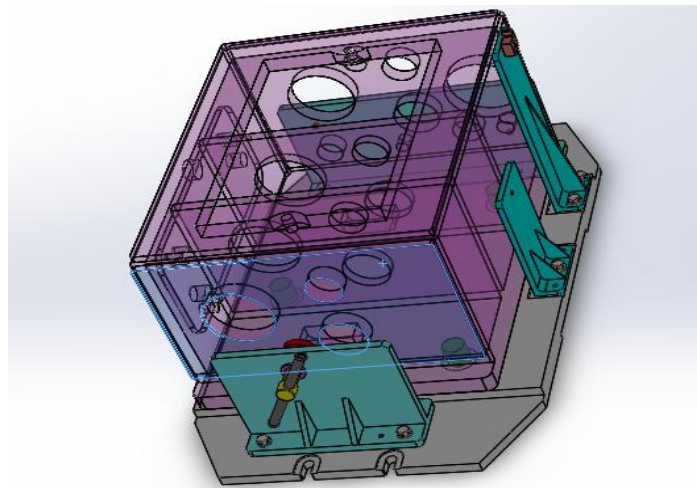


图 3-1 夹具体装配图

(1) 根据铣削工艺:

工件材料为 HT200

选用 X52K 立式铣床加工, 刀具选择硬质合金三面刃盘铣刀。

刀具直径  $D=100\text{mm}$ , 齿数  $z=8$

切削深度  $t=2\text{mm}$

铣削宽度  $B=65\text{mm}$

每齿进给量  $a_f=0.12\text{mm/z}$

(2) 切削力计算:

按最差工况考虑, 切削力为:

$$P = 50t^{1.0} \cdot a_f^{0.74} \cdot D^{-1.0} \cdot B^{0.9} \cdot z = 70(\text{kgf})$$

(3) 夹紧力计算:

防止工件再切削力  $P$  的作用下平移, 所需的夹紧力:

$$Q = K \cdot P / f \quad (3-1)$$

式中  $K=1.5\sim 3$ , 粗加工取  $K=3$

采用带有齿纹的压块做夹紧元件压, 取  $f=0.3$ , 由 (3-1) 得:

$$Q = 3 \times 70 \div 0.3 = 700(\text{kgf})$$

为提高夹紧操作速度, 降低辅助时间, 选用公称导程为 3, 直径  $d=24$  的压紧螺钉 (GB2163), 许用夹紧力  $Q_{\text{许}}=2316(\text{kgf})$

$Q_{\text{许}} > Q$ , 符合夹紧力要求, 夹具安全可靠。

(4) 所需夹紧扭矩计算:

$$M = KQ \quad (3-2)$$

根据压紧螺钉类型,  $K=2.44$ , 由 (3-2) 得:

$$M = 2.44 \times 700 = 1718(\text{kgf} \cdot \text{mm})$$

手柄选择长度为 200 的活动手柄。

施加在扳手上的力为:

$$P_1 = M / L = 1718 \div 200 = 8.6(\text{kgf})$$

一般来说  $\text{kgf} < 15$  就属于不费力操作

所以操作较为省力。

### 3.3 夹具的经济性分析

为了提高整个工艺加工的生产效率, 在保证定位夹紧要求和零件的各项技术要求的前提下, 对于夹具的选择也要满足一定的经济性。

1. 在夹具设计中, 应尽量采用标准件或推荐的元件, 这样在夹具需更换元件时, 可避免重复设计、重复制造带来的麻烦和浪费, 减少更换时间, 且降低了夹具成本。

2. 尽量减小需精加工的平面的面积,降低夹具的制造成本。
3. 为提高生产率,应尽量采用方便、简单的夹紧装置,这样不仅可以减少劳动强度,还可降低成本。

## 结 论

本次设计中,夹具的夹紧机构,夹具的手柄就是夹紧机构的一部分,手柄是用来夹紧被加工的零件,主要是零件加工时会产生很大的摩擦力,如果没有一个很好的夹紧机构的话,会使零件发生偏移,这样就会使加工效率变低。根据支架的特点,确定了加工路线,先铣面后钻孔最后磨的加工路线,经过计算算出加工尺寸,最后确定一整套夹具。夹具主要是用在铣床上来固定零件进行铣削的,减小刀具的使用寿命,增加工作效率。

## 参考文献

- [1] 魏霞.机床夹具中定位与夹紧的研究[J].南方农机,2018,49(24):102.
- [2] 车明浪.浅谈机床夹具在设计过程中的几点问题[J].中小企业管理与科技(上旬刊),2012(03):299-301.
- [3] 崔雁斌.组合机床的夹具设计[J].陕西煤炭,2016,35(05):97-100.
- [4] 隋聚艳.夹具的发展及其趋势分析[J].现代商贸工业,2009,21(19):323-324.
- [5] 机械加工工艺手册 R1. 0[J].CAD/CAM 与制造业信息化,2006(09):17.
- [6] 机械工业出版社期刊读者服务部推荐书目[J].金属加工(冷加工),2011(24):86-88.
- [7] 聂姣.特种加工对机械加工工艺的突破[J].世界有色金属

属,2017(22):287+289.

[8] 赵振华.加工余量对加工精度的影响[J].江苏船舶,2018,35(02):42-44.

[9] 吴志慧. 刀具结构对切削加工的影响研究及优化设计[D].湖北工业大学,2017.

[10] 杨卫卫,孙景锋,刘翠娟.浅谈机床夹具的发展趋势[J].汽车实用技术,2018(08):107-108.

[11] 李雨田.浅谈机床夹具的应用及发展趋势[J].电子制作,2013(13):212.

[12] 张滢滢,刘春雨.关于机床夹具的发展前景的探讨[J].科技创新导报,2011(26):69.

[13] 刘涛,温卫东,闫博,贾建林,段青松.多工位数控增效专用夹具的设计[J].新技术新工艺,2019(04):19-21.

## 06 空调中框模具结构设计

包飞霞

(温州市文泰笔业有限公司 浙江温州 325000)

**摘要:** 分析了笔者所购空调中框的结构,指出该产品常见的故障是脱模时进风格栅的筋位变形,为解决这个问题,在进风格栅的滑块上设置侧推杆,由侧推杆将进风格栅的筋位从滑块中推出,以防止滑块拉伤进风格栅的筋位。根据斜推结构,采用旋转式的斜推座,为了便于拆装,用螺钉将斜推杆固定在斜推座上;为了防止产品的外表面留下浇口痕,将流道设在斜推结构上,通过斜推结构将浇口设置在内表面;为了使各部分注射均匀,采用 9 个浇口的热流道浇注系统;为了加强动模镶件的稳定性,将动模镶件设计成肩位结构,在合模时由定模压在肩位上;对浇口进行模流分析,找到较为理想的浇口位置。根据模具结构,采用直通水路与水井水路相结合的冷却系统,使模温均匀。

**关键词:** 空调中框; 塑料模具; 侧推杆; 热流道; 模流分析

The mold structure design of air conditioning center frame

**Abstract:** The structure of the frame of a brand air conditioner is analyzed. It is pointed out that the common fault of this product is the deformation of the bar position of the air inlet grille during demolding. In order to solve this problem, a side push bar is set on the sliding block of the air inlet grille. The bar pushes out the bar of the air inlet grille from the sliding block to prevent the deformation of the air inlet grille. To solve

this problem, a side push bar is set on the sliding block of the intake grille, by which the reinforcement position of the intake grille is pushed out from the sliding block to prevent the sliding block from straining the reinforcement position of the intake grille. According to the inclined top structure, the rotary inclined top seat is adopted. In order to facilitate disassembly and assembly, the inclined top rod is fixed on the inclined top seat with bolts; In order to prevent the outer surface of the product to leave gate impression, the runner is located on the inclined top, through the inclined top gate is arranged on the inner surface; In order to make each part injection uniformly, the hot runner pouring system with 9 sprue is adopted. In order to strengthen the stability of the moving mold insert, the moving mold insert is designed as a shoulder position structure, which is pressed on the shoulder position by the fixed mold when the mold is closed. The mold flow analysis is carried out to find the ideal gate position. According to the mold structure, the cooling system combining through water and well water is adopted to make the mold temperature uniform.

Keywords: air conditioning frame, plastic mold, side ejector rod, hot runner, mold flow analysis.

## 0 引 言

近年来,国内的模具行业,特别是塑料模具的发展十分迅速,由模具所生产的产品与人们的日常生活息息相关,从日用品,如拖鞋、

开关插座、文具笔、塑料凳,再到家用电器,如微波炉、电风扇、电脑等,生产这些产品都离不开塑料模具。由于塑料模具的生产效率高,稳定性好,使用寿命长,所生产的产品质量稳定,质量较好的塑料模具能直接提升企业的效益,不少企业都愿意开发塑料模具。但在开发塑料模具时,应先对产品的结构进行研究,特别是一些容易出现故障的产品,还需要找出发生故障的原因,并对模具结构进行改良,才能开发合理的模具<sup>[1-2]</sup>。

## 1、产品结构分析

所测空调中框如图 1 所示,前侧面与上表面的拐角处有一个方框通孔,为出风口,用于排出冷空气,出风口的下方为外观面,不允许设置浇口;产品的上表面有一个方孔,方孔中有若干条筋位,将方孔分隔成 6 个较小的方孔以及 2 个长方形孔,该区域的上表面还将装配空调的面板,因此上表面为非外观面,可以在此处设置浇口;产品的背面是进风口,有若干条筋位将进风口分隔成若干个方孔,这些筋位称为进风格栅。由于安装在墙壁上之后,进风格栅位于空调的顶部,用户看不见,进风格栅也是非外观面;产品的两端各有一个 U 形凹槽,在安装空调时,除掉 U 形凹槽里面的胶位后,将会露出 U 形结构,用于装配铜管和出水管。产品外形尺寸 862 mm×301 mm×176 mm,并且产品的内腔是空心,在生产该产品过程中,常见的故障是进风格栅的筋位变形。

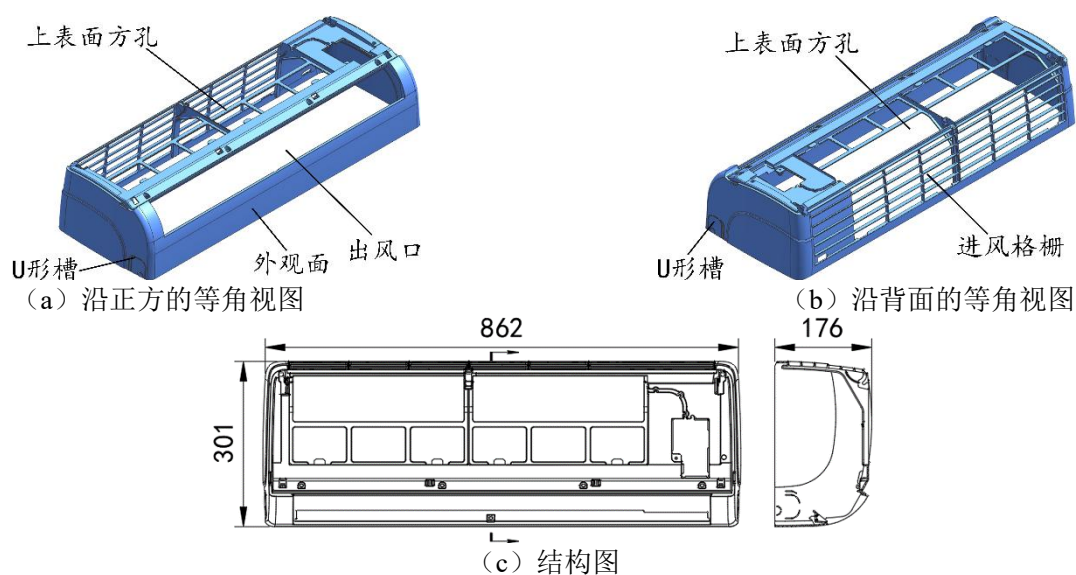


图 1 产品结构

## 2、滑块结构设计

对于产品两端的 U 形凹槽以及产品背面的进风格栅，全部采用斜导柱+滑块机构脱模，如图 2 所示。由于两端的滑块体积小，采用整体式结构，即滑块与滑块座为一个整体；进风格栅的滑块体积较大，同时脱模距离较小，采用分体式结构，即滑块与滑块座为 2 个不同的零件。为了方便加工，将滑块座设计成 2 块较小的镶件，用螺钉固定在滑块上<sup>[3-4]</sup>。

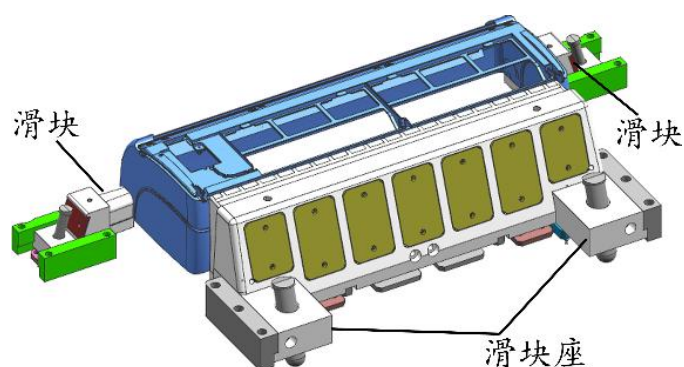


图 2 滑块结构

## 3、侧推杆机构

由于进风格栅的筋位出在滑块上，注塑完成后，筋位包裹在滑块

上,附着力较大,不容易脱模。同时滑块的面积较大,在脱模时容易形成真空,导致筋位容易拉伤或变形。为了防止出现这种现象,在进风格栅的滑块上设置侧推杆机构,主要包括压紧楔、侧推杆座、侧推杆、弹簧、挡块等,每个侧推杆机构上设置 2 支侧推杆,如图 3 所示。由于进风格栅的面积较大,筋位较多,在进风格栅格的滑块上共设置 3 个侧推杆机构。在合模时压紧楔与侧推杆座的接触面为竖直面,侧推杆座的顶点与压紧楔竖直面底边的距离为

10 mm。侧推杆的运动过程:当定、动模分模距离为 0~10 mm 时,滑块沿水平方向脱模,而侧推杆被压紧楔的竖直面顶住而不能运动,侧推杆的头部从滑块侧面伸出,将进风格栅的筋位从滑块中顶出。当定模与动模分模距离超过 10 mm 后,进风格栅的筋位已松动,不再需要用侧推杆继续将进风格栅的筋位顶出,此时侧推杆与滑块一起运动[5-6]。

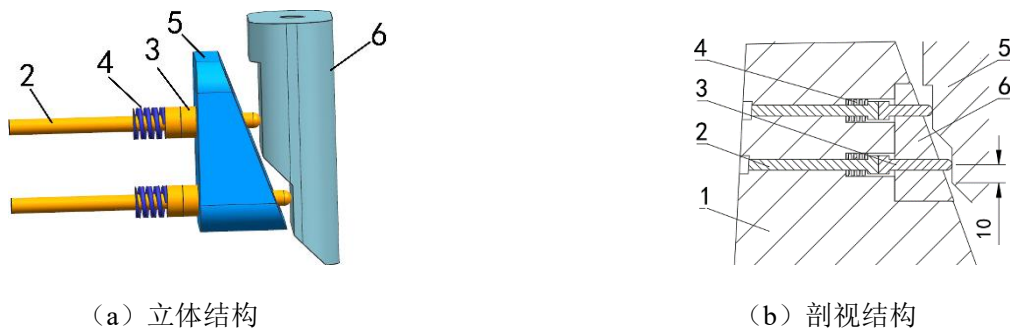


图 3 侧推杆顶出机构

1.滑块 2.侧推杆 3.侧推杆座 4.弹簧 5.压紧楔 6.挡块

#### 4、斜推结构

产品的内表面有 4 个扣位,全部采用斜推结构脱模,斜推结构由

斜推块、斜推杆、导向块和斜推座组成,其中斜推块与斜推杆之间通过圆柱销相连,如图 4(a)所示。为了方便加工,斜推座采用旋转式结构,即斜推座由旋转体和导向块组成,并通过圆柱销相连,当斜推的角度出现加工误差时,可以通过圆柱销自动纠正误差。为了拆装方便,斜推杆通过螺钉固定在斜推座上,如图 4(b)所示。当需要拆装斜推结构时,只需要从动模座板上所设置的拆装孔中松开螺钉即可,拆装的工作量较小[7-8]。

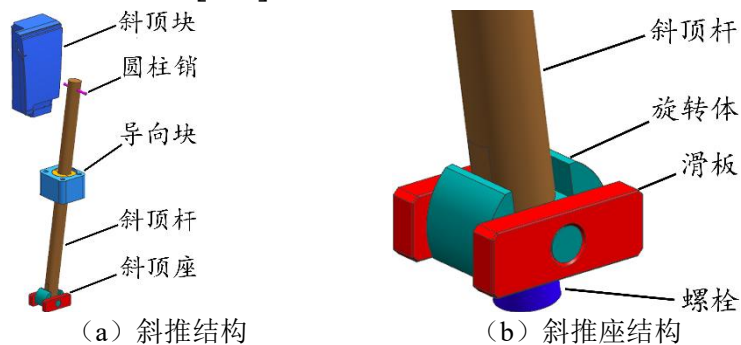


图 4 侧推杆顶出机构

## 5、定模与动模镶件设计

由于空调中框的尺寸较大,并且在 3 个侧面有滑块,适合 1 模 1 腔的模具结构。为了方便加工,定、动模型芯都采用镶件结构,如图 5 所示。由于动模镶件的尺寸较大(855 mm×296 mm×238 mm),为了方便加工,将动模型芯分成 3 件,为了增加动模型芯的稳定性,将动模型芯分型面以下的部分尺寸增大,制作成肩位,当模具闭合时,由定模压在动模型芯的肩位上。为了增加定模与动模的合模精度,在动模型芯的上表面非胶位处设计 3 个定位凸台,在 4 个角位处各设置一个定位凸台。对于产品上的出风口,采用定模与动模斜碰的结构成形。对于产品上表面方孔中的筋位,其胶位出在动模型芯上,在脱模时由推杆推出。

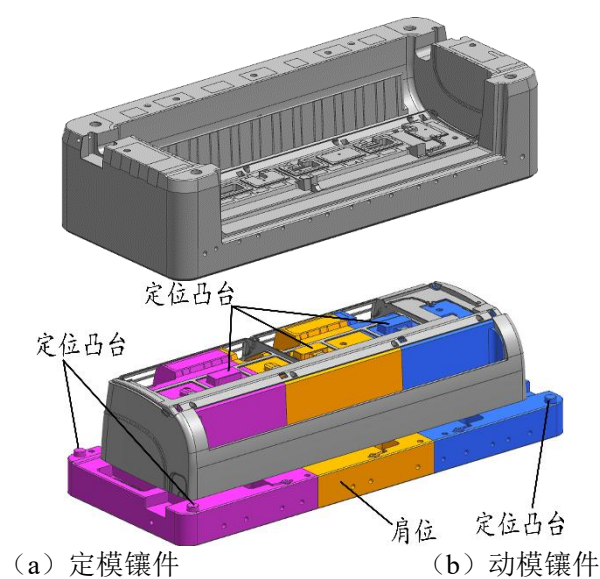


图 5 定模与动模镶件结构

## 6、定模与动模板结构设计

定、动模板的结构决定整套模具的使用寿命和精度。由于模具体积较大(1 350 mm×850 mm), 为了加强合模精度, 除了采用 4 支 $\varnothing 80$  mm×415 mm 的导柱导套外, 还在定模板与动模板的 4 个角位处安装用于定位的凸、凹块, 凸、凹块的侧面斜度为  $10^\circ$ ; 为了方便拆装定、动模镶件, 在定、动模装配框的侧面安装用于压紧的斜楔; 在动模板的表面安装耐磨片, 以防止压坏模板的表面; 由于滑块尺寸较大, 在定模板的表面安装斜楔; 在定、模板的 4 个侧面安装锁模块, 以防止模具在起吊、装卸、运输过程中自动打开, 起保护模具的作用, 定、动模板结构如图 6 所示[9-10]。

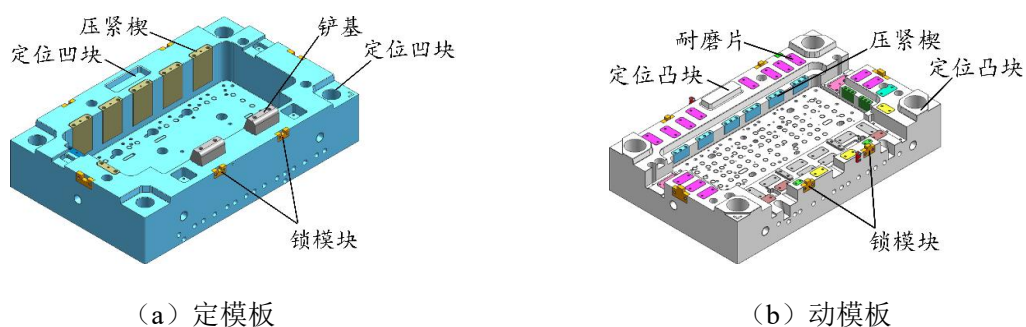


图 6 定模与动模板结构

## 7、浇注系统

为了克服冷流道的缺陷,这套模具采用热流道浇注。由于产品尺寸较大,筋位较多,为了避免出现注塑不满的现象,共设置 9 个浇口。在确定浇口位置时,按照每个浇口注射量平衡的原则进行布局,如图 7 (a) 所示。由于出风口一侧为外观面,不允许有浇口痕,因此出风口一侧采用热流道转冷流道,在内表面进胶。将冷流道开设在斜推结构上,通过斜推结构将流道料顶出,如图 7 (b) 所示。冷流道的截面为梯形;将冷流道稍微延长,作为冷料井,防止冷料进入型腔中,可有效克服产品表面的不良瑕疵;为了便于浇口料自动断裂,采用扇形浇口;由于其余浇口所在的位置为非外观面,直接在产品上进胶,浇口痕迹不影响外观。

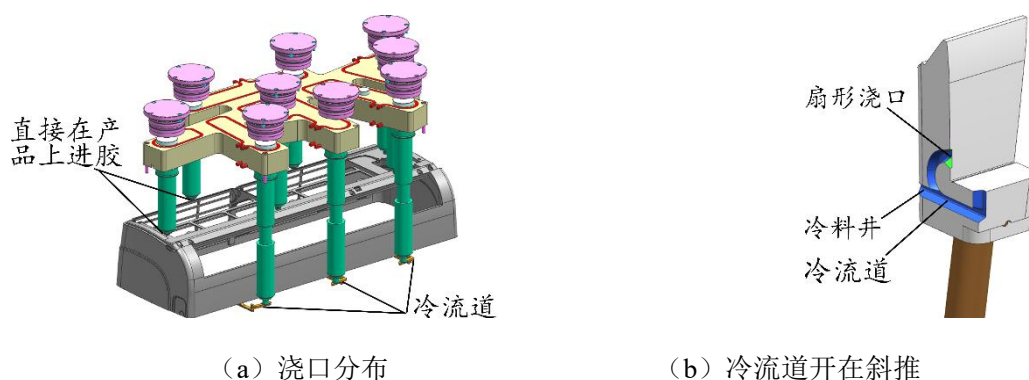


图 7 浇注系统

## 8、模流分析

用模流分析软件对所选定的 9 个浇口进行分析,以判断所选取的 9 个浇口的位置是否合理。将注塑压力设为 112 MPa,填充时间设为 5 s,注塑温度设为 185~220 °C,模具温度设为 80 °C,所得到的模流分析结果如图 8 所示。注塑结束的时间为 4.971 s,表明熔体能快速填充整个型腔,如图 8 (a) 所示;由于产品上筋位较多,有较多的熔接线,但熔接线较细较短,如图 8 (b) 所示,解决方法是在熔接线位置设置推杆,以增加排气效果,或适当提高模温,以增加熔体在型腔中的流动性。充填效果图的颜色为绿色,颜色均匀,无杂色,表明充填效果较好,如图 8 (c) 所示;充填温度为 100 °C 左右,模温比较均匀,如图 8 (d) 所示。在进行模具设计前,运用专业的模流分析软件对产品的浇口进行分析,能够发现模具中可能存在的问题,并针对发现的问题,对模具结构适当进行改善。从模流分析中可以判断,选择图 7 所示的 9 个浇口,对于该空调中框产品来说是合理的。

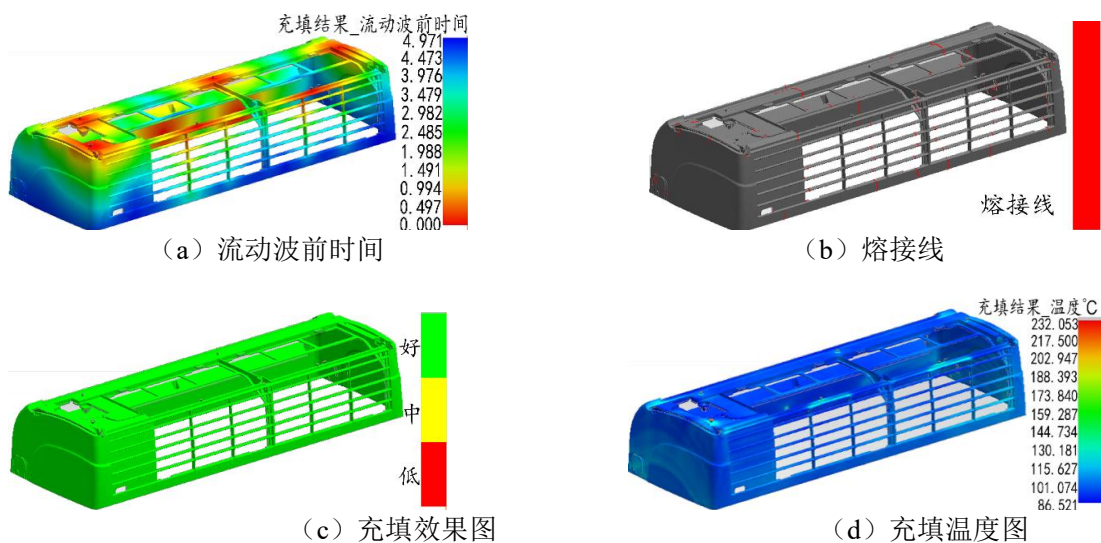


图 8 模流分析

## 9、冷却系统

在注塑完成后，塑料件需要在模具型腔中冷却、固化、定形，如果模具的冷却效果不好，产品在冷却过程中就会变形，因此，设计一套较好的冷却系统重要。在设计冷却系统时主要根据模具结构和型腔的形状来排布冷却水路。其中定模型腔采用直通+水井相结合的形式，以直通水路为主，在型腔的两端和出风口的位置增加水井，在出风口的位置设置纵向水路，其他位置设置横向水路，如图 9（a）所示。动模型芯以水井为主，为了达到更好的冷却效果，所设置的水井直径较小，而且排布密度大，水井直径为  $\Phi 16\text{ mm}$ ，两相邻水井之间的距离为  $39\text{ mm}$ ，直通水路将各水井连接起来，如图 9（b）所示。所有水路都是从一侧进水，从另一侧出水，以避免水路过长，防止从其他位置带入热量，而导致模温不均匀。大滑块也同样采用直通+水井水路，在此不详述。

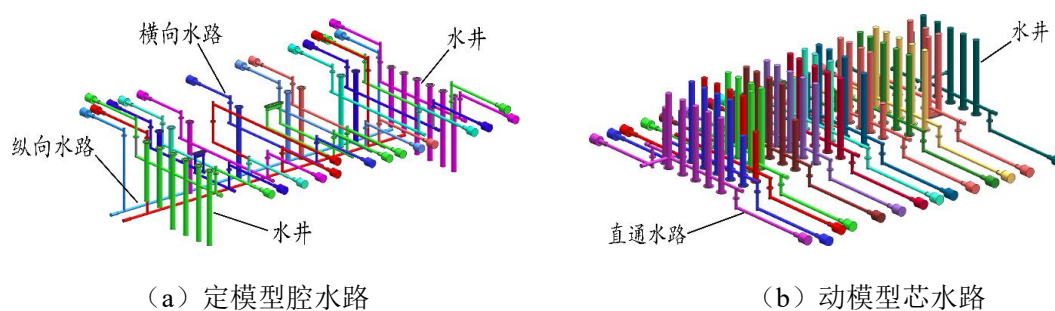
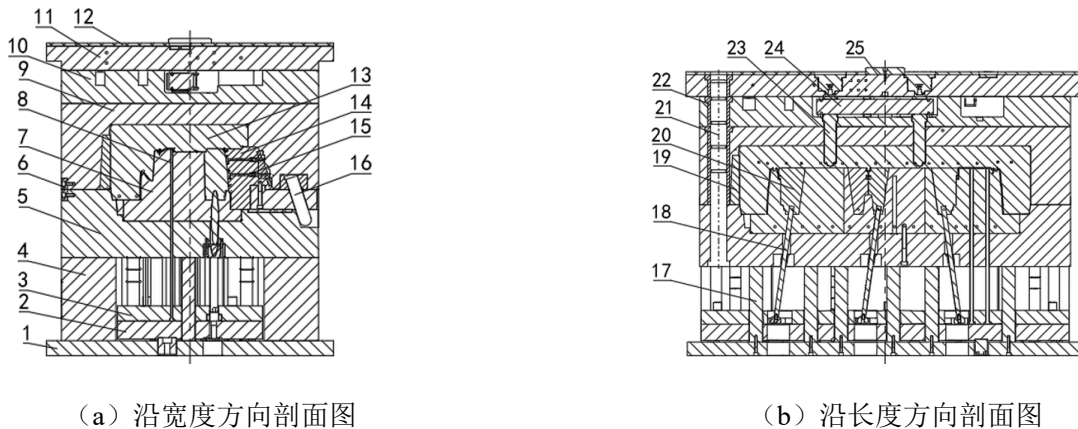


图 9 冷却系统

## 10、模具结构

在注塑生产时，为了防止热量从注塑机的料桶流向模具，在定模

座板的上表面安装 PVC 隔热板。沿长度方向和宽度方向的剖面结构如图 10 所示。



1.动模座板 2.推板 3.推杆固定板 4.垫块 5.动模板 6.锁模块 7.动模型芯 8.推杆 9.定模板 10.热流道板 11.定模座板 12.隔热板 13.定模镶件 14.滑块 15.侧推杆 16.斜导柱 17.支撑柱 18.斜推杆 19.斜楔 20.斜推块 21.导柱 22.导套 23.热流道管 24.热流道电器件 25.定位圈

图 10 模具结构

模具工作过程：注塑完成后，模具在定模板 9 与动模板 5 的接触面处分开，与此同时，斜导柱 16 驱动滑块 14 脱模。当开模距离为 0~10 mm 时，在定模板压紧楔的作用下，侧推杆 15 将进风格栅的筋位从滑块 14 中推出，以防止滑块 14 在脱模过程中拉伤进风格栅的筋位。当开模距离大于 10 mm 时，进风格栅的筋位已松动，此时侧推杆 15 与滑块 14 一起运动。当定模与动模完全分开后，模具的推出机构（包括斜推块 20 和推杆 8 等）将产品从动模型芯 7 中顶出。当取出产品后，注塑机驱动模具合模，合模过程与开模过程相反[11-12]。

## 11、结束语

由于产品尺寸较大，筋位较多，为了使各部分注塑均匀，也为了克服冷流道的缺陷，模具采用多点进胶的热流道浇注系统；对于位于非外观面的浇口，由热喷嘴直接进胶；对于位于外观面的浇口，为防

止在外表面留下注塑瑕疵,采用热流道与冷流道相结合的方式,将冷流道开设在斜推结构上,由斜推结构将浇口引入到产品内表面。针对进风格栅的筋位在脱模时容易拉伤的问题,在滑块上设置侧推杆,在开模时由侧推杆将进风格栅的筋位从滑块中顶出,解决了进风格栅的筋位拉伤变形的问题。根据产品的结构,设计了效果良好冷却系统,有效解决了产品变形的问题。在导柱导套定位的基础上,再在定、动模的 4 个角位设置用于定位的凸、凹块,加强模具的定位精度,有利于提高产品的合格率。

模具所匹配的注塑机为 11 000 kN,所生产的空调中框合格率高、进风格栅变形小,外表面无注塑缺陷等优点,经批量生产验证,模具结构合理,脱模动作稳定。

#### 参考文献:

- [1]王新蒙.空调器下壳体大角度斜抽芯注塑模具设计[J].塑料, 2021, 50(4):108-111,117.
- [2]熊毅,陈建学,李帅杰.狭窄空间侧孔斜推抽芯机构设计[J].制造技术与机床,2022,72(4).94-97.
- [3]张丽丽,骆俊廷.电脑主机风扇底座注射成形流动仿真及模具设计[J].精密成形工程, 2020,38(6):164-168.
- [4]朱晓东.基于 Moldflow 技术的汽车前保吸能块模流分析与优化[J].塑料科技,2018,46(2):85-87。
- [5]刘红燕.翻盖瓶盖注塑模具设计[J].工程塑料应用, 2019,47(1): 96-101,107.
- [6]闵志宇,李豪,柳翊,等.订书机上盖注塑模具设计[J].工程塑料应用, 2021, 49(11): 109-112.
- [7]蔡厚道,王训杰,黄雪梅.基于 Moldflow 的车载导航面板注塑模具设计[J].塑料工业, 2020,51(1): 60-64.

- [8]戚春晓.汽车后扰流板内外板热流道注塑模具设计[J].塑料科技, 2019,47(5): 77-81.
- [9]张维合.汽车前大灯透镜大型精密注塑模具设计[J].中国塑料, 2016,30(10): 91-96.
- [10]赵威,刘彦锋.基于 CAE 的外护板内骨架注射模设计[J].塑料, 2015,(3): 61-63,67.
- [11]王建玲,安凯浩,李博.手表表架注射模具设计[J].塑料, 2021,50(3): 73-77.
- 樊薇,王春艳.发动机进气盖热流道注塑模设计[J].工程塑料应用, 2022, 50(9): 92-96.

## 07 智能柔性灌装设备研发探索

林彬彬

温州佰一知识产权有限公司 浙江 温州 325000

**摘要：**智能柔性灌装设备，通过机器视觉技术实现在线液位一致性的检测，旋盖完好性检测、外观缺陷检测，异物掉落检测；生产数据可采集，可溯源，提供标准数据接口；设备满足符合柔性生产的需求，适用于多物料、多规格产品的自动化生产。

**关键词：**智能 柔性 灌装 自动化

### 一、研发背景和意义

我国灌装行业随着技术的不断革新发展迅猛，在化妆品、食品和药品等各个行业被广泛应用。随着物质生活水平不断提升，人们更希望产品能满足自己个性化的要求。

智能柔性灌装设备解决了刚性生产线生产过程不灵活的问题，可以灌装多种类型的瓶子，可以根据用户的需求来调整不同类型瓶子的灌装数量，能够很好地根据市场的变化做出及时反应。不仅能更好地充分利用现有的生产设备，节约资源，还可以节省新生产线购买、组装的时间使生产周期大为缩减。因此，柔性灌装生产是当今市场的一种生产模式。

智能柔性灌装旋盖联动机作为各类瓶装产品的灌装设备是非常有意义和有必要的，这是满足现代消费者个性化需求的需要，将充分发挥包装行业产业关联度高、带动性强的特点，对提升传统包装行业的技术水平，促进行业经济增长产生明显的经济社会效益。

## 二、国内外研究现状和发展趋势

我国灌装设备起步较晚,在上个世纪七八十年代灌装设备主要是从国外引进。自从上世纪八十年代开始,中国每年都要进口大量的包装机械,目前我国使用的大多都是从德国、美国、意大利等地进口,这些机械是自动化生产线,可靠性强,产量高,部分设备是当今世界最为先进的机型,但由于价格等诸多因素所限制,无法满足日益增长的各行业、品种繁多的市场需求。随着科学技术的发展,在消化吸收利用国外技术的基础上,逐步依靠自己的技术力量建立起国产的灌装生产线。经过多年的努力,从半自动中小型灌装机械到全自动灌装生产线再到柔性灌装生产线,逐步与国外先进技术缩小差距,跟上世界先进水平。机械外型美观、功能齐全、性能优良、灌装质量好、速度快、精度高,以申报单位为代表的国内包装龙头企业已基本具备了与国外设备相竞争的实力和条件。

高速化和精确化,灌装设备应用最新技术可实现精确计量和各项参数的自动检测;结构优化,提高设备运行可靠性;柔性化,可以满足客户的不同灌装需求,体现了生产的柔性;智能化,现各个工位信息互通互联、在线检测和远程诊断功能,使生产流程朝智能化发展。

## 三、产品的主要技术创新点分析

智能柔性灌装设备,通过机器视觉技术实现在线液位一致性的检测,旋盖完好性检测、外观缺陷检测,异物掉落检测;生产数据可采集,可溯源,提供标准数据接口;设备满足符合柔性生产的需求,适用于多物料、多规格产品的自动化灌装旋盖联动生产。

**1、智能检测的研发，包含外观检测、液位检测、旋盖完好性检测；利用机器视觉技术来实现各个功能的检测，具有以下检测功能：**

(1) 异物检测功能：检测瓶子中是否含有异物（头发、纸屑、金属颗粒等）。

(2) 液位检测功能：检测灌入瓶体内的液体是否处于一致的液面高度，保证灌装量的精确度。

(3) 旋盖完好性检测：检测盖子和瓶子之间的组装是否完好，以保证旋盖的密封性和其他功能要求。

(4) 瓶子外观缺陷检测：检测瓶子是否外外观缺陷、污渍或变形等。

通过机器视觉非接触式智能检测来减少人工的参与，从而提升灌装质量、灌装速度和设备的智能化水平。

**2、产品数字化研发，采用控制系统数据采集和追溯，远程运维；**采用旋盖升降伺服驱动旋盖头定位旋盖的设计思路，针对不同高度的瓶子，不需要更换及调节机械结构，直接更改伺服参数就能实现多种瓶型的切换，实现柔性换产功能。

**3、优化产品结构，采用智能化控制技术和数据采集追溯应用设计。**快速柔性换产，减少换产时间和减少换产物料浪费，自动落盖旋盖系统等研究；智能柔性灌装旋盖联动机可以实现包装材质、形状、尺寸不同的多种产品的灌装，可以实现从进瓶、定位到灌装、加盖、出瓶等操作，并且具有遇到故障能自动停机、监控生产过程等功能。从柔性安排生产计划到生产信息统计、存储、追踪等功能，可由上位机的生产管理系统实现，从而有效提高生产效率，降低生产成本。在

PLC 和触摸屏基础上增加数字化设备，提供标准的数据接口，实现生产数据可采集可追溯功能和远程服务功能。

#### 四、产品的应用前景和技术水平

该智能罐装设备的研发将改变我国没有高技术含量的一体型包装设备的状况，尤其是针对提高日化行业大大提高产品包装质量，增加的包装的多样化，提高劳动生产率，降低企业的固定资产投资比例，增加使用企业的经济效益，促进国内企业的发展。该项目具备提升传统包装行业的水平，发挥包装行业产业关联度高、带动性强的特点。

该智能罐装设备设计水平和制造经验均居国内领先地位，多年为国内外客户提供定制包装设备，产品的质量深受客户的好评。随着整合包装的普及以及人们为包装多样化的客观需求，该类自动化包装设备需求量大增，包装水平正在向高速化、智能化方向发展。

## 08 储能电缆产品设计案例分析

谢祝国

(温州温鹿酒业有限公司, 浙江 温州, 325000)

**摘要:** 储能电缆特点是应用中需传输相对大的电流, 需要有长时间大功率充放电的能力, 在大电流下升温会比较高, 所以所用材料需具备优异的耐热性; 储能电缆需要相对柔软一些, 因为它的弯曲半径会比较小; 需要有良好的抗延燃性。被广泛用于光伏储能、通讯基站储能、移动储能、共享储能等储能领域, 同时在航空、汽车、船舶、工业等特殊领域也得以应用。

**关键词:** 储能电缆 共享储能 光伏储能 移动储能

### 一、产品开发的背景和意义

储能电缆特点是应用中需传输相对大的电流, 需要有长时间大功率充放电的能力, 在大电流下升温会比较高, 所以所用材料需具备优异的耐热性; 储能电缆需要相对柔软一些, 因为它的弯曲半径会比较小, 需要有良好的抗延燃性。

传统的如 RVV、RYJV 等型号电缆电线采用纯铜软导体, 在弯曲半径较小弯曲过多时, 导体拉伸受力容易拉细和弯曲变形; 绝缘和护套含有卤素, 一旦出现火灾时, 会产生有毒、有害气体, 对人身安全产生极大的危险; 一般聚氯乙烯、交联聚乙烯等绝缘的耐温等级不超过 90℃, 传输相对大的电流, 耐热性能不够, 致电缆寿命缩小, 甚至容易引起火灾。因此, 在电力储能系统中的电缆, 需要有更小的弯曲、耐热、环保、阻燃性能。

## 二、储能电缆国内外发展趋势

储能技术可以协助克服新能源的不稳定性，提高能源的可靠性和可持续性。所以随着储能技术的不断创新和进步，安全性不断提升，电力市场需求的增长和能源结构的升级，储能行业将保持快速增长趋势。

根据中关村储能产业技术联盟数据显示，截至 2022 年底，我国已投运电力储能项目累计装机规模 59.8GW，新型储能高速发展，累计装机规模首次突破 10GW，达到 13.1GW，同比增长 128%。在新型储能中，锂离子电池占据主导地位，压缩空气储能、飞轮储能、液流电池、钠离子电池等技术路线的项目在规模上也有突破，应用模式逐渐增多。

当然储能系统要想可靠运行，那是离不开储能线缆的。储能线缆是储能电池之间安全、稳定连接的重要纽带。申远高温线研销的储能线缆是专门用于储能系统电池箱之间连接的耐高温线缆，考虑到安装和拆卸的时候电池可能存在潜在的移动，所以我们的技术在研发这款储能线缆时采用的原材料比较柔软、耐弯折，适用于 50A~350A 的电流范围，对插防护等级 IP67，机械寿命耐拔插上万次，工作温度范围在 $-40^{\circ}\text{C}$ ~ $+125^{\circ}\text{C}$ 之间，所用材料符合 RoHS/REACH 环保标准。目前这款储能电线电缆被广泛用于光伏储能、通讯基站储能、移动储能、共享储能等储能领域，同时在航空、汽车、船舶、工业等特殊领域也得以应用。

## 三、储能电缆产品设计案例

参加“一种  $125^{\circ}\text{C}$  抗拉耐热阻燃环保型储能电缆”联合项目组，

现对其产品进行探讨分析。

## 1、概述

电缆特点是应用中需传输相对大的电流,需要有长时间大功率充放电的能力,在大电流下升温会比较高,所以所用材料需具备优异的耐热性;储能电缆需要相对柔软一些,因为它的弯曲半径会比较小;需要有良好的抗延燃性。

传统的如 RVV、RYJV 等型号电缆电线采用纯铜软导体,在弯曲半径较小弯曲过多时,导体拉伸受力容易拉细和弯曲变形;绝缘和护套含有卤素,一旦出现火灾时,会产生有毒、有害气体,对人身安全产生极大的危险;一般聚氯乙烯、交联聚乙烯等绝缘的耐温等级不超过 90℃,传输相对大的电流,耐热性能不够,致电缆寿命缩小,甚至容易引起火灾。因此,在电力储能系统中的电缆,需要有更小的弯曲、耐热、环保、阻燃性能。

## 2、主要关键技术及创新点

(1) 通过 125℃ 环保型低烟无卤耐热阻燃聚烯烃辐照交联护套料制作包护套,通过 125℃ 环保型低烟无卤耐热阻燃聚烯烃辐照交联绝缘料制作绝缘套,能大幅提升整个装置耐高温性能和阻燃性能,且能有效的降低火灾过程中产生的有害气体,能大幅提升人身安全;

(2) 若干细软铜线和若干芳纶丝通过一定的节距束绞合成软导体组件,这种在中间增加了高强度芳纶丝的导体结构,使得整个装置在受到极度弯曲、拉伸等机械应力作用时,仍具有高于常规电缆的抗拉性能;通过在导体组件中间增加了高强度芳纶丝,使整个装置在安装过程中减少导体铜线间因拉伸引起单丝拉细,导体组件的结构稳

定,电阻得到有效保障。

### 3. 主要技术指标:

- (1) 绝缘体积电阻率,  $\geq 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 。
- (2) 绝缘耐长期直流试验, 3%NaCl, 85℃, 1500V, 240h 不击穿。
- (3) PH 值  $\geq 4.3$ , 电导率  $\leq 10 \mu\text{S}/\text{mm}$ 。
- (4) C 类成束燃烧试验, 炭化高度不大于 2.5m。

## 四、今后发展思路

一种 125℃抗拉耐热阻燃环保型储能电缆现已完成样机试制并开始小批量试生产,产品经用户使用反映良好,经上海缆慧检测技术有限公司检测项目达到国家标准 CQC1143、GB/T1048、GB/T17650、GB/T18380 要求。随着工业需求的快速增长,中国的储能电缆的产量不断增加,远销中、东亚和北美等地区,有强大的海外出口市场,市场需求大。是技术密集型产品,市场前景看好,经济效益显著。

该产品是红旗电缆电器仪表集团有限公司自行创新设计开发成功的新一代产品。该公司涉及电力电缆技术领域,专业生产高低压电线电缆、煤矿用防爆阻燃电缆、船用电缆、电力电缆、电力变压器、矿用防爆变压器、高低压成套电气、输配电等机电产品。

## 参考文献

- [1] 张金成。电线电缆制造工艺与影响因素分析[J]集成电路应用, 2020,37,(04):130-131.
- [2] 李秋菊, 姜淑恒.电力电缆故障测试技术研究[J]技术与市场, 2015(9): 114-115130-131.

- [3] 严俊.赵立飞, 储能技术在分布式发电中的应用[J].华北电力技术, 2006.10(12A): 703-704 电气制造.2012,(7).30-35.
- [4] 李春荣.低烟无卤阻燃电缆的研制[J].科技致富向导, 2009.12.
- [5] 王怡瑶, 刘露萍.无卤低烟型阻燃电缆的技术的现状 & 发展[C].建筑线缆, 阻燃, 耐火电缆专题论文集, 1999.

## 09 笔业精密塑料模具设计

杨家辉

(温州市爱好笔业有限公司, 浙江 温州, 325000)

**摘要:** 生产笔业精密塑料模具。随着 CAD、CAE、DOC 软件的升级和加持。新型加工设备的不断投入, 加工手段不断的翻新, 加工工艺显得精准、复杂及多样性。如何适应这高度发展的科技社会, 是我们每一位制造工程师都应该关注的问题, 对此进行深入探讨。

**关键词:** 笔业 精密塑料模具 智能

### 前 言

模具是工业制造业最重要的基础工艺装备, 电子、电器、汽车制造等行业近 80% 的零部件需要通过模具来成型与加工, 历来被国内外誉为“工业之母”。其产业带动比例为 1:100, 也被称为制造业“效益放大器”, 因此模具设计与制造能力已成为当今国际上衡量一个国家的工业制造水平的重要标志。

塑料模具工业的发展有了十分迅速的进步, 到现阶段塑料模具的年产量已经大大超过了其他例如钢铁、有色金属的产量, 甚至是总和。现在塑料制品在国家重点发展支柱型产业中有了非常普遍的使用和生产。例如机电、汽车、航天航空、仪表等等; 以及人们日常生活所用到的生活物品、工具等都已经离不开塑料模具制品。现阶段塑料制品成型的主要方法有以下几种: 挤出成型、注射成型、压延、吹塑和热成型等, 其中, 注射成型是现阶段中最为广泛的一种成型方式。

科技是现代社会科技发展的原动力,科技已经深入到社会生产的各个环节。包括生产益笔业精密塑料模具。随着 CAD、CAE、DOC 软件的升级和加持。新型加工设备的不断投入,加工手段不断的翻新,加工工艺显得精准、复杂及多样性。如何适应这高度发展的科技社会,是我们每一位制造工程师都应该关注的问题,对此进行深入探讨。

制定机加工工艺流程。是制造精密模具的前提,是制造精密模具的基础。设计好机塑料模具加工工艺流程至关重要。塑料模具机加工工艺是结合塑料注塑成型工艺,与平时工作经验的积累。所以设计好塑料模具机加工工艺,是提高工作效能的重要手段。

## 一、笔业精密塑料模具特征

可选择稳定性好的工程塑料材料,可塑性强、无毒、上颜色方便等等。是制造笔业首选材料。由于现代对笔业要求的提高,所以笔业精密塑料模具特征向着更加智能化的方向发展。

## 二、设计

由于笔业精密塑料模具特征,在设计塑料件的时候要在满足塑料件自身各种结构功能的同时,要兼顾笔业的安全新标准及新技术、新设备的能力来设计塑料件。这是在为笔业精密塑料模具的加工工艺流程的前提做准备。

## 三、机加工工艺

笔业精密塑料模具的加工工艺流程。是根据笔业精密塑料模具特征,根据模具制造的先进理念来考虑加工工艺。是利用 CAD 三维立体模型模拟,以及高速切削技术等等综合技术并兼顾制定加工工艺流程。

#### 四、先进的电旋铣削加工

在社会的发展中,各方面的技术不断提升,就会有新的加工设备推出。电旋铣削加工机床的推出,就是新理念的创新。特别适宜笔业精密塑料模具凹模型腔的加工。电旋铣削加工技术是利用现有电脉冲切削加工原理,用简单的圆柱形极棒,通过联动智能机床可以加工复杂的型腔。省去了制作复杂加工的阳极,简化了加工流程。

#### 五、模具的热处理工艺

模具的热处理工艺是保证模具质量、寿命、性能的重要工艺过程。它直接影响精密模具的加工精度、它直接影响模具的强度、它直接影响模具的使用寿命、它直接影响模具的制造成本。正是热处理技术与模具质量的紧密的关联性,使得这两种技术在现代化的进程中,互相促进,共同提高。20 世纪 80 年代以来,国际模具热处理发展较快的领域,是真空热处理技术、模具表面强化技术与模具材料的预硬化技术。

#### 六、模具零件的检验

精密的模具零件的检验是装配模具的前提。零件的质量好坏直接关系到模具装配的进程能顺利进行。模具零件检验前,检验人员应对零件的要求进行熟悉,应关注重要的形位公差和使用功能的要求。应对环境做好清洁,对模具零件的清洁。对环境温度进行控制,对工具、量具进行校核等等。每个细节都很重要,必须认真对待,才能保质保量。

#### 七、模具装配

合格的模具零件到位后,进行模具装配。装配钳工装配前要认真阅读装配工艺文件,按照装配文件要求,循序装配模具。装配过程发现问题要及时修正。活动拼块运动、模具导向不能有卡顿,应运动自如。认真检查链接螺丝松紧适度,配合面间隙均匀。清洁模具表面,凹模型腔、凸模模仁喷防锈剂,配合运动、导向摩擦面加注润滑油。检查吊环平衡,注意安全。

## 八、试模

试模时要有有经验的师傅进行操作。试模前要认真确认注塑机规格匹配。确认塑料原料,以及塑料原料前期预处理等等。设定注塑机预塑加热温度。模具装好后,调整模具的开模距离、调整合模力。试模时与 CAE 模拟是有区别的,所以试模时要胆大心细,做到心中有数。试模时模温比较低,料温取高、压力取低、注塑量取大等等,注意观察每一步生产过程,认真分析缺陷,逐步调整。安全顺利完成试模。

## 结束语

笔业精密塑料模具是生产笔业的重要装备。笔业精密塑料模具的机加工工艺,是制造笔业精密塑料模具的重要保证。学习、沟通、探讨、共同提高是最好的捷径。

随时了解国内外同类产品研究、生产动态,不断吸收先进技术改进产品设计,完善工艺工装,努力提高产品性能,降低成本,以满足用户的要求。加强职工技术培训,通过举办定期或不定期的培训班,对职工进行分期分批的培训,逐步提高其文化技术水平。特别是对从事新产品生产的职工要坚持先培训后上岗制度,并不断提高基本理论

知识和操作技能。积极引进人才和技术,和大专院校、科研设计单位建立技术协作关系,积极引进先进技术成果和聘请专业工程技术人员作为本公司的技术顾问。加大技术改造力度为尽快满足市场对产品的需求,抓住商机下决心千方百计加快技术改造,增加设备、加强管理、努力使新产品的生产规模不断扩大新产品。性能进一步提高,销售市场迅速拓展。

笔业精密塑料模具是生产笔业的重要装备。笔业精密塑料模具的机加工工艺,是制造笔业精密塑料模具的重要保证。学习、沟通、探讨、共同提高是最好的捷径。

#### 参考文献

- [1] 陈桂华,刘玉敏.基于 UG NX 软件的注塑模具设计[J].漯河职业技术学院学报,2021,20(02):28-30.
- [2] 刘彦国. 塑料成型工艺与模具设计[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2018.
- [3] 王称.浅析我国模具技术现状与发展趋势[J].建筑机械,2018(07):14-16.
- [4] 周宝友.中国模具制造业现状及发展趋势[J].模具制造,2019,19(04):1-6.

## 10 专用减速机智能化数字化设计探究

郑上剑

(浙江恒齿传动股份有限公司 浙江平阳 325000)

**摘要:** 减速机作为机械传动的重要组成部分, 在我国的工业发展中发挥着不可替代的作用。减速机在我国已有近 50 年的发展历史, 产品从最初单一的摆线减速机, 发展到现在拥有摆线减速机、无级变速器、齿轮减速器、涡轮蜗杆减速机、电动滚筒五大类的产品体系。随着现代工业的快速发展, 大大小小的减速机在工业领域中的应用越来越广泛, 需求量越来越大。

目前减速器行业, 德国、丹麦、美国和日本一直处于领先地位, 与国外相比我国减速机水平仍然有较大差距。因此, 智能化数字化专用减速机来满足企业高效生产的需求刻不容缓。项目从智能化生产、数字化管理等方面进行探究

**关键词:** 专用减速机 智能化 数字化 管理软件

### 一、项目实施的背景和发展趋势

“十四五规划”和 2035 年远景目标纲要提出深入实施制造强国战略, 需要加快补齐产业技术基础和基础工艺等瓶颈短板。在我国, 减速机作为机械传动的重要组成部分, 在工业领域中的应用越来越广泛, 需求量越来越大。减速器的建设与制造强国进程息息相关, 随着市场对产品的要求不断增强, 势必会促进减速器新一波的发展。

#### 1、国际行业背景

减速器行业仍以德国、美国、丹麦和日本处于领先地位, 特别在

材料和制造工艺方面占据优势，减速器工作可靠性好，使用寿命长，但其传动形式仍以定轴齿轮传动为主，体积和重量问题，也未解决好。日本住友重工研制的 FA 型高精度减速器，美国 Alan-Newton 公司研制的 X-Y 式减速器，在传动原理和结构上与此类似或相近，都为目前先进的齿轮减速器。他们除了不断改进材料品质、提高工艺水平外，还在传动原理和传动结构上深入探讨和创新，并已生产多种结构形式和多种功率型号的产品。

目前，在众多减速器产品中，主要以圆柱齿轮减速器为主，在所有产品中占比 55%，其次则为圆锥圆柱齿轮减速器、涡轮蜗杆减速机、行星齿轮减速机，以及以行星摆线针齿轮减速机为主的其他减速机，分别占各类减速机产品总量的 15%、13%、12%与 5%。各类减速机产品比例见图 1。

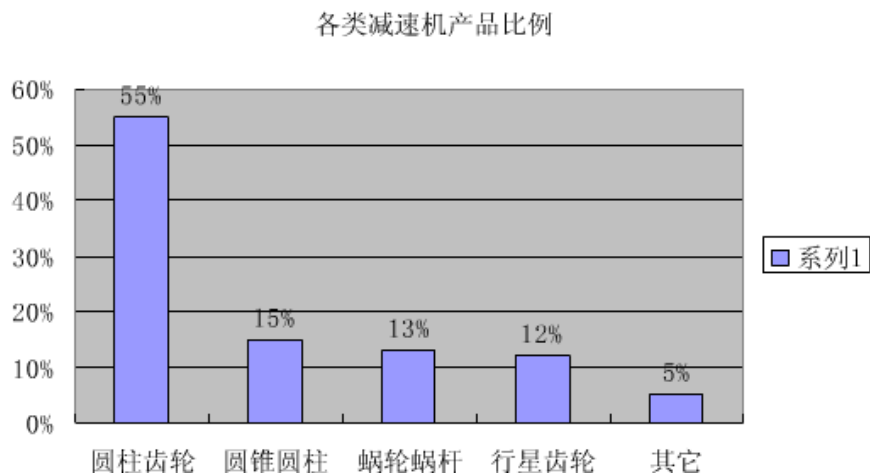


图 1 减速机产品比例柱状图

## 2、国内行业背景

减速机在我国已有近 50 年的发展历史，产品从最初单一的摆线减速机，发展到现在拥有摆线减速机、无级变速器、齿轮减速机、涡轮蜗杆减速机、电动滚筒五大类的产品体系。目前，国内减速机行业

呈现出多种形式并存的态势，外资企业、中外合资企业、国有企业、股份制企业 and 个体企业并存，规模从年产值数十亿元以上到数百万元不等，但是，其中外资企业的销售额却占据了销售额的四分之一左右。

另外，受全球金融危机影响，国内各厂家准备出口的减速机将目标转向了国内市场，给国内的减速机市场带来巨大的压力。减速机行业各企业对自己产品质量也提出了更高的要求，而近年来，随着各类资源的稀缺，现今生产模式已不再适合可持续发展的政策，继而寻求其他可持续发展生产方式成为企业一直研究的问题。我国减速机行业发展较快，但是由于大部分企业都是引进国外先进技术研发产品，使得各企业生产模式相似，因此在激烈的市场竞争中必须具备独特的产品设计才足以占领行业市场，环保型高性价比、高附加值的减速机产品无疑是现在行业发展的目标之一。

### 3、省内行业分析

浙江地处中国东南沿海长江三角洲南翼，是华东地区的重要组成部分之一，华东地区较为著名，是其地方民营经济的活跃，与此同时，华东地区也是国内减速器生产最集中的地区，其销售收入约占国内减速器市场总额的 66.5%，其中，浙江省占有率达 22.9%，仅次于江苏省的占有率。另外，在产品的出口上，国内仍以东部沿海为主，其中，浙江省以 22.7% 的出口率占据了最大的出口率，并与上海、江苏两地联合占据了整个行业的 53.43%。

浙江恒齿传动股份有限公司成立于 2014 年 1 月，是一家集生产、设计、研发与销售于一体的建筑工程机械专用变速机的设备制造企业。专业从事斜齿轮减速机、圆柱蜗杆减速机、弧齿轮锥变速机等各类变速机械及传动设备的科技型企业，通过了 ISO9001 质量管理体系、ISO14001 环境管理体系、GB/T28001 职业健康安全管理体系和欧

盟 CE 认证。公司坚持科技创新, 具有“省级高新技术企业研究开发中心”, 致力于国际、国内环保减速机设备的研制、开发和数字化设计。公司作为中国减速机标准化委员会委员单位, 获评为“国家高新技术企业”、“浙江省专利示范企业”“浙江省科技型企业”、“浙江制造标准认定”“浙江省小微企业成长之星”、“中国行业减速机十大品牌”、“中国减速机行业重点推荐产品”、“安全生产标准化企业”、“平阳县县长质量奖”等荣誉称号。

## 二、项目主要技术关键分析

### 1. 采用数控设备, 确保产品质量。

(1) 全自动数控瑞森豪尔进行磨齿处理, 确保齿轮精度 5-6 级;  
(2) 数控加工中心对箱体进行加工, 使箱体各孔系的平行度垂直度达到 0.04 毫米以内;(3) 对输出轴进行特殊的热处理工艺, 确保输出轴的高速运行而不会磨损;(4) 对其他的零部件进行在线检测控制, 确保每个零件达到工艺标准;(5) 对减速机采用热装和冷装装配方式, 确保产品品质。

### 2. 采用柔性、自动化技术

#### (1) 柔性自动化生产技术

采用柔性自动化生产技术代替传统人工作业方式, 极大程度上降低了人工成本; 同时, 引进该技术后有效避免了因人工操作导致货位装甲位置不稳定的问题, 大大提高了产品生产效率; 此外, 该技术还具有智识别、数据处理及控制制动的能力以及换料时间短、定位精准度高、运行稳定、调试简单、换件灵活的优点, 最终使产品合格率达到 99%, 人员成本节约 100%。

## (2) 自动化喷涂技术

采用自动化喷涂线对产品表面进行喷涂,不仅能够代替人工完成各种喷涂动作节约人力资源,还可以按照设定的程序精准的完成喷射轨迹,避免了人工操作的不可控制性。而且,全自动喷涂技术能够有效控制油漆的喷出量,减少油漆等资源的浪费;利用该技术自动清洁功能代替人工对产品表面进行清洁,最终使人工成本降低 70%,效率提高 50%。

## (3) 自动化装配技术

采用自动化装配线代替人工翻转,减少操作人员体力支出,能够很大程度上提高工人工作效率。该设备还具有自动检验功能,执行任务时遇到异常产品,系统则会自动报警并将其放下,使产品产出合格率 100%,人工效率提高 60%。

## (4) 自动化立体仓库

自动化立体仓库是自动化系统和立体仓库的有机结合,它由高层货架体系、巷道堆垛机、智能子母车、穿梭车、自动分拣系统、出入库自动输送系统、计算机仓储管理系统及其周边设施与设备组成的,可以集装单元货物实现自动仓储的一个综合系统,具有以下优点:①提高空间利用率;②提高生产效率;④减少库存资金积压。

# 3、采用先进管理软件 ERP、MES、WMS、WCS

## (1) ERP 系统

ERP 系统根据订单的销售统计(根据销售形式、产品、代理商、地区销售人员、金额、数量来进行统计)进行销售分析(包括对比目标、同期比较和订货发货分析,来从数量、金额、利润及绩效等方面

进行分析）。

### （2）MES 系统

生产管理模块(MES)就是在生产计划的指导下，根据各行业生产工艺特点组织协调生产，跟踪生产过程数据，考核各项生产指标，并通过数据分析，优化生产过程，以实现计划的编制、跟踪，生产数据的分析和考核管理等。

### （3）WMS 系统

WMS 系统可通过后台服务程序实现同一客户不同订单的合并和订单分配，并对基于 PTL（pick to light 亮灯拣选）、RF、纸箱标签方式的上架、拣选、补货、盘点、移库等操作进行统一调度和下达指令，并实时接收来自 PTL、RF 和终端 PC 的反馈数据。整个软件业务与企业仓库物流管理各环节吻合，实现了对库存商品管理实时有效的控制。

### （4）WCS 系统

WCS 仓储控制系统开发主要用于调控自动化仓库里的智能四向穿梭车、提升机、码垛机等各项自动化设备，让其科学有序的进行自动化工作。并且对运行的设备产品及仓库环境进行实时监控，如果遇到异常情况，及时警告和应急处理，并且对数据进行采集处理形成数据追溯，从而大大提高自动化仓库的使用效率和可靠性。

## 三、项目技术先进性分析

### 1. 与同类企业相比，在国际国内的水平等

恒齿传动与国内外技术标准对比

| 核心指标                                     |            | 行业标准                             | 国外 Vogel 标准 | 恒齿传动                                                     |
|------------------------------------------|------------|----------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------|
| 产品要求<br>JB/T<br>9050.1<br>-2015          | 适用范围       | 圆柱齿轮减速器、行星齿轮减速器                  | 圆柱齿轮减速器     | 斜齿轮拉丝机用减速机，螺旋伞齿轮拉丝机用减速                                   |
|                                          | 工作环境温度     | -40~+40℃（当环境温度低于 0℃ 时，启用前润滑油应预热） | -40~+40℃    | -40~+45℃（环境温度低于 0℃ 启用时润滑油应加热到 0℃ 以上，高于 40℃ 时应采取冷却或有隔热措施） |
| 齿轮齿面粗糙度（齿轮精度 6 级）<br>JB/T<br>9050.1-2015 | 分度圆直径 ≤125 | 0.8Ra、1.6Ra                      | 0.8Ra       | 0.8Ra                                                    |
|                                          | 分度圆直径 >125 | 1.6Ra、3.2Ra                      | 0.8Ra       | 0.8Ra                                                    |
| 渗碳淬火齿轮<br>JB/T<br>9050.1-2015            | 齿面硬度       | 57+4HRC                          | /           | 58~62HRC                                                 |
|                                          | 齿轮心部硬度     | 30~46HRC                         | /           | 32~40HRC                                                 |
| 齿轮表面接触斑点（接触率）JB/T<br>9050.1-2015         | 高度         | 60%                              | 60%         | 70%                                                      |
|                                          | 长度         | 80%                              | 80%         | 90%                                                      |
| 负载性能<br>JB/T9050.3<br>-1999              | 负载温升       | ≤80℃                             | ≤60℃        | ≤50℃                                                     |
|                                          | 负载最高油温     | ≤100℃                            | ≤90         | ≤90℃                                                     |
|                                          | 负载噪声       | ≤85dB (A)                        | ≤75dB (A)   | ≤70dB (A)                                                |

通过上方国内外同类产品对比图可发现，公司产品在以下方面就有比较优势：

（1）工作环境温度从-40~+40℃调整到-40~+45℃；（增加冷却

和隔热系统);

(2) 齿轮齿面粗糙度从 1.6Ra、3.2Ra 调整到 0.8Ra; (增加表面磨齿工艺);

(3) 齿轮表面接触斑点高度方向从 60%提高到 70%, 长度方向从 80%提高到 90%, 都提高了 10%; 提高负载能力(提高加工精度 5-6 级);

(4) 负载温升从原来的 $\leq 80^{\circ}\text{C}$ 降到 $\leq 50^{\circ}\text{C}$ ;

(5) 负载噪声从原来的 $\leq 85\text{dB (A)}$ 降到 $\leq 70\text{dB (A)}$ ;

(6) 传动效率从原来不到 90%, 提升到 94%以上。

## 2. 应用新一代信息技术

(1) ERP 根据销售订单的销售统计 (根据销售形式、产品、代理商、地区销售人员、金额、数量来进行统计)

根据订单进行销售分析 (包括对比目标、同期比较和订货发货分析, 来从数量、金额、利润及绩效等方面进行分析。

库存控制: 用来控制存储的数量, 以保证稳定的物流支持正常得生产, 但又最小限度的占用资本, 他是一种相关、动态的、及真实的库存控制系统。他能够结合、满足相关部门的需求, 随时间变化动态的调整库存, 精准的反应库存现状, 这一系统的功能又涉及: 为所有的物料快速库存, 决定何时订货采购, 同时作为交与采购部门采购、生产部门作生产计划的依据。收到定购物料, 经过质量部检验入库, 生产的产品也同样经过检验入库。收发料的日常业务处理工作。

采购管理: 确定合理的订货量、优秀的供应商和保持最佳的安全储备。能够随时提供订购、验收的信息。跟踪和催促对外购买或委外加工的物料, 保证货物及时到达, 简历供应商的档案, 用最新的成本

信息来调整库存的成本。

此外该软件还具备供应商信息查询、催货（对外购买或委外加工的物料进行跟催）、外购委外加工统计（统计、简历档案、计算成本）和价格分析（对原料价格分析，调整库存成本）等功能。

（2）创丰 MES 可以提供包括工单数字化、业绩数字化、质量数字化、计划数字化、设备数字化、物料数字化、成本数字化、知识库管理、沟通管理等管理模块。

下表为创丰 MES-工单数字化实施完成后预期效益分析，此效益的达成、保持和提高，还有赖于在 MES 软件功能和性能验收后，双方持续配合、定期沟通，不断进行精益生产改善，以达到预期设定的以下效益目标。

表 创丰 MES-工单数字化实施完成后预期效益分析表

| 方向 | 内容            | 达成目标                                  | 达成手段                                                            |
|----|---------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 生产 | 提高生产过程异常监管的效率 | 生产管理过程系统化、透明化管理，可将事后管理模式转变为事前、事中管理转变。 | 工单流转从纸质向数字化转变。分别给主任、组长、组员提供不同 PC 和平板的使用终端软件，将生产过程的沟通从事后转变为实时采集。 |
| 效率 | 减少报工登记人员投入    | 可在线直接报工，时间进度的预警提示，有效避免工单的延期。          |                                                                 |
|    | 降低生产管理成本      | 通过生产实时数据，使生产透明化，减少协调与沟通时间。            | 通过实时数据的采集，提供车间工单量查询、车间在制工单查询，工单时间达成进度的甘特图查询、设备在制工单查询功能。         |
|    | 缩短报表制定时长      | 纸质记录变为人工设备采集，数字化表单汇报，达到数据及时性的目的。      |                                                                 |

工单数字化主要流程包含工单急单处理、工单工艺路线临时变更处理、工单暂停处理、工单平行工序生产处理和工单串行+并行处理等流程。工单数字化主流程流程图如下图所示。

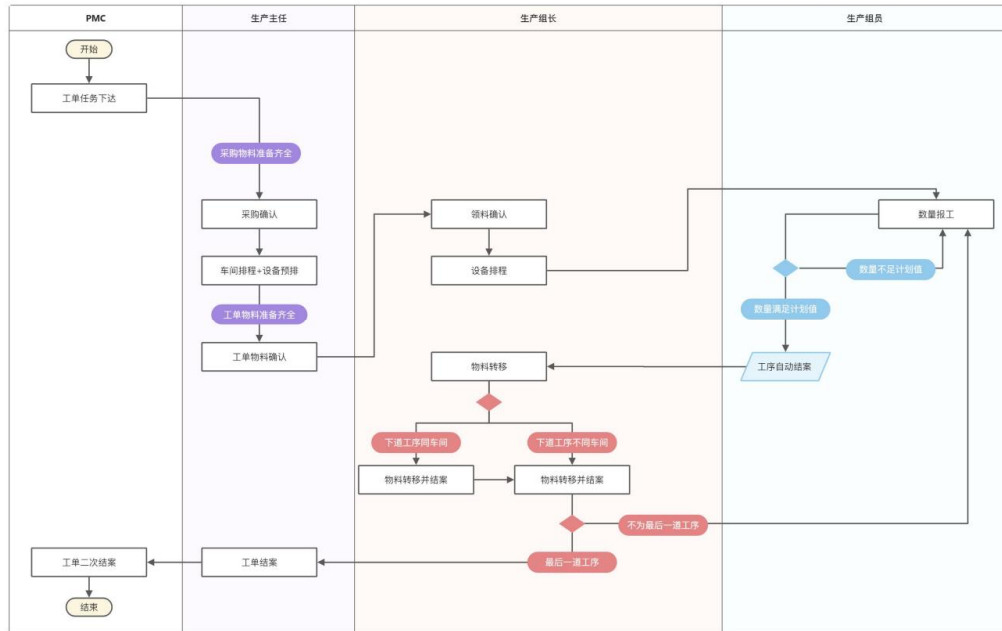


图 3 工单数字化流程图

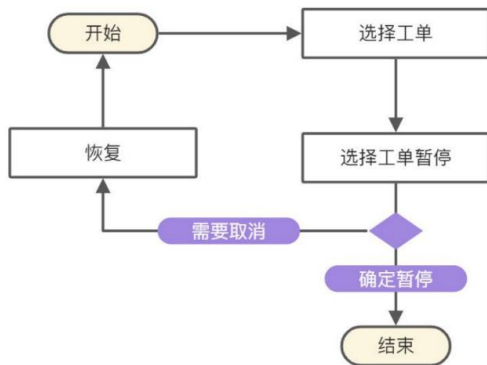


图 4 工单急单处理流程图

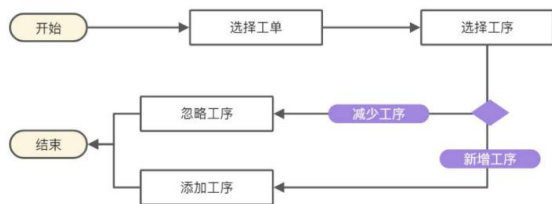


图 5 工单工艺路线临时变更处理

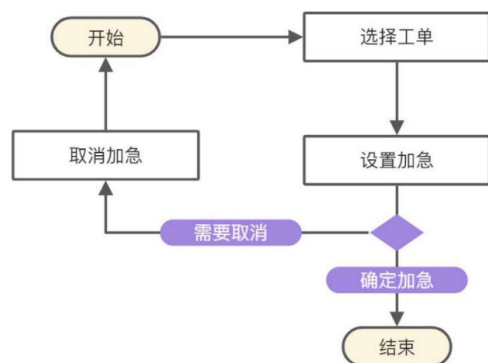


图 6 工单暂停处理流程图

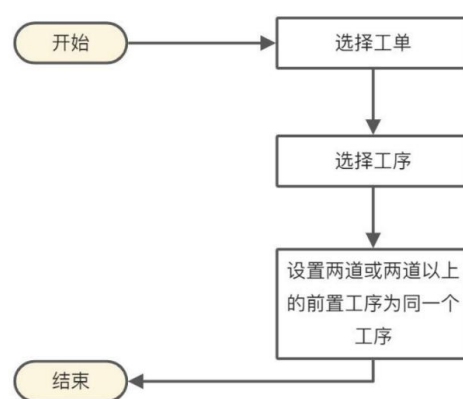


图 7 工单平行工序生产处理流程图



图 工单串行+平行生产处理流程图

(3) WMS 系统可通过后台服务程序实现同一客户不同订单的合并和订单分配，并对基于 PTL (pick to light 亮灯拣选)、RF、纸箱标签方式的上架、拣选、补货、盘点、移库等操作进行统一调度和下达指令，并实时接收来自 PTL、RF 和终端 PC 的反馈数据。整个软件业务与企业仓库物流管理各环节吻合，实现了对库存商品管理实时有效的控制。下面针对博科 WMS (仓管之星) 介绍几个基本功能：

基本信息管理：系统不仅支持对包括品名、规格、生产厂家、产品批号、生产日期、有效期和箱包装等商品基本信息进行设置，而且货位管理功能对所有货位进行编码并存储在系统的数据库中，使系统能有效的追踪商品所处位置，也便于操作人员根据货位号迅速定位到目标货位在仓库中的物理位置。

上架管理：系统在自动计算最佳上架货位的基础上，支持人工干预，提供已存放同品种的货位、剩余空间，并根据避免存储空间浪费的原则给出建议的上架货位并按优先度排序，操作人员可以直接确认或人工调整。

拣选管理：拣选指令中包含位置信息和最优路径，根据货位布局 and 确定拣选指导顺序，系统自动在 RF 终端的界面等相关设备中根据任务所涉及的货位给出指导性路径，避免无效穿梭和商品找寻，提高了单位时间内的拣选量。

库存管理：系统支持自动补货，通过自动补货算法，不仅确保了拣选面存货量，也能提高仓储空间利用率，降低货位蜂窝化现象出现的概率。系统能够对货位通过深度信息进行逻辑细分和动态设置，在不影响自动补货算法的同时，有效的提高了空间利用率和对控制精度。

(4) WCS 仓储控制系统开发主要用于调控自动化仓库里的智能四向穿梭车、提升机、拆码垛机等各项自动化设备，让其科学有序的进行自动化工作。并且对运行的设备产品及仓库环境进行实时监控，如果遇到异常情况，及时警告和应急处理，并且对数据进行采集处理形成数据追溯，从而大大提高自动化仓库的使用效率和可靠性！

WCS 仓储控制系统开发在立体仓储中的作用:①可视化库位监管;  
②出入库调度;③监测设备异常状态,进行实时、可视化监控预警;  
④系统日志监管;⑤数据追溯查询;⑥与 WMS 数据传输。

#### 四、结束语

减速机作为机械传动的重要组成部分,是国民经济发展的基础行业,在我国的工业发展中发挥着不可替代的作用。减速机在我国已有近 50 年的发展历史,产品从最初单一的摆线减速机,发展到现在拥有摆线减速机、无级变速器、齿轮减速机、涡轮蜗杆减速机、电动滚筒五大类的产品体系。随着现代工业的快速发展,大大小小的减速机在工业领域中的应用越来越广泛,需求量越来越大。

目前减速器行业,德国、丹麦、美国和日本一直处于领先地位,特别在材料和制造工业方面占据优势。国内目前各类通用减速器的标准系列已达数百个,可基本满足各行业对通用减速器的需求,但是与国外相比我国减速机水平仍然有较大差距。因此,专用减速机来满足企业高效生产的需求刻不容缓。

本项目从智能化生产、智数字化管理等方面进行探究。

## 11 高品质带钢&复合带智能化设计探讨

卜一凡

(温州日正金属材料有限公司 浙江温州 325000)

**摘要：**高品质带钢&复合带智能化产业是我国传统支柱产业、重要民生产业和创造国际化新优势的产业，是科技和时尚融合、生活消费与产业用并举的产业，在美化人民生活、增强文化自信、建设生态文明、带动相关产业发展、拉动内需增长、促进社会和谐等方面发挥着重要作用。随着国内经济的持续快速增长，居民收入的稳定提升，将拉动内需市场的进一步发展。项目建设还将形成产业集群，拉大产业链条，本项目的建设不仅会给项目企业带来更好的经济效益，还具有很强的社会效益。

**关键词：**智能化 高品质 带钢 复合带

### 一、项目开发的背景和意义

“十四五”期间，面对复杂的内外部环境，高品质带钢&复合带制造等生产行业着力推进转型升级，依靠技术创新、管理提升和产品升级，全行业经济运行总体平稳，规模以上企业主要运行指标保持增长。项目将充分利用建设地资源、能源、人力成本优势以及产业基础优势，将该项目打造成颇具规模的生产开发生产基地。大力推进新型工业化发展进程，带动当地国民经济可持续发展具有积极的意义。

该项目建设具备良好的市场发展空间，项目产品具有广泛的应用价值，具有明显的投资优势和非常广阔的市场前景。因此，本项目的提出恰合时宜且意义重大，项目具备一定的市场发展空间，项目实施

带来较为可观的经济效益与社会效益。

该项目产业是我国传统支柱产业、重要民生产业和创造国际化新优势的产业，是科技和时尚融合、生活消费与产业用并举的产业，在美化人民生活、增强文化自信、建设生态文明、带动相关产业发展、拉动内需增长、促进社会和谐等方面发挥着重要作用。从国内经济环境看，国内需求将成为行业增长的重要驱动力。随着国内经济的持续快速增长，居民收入的稳定提升，将拉动内需市场的进一步发展。

随着现代高品质带钢&复合带制造等生产工业的快速发展，自动化、连续化和高效化已成为产业生产的主要方向，以减少与国际先进水平的差距。从而加大力度引进先进的生产设备和技术，注重消化与吸收，尤其要注重创新能力的提高。项目通过先进的高品质带钢&复合带制造等生产加工技术和装备，有利于将资源优势转变为经济优势，是加快我国经济繁荣发展的重要途径，因此本次项目的提出适时且必要。

生产高端高品质带钢&复合带制造等生产既是企业实力的象征，更是企业可持续发展的利润增长点，从而加快产品结构调整，重点开发高档次、高品位、高附加值产品，为行业创造新的经济增长点，提高产品质量和品质，注重从加工生产向前端设计研发、后端市场终端控制延伸，引导并创造市场需求，以市场为导向，加强高品质产品开发，更好地满足消费者多层次的需求。

## 二、项目发展趋势

### 1、我国高品质带钢&复合带生产行业发展状况分析

作为国民经济传统支柱产业、重要的民生产业和国际竞争优势明

显产业的高品质带钢&复合带生产工业，在繁荣市场、吸纳就业、加快城镇化进程以及促进社会和谐发展等方面发挥了重要作用。

随着“中国制造 2025”的落地实施，作为中国传统支柱产业的中国高品质带钢&复合带制造等生产行业在传统高品质带钢&复合带制造等生产技术与新技术之间的差距不断拉大的情况下也在进行着一场变革。生产行业正式迈进智能化、数字化的转型当中。

### 高品质带钢&复合带制造生产行业发展空间

从产业发展层面看，高品质带钢&复合带等生产工业与信息技术、互联网深度融合对传统生产经营方式提出挑战的同时，也为产业的创新发展提供了广阔空间。“中国制造 2025”“互联网+”推动信息技术在高品质带钢&复合带制造等生产行业设计、生产、营销、物流等环节的深入应用，将推动生产模式向柔性化、智能化、精细化转变，由传统生产制造向服务型制造转变。大数据、云平台、云制造、电子商务和跨境电商发展将催生新业态、新模式。

面对我国高品质带钢&复合带制造等生产工业发展环境和形势的深刻变化，我们要积极把握需求增长与消费升级的趋势，利用好新一轮科技和产业变革的战略机遇，推动我国高品质带钢&复合带制造等生产工业加快向中高端迈进。

### 2、我国高品质带钢&复合带制造等生产行业发展趋势分析

技术进步和工艺创新成为促进产业升级和提升产品档次的主要动力。高品质带钢&复合带制造等生产行业将着力增强自主创新能力，转变经济增长方式，提高经济运行的质量和效益，加快高品质带钢&复合带制造等生产先进生产力建设。主要包括“三大创新”：科技创

新、经营管理创新、产业链整合创新。以及新材料、新工艺的应用,将会有力地推进我国高品质带钢&复合带制造等生产行业的结构调整,提高生产工艺技术水平,生产的技术含量和产品档次。ERP 企业资源计划、PDM 产品数据管理系统及信息网络技术的广泛应用,将加快高品质带钢&复合带制造等生产企业商品的购、销、存等流转过程,进一步规范企业运作流程,加速企业生产效率,大大提高企业的市场应变能力。高品质带钢&复合带制造等生产行业将逐步适应国际消费趋势的主流,由生产低档次产品向高品质、高档次及高附加值的产品转变,逐步完善上下游产业链,向价值链高端迈进。

综上所述可以看出,该项目产业发展前景十分可观。市场需求十分旺盛。随着国内外消费需求的进一步增加,必将带动高品质带钢&复合带制造等生产市场需求的进一步拉大。因此,项目正是适应市场需求而产生的,产品市场需求潜力较大,前景可观。

### 三、项目开发的关键技术分析

#### 1 复合金属材料及冷轧带钢技术分析

##### (1) 可控气氛保护热复合技术

将原材料带材进行表面清理后,在还原性气氛保护下对带材进行低压大电流下的在线加热,将各层原材料带材加热至材料熔点 40~60%左右的温度,每种材料的加热温度可以调节,进入复合轧机的走带速度也可以调节,按不同的材料设置一定的速度差,进入复合轧机进行轧制,复合轧制的压下率为 30~40%,然后通过冷却室冷却后收卷,根据需要再通过退火、粗轧、精轧、再退火、清洗、切边、检验、包装等工序,得到所需要的复合金属材料。

## (2) 可控气氛保护热退火技术

将热轧带钢原材料送入开卷机预开卷, 然后进行清洗并干燥后, 进入连轧机进行粗轧, 连轧机的速率可根据轧制厚度进行调节, 然后通过精轧机复轧, 以达到客户需求的轧制精度, 后进入罩式退火炉进行 38-72 小时退火, 退火前炉内使用氮气进行吹扫, 以消罩内除残留氧气, 并在退火过程中持续通入氮气, 以达到带钢退火硬度及外观要求。退火后的带钢根据需要再通过平整机、精轧机, 然后切割、检验、包装等工序, 得到成品。

## 2、几种轧制复合方式的比较

国内层状金属固相复合目前采用的方法主要为爆炸复合法、爆炸-轧制复合法和轧制复合法。爆炸复合法适合厚复合钢板或复合管的生产, 需要在特殊的野外场所进行, 不能全天候生产, 且存在环境和安全问题, 产品质量的稳定性差, 难以实现机械化、自动化。而轧制复合又可分为热复合、冷(室温)复合、可控气氛保护热复合。本项目产品属薄的复合板, 适合用轧制复合法生产。

### (1) 板块式热复合

板块式热复合采用单块点焊热轧复合, 将复层金属包覆并点焊在基层金属上, 然后一起在炉子中加热到一定温度, 再在轧机上轧制复合, 因其加热时组元间的结合面及复合材料表面产生氧化, 影响了复合牢度和表面质量, 复合后带材需要表面光洁处理; 复层铜(不锈钢)和基层碳钢一起加热, 各组元的复合轧制温度相同, 在复合轧制时各组元的变形抗力相差较大, 组元结合后在常温时的内应力大, 同时板块式热轧复合无法连续生产, 工序多, 工人劳动强度大, 生产效率低。

## (2) 冷复合

冷复合法是“表面处理+冷轧复合+扩散退火”的生产工艺。冷复合时的压下率要达到 60~70%，组元金属在冷态时的变形抗力很大，因而轧制力要求很大，设备大，造价贵；冷复合时被复合的面的清洁度要求很高，复合面表面处理后立即复合，所以冷复合时组元材料一般是在线表面处理，但表面处理与冷复合轧制放在一起会对冷复合的环境清洁有影响。冷复合还需要扩散退火以增加组元金属间的结合力，需增加一道工序；其次冷复合法对塑性欠佳或变形抗力大的材料也不适合。

## (3) 可控气氛保护热复合

可控气氛保护热复合是先将各组元带材进行清理或刷洗，在气氛保护下进行在线加热，每个组元层分别加热，在达到组元材料熔点的 40~60% (一般在该材料的再结晶温度以上) 时复合轧制，复合轧制的压下率为 30~40%。由于在材料的再结晶温度以上复合轧制，可控气氛保护热复合一般不需要扩散退火。

三种复合工艺的特点比较表

| 序号 | 可控气氛保护热复合        | 板块式热复合           | 冷负荷   |
|----|------------------|------------------|-------|
| 1  | 在线加热             | 要加热              | 无需加热  |
| 2  | 在相变温度以上轧制，无需扩散退火 | 在相变温度以上轧制，无需扩散退火 | 需扩散退火 |
| 3  | 不会产生氧化           | 会产生氧化            | 无氧化   |

|    |                            |                            |                       |
|----|----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 4  | 复合厚度大, 复合牢度好               | 复合厚度大, 复合牢度较好              | 复合厚度小, 复合牢度要差一些       |
| 5  | 复层厚度可通过后张力作小量调整            | 复层厚度无法调整                   | 复层厚度难调整               |
| 6  | 产品性能一致                     | 产品性能不一致                    | 产品性能一致                |
| 7  | 综合成品率高                     | 综合成品率较低                    | 综合成品率高                |
| 8  | 生产环境好, 劳动强度低               | 生产环境差, 劳动强度大               | 生产环境好, 劳动强度低          |
| 9  | 工序少轧制力小, 设备规模小, 一次性投资小     | 工序多, 轧制力小, 设备规模小, 一次性投资小   | 工序多, 轧制力大, 设备规模大, 投资大 |
| 10 | 复合的厚度范围大, 复合层数多, 对材料种类的限制少 | 复合的厚度范围大, 复合层数多, 对材料种类的限制少 | 复合厚度范围小, 复合层数和材料有限制   |

我们通过与浙江大学、华中科技大学等多家重点院校材料与工程学院的研究人员以及与南京钢铁集团新材料研究院、南京钢铁联合有限公司同业者一道经过充分论证后认为, 可控气氛保护热复合技术在连续生产复铜钢板和不锈钢复合钢板上是最合适的。

用可控气氛热复合技术对被复合金属组元的限制少, 用该工艺技术的生产线设备可复合的品种更广, 适合小批量多规格的品种, 产品具有更大的灵活性, 适合目前竞争激烈的市场。

### 3、可控气氛保护热复合技术的特点

(1) 以直流低压大电流对被复合的金属带材组元在线直接加热, 设备结构紧凑。

(2) 可控气氛保护热复合可以达到 5mm 的复合厚度, 而冷复合的最大复合厚度只能达到 3.0mm, 复合强度比其他复合方式高。

(3) 可控气氛保护热复合可以达到 10m-12m/min 的速度,而典型的冷复合速度只有 3.5~4m/min。

(4) 可控气氛保护热复合法的复合质量高,复合度很高,材料的各边之间完全复合。可以比冷复合法更好地控制边到中心的厚度,产品性能的同质性较好。

(5) 可控气氛保护热复合可以比冷复合适合更广范围的金属。适合冷复合法复合的金属都可以使用可控气氛保护热复合法。

(6) 由于复合前加热,可以用较低的压下率(30~40%)对 2~3 层金属带材进行轧制,使复合轧制力大大降低,设备能耗减少,设备造价低。

(7) 用可控气氛热复合技术,金属复合材料的成品率至少可达 90%,高于其他复合方法的成品率。

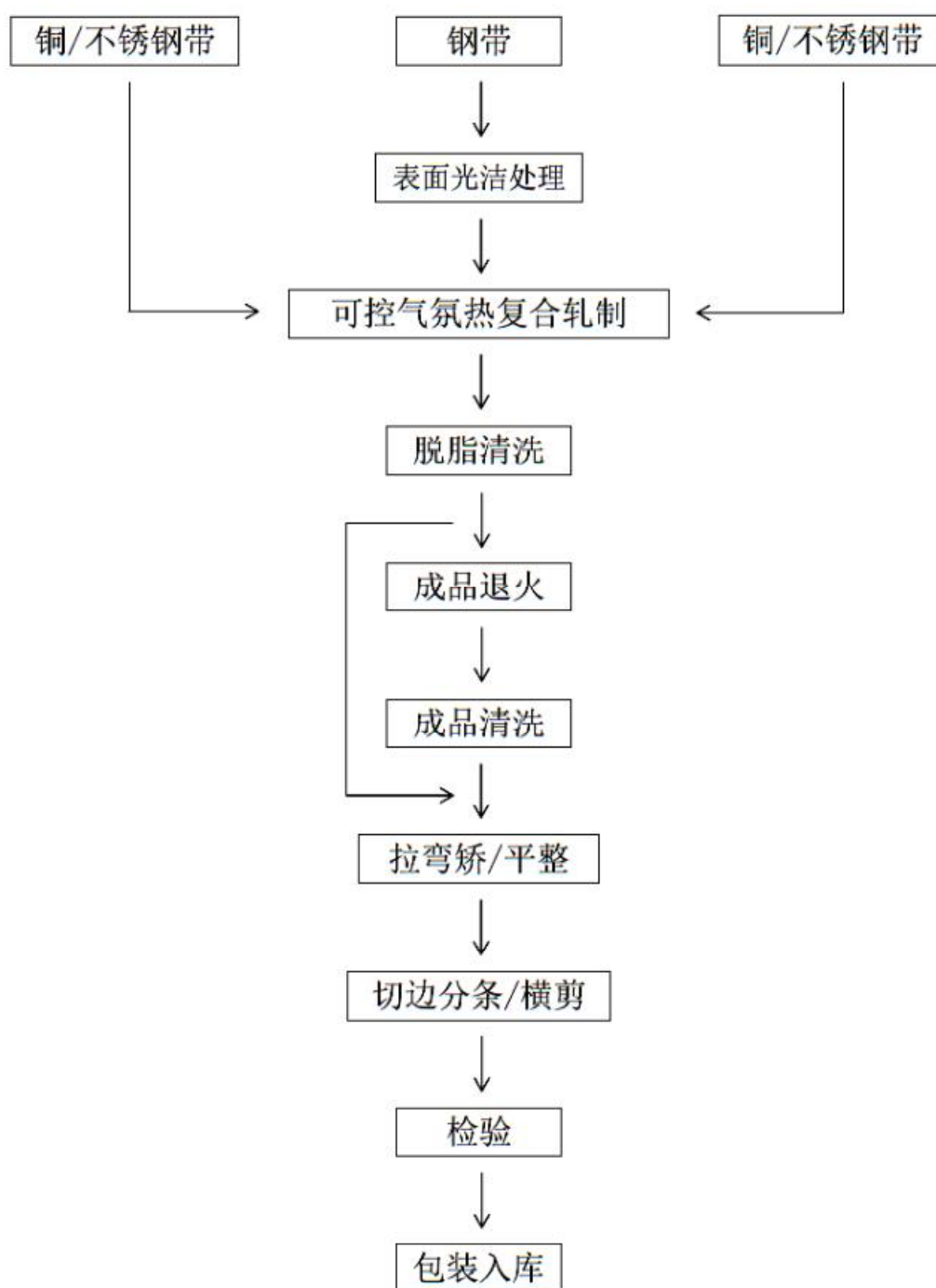
(8) 可控气氛热复合生产线属带式法连续生产,且应用了自动控制技术,因而有利于产品质量及生产率的提高,也使劳动条件大为改善;

(9) 相对其他技术生产复合金属材料,生产成本较低,经济效益好。

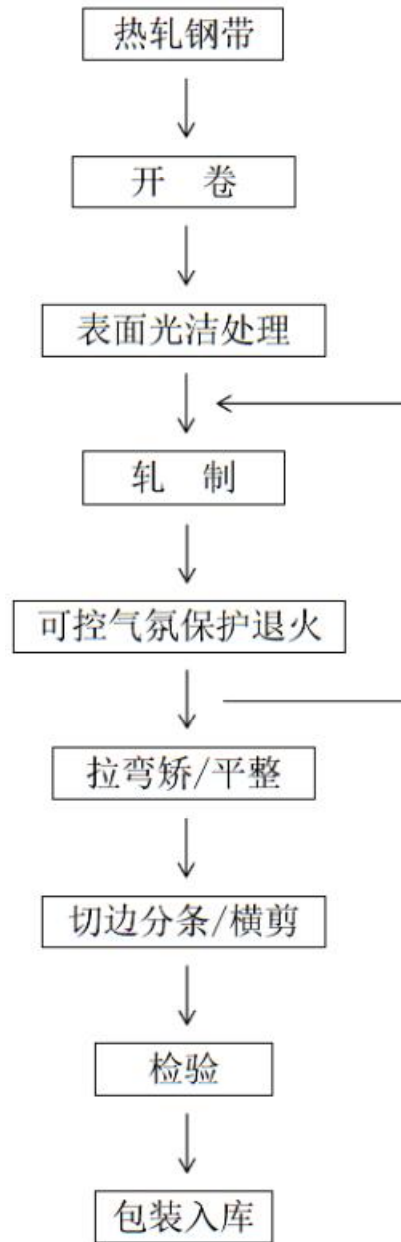
可控气氛保护热复合技术必须具备条件:复合前对材料要求高清洁的外表面,没有杂质、氧化物、油脂等脏物,复合时要求对材料加热(但又不能产生氧化物)和加压。

#### 4、生产工艺

##### (1) 复合带生产工艺流程



## (2) 冷轧带钢生产工艺



## 三、结束语

本项目研究内容设计完整、合理，思路清晰，目标任务明确。高品质带钢&复合带智能化产业是我国传统支柱产业、重要民生产业和创造国际化新优势的产业，是科技和时尚融合、生活消费与产业用并举的产业，在美化人民生活、增强文化自信、建设生态文明、带动相

关产业发展、拉动内需增长、促进社会和谐等方面发挥着重要作用。随着国内经济的持续快速增长，居民收入的稳定提升，将拉动内需市场的进一步发展。项目建设还将形成产业集群，拉大产业链条。项目的建设不仅会给项目企业带来更好的经济效益，还具有很强的社会效益项目具有显著的经济效益与社会效益。

## 12 智能组合型减速机设计探讨

周小飞

(浙江恒齿传动股份有限公司 浙江 温州平阳 325000)

**摘要:** 智能组合型减速机, 通过对齿轮的优化设计, 增强了齿轮强度及其组合精度, 提高了机械效率。产品实施零部件集约化生产与组装, 按照输入模块、输入级齿轮模块、中间模块、输出模块和支承模块五大体系设置的零部件, 本着标准化、通用化、专业化、系列化规则设计, 具有很强的通用性与互换性, 减少了模型制作与部件制造程序, 而且产品性能稳定、合格率高、组装方便、生产周期短、产品库存率低。

**关键词:** 减速机 智能化 模块化 组合型

随着工业智能化自动化程度越来越高, 动力及传动方面的要求就越来越多。模块化组合型硬齿面减速机作为一种通用型工业用动力传动设备, 广泛用于冶金矿山、啤酒饮料、印染纺织、起重运输、筑路机械、计量计控、石油化工、仓储物流、木工机械、环保设备、印刷包装、制药皮革、立体停车等众多领域, 是工业传动不可替代的产品。

智能组合型减速机, 通过对齿轮的优化设计, 增强了齿轮强度及其组合精度, 大大提高了机械效率。模块化组合型硬齿面减速机实施零部件集约化生产与组装, 按照输入模块、输入级齿轮模块、中间模块、输出模块和支承模块五大体系设置的零部件, 本着标准化、通用化、专业化、系列化规则设计, 具有极强的通用性与互换性, 这不仅

减少了模型制作与部件制造程序,而且产品性能稳定、合格率高、组装方便、生产周期短、产品库存率低、综合经济效益高,为我国减速机的专业化、规模化生产提供了先决条件,是减速机生产领域的一次划时代的创举,是我国装备制造业挑战国际自动化与现代化的重大突破,此举不仅打破了发达国家对我国高科技减速机市场的垄断,而且将成为我国高科技减速机实现由进口到出口的重大转变。

公司利用自有专利技术,对原有产品进行创新设计为智能模块化组合型减速机。该产品是新一代机电一体化产品,产品吸收了国内外有关先进技术,通过对齿轮的优化设计,增强了齿轮强度及其组合精度,提高了机械效率。产品实施零部件集约化生产与组装,按照输入模块、输入级齿轮模块、中间模块、输出模块和支承模块五大体系设置的零部件,本着标准化、通用化、专业化、系列化规则设计,具有很强的通用性与互换性,减少了模型制作与部件制造程序,而且产品性能稳定、合格率高、组装方便、生产周期短、产品库存率低。

智能组合型减速机在模块组合体系基础上设计的新一代机电一体化产品,包括 MP、MD、MJ、MN 四大系列,该产品国内外都有类似的产品,但国内的产品都是按传统方式进行设计与制造的,零部件差异大、互换性能差、生产周期长、制造成本高;国外的产品是按模块化组合型设计,但其输入齿轮结构、产品的型号种类有所不同。该产品吸收了国内外有关先进技术,通过对齿轮的优化设计,增强了齿轮强度及其组合精度,提高了机械效率。具体对比情况见下表:

| 序号 | 对比项目            | 我公司              | 国外（FLENDER）                  | 国内（欧迈特）                      |
|----|-----------------|------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1  | 组成模块化组合型减速的齿轮种类 | 589 种            | 520 种                        | 969 种                        |
| 2  | 传动比分级           | R20 优先数          | R20 优先数                      | R20 优先数                      |
| 3  | 输入齿轮结构          | 孔式,便于加工,相配合零件种类少 | 有孔式和轴式两种,轴式工艺要求材料加长,相配合零件种类多 | 有孔式和轴式两种,轴式工艺要求材料加长,相配合零件种类多 |
| 4  | 是否能做成直联型减速电机    | 完全可以             | 特殊处理电机轴,可以完全做成直联型            | 部分可以                         |

智能组合型减速机产品具有性能稳定、外观美观、性价比高，能替代进口产品，节约外汇。由于减速机行业是其他机械行业的上游，具有一定的传导作用，产品研发成功并产业化推动了温州及周边地区轴承、低压电器、铸造、锻造等机械加工业发展。

### 产品的主要技术关键：

1. 传动动比搭配创新设计。国内的减速机都是按传统方式进行设计，零部件差异大、互换性能差。在 MP、MD、MJ、MN 四大系列之间，我公司创新设计在保证每一种减速机许用扭矩和外形安装尺寸的前提下，以最少的齿轮种类满足模块化组合型硬齿面减速机的传动动比范围和分级。与国内厂家（欧迈特）相比，组成四大系列的齿轮种类减少 380 种，减少 39%。

2. 零部件集约化创新设计。在设计 MP、MD、MJ、MN 四大系列产品时，不是按照每个系列产品去进行设计开发，而是按照输入模块、输入级齿轮模块、中间模块、输出模块和支承模块五大体系设置的零部件，本着标准化、通用化、专业化、系列化规则进行设计，设

计出来的产品具有极强的通用性与互换性,这不仅大大减少了模型制作与部件制造程序,而且产品性能稳定、合格率高、组装方便、生产周期短、产品库存率低、综合经济效益高。

3. 利用计算机技术及电子表格收集整理设计参数,从中找出适合要求的参数,并根据公司设计需要及产品工艺编制相应软件。

### **技术创新点:**

1、创新设计实施零部件集约化生产与组装,按照输入模块、输入级齿轮模块、中间模块、输出模块和支承模块五大体系设置的零部件,本着标准化、通用化、专业化、系列化规则设计,具有极强的通用性与互换性,不仅大大减少了模型制作与部件制造程序,而且产品性能稳定、合格率高、组装方便、生产周期短、产品库存率低、综合经济效益高。

2、创新设计在保证每一种减速机许用扭矩和外形安装尺寸的前提下,以最少的齿轮种类满足模块化组合型硬齿面减速机的传动动比范围和分级。

3、利用计算机技术及电子表格收集整理设计参数,从中找出适合要求的参数。并由武汉理工大学根据公司设计需要及产品工艺编制相应软件。

今后进一步组织研究开发主要有四方面:

### **一、材料的优选**

齿轮用材料主要有钢、铸铁、铜合金和非金属材料等,在满足强度的前提下,可考虑使用非金属和非金属材料。随着科学技术的发展,非金属材料的强度有了很大的提高,而且采用它们能降低齿轮传动的

噪声。

## 二、齿轮参数的设计

在满足弯曲疲劳强度的前提下,当中心距一定时,应选用较多的齿数,这样可以提高重合度,使传动平稳,减少噪声。在满足传动要求的前提下,应尽量使大小齿轮的齿数互质,以便分散和消除齿轮制造误差对传动的影响,也可以避免大小齿轮上某个齿周期性地相互啮合,从而使传动平稚嫩,减少噪声。采用较小压力角可以使运转噪声减小,综合考虑强度方面的影响,通常取标准值 20。齿轮结构的设计,主要的设计原则是保证齿轮减速机的箱体及其他支承零件的共振与回转速度,回转速度的倍数以及齿轮的啮合频率最少相差 20%。轴承的选用,设计时根据使用要求,合理地选用滚动轴承的类型、配合和游隙。在高速传动时,采用比滚动轴承运行更平稳的流体润滑轴承。

## 三、制造工艺技术

齿轮的修正采用齿轮修缘能有效减少齿轮传动中的撞击。齿轮修缘包括齿顶修缘的齿根挖根以及齿向、齿廓的修缘、它们可以使凸起的齿面在啮入和啮出接触中平稳滑动,还可以改善在负载下因为轮齿变形而产生传动误差引起的噪声。制造过程中齿轮误差、齿面表面粗糙度的控制。回转件的动不平衡回转体的不平衡应控制在小于 6.6kg/(rmin)内。箱体中心距和轴承孔形位差的控制控制好箱体中心距和轴承孔形位公差,能降低齿轮啮合产生的噪声。

## 四、产品装配技术

装配同心度控制装置时两轴的不同心会导致轴系运转的不平衡,同时由于齿轮啮合半边松半边紧,从而产生噪声,所以在装配时,要

避免装配的不同心。选配装配法在装配时，应对零部件进行选配后再装配。这样能够提高整个齿轮减速机装配后的精度等级。

目前国内没有生产高精度减速机的同类机型，国内的高精度减速机以及生产机器都需要通过国外进口，价格成本较高，而且机器使用操作以及故障维修不方便。

## 13 电缆分支箱设计探讨

张 鹏

(浙江恒齿传动股份有限公司, 浙江温州, 325000)

**摘要:** 电缆分支箱能否安全可靠的运行关系到整个的配电网能否正常的进行供电。在城市化日益发程的今天, 10KV 配电线路已转入地下或绝缘设计, 这对电网的智能化发展和配网自动化技术对管理人员的专业要求也不断提高, 运行人员在懂设备的基础上还要熟悉设备运行原理和内在构造。

### 前 言

我国经济的快速发展对电力能源的要求不断提高, 随着城市化进程的加快, 以前那些密布于街巷的架空电线现在已经变成电缆被埋入地下。随着电网电缆化的进程, 电缆分支箱的使用很好的避免了架空线该电缆中的电缆分接的问题, 其具有安全绝缘、密封好、维护低、灵活多变的优点而被广泛的应用。但在实际使用过程中, 由于各种原因造成 10KV 电缆分支箱发生故障, 这对配电网的正常运行造成了不便。因此找出故障原因, 对症下药显得十分重要。

### 1、电缆分支箱的选型

(1) 很早我国就开始安装使用了电缆分支箱, 并且逐步拓展到配网中。最早使用的是型号为 DFW1-10DY 型直通式高压分支箱, 其箱体的材料是由不锈钢构成, 特点就是内部的接线方式简单方便而且与箱体也是隔离开的。这样就会方便新用户在接入或者是故障出现的地方可以缩小停电的范围, 还可以增加使用的灵活性。其电力电缆线路的终端头的制作与安装流程与普通的交联终端头的制作也是相

同的。

(2) 普通型,在这一类型当中比较有特点的就是 HF 型电缆分支箱。它是不带开关的,其应用就是作为电缆的分接用,可以带避雷针。对于全密闭普通型的来说,其具有体积较小、安装简易、绝缘性能以及密封性能好,还可以实现全屏蔽的电缆连接,对于工作人员的人身安全有着很好的保障作用,与此同时还能与周围的环境起到很好的和谐统一的效果。

(3) 环网开关型。例如 HFK 型电缆分支箱,除了具有普通型电缆分支箱的特点之外还增加了一个高压负荷开关、SF6 开关、避雷器等。新增的这个负荷开关对于整个电路具有强制性的安全保护措施,每当电缆分支箱在某一反馈线回路需要进行停电检修的时候,可以单独进行分闸操作,将这一部分的电路进行停电,而不对其他电路的正常工作造成影响。

## 2、电缆分支箱存在的主要问题

现如今城市中正在使用的电缆分支箱,经过若干年的使用已经存在很多的问题,主要有:

### 2.1 锈蚀严重

早期安装的电缆分支箱由于使用时间较长出现了不同程度的锈迹和腐蚀迹象。原因在于早期的电缆分支箱材质是简单的铁质材料,铁质材料在低温潮湿的环境下容易锈蚀。大多分支箱位于电缆隧道和沟道里,因此在冬季温差较大的时候,内部会出现凝露现象,部分电缆终端因潮湿会出现电晕,进而产生积碳点,这对机箱的损害是严重的。对于一直以来存在的锈迹问题仍没有合适的解决方法,这给设备

的可操作和安全性带来了不利。

## 2.2 线路选择不合理

线路的选择在电缆架设中十分重要, 需要选择最合理的路线, 因为同一个电缆分支箱上的用户不止一家, 一旦用户线路出现故障, 则整个线路都将停电, 分支箱的故障同样会如此, 而且, 此种原因产生的故障很难排查。因此, 为避免逐户排查的不便, 对线路的选择一定要慎重合理。

## 2.3 布局不合理

由于分支箱一般是安装在电缆沟上或者是马路边上, 一般都是安装在电缆沟的正上方。这样的布局就会使分支箱下面的缆沟内电缆很乱。这样就会出现外面的电缆分支箱遭到外力的破坏而对于电路的正常供电造成影响。

# 3、故障主要原因分析

## 3.1 分支箱设备绝缘性能差

目前电缆分支箱多采用美式分支箱, 该种箱横向多通母排且是单向开门, 母排上的管套是硅胶材质的绝缘设备, 该箱的体积小, 组合灵活, 绝缘性能和封闭性能良好, 电缆 T 头和轴头绝缘性能容易出现故障, 电缆分支箱没有透气孔, 安装在井内的湿润空气不能与外界对流使得井内空气湿度大, 当外界气温与井内气温温差大时, 分支箱壁表面出现了凝露。硅胶材质在长时间使用后表面龟裂, 导致绝缘性能大大降低, 低绝缘最终会导致应力体表面形成回路放电, 故障由此产生。

## 3.2 工艺质量不过关

电缆分支箱的安装对工艺水平的要求较高,这就需要高技术高素质的施工人员。但在现场施工中发现,许多施工人员没有按照要求对肘头、护帽和堵盖互相连接的部分认真用酒精试纸做相关的清洁处理。除此之外,如果肘头的安装顺序不正确,在一相安装好之后,发现不合适,又要拆卸移动,这记忆导致绝缘保护帽插不到预定的位置,安装帽不能拧紧,一旦水汽进入,母排桩头就会对分支箱间隙性放电,导致管套烧坏。

### 3.3 运行维护管理不到位

电缆分支箱安装后需对其进行周期性的维护和巡视,但现实是,巡视维护工作流于表面,未能真正落实到位,设备发生故障时,巡视维护人员未能在第一时间发现问题找出原因,在以后的运行过程中,小问题越发严重最终导致瘫痪。电缆分支箱的基础验收不过关,质量本身存在问题。此外,对部分运行多年的电缆分支箱电缆进、出口封堵问题和排气孔缺少问题没检查整改,造成运营维护不利,故障频发。

## 4、如何提高电缆分支箱的运行可靠性

4.1 对于电缆分支箱的选择应该综合的考虑供电的运行方式、地理条件、供电的负荷量等。

4.2 对于室外的电缆箱要尽可能的减少,根据多年的研究经验来看,因为箱体材料以及地理环境的影响,如果长期的处在户外就会给分支箱带来比较严重的腐蚀。这样就会对于安全供电带来比较大的隐患,所以说应该尽可能的选择用户中心的室内配电室或者是永久性设施进行这一类的安装。在终端分支箱数量的选择上应该控制在 3~5 台。这样做不仅仅可以提高设备的使用率,减少设备的维护费用,还

可以提高运行方式的灵活性以及实用性，避免因为一个电缆分支箱出现问题就会出现大面积的停电现象，缩短排除故障的时间，提高整个线路的可靠性。

4.3 对于电缆以及电缆分支箱允许的最大短路电流、热稳定性等在进行电路设计时要进行充分的考虑，避免因选择不当而引起的电缆火灾事故的发生。

4.4 在我国的市场 10KV 户外电缆分支箱的品种有很多，这样对于分支箱的安装工作就变得十分重要。为了实现分支箱可以安全可靠的去进行工作，安装人员必须能够正确的掌握电缆的刨切尺寸，对于电缆接头安装的先后顺序也要非常的熟悉。只有这样才能有效的保证电缆分支箱的使用寿命。

## 5、电缆分支箱中主要防范措施分析

### 5.1 保证施工工艺质量

安装人员必须十分熟悉电缆接口安装的先后顺序和刨切尺寸，这关系到电缆分支箱的使用寿命和安全性运行。而市场上分支箱的种类繁多，安装工作变得十分重要。因此，电缆分支箱安装的施工有严格的设计要求和规则程序，严禁电缆与供暖沟和水管道相通。此外还要考虑电缆进、出口封堵和通风透气孔问题，这对电气设备的安全运行至关重要。

### 5.2 加强投运前的验收和检查

相关单位在分支箱投入运行之前必须严格按照规定流程验收和检查，对安装不合格或不规范的分支箱拒绝验收，对分支箱绝缘保护帽、肘形和 T 型接头连接处做详细检查。一旦发现分支箱绝缘支柱变

形或断裂，必须及时更换处理。接地线的安装要与接地电阻相符，预留分支要戴上保护帽，透气孔的设计符合要求，电缆进出箱体处要实行封堵处理，这些检查和验收工作对分支箱的正常运行至关重要。

### 5.3 提高运行维护的可靠性

选择电缆分支箱时应综合考虑各种因素，例如，地理位置、供电的最大负荷量和运行方式等。为避免分支箱受到严重腐蚀，应尽量将分支箱安装在室内或选择永久性的设施，防止长期暴露于户外的不必要损失。为提高设备的使用效率，最好将终端分支箱的数量控制在 3~5 台，这既提高了实用性又避免了逐户排除故障的复杂工作，节约了维护费。

## 6、结 语

电缆分支箱能否安全可靠的运行关系到整个的配电网络能否正常的进行供电。在城市化日益发程的今天，10KV 配电线路已转入地下或绝缘设计，这对电网的智能化发展和配网自动化技术对管理人员的专业要求也不断提高，运行人员在懂设备的基础上还要熟悉设备运行原理和内在构造。加上对于每一个分支箱建立完整的资料档案对于整个电缆线路进行监视巡航，对运行时间长久的电缆分支箱要改造和逐步淘汰，对新安装的分支箱要注意检查验收，对故障频发的分支箱要注意维修保养，对检查维修人员进行专业岗位培训，提高专业素养，只有这样才能使电缆分支箱安全可靠运行，使整个配电网正常供电。

参考文献：

[1]程崇华. 10KV 电缆分支箱的运行管理[J]. 电工技术, 2009 (09)

[2]林秋金. 预防 10KV 电缆线路故障的措施[J]. 农村电气化, 2010 (03)

[3]吴健生. 综议电缆分支箱与可分离接插附件[J]. 高压开关行业通讯, 2002 (12)

## 14 心率测量仪的设计与制作

温作平, 林新雅

温州泰昌人防设备有限公司, 浙江温州, 325003

**摘要:** 本心率测量仪以 STC89C52 单片机为核心控制处理单元, 使用红外传感器作为心率传感器, 通过软件与硬件相结合的方式, 实现对人体心率的精确检测。可以用特定的按键来调整测量范围上下限, 并进行峰鸣报警和对应指示灯闪烁。红外传感器可以放置在人体心率信号明显的任何位置, 测量结果会以数字方式准确的显示在显示屏上, 测量精度可以达到 2 次/分。经过多次试验, 对该仪器进行了测试, 并对其性能进行了测试, 基本达到题目要求部分的全部指标。

**关键词:** 心率仪, 红外传感器, STC89C52 单片机, LM393。

### 一、引言

心率是指心室收缩时的压力。它是心脏搏动的重要标志, 在心血管疾病发生和发展过程中起着重要作用。通过测量心率可以了解心脏功能、心率、心律和血流动力学等方面的信息, 对于心血管疾病的诊断、治疗以及预后评估等都具有重要意义。本研究旨在探讨不同类型心率的临床意义, 并开发一种便携式心率测量仪。

目前, 测量心电图主要通过心电记录仪器, 如心电图工作站, 心电图机等。这些设备存在许多缺点, 如设备笨重, 需要专门的培训人员操作等。因此, 有必要开发一种便携式的测量系统, 使其在日常生活中使用方便、便携和廉价。市场上已有一些便携式心率仪, 但由于

其价格昂贵、操作复杂且对人体有一定的危害，在临床上很少使用。因此，开发一种便携式心率测量仪具有重要意义。心率仪可以应用在心脏疾病诊断、心脏起搏器治疗效果评估、冠心病患者临床监测等方面。但是，心率仪在临床应用中也有一定的局限性，主要是因为心率仪与患者接触部分材料容易产生静电，会产生信号干扰，导致心率测量结果出现偏差。另外，心率仪在采集数据时需要手动操作，也会影响到测量结果。随着人们对心率仪研究的深入，其局限性也不断得到改善。

根据上述现状和背景，不难发现，心血管功能检测新技术、新方法的研究以及心血管功能监测类家用电子医疗保健仪器的开发已刻不容缓。它不仅能满足当前的医疗保健急需，也能为维持和发展我国家用数字医疗事业，为推行实施国家“家庭医疗保健工程”做出积极和长久的贡献[2]。

## 二、方案论证与元器件选择

### 2.1 研究内容及设计指标

便携式数字人体心率仪运用 STC89C52 单片机作为核心控制处理单元，采用红外传感器作为传感器，运用软件和硬件结合实现了对人体心率信号的准确检测，最终以数值形式显示在 LCD 屏幕上。

### 2.2 方案设计与论证

#### (1) 压电式

压电式传感器的检测方法是利用压力传感器或振动传感器将人体脉搏振动转换成电信号。常见的压力传感器可用现有的压电陶瓷代替。压电式元件的内阻极高，通常采用两片相同的元件，使其极性反

向相叠,由夹在中间的铜片作为一个电极。这样,中央电极处于全空状态,可以用具有良好绝缘性的导线引出。压电传感器结构简单,体积的质量累世,功耗小 寿命长,特别是它具有良好的动态特性,因此适合有很宽频节的周期作用力和高速变化的冲击力的产品。

### (2) 声电式

声电式传感器的检测方法是利用微音传感器将人体的振动的声音转换成电信号。因此,它也属于力学量传感器。它的制作材料一般由不定性无烟煤颗粒或压电陶瓷构成。颗粒式声电传感器的优点是耐用、成本低和容易制作,缺点是颗粒的机械磨损和接触表面上的瞬间电弧会使颗粒逐渐老化,从而导致杂音大、性能不稳定;并且压电陶瓷式的声电传感器在检测声音信号时也存在着一一定的缺陷。声电式传感器广泛应用在工农业,日常生活,国防科研领域。

### (3) 光电式

光电系统主要是光学信息进行处理与控制的系统,它是一种用于接收来自目标反射或自身辐射的光辐射,通过转换、处理、控制等环节,获得所需要的信息或能力,并进行必要处理的光电装置。它的基本功能就是将接收到的光辐射转换为电信号,并利用它去达到某种实际应用的目的。通常用的光电器件有光电二极管和光电三极管。光电式传感器测量微小的位移变化有明显的反应,但是光电传感器对材料、电路控制和光电管属性要求较高,需要其对红外光的吸收能力极强,介电常数小以便得到大的输出电压,介电损耗小。

总之,综合考虑了传感器的制作工艺、材料的选取、受外界干扰信号的干扰程度和制作过程中电路的适配程度以及成本,就选取了

一对光电式红外对射二极管来实现对心率的测量。

红外传感器的检测、放大、滤波和整型并传到单片机工作系统的过程如下图 2-1 所示：

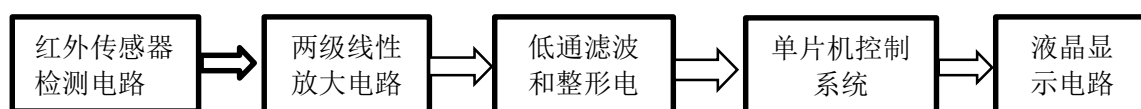


图 2-1 信号检测处理工作流程图

## 2.2.2 信号处理方案选择和论证

(1) 小规模数字电路：采用小规模数字电路也可完成此方案的基本功能，电路框图如图 2-2 所示。

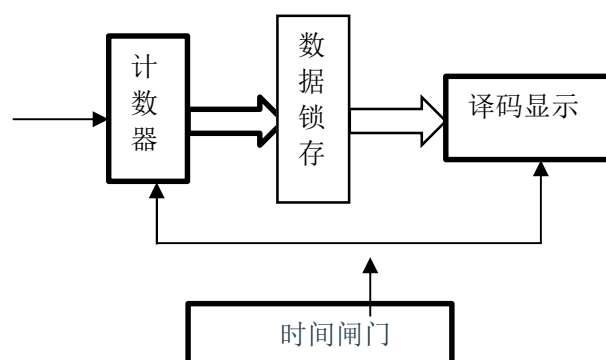


图 2-2 小规模数字电路心率计

该方法利用二进制计数器对脉冲信号进行统计，并在一分钟之内给出计算结果。这个方案的缺点在于，它的电路结构比较复杂，要实现一个比较简单的过程控制功能，需要用到很多片电路，而且数字电路器件的功能也比较单一，硬件电路一旦确定，就很难进行修改，特别是在题目的要求中，要实现心率的测量和显示，还要进行超限报警，

这就显得有些力不从心了。

(2) PLD: 可编程逻辑器件 (PLD), 它打破了小型数字电路具有单一功能的缺陷, 能够根据设计者设计和分析出的逻辑要求, 对其进行编程和定义, 使用起来非常方便, 设计也更加灵活。根据题目的要求, 该方案应该至少由传感器电路、闸门电路、计数器电路、数字锁存电路、显示电路、数据存储电路、PC 接口电路等七部分组成。在闸门信号允许时间内, 对被测信号计数, 闸门宽度为单位时间。可见, 电路的复杂性, 以及对数据的处理, 分析, 存储, 通讯等方面的需求, 使得它的实现变得非常困难

(3) 单片机: 单片机的发展和应用越来越广泛, 它具有尺寸小, 重量轻, 价格低, 可靠性高, 耗电少, 以及灵活机动等诸多优势。在科学计算, 数据处理及信息管理, 多媒体系统和信息高速公路, 甚至家用电器和家庭自动化等领域, 都有单片机的身影, 它为这些领域做出了巨大的贡献。单片机内部包括 CPU、RAM、ROM、I/O 口、总线甚至 A/D 及 D/A 转换电路, 功能非常强大。很多在数字电路、模拟电路中遇到的困难, 在单片机的程序设计中都会获得意想不到的结果, 只需要对程序和外部少量电路进行修改, 就能够改变整个设计系统的功能。它具有很好的移植性和可维护性。在数据分析, 处理, 存储器, 通信等方面都有很好的表现。按照题中所提的条件, 应该是以单片机控制为第一位。以单片机为主要的, 外设显示器、键盘、通讯、打印接口等硬件电路, 它可以完成脉波计数、数据运算、显示、通讯、记忆等功能。

根据上述方案的对比, 本课题确定了以红外传感器作为传感器,

以单片机作为主控芯片，并辅以少数的硬件电路来完成数据处理、存储、显示和通讯等功能。硬件框图如图 2-3 所示。

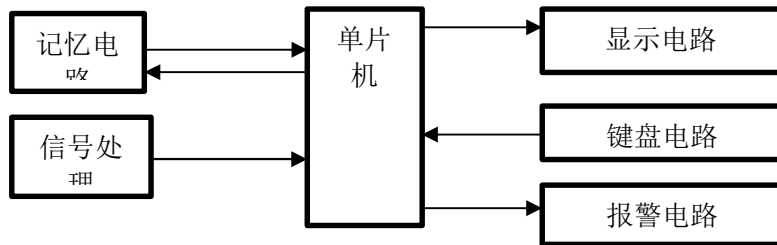


图 2-3 单片机心率计

### 2.2.3 单片机系统选择

STC89C52 单片机是目前应用最广泛的一种高性能、低损耗的八位 CMOS 微控制器。STC89C52 不仅与 MCS-51 系列单片机的指令体系、引脚完全相容，而且 STC 单片机的工作速度比其它公司的 51 单片机快一倍，还可以赋予该系统很多新的功能，具有功能强大，灵活性高，成本低等特点。采用 STC89C52 芯片可以实现一种真正意义上的微小型单片机应用系统，提高了系统的可靠性，减小了系统的体积，降低了系统的造价。只要程序的长度不超过 4 K，所有的四个输入输出端口都可以为用户提供。在系统操作时，所需存储的中间变量更少，无需额外扩展外存内存。该系统以 STC89C52 为核心，以 8 KB 为单位的程序存储单元。同时，它还设计了三个定时器，完全可以在多台计算机同时进行通讯的情况下使用。通过对上述两种方案的对比，并结合单片机各个部件的资源情况，本设计选择了 STC89C52。

### 2.2.4 显示模块选择和论证

#### (1) 液晶显示

液晶元件为电容式负载,其电阻一般为微量,且为无极性,说明正、负电压的影响相同。由于液晶显示器受到直流电压的影响,会产生电解质,所以需要交流来驱动,而且其定义的交流成份中直流成份不能超过数十毫伏;由于液晶材料的弹性形变依赖于其本身的弹性,且具有较长的响应时间,因此,直流激励对液晶材料的影响并不依赖于其峰值,且在 1000 Hz 以下,液晶材料的透光率变化仅依赖于外加电压的有效值。LCD 显示信息容量大,使用寿命长,驱动电压低。

## (2) LED 动态显示

LED 动态显示方式,所谓动态显示,是指无论在任何时刻只有一个数码管处于显示状态,每个数码管轮流显示。当数码管处于动态显示时,所有位选线分离,而每个数码管的各条段选线相连。当需要显示数字或字符时,需要将所有数码管轮流点亮,并且对每个数码管的点亮周期有了一个较严格的要求

动态显示的优点是:硬件电路简单(数码管越多,这个优势越明显),由于每个时刻只有一个数码管被点亮,所以所有数码管消耗的电流较小;缺点是:数码管亮度不如静态显示时的亮度高,例如有 8 个数码管,以 1 秒为单位,每个数码管点亮的时间只有 1/8 秒,所以亮度较低;如果刷新率较低,会出现闪烁现象;如果数码管直接与单片机连接,软件控制上会比较麻烦。

通过对两种方案的对比分析,认为液晶显示效果和操作上都比 LED 显示更适合本心率仪。所以就选用了液晶显示器。

## 三 硬件系统设计

### 3.1 系统设计框图

心率计的总体设计电路框图如图 3-1 所示, 主要包括信号采集电路、放大电路、比较电路和单片机信号处理电路和液晶显示电路。首先使用红外线感应器来收集与心脏跳动相同频率的讯号, 在身体组织的透光度值比较大的情况下, 红外线发射管 D1 发出的穿透身体组织的光线非常微弱, 光敏三极管不能开启, 而输出为高电平。若人体组织的透光度值越小时, 则由红外线发射器 D1 发出的透射光越强, 则光敏三极管会被接通, 而输出的光则会变得越低。因此, 产生的低频信号, 其频率和脉冲的数量成比例, 是一个接近正弦波的波形。

在脉搏 40 次/分时, 所测得的频率为 0.78Hz, 在脉搏 40 次/分时, 所测得的频率为 3.33Hz, 来自传感器的是一个低频信号。这个低频讯号是由一个 RC 振荡器先对其进行滤波, 再由一个无极性的直流电容 C3,C5 加在 LD 放大器的输入上。运放将这个讯号放大一百倍, 再与 R3,R4,C6 构成一个低通 T 滤波器, 以去除残余的杂波。正弦信号经差分后, 形成尖脉冲信号, 单稳态振荡电路将尖脉冲信号转换为同频率的长脉冲信号, 此脉冲信号经 R12 传到单片机, 再由软件对信号进行处理, 最终以数值形式显示在液晶上。

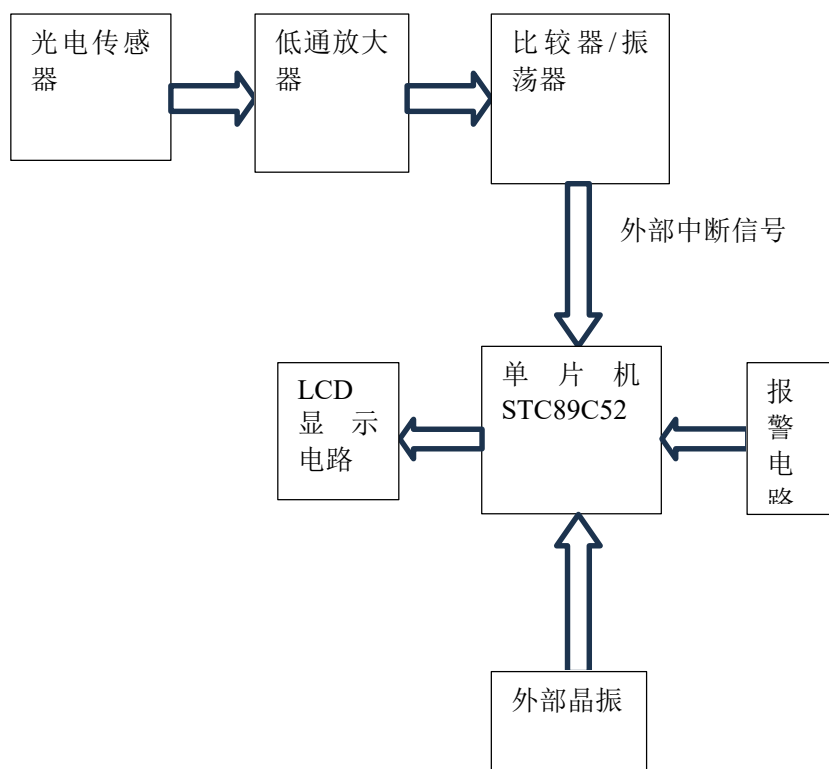


图 3-1 系统设计原理框图

### 3.2 单片机控制电路

本设计采用单片机，复位电路，晶振电路组成的单片机最小系统作为信号的处理电路，如图 3-2 所示，来自心率模块的脉冲电平输入单片机 STC89C52RC 的/INT1 脚，单片机设为负跳变中断触发模式，每次脉冲下降沿到达时触发单片机产生中断并进行计时，来一个脉冲心跳次数就加一。

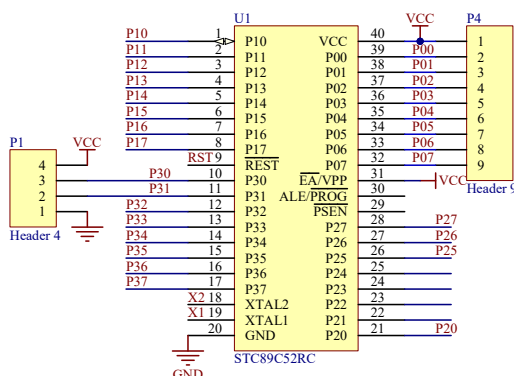


图 3-2 单片机各引脚连接电路

## 四、系统软件设计

基于单片机心率计的软件设计主要由主程序流程图、中断程序流程图及显示子程序组成。C 语言编程适合于复杂的算法,而汇编语言编程更高效,更易于对程序的运行时间进行精确的计算,而心率仪的程序需要对其进行精确的运算( $t$ 时刻的均值),因此,可以使用汇编语言与 C 语言相结合的方法来设计控制程序。

### 4.1 主程序流程图

程序流程图如图 4-1 所示。在设计中,更关键的是 100ms 的时间,这是为 6 秒的时间采样奠定了基础。系统利用定时器 T1 定时来实现 100ms 的定时,中断等待占据了程序执行的大部分时间,它是一个死循环语句,在中断满足一定的条件时,才会执行中断服务子程序,并进行累积计数,累积后,对采样的次数进行判定,若采样不满 60 次,则表示不到 6 秒,则返回继续采样,等待中断,直至采样 60 次,然后将 6 秒内采样得到的次数由二进制数转换成十进制数,并将其发送给液晶进行显示。

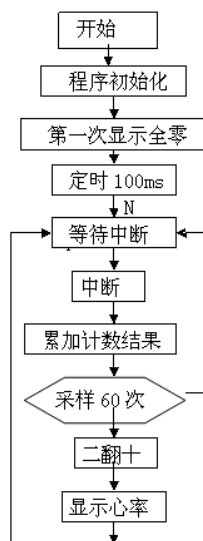


图 4-1 中断程序流程图

## 4.2 中断程序流程图

心率的有效测量范围是 40 次-120 次/分钟,为排除外部信号的干扰,将对频率大小的判断添加到计时器中断程序中,滤除掉小于 40 次/分钟和大于 120 次/分钟的脉冲信号,中断程序如图 4-2 所示。

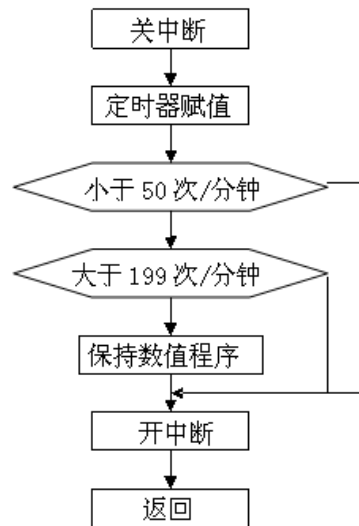


图 4-2 中断程序流程图

## 4.3 定时器 T0 和 T1 的中断服务程序

定时器 T0 的中断流程图如图 4-3 所示,定时器 T1 的中断服务流程图如图 4-4 所示。

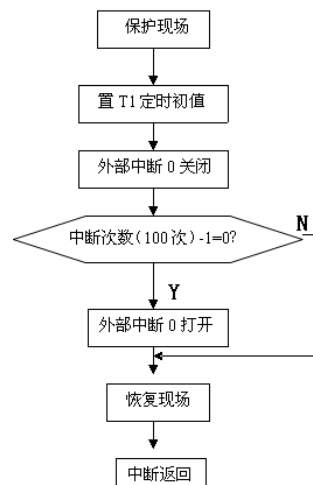
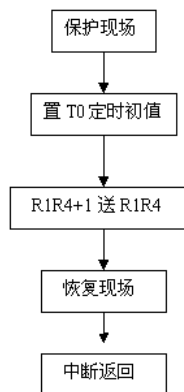


图 4-3 定时器 T0 中断服务程序流程图 图 4-4 定时器 T1 中断服务程序流程图

## 五 系统测试与结果分析

所做实物如图 5-1 所示。



图 5-1 实物图

测试过程：在同一人与另外一人之间进行测试，另外一人使用听诊装置测试他们的脉搏，部分测试结果见表 5-1。

表 5-1 实际测量结果比较

| 测量序号 | 听诊器测量 | 心率计值 | 误差 |
|------|-------|------|----|
| 1    | 88    | 89   | 1  |
| 2    | 89    | 88   | 1  |
| 3    | 90    | 92   | 2  |
| 4    | 72    | 73   | 1  |
| 5    | 94    | 95   | 1  |
| 6    | 67    | 65   | 2  |

在实际测量过程中，人工测量得到的数据和心率仪测量得到的数据存在一定的偏差，在测同一个人的时候，其误差只要在允许的范围之内，但是有时候也会超出测量的精度，这是由于人工测量时对计数的起始时间和结束时间没有把握好造成的。

### 参考文献

- [1] 陈文彬, 王友赤. 诊断学[M]. 人民卫生出版社, 2002.45-90.
- [2] 王瑞元, 孙学川, 熊开宇. 运动生理学[M]. 人民体育出版社, 2002.76-81.
- [3] 姜元恩, 邢武: 基于脉搏波速度测量的动脉硬化检测系统的设计与实现[J]. 自动化与仪器仪表, 2007.8.12(5).
- [4] 姜元恩, 邢武: 半导体应变片式脉搏传感器在动脉硬化检测系统中应用[Z]. 安徽省传感器技术与产业化发展论坛, 2007.10.
- [5] 朱彤、李婉媚. 脉搏波传导速度测定的新认识[J]. 医疗保健器具, 2006. (8).

## 15 红外巡迹小车设计

林志楠、张远丽

(浙江恒齿传动股份有限公司, 浙江温州, 325000)

**摘要:** 本设计是一种基于单片机控制的简易自动寻迹小车系统, 涵盖了工业、生活、勘探以及人类关注的探月工程。设计旨在设计出一款可以自主按照人类预设的轨迹行走(或者完全自主行走)并完成指定任务的小车。从设计的功能要求出发, 设计包括小车机械构成设计和控制系统的软硬件设计。为了适应复杂的地形我采用稳定性比较高的四轮构架式, 用后轮驱动前轮换向的控制模式。控制系统以 STC89C52 为控制核心, 用单片机产生 PWM 波, 控制小车速度。利用红外光电传感器对路面黑色轨迹进行检测, 并确定小车当前的位置状态, 再将路面检测信号反馈给单片机。单片机对采集到的信号予以分析判断, 及时控制驱动电机以调整小车转向, 从而使小车能够沿着黑色轨迹自动行驶, 实现小车自动寻迹的目的。

**关键词:** 循迹小车; 单片机; 红外传感器

### 一、概 述

电动智能小车的研究、开发和应用涉及、传感技术、电气控制工程、智能控制等学科, 智能控制技术是一门跨学科的综合性的技术, 当代研究十分活跃, 应用日益广泛的领域。本课题所设计的智能电动小车能沿着黑线自动行驶, 既具有操作机(机械本体)、控制器、直流电机驱动器和检测传感装置, 是一种仿人操作、自动控制、可重复编程、能在三维空间完成灵活运动的自动化电子生产设备。

随着工业电子自动化的不断发展,工业机器人被广泛应用于工业生产的各个部门,如采掘、喷涂、焊接、医疗等各大领域。由于工业机器人的出现,它不断替代了人们的繁重劳动,大大提高了劳动生产率,减轻了人们的劳动强度,此外,它能在高温、低温、深水、宇宙、放射性和其他有毒、污染环境条件下进行操作更加体现出它的优越性。

电动智能控制小车模拟机器人的运作,可以通过自己的动手排除故障,加强的动手能力和思维能力。在制作的产品中,发现一些比较符合实际应用的电动小车玩具,而且成本低廉,能够运用于实际生产并且有一定的新颖度,在社会有一定的需求。在制作中提高自身对社会需求方向的灵敏度,发现商机,为自己以后实现创业这个宏伟的目标中打下一个坚实的基础。

## 二、智能寻迹小车的结构与功能

### 2.1 小车的结构

小车由轮胎两个减速箱、电机、2 套万向滑轮、1 个亚克力板、pcb 敷铜板螺丝, 螺丝柱组成。

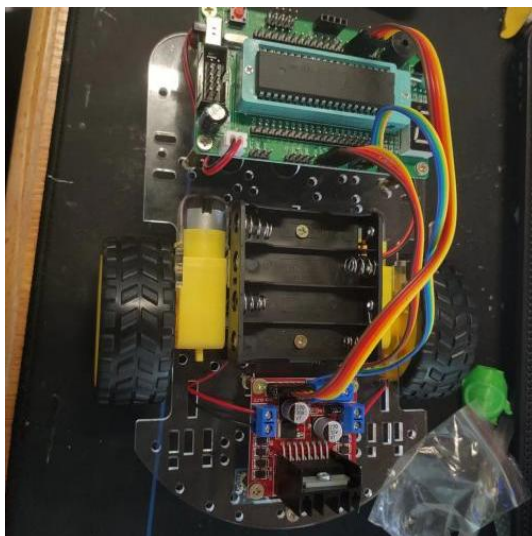


图 2-1 小车的结构图

### 2.2 红外循迹小车的工作原理

小车循迹原理由于黑线和白色地板对光线这里的循迹是指小车在白色地板上循黑线行走。通常采取的反射系数不同,可以根据接收到的反射光的强弱来判断“道路”方法是红外探测法。即利用红外线在不同颜色的物体表面具有不同的反射性质的红外探测法,当红外光遇到白色纸质地板在小车行驶过程中不断地向地面发射红外光,特点,如果遇到黑线则红外光被吸收反射光被装在小车上的接收管接收:时发生漫反射,单片机就是否收到反射回来的红外光为依小车上的接收管接收不到红外光。收据来确定黑线的位置和小车的行走路线。红外探测器探测距离有限。

### 2.3 系统构成

系统初始化,红外传感器收集路径信息,传输给单片机主控模块。第二阶段:单片机主控模块对采集的信号进行处理和逻辑判断发出控制信号,传输给电机模块第三阶段:电机驱动模块执行单片机主控模块发来的指令,驱动电机运转。第四阶段:智能小车自动循迹,根据黑线前进,左转、右转、后退。

### 2.4 设计方案

(1) 通过红外型循迹小车的电路图,对小车行安装,焊接和调试,了解类似电子产品的装配过程,掌握电子元器件的识别方法培养自己的实践技能。

(2) 了解常用电子器件的类别、型号、规格、性能及使用范围,能查阅有关的电子器件,能够正确的识别和选用常用的电子器件。

(3) 利用材料制作一台循迹小车,要求循迹小车能沿着黑色跑道自动行驶,不管是跑道如何弯曲小车都能自动行驶。

(4) 熟悉手工焊接的常用工具的使用及维修, 熟练掌握手工电烙铁的焊接技术。

(5) 了解电子产品的焊接, 调试与维修方法。

### 三、主要元器件介绍

#### 3.1 STC89C52RC 单片机

是宏晶科技推出的新一代高速/低功耗/超强抗干扰的单片机, 指令代码完全兼容传统 8051 单片机, 12 时钟/机器周期和 6 时钟/机器周期可以任意选择。

主要特性如下:

1. 增强型 8051 单片机, 6 时钟/机器周期和 12 时钟/机器周期可以任意选择, 指令代码完全兼容传统 8051。

2. 工作电压:  $\sim(5V \text{ 单片机})/\sim(3V \text{ 单片机})$

3. 工作频率范围: 0~40MHz, 相当于普通 8051 的 0~80MHz, 实际工作频率可达 48MHz

4. 用户应用程序空间为 8K 字节

5. 片上集成 512 字节 RAMSTC89C52RC

6. 通用 I/O 口(32 个) 复位后为: P1/P2/P3/P4 是准双向口弱上拉, P0 口是漏极开路输出, 作为总线扩展用时, 不用加上拉电阻, 作为 I/O 口用时, 需加上拉电阻。

7. ISP(在系统可编程)/IAP(在应用可编程), 无需专用编程器, 无需专用仿真器, 可通过串口(RxD/TxD)直接下载用户程序, 数秒即可完成一片。

8. 具有 EEPROM 功能

9. 具有看门狗功能
10. 共 3 个 16 位定时器/计数器。即定时器 TO、T1、T2
11. 外部中断 4 路,下降沿中断或低电平触发电路,Power Down 模式可 由外部中断低电平触发中断方式唤醒
12. 通用异步串行口(UART) , 还可利用定时器软件实现多个 UART
13. 工作温度范围:-40~+85℃(工业级)10~75℃(商业级)

### 3.2 直流减速电机

直流减速电机,即齿轮减速电机,是在普通直流电机的基础上,加上配套齿轮减速箱。齿轮减速箱的作用是,提供较低的转速,较大的力矩。同时,齿轮箱不同的减速比可以提供不同的转速和力矩。

这大大提高了,直流电机在自动化行业中的使用率。减速电机是指减速机和电机(马达)的集成体。这种集成体通常也可称为齿轮马达或齿轮电机。通常由专业的减速机生产厂进行集成组装好后成套供货。减速电机广泛应用于钢铁行业、机械行业等。使用减速电机的优点是简化设计、节省空间。

### 3.3 L298N 电机驱动模块

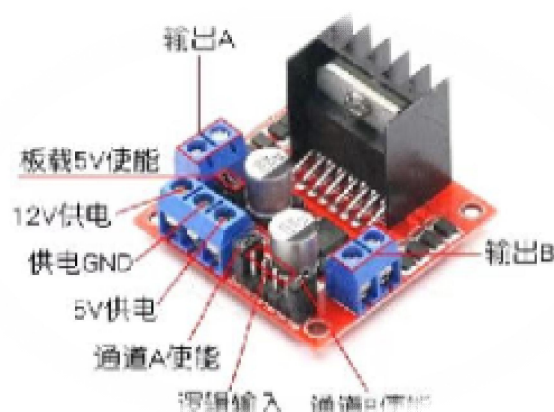


图 3-1 为 L298N 电机驱动模块

1、输出 A 接电机的正负极，输出 B 同理，如若正负极接反会使电机反转。

2、12v 供电接电源的正极！供电 GND（可以暂时简单理解为负极或者接地）接电源的负极！

3、5v 供电，可输出 5v 的电压，如果降压模块有限，可以使用它来给单片机供电，可以接到单片的 5v 供电中，一定要在单片机的 GND 上接回到 1298n 的 GND 上，也就是说如果你用 1298n 的 5v 给单片机供电，在上图的（供电 GND）中就要接两条线，一条是电源负极，一条是单片机 GND。

5、逻辑输入，这里有 4 个接线排针，从左到右为 IN1 IN2 IN3 IN4，左边两个对应左边输出 A，右边两个对应右边输出 B，接到单片机的 IO 口上，如果 IN1 设置为高电平，IN2 设置为低电平左边的电机正转，反之若 IN1 为低电平，IN2 为高电平则反转。同理可知，IN3 为高电平，IN4 为低电平为右边电机正转，反之，IN3 低，IN4 高为反转。设置 IN 为高低电平可通过单片机代码设置 IO 口的高低来实现，如若是测试电机是否坏，可直接短接 3.3v 电源与 GND，电机就会转。

6、通道 A 使能和通道 B 使能，接到单片机代码配置的 pwm 通道上，用来输出 pwm 波。pwm 可以用来控制电机的运行速度。跳线帽拔了接一条线就行，比如左边跳线帽拔了接下面代码配置的 PA0 就行。右边同理。

## 四、系统制作及调试

### 4.1 程序设计

本程序设计采用了模块化程序编程思路。许多程序太长或太复

杂, 很难写在单一单元中。如果把代码分为较小的功能单元, 将大大简化编程过程。模块化程序一般比单块程序容易编写、调试和修改。

模块化编程方法类似于包含大量电路的硬件设计。器件或程序在逻辑上被分为多个“黑箱子”, 这些黑箱子都有指定的输入和输出。只要把各个单元之间的接口定义好, 各个单元的详细设计就可以独立进行了。

模块化编程的优点如下: 有效率的程序开发: 使用模块化方法可以更快地开发程序, 因为较小的子程序比大程序更容易理解、设计和测试。定义好模块的输入和输出之后, 程序员可以给模块提供需要的输入, 通过检测输出来判断模块的正确性。然后由连接器把分立的模块连接、定位, 生成一个单一的绝对地址的可执行的程序模块。最后, 测试整个模块。

子程序可以重用: 为一个程序编写的代码经常可以用于其它的程序。在模块化编程中, 可以把这些部分保存起来, 以备将来使用。因为代码可以被重定位, 所以保存的模块可以连接到满足其输入和输出要求的任意程序中。而在单块程序编程中, 这样的部分深埋在整个程序中, 不易被其它的程序使用。 便于调试和修改: 模块化程序一般比单块程序易于调试。

因为精心定义了程序的模块接口, 很容易把问题定位到特定的模块。一旦找到了有问题的模块, 更正问题就相当容易了。模块化编程可以简化程序修改的工作。我们可以很有信心地把新的或调试过的模块连接到一个已有的程序, 而不用更改程序的其余部分

## 4.2 主程序模块

主程序模块要实现的功能主要是先对单片机进行初始化,然后再进入循迹模块的循迹程序。循迹程序块的功能读取黑线检测电路的状态,然后进行判断小车位置,进而进入电机驱动模块中前进、左转、右转程序。

### 4.3 智能小车的调试

智能小车的循迹传感器是一对红外发射接收一体管,黑色吸光,这样发射的红外光就反射不到接收管上,白色反光,会把红外光反射到接收管上。由于跑道线是黑色的能够吸收红外光,这样探头接收端没有接收到红外发射管发射的红外线,此时小车判断为检测到黑线跑道。若右边的探头检测到黑线,小车往右边运动,所以左电机向前运动而右电机静止。同样的道理,左边探头检测到,小车向左运动。

### 参考文献

- [1] 丁向荣.单片机微机原理与接口技术[M].北京:电子工业出版社,2012.
- [2] 李文华.单片机应用技术(C语言版)[M].北京:人民邮电出版社 2011.
- [3] 陈桂友.增强型 8051 单片机实用开发技术[M].北京:北京航空航天大学出版社 2010
- [4] 李文华.单片机技术应用与系统开发[M].大连:大连理工大学出版社 2008
- [5] 周兴华.手把手教你学单片机 C 程序设计[M].北京:北京航空航天大学出版社 2007
- [6] 马忠梅,籍顺心,张凯,马岩.单片机的 C 语言应用程序设计[M]4 版北京:北京航空航天大学出版社, 2007.

## 16 掌握科技信息研发智能控制包装生产线的探究

徐文超

浙江宏康源检测有限公司 浙江 杭州 310051

**摘要：**掌握科技信息，瞄准国内外先进水平，结合企业的特点，引进先进技术，使企业的创新走向科技前端。为此，研发智能控制包装生产线，主要包括成套机械设备、控制系统两大组成部分，智能化控制程度高，能够实现对西林瓶、预充针泡罩包装和自动装盒过程的集中、数字化控制，整个工艺过程流畅，生产效率高。

**关键词：**智能控制 数字化控制 预充针包装 西林瓶

掌握科技信息，瞄准国内外先进水平，结合企业的特点，引进先进技术，使企业的创新走向科技前端。为此，提高公司科技创新能力和水平。结合自己的特点，引进先进技术，研发智能控制包装生产线。

### 一、立项的背景和意义

智能控制包装生产线用于医药包装自动化生产，进行西林瓶、安瓿瓶、预充针包装自动作业，集成了 PVC 不停机换卷上料、伺服驱动换模、泡罩成型、振动上瓶、针管加料、视觉检测、铝塑/PE/纸塑热封、模切平压冲裁、装盒装纸、钢制打码、二维码喷码、自动检测踢废等功能，主要包括成套机械设备、控制系统两大组成部分，智能化控制程度高，能够实现对西林瓶、预充针泡罩包装和自动装盒过程的集中、数字化控制，整个工艺过程流畅，生产效率高。

口服液瓶、针剂泡罩包装机和自动装盒机是常见制药机械设备，但是多采用分体式设计，泡罩等包装成型后由人工中转至装盒工序，

再利用自动装盒设备实现自动装盒，随着物品规模化生产、新版 GMP 对无菌生产的严格要求，传统的医药包装作业方式生产效率低、控制水平低、医药物品包装洁净度低（中转过程中存在交叉污染风险），亟需对医药包装作业实施联线自动控制，提高包装效率和质量，使其满足 GMP 无菌卫生包装要求。

项目将泡罩包装机与自动装盒组成包装联线，泡罩机完成泡罩成型与物料的装填及密封形成泡罩板块，由装盒机将泡罩板块装盒从而生产为商品态的包装。针对预充针泡罩包装要求，设计专门的机械手臂、针管夹具等用于预充针、泡罩包装输送上料，集成 PVC 不停机换卷上料、针管加料、视觉检测、铝塑热封、泡罩冲裁、自动检测踢废等功能，实现口服液瓶、预充针等的多规格全自动包装作业，减少人工中转环节，提高包装效率和卫生性能。

## 二、项目产品的国内外发展现状和趋势

### 1、药品自动包装机械国内外发展现状

包装行业被誉为“永不落幕的朝阳行业”，特别是医药包装行业更是

包装行业中最为核心的组成部分，是药品生产、流通及使用过程中不可分割的一部分，根据不同的材质，可细分为药用玻璃、金属包装材料、药用明胶制品、橡胶、塑料（容器、片材、膜）及其复合片等几大类，药品包装机械及技术水平对药品质量和用药安全具有重要的影响，因此，大力发展自动化药品包装机械，提升药品包装技术水平显得尤为重要。

目前，国内医药包装行业生产总值已占全国包装行业生产总值

10%以上,增长速度飞快,但需要注意的是,国内医药包装行业发展仍然全方位落后于西方发达国家,差距主要体现在 3 个方面:

(1) 总体技术水平相当于发达国家上世纪末期:国内医药包装行业起步较晚,相关技术装备发展远远落后于西方发达国家,医药包装行业总体技术水平相当于西方发达国家 20 世纪 80、90 年代的水平,技术水平落后相对较多。

(2) 医药包装相关标准制定晚于西方发达国家:西方发达国家对医药包装行业相关标准研究普遍较早,美国于 1820 年颁发第一版药典,日本药局方于 1886 年颁发第一版药典,欧洲也在 1977 年颁发了第一部药典,而国内对医药包装相关标准研究相对较晚,1953 年中国药典颁布,从医药包装标准研究来看,也相对落后发达国家。

(3) 医药包装相关基础技术研究全面落后:医药包装涉及控制、电子、通信、材料、设计等诸多基础学科,在基础技术研究方面,国内起步普遍比发达国家晚几十年,因此,也造成了医药包装技术落后于发达国家虽然,国内医药包装行业相对发达国家起步较晚,技术水平落后,但是随着国内居民生活水平的提高和健康理念的深入,国家对医疗事业投入逐年加大,紧跟发达国家发展脚步,也形成了包括无菌包装技术、填充技术、防潮包装技术、防霉包装技术、热成型包装技术、防氧包装技术、喷雾包装技术在内的门类齐全的医药包装行业体系,相关医药包装设备和知识产权申请量逐年增加,涌现了一大批较为优秀的医药包装机械制造企业和高水平医药包装设备。如上海康颂实业有限公司研发了预充针包装组装线,并申请了发明专利,能够自动对针管进行灯检、贴标,自动放置托盘,自动将针管、针头、推

杆装填到托盘中并自动压实,然后自动成像检测是否漏装,自动覆膜,自动化效率、包装效率高。温州高格机械科技有限公司研发了 GYC-300 预充针剂注射器自动包装生产线,生产线采用伺服机械手抓取式加料,加料区可与前道设备扭杆贴标等设备连接,纸盒输出可与后续捆包机,装箱机等设备连接,从而形成完整的自动包装生产线,采用先进的伺服智能驱动,主电机采用变频调速控制,具有包装成型检测、加料摄像检测、缺料检测等功能,适用于各种注射器及西林瓶的包装作业,自动化程度高,生产效率高。

虽然,国内医药包装行业取得了长足的发展,但是医药包装设备及相关技术仍然存在较大的局限,满意满足医药包装多层次、多形式、大批量高速度、程序化和连续化加工要求,研制的医药包装设备及其工艺流程多为分体式流程包装,包装过程中人工中转环节较多,包装设备功能集成性不强,包装规格较为单一,通用性不强,自动化程度和控制水平仍然存在较大的提升空间。

项目针对西林瓶、安瓿瓶预充针包装自动作业要求,集 PVC 不停机换卷上料、伺服驱动换模、泡罩成型、振动上瓶、针管加料、视觉检测、铝塑/PE/纸塑热封、模切平压冲裁、装盒装纸、钢制打码、二维码喷码、自动检测踢废等功能于一体,利用伺服电机、牵引系统、输送带等连接泡罩包装机和装盒机,实现口服液瓶、预充针泡罩等自动包装成型和装盒联动控制,人工中转环节少,是真正意义上的自动化包装产线,自动化程度高,生产效率高。

## 2、医药自动包装机械发展趋势

(1) 全工序自动化联动控制,随着对医药产业卫生洁净、无菌

等要求的提升,对医药包装全工序联动控制要求越来越急切,传统单个工序包装自动化已无法满足医药产品制造工艺要求,也无法满足日益严格的 GMP 标准要求,实现医药产品生产、检验、包装和流通工序全线自动化联动控制减少中间人工中转环节,是医药包装技术发展的必然趋势。

(2) 控制智能化和数字化,减少人工参与,就必然预示着智能化和数字化水平的提升,应用先进的数据采集元件、物料输送机构,编制程序控制语言,提升包装作业的智能化和数字化水平,也是医药包装技术发展的必然趋势。

(3) 整体式方案设计,口服液瓶、预充针包装涉及诸多工序环节,产线庞大,为了确保整个工艺流程顺畅,提高生产效率,对产线进行整体式设计和布局,是医药包装技术发展的重要趋势。

### 三、项目的关键技术分析

#### 1、泡罩包装和装盒功能一体化设计

泡罩包装和装盒功能一体化设计,实现泡罩自动包装和自动装盒功能,创新设计物料输送传动机构、物料输送上料机构、泡罩成型机构、泡罩冲裁机构、自动跟踪移料手臂等功能结构,提高包装效率、质量和稳定性口服液瓶、针剂泡罩包装机和自动装盒机是常见制药机械设备,但是多采用分体式设计,泡罩等包装成型后由人工中转至装盒工序,再利用自动装盒设备实现自动装盒,随着物品规模化生产、新版 GMP 对无菌生产的严格要求,传统的医药包装作业方式生产效率高、控制水平低、医药物品包装洁净度低(中转过程中存在交叉污染风险),亟需对医药包装作业实施联线自动控制,提高包装效率和

质量,使其满足 GMP 无菌卫生包装要求为了实现医药产品生产、检验、包装和流通工序全线自动化联动控制减少中间人工中转环节,项目对泡罩包装和装盒功能进行了一体化设计,通过伺服电机、牵引系统和输送皮带等的设置,在泡罩包装工序设备后面直接连接自动装盒工序设备,

并对集成后的包装产线进行了多规格多功能集成设计,集成 PVC 不停机换卷上料、伺服驱动换模、泡罩成型、振动上瓶、针管加料、视觉检测、铝塑/PE/纸塑热封、模切平压冲裁、装盒装纸、钢制打码、二维码喷码、自动检测踢废等功能于一体,实现了对口服液瓶、预充针等医药产品多规格自动化包装。

重点对物料输送传动机构、物料输送上料机构、泡罩成型机构、泡罩冲裁机构、PVC 膜加热机构、自动跟踪移料手臂等功能结构进行了创新设计,提高包装效率、质量和稳定性。

**2、采用基于总线通信的 PLC 控制、全伺服控制、机器视觉等多传感器信息融合技术,提高连续包装作业的同步精度,设计滑动式触摸屏控制系统,提高操作的便捷性。**

项目包装生产线由泡罩包装和装盒两部分集成设计于一体,要提高泡罩包装和装盒的效率以及控制精度,必须对产线前后部分实施准确的同步控制,应用先进的控制系统和传感元件,实现自动包装生产线智能化和数字化水平的提升。

为了提高项目产品的智能化和数字化水平,项目采用了采用基于总线通信的 PLC 控制、全伺服控制、机器视觉等多传感器信息融合技术,提高连续包装作业的同步精度,采用国际进口知名品牌——美

国罗克韦尔自动化电气控制系统,设计滑动时触摸屏式人机界面,将泡罩包装和装盒工艺编制为 PLC 控制程序语言,设置高速精密工业摄像头,将采集到的图像与系统预设数据进行对比分析,实现泡罩包装自动检测功能,编写相应的控制程序,实现良好的自动踢废功能,提高泡罩包装质量。泡罩包装过程采用全伺服控制,设置若干机械手臂、输送带、传动轴等传动机构,通过程序将 PLC 控制、伺服控制、机器视觉等传感信息进行融合,提高连续包装同步精度,设置远程通信结构,开发总线通信控制功能,通过外接终端实现远程控制,提高包装产线智能化。

### 3、创新设计泡罩板刮板输送机构和说明书皮带-轴输送机构,提高泡罩/口服液瓶装盒效率和质量。

装盒是泡罩/药瓶包装后段工序,泡罩成板后需要通过输送链条将泡罩板输送至装盒工位进行装盒,传统输送方式难以满足高效率包装要求,为了提高后续装盒效率,项目创新设计了装盒刮板机构,设计轴-链轮传动机构、转轴和刮杆结构,利用刮杆将泡罩板连续转送至输送链条,利用程序控制刮杆转送速度与装盒速度相匹配,提高工作效率,满足高效率包装要求。

瓶类药品装盒之前必须放置说明书,为了提高装盒效率,通常通过机械手臂来投递说明书,但是机械手臂结构较大,无法直接伸入折纸机中抓说明书,限制了折纸与装盒配合效率。

为了提高瓶类药品装盒效率,项目设计了说明书皮带-轴输送机构,主机架与折纸机出口处设置主动轴联动输送皮带,说明书经输送皮带输送至装盒工位机械手下侧,机械手抓取说明书投递装盒,利用

程序精确控制说明书在输送皮带上的时间,并与机械手进行匹配,提高传递效率,进而提高装盒效率。

#### 四、项目自主创新研发探讨

企业要发展,要壮大,要成为引领新技术的主体,掌握国内外最新研究,帮助正确选定题,确保科研项目的新颖性。

##### 1、重视科技信息,使企业的创新走向科技的前端

企业技术创新是根据市场需求、竞争状态以及自身条件,提出研发思路、立项,并组织人员进行技术研发、试产和产业化,以满足市场的需求,提高自身的竞争力。利用科技查新,可以为企业技术人员提供前人研究的科技信息,使企业的创新走向科技的最前端。企业要发展,要壮大,要成为引领新技术的主体,加大科研投入是关键,离不开科技信息的有效利用。如:了解国内外最新研究,帮助正确选定题,确保科研项目的新颖性。

##### 2、技术创新点分析:分为 5 种类型

创新点的描述非常关键,一是以通用、规范的科学技术概念清楚表达,简明、透彻;二是条理清晰,逐条分别列出;三是清楚、准确,突出技术主题或特征。技术创新点可以分为 5 种类型:

(1) 发明型:研发人员首创的技术或方法,整个技术方案、方法都有新颖性,可直接作为创新点。

(2) 局部改良型:对现有技术进行改进,部分技术手段具有新颖性,应采用改造的手段结合原技术作为创新点。

(3) 组合型:集合多种现有技术,使产品具有多种功能或效果更好,技术上无创新、创新点的表达侧重产品的实用性,要写明采

用 A 技术和 B 技术组合成某种产品, 使产品具有某种功能。

(4) 领域转用型: 现有技术转用到其他技术领域产生独特的效果, 技术上无创新。创新点的表达侧重产品的实际效果。

(5) 理论研究型: 基础理论软科学则可直接将其论点作为创新点。

### 3、项目进行国内外查新有关国外文献简介

(1) Web of Science (SCI-E/SSCI/A&HCI)

(<http://isiknowledge.com/wos>)

(2) Scopus 数据库 (<http://www.scopus.com/>)

(3) Europe's Network of Patent Database (<http://ep.espacenet.com/>)

The European Patent Office

The World Intellectual Property Org. (PCT)

Japanese Patents

(4) USPTO Web Patent Full-Text and Image Database

(<http://patft.uspto.gov/>)

(5) 免费专利在线(<http://www.freepatentsonline.com/>)

(6) 美国工程索引 Engineering Index

(<http://www.engineeringvillage.com/>)

(7) Elsevier ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com/>)

(8) Wiley-Blackwell (<http://onlinelibrary.wiley.com/>)

(9) Springer (<http://link.springer.com/>)

(10) 美国科学文摘 INSPEC (<http://www.isiknowledge.com/Inspec>)

(11) STN(<https://www.stn.org/stn/>)

- (12) 国家科技图书文献中心 (<http://hz.nstl.gov.cn:8010/>)
- (13) PubMed 数据库 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>)
- (14) 谷歌学术 (<http://scholar.google.cn/>)
- (15) 美国政府研究报告 NTIS(<https://ntrl.ntis.gov/NTRL/dashboard/searchResults.xhtml>)
- (16) 电力数据库 Electric Power Database  
(<http://www.eia.gov/reports>)
- (17) 世界标准检索数据库 (WSS)

## 五、结束语

公司重视科技信息,并通过科技研究和攻关,锻炼科技队伍。使企业的创新走向科技的前端。项目针对现有瓶类/预充针泡罩包装效率低、智能化控制程度低等研究开发的集成度高的智能生产线,集PVC不停机换卷上料、伺服驱动换模、泡罩成型、振动上瓶、针管加料、视觉检测、铝塑/PE/纸塑热封、模切平压冲裁、装盒装纸、钢制打码、二维码喷码、自动检测踢废等功能于一体,具有自动化程度高、包装速度快、性能稳定可靠等特点。

## 17 电力铁塔构件热镀锌净化装置及净化工艺探究

廖兴利

(温州泰昌铁塔制造有限公司, 浙江 温州, 325013)

**摘要:** 研究设计用于净化悬浮在锌池镀液中锌渣的锌渣喷吹净化装置。将锌液净化装置运用于热镀锌中通过对比分析的方法研究吹气量和吹气时间等熔体净化效果和锌渣产率的影响, 为锌液净化装置的使用能够显著降低锌渣的重量, 起到了节约原料的目的。

锌渣喷吹净化装置的氮气从气罐 A 中引出后, 经减压阀进行减压处理; 然后经过滤器和分子筛对氮气中的油污和水汽进行过滤; 过滤后的氮气经通过多孔吹头导入到镀液中, 对悬浮在镀液中的锌渣进行净化处理。

**关键词:** 净化悬浮 锌液净化装置 过滤器 分子筛

### 一、项目的背景

随着社会发展对电力能源的需求逐步增长, 我国的电力网络系统已逐渐成为国家级别的特高压输电网络。发展特高压输电技术, 不仅可以解决我国能源资源与能源需求逆向分布、区域电网互联等问题, 为我国经济社会可持续发展提供稳定可靠的电力供应, 还将为大规模开发利用清洁能源提供重要技术保障, 具有显著的经济效应。输电铁塔承担着输电线路的荷重以及自身的自重, 同时需要保障输电线路的对地绝缘, 在高压输电线路工程中占有重要地位。目前在运的世界第一输电铁塔高 380 米, 出现在浙江舟山 500 千伏输电线路路上; 世界上电压等级最高的输电线路为我国昌吉-古泉±1100 千伏特高压工程,

如图 1 所示。我国拥有世界上电压等级最高、输送容量最大、输电距离最远、技术水平最先进的特高压输电技术,还有世界上高度最高的输电铁塔施工技术以及装备制造技术,且制定特高压输电国际标准 14 项。这些关键技术的攻关与输出需要特高压输电铁塔的建设作为基础保障。

金属构件热镀锌必然会产生大量的锌烟,锌烟直接排放,会造成较大的环境危害,因此,必须对锌烟进行有效的收集和处理,热镀锌工艺发展至今,锌烟的收集与处理工艺有多种,如侧面抽风系统、移动罩收集系统、固定罩收集系统、喷淋处理系统等,各种锌烟收集处理方式都具有各自的优缺点,但是都是单一模式的收集方式,锌烟收集效率较低,存在锌烟逸散的风险,整个锌烟处理效率也较低。

生产实践表明,性能优良的镀层,必须有冶金质量优良的镀液作保证。在实际工况条件下,钢铁热浸镀过程中,部分 Fe 会扩散进镀液。例如在  $450^{\circ}\text{C}$  左右的浸镀温度下,Fe 在镀液中的饱和溶解度仅为 0.05 wt% 左右,多余的 Fe 将以锌渣 (Zn-Fe 合金化合物) 的形式在镀液中沉淀析出。锌渣使镀液的粘度增大,增加镀层厚度;锌渣粘附在镀件上时会造成镀层的表面缺陷,影响镀锌件的外观质量及其防腐蚀性能。因此要严格控制镀液中锌渣的含量,当 Fe 含量大于 0.2 wt% 时,应对镀液进行除渣。实际生产中去除镀液中锌渣最常用的方法是通过机械装置对锌渣直接捞取,可以部分地清除沉淀在锌锅底部的锌渣,但该对于悬浮在镀液中的锌渣的没有效果。有研究人员提出通过陶瓷板的过滤,电磁净化等方法去除镀液中的锌渣,上述除渣方法虽能净化镀液,但除渣工艺较为复杂,并不适用于溶剂法热浸镀锌。研

究简单快速的锌渣净化方法对提高镀层的表面质量十分重要。

## 二、项目的主要研发内容

研究并设计用于净化悬浮在锌池镀液中锌渣的锌渣喷吹净化装置。将锌液净化装置运用于热镀锌中并通过对比分析的方法研究吹气量和吹气时间等熔体净化效果和锌渣产率的影响,主要的结论为锌液净化装置的使用能够显著降低锌渣的重量,起到了节约原料的目的。采用通气量为 200 L/h, 通气时间 30 min 时具有最佳的净化效果, 相对于未净化锌液的锌渣减少了 53.1%。

图 1 为锌渣喷吹净化装置的示意图, 其中 A 为氮气罐; B 为压力表; C 为过滤器; D 为分子筛; E 为气体流量计; F 为镀锌炉, G 为细孔吹头。氮气从气罐 A 中引出后, 经减压阀进行减压处理; 然后经过滤器和分子筛对氮气中的油污和水汽进行过滤; 过滤后的氮气经过气体流量计 E 导入到镀锌炉 F 中, 对悬浮在镀液中的锌渣进行净化处理。

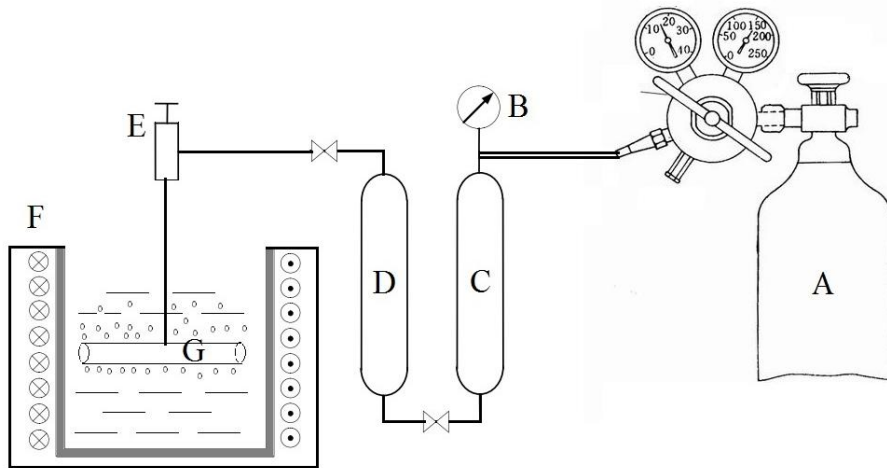


图 1 锌渣喷吹净化装置示意图

采用计算机对温度进行控制, 尽量将温度波动控制在 $\pm 1 \sim 3^{\circ}\text{C}$ , 温度波动小容易控制浸锌时间, 从而更有效地控制锌层的厚度, 减少纯锌的消耗。同时综合考虑需热浸锌钢件的质量以及进入锌池前钢件

的温度，提前将锌池进行小幅度预增温，以避免温度相对较低的大量钢件进入锌池，造成温度波动，对热浸锌层质量及效率带来不利影响；本项目采用四因素三水平的  $L_9(3^4)$  正交实验表，考察在预镀过程中镀锌温度、镀锌时间、预镀烘干温度、预镀烘干时间对热镀锌层厚度和结合情况的影响。通过正交实验，优化出对热镀锌层组织和性能提升的最适宜的热镀锌生产工艺参数。实验具体数据和设计方案如表 19 和表 20 所示。

表 1 正交实验数据

| 因素 | A            | B             | C              | D               |
|----|--------------|---------------|----------------|-----------------|
| 水平 | 镀锌温度<br>(°C) | 镀锌时间<br>(min) | 预镀烘干温度<br>(°C) | 预镀烘干时间<br>(min) |
| 1  | 430          | 1             | 100            | 1               |
| 2  | 450          | 2             | 200            | 2               |
| 3  | 470          | 3             | 300            | 3               |

表 2 正交实验设计方案

| 因素 | A            | B             | C              | D               |
|----|--------------|---------------|----------------|-----------------|
| 水平 | 镀锌温度<br>(°C) | 镀锌时间<br>(min) | 预镀烘干温度<br>(°C) | 预镀烘干时间<br>(min) |
| 1  | 1            | 1             | 1              | 1               |
| 2  | 1            | 2             | 2              | 2               |
| 3  | 1            | 3             | 3              | 3               |
| 4  | 2            | 1             | 2              | 3               |
| 5  | 2            | 2             | 3              | 1               |
| 6  | 2            | 3             | 1              | 2               |
| 7  | 3            | 1             | 3              | 2               |
| 8  | 3            | 2             | 1              | 3               |
| 9  | 3            | 3             | 2              | 1               |

图 2 是正交实验 9 组实验的显微组织。经过不同工艺处理后，热镀锌层形貌和厚度发生了很大的变化，组织中第二相也有了相应的改变。

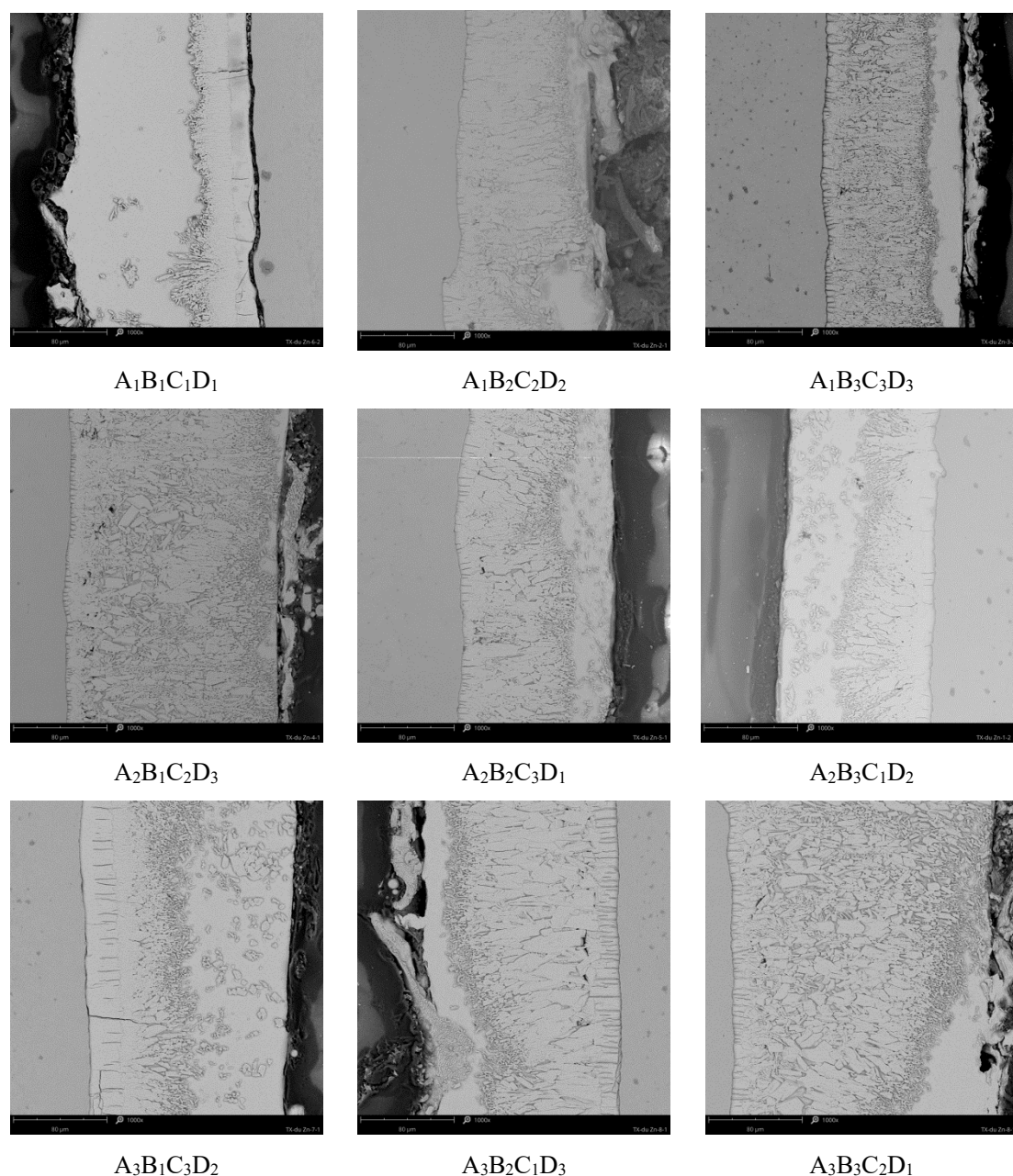


图 2 正交实验 9 组热镀锌试样的显微组织

下表是通过北京中科 SISCIIAS8.0 显微图像分析软件测量的不同工艺参数下的热镀锌试样的镀层厚度, 具体实验数据如表 21 所示。

表 3 不同工艺条件下热镀锌试样的镀层厚度测量值

| 实验编号 | 热镀锌试样的镀层厚度测量值( $\mu\text{m}$ ) |        |        | 平均值                         | 偏差   |
|------|--------------------------------|--------|--------|-----------------------------|------|
|      | X1                             | X2     | X3     | $\bar{X}$ ( $\mu\text{m}$ ) | SD   |
| 1    | 159.78                         | 166.29 | 149.72 | 158.60                      | 8.35 |
| 2    | 119.75                         | 127.78 | 109.06 | 118.86                      | 9.39 |

|   |        |        |        |        |      |
|---|--------|--------|--------|--------|------|
| 3 | 129.18 | 132.73 | 124.25 | 128.72 | 4.26 |
| 4 | 200.99 | 188.55 | 192.32 | 193.95 | 6.38 |
| 5 | 151.92 | 136.22 | 144.31 | 144.15 | 7.85 |
| 6 | 117.63 | 123.57 | 110.85 | 117.35 | 6.36 |
| 7 | 193.31 | 199.52 | 184.73 | 192.52 | 7.43 |
| 8 | 176.61 | 181.24 | 170.89 | 176.25 | 5.18 |
| 9 | 247.29 | 241.81 | 235.87 | 241.66 | 5.71 |

### (1) 直观分析

表 3 为正交试验镀层厚度平均值计算结果。通过以上分析可得出,最佳的工艺参数为  $A_3B_1C_2D_1$ 。即镀锌温度为  $470\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 镀锌时间为  $1\text{ min}$ , 预镀烘干温度为  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 预镀烘干时间为  $1\text{ min}$ 。由表 22 中镀层厚度平均值的极差大小可知: 在影响变质效果的因素中, 镀锌温度影响最大, 其次是预镀烘干时间, 镀锌时间, 最后是预镀烘干温度, 但是镀锌时间和预镀烘干温度相差不大。

表 3 正交试验镀层厚度平均值计算结果

| 所在列                  | 1       | 2       | 3       | 4       |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| 因素                   | A       | B       | C       | D       |
|                      | 镀锌温度    | 镀锌时间    | 预镀烘干温度  | 预镀烘干时间  |
| $\overline{I}_j$     | 135.393 | 181.690 | 150.733 | 181.470 |
| $\overline{II}_j$    | 151.817 | 146.420 | 184.823 | 142.910 |
| $\overline{III}_j$   | 203.477 | 162.577 | 155.130 | 166.307 |
| 极差 (R <sub>j</sub> ) | 68.084  | 35.270  | 34.090  | 38.560  |
| 最优方案                 | A3      | B1      | C2      | D1      |

表 4 为正交试验镀层厚度偏差计算结果。通过以上分析可得出,最佳的工艺参数为  $A_3B_3C_3D_3$ 。即镀锌温度为  $470\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 镀锌时间为  $3\text{ min}$ , 预镀烘干温度为  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 预镀烘干时间为  $3\text{ min}$ 。由表 23 中镀层厚度偏差的极差大小可知: 在影响厚度偏差的因素中, 预镀烘干时间影响最大, 其次是镀锌时间, 镀锌温度, 最后是预镀烘干温度。

表 4 正交试验镀层厚度偏差计算结果

| 所在列           | 1     | 2     | 3      | 4      |
|---------------|-------|-------|--------|--------|
| 因素            | A     | B     | C      | D      |
|               | 镀锌温度  | 镀锌时间  | 预镀烘干温度 | 预镀烘干时间 |
| $\bar{I}_j$   | 7.333 | 7.387 | 6.630  | 7.303  |
| $\bar{II}_j$  | 6.863 | 7.473 | 7.150  | 7.727  |
| $\bar{III}_j$ | 6.107 | 5.443 | 6.513  | 5.273  |
| 极差 (Rj)       | 1.226 | 2.030 | 0.647  | 2.454  |
| 最优方案          | A3    | B3    | C3     | D3     |

 $\alpha=1,\dots,9$   
 $j=1,2,3$ 

## (2) 方差分析

表 5 是镀层厚度平均值的方差分析表,通过上述计算,得出以下结论:由于因素 A、B、C、D 自由度是 2,SE 的自由度是 8,查显著性水平的 F 分布表可知,当  $\alpha=0.05$  时,  $F_{0.05}(2,8)=4.460$ ,可知因素 A、B、C、D 有一定影响作用,各因子对镀层厚度平均值的影响程度为  $A>D>C>B$ 。方差分析的结果,基本与直观分析的结果一致。

表 5 正交试验镀层厚度平均值的方差分析

| 方差来源   | 离差平方和 S  | 自由度 f | F 比   | F 临界值                    | 显著性 |
|--------|----------|-------|-------|--------------------------|-----|
| 镀锌温度   | 7573.822 | 2     | 2.2   | $F_{0.05}(2,8)$<br>=4.46 | -   |
| 镀锌时间   | 1870.33  | 2     | 0.543 |                          | -   |
| 预镀烘干温度 | 2063.153 | 2     | 0.599 |                          | -   |
| 预镀烘干时间 | 2264.204 | 2     | 0.658 |                          | -   |
| 误差     | 13771.51 | 8     |       |                          |     |

表 6 是镀层厚度平均值的方差分析表,通过上述计算,得出以下结论:由于因素 A、B、C、D 自由度是 2,SE 的自由度是 8,查显著性水平的 F 分布表可知,当  $\alpha=0.05$  时,  $F_{0.05}(2,8)=4.46$ ,可知因素 A、B、C、D 有一定影响作用,各因子对镀层厚度偏差的影响程度为  $D>B>A>C$ 。方差分析的结果,基本与直观分析的结果一致。

表 6 正交试验镀层厚度偏差的方差分析

| 方差来源   | 离差平方和 S | 自由度 f | F 比   | F 临界值                           | 显著性 |
|--------|---------|-------|-------|---------------------------------|-----|
| 镀锌温度   | 2.298   | 2     | 0.433 | F <sub>0.05(2,8)</sub><br>=4.46 | -   |
| 镀锌时间   | 7.905   | 2     | 1.489 |                                 | -   |
| 预镀烘干温度 | 0.713   | 2     | 0.134 |                                 | -   |
| 预镀烘干时间 | 10.319  | 2     | 1.944 |                                 | -   |
| 误差     | 21.23   | 8     |       |                                 |     |

实验以热浸镀锌拉升过程进行研究验证, 通过利用红外测温设备, 对镀锌层表层不间断进行测温实验, 每次测温都通过计算机精确记录下来, 寻找镀锌层在拉升过程中温度改变的规律, 从而找到工业镀锌中拉升速度影响镀锌层厚度的规律, 并通过结合推导出的镀锌层冷却凝固方程, 分析结果, 以达到互相验证的效果。实验中, 各个镀锌件重复镀锌 3 次, 在提拉过程中注意操作, 准确测量同一时间和温度下镀锌件镀层厚度值。拉升过程中所测出的镀锌层冷却凝固时间如表 26 一共 14 个测量数据。从数据看, 测试结果比较稳定可靠。实测的厚度数值随着拉升速度增大而增厚, 计算的数值与实测数值变化趋势一致, 但由于各种误差, 计算值明显小于实测值。通过计算一组数值, 以验证推论是否正确。

表 7 镀锌层冷却凝固时间

| 凝固时间(s)<br>拉伸速度(m/s) |      |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|
|                      | t1   | t2   | t3   | T 平均 |
| 0.02                 | 3.3  | 3.4  | 3.3  | 3.3  |
| 0.08                 | 6.6  | 6.7  | 6.6  | 6.6  |
| 0.14                 | 8.4  | 8.3  | 8.3  | 8.5  |
| 0.20                 | 10.2 | 10.2 | 10.3 | 10.2 |
| 0.26                 | 11.5 | 11.6 | 11.5 | 11.5 |
| 0.32                 | 12.8 | 12.9 | 12.8 | 12.8 |
| 0.38                 | 13.9 | 14.0 | 13.9 | 13.9 |

|      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 0.44 | 15.1 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 0.50 | 16.0 | 16.1 | 16.0 | 16.0 |
| 0.56 | 17.0 | 16.9 | 16.9 | 16.9 |
| 0.62 | 17.7 | 17.8 | 17.7 | 17.7 |
| 0.68 | 18.5 | 18.6 | 18.5 | 18.5 |
| 0.74 | 19.3 | 19.3 | 19.4 | 19.3 |
| 0.80 | 20.2 | 20.3 | 20.2 | 20.2 |

取拉升速度  $u=0.08$  m/s, 根据公式 (2),

$$\sqrt{\frac{2\mu\mu_0}{\rho g}} \quad (2)$$

式中,  $\mu$ —镀锌液粘度 ( $\text{Pa}\cdot\text{s}$ );

$\mu_0$ —拉升速度 ( $\text{m/s}$ );

$\rho$ —镀锌层密度 ( $\text{kg/m}^3$ );

$g$ —重力加速度 ( $\text{N/kg}$ )。

得出镀锌层厚度 $\delta$ 和拉升速度 $\mu_0$  平方根是正比例关系。

取拉升速度  $u=0.08$  m/s, 根据公式 (2) 得,  $\delta=52$   $\mu\text{m}$ 。

再将求得的镀层 $\delta=52$   $\mu\text{m}$  及其他数值带入式 (3) 得,

$$t = \frac{\rho H}{(T_m - T_o)h} \delta \quad (3)$$

公式中,  $\rho$ —镀锌密度 ( $\text{kg/m}^3$ );

$H$ —凝固潜热 ( $\text{J/kg}$ );

$\delta$ —镀锌层厚度 ( $\text{m}$ );

$T_m$ —镀锌层温度 ( $^{\circ}\text{C}$ );

$T_o$ —空气温度 ( $^{\circ}\text{C}$ );

$h$ —换热系数 ( $\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ )

$$t=52\times 7140\times 102000/15\times (420-20)=6.3\text{ s}$$

所得的凝固时间  $t=6.3$  s, 和表 26 中试验实测的凝固时间相吻合,

且计算求得的镀层厚度值 $\delta=52\text{ }\mu\text{m}$  与试验所得的实测值接近,说明建立的数学模型符合实际情况。

采用分步热浸锌工艺, 首先将钢件在锌池内预镀约 60 至 90 秒, 然后将钢件提出锌池并悬停于锌池表面 10 至 30 秒后, 再将悬停的钢件再次浸入锌池约 30 至 60 秒。分步法可以在有效增加浸锌层厚度的同时防止脆性相过度长大。分步热浸锌工艺对镀层厚度和 $\zeta$ 相厚度关系见表 27 所示。

表 8 分步热浸锌工艺对镀层厚度和  $\zeta$  相厚度关系

| 镀锌工艺<br>序号 | 预镀时间<br>(s) | 悬停时间<br>(s) | 续镀时间<br>(s) | 镀层厚度<br>( $\mu\text{m}$ ) | $\zeta$ 相厚度<br>( $\mu\text{m}$ ) |
|------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|----------------------------------|
| 1          | 30          | 10          | 30          | 105.6                     | 94.6                             |
| 2          | 30          | 10          | 45          | 114.9                     | 89.4                             |
| 3          | 30          | 10          | 60          | 118.5                     | 95.4                             |
| 4          | 75          | 20          | 60          | 125.9                     | 103.7                            |
| 5          | 90          | 10          | 60          | 137.4                     | 110.2                            |
| 6          | 90          | 10          | 45          | 127.1                     | 88.4                             |
| 7          | 90          | 20          | 30          | 121.3                     | 90.5                             |
| 8          | 90          | 30          | 60          | 143.7                     | 133.9                            |
| 9          | 90          | 20          | 45          | 132.2                     | 120.4                            |
| 10         | 75          | 30          | 60          | 130.8                     | 119.5                            |

通过预镀时间 90 s、悬停时间 20 s、续镀时间 30 s 后镀锌试样的 SEM 和 EDS 线扫描分析结果如图 3 所示。从图中可以看出, 镀层厚度工艺改进, 镀锌层质量得到明显改善, 镀层厚度为  $121.3\text{ }\mu\text{m}$ ,  $\zeta$  相厚度  $90.5\text{ }\mu\text{m}$ 。主要包含 $\eta\text{-Zn}$ 、 $\zeta\text{-FeZn}_{13}$ 、 $\delta\text{-FeZn}_{10}$  和 $\Gamma\text{-Fe}_3\text{Zn}_{10}$  等子

层。

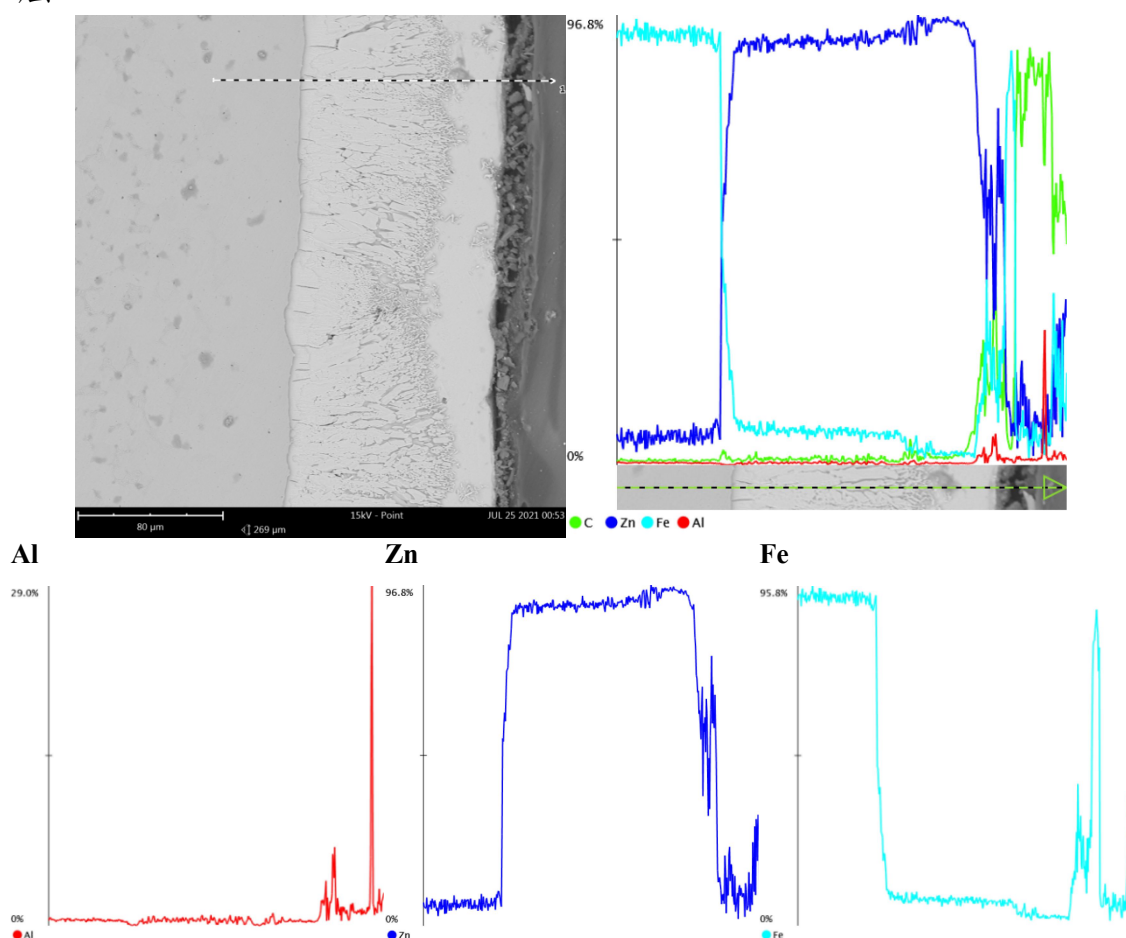


图 3 改进镀锌后的镀层 SEM 图及能谱分析

### 三、项目的主要技术创新

本项目工作采用的镀锌液成分上述优化的 Zn-Al-Ni 合金配方，通过研究热镀锌前处理工艺、镀锌工艺、和后处理工艺对镀层结合力，形貌和物相的影响。采用正交试验对镀层厚度平均值最大值分析得出，最佳的工艺参数为镀锌温度为 470 °C，镀锌时间为 1 min，预镀烘干温度为 200 °C，预镀烘干时间为 1 min。而镀层厚度偏差的最小值的最佳的工艺参数为镀锌温度为 470 °C，镀锌时间为 3 min，预镀烘干温度为 300 °C，预镀烘干时间为 3 min。对镀层厚度平均值影响作用为镀锌温度>预镀烘干时间>预镀烘干温度>镀锌时间。对镀层厚

度偏差影响作用为预镀烘干时间>镀锌时间>镀锌温度>预镀烘干温度。镀层厚度数值随着拉升速度增大而增厚,实际测得的厚度数值与建立的数学模型相符合。采用分步热浸锌法可以在有效增加浸锌层厚度的同时防止脆性相过度长大。最佳的分步热镀锌工艺为预镀时间 90 s、悬停时间 20 s、续镀时间 30 s,镀层厚度工艺改进,镀锌层质量得到明显改善,镀层厚度为 121.3  $\mu\text{m}$ ,  $\zeta$  相厚度 90.5  $\mu\text{m}$ 。

### 1、 无水洗热浸锌工艺研发

在热镀锌工艺中有一个重要步骤,即在酸洗后、浸锌前进行浸助镀液处理从而提高工艺的质量,其中助镀液是以氯化锌为主的混合溶液,通常反复使用以节约资源。但使用过程中,大量亚铁离子溶于助镀液。助镀液中的亚铁离子对镀锌工艺有消极影响,当助镀液中  $\text{Fe}^{2+}$  含量过高,会使锌镀层发黑,镀液的分散能力下降,影响镀层质量,严重时使镀锌助镀液完全失效。研究表明,只有当铁离子的含量稳定维持在 2000 mg/L 以下时,才能保证镀锌取得较好的效果。为了提高镀锌质量,实现最大限度的节锌,需要及时去除助镀液中的铁离子。除铁原理是利用过氧化氢将亚铁离子氧化为铁离子,在氨水环境中反应生成氢氧化铁沉淀,再通过过滤去除沉淀物。此外在现有技术中,酸洗完成后会先进行水洗,水洗的目的是为了将酸液和铁元素洗去。故现有热镀锌工艺流程为:酸洗、水洗、助镀、烘干、浸锌、冷却、钝化以及后处理。然而,水洗往往并不能将铁元素洗净,在助镀过程中还是会有铁元素,长时间助镀造成铁过多会导致助镀工艺不彻底,导致最后的成品率差,因此亟需一种能够高效的除铁的装置对铁进行去除。

针对现有技术存在的不足,本项目提供了一种电力铁塔热浸锌生产工艺,其中利用除铁装置有助于去除助镀池中的铁离子,达到简化水洗环节、提升热浸锌效率的目的。该工艺已经授权国家发明专利(ZL 202110318749.0)。

为实现上述目的,项目开发的一种电力铁塔热浸锌生产工艺,按照工作顺序依次包括酸洗、助镀、烘干、浸锌、冷却、钝化以及后处理,所述酸洗、助镀及烘干通过加工房处理,所述加工房内设有酸洗池及助镀池,所述加工房的一侧壁设有通风口,该通风口处连接有酸气处理装置,所述酸气处理装置用于将加工房内的酸气进行过滤净化,所述酸气处理装置包括粉尘分离器及气体净化器,所述助镀池的一侧连接有助于对助镀池进行除铁的除铁装置,通过除铁装置减少水洗的环节,工件在助镀池进行助镀时会有铁成分沉淀,通过除铁装置将这种成分去除,换液更加方便,加快了加工的工艺效率。

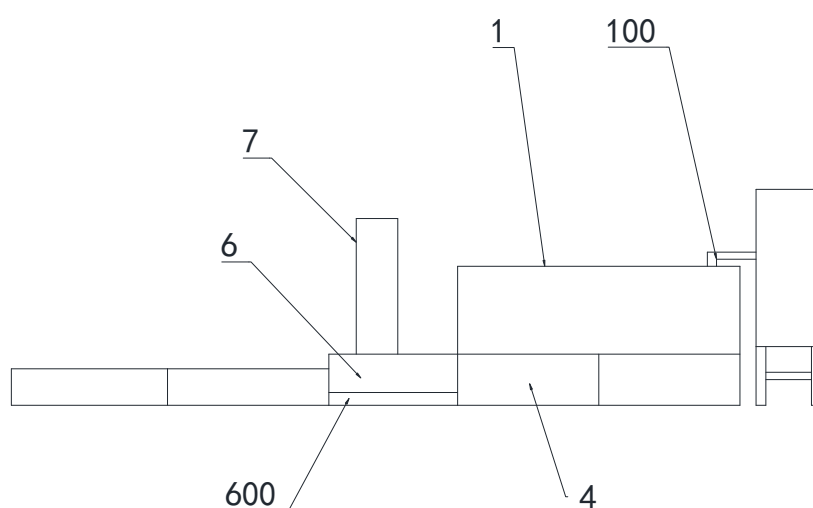


图 4 整体结构示意图

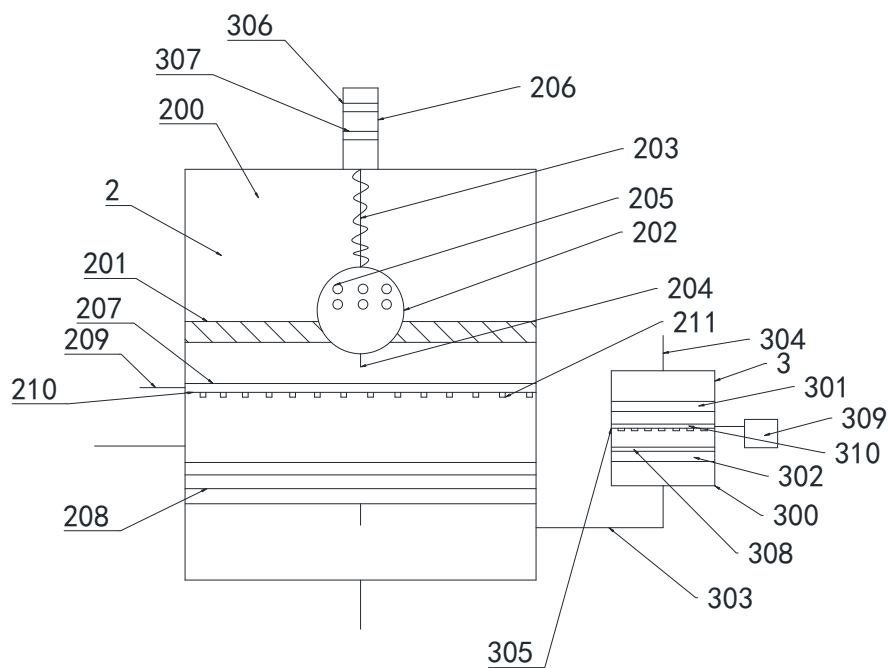


图 5 酸气处理装置结构示意图

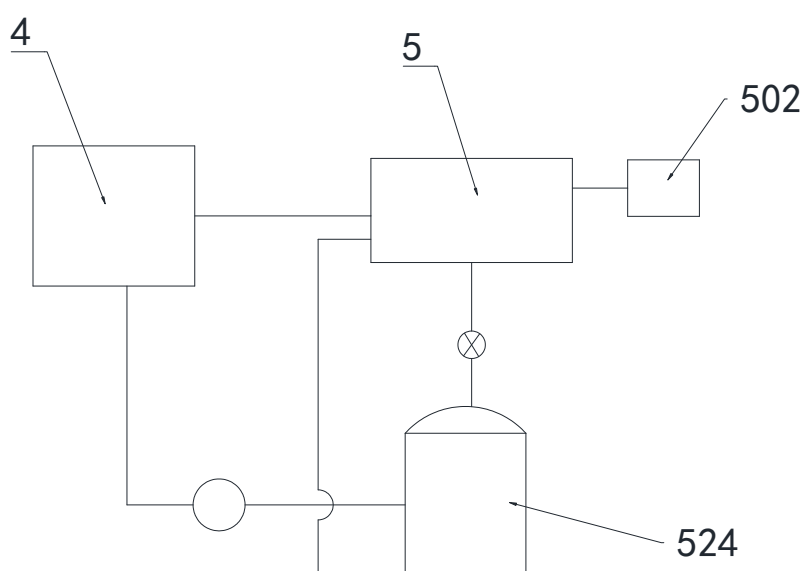


图 6 除铁装置原理图

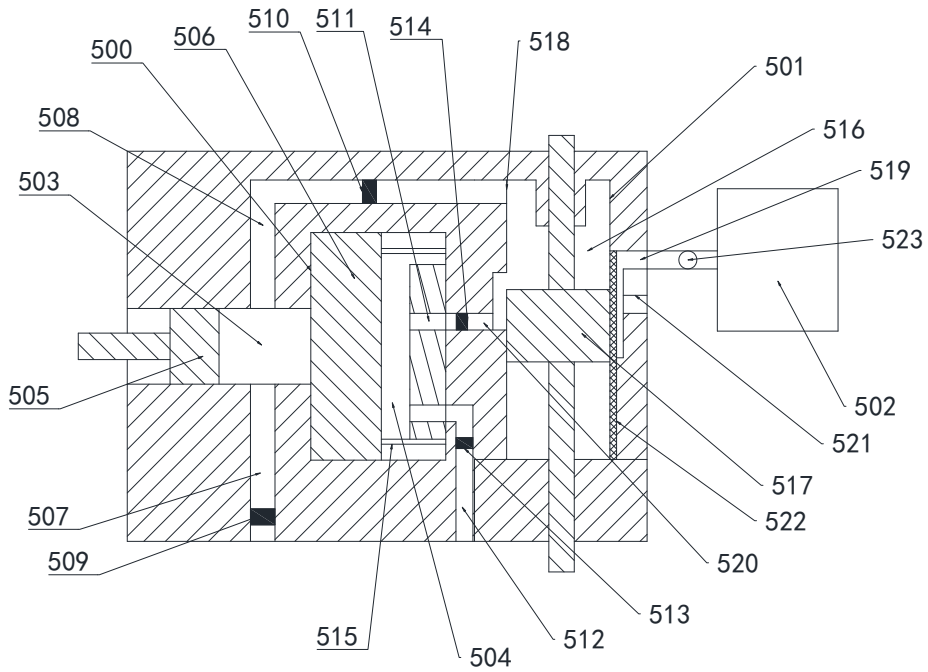


图 7 除铁装置结构状态图

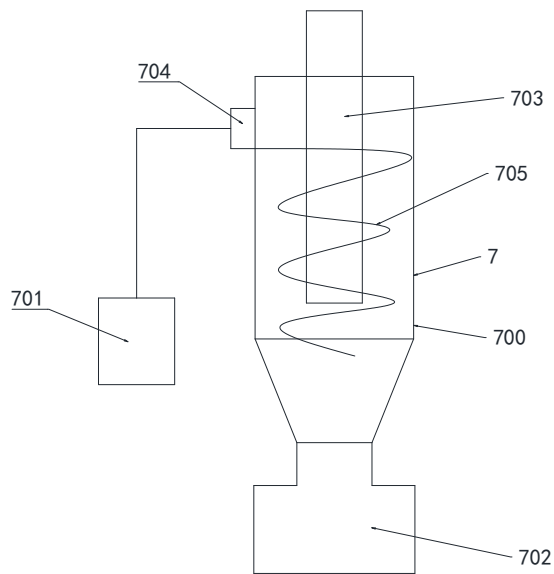


图 8 旋风分离器结构示意图

如上图所示 4~8 所示，本项目所设计工艺装置结构包括：1、加工房；100、第一管道；2、粉尘分离器；200、第一壳体；201、隔板；202、空心减压球；203、伸缩管体；204、第一排尘口；205、进气口；

206、第二管道；207、喷洒机构；208、螺旋分离叶片；209、进水管；210、环形管道；211、喷头；3、气体净化器；300、第二壳体；301、第一滤层；302、第二滤层；303、第三管道；304、第四管道；305、喷雾装置；306、第三滤层；307、第四滤层；308、海绵层；309、液碱箱；310、喷淋管；4、助镀池；5、除铁装置；500、转换器；501、过滤器；502、清洗液存储箱；503、第一腔体；504、第二腔体；505、第一启闭塞；506、第二启闭塞；507、第一出液管；508、第一进液管；509、第一止退阀；510、第二止退阀；511、第二进液管；512、第二出液管；513、第三止退阀；514、第四止退阀；515、复位装置；516、第三腔体；517、活塞；518、第三出液管；519、第三进液管；520、第四出液管；521、第四进液管；522、滤网；523、电磁阀；524、离心机；6、锌液池；600、加热装置；7、旋风分离器；700、桶体；701、驱动泵；702、固体收集箱；703、出气管；704、进气管；705、螺旋片。

基于上述装置所开发的一种电力铁塔热浸锌生产工艺，按照工作顺序依次包括酸洗、助镀、烘干、浸锌、冷却、钝化以及后处理，所述酸洗、助镀及烘干通过加工房 1 处理，所述加工房 1 内设有酸洗池及助镀池 4，所述加工房 1 的一侧壁设有通风口，该通风口处连接有酸气处理装置，所述酸气处理装置用于将加工房 1 内的酸气进行过滤净化，所述酸气处理装置包括粉尘分离器 2 及气体净化器 3，所述粉尘分离器 2 与气体净化器 3 通过第一管道 100 连接，由加工房 1 抽入的气体经粉尘分离器 2 进行气固分离，分离气体进入气体净化器 3 内净化排出，所述助镀池 4 的一侧连接有助于对助镀池 4 进行除铁的除

铁装置 5, 所述浸锌包括锌液池 6 及加热装置 600, 所述加热装置 600 连接于锌液池 6 的底部, 铁件在锌液池 6 内进行热浸锌处理, 所述锌液池 6 的一侧连接有旋风分离器 7; 通过除铁装置 5 减少了水洗的环节, 工件在助镀池 4 进行助镀时会有铁成分沉淀, 通过除铁装置 5 将这种成分给去除换液更加方便, 加快了加工的工艺效率, 通过加工房 1 对工件进行酸洗及助镀, 能够减少酸性气体对人体的危害, 在加工房 1 接入酸气处理装置能够对酸气进行处理, 第一管道 100 上设置气泵, 通过气泵将酸气抽出, 处理后的酸气再排入大气中, 减少污染, 通过酸气处理装置内的粉尘分离器 2 先对废气内的粉尘颗粒进行分离过滤, 让粉尘通过粉尘分离器 2 的液体分离出, 气体进入到气体净化器 3 内进行净化排出, 加热装置 600 采用天然气加热, 在锌液池 6 的下端设置锅体, 在锅体内点火加热, 让锌液池 6 产生高温进行热浸锌, 锌液池 6 在浸锌的过程中会产生粉尘, 通过旋风分离器 7 对粉尘进行去除, 该生产方式不仅不能够提高生产效率, 还起到了环保的效果。

所述粉尘分离器 2 包括第一壳体 200、隔板 201、减压装置及分离装置, 所述减压装置包括空心减压球 202、伸缩管体 203、弹簧、第一排尘口 204、进气口 205 以及连接于第一壳体 200 顶部且将其顶部贯穿的第二管道 206, 所述空心减压球 202 的一端与伸缩管体 203 固定连接, 另一端与第一排尘口 204 固定连接, 所述伸缩管体 203 的另一端与第二管道 206 固定连接, 所述弹簧套设于伸缩管道的外侧, 所述进气口 205 开设在空心减压球 202 的上部表面, 所述隔板 201 的外侧与第一壳体 200 的内壁固定连接, 所述隔板 201 的中部开设有通

孔, 该通孔用于和空心减压球 202 下部紧密配合实现密封, 所述空心减压球 202 带有第一排尘口 204 的一端突出于通孔外实现隔板 201 上端形成封闭腔体, 该封闭腔体可通过压力开启进行泄压; 酸气经气泵泵送至第一壳体 200 内, 此时粉尘分离器 2 启动对酸气的气固进行分离, 将固体随粉尘分离器 2 喷洒出的液体析出, 通过液体对固体进行排放, 其余酸气进入到气体净化器 3 内, 若第一壳体 200 内的气体达到一定的量时压强增大, 为了避免安全隐患设置减压装置来分散压力, 第一壳体 200 内气压增大时, 气压推动空心减压球 202 向上运动, 空心减压球 202 在弹簧和伸缩管体 203 的作用下收缩, 此时气体进入到封闭腔体内, 气体由进气口 205 进入到空心减压球 202 内, 向上运动, 当气压减小后, 空心减压球 202 不受力, 在弹簧的作用下复位密封, 进入空心减压球 202 后的气体通过第二管道 206 进行净化排出, 第一排尘口 204 在不清洗的状态下处理封闭的状态, 该减压装置的设置大大减少了安全隐患的产生, 同时有辅助净化气体的作用。

所述分离装置包括位于第一壳体 200 内的螺旋分离叶片 208 以及喷洒机构 207, 所述螺旋分离叶片 208 位于第一管道 100 出口端的下方, 所述喷洒机构 207 位于螺旋分离叶片 208 的上方, 该喷洒机构 207 用于将废气进行喷洒形成粉尘与气体的分离, 所述喷洒机构 207 包括进水管 209、环形管道 210 以及连接于环形管道 210 下方的喷头 211, 所述喷头 211 的开口朝向螺旋分离叶片 208, 所述气体净化器 3 包括第二壳体 300、第一滤层 301、第二滤层 302、第三管道 303 及第四管道 304, 所述第二壳体 300 的入口端通过第三管道 303 与第一壳体 200 侧壁下方连通, 所述第一滤层 301 和第二滤层 302 均连接于

第二壳体 300 内, 所述第一滤层 301 位于第二滤层 302 的上方, 所述第四管道 304 连接于第二壳体 300 的顶部且位于第一滤网 522 的上端, 所述第一滤层 301 和第二滤层 302 配合实现气体过滤净化, 所述第一滤层 301 和第二滤层 302 之间设有喷雾装置 305, 该喷雾装置 305 的喷淋口朝向第二滤层 302, 所述喷雾装置 305 用于喷射碱性液体对滤层进行浸湿; 酸气进入第一壳体 200 后, 喷洒机构 207 启动, 喷淋液体对酸气进行气固分离, 该液体可以为水, 被喷淋后的固体并不是所有的都被分离出, 通过螺旋分离叶片 208 未被分离的固体会再次进行分离, 随着螺旋式下降进一步的分离, 固体随液体从第一壳体 200 底部排出, 气体则进入到第三管道 303 进入气体净化器 3 内, 气体先经第二滤层 302 进行过滤, 再由第一滤层 301 净化, 喷洒装置通过喷洒碱液对第二滤层 302 进行湿润, 气体在通过第一滤层 301 的时候酸碱会进行反应, 使得酸性减弱或者消除, 这样排出的气体危害小或者无危害, 净化后的气体通过第四管道 304 排出。

所述除铁装置 5 包括转换器 500、过滤器 501 以及清洗液存储箱 502, 所述转换器 500 与过滤器 501 为一体式, 转换器 500 包括第一腔体 503、与第一腔体 503 连通的第二腔体 504、滑动于第一腔体 503 内的第一启闭塞 505、滑动于第二腔体 504 内的第二启闭塞 506, 所述第一腔体 503 的一侧连接有第一出液管 507, 另一侧连接有第一进液管 508, 所述第一出液管 507 上连接有第一止退阀 509, 所述第一出液管 507 的出口端与助镀池 4 连通, 所述第一启闭塞 505 通过驱动件驱动从而滑动控制液体流动状态, 所述第一启闭塞 505 可用于控制第二启闭塞 506 的运动, 所述第一进液管 508 上连接有第二止退阀

510, 所述第二进液管 511 的入口端与过滤器 501 相连接, 所述第二腔体 504 包括第二出液管 512 和第二进液管 511, 所述第二出液管 512 用于将废液及杂质排出, 所述第二进液管 511 的入口端与过滤器 501 相连接, 所述第二出液管 512 上设有第三止退阀 513, 所述第二出液管 512 上设有第四止退阀 514, 所述第二启闭塞 506 在初始状态下其朝向第一腔体 503 的一侧将第一腔体 503 开口处封堵, 另一侧与第二腔体 504 的腔壁之间连接有复位装置 515, 该复位装置 515 包括伸缩杆及弹簧, 所述弹簧套设在伸缩杆的外侧, 所述复位装置 515 用于对发生位移后的第二启闭塞 506 进行快速辅助复位; 该除铁装置 5 的设置不需对整个助镀池 4 的助镀液进行更换或者进行人工的打捞铁成分, 且人工打捞存在安全隐患, 通过过滤器 501 对助镀池 4 内的助镀液进行抽取, 通过过滤器 501 进行净化除杂后再输送至转换器 500 的第一腔体 503, 由第一腔体 503 重新排入到助镀池 4 内, 助镀液经第三管道 303 进入到过滤器 501 的第三腔体 516 中, 滤网 522 设置在第三腔体 516 朝向第三进液管 519 的一侧, 因此助镀液的杂质可以过滤在滤网 522 在, 通过活塞 517 的向下运动可以将流量通道不断的打开, 转换器 500 内的第一启闭塞 505 在不触及第二启闭塞的情况下, 在第一腔内来回运动产生抽真空, 对过滤器 501 进行抽取, 助镀液进入到第一进液管 508 在第一启闭塞 505 的作用下被推入第一出液管 507, 由于第一进液管 508 和第一出液管 507 均设置的止退阀因此可以防止倒流, 当过滤器 501 内的杂质积满时, 第一启闭塞 505 在封闭第一进液管 508 和第一出液管 507 的情况下往复滑动, 从而带动第二启闭塞 506 的运动, 第二启闭塞 506 在往复运动时带动第二腔体 504 做抽真

空运动将清洗液存储箱 502 内的清洗液抽出将滤网 522 外的杂质冲洗通过外腔进入到第二腔体 504 内,再由第二腔体 504 排出,第二进液管 511 和第二出液管 512 设置的止退阀可以有效的避免杂质液倒流,伸缩杆和弹簧的设置有助于第二启闭塞 506 的快速复位,同时在第二启闭塞 506 不工作的情况下能够更好的封闭,该结构能够更好的对杂质进行过滤,同时效率高,除铁装置 5 通过控制单元进行控制。

所述过滤器 501 包括第三腔体 516、活塞 517、第三出液管 518、第四出液管 520、第三进液管 519、第四进液管 521 以及过滤网 522,所述第三腔体 516 的外侧设有外腔,所述活塞 517 滑动连接于第三腔体 516 内,所述第三出液管 518 的出口端与第一进液管 508 的入口端连通,所述第三进液管 519 的入口端与助镀池 4 连通,所述第四出液管 520 的出口端与第二进液管 511 相连通,另一端与外腔连通,所述外腔的背离第四出液管 520 的一端与第三腔体 516 连通,所述第四进液管 521 的出口端与外腔连通,所述第四进液管 521 的入口端与清洗液存储箱 502 连通,所述第四进液管 521 和第三进液管 519 上均设有电磁阀 523,所述电磁阀 523 在不接电的情况下为封闭状态;活塞 517 在初始状态下将第三腔体 516 的进出液端封闭,在开始工作后活塞 517 随着杂质的增加开度慢慢变大,杂质增多后,流量会减少,只有增加开度才能保证流量的稳定,第三腔体 516 外设置的外腔是用于对杂质进行清理,杂质在滤网 522 的作用下无法进入第三腔体 516,因此保证了第三腔体 516 的洁净度,过滤器 501 内的液体均是通过转换器 500 来控制流动,通过电磁阀 523 的控制能够避免助镀液的浪费造成使用助镀液清洗杂质或者将清洗液抽入助镀池 4 中,该结构简单且

使用便利,电磁阀 523 在不工作的情况下封闭,能够起到省电的作用。

所述除铁装置 5 还包括离心机 524,所述离心机 524 连接于第三进液管 519 上;通过离心机 524 来对杂质进行破坏,以此来减少过滤器 501 堵塞的问题,加快过滤的速度,减少过滤所需要的时间,离心机 524 朝向助镀池 4 的一侧通过泵来抽取助镀液。

所述第二管道 206 内设有第三滤层 306 和第四滤层 307,所述第三滤层 306 位于第四滤层 307 的上方,所述第二滤层 302 和第四滤层 307 为高效滤网 522,所述第二滤层 302 上设有海绵层 308,所述第一滤层 301 和第三滤层 306 为活性炭及和光触媒吸附而成;第三滤层 306 和第四滤层 307 的能够在减压时使用过滤,起到的净化气体的作用,高效滤网 522 能够起到进一步的过滤作用,通过海绵层 308 的设置当酸气经过海绵层 308 时能够与碱液进行反应,活性炭和光触媒能够对气体进行进一步的过滤,能够降解有害气体吸附有毒物质。

所述旋风分离器 7 包括桶体 700、驱动泵 701 及固体收集箱 702,所述桶体 700 的上端呈圆柱状,其下端呈锥状,所述桶体 700 上端侧壁设有进气管 704,所述进气管 704 的另一端与锌液池 6 连通,所述桶体 700 的上端设有出气管 703,所述出气管 703 由桶体 700 的顶部向下延伸,所述桶体 700 内设有螺旋片 705;旋风分离器 7 能够对浸锌产生的粉尘进行除尘处理,并将气体排出,使用便利更加的环保。

所述喷雾装置 305 包括碱液箱以及喷淋管 310,所述碱液箱连接在第二壳体 300 的外侧,所述喷淋管 310 的一端与碱液箱连通,另一端向第二壳体 300 贯穿并位于第二滤层 302 的上方,所述喷淋管 310 的出口端朝向第二滤层 302;碱液箱通过喷淋管 310 将碱液喷入海绵

层 308 上,碱液箱包括了驱动件将碱液箱内的碱液通过喷淋管 310 喷洒到海绵层 308 上。

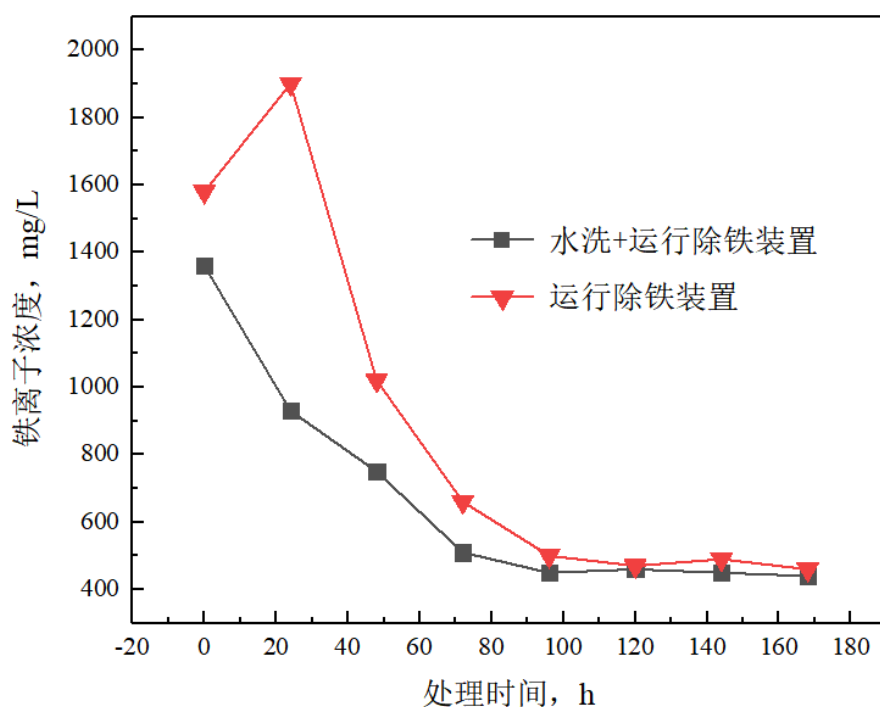


图 9 除铁装置性能分析

如上图 9 所示,选用不同铁离子含量的助镀池原液评估除铁装置性能。在同时使用水洗工艺和除铁装置的情况下,助镀液的铁离子含量从最初的 1360 mg/L,逐步降低至 440~460mg/L 左右,而取消水洗工艺而单独运行除铁装置 24 小时内,助镀液的铁离子含量由最初的 1580 mg/L 迅速增加至 1900 mg/L 附近。而单独运行除铁装置 48 小时左右,助镀液的铁离子含量降低至 1020 mg/L。持续单独运行除铁装置约 96 小时,助镀液的铁离子含量逐渐稳定在 460~490 mg/L。仅略高于增加水洗环节的助镀液的铁离子含量。目前国内优秀使用连续除铁工艺的厂商,其助镀液的铁离子含量在稳定在 1000 mg/L,而国外先进水平则控制在 500 mg/L 以下。采用上述技术方案,通过除铁装置可以快速去除氢氧化铁沉淀。通过除铁装置将这种成分给去除换

液更加方便, 加快了加工的工艺效率。

## 2、镀液净化装置设计及净化工艺研究

生产实践表明, 性能优良的镀层, 必须有冶金质量优良的镀液作保证。在实际工况条件下, 钢铁热浸镀过程中, 部分 Fe 会扩散进镀液。例如在 450 °C 左右的浸镀温度下, Fe 在镀液中的饱和溶解度仅为 0.05 wt% 左右, 多余的 Fe 将以锌渣 (Zn-Fe 合金化合物) 的形式在镀液中沉淀析出。锌渣使镀液的粘度增大, 增加镀层厚度; 锌渣粘附在镀件上时会造成镀层的表面缺陷, 影响镀锌件的外观质量及其防腐性能。因此要严格控制镀液中锌渣的含量, 当 Fe 含量大于 0.2 wt% 时, 应对镀液进行除渣。实际生产中去除镀液中锌渣最常用的方法是通过机械装置对锌渣直接捞取, 可以部分地清除沉淀在锌锅底部的锌渣, 但该对于悬浮在镀液中的锌渣的没有效果。有研究人员提出通过陶瓷板的过滤, 电磁净化等方法去除镀液中的锌渣, 上述除渣方法虽能净化镀液, 但除渣工艺较为复杂, 并不适用于溶剂法热浸镀锌。研究简单快速的锌渣净化方法对提高镀层的表面质量十分重要。

本项目设计的锌液净化装置如图 10 的净化装置 1 所示。净化装置 1 包括氮气罐 100、减压阀 101、压力表 102、过滤器 103、分子筛 104、气体流量计 105 以及细孔吹头 106, 该装置的氮气从氮气罐 100 内引出, 经减压阀 101 进行减压处理, 再通过过滤器 103 和分子筛 104 对氮气中的油污和水汽进行过滤, 过滤后的氮气通过细孔吹头 106 导入至锌液池 6 内, 该装置的细孔吹头 106 与气体流量计 105 之间连接有伸缩装置 2, 该伸缩装置 2 用于对细孔吹头 106 的高度进行

调节；通过该设备能够将锌渣吹起成为浮渣，通过该装置方便对浮渣进行打捞，可以避免沉淀在锌液池 6 底部的锌渣不方便处理的问题，净化的效率更高。该技术已授权发明专利。

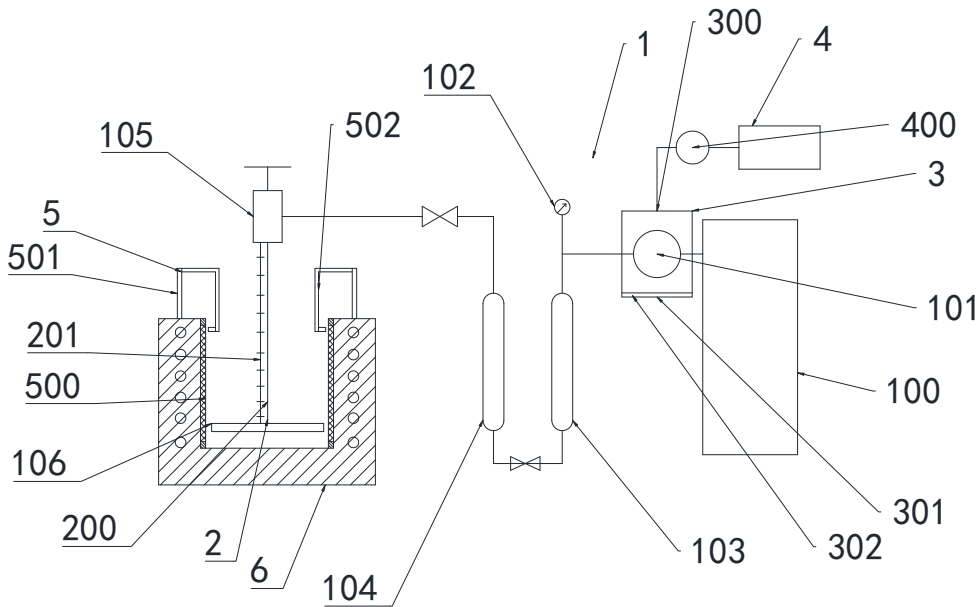


图 10 锌液净化装置示意图

图 37 为锌液净化装置的伸缩装置结构示意图。该装置的伸缩装置 2 包括伸缩杆 200 及伸缩管 201, 该装置的伸缩管 201 与伸缩杆 200 平行设置, 该装置的伸缩杆 200 及伸缩管 201 的一端与细孔吹头 106 固定连接, 另一端与气体流量计 105 固定连接, 该装置的伸缩管 201 用于将氮气通入到细孔吹头 106 内, 该装置的伸缩管 201 随伸缩杆 200 发生形变, 该装置的伸缩管 201 为波纹状; 通过伸缩装置 2 的设置方便对细孔吹头 106 高度的调节, 提高净化及除锌的效率, 伸缩管 201 和伸缩杆 200 平行设置互不影响设置, 伸缩管 201 用于通气至细孔吹头 106, 伸缩杆 200 用于对细孔吹头 106 的高度进行控制, 伸缩管 201 采用波纹状的方便伸缩。

该装置的细孔吹头 106 呈柱状,该装置的细孔吹头 106 设有若干个,且每个细孔吹头 106 的表面均开设有气孔,若干个细孔吹头 106 采用并列设置,相邻细孔吹头 106 之间间隔设置;该细孔吹头 106 呈柱状且其长度能够与锌液池 6 的长度相近,但小于锌液池 6 的长度,因此这样进行吹渣其效率会提高,吹渣的效果更加均匀,通过气孔进行吹渣,采用多个细孔吹头 106 能够全方位的吹渣,能够减少锌渣的量,提高浸镀的效果,能够提高工件表面的外观质量符合标准。

该装置的伸缩杆 200 包括外杆体 202、内杆体 203、第一锁合装置 204 以及第二锁合装置 205,该装置的内杆体 203 套设在外杆体 202 内,该装置的第一锁合装置 204 位于内杆体 203 的端部上,且位于外杆体 202 内,该装置的第一锁合装置 204 包括呈锥状的套体 206、滑动球 207 及辅助滚动机构 208,该装置的套体 206 与内杆体 203 端部套接,该装置的辅助滚动机构 208 用于使滑动球 207 在套体 206 的锥面上做径向往复运动,该装置的滑动球 207 与外杆体 202 的内壁相接触,该装置的第二锁合装置 205 用防止滑动球 207 从外杆体 202 的内壁中脱离,该装置的第二锁合装置 205 包括定位块 209 及卡钩 210,该装置的卡钩 210 与该定位块 209 铰接,该装置的卡钩 210 用于和辅助滚动机构 208 相卡合,该装置的辅助滚动机构 208 包括限位块 211、助推装置 212、弹簧 213 以及挡块 214,该装置的助推装置 212 的一端与限位块 211 连接,另一端与挡块 214 相连接,该装置的弹簧 213 套设在助推装置 212 的外侧,该装置的挡块 214 用于和卡钩 210 配合实现卡合,且该挡块 214 与助推装置 212 螺接,该装置的助推装置 212 能够带动限位块 211 在外杆体 202 内做轴向往复运动,该装置的

限位块 211 和滑动球 207 配合实现滑动球 207 的轴向定位；通过在外杆体 202 内设置第一锁合装置 204 和第二锁合装置 205, 使外杆体 202 和内杆体 203 能够双向锁合, 增强锁紧力, 防止受到工件冲击下细孔吹头 106 的位置发生变化, 同时方便调节细孔吹头 106 的牢固度稳定性, 通过助推装置 212 对外杆体 202 和内杆体 203 的伸缩进行调节, 调节方式便利。

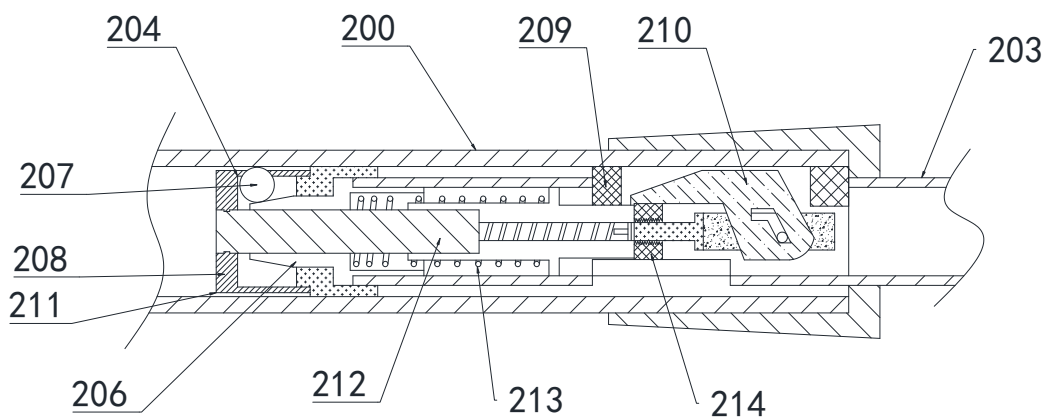


图 11 锌液净化装置的伸缩装置结构示意图

该装置的减压阀 101 的表面设有冷凝罩 3, 示意图见图 38 所示。该装置的冷凝罩 3 的两侧分别设有进气口 300 和出气口 301, 该装置的冷凝罩 3 的前端开设有透明视窗, 该装置的进气口 300 处设有冷气发生装置 4, 该装置的出气口 301 处设有栅格 302, 该装置的冷气发生装置 4 用于对减压阀 101 进行制冷; 该冷凝罩 3 的设置能够对减压阀 101 进行制冷, 防止减压阀 101 在不间断高效的工作状态下发热造成损坏, 能够提高减压阀 101 的使用寿命, 透明视窗的设置能够方便对减压阀 101 的情况进行观测, 设置栅格 302 方便透气及防止积灰, 冷气发生装置 4 将生成的冷气注入冷凝罩 3 内, 对减压阀 101 进行降温。

该装置的冷气发生装置 4 包括压缩机 400、壳体 401、冷热交换结构 402、湿度风扇 403、干度风扇 404、淋液器 405 以及液体收集盒 406, 该装置的淋液器 405 连接在壳体 401 的上方, 该装置的冷热交换结构 402 包括若干第一通风管 407、若干第二通风管 408 及换向风道 409, 经过第一通风管 407 的气体流向与经过第二通风管 408 的气体流向相反, 且通过换向风道 409 进行流向切换实现第一通风管 407 进入的气体经换向风道 409 进入第二通风管 408, 该装置的换向风道 409 位于壳体 401 的左侧, 该装置的干度风扇 404 连接在壳体 401 的右侧且与第一通风管 407 连通, 该装置的壳体 401 右侧还设有与第二通风管 408 出口端连通的干冷出风口, 该装置的湿度风扇 403 设置在壳体 401 的后侧, 该装置的湿度风扇 403 产生的气流经第一通风管 407、第二通风管 408 的外侧壁从壳体 401 前方排出, 该装置的壳体 401 前方设有湿冷出风口, 该装置的干冷出风口和湿冷出风口均与混合器 410 连接, 通过混合其对冷空气的湿度进行调节, 该装置的混合器 410 包括混合管 411 和干冷管 412, 该装置的混合管 411 的出口端与压缩机 400 连接, 该压缩机 400 将冷气送入冷凝罩 3, 该装置的液体收集盒 406 连接在壳体 401 的下方且用于收集淋液器 405 喷出的液体; 通过该装置能够对空气进行吸收, 然后通过冷热交换结构 402 对空气进行处理, 将空气进行降温进行湿度调节, 再将生成的冷气通入减压阀 101, 对减压阀 101 进行冷却, 进入减压阀 101 的冷气会在冷凝罩 3 内流通, 该冷气发生装置 4 克服了风扇无法降低温度的作用, 且避免使用空调带来的功耗大及不环保的影响, 空气通过干度风扇 404 进入第一通风管 407 同时通过湿度风扇 403 进行入壳体 401

内,此时淋液器 405 启动,对第一通风管 407 和第二通风管 408 外侧进行喷淋,干度风扇 404 经第一通风管 407 进行第一级制冷,喷淋液在湿度风扇 403 的作用下会蒸发,第一级制冷后进入换向风道 409 进行换向进入第二通风管 408 进行第二级冷却,在由于冷出风口排入混合器 410,湿度风扇 403 产生的湿气通过湿冷出风口排入混合器 410,通过混合器 410 对干湿冷气经调控,将混合的冷风通入压缩机 400,将全干燥的冷风排出,经压缩机 400 再次处理的混合冷风通入冷凝罩 3 进行制冷,该结构简单使用便利,且效果好。

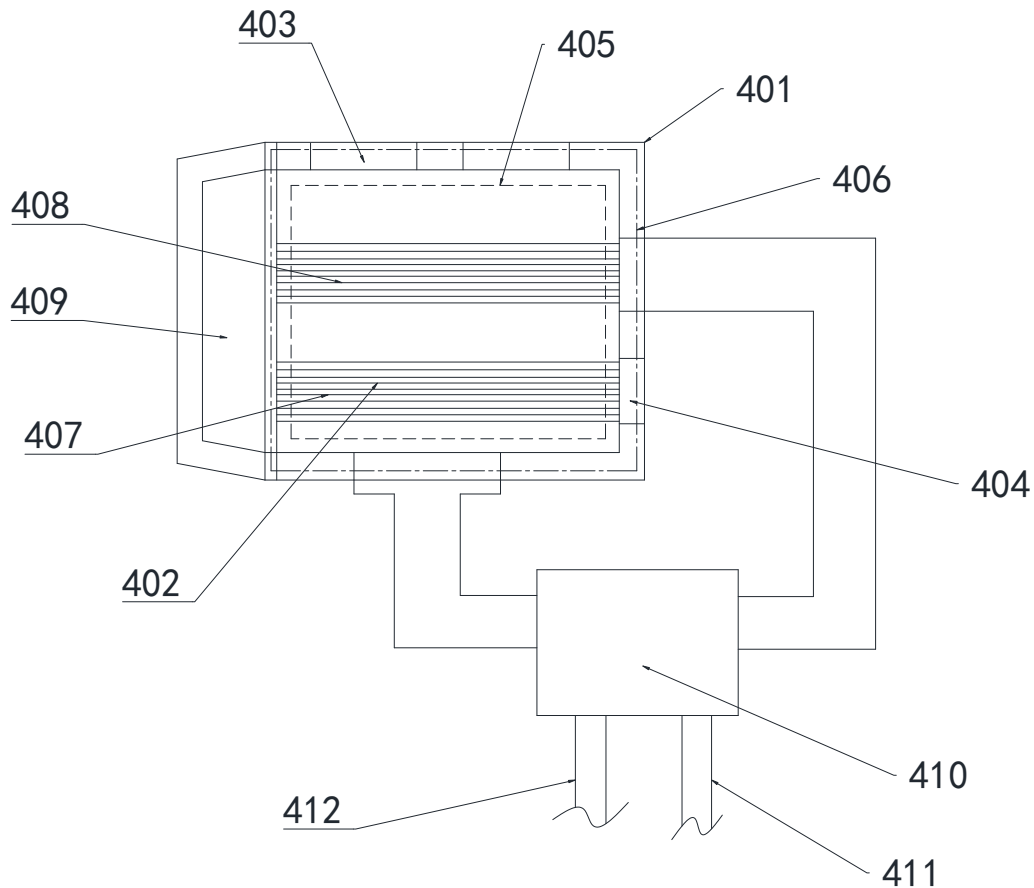


图 12 锌液净化装置的冷气发生装置结构示意图

图 12 为锌液净化装置的除灰器结构示意图。该装置的锌液池 6 包括清理装置 5, 该清理装置 5 包括连接在锌液池 6 内壁的滤网 500

及与用于击打滤网 500 实现灰尘掉落的除灰器, 该除灰器与锌液池 6 的上端伸缩连接, 在通电的情况下该除灰器可下降至锌液池 6 内对滤网 500 进行清理, 该除灰器包括固定架 501、伸缩器 502、外壳 503 及敲击头 504, 该装置的固定架 501 连接于锌液池 6 的上方边沿, 该装置的伸缩器 502 的一端与固定架 501 固定连接, 另一端与外壳 503 固定连接, 该装置的外壳 503 内设有安装槽 505, 该装置的安装槽 505 沿外壳 503 轴线方向设置, 该装置的外壳 503 内设有丝杆 506, 该丝杆 506 的一端通过电机控制其转动, 该装置的敲击头 504 设有连接孔 507, 该装置的连接孔 507 用于和丝杆 506 配合, 该装置的敲击头 504 的外侧设有凸起 508, 该凸起 508 用于和安装槽 505 配合实现卡合固定, 该装置的电机驱动丝杆 506 做旋转运动, 从而带动敲击头 504 对滤网 500 的打击; 通过固定架 501 对伸缩器 502 进行固定, 通过伸缩器 502 对除灰器进行高度的调节控制, 在需要清理的时候下降除灰器的高度, 不使用的时候将其升高, 清灰时, 在长时间的浸镀后, 需要对锌液池 6 进行清洗, 将锌液池 6 的锌液全部排干, 将等待静置干燥, 此时启动电机对丝杆 506 进行驱动, 由于安装槽 505 和凸起 508 的配合使得在丝杆 506 转动的时候, 敲击头 504 不能转动, 因此敲击头 504 能够沿丝杆 506 方向发生轴向位移, 敲击头 504 的位移加速度大于重力的加速度, 因此可以保证丝杆 506 不会对敲击头 504 产生向上的作用力, 以此来消除丝杆 506 的螺纹对敲击头 504 的阻碍, 丝杆 506 发生反向旋转时, 敲击头 504 复位上升, 以此往复形成不断的敲击, 在不断的敲击下滤网 500 上的粉尘会掉落, 掉落的粉尘方便及时的清理, 由于滤网 500 的设置能够避免对锌液池 6 内壁的清理, 提高

了清理的效率。采用净化装置不但使镀液中锌渣的沉积厚度下降，而且镀件表面出现锌渣缺陷的比例下降，镀件的表面质量提高。

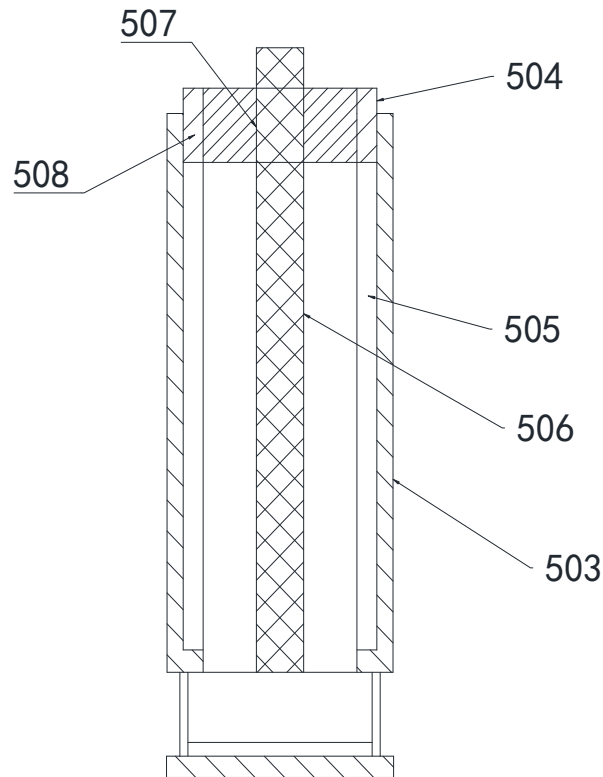


图 13 锌液净化装置的除灰器结构示意图

不同熔体净化工艺与熔渣重量关系见表 28 所示，从中可以看出，相对于未经过熔体净化处理的试样，经过净化后锌渣的重量显著降低，起到了节约原料的目的。同时，不同的通气量和通气时间的匹配，分别起到了不同的净化效果。

表 9 不同熔体净化工艺与熔渣重量关系

| 镀锌工艺<br>序号 | 通气量<br>(L/h) | 通气时间<br>(min) | 锌渣重量<br>(kg/d) |
|------------|--------------|---------------|----------------|
| 1          | -            | -             | 36.7           |
| 2          | 100          | 5             | 25.9           |
| 3          | 300          | 5             | 20.8           |
| 4          | 100          | 10            | 23.5           |
| 5          | 200          | 20            | 18.6           |
| 6          | 200          | 30            | 17.2           |

采用熔体净化设备，并实施通气量为 200 L/h 和通气时间为 20 min 的工艺参数后的锌液与未进行熔体处理的锌液的组织对照图如图 40 和 41 所示，对比未进行净化处理的微观组织形貌，可以观察到经净化处理后镀液中锌渣的含量明显减少。这说明采用净化装置，并调整合适的净化工艺可以较好的净化镀液内部的悬浮渣。

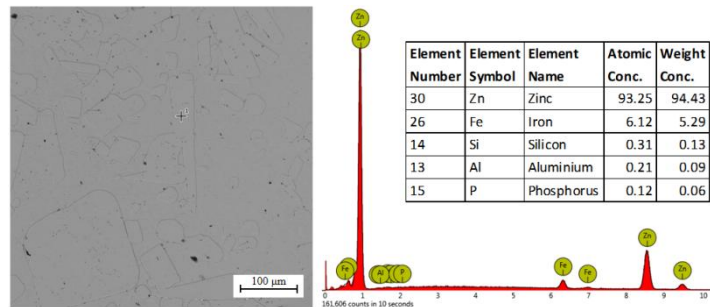


图 40 净化前锌渣试样的微观组织

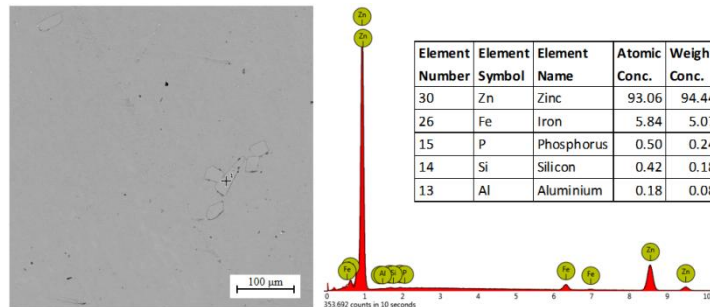


图 14 净化后锌渣试样的微观组织

## 四、项目的技术创新点与主要技术指标

### 1 项目创新点

(1) 热浸镀锌工艺创新，热浸镀锌层的合金结构与厚度直接关系到电力铁塔的耐腐蚀寿命。项目所设计的分步热浸锌法可以在有效增加浸锌层厚度的同时防止脆性相过度长大。最佳的分步热镀锌工艺为预镀时间 90s、悬停时间 20s、续镀时间 30s，镀层厚度工艺改进，镀锌层质量得到明显改善，镀层厚度为 121.3μm，ζ相厚度 90.5μm。

助镀液中的亚铁离子对镀锌工艺有消极影响。项目所开发的无水

洗热浸镀锌工艺,通过除铁装置去除助镀池中的铁离子,简化了酸洗后的水洗环节,将原有工艺缩短为酸洗、助镀、烘干、浸锌、冷却、钝化以及后处理等步骤,提升了热浸镀锌工艺效率。

(2)净化装置创新,钢铁热浸镀过程中,部分 Fe 会扩散进镀液,将以锌渣 (Zn-Fe 合金化合物) 的形式在镀液中沉淀析出。锌渣粘附在镀件上时会造成镀层的表面缺陷,影响镀锌件的外观质量及其防腐性能。实际生产中去除镀液中锌渣最常用的方法是通过机械装置对锌渣直接捞取,可以部分地清除沉淀在锌锅底部的锌渣,但该对于悬浮在镀液中的锌渣没有效果。项目创新设计了锌渣喷吹净化装置,有效净化了悬浮在锌池镀液中的锌渣。

## 2 主要技术指标

镀锌层厚度:对于厚度 $>6.4\text{mm}$ 的钢板,热浸锌层厚度 $\geq 100\mu\text{m}$ ,达到 ASTM A123-01 钢铁产品镀锌层 (热浸镀锌) 标准规范 (依据 GB/T 2694-2018 检测);

(1) 镀锌层均匀性:做硫酸铜试验,耐浸蚀次数不少于 4 次且不露铁 (依据 GB/T 2694-2018 检测);

(2) 镀锌层附着性:经落锤试验,镀锌层不凸起、不剥离 (依据 GB/T 2694-2018 检测);

(3) 镀锌层耐腐蚀性:中性盐雾腐蚀试验出现红锈时间,即基材出现腐蚀时间 $>96\text{h}$  (依据 GB/T10125-2012、GB/T 6461-2002 检测)。

## 参考文献

- [1]彭飞.输变电铁塔热镀锌工艺技术[J].科技传播, 2012, 4(23): 18 - 19.
- [2]王开虎, 赵计飞.输变电铁塔的腐蚀问题与防腐技术探究[J].机械与电子, 2012. 26(9): 278 - 279.
- [3]陈冬, 金向雷.中国热镀锌技术及发展动向[J].河北冶金, 2004, 01): 3-8.
- [4] 陈传金,丁士学.电力铁塔钢铁件热镀锌废水的环保零排放处理系统[J].材料保护, 2014,37(1).
- [5] 海家雄.美国燃煤电厂废水零排放控制[J].《电力科技与环保, 1992 (4) : 25-31.
- [6] 张新, 张奎. 镁合金腐蚀行为及机理研究进展[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2015, 27(1): 78-84.

## 18 电力铁塔构件热镀锌合金成分及工艺创新探讨

柯拥军

(温州泰昌铁塔制造有限公司, 浙江 温州, 325013)

**摘要:** 浸镀用锌合金镀层的厚度与浸镀时间成正比, 项目创新设计了热浸镀用锌合金, 提高耐腐蚀性能、细化晶粒 (提高机械性能) 等效果。

热浸镀锌工艺设计的无水洗热浸镀锌工艺, 通过除铁装置去除助镀池中的铁离子, 简化了酸洗后的水洗环节, 将原有工艺缩短为酸洗、助镀、烘干、浸锌、冷却、钝化以及后处理等步骤, 提升了热浸镀锌工艺效率。

**关键词:** 热浸镀锌; 助镀液; 镀层; 耐腐蚀; 工艺效率

### 一、项目背景及意义

电力铁塔服役条件恶劣, 铁塔既要承受静态力的作用, 又要承担动态力的冲击。在无风静止的情况下, 铁塔受到电线和自身重量的静态力作用; 在风载动态力的作用下电线会做往复运动, 导致铁塔受迫振动, 塔架的振动又会反过来加剧导线的振动。铁塔在大气腐蚀 (如图 4 所示) 和力学因素的相互作用下钢铁材料会发生断裂甚至倒塌, 直接影响供电系统的稳定性, 甚至威胁人们的生命财产安全。因此, 作为高压输电线路的承重结构, 铁塔的防腐蚀保护是影响铁塔服役安全和寿命的关键因素之一, 对输电线路的安全产生重要的影响。

热浸锌是将钢铁材料浸入到熔融的锌液中并保持一定的时间, 在钢铁表面生成一层具有保护性能的锌合金镀层的工艺。热浸锌镀层主

要通过隔离防护和牺牲阳极保护两种方式对钢铁材料提供保护。镀层和钢基体之间以冶金结合的方式连结在一起,具有较高的结合强度。通过与电镀、化学镀的比较,热浸镀获得的镀层较厚,用作防护涂层,其耐腐蚀性能有很大的提高。此外,热浸锌工艺对钢件的形状、尺寸的适应性强,相比电沉积和热喷涂等涂层制备方法,热浸锌工艺成本低、效率高。因此,热浸锌是铁塔材料最常用及最有效的防腐方法之一。

随着我国经济的迅速发展,电力需求也不断增长,由于特高压输电具有容量大、距离远、能耗低、占地省、经济性好等优势,已经在全国范围内推广应用,大大提升我国电网的输送能力,而特高压技术需要输电铁塔作为基础保障。然而,输电铁塔服役条件恶劣,铁塔既要承受静态力的作用,又要承担动态力的冲击,这对铁塔构件的材料选择与焊接工艺提出更高的要求。此外,铁塔构件规格不一,形式多样,人工焊接影响因素众多,焊缝质量稳定性因焊接工人素质而定,不但影响生产周期,亦制约企业转型升级。因此,研究开发特高压输电铁塔构件智能化焊接技术具有重大意义和科学价值。此外,针对我国现有的标准还不能满足出口需求,着力于开发增加电力铁塔用热浸锌层厚度,提升其耐腐蚀性能的热浸厚锌层技术。在有效保证热浸锌层与基体结合力强度以及表面镀层外观质量的情况下,通过镀锌液成分的研发、热浸锌工艺创新等以增加镀层厚度、优化组织并提高其耐腐蚀性能。本项目的实施对提升多元气候环境服役条件下的电力铁塔构件的安全性、输电线路的可靠性具有重要意义及价值。

## 二、国内外同类技术进展情况

热浸镀锌发明于 18 世纪中叶, 1742 年法国化学家 Malouin 首次进行了热浸镀锌实验; 1836 年 Sorel 在法国开始将热镀锌用于工业生产; 1837 年英国的 Grawford 开始以氯化铵为溶剂的方法进行热镀锌; 1931 年 Sendzimir 把退火工序和热镀锌工序连成一个整体, 发明了森吉米尔法, 开辟了连续热浸镀锌的新纪元。

与西方发达国家相比, 我国的热浸镀锌工业发展要晚几十年。在 1979 年武钢建立了我国第一条改进的森吉米尔型连续热浸镀锌生产线。随着我国对热镀锌需求量日益增大, 特别是在汽车、电力工业中的需求, 镀锌工业得到了迅速发展。

热浸镀锌一直是国内外表面工程领域研究的热点。从 2000 年开始, 中国腐蚀与防护学会和中国表面工程协会设置了热浸镀专业委员会, 国际热镀锌协会有 150 多个世界各国的成员单位, 已连续举办了 115 次国际热浸镀会议。

相同的相层具有不同的结构与力学特征, 因而单纯增加铁锌合金层厚度提升钢件的耐腐蚀性能的同时, 如果不能优化铁锌合金层的组织结构, 则热浸锌层的结合力与强度则无法保证。热浸锌层厚度与组织主要受助镀剂成分、热浸镀时间与温度、锌池合金成分、镀件材料成分及表面状态的影响。

先进金属材料涂镀国家工程实验室王贺贺将低碳钢退火板采用不同  $\text{NiCl}_2$  含量的助镀剂助镀后热浸镀锌, 并采用扫描电子显微镜 (SEM)、光学显微镜 (OM) 对镀层的厚度、结构、形貌及成分进行分析。结果表明:  $\text{NiCl}_2$  含量在  $0\sim 6\text{ g/L}$  内, 锌镀层质量及厚度随着氯化镍含量的增加而减小,  $\text{NiCl}_2$  含量超过  $6\text{ g/L}$  时, 则不随氯化镍的增加

而变化；氯化镍会增加锌镀层中 $\delta$ 金属间化合物相的厚度，细化 $\zeta$ 金属间化合物相，使 $\zeta$ 金属间化合物相更加致密，并减少 $\zeta$ 金属间化合物相的厚度，对 $\eta$ 金属间化合物相基本无影响。

温度升高能加快 Fe-Zn 之间的扩散速度，可以确定，在低于 480 °C 镀锌时，铁损是按照低抛物线规律随浸锌时间而变化；当镀锌温度接近 480 °C 时，Fe-Zn 合金层就增厚很快，并且主要是增加了脆性的 $\zeta$ 相厚度，因而会使镀层的塑性变坏；镀锌温度超过 480 °C，特别是达到 500 °C 时，铁损可用直线规律来表示。随着镀锌温度的增高， $\Gamma$ 相的形成速度也在迅速增长，当达到 480 °C 之后， $\Gamma$  相的晶体主要靠牺牲 $\delta$ 相的晶体而长大，因而也会导致镀锌层变脆。

在固定温度的情况下，延长热浸锌时间，一定会引起 Fe-Zn 合金层的增厚。 $\Gamma$ 相达到一定厚度以后即不再生长。 $\delta$ 相起初生长较快，超过了 $\delta$ 相。但是，时间增长到一定限度后， $\delta$ 相的生长速度反而比 $\zeta$ 相快了。这表明铁通过 $\Gamma$ 相和 $\delta$ 相的扩散速率比锌通过 $\zeta$  相的扩散速度快，因为随着 $\zeta$ 相的长大锌原子的扩散必须经过更长的路程， $\zeta$  相的生长就落后于 $\delta$ 相的生长。因此，镀锌生产中正常的短时间浸镀时， $\zeta$ 相也具有最大的厚度。 $\delta$ 相的过厚生长对于镀层的韧性具有很坏的影响。因为 $\zeta$ 相是单斜晶格，性质很脆，如果增加其厚度就会使镀层变脆。所以在热浸锌时应尽量缩短镀件的浸锌时间，减少其合金层厚度，以便增加镀层的韧性。

卢锦堂应用 SEM、EPMA 等方法研究了锌浴中镍含量对热浸锌镀层厚度的影响，试验结果表明：当锌浴中镍含量小于 0.12 (wt%) 时，镀层随镍含量增加而减薄；当镍含量大于 0.12% 时，镀层则随镍

含量增加而增厚。在热浸锌生产线上对 0.10% 以下的不同镍含量锌浴的应用结果表明: 为了兼顾不同产品对最低镀层厚度的要求, 镍含量可在 0.04%~0.10% 间选择。

孔纲研究了热浸锌浴中少量铝对镀层性能的影响。结果表明, 当锌浴中加入 0.005%~0.020% Al 可显著提高热浸锌层光亮性, 减少锌浴表面氧化。这是由于锌浴及镀层表面 Al 被选择性氧化而形成一层  $\text{Al}_2\text{O}_3$  保护膜, 阻止了锌的氧化。该浓度范围下的加铝技术适用于批量热浸锌。而当锌浴中加入超过 0.15% Al, 可抑制脆性 Fe-Zn 合金相的形成并获得厚度适宜、粘附性良好的镀层。其抑制机理是由于在铁基上首先形成一层连续的  $\text{Fe}_2\text{Al}_5$  相抑制层, 抑制了 Fe-Zn 反应。但该抑制层往往在几秒内即会发生迸裂而失去对 Fe-Zn 反应的抑制作用。

国家电网技术学院冯刚等人探讨了钢铁成分对热浸锌组织和性能的影响认为: 碳的含量越高, Fe-Zn 反应就越剧烈, 其界面层的生长速度越大, Fe-Zn 合金层越厚, 促使  $\zeta$  相的生长而抑制了  $\delta_1$  的生长, 从而使整个镀锌层结构改变, 导致性能变坏, 影响了镀锌钢板的表面质量和机械加工性能; 同时由于 Si 的存在会导致锌液与 Fe 剧烈反应, 锌层中的脆相  $\zeta$  相快速生长, 获得过厚的镀锌层且呈现灰色, 性能下降。

华南理工大学许乔瑜等人认为, 表面粗糙度对热浸镀锌层的形成有明显的影响, 钢基表面的凹凸部位会使铁锌合金层的生长形态发生变化。例如在表面凹陷处由于提供了大面积的表面供体积收缩的合金层生长, 使反应所需的铁的供应充足, 而同时锌的供应却由于锌难以

进入凹陷处而减少,在这些位置,经常发现厚  $\Gamma$  层。

钢铁研究总院的张启富和江社明等系统地研究了镀层的粉化和脱落过程,采用原位观察的方法分析了镀层中裂纹的产生和扩展,对影响镀层粉化和剥落的因素进行了分析。Evangelos Tzimas 等采用三点弯曲的方法研究了镀层的开裂机理,指出微裂纹首先在 $\delta$ 子层的应力集中区形成。

华南理工大学的卢展堂和孔纲等开展了对镀层的无铬钝化剂及工艺的研发,并对钼酸盐、稀土盐、磷酸盐及硅烷钝化膜的抗腐蚀行为进行了大量的研究;中国科学院海洋研究所的侯保荣和李焰等研究了镀层在海水中的腐蚀行为,以及海洋环境中的温度和湿度等因素对镀锌件氢渗透及氢致腐蚀开裂的敏感性的影响;G. Reumont 等研究了镀层在应力腐蚀条件下对基体的保护性能;另外还有较多的研究者通过添加微量元素及稀土等来提高镀层的腐蚀性能。

### 三、研究内容和技术路线

#### 1、新型热浸镀用锌合金的研发

图 1 显示了  $\text{Zn-xTi}$  合金的 XRD 谱。所有的  $\text{Zn-xTi}$  合金样品主要由  $\alpha\text{-Zn}$  基体相和  $\text{TiZn}_{16}$  金属间化合物组成。 $\text{TiZn}_{16}$  相的衍射峰强度随着 Ti 添加量的增加而增加;因此,从 XRD 图谱中可以看出, $\text{TiZn}_{16}$  相的体积分数随着 Ti 添加量的增加而逐渐增加。

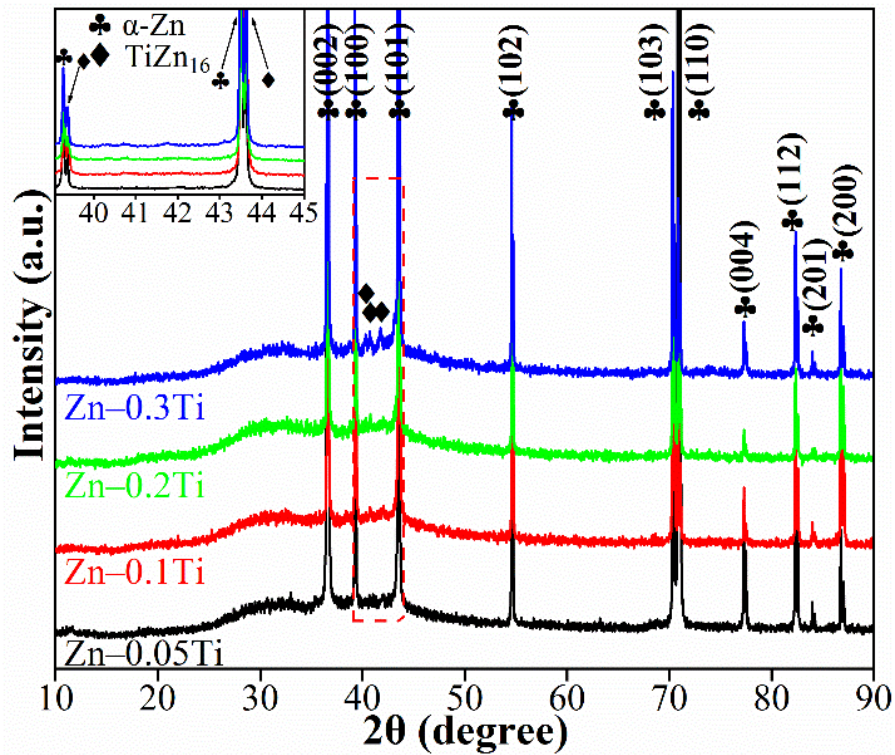


图 1 不同 Ti 含量锌合金 XRD 图

图 2 显示了 Zn-xTi ( $x = 0.05, 0.1, 0.2, 0.3$  wt%) 合金的光学显微照片。这些合金主要由白色的  $\alpha$ -Zn 基体相和沿  $\alpha$ -Zn 相晶界分布的灰色  $\text{TiZn}_{16}$  相组成。Zn-0.05Ti 的平均晶粒尺寸为  $86.4 \pm 10.9 \mu\text{m}$ , Zn-0.1Ti 为  $71.2 \pm 12.3 \mu\text{m}$ , Zn-0.2Ti 为  $19.4 \pm 1.9 \mu\text{m}$ , Zn-0.3Ti 为  $46.9 \pm 8.2 \mu\text{m}$ 。可以看出,随着 Ti 添加量的增加,Zn-xTi 合金中  $\alpha$ -Zn 相的平均晶粒尺寸呈现先减小后增大的趋势,当 Ti 添加量为 0.2% 时,晶粒尺寸最细,约为  $19.4 \mu\text{m}$ 。因此,适量的 Ti 可以显著细化 Zn-xTi 合金中的  $\alpha$ -Zn 相,而过量添加 Ti 会削弱对  $\alpha$ -Zn 相的晶粒细化作用。此外,随着 Zn-xTi 合金中 Ti 添加量的增加, $\text{TiZn}_{16}$  相尺寸呈现逐渐增大的趋势,形貌由细小颗粒状转变为长棒状。同时, $\text{TiZn}_{16}$  相的相体积分数也逐渐增加。Zn-0.05Ti 合金中  $\text{TiZn}_{16}$  相的尺寸和体积分数分别为  $2.3 \pm 0.4 \mu\text{m}$  和  $11.8 \pm 0.9\%$ , Zn-0.1Ti 合金中  $\text{TiZn}_{16}$  相的尺寸和体积分数分别为  $3.8 \pm 0.7 \mu\text{m}$  和  $18.3 \pm 1.4\%$ ,

Zn-0.2Ti 合金中  $\text{TiZn}_{16}$  相的尺寸和体积分数分别为  $4.0 \pm 0.5 \mu\text{m}$  和  $23.4 \pm 1.2\%$ , Zn-0.3Ti 合金中  $\text{TiZn}_{16}$  相的尺寸和体积分数分别为分别为  $9.6 \pm 1.8 \mu\text{m}$  和  $29.6 \pm 1.8\%$ 。总之与纯锌相比, Ti 元素的加入有助于合金中  $\alpha\text{-Zn}$  晶粒的细化。

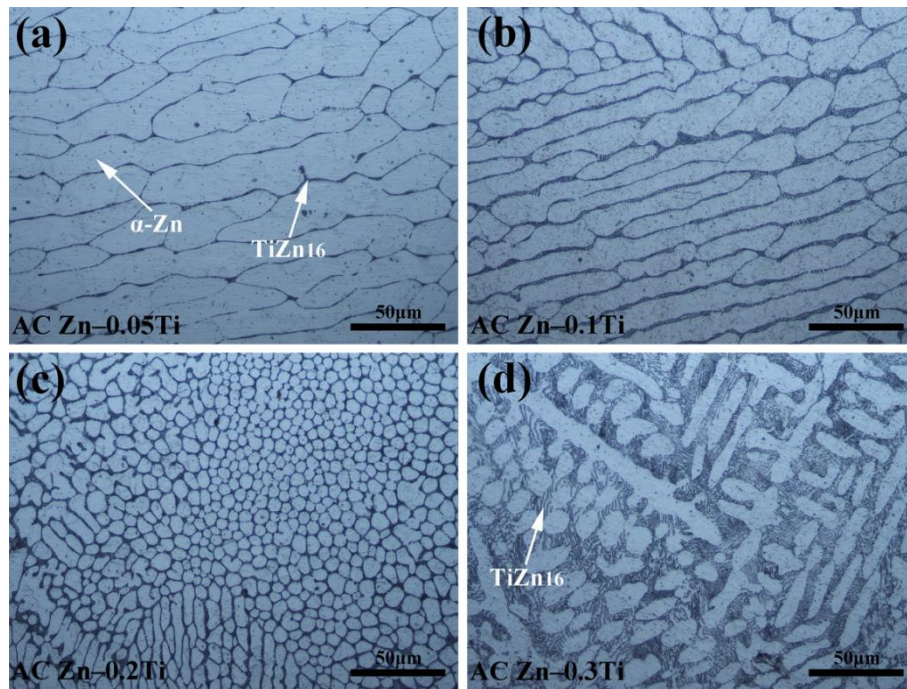


图 2 不同 Ti 含量锌合金显微组织

图 3 显示了不同 Ti 含量锌合金 EBSD 图和相对应的晶粒尺寸分布图。随着 Ti 加入量的增加, 合金的  $\alpha\text{-Zn}$  相晶粒尺寸呈现先减小后增大的趋势。Zn-0.2Ti 合金在四种 Zn-xTi 合金中表现出最小的晶粒尺寸。同时,  $\text{TiZn}_{16}$  相尺寸和相体积分数随着 Ti 加入量的增加而呈现逐渐增加的趋势。其中, Zn-0.3Ti 合金除了细长的  $\text{TiZn}_{16}$  相外, 还出现了粗大的  $\text{TiZn}_{16}$  相, 并且其含量比 Zn-0.2Ti 合金有所增加。

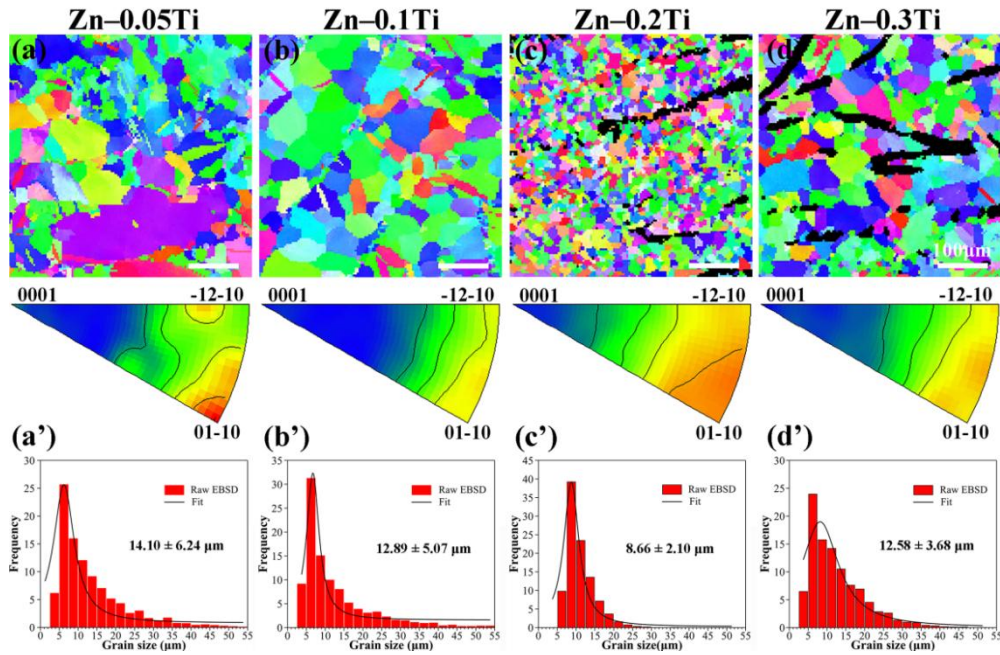


图 3 不同 Ti 含量锌合金 EBSD 图和相对应的晶粒尺寸分布

图 4(a) 为  $\text{TiZn}_{16}$  相结构组分的 TEM 亮场图像和选区电子衍射 SAED 图。图 16(b) 为  $\text{Zn-0.3Ti}$  合金的高分辨率 TEM 图像。在  $\text{TiZn}_{16}$  相的高分辨率透射电镜图像中, 其 (222) 晶面间距 (0.283 nm) 与  $\text{TiZn}_{16}$  相 ( $a = 0.7720 \text{ nm}$ ,  $b = 1.1449 \text{ nm}$ ,  $c = 1.1755 \text{ nm}$ ) 的晶面间距是一致的, 确定了该条带为  $\text{TiZn}_{16}$ 。图 16(c) 为图 16(a) 中的  $\text{TiZn}_{16}$  相的 EDS 图。Ti 相对原子含量为  $6.0 \pm 0.4\%$ , 也进一步说明了该相为  $\text{TiZn}_{16}$  相。

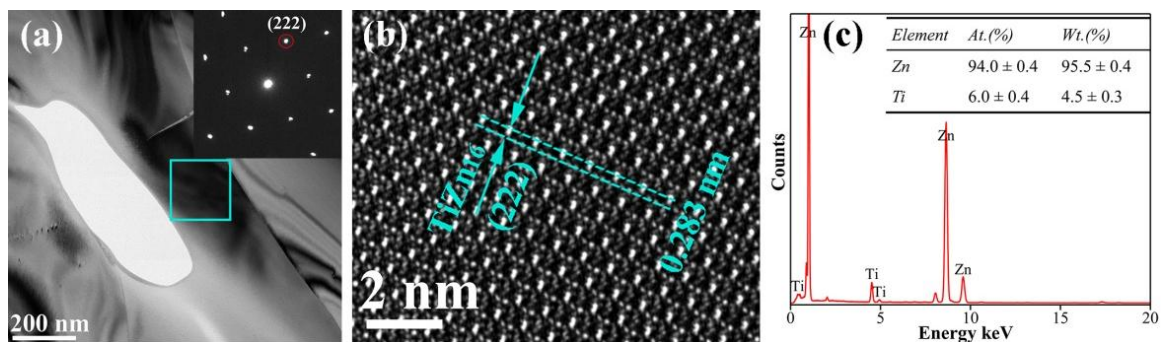


图 4 Zn-0.3Ti 合金 TEM 明场照片、高分辨图谱和 EDS 能谱图

图 5 显示了  $\text{Zn-xTi}$  合金在 3.5% NaCl (下同) 动电位极化曲线。相应的电化学性能参数如表 14 所示。 $\text{Zn-xTi}$  合金的腐蚀电位 ( $E_{\text{corr}}$ )、

腐蚀电流密度 ( $I_{corr}$ ) 和腐蚀速率 ( $V_{corr}$ ) 范围为  $-1.049 \sim -1.036$  V、 $19.7 \sim 27.4 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  和  $293 \sim 408 \mu\text{m}/\text{y}$ 。随着 Ti 含量的增加,  $E_{corr}$  降低, 而  $I_{corr}$  和  $V_{corr}$  增加; 因此, Zn-xTi 合金的耐腐蚀性能随着 Ti 含量的增加而降低。与纯锌 ( $445 \mu\text{m}/\text{y}$ ) 相比 (见图 18), 耐腐蚀性能均有一定的提升。

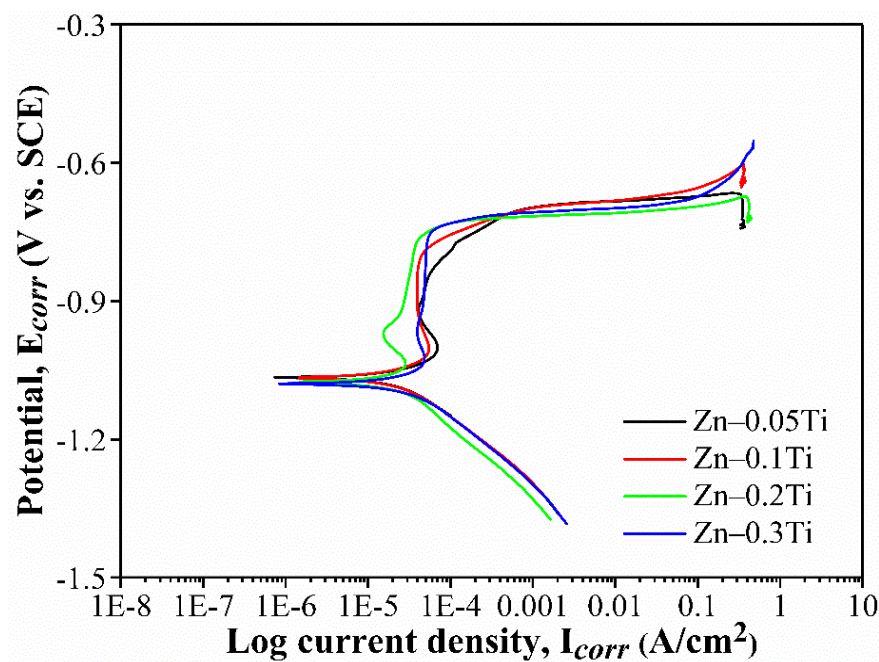


图 5 不同 Ti 含量的 Zn 合金极化曲线图

表 1 不同 Ti 含量的锌合金电化学性能参数

| Samples   | Corrosion potential<br>( $E_{corr}$ ), V vs. SCE | Corrosion current density<br>( $I_{corr}$ ), $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ | Corrosion rate<br>( $V_{corr}$ ), $\mu\text{m}/\text{a}$ |
|-----------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Zn-0.05Ti | $-1.036 \pm 0.078$                               | $19.7 \pm 0.4$                                                         | $293 \pm 6$                                              |
| Zn-0.1Ti  | $-1.038 \pm 0.094$                               | $21.6 \pm 0.6$                                                         | $322 \pm 9$                                              |
| Zn-0.2Ti  | $-1.045 \pm 0.072$                               | $24.8 \pm 0.6$                                                         | $369 \pm 9$                                              |
| Zn-0.3Ti  | $-1.049 \pm 0.082$                               | $27.4 \pm 0.3$                                                         | $408 \pm 4$                                              |

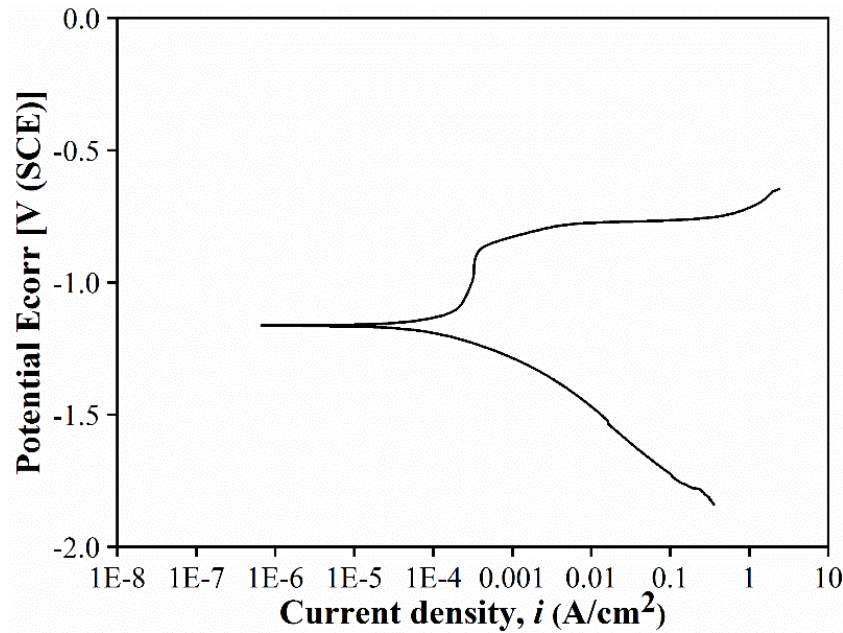


图6 纯锌极化曲线图

由于钛在空气中可以形成一层氧化层-TiO<sub>2</sub>，它具有稳定的状态，因此在镀锌层形成的氧化钛可以有效保护镀锌层，使镀层处于钝化状态。钛和锌能发生化合反应形成高锌的化合物，这些化合物弥散在镀层组织中，阻碍铁-锌反应进行和扩散，从而减少镀层合金相的增厚和细化合金相晶粒的作用。钛还能促进  $\delta$  促相的成长，使  $\delta$  的相增厚，减少  $\zeta$  增相的厚度。通过抑制具有柱状结构，组织松散，厚度增加很快的  $\zeta$  的相的增长，钛对合金镀层总厚度的超大现象有抑制作用。适量添加钛还可以提高镀层的耐蚀性。在含铝的锌液中，钛能促使铁-铝抑制层的生长，间接减缓铁-锌的反应速度。

## 2、Mg、RE 等对热浸镀用锌合金组织与性能的影响

镀液中添加 1-3 wt% Mg 可在镀层表面形成富 Mg 聚集区，抑制镀层表面的晶界腐蚀，提高镀层的抗腐蚀性能。如日本新日铁开发的 Zn-0.5 wt%Mg 合金镀层的抗腐蚀性远高于纯 Zn 镀层，并且 Mg 的添加可以降低锌合金的熔点，细化镀层合金的组织，形成的稳

定 Mg-Si 化合物也能抑制 Fe-Zn 的反应, 减小镀层的厚度。此外, 在镀液中同时添加微量的 Mg 和 RE, 其镀锌层的耐腐蚀性要优于单独添加 RE。在 Mg 含量小于 2 wt% 时, 随着 Mg 含量的增加, 镀层的耐腐蚀性能逐渐增加, 镀层表面光滑均匀。

本项目在纯锌的基础上, 添加 1% Mg 以及 0.1% 的 Er、Dy、Ho。图 19 是 Zn-1Mg-0.1RE 合金样品的 XRD 谱。可以看出, 所有样品主要由具有六方密堆积 (hcp) 晶体结构的  $\alpha$ -Zn 相和  $\text{Mg}_2\text{Zn}_{11}$  和  $\text{MgZn}_2$  的中间相组成。此外, 分别在 Zn-1Mg-0.1Er、Zn-1Mg-0.1Dy 和 Zn-1Mg-0.1Ho 合金中观察到  $\text{ErZn}_5$ 、 $\text{DyZn}_5$  和  $\text{Ho}_2\text{Zn}_{17}$  的中间相。

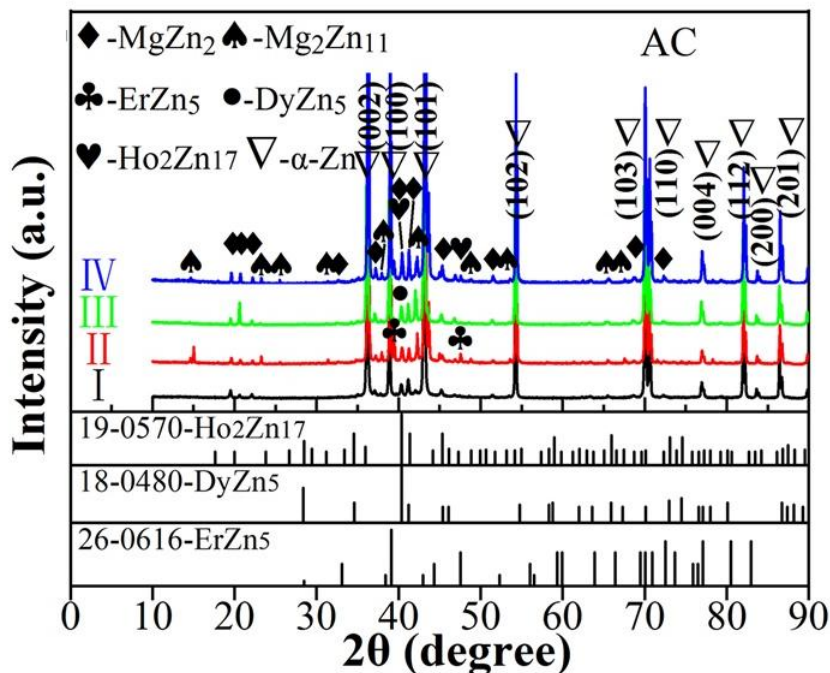


图 7 Zn-1Mg-0.1RE 合金 XRD 图

图 8 显示了 Zn-1Mg-0.1RE 合金的光学显微照片。表 15 列出了 Zn-1Mg-0.1RE 合金中相的晶粒尺寸和体积分数。在 Zn-1Mg 和

Zn-1Mg-0.1RE 合金中观察到  $\alpha$ -Zn 基体相 (白色) 和  $\text{MgZn}_2$  相 (黑色)。随着稀土元素的加入, 细颗粒  $\text{RE}_x\text{Zn}_y$  (灰色) 沿晶界析出。初生  $\alpha$ -Zn 基体相和  $\text{MgZn}_2$  相的晶粒尺寸均细化, 其中 Zn-1Mg-0.1Dy 表现出最显著细化效果。

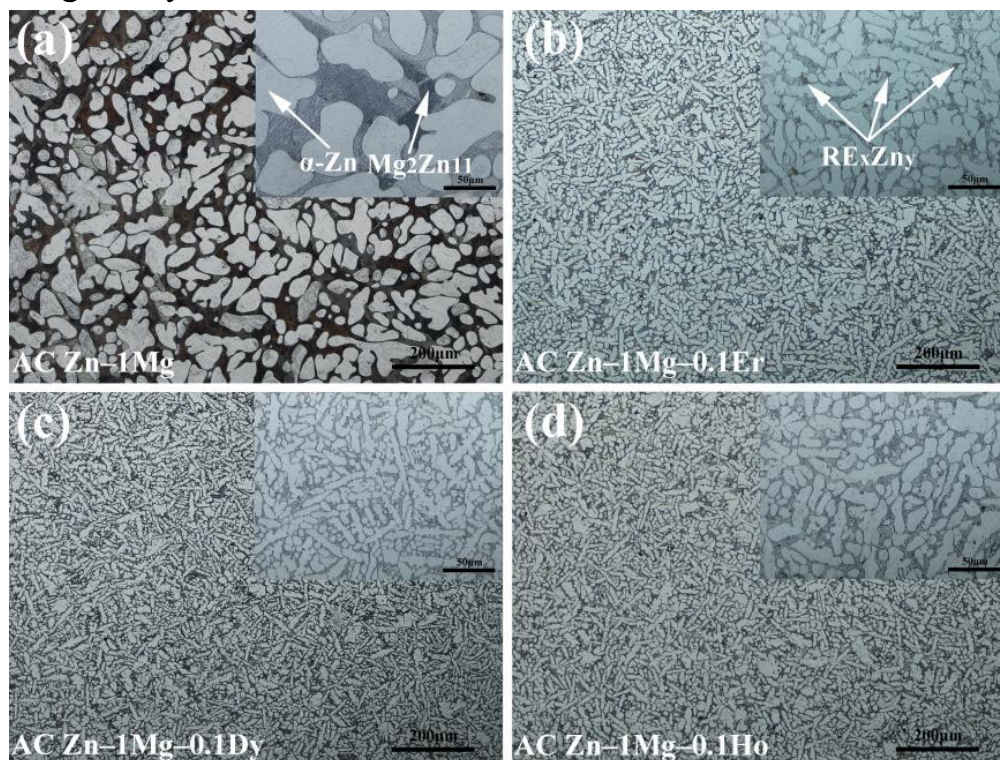


图 8 锌合金显微组织: (a) Zn-1Mg, (b) Zn-1Mg-0.1Er, (c) Zn-1Mg-0.1Dy, (d) Zn-1Mg-0.1Ho

表 2 Zn-1Mg-0.1RE 合金中相的晶粒尺寸和体积分数

| Samples      | $\alpha$ -Zn      | $\text{MgZn}_2$   |                | $\text{RE}_x\text{Zn}_y$ |
|--------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------------------|
|              | grain size        | grain size        | content        | grain size               |
|              | ( $\mu\text{m}$ ) | ( $\mu\text{m}$ ) | (vol.%)        | ( $\mu\text{m}$ )        |
| Zn-1Mg       | $86.52 \pm 10.82$ | $14.10 \pm 4.85$  | $23.8 \pm 2.6$ | -                        |
| Zn-1Mg-0.1Er | $40.85 \pm 6.80$  | $10.54 \pm 3.66$  | $21.5 \pm 1.4$ | $6.92 \pm 1.25$          |
| Zn-1Mg-0.1Dy | $29.07 \pm 8.23$  | $5.82 \pm 2.14$   | $22.2 \pm 0.9$ | $2.09 \pm 0.44$          |
| Zn-1Mg-0.1Ho | $33.50 \pm 6.55$  | $5.34 \pm 3.12$   | $22.4 \pm 1.1$ | $3.94 \pm 0.44$          |

图 9 显示了 Zn-1Mg-0.1RE 合金的动电位极化曲线。合金均表现出明显的阳极钝化区域, 表明在电化学测试中样品表面形成了钝化

膜。钝化膜可能减少了样品表面与 NaCl 溶液的接触并减缓了腐蚀过程。电化学腐蚀参数总结如表 16 所示。在 Zn-1Mg-0.1RE 合金中, Zn-1Mg-0.1Ho 合金的腐蚀电位最高, 腐蚀电流和腐蚀速率最低, 表现出在所有样品的电化学测试中最好的耐腐蚀性能。比纯锌、Zn-xTi 有较大的提升。

图 9 Zn-1Mg-0.1RE 合金的动电位极化曲线

表 3 Zn-1Mg-0.1RE 合金电化学性能参数

| Samples      | Corrosion potential<br>( $E_{\text{corr}}$ ), V vs. SCE | Corrosion current<br>density ( $I_{\text{corr}}$ ),<br>$\mu\text{A}/\text{cm}^2$ | Corrosion rate<br>( $V_{\text{corr}}$ ), $\mu\text{m}/\text{y}$ |
|--------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Zn-1Mg       | -1.053 $\pm$ 0.042                                      | 25.9 $\pm$ 1.3                                                                   | 378 $\pm$ 19                                                    |
| Zn-1Mg-0.1Er | -1.065 $\pm$ 0.050                                      | 23.4 $\pm$ 1.8                                                                   | 343 $\pm$ 26                                                    |
| Zn-1Mg-0.1Dy | -1.054 $\pm$ 0.044                                      | 24.8 $\pm$ 1.6                                                                   | 363 $\pm$ 23                                                    |
| Zn-1Mg-0.1Ho | -1.051 $\pm$ 0.023                                      | 15.6 $\pm$ 2.0                                                                   | 229 $\pm$ 29                                                    |

镁的添加对热浸镀锌组织产生重要的影响。镁对镀层能起到细化晶粒, 强化镀层的作用。镁能提高镀层的耐蚀性。镁可以使镀层组织由多层状变成颗粒状, 当镁含量大到 3% 时, 镁对镀层合金起到明

显的细化晶粒且锌-镁-稀土三元合金相均匀分布在镀层中。当含镁量小于 1% 时候,对镀层作用效果不明显;镁含量大于 1% 时候,组织细密明显,随着镁含量增大,可以避免  $\Gamma$  相产生,取而代之的是  $\Gamma_1$  相,组织附着性更好,因而对镀层起到促进作用。最佳作用效果在 3%,超过 3.5% 时,镀层乳白化,变脆,锌液变得粘稠。镁的少量添加会对镀层产生明亮的效果,但是增加多以后又会变得灰暗,添加 0.6% 的镁,镀层有剥落现象发生。添加 0.1~0.2% 的镁时,可以增加锌液的流动性,降低钢的活性,镀锌效果更佳,但超过 2% 的镁又会降低镀层耐蚀性。因此总的来说,镁对镀层有促进、积极的作用。

### 3、 Al、 Ni 对热浸镀用锌合金组织与性能的影响

Al 是镀液中一种最重要的添加元素,不同水平的添加量可以获得具有不同性能的镀层。添加微量的 Al,镀液表面形成一层致密的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  保护膜,可以减少镀液的进一步氧化,提高镀层在大气中抗腐蚀性,同时也能提高镀层表面的光亮度,在连续热浸镀锌工艺中具有较强的应用。

镀液中添加微量 Ni 能有效的抑制含 Si 活性钢的 Fe-Zn 反应,抑制 Sandelin 效应,降低镀层的厚度,增强镀层的结合强度,提高镀层的抗腐蚀性。当钢基体中 Si 含量大于 0.05 wt% 时,在镀液添加 Ni 能够控制 Fe-Zn 的反应,抑制 Sandelin 效应;当钢基体中的 Si 含量小于 0.05 wt%,效果不明显,但可使镀层的排列变紧密,提高镀层的性能。添加 Ni 还可使镀层的表面平滑光亮。

本项目经过成分优化后的理论成分为 Zn-0.006Al-0.02Ni (均为质量百分比,下同),实际镀锌液成分测试结果如表 17 所示,其中 Al

为 0.0063%，Ni 为 0.0208%，是人为添加的元素；由于铁塔材料为 Q355 等低合金高强度钢，因此，镀液中也会有一定量的 Fe，Pb 是原材料自带的杂质元素。

表 4 Zn-Al-Ni 合金化学成分（wt. %）

| 合金  | Al     | Ni     | Fe     | Pb     | Zn   |
|-----|--------|--------|--------|--------|------|
| 镀锌液 | 0.0063 | 0.0208 | 0.0174 | 0.0045 | Bal. |

图10是 Zn-Al-Ni 合金的扫描电镜图，从图中可以看出，与纯锌相比，晶粒尺寸有明显的降低，因此，涂层具有更加优异的硬度与耐磨性能。

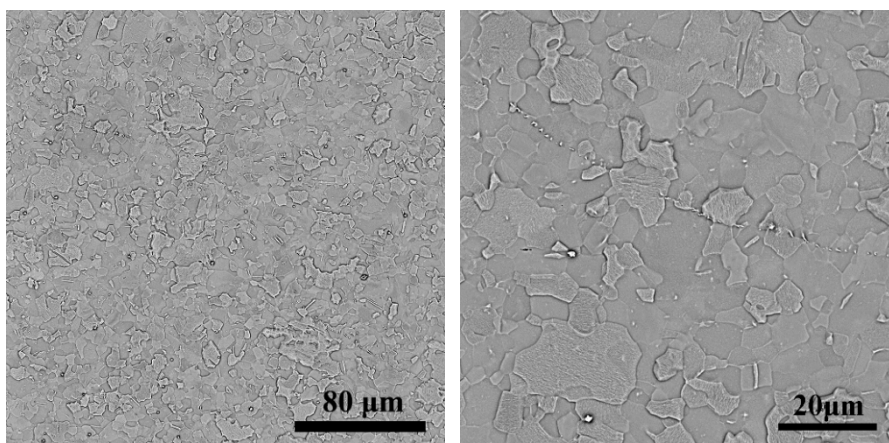


图 10 Zn-Al-Ni 合金显微组织

图 11 是 Q355 钢热浸 Zn-Al-Ni 涂层的显微组织，从图 23 可以看出，镀层与基体结合良好，外观平整，平均厚度为 103  $\mu\text{m}$ ，高于国标 GB/T 2694-2018 规定的铸件厚度大于 5 mm 时，镀层最小平均 86  $\mu\text{m}$  的要求，同时，也达到了 ASTM A123-01 标准规范，符合我公司出口“一带一路”国家要求。从图 23 线扫描能谱的结果可知，镀层的化学成分与 XRF 的检测结果一致，由 Zn、Al、Ni 及 Fe 元素组成。镀层从外到里的组织有一定的差异。目前镀锌层的组织由较多的研究结果，从钢基体到镀层表面会形成下列相层： $\alpha$  相（Zn(Fe)）

层、 $\Gamma$  相 ( $\text{Fe}_3\text{Zn}_{10}$ ) 层、 $\Gamma_1$  相 ( $\text{Fe}_5\text{Zn}_{21}$ ) 层、 $\delta$  相 ( $\text{FeZn}_{10}$ ) 层、 $\zeta$  相 ( $\text{FeZn}_{13}$ ) 层、 $\eta$  相 ( $\text{Fe}(\text{Zn})$ ) 层, 其中  $\Gamma_1$  相是由共析反应生成,  $\zeta$ 、 $\delta$  和  $\Gamma$  相是通过包晶反应生成。

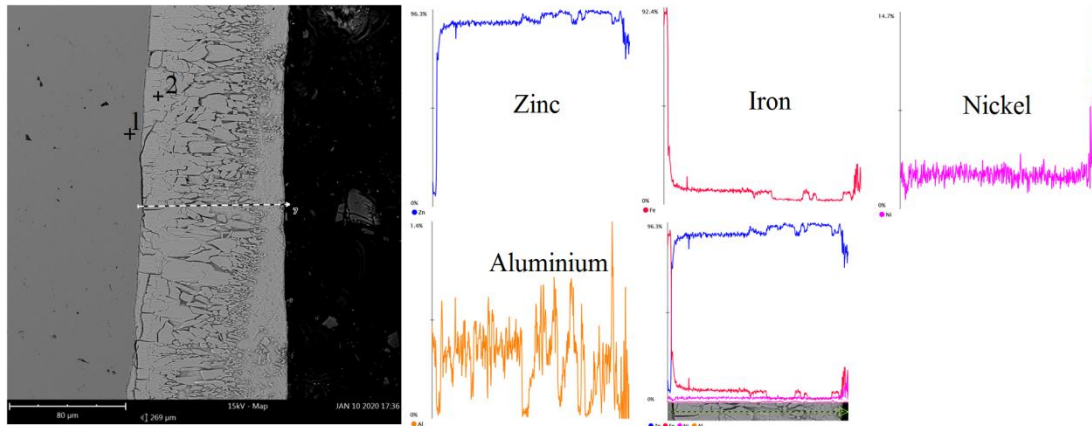


图 11 Q355 钢热浸 Zn-Al-Ni 涂层组织形貌及能谱分析

图 12 是图 23 中位置 1 和位置 2 的 EDS 分析结果, 从图中可以看出, 位置 1 位于基体, 其成分除了基体的 Fe 和 Si 外, 有检测到 1.14% 的 Zn; 同样, 在靠近基体位置的镀层中 (位置 2), 有 8.43% 的 Fe, 这说明, 在高温下, 基体中的 Fe 与涂层中的 Zn 互有扩散与互熔, 达到冶金结合, 结合强度高。

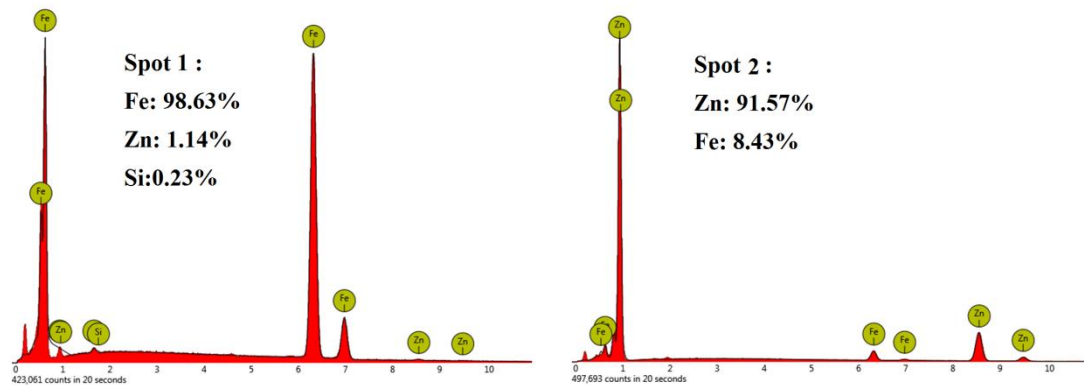


图 12 不同位置 (图 15) 的 EDS 分析结果

图 13 为两种镀层试样在 3.5% NaCl 溶液中的电化学极化曲线。从图 25 中可以看出, 两种镀层试样均表现出类似的电化学规律, 即在阳极极化曲线上存在明显的钝化峰。对试样极化曲线的 Tafel 区进

行线性拟合，所得到的电化学性能参数如表 18 所示。

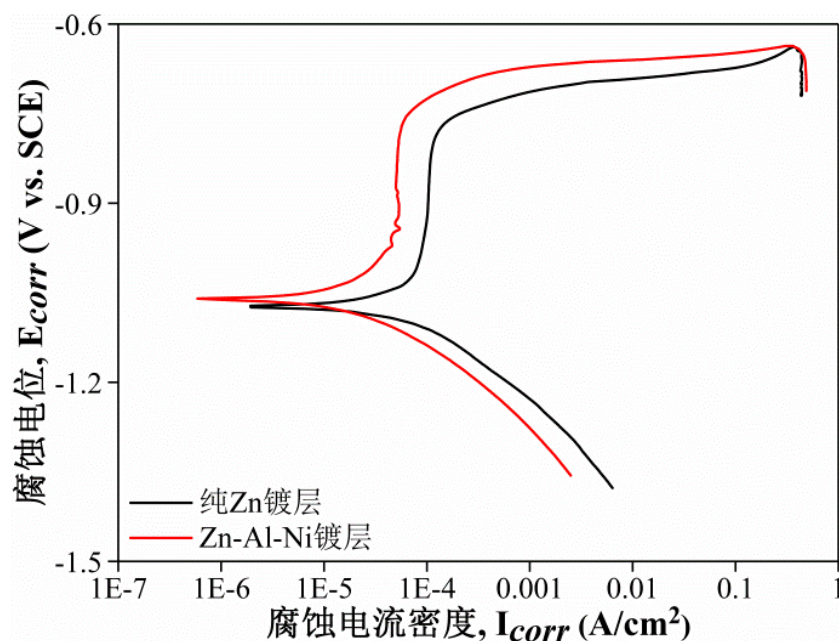


图 13 两种镀层试样在 3.5% NaCl 溶液中的电化学极化曲线

表 5 两种镀层试样在 3.5% NaCl 溶液中的电化学性能参数

| 试样名称        | 腐蚀电位( $E_{corr}$ ), V | 腐蚀电流密度                                    | 腐蚀速率( $V_{corr}$ ),    |
|-------------|-----------------------|-------------------------------------------|------------------------|
|             | vs. SCE               | ( $I_{corr}$ ), $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ | $\mu\text{m}/\text{y}$ |
| 纯 Zn 镀层     | -1.074                | 30.3                                      | 445.2                  |
| Zn-Al-Ni 镀层 | -1.060                | 12.3                                      | 179.7                  |

从表 5 中可以看出，未添加合金元素的纯锌镀层试样的腐蚀电位、腐蚀电流密度和腐蚀速率分别为  $-1.074\text{ V vs. SCE}$ 、 $30.3\text{ }\mu\text{A}/\text{cm}^2$  和  $445.2\text{ }\mu\text{m}/\text{y}$ 。添加合金化元素后，Zn-Al-Ni 镀层试样表现出更正的腐蚀电位和更小的腐蚀电流密度和腐蚀速率，分别为  $-1.060\text{ V vs. SCE}$ 、 $12.3\text{ }\mu\text{A}/\text{cm}^2$  和  $179.7\text{ }\mu\text{m}/\text{y}$ 。Zn-Al-Ni 镀层试样的腐蚀电流密度和腐蚀速率相对于纯 Zn 镀层试样减小了 59.6%，结果表明经合金化处理后镀层的耐腐蚀性能有了显著提升。在热镀锌液中添加适量的 Ni 和 Al 元素，能够减小镀层的腐蚀速率，从而提升镀锌构件的耐腐蚀性能。这主要是由于 Al 元素的加入能够有效抑制锌液中 Fe 和

Zn 离子的反应,使得原本镀层组织中分布的粗大疏松的  $\zeta$  脆性相转变为均匀致密分布的细小颗粒相,有效减缓腐蚀介质进入镀层,从而提升镀 Zn 层的抗腐蚀能力。此外,由于 Al 元素活泼的化学性质,在镀锌过程中易发生氧化反应,能够在镀层表面形成一层致密的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  薄膜,也有助于提升镀 Zn 层的耐腐蚀性能。

在锌液中加入镍,能有效的抑制 Sandelin 效应。现代镀锌工业中,一般都用镍作为中间添加剂放进锌液中。镍在锌池中在  $419\text{ }^\circ\text{C}$  时发生共晶反应  $\text{L} \rightarrow \text{Zn} + \text{NiZn}_8$ ,形成镍~锌化合物,镍在锌的溶解度大概在 2.5%。由于热浸镀锌中,受热过程首先形成的是  $\zeta$  相, $\zeta$  相是粗大柱状晶体,而铁与镍可以形成连续固溶体,因此,镍会优先溶于已生成的  $\zeta$  相,从而抑制了  $\zeta$  相的增长,细化了  $\zeta$  相的晶粒。同理,镍在  $\delta$  相的作用一样,起到细化  $\delta$  相的作用。在冷却阶段,由于  $\text{NiZn}_8$  的减缓作用,镀层合金相层长大受到限制,因而加入镍的镀层中,经研究镀层是减小的。得到的多是致密、薄层、光亮的镀层,粘附性也优。镍还对锌液有以下影响: (1) 镍在锌液中能改善流动性,只限于  $450\text{ }^\circ\text{C}$  以上,因此镀件取出的时候,加大锌液的回流速度,从而减少了镀锌损耗。(2) 镍不与氯化物助镀剂反应,减少锌液杂质的生成,可以大约减少 10%。(3) 镍难以氧化,使锌液保持亮泽,对镀件的表面质量产生积极影响。(4) 镍对镀锌层的耐蚀性产生积极影响,同等情况下优于没含镍的镀锌层。(5) 镍可以使自由锌变厚,产生镍富集。(6) 镍的熔点高,若溶解不充分或者过量,会在镀件表面产生有铁锌镍组成的化合物颗粒,影响镀锌外观质量。(7) 镍极易溶于  $\zeta$  相,会增加 5% 的锌液锌渣。(8) 镍对硅含量大于 0.25%

的钢,抑制 Sandelin 效应不明显。在锌液中添加多少镍才是最好,添加 0.04~0.06% 的镍对铁锌间的化合反应起抑制作用效果最好。早期普遍认为添加 0.1% 的镍对锌液是最好的。实践上最好控制在 0.045~0.09%。镍含量过低导致镍致薄效果不好,过高锌液里会产生比较多锌渣。综上,从材料腐蚀性能,成本综合考虑,选择 Zn-Al-Ni 作为本项目的最终合金成分。

## 四、项目的技术创新与主要技术指标

### 1、项目的技术创新

#### (1) 热浸镀用锌合金成分创新

项目的研究目标是获得比国标要求更高的厚镀层,镀层的厚度与浸镀时间成正比,而长时间的浸镀会导致涂层变脆,塑性变形过程中镀层的粉化及剥落。因此,项目创新设计了热浸镀用锌合金,其成分遵循多元少量的原则,添加 Al、Ni、Mn、Ti、RE 等合金元素,以达到消除 Sandelin 效应、提高耐腐蚀性能、细化晶粒(提高机械性能)等效果。

#### (2) 热浸镀锌工艺创新

热浸镀锌层的合金结构与厚度直接关乎电力铁塔的耐腐蚀寿命。项目所设计的分步热浸锌法可以在有效增加浸锌层厚度的同时防止脆性相过度长大。最佳的分步热镀锌工艺为预镀时间 90 s、悬停时间 20 s、续镀时间 30 s,镀层厚度工艺改进,镀锌层质量得到明显改善,镀层厚度为 121.3  $\mu\text{m}$ ,  $\zeta$ 相厚度 90.5  $\mu\text{m}$ 。

助镀液中的亚铁离子对镀锌工艺有消极影响。项目所开发的无水洗热浸镀锌工艺,通过除铁装置去除助镀池中的铁离子,简化了酸洗

后的水洗环节,将原有工艺缩短为酸洗、助镀、烘干、浸锌、冷却、钝化以及后处理等步骤,提升了热浸镀锌工艺效率。

## 2 主要技术指标

### 2.1 焊接件质量

(1) 焊接件力学性能:接头抗拉强度 $\geq 470$  MPa (依据 GB/T 2651-2008 检测),冲击吸收能量 KV2 (室温,热影响区) $\geq 34$ J,冲击吸收能量 KV2 (室温,焊缝区) $\geq 34$ J (依据 GB/T 2650-2008 检测);

(2) 焊件低倍组织:焊缝及热影响区表面不应有肉眼可见的裂纹、未熔合等缺陷依据 (依据 GB/T 226-2015 检测)

### 2.2 热浸锌质量

(4) 镀锌层厚度:对于厚度 $> 6.4$ mm 的钢板,热浸锌层厚度 $\geq 100\mu\text{m}$ ,达到 ASTM A123-01 钢铁产品镀锌层 (热浸镀锌) 标准规范 (依据 GB/T 2694-2018 检测);

(5) 镀锌层均匀性:做硫酸铜试验,耐浸蚀次数不少于 4 次且不漏铁 (依据 GB/T 2694-2018 检测);

(6) 镀锌层附着性:经落锤试验,镀锌层不凸起、不剥离 (依据 GB/T 2694-2018 检测);

(7) 镀锌层耐腐蚀性:中性盐雾腐蚀试验出现红锈时间,即基材出现腐蚀时间 $> 96$ h (依据 GB/T10125-2012、GB/T 6461-2002 检测)。

## 参考文献

- [1] 魏世丞,朱晓飞,魏绪钧.热镀锌钢丝助镀剂的研究[J].有色矿冶,2012,18(3).
- [2] 刘军.热浸镀 55%铝锌合金镀层助镀剂的选择[J].机械工程材料,2013,27(12).
- [3] 蒋鸣,李国喜,刘常升,等.非调质 N80 钢热浸镀 55%Al-Zn 合金助镀剂的研究[J].腐蚀科学与防护技术,2013,20(1).
- [4] 魏云鹤,于萍,郭小玉,等.高速公路护栏网热镀 55%Al-Zn 的质量控制及耐蚀性能[J].材料保护,2014,37(1).
- [5] 刘中兴,罗果萍.锌-铝-稀土合金热镀锌丝助镀剂选择的研究[J].包头钢铁学院学报,2010,19(4).

## 19 高效率 高稳定性减速机关键技术探究

吴宾辉

(浙江恒齿传动股份有限公司 浙江 平阳 325400)

**摘要：**项目通过对电机倒置式外啮合四分流桩机减速机，高密封性蜗轮蜗杆减速机，直冷式硬齿面斜齿轮减速机。减速机箱体、传动机构等方面的研究，实现了减速机散热效果、传动机构强度、减速机防尘效果的提升，产品的研发成功，提高了我国精密传动装置的国产化程度，技术先进，性能优异，能替代进口产品，性价比高，具有国内外市场竞争优势，推向国际市场，为国家创收外汇。也促进了企业自身的发展，其市场前景十分广阔。

**关键词：**高精度 高效率 减速机 电机倒置式 硬齿面

### 一、研发背景和意义

我国减速机行业经过不断发展，产品在设计、生产工艺和质量控制等方面与国际先进水平差距逐渐缩小。减速机产品主要包括工业通用减速机和工业专用减速机两大类。目前我国从事通用减速机生产的企业数量较多，技术相对成熟，而专用减速机生产企业较少，生产的产品在精度、功率密度、使用寿命等方面与国际先进水平相比还存在一定差距。

减速机在我国的发展已有近 40 年的历史，广泛应用于国民经济及国防工业的各个领域。产品已从最初单一的摆线减速机，发展到现在五大类产品，即摆线减速机、无级变速器、齿轮减速机、蜗轮蜗杆减速机、电动滚筒。据初步统计，减速机用量比较大的行业主要有：

电力机械、冶金机械、环保机械、电子电器、筑路机械、化工机械、食品机械、轻工机械、矿山机械、输送机械、建筑机械、建材机械、水泥机械、橡胶机械、水利机械、石油机械等，这些行业使用减速机产品的数量已占全国各行业使用减速机总数的 60%-70%。

随着国家对机械制造业的重视，重大装备国产化进程的加快以及城市改造、场馆建设等工程项目的开工，减速机的市场前景看好，整个行业仍将保持快速发展态势，尤其是齿轮减速机的增长将会大幅度提高，这与进口设备大多配套采用齿轮减速机有关。

为此，我公司进行高效率高稳定性减速机关键技术开发和应用的研发，以适应市场需要。项目研发期间，公司成立项目专项研发小组，全面负责项目的科研攻关，加大项目实施过程中人力、物力、财力的投资力度，全面做好项目开发实施工作，并完成以下几方面工作：

(1) 技术创新平台构建：以管理方式转变为手段，构建技术创新平台，重点从结构设计、工艺优化等方面出发，实现产品整体技术水平的提升，加快产品技术的推广、应用步伐，逐步提高技术含量，形成产品规模生产效应，增强国际竞争力。

(2) 市场定位调研：结合当前国内外市场需求状况，对项目开发重点进行调整，依靠公司强大的市场营销体系，配套公司现有产品，积极拓宽项目产品销售渠道。

## 二、国内外研究现状与发展趋势

高精度减速机在国外已有相当长的生产历史，技术较为成熟，精度高、可靠性高已为市场所认同。美国 Blanche 等，利用纯几何学方法研究了单摆线轮的摆线针轮行星减速器的回转精度，日本学者日高

照晃等应用质量弹簧“等价模型”，建立了具有 20 个自由度的数学模型，研究了两级、3 曲柄、双摆线轮 RV 减速机的静态传动精度。随着航空、航天技术的发展，对传动系统的精度和可靠性要求将会越来越高，目前，提高传动精度已经成为减速机研究中面临的重要课题。

在国内，西北工业大学韩林山等对减速机的动态传动精度进行研究和仿真。综合考虑各零件加工误差、装配误差和轴承间隙等误差因素的组合方式对传动精度的影响，根据该装置非线性动力学计算模型，采用灵敏度分析的数值微分方法，分析了各误差组合方式对传动业精度的影响，找出了主要的影响因素及其影响规律。随着技术水平的不断提高，数控机床得到了广泛应用，从而大大提高了加工精度和加工效率。低摩擦润滑剂应用，极大的改善了结构紧凑设计的热平衡条件。世界性的资源匮乏，对节能降耗提出了更高的要求。因此，从技术上讲，节能降耗特征将是未来动力传动装置的主流之一。

国内外高精密减速机主要技术性能表

| 齿轮箱等级  |           | 国 产         | 本 公 司      | 进 口       |
|--------|-----------|-------------|------------|-----------|
| 最大加速力矩 | Nm        | 10.5—450    | 30—1200    | 32—6000   |
| 额定输出力矩 | Nm        | 5.2—320     | 17—800     | 15—300    |
| 最大输入转速 | r/min     | 3000—5000   | 3000--6000 | 3000-8000 |
| 额定输入转速 | r/min     | 2000—4000   | 2000-5000  | 2000-5500 |
| 扭转刚度   | Nm/arcmin |             |            |           |
| 回程间隙   | arcmin    | 12—15       | 4—6        | 2--4      |
| 传动效率*  | %         | >94, (97 )  | >94, (97 ) | >94( 97 ) |
| 寿 命    | 小时        | 10000—20000 | >20000     | >0000     |

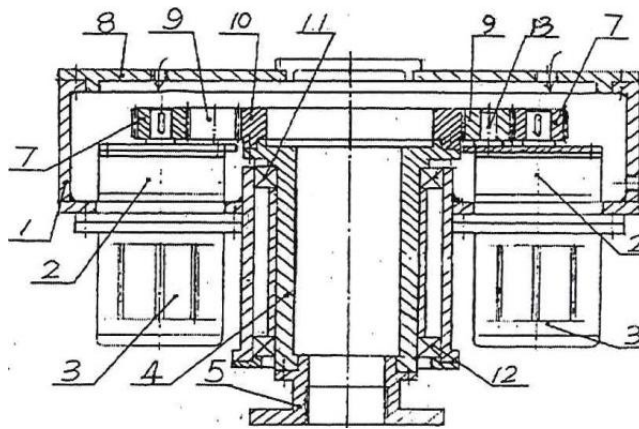
\*--括号内为单级传动 arcmin---弧分

### 三、项目技术关键与主要创新点

#### (一) 电机倒置式外啮合四分流桩机减速机

##### 1、优化设计结构如图 1 所示。

两台电动机倒置式连接在箱体下方，于输出中心两侧对称布置，电动机轴伸端连接双摆线减速器。传动件为外啮合四分流传动件，包括主动轮、分流齿轮及中心齿圈，主动轮设在双摆线减速器输出轴上，与主动轮相啮合的两只分流齿轮两侧对称设置，分流齿轮与中心齿圈啮合，心轴固定在支撑板上，支撑板连接在双摆线减速器机壳的端面上，从主动轮至中心齿圈形成四分流结构。中心齿圈与主圆筒的法兰圈连接，主圆筒依靠轴承支撑在箱体中心圆内孔，主圆筒连接钻杆法兰，钻杆法兰连接螺旋钻杆。



1-箱体、2-双摆线减速器、3-电动机、4-主圆筒、5-钻杆法、  
6-主动轮、9-流齿轮、10-中心齿圈、11-轴承、12-轴承、13-心轴

图1 结构示意图

##### 2、关键技术及创新点。

(1) 内齿圈的调质、插齿工艺研究。确定调质温度与保温、冷却时间，需渗碳、磨齿难度小，制造成本低，提高齿面硬度及耐磨性能的同时，有效防止其开裂。

(2) 创新设计双电动机倒置式结构，降低桩机的重心，减小了桩机的倾翻力矩，降低桩机倾翻事故机率，并杜绝了因电机线圈内进水而烧毁的事故。

(3) 设计由主动轮与两只对称设置的分流齿轮形成的传动件，及四分流调质内齿圈，获得相对于传统二分流结构 1.5 倍的弯曲强度，有效提高产品性能。

### 3、主要技术指标：

(1) 传动效率：98.4‰

(2) 温升：34.4° C。

### (二) 高密封性蜗轮蜗杆减速机

针对市场上的蜗轮蜗杆减速机构，在安装以后只能是朝向一个方位，应用的范围单一，且减速机由于密封性能不高，灰尘容易侵入，散热较为困难，强度较差，使用寿命较短等问题。项目通过对减速机箱体、传动机构等方面的研究，实现了减速机散热效果、传动机构强度、减速机防尘效果的提升，实现了垂直传动与大速比传动于一体，拓宽了产品应用范围。

#### 1、关键技术及创新点。

##### (1) 优化设计减速机箱体、传动机构

该项目的高密封性螺旋锥齿轮蜗轮蜗杆减速机，箱体为圆形，箱体内设有输入轴，输入轴连接有蜗杆，蜗杆连接有蜗轮，蜗轮连接输出轴，蜗轮、蜗杆的外端设有密封件，输入轴的外端连接有一对螺旋锥齿轮。通过密封件，可以保证减速机在运行时，灰尘不会进入到减速机内部。这样能够保证整个蜗轮蜗杆减速机高效率地运行。通过螺

旋锥齿轮可以使得输入方向可以多种选择。

## (2) 散热块的改进

箱体的内壁上嵌装有散热块, 散热块的内端设有多个散热唇。散热块嵌装在箱体的内表面, 并且散热块上具有发散型设置的多个散热唇, 能够增加与热量接触的面积, 从而使得散热效果较好。

## (3) 加固槽的设计

蜗轮的蜗轮齿根部开有加固槽, 加固槽内嵌装有加固合金块。加固合金块的硬度要高于蜗轮本身的硬度。这样在高温下, 蜗轮的蜗轮齿也不会受力断裂, 使用寿命较长。

## 2、产品主要技术性能指标:

(1) 传动效率: 98.4‰

(2) 温升: 34.4° C。

## (三) 直冷式硬齿面斜齿轮减速机项目研发内容

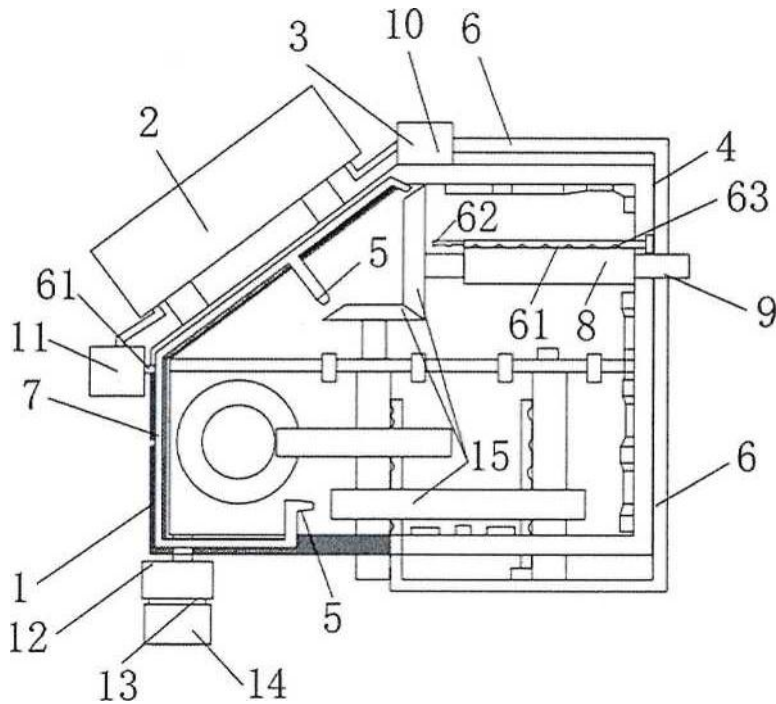
通过在减速机箱体上直接设置冷却油通道, 使冷却油可直接通过通道对箱体进行散热, 有效提高减速机冷却效果; 采用伸缩式轴承油管对轴承进行冷却, 便于对轴承冷却的控制, 有效降低冷却成本。

## 1、关键技术及创新点。

### (1) 优化结构设计见图 2

该直冷式硬齿面斜齿轮减速机, 包括连接在齿轮箱外侧的冷却油泵, 以及依次连接在冷却油泵上的阀门、油管和喷头, 其中油管包括轴承油管和齿轮油管, 阀门包括轴承阀门和齿轮阀门, 轴承油管通过轴承阀门连接在冷却油泵上, 并且轴承油管固定在轴承的外侧, 轴承油管为伸缩式套管, 由外油管和内油管构成, 外油管和内油管上均设

有若干排油孔, 外油管相对内油管伸缩, 进而调节排油孔的冷却油出量; 齿轮油管通过齿轮阀门向齿轮箱内部延伸; 齿轮油管末端连接喷头, 喷头对准其中一个齿轮的周向喷射冷却油。



1-齿轮箱, 2-冷却油泵, 3-阀门, 4-油管, 5-喷头, 6-轴承油管, 61-外油管, 62-内油管, 63-排油孔; 7-齿轮油管, 8-轴承, 9-电机或者气缸, 10-轴承阀门, 11-齿轮阀门, 12-吸风装置, 13-过滤装置, 14-残液收集结构, 15-齿轮

图 2 直冷式减速机齿轮箱结构示意图

## 2、实现效果

该项目的直冷式硬齿面斜齿轮减速机, 通过将其冷却油的通道直接设置在了齿轮箱的箱体上, 该结构设计在优点在于其不但能够对齿轮进行冷却, 同时还能对齿轮箱进行冷却, 并且该结构简单, 制造方便。此外该项目采用伸缩式轴承油管对轴承进行冷却, 便于对轴承冷却的控制, 降低其冷却成本。上述设备改造升级之后, 减速机的噪音降低了, 并且齿轮箱冷却效果也较好, 保证了风电机组在较高的温度

环境中使用时,仍然能够保证较长的使用寿命,并且减少了运营维护,降低了其使用成本。

齿轮箱上设有间歇性工作的涡轮风扇,涡轮风扇外侧还设有依次设有过滤装置和残液收集结构,方便后期维护,减少维护的工作量,同时涡轮风扇具有良好的冷却效果。

外油管连接电机或者气缸驱动。轴承阀门和齿轮阀门并列地连接在冷却油泵上,方便单独控制。排油孔为 U 型孔或椭圆孔,用于及时调整外油管和内油管的位置关系,进而调节轴承冷却油的油量大小。

## 2、产品主要技术性能指标:

(1) 传动效率: 93.7%;

(2) 温升: 43.3° C。

## 四、项目开发成果

### (一) 项目通过省级鉴定: 浙武鉴字(2019)第 261 号

#### 1、电机倒置式外啮合四分流桩机减速机

项目通过浙江省质量技术监督局检验,所检项目符合 GZ35520301 减速机(变速机)140-2018《浙江省减速机(变速机)产品质量监督检查评价规则》、JB/T 5558-1991《蜗杆减速器加载试验方法》。

#### 2、高密封性蜗轮蜗杆减速机

项目通过浙江省质量技术监督局检验,所检项目符合 GZ35520301 减速机(变速机)140-2018《浙江省减速机(变速机)产品质量监督检查评价规则》、JB/T 5558-1991《蜗杆减速器加载试验

方法》。

### 3、直冷式减速机齿轮箱

项目通过浙江省质量技术监督局检验，所检项目符合 GZ35520301 减速机（变速机）140-2018《浙江省减速机（变速机）产品质量监督检查评价规则》、JB/T 8853-2015《锥齿轮圆柱齿轮减速机》。

## （二）项目自主知识产权

本项目获得发明专利 5 项，实用新型专利 25 项，软件著作权 1 项。构建了较为完整的专利池。

### 一、发明专利 3 件

1、ZL2016103731756，一种具有轴承防护功能的 D 系列减速机装配用夹具

2、ZL2014102855682，风冷式塑料挤出机动平衡少齿差减速箱

3、ZL2015104225189，电机倒置外啮合四分流桩机减速机

### 二、实用新型专利 32 件

1、ZL2019221037432 一种防渗漏减速机

2、ZL2019221037428 一种减速机观测油镜

ZL2019220777389，一种减速机保养用放油工装

ZL2019220777035，一种减速机用通气帽

ZL2018222538640，一种减速机拆卸工装

ZL2018221297666，一种减速机的安装箱体

ZL2018222538867，一种减速机的散热装置

ZL2018222538621，一种自进料减速机齿轮去毛刺装置

ZL2018222502507, 一种高效率的减速机冷却装置

ZL2018221397842, 一种减速机的安装装置

ZL2018222536698, 一种减速机齿轮箱防漏密封装置

12、ZL2018205406922, 一种高精度减速器性能测试台

13、ZL2016207431385, 一种多级式减速机

14、ZL2016207790602, 一种新型的减速机

15、ZL2016207790994, 减速机

16、ZL2016207086205, 一种新型 MTD 系列减速机

17、ZL2016207101690, 一种 MTJ 系列减速机

18、ZL2016207122254, 一种行星齿轮减速机

19、ZL2016207386498, 一种 MTP 系列的减速机

20、ZL 2016207694484, 一种 MB 系列减速机

21、ZL2016204862191, 一种减速机降噪装置

22、ZL201620486332X, 一种减速机透气装置

23、ZL2015205168367, 新型减速机油塞

24、ZL201520504989X, 一种用于绕线的减速机

25、ZL 2015205050168, 一种拉丝机专用的减速机

26、ZL2015205073901, 一种食品搅拌器专用减速机

27、ZL2015205168494, 减速器通风除尘减噪装置

28、ZL2015205183704, 减速器冷却润滑油循环装置

29、ZL2015205189289, 一种新型通气帽及设有此种通气帽的减速机

30、ZL201520522102X, 一种带冷却系统的减速机

31、ZL2015205055833，一种手动机动转换式的减速机

32、ZL2015205183808，用于减速器的自锁式油标

三、软件著作权 2 件

1、破碎机四分流减速机在线控制软件 V1.0

2、减速机自动检漏加油一体机控制软件 V1.0

### **(三) 项目产业化情况：**

该产品的研发成功，提高了我国精密传动装置的国产化程度，技术先进，性能优异，能替代进口产品，性价比高，具有国内外市场竞争优势，推向国际市场，为国家创收外汇。也促进了企业自身的发展，已形成了产业化生产，经济效益显著。

项目产品，2020 年创销售收入 4772 万元，新增利润 392 万元，新增税收 412 万元，外汇收入 64 万美元；2021 年创销售收入 5708 万元，新增利润 492 万元，新增税收 512 万元，外汇收入 76 万美元；2022 年创销售收入 7115 万元，新增利润 614 万元，新增税收 634 万元，外汇收入 112 万美元，累计三年新增的销售 8792.00、利润 849.00、税收 779.00。创外汇 2018 年 32 万美元。

随着国家对机械制造业的重视，重大装备国产化进程的加快以及城市改造、场馆建设等工程项目的开工，减速机的市场前景看好，整个行业仍将保持快速发展态势。

## **五、结语**

高效率高稳定性减速机关键技术开发和应项目产品经过试制试产，已取得一定的生产经验和效果，已初步形成市场，产生显著的经济和社会效益，市场前景良好。今后我们公司进一步完善项目产品性

能，扩大产量和增加品种规格，提高产品质量，更好地满足用户需求。随着生产规模的扩大，要进一步健全质量管理体系，保证长期稳定地生产高质量的产品，努力开拓市场，争取创造更好的经济和社会效益。

浙江恒齿传动股份有限公司

二〇二三年六月十五日

## 20 温州泵阀智能化关键技术研究

温州市机械工程学会技术攻关组

### 前 言

温州是国内泵阀产业最集中、规模最庞大的城市，全国半数以上的泵阀企业汇集在这里，泵阀成为温州当之无愧的支柱产业之一。数据显示，温州市现有泵阀企业约 3200 家，从业人员超 8 万人，2022 年 1~5 月，温州全市泵阀产业实现规上工业总产值 141.9 亿元。

从产业链看，温州的阀门产业也十分成熟，囊括了阀门所需的上游原材料、配件与下游产品。而且在以出口为主的泵阀行业中，温州更是走在前列，业内专家预测，在经济下行压力加大的背景下，温州的泵阀出口额每年仍将以 20%~30% 的速度递增。

庞大的规模、高度的聚集、迅猛的发展，一方面让温州当地泵阀产业形成规模效应、不断吸引资金、人才等资源流入，部分企业崭露头角，成为当地的龙头企业。另一方面，由于行业井喷式发展，大部分企业陷入低价、低质竞争的恶性循环。

未来泵阀行业将以节能环保、智能控制、高精尖为主攻方向，加快形成龙头引领、配套完整、开放合作的提升模式，构建以永嘉为重点，龙湾、瑞安、浙南产业集聚区协同推进的发展格局，建设全国重要泵阀产业基地。加快发展适用于高温、高压、高磨损等特种作业环境的工艺流程关键单元泵阀设备及相关配套产品。到 2025 年，我市泵阀行业产值有望突破 900 亿元。

### 一、改革开放温州泵阀产业誉享全国

1978 年 12 月 18 日,党的十一届三中全会召开,温州迎来了历史上发展的最好机遇。温州人敢为人先,勇往直前的精神,鼓励着每一位创业者,村村办企业,人人都参与,使温州的企业如雨后春笋般遍布村村户户。这种改革动力,推动了中国经济发展壮大。温州机械工业也在这个大好形势下快速发展,从“小、散、乱、差”发展成四大传统特色产业群誉享全国,其中温州电气、汽摩配、泵阀及装备制造业已在国内显露头角。全国的机械产品市场上,每三件低压电器,阀门或泵类产品,就有一件来自温州,此外,温州还成为我国印刷及包装机械、汽车摩托车配件、基础件的重要生产基地。温州机械已形成了特征明显的四大特色产业群。

温州泵阀业属温州传统工业,阀门制造始于 60 年代初期,温州泵阀业的发展变化是温州模式演变的一个缩影。温州是国内泵阀产业最集中、规模最庞大的城市,全国半数以上的门企业汇集在这里,泵阀成为温州当之无愧的支柱产业之一。数据显示,温州市现有泵阀企业约 3200 家,从业人员超 8 万人,2022 年 1~5 月,温州全市泵阀产业实现规上工业总产值 141.9 亿元。

从产业链看,温州的阀门产业也十分成熟,囊括了阀门所需的上游原材料、配件与下游产品。而且在以出口为主的泵阀行业中,温州更是走在前列,业内专家预测,在经济下行压力加大的背景下,温州的泵阀出口额每年仍将以 20%~30% 的速度递增。

庞大的规模、高度的聚集、迅猛的发展,一方面让温州当地泵阀产业形成规模效应、不断吸引资金、人才等资源流入,部分企业崭露头角,成为当地的龙头企业。另一方面,由于行业井喷式发展,大部

分企业陷入低价、低质竞争的恶性循环。

未来泵阀行业将以节能环保、智能控制、高精尖为主攻方向，加快形成龙头引领、配套完整、开放合作的提升模式，构建以永嘉为重点，龙湾、瑞安、浙南产业集聚区协同推进的发展格局，建设全国重要泵阀产业基地。加快发展适用于高温、高压、高磨损等特种作业环境的工艺流程关键单元泵阀设备及相关配套产品。到 2025 年，我市泵阀行业产值有望突破 900 亿元。

——重点发展（超）临界火电、核电、长输管线、石油化工、LNG 等领域阀门设备，大力发展应用于石油化工、煤化工、环保、城建等领域配套泵、多级泵、潜水泵等产品。加快发展适用于高温、高压、高磨损等特种作业环境的工艺流程关键单元泵阀设备及相关配套产品。重点发展新材料应用的阀门，如超低碳不锈钢阀门等。

温州市机械工程学会充分发挥高端人才集聚、创新示范引领、产业对接紧密的优势，集中资源、选准方向、抓住重点，围绕智能装备、指导高企认定工作，引导企业走自主创新持续创新发展道路，人才培养，凝练特色，凝聚优势，建设具有鲜明地域特色、浙江省知名的高水平综合服务型学会，打造具有引领示范作用的高能级平台，为全省学会提供示范样板。努力使学会成为温州本土标志性学会，为温州经济高质量发展提供科技支撑。

庞大的规模、高度的聚集、迅猛的发展，一方面让温州当地泵阀产业形成规模效应、不断吸引资金、人才等资源流入，部分企业崭露头角，成为当地的龙头企业。另一方面，由于行业井喷式发展，大部分企业陷入低价、低质竞争的恶性循环。

泵阀行业的发展对促进我市制造业发展，加快传统制造业改造提升起到了较大的作用，为实体经济发展培育了新动能。

## 二、温州泵阀智能化网络化产业群主要研究内容、拟解决的关键问题；

### 1、泵类产品

三大化工泵：化工流程泵、耐腐蚀泵、高粘度泵、大中型磁力泵、非金属补里泵；

石油行业用泵：油田注水泵、深井潜油泵、双螺杆泵、油气混输泵、高速离心泵；

电力行业用泵：高参数、高效率、超临界机组用泵、空冷机组用泵、烟道除硫装置用泵；

环保、城建、消防用泵：污水泵、污泥泵、混流泵、不锈钢冲压泵、消防专用泵、卧式多级潜水泵；

“三农”及城乡生活用泵：小型螺杆泵、自吸泵、小型潜水泵、泥浆泵、煤粉泵、喷泵。

### 2、阀门类产品

特种阀门：低温阀门、超低温阀门、超临界机组阀门、高温高压电站阀门、超高温阀门、超低碳双相不锈钢阀门。

自控阀门：三通合流阀、三通分流阀、安全阀、疏水阀、减压阀、冷凝水自动回收装置。

长输管线用阀：大口径长输油气管道配套的平板闸阀、球阀、清管阀等。

按国外标准生产的阀门：

按国外 ANSI、API、DIN 标准生产的高中压闸阀、截止阀、球

阀、止回阀；以及按 BS 标准生产的低压蝶阀、闸阀、截止阀、止回阀等。

城建、环保用阀门：水力平衡阀、进出水调流阀、排气阀、带信号的闸阀和蝶阀、防污隔断阀、温度调节阀、缓用蝶形止回阀等；

汽车工业用阀：为汽车工业双燃料汽车开发的多功能瓶用阀；

**3、相关产业：包括铸造行业、密封件行业及为基地配套的电机行业。**

基地在国家科学技术部火炬高技术产业开发中心和省科技厅的领导和指导下，按照《国家火炬计划温州泵阀产业基地发展规划》组织实施基地运行。其主体是企业。

基地由国家科学技术部火炬新技术产业开发中心认定的骨干企业和温州市科技局认定的其它企业共 50 家，组成企业群体。国家科技部火炬高技术产业开发中心认定的骨干企业是：（1）浙江嘉利特实业股份有限公司；（2）中国·凯泉泵业集团有限公司；（3）中国·中泉泵业有限公司；（4）浙江科尔泵业股份有限公司；（5）中国·良精集团阀门有限公司；（6）中国江南阀门有限公司；（7）浙江五洲阀门有限公司；（8）浙江特福隆机械集团有限公司；（9）温州挺宇集团有限公司；（10）宣达实业集团有限公司；（11）超达阀门集团有限公司；（12）凯喜姆阀门有限公司。

对基地企业采取动态管理，经过考核后符合条件的企业予以认定；并享受有关优惠政策，考核后合格的并经过整改仍达不到要求的将取消基地企业称号。

#### **4、发展目标与重点领域**

#### 4.1 发展目标

近年来,我市泵阀行业产品结构、技术装备水平、工艺检测手段、自主创新能力、市场转化能力和信息化水平有明显提高,重点骨干整体、技术力量达到行业先进水平,进一步巩固和加强“温州泵阀”在全国及至国际上的地位。

在产品结构方面,运用新材料、新技术、新结构进行创新,向高附加值、替代进口、扩大出口方向发展。开发省级以上新产品 200 个,专利授权 50 项,新产品产值率达到 20%以上,产品竞争优势明显。技术装备方面,减少产品质量对操作工人的依赖程度,淘汰一批旧设备、普通设备,向数控机床、加工中心方向发展。重点骨干企业关键工艺质量采用数控机床、加工中心来保证。

检测手段方面,重点骨干企业的铸件、锻件等原材料检测配备数字拉伸试验仪、原子光谱快速分析仪、X 和 Y 射线探伤仪等先进检测仪器设备,成品测试配备全性能计算机辅助测试系统,并进行产品的可靠性检测。

创新能力方面,广泛采用 CAD/CAPP 技术,重点骨干企业建立以自有科技力量为基础,科研院校为依托的开放型技术开发机构,建立企业技术研究开发 khny8wh,自主创新能力接近行业先进水平。

信息化水平方面,用信息化改造泵阀制造业,全面提升泵阀制造业的生产、管理、设计和市场营销信息化水平,完成浙江超达阀门股份有限公司承担的浙江省制造业信息化重大示范工程项目等,并在泵阀行业推广应用。

#### 4.2 重点领域:

#### 4.2.1 工业泵开发领域

优先发展的重点产品是国家重大技术装备配套的泵类产品与国际先进技术水平差距较大或国内仍处于空白的泵产品；有国际市场竞争能力的出口创汇产品；市场潜力较大的消费类泵产品。

重点发展产品包括核电站用泵；大型火电机组用泵，如超临界机组、空冷机组、蒸汽-燃气轮机联合循环机组、除硫装置用泵等；三大化工用泵，如耐强腐蚀和耐磨的料浆泵、输送固体颗粒开式叶轮流程泵、高吸入压力泵、超低温泵、高温泵、高粘度泵、易凝固介质泵，如开发小块油田注水泵、稠油集输泵、油气混输泵、深井涡轮采油泵、高压海上平台注水泵、注水模块等，扩大现有流程泵的性能范围，使其满足年处理 500~1000 万吨炼油厂的生产需要，开发及提高沥青泵、渣油加氢脱硫泵、加氢进料泵等；开发水处理和环保用泵；发展水利排涝、河道、港口输浚用潜水混流泵等；开发城市地铁、高层建筑、道路桥梁用泵。

#### 4.2.2 阀门开发领域

重点发展新材料应用的阀门，如超低碳不锈钢阀门等；新领域应用的阀门，如建筑部门急需的水力平衡阀、汽车工业急需的多功能瓶用阀门等；长输管线用阀，如公称压力范围在 PN1506、公称通径范围在 DN2'~40，T-290~121℃，≤450℃，材质为 WCB、WC 等的平板式闸阀、球阀、止回阀等；核工业和电站用阀，如 PN15.2Mpa, DN20~300mm，T320℃，材质为 304、316、316L 的闸阀、截止阀、止回阀等，以及按国外先进标准阀门等。

#### 4.3 重点领域产品简况

#### 4.3.1 泵类

电力泵：“十一五”期间单机容量在 600 兆瓦以上的高参数、高效率，超临界火电机组会有较大发展。因此，火电行业用的超临界机组用泵、空冷机组用泵、烟通除硫装置用泵是我们的发展重点。

石油泵：我国陆上的采油井大部分都是强采井，装的是磕头机，用深井潜油泵的比较少，但启用深井潜油泵采油的技术经济指标要比磕头机高得多，随着深井潜油泵可靠性的提高和价格的降低，产品将得到更大的推广。因东部油田的日益老化，注水量增加，注水泵的需求量也将越来越大。随着我国能源结构的调整 and 环境保护力度的加大，石油天然气工业将有较大的发展，而石油天然气长输管线配套用的双螺杆泵、油气混输泵等新产品需求量将快速增长。同时，随原油炼制和深加工而新建、改建工程项目投资力度的加大，各种离心油泵、氨泵、往复泵、比例泵、齿轮油泵、旋油泵、泥浆泵等产品的需求量也将不断增加。

“三大化工”泵：随着化工装置向大型化的趋势发展，配套用泵的性能参数也随之提高。“十一五”期间，“三大化工”的生产规模要比“十五”期间增长 50% 左右，开发各种化工流程泵、耐腐蚀泵、耐磨泵、液下泵、大功率磁力泵、非金属衬里化工泵、屏蔽泵、计量泵等将有广阔的市场空间。

环保、城建泵“十一五”期间，我国每年将新扩建大量的城市污水处理厂和各类工业废水处理设施及自来水供水工程，因此用于环保行业的污水泵、污泥泵、砂泵、混流泵、冲洗泵、潜水搅拌器产品和用于自来水供水工程的轴流泵、S 泵、不锈钢冲压泵、消防专用泵、

卧式潜水泵、变频供水系统等产品的用量非常大。

#### 4.3.2 阀门类

自控阀门随着大型成套装置自动化程度的提高,在现代化的装置中,已越来越多的应用控制阀门和自动阀门,如控制压力和流量的调节阀,控制流向的三通合流阀、三通分流阀,起安全保护作用的安全阀,起调节、环保作用于的疏水阀、冷凝水自动回收装置、减压阀等。

水力平衡阀是建筑部门为采暖空调系统实现水力平衡而专门设计的产品,能进行流量的精确测量与调节,使用户获得舒适的温度,并明显降低能耗,节能可达 15%,是一种节能新产品。

进出水调流阀用于水库配水工程,原水供应各水厂时,根据不同的需要进行调流调压,目前国内生产厂家很少,国外出口一套要几十万到上百万元人民币。

排汽阀用于排除自来水、污水管道中的气体,特别是用于污水排放管中排放气体,目前国内还没有生产,主要依靠进口。

带信号的闸阀和蝶阀设备在消防管道上。按国家公安部消防局新制订的《自动喷水灭火系统设计规范》的要求,凡在水流指示器前均应安装带信号的闸阀或蝶阀。

压力控制阀用于多层建筑生活给水和消防给水系统,当消防水泵启动时,容易造成生活给水系统管路超压,所以要在生活给水管路上设置压力控制阀,压力升高时自行关闭,压力下降时自行开启。

防污隔断阀用于建筑物的进水管道上,在接入水池、水箱、锅炉、水加热器的连接管道上设置防污隔断阀,以防水质污染。

温度调节阀用于水加热器热煤入口处,根据加热设备热水出口处

的温度,控制和调节热煤的流量,要求温度误差在 $\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ 以内。

多功能瓶用阀专门为汽车工业开发双燃料汽车(汽油、液化石油气或液化天然气)用的钢瓶阀门,用于城市客运汽车燃气装置改造,减少尾气污染。

长输管线阀门管线运输油气在世界上已有 100 多年的历史,发达国家的原油通过管线运输的已占 80%,成品油长途运输基本上实现管道化,天然气则达 100%。我国现有长输管线长度仅 1 万多公里,占世界管线长度的 0.5%,成品油基本上没有长输管线。随着我国能源结构的调整 and 环境保护力度的加大,石油天然气工业将有较大发展,同时大口径长输油气管线建设在“十五”期间将迅速发展。就以目前正在建设的西气东输工程来说,主管线阀门基本上由国外进口,支管线所需阀门量更大。因此,我们应抓住机遇,开发为长输管线配套用的平板闸阀、球阀、清管阀、全启式止回阀等产品,以适应长输管线建设的需要。

### **5、行业主要骨干企业:**

1. 浙江伯特利科技有限公司
2. 超达阀门集团有限公司
3. 保一集团有限公司
4. 宣达集团实业有限公司
5. 方正阀门集团公司
6. 江南阀门有限公司
7. 浙江石化阀门总厂
8. 凯喜姆阀门有限公司

9. 浙江慎江阀门总厂
10. 永一阀门集团公司
11. 浙江嘉利特实业股份有限公司
12. 浙江五洲阀门有限公司
13. 浙江科尔泵业股份有限公司
14. 中国凯泉泵业集团有限公司
15. 中国中泉泵业有限公司
16. 中国良精集团阀门有限公司

### 三、建立科技竞争力评价体系，有效引导和推动企业科技创新

目前，我国创新主体相对集中于科研机构、高等院校，企业尚未成为技术创新的主体，大部分科技力量仍游离于企业与市场之外。独立于企业之外的研究开发机构占 80%，而美国仅为 6%。企业的科技开发投入仅占销售额的 3%，而国外一些相关企业用于科技开发的投入已占到销售额的 5%-10%。由于受长期经济粗放型增长方式的影响，我国企业普遍存在着重资本要素的外延扩张，不重视技术进步的内涵突破的现象。因此如何客观有效地对企业创新能力进行科学评价，得出问题的关键所在已经成为科技管理部门、企业界和学术界关注的热点问题之一。

1、宏观的国家科技竞争力评价方法。我国国家统计局在 20 世纪 90 年代初，主要以技术开发经费投入等为基础，建立技术开发能力综合指数指标；意大利在测度其国家技术创新能力时采用了专利、技术贸易、高技术产品出口等三个指标；日本科技技术厅推荐的指标有专利、技术贸易、技术密集产品输出、制造业总附加值等。

2、企业科技竞争力评价方法。20 世纪 90 年代中期以后, 国内外对测度企业技术创新能力的研究开始活跃起来。很多学者提出了定性与定量相结合的企业科技竞争力评价方法, 采用了诸如模糊综合评判数学模型、相关分析方法、线性加权和法、综合指数法、模糊聚类分析、层次分析法 (APH)、数据包络分析 (DEA) 等方法对企业技术创新能力进行测度, 并进行了大量实证研究工作。

#### 四、温州企业科技竞争力评价体系探索

我们对温州机械四大特色产业群进行科技竞争力评价方法是: 一是运用生产函数分析, 分析企业的科技进步速度和科技进步对企业增长的贡献。二是运用数据包络分析研究分析企业的科技效率和规模效益, 沿着时间对企业科技进步有一个历史的发展的认识。三是企业科技进步因素分析, 其中主导作用的方法是层次分析法。具体方法如下:

##### 1. 科技进步分析评估指标

###### 1.1 科技进步宏观水平

科技进步对生产的作用是广义的, 它包括采用新技术, 改进新工艺, 提高劳动者素质, 改善经营管理, 发挥信息资源等因素的综合影响, 选用国家科委推荐的应用道格拉斯函数中“增长速度方程”计算。

(1) 科技进步增长速度  $\alpha = Y - K - \beta L$ 。式中:  $Y$  企业净产值增长速度;  $K$  资金 (固定资产净值+流动资金年平均余额) 投入增长速度;  $L$  劳力 (职工总数) 投入增长速度、资金产出弹性系数;  $\beta$  劳力产出弹性系数, 按国家计委规定。

(2) 科技进步对经济增长的贡献率  $EA = \alpha / Y \times 100\%$ 。式中:  $\alpha$  科技进步增长速度;  $Y$  净产值增长速度。

### 1.2 经济效益:

全员劳动生产率  $LN = \text{工业总产值} / \text{总职工人数}$  (千元/人)

资金利税率  $Z = (\text{年利税总额} / \text{固定资产净值} + \text{流动资产年平均余额}) \times 100\%$

新产品税率  $N = (\text{新产品利税率} / \text{全部产品利税总额}) \times 100\%$

产值利税率  $Q = (\text{年利税总额} / \text{年工业总产值}) \times 100\%$

### 1.3 产品技术水平:

产品合格率  $P = (\text{新产品产量} / \text{产品总产量}) \times 100\%$

新产品产值率  $C = (\text{新产品产值} / \text{工业总产值}) \times 100\%$

新产品种数比重  $X = (\text{新产品种数} / \text{产品总种数}) \times 100\%$

### 1.4 技术开发能力:

技术开发人员比重  $D = \text{技术开发人员数} (\text{本企业} + \text{引进} + \text{聘用}) / \text{工程技术人员总数} (\text{本企业} + \text{引进} + \text{聘用}) \times 100\%$

技术开发经费比重  $K$ :

$K1 = (\text{技术开发经费} / \text{产品销售总额}) \times 100\%$

$K2 = (\text{购买科技成果经费} + \text{职工技术培训经费} / \text{产品销售总额}) \times 100\%$

技术改造投入比重  $S$ :

$S = (\text{技术改造投资} / \text{固定资产总投资}) \times 100\%$

## 五、建立基于科技事实型数据库支撑温州企业科技竞争力评价的建议

随着对科技创新的理解以及对科技政策研究的不断深入,在科技创新活动中所产生的事实型数据作为连接创新与科技政策研究的重要载体,将成为制定科技政策的重要基础和发展趋势。

**1、科技事实型数据库建设的主要内容。**建议由科技情报机构建立完善该类数据库,不仅能提高自身能力建设,还能对上级主管部门在进行项目决策时提供有依据的支撑,主要着重建设以下 5 类:

**(1) 建设科技查新类事实型数据库**

科技查新是文献检索和情报调研相结合的情报研究工作,有较严格的年限、范围和程序规定,有查全、查准的严格要求,查新结论具有客观性和鉴证性。基于这些事实型数据,我们可以有效积聚、整合和保存科技查新事实型数据资源,建立科技查新数据库,分析科技成果的分布以及科技创新的发展态势,从而更有效地支持科技计划项目的管理和实施。

**(2) 建设科技项目类事实型数据库**

科技项目管理包括发布项目指南、项目申报、项目评审、中期检查、项目验收等过程。基于在每个过程中都会产生大量的事实型数据,不仅可以进行科技发展趋势的分析以及科研机构的评价等基础性研究工作,还可以进行技术发展预测与分析等服务。例如,基于项目申报书,了解当前的研究热点,建立技术领域的发展演化模式等。基于中期检查报告和验收报告,可以掌握项目的进展状况,对产业或技术发展进行一些趋势走向分析工作。

**(3) 建设政策类事实型数据库**

科技情报机构在为上级主管部门对某些产业或者地区发展进行调研时,需要了解某个国家或地区在某一时期的科技政策,平时应有意识地、长期地收集并加工国家、省、市科技政策类数据,具体包括科技政策、产业政策、税收政策、投资政策以及人才政策等。基于这

些事实型数据,能够直观、清晰地看出国家、省、市在科技发展方面的走向和态势,同时能够进行比较,引领国家、省、市向有利于区域发展的产业过渡。

#### (4) 建设产业类事实型数据库

产业类数据包括一些宏观统计数据,如产业发展情况、投资情况,还包括产业统计数据,如产业内企业数量、企业销售情况等,以及企业自身数据,如企业基本情况、技术创新情况等等。基于这些事实型数据,科技情报机构可以对产业发展态势、企业发展方向、区域经济发展情况进行分析,形成专题报告,以供上级主管部门在进行科技发展的决策时作为参考。

#### (5) 建设专利信息事实型数据库

通过技术手段整合知识产权局等相关的数据源,并综合专利题录信息数据源、专利法律状态信息发明说明书等内容进行统计分析技术,形成高质量的专利信息数据库。基于这些事实型数据,不仅可以对某一领域的发展情况进行分析,并用可视化的表达方式绘制出来,如专利地图,直观地反映出历年专利动向、专利技术分布和技术发展趋势等信息;还可以对某一专利的研发人员进行跟踪,掌握研发态势,挖掘高精尖人才为企业发展助力。

## 2、科技事实型数据库建设的保障措施

科技事实型数据库建设是一项长期性的基础工作,需要上级科技主管部门的重视和支持,同时也需要科技情报机构采有效的机制和开发新技术,共同来推动这一项工作的开展。

#### (1) 主管部门应统筹规划数据库建设工作

科技查新类、科技项目类和科技政策类事实型数据是基础性资源,目前大多数都以数字化形式呈现,如果不及时收集、加工和集中保存,数据就可能丢失。因此,上级主管部门应统筹规划科技事实型数据建设工作,加大科技事实型数据收集加工整合的经费投入,推动科技事实型数据库建设工作有序地开展。

(2) 采用合作共建机制推动数据库建设工作。科技事实型数据通常都缺乏连结性,而且还需要长期的积累,加上科技情报机构自身业务依托上级主管部门的性质,往往都很难做到全面、完整地收集和加工这些事实性数据。因此,科技情报机构需要与其他机构协作共建科技事实型数据库,拓宽合作渠道,有效地提高数据建设的质量。

(3) 研究开发新技术支撑数据库建设工作。利用新技术来开发高效的服务平台,连通这些数据之间的关系,才能有效地对这些数据源进行整合。以往的数据库建设方法和技术已不适应目前的环境,需要我们利用各种技术,如数据分布处理的技术、数据的抽取、数据的清洗、数据的标引等来对这些科技事实型数据进行加工整理。而一旦随着这些数据量达到一定的级别,则需要使用大数据及相关技术,如 Hadoop, NoSQL, MongoDB 来对数据进行处理,提升数据使用和运转的效率。

## 六、温州泵阀产业科技创新转型升级典型案例

学会调研了超达阀门集团有限公司、浙江伯特利科技有限公司、保一集团有限公司、宣达事业集团公司、浙江石化阀门有限公司、凯喜姆阀门有限公司等龙头企业,现将浙江伯特利科技有限公司案例介绍如下:

浙江伯特利科技股份有限公司是由伯特利集团全资控股的一家集研发、生产、销售于一体的阀门专业生产企业,属于伯特利集团旗下的一家拟上市企业。公司拥占地面积约 65000 平方米,员工 500 余人;配备三维立体模拟制造试验设计系统,具有国际先进水平的各类加工中心、智能机械臂、数控机床、等离子焊接、超频真空热处理等设备;成立了检测能力一流的阀门性能检测和试验中心,具备理化性能、高低温、无损检测、寿命试验、扭矩、防爆、微泄漏、管道载荷试验、强度、微泄漏密封等全方位检测试验能力。本公司作为伯特利集团打造数字工厂的生产基地,拥有完善的信息管理体系,充分利用工业与信息化的深度融合,实现智能生产,让订单从受入到售后服务的质控、财会达成完整的一体化信息对接和控制,为打开国内外高端市场提供了有力支撑。

浙江伯特利科技股份有限公司作为国家火炬计划重点高新技术企业、中国最具成长性企业、中国机械工业 500 强企业、浙江省工业行业龙头骨干企业、浙江省绿色企业、浙江省泵阀协会会长单位、浙江省专利示范企业、温州市工业领军企业、温州市纳税大户。拥有完善的质保体系,已通 ISO9001 国际质量体系认证、美国石油协会 API-6D 认证、CE 欧盟安全认证、ISO14001 环境体系认证及 OHSAS18001 职业健康安全认证、国家特种设备制造许可(TS)认证及 ABS、CUTR、ATEX 等国际认证。

浙江伯特利科技股份有限公司始终坚持品牌建设,获得了中国驰名商标、浙江省名牌产品、浙江省著名商标,浙江省知名商号、浙江省出口名牌、温州市首批重点企业技术创新团队、温州市市长质量奖

等多项荣誉,在这么强有力的集团支撑下,浙江伯特利科技股份有限公司已是中石油、中石化、中海油公司油田、炼化、管道、储运板块的甲类供应商和框架供应商,并在天然气、精细化工、煤化工、电力行业拥有较高的声誉。

国际市场,作为霍尼韦尔 Honeywell、GE 燃机、俄罗斯天然气工业股份公司 Gazprom、卢克石油公司 LUKOIL、俄罗斯石油公司 Rosneft Oil、德国巴斯夫 BASF、巴西国家石油公司 Petrobras 、哥伦比亚国家石油公司、智利国家石油公司 Enap、印度 EIL、阿曼国家石油公司 PDO、阿布扎比陆上石油公司 ADCO、阿特拉斯科普柯 ATLAScopco、韩国 Sk 集团、新日本钢铁、马来西亚国家石油公司 Petronas 等公司的合格供应商,一直给他们输送着优良产品。

浙江伯特利科技股份有限公司始终如一致力于依靠科技创新,不断应用新技术、新工艺、新材料开发高质量新产品。近几年重点研发的超低温阀门、临氢阀、管线球阀、高性能双向密封蝶阀、海工阀门等产品,均已广泛应用于各相关行业。公司配备的大型超低温材料测试、生冷处理、产品性能试验、微泄露检测等试验检测室,适用于-196 摄氏度的超低温球阀、蝶阀、闸阀等产品已广泛应用于各大 LNG、液化乙烯、空分等低温项目中,目前公司生产的产品最大尺寸达 48"。

同时公司还拥有专门针对超高压加氢阀壳体和密封高压气体的测试设备,这些先进的检验和检测,保证了伯特利阀门质量的可靠安全。产品已批量应用于石油石化行业临氢装置上,其中自主研发的海洋移动平台专用阀,对海洋移动平台的作业和拖航安全起到了关键性的作用,并获得了两项国家发明专利,填补了国内外空白,产品已成

功应用于中海油海洋平台、伊拉克海洋平台等。

浙江伯特利科技股份有限公司依靠科技进步、坚持品牌建设、积极拓展国内外两个市场,取得持续、快速、健康发展,得到了国内外用户的肯定。坚持自主创新的发展战略,坚持科学发展不动摇,稳中求进,奋力赶超世界水平,着力提升品牌竞争力和影响力,实现又好又快发展。

创新发展是企业快速成长的基础和决定性因素,而技术创新是提高企业核心竞争力的关键。浙江伯特利科技股份有限公司一直以来都非常重视企业的科技创新工作,主要从企业技术研发中心建设、管理体制建设、科研条件建设、人才队伍建设、积极承担国家省市县重点科技项目、申请技术专利、负责及参与国家行业等标准制修订、发表论文及著作、科技成果奖励等方面全方位打造超浙江伯特利科技股份有限公司的技术创新能力。

## 21 温州电机换向器产业高质量发展研究

### 温州市机械工程学会技术攻关组

#### 一、项目研究背景和研究意义

瑞安市电机换向器行业是全国的半壁江山,其市场份额占全国的一半以上,年销售额在 50 亿元以上。现有企业 100 来家,较大规模的有 10 多家。企业辐射深圳、苏州、南京、福建等全国各地。近年来产品的科技含量逐步提高,获得国家创新基金项目、列入国家火炬计划项目。现有发明专利 20 多项,实用新型专利 200 多项,建有省级换向器试验室并为主参加电机换向器国家行业标准的制订,生产方式也从手工逐步实现半机械化。研发了智能数控电机换向器生产线并得到德国博世等公司的重视。并与国际知名电机企业如博世、大陆、博泽、德昌、日本电装及万宝至等在中国设立的生产基地合作,参与电机换向器产品设计开发,例如为世界 500 强企业之一的博世公司配套而研发的换向器产品到达博世公司的噪音低、换向器在高速运转后外径变化量及换向片片间高低差及降低成本等方面的特殊要求。瑞安市电机换向器与世界同步转动。但与国外差距还较大,在经济转型时期,瑞安电机换向器行业要抓住发展机遇,跟上时代步伐,实现电机换向器产业智能化数字化高质量发展。

从产业链上看,换向器产品的下游行业为各大电机整机制造业,而电机的下游行业包含了几乎全部国民经济基础行业,而其中汽车行业、家用电器、电动工具、OA 办公设备等是其典型及最主要的应用行业,通过对这四大应用领域需求的分析,可以看出未来市场对换向

器的需求量是十分庞大且持续的。

## 1、汽车行业

汽车电机是汽车的核心零部件，在起动机、发电机、燃油泵、ABS 系统、冷却散热系统、摇窗及雨刮等部件上均有应用。现代汽车尤其是高档轿车大量采用新机械、新设备，极大地促进了汽车微特电机的应用，相应地刺激了对换向器的需求。

总的来看，一台汽车出厂时需要使用换向器的电机平均数量为 30 个，车辆寿命平均约 15 年，在使用寿命内，油泵、雨刮、摇窗、起动机等零部件由于使用频繁，电机更换需求较高，更换需求的换向器数量约 8 个。

基于以上车辆保有量、产量数据，到 2021 年预计达到 50 亿只。全球来自汽车产业的换向器市场需求规模 100 亿元，其中中国市场需求规模达到三分之一。

## 2、家电行业

换向器作为家用电器的重要配套行业，伴随其发展进步一路成长。家电制造行业对换向器的需求主要来自于如洗衣机，吸尘器、搅拌机、豆浆机、果汁机等电动小家电，以及吹风机等个人护理电器。欧美日等成熟市场的高附加值产品更新换代需求，以及新兴市场消费者购买能力提升带来的新生需求，同时小型家电产品需求开始普及，成为推动家电行业成长的主要驱动因素，进而带动着其上游电机及换向器的需求不断增长。

中国已经成为名副其实的全球家电生产中心。中国家用电器协会的数据表明，中国制造的 45 类家电产品销量稳居全球第一，其中洗

衣机、吸尘器及小家电产品分别超过全球产能的 60%、85%、80%。中国家电行业的换向器需求占到了全球的 80%以上,年均增长速度均超过 8%。

### 3、电动工具行业

电机是专业电动工具的“心脏”,电机制造技术体现厂家的核心技术水平,性能受到整体系统集成的影响,因此,不同性能和功能的电动工具对电机及电机组件包括换向器的性能要求也有所不同。据中国电器工业协会电动工具分会的资料,按照一台电动工具配备一台需使用换向器的电机测算,至 2021 年全球电动工具市场的换向器需求量将达到约 10 亿只。其中中国市场规模分别达到 20 亿元。

### 4、OA 办公设备行业

OA 办公设备,即办公自动化设备,包括打印机、复印机、传真机、投影仪、碎纸机等,其动力装置基本都需要配备不同性能的电机,从而需配备不同类型的换向器。中国 OA 办公设备制造业已经成功承接了国际产业转移,产量约占全球的 70%以上。

在全球换向器行业中,中国必将扮演着越来越重要的角色。

## 二、电机换向器产品的设计

### 1、电机换向器产品结构分析

换向器产品一般分为钩型和槽型两种,钩型换向器根据使用要求的不同对片数的要求不一样,当产品的片数较少,比如 8 片,10 片,12 片等时,钩部分的宽度和厚度比较大,弯曲成形时的应力很大,容易造成钩的根部与模塑料部分开裂,造成产品的不良,因此,采用如下设计:换向片底部燕尾部分与钩根部相连,在端面部分采取 20

度斜角,避免铜材料露出表面,由于弯曲时应力集中在换向片身上,从而避免了开裂问题。电机换向器按照结构一般分为壳式和插片式两种。前者铜材料成型前为整体式,依靠铣加工分片,后者成型前为片式,依靠云母片片间绝缘。常规的插片式结构采用的云母片是矩形结构,成型后因片间的挤压力固定在产品中,在电机高速转动时容易从产品中浮起或者飞出,对产品的质量影响很大。为预防此不合格现象再发生,该产品采用一种燕尾式结构云母片。云母片使用新结构后,加工成型后的产品中只存留很短的燕尾式云母片,不仅以压力固定其中,而且燕尾式结构从结构上大大增加了固定的稳定性,从而很好的解决了云母浮起的隐患,提高了产品性能的稳定性。

槽型换向器成型后有的产品台阶端面上会有一层比较薄的模塑料,采用插片式结构时,当台阶外径和工作面外径差距较大时,由于覆盖层的悬式结构和较薄的厚度,在压塑成型后的高温冷却时容易与端面分层,造成不良。针对以上不足,通过如下技术方案克服:采用新型云母片结构,在台阶端面部分开燕尾槽结构。这样成型后端面覆盖层不再是悬式结构,深入燕尾槽的模塑料能够产生足够的拉力使覆盖层与端面不分层,从而有效提高了产品质量稳定性。

传统的插片式槽型换向器台阶处都是采用实心的铜材料换向片,通过机加工铣槽工序加工焊线槽成型,不仅在成本上比较浪费,而且对插片式换向器产品共存的斜片问题没有任何帮助,当端面的模塑料结构比较特殊,需要定位成型时需要另外增加定位要素。因此,我司采用一种新型结构如下:在换向片顶部(成型后外圆部分)中心处增加拉槽,不仅减轻了投料成本,而且能很好的解决以上所述问题,大

大提高产品的各项质量指标。尺寸较大的平面换向器一般采用冷挤压结构和插片式结构两种,因其换向片比较短,焊线比较粗大,当焊线与槽位出现偏差时换向片由于受到很大的轴向压力而开裂。

我们针对以上不足,方案如下:换向片底部材料向右伸出,以杠杆形式增加换向片轴向弯折强度,从结构上提高性能,另外焊线方向增加光滑过渡的模塑料,当焊线与槽位出现偏差时能有效纠正,且承担大部分所受到的轴向压力,有效解决此类产品的难题,提高装配性能。

如今的汽车换向器性能要求越来越高,对转速要求同样如此。汽车换向器的尺寸普遍较大,为满足要求一般都是采用加强环结构,包括玻璃纤维材料和锰钢材料两种。但尽管如此,依然难以满足越来越高的技术要求。因此,我司采用一种新型换向片结构,在换向片底部拉出双沟槽,使用冲孔结构能保证双沟槽每片保持完整的嵌入模塑料中,大大增强了换向片的径向拉力,提高了产品高温转速性能。此新型设计仅适用于尺寸较大的换向器产品。

一般插片式汽车用换向器换向片结构普遍采用云母片绝缘结构,换向片与云母片接触部分采用平面式直线结构,中心线部分开焊线槽焊线。此结构换向片铜材料在槽底部和槽顶部剩余厚度在槽深尺寸较大时相差较大,造成顶部铜材料的不必要的浪费,增加了产品的成本。采用本公司自主研发的一种实用新型的换向器的换向片,本实用新型目的在于满足产品性能的同时节约材料成本,减轻产品重量,提高产品性能。通过如下设计方案实现:不再采用符合换向片角度的侧面直线结构,在换向片顶部部分采用与中心线平行的结构,从而达到节省

铜材投料，减轻换向片重量的目的。

汽车换向器的尺寸普遍较大，为满足越来越高的转速要求一般都是采用加强环结构，包括玻璃纤维材料和锰钢材料两种。一般的换向片结构加强环都是嵌入两端冲槽内，开槽时由于升高片较高，会产生很大的轴向压力，且压力部位集中在台阶顶部区域，而底部为悬梁结构，容易造成台阶向另一方向倾倒，产生倒排现象，另外台阶处集中了很大的质量，高速旋转时，悬梁结构也会承受很大的应力。因此，本实用专利的目的在于克服这些不足，采用如下设计：换向片底部自台阶端面伸出，避免产生悬梁结构，加强环嵌套在伸出部位，避免台阶重量落在换向片端面部位，从而有效解决以上问题，大大提高产品的结构稳定性。

## 2、电机换向器的设计方案探讨

多年来，我们设计了各种电机换向器各种设计方案。

### 3、换向器采用的材料

#### 3.1. 换向器用铜分两大类：

##### 3.1.1 无氧铜或电解铜

无氧铜或电解铜主要用于除吸尘器及电动工具以外的换向器，例如，小家电电机，汽车启动马达用换向器上。

##### 3.1.2 银铜合金

a. Ag-Cu 0.08% （万分之八）

b. Ag-Cu 0.1% （千分之一）

c. Ag-Cu 0.2% （千分之二）

d. Ag-Cu 0.3% （千分之三）

第二大类的银铜主要用于吸尘器及电动工具上：吸尘器用 (4) Ag-Cu 0.3% 的较多，因为吸尘器转速较高，通常在 35000~55000 之间（当前主流），换向承受的线速度较高，换向时的火花不断烧蚀换向器表面，造成换向器表面的温度急聚升高，在铜中增加一定含量的银后可以增加银铜合金的耐高温性，使得换向器表面不易造成变形，可以有效控制火花及浮排等不良的出现。电动工具用 (2) Ag-Cu 0.1% 的较多，百德、德昌、博世、牧田等基本都使用些含银量的换向器，并不是说含银量越高越好，好多人有一个误区就是认为换向器含银量越高越好，其实不是这样的，含银量高了以后，银铜合金的导电率 ASL 会下降，从换向本身来说也带来了负面的影响，表面不易形成有益的氧化膜，电动工具与吸尘器性质不一样，所以不能一概而论，况且，纯银现在的价格在 2700 元/Kg，一吨铜里多加 2Kg 银就等于成本多加了 5000 元，摊到每只换向器上也有几分钱到几角钱不等。当然还得取决于换向器本身的形状及结构以及电机的大小，百德外径大于 28 的产品基本会用 (3) Ag-Cu 0.2% 银铜。当然光有银铜了也不行，电木粉的材料以及换向器本身的结构也很关键，一款好的换向器决不是随手可以设计出来的，有一个地方不好，那在使用过程中都有可能出现火花，跳排，浮片等各种各样的问题。换向器的硬度是一个非常非常关键的参数，这关系到与之配合的碳刷的配合性，配合得好可以抑制火花，增加寿命时间，反之则出现恶性不良失效的产生。

## 2. 电木粉（酚醛模塑料）

电木粉（又名酚醛模塑料）日文名称：纤维强化树脂成型材料。属于热固性塑料，以酚醛树脂为粘合剂，木粉为主要填料，辅以添加

剂,通过热炼加工制备而成的粉粒状酚醛模塑料。适宜于模压成型和注塑成型,用于低压电器、普通生活用具、阻燃、耐热耐水的高强度电器配件和水润滑轴承及密封圈、高性能汽车零配件,交通电器的绝缘结构件和具有高频绝缘性的电讯、无线电绝缘零件等。

### 三、智能电机换向器生产线的探讨

#### 1、电机换向器生产线系统的设计

##### 1.1. 数控电机换向器生产输送线的研发

###### 1.1.1 振动盘

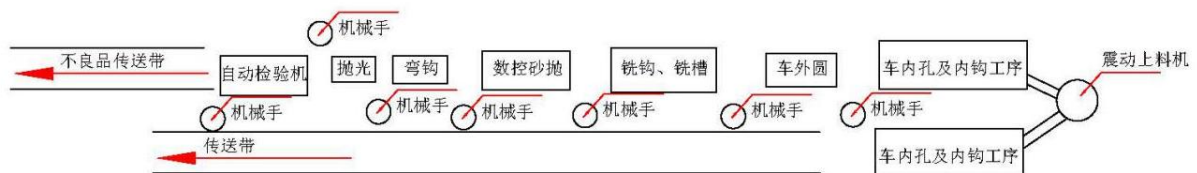
是将待加工的产品按照要求输送入自动装卸料装置。

###### 1.1.2 自动装卸料装置(机械手)

由程序控制将相关机床加工好的产品卸下送到皮带并且将待加工的产品送入相关机床。

###### 1.1.3 联络输送皮带

是为全部加工换向器的附属设备服务为主要目的设置的,在加工好内外圆的产品同期在输送皮带上同步完成检验工作。按工艺流程去满足加工产品机床的条件与要求;能够按照各道工序的相关要求、加工好产品,并且为产品在下一台机床上的加工做好相关的准备工作。



#### 2. 整条生产线系统模式设计

整条生产线系统模式设计。整条生产线产品包含有由六台机器组

成, 分别是全自动电机换向器内孔、外圆加工专用机; 全自动电机换向器双机头铣槽铣钩专用机; 全自动电机换向器液压三道模式弯钩专用机; 全自动电机换向器两位移动式砂光、研磨专用机; 全自动电机换向器绝缘耐压检测专用机。整机采用变频器技术的传动系统设计, 通过对供电频率的转换来实现电动机运转速度率的自动调节, 把 50Hz 的固定电网频改为 30—130 Hz 的变化频率并使电源电压适应范围达到 142—270V, 解决了由于电网电压的不稳定而影响电器工作的难题。通过改变交流电频的方式实现交流电控制。产品采用伺服电机实现精确的位置控制和严格的速度同步运动控制设计, 伺服驱动器通过在驱动器内部的电流环, 速度环和位置环都进行了精确的控制技术和算法运算, 在功能上可以进行精确的位置控制、扭矩控制、转速控制等。产品具有结构合理、性能优异、质量可靠、省料、生产成本低, 性能稳定。产品已销国内多家电机制造公司使用, 反映良好。

### 3、智能控制系统设计开发

控制系统是本项目产品的核心, 在控制系统设计中, 除了需要开发单元设备的控制系统外, 还需要对单元设备的集成、生产节拍的控制、工艺参数的专家数据库系统、统一的人机界面、网络接口及远程维护系统等进行深入研究。

#### 3.1 单元控制器与生产线控制系统的集成结构

单元设备都有自身的控制系统, 但组成生产线以后, 单元的控制与生产线的总体控制、运动的协调和同步、节拍的设计和控制等等都需要重新设计; 参数的下达、生产数据的上传也需要制订统一的协议; 电器硬件和软件的接口也需要统一定义; 此外, 基于总线结构的执行

层链接方式也需要重点关注。

### 3.2 采用多种控制电机的传动和定位系统设计以及同步运动控制

在生产线上,会涉及多种电机的协同运动控制,包括变频、步进、伺服以及多种气动部件、电磁铁部件的控制;开发多轴运动控制系统,完成多单元设备的协同同步控制,是本内容解决的关键问题。

### 3.3 基于网络的故障诊断和远程维护系统

智能设备基于网络的远程诊断和维护系统是必备的配置。在项目中,将重点对网络及其可靠性、远程检测和维护的检测点和参数设置、检测方法和维护技术;工艺参数的保密技术等进行研究,选用合适的传感器、开发相应的技术和装置。

### 3.4. 智能集成控制软件设计和参数数字化设置界面开发

项目产品为智能模块化生产线,需要开发一套适合快速配置的智能配置软件系统,用户在软件界面上就可以方便进行设备配置,经配置后,生产工艺参数,包括单元的生产节拍和整机生产节拍、单元设备之间以及整机的同步等都可以自动智能生成;生产工艺专家数据库自动维护。

同时还需要开发工艺参数的数字化设置,支持工艺参数通过网络的下下载以及数据上传,预留 ERP 接口,便于今后的信息化和工业化的融合。

## 四、数控电机换向器生产线设备的设计开发

### 4.1 换向器内孔、外圆加工专用机

配套设计有自动控制装卸料、夹紧松开、加工能将产品无间隙加

工好、并且即刻进行检验、防止产生批量不合格产品。

全自动电机换向器内孔外圆加工专用机创新设计换向器内孔外圆加工装置,能自动控制装卸料、夹紧松开,能将产品无间隙加工好、并且即刻进行检验、防止产生批量不合格产品,提高了装夹的效率和精度,减小了工人使用车床时的劳动强度。

4.1.1 创新设计换向器内孔外圆加工装置。该装置包括工作台、车刀架、主轴箱和收送料机构。收送料机构包括限位座、输料块、进料滑道、推料板和收料杆,限位座内设有出料滑道,输料块整体呈“S”型并与主轴箱相对应。主轴箱内设有可伸缩的转轴,其靠近收送料机构一端设有环形凹槽,并使“C”型夹块的开口对准环形凹槽。这种结构使得收送料机构完全代替人工的装夹和卸料操作。而工人在装夹时必定没有机械装置的精准度,从而所加工出来的换向器不易达到标准要求,加工出来的换向器废品较多。手工装夹的方式也由于需要进行对准等工序,使得工人在装夹换向器工件时效率较为低下、工人的劳动强度较高。

4.1.2 创新设计自动控制装卸料、夹紧松开,能将产品无间隙加工好、并且即刻进行检验、防止产生批量不合格产品。

4.1.3 采用伺服电机实现精确的位置控制和严格的速度同步运动控制设计。伺服驱动器通过在驱动器内部的电流环,速度环和位置环都进行了精确的控制技术和算法运算,在功能上可以进行精确的位置控制、扭矩控制、转速控制等,增加了运行的稳定性。

## 4.2 换向器双机头铣槽铣钩专用机

全自动电机换向器双机头铣槽铣钩专用机,创新设计铣槽装置包

括刀轴和设于刀轴上的刀头,刀轴由电机驱动且刀轴可在机架上上下下移动,刀头切割方向与夹料装置平行,并采用一对机变革为一机、两道工序在一机内完成,设置两台机即满足生产线要求。产品具有自动上下料、自动定位的功能。

4.2.1 创新设计一种电机换向器铣槽铣钩装置,包括工作台、送料皮带、收送料装置、机械手架、多个夹料装置、多个铣槽装置和出料道。该装置出料道连接送料皮带,收送料机构包括限位座、输料块、进料滑道、推料板和收料杆,限位座滑动连接工作台。输料块整体呈“S”型,工作台上设有对准出料滑道的托盘,机械手架可在工作台上左右移动。铣槽装置包括刀轴和设于刀轴上的刀头,刀轴由电机驱动且刀轴可在机架上上下下移动,刀头切割方向与夹料装置平行。

而目前,电机换向器开槽的加工方式,依赖于人工上料、定位、取料,这种加工方式不仅工作人员劳动强度大,效率低下,且安全系数低,容易发生工伤事故,不利于提高生产效率。

4.2.2 优化整机设计。原有洗钩洗槽机分为两台机加工、速度太慢满足不了生产线的要求、且多台机并联又难以解决装卸料的进行。因此把原机改成为立式、一对机变革为一机、两道工序在一机内完成,设置两台机即可满足生产线要求。

4.2.3 采用 PLC 智能化触摸屏控制,产品使用机器代替人工作业,自动化程度高,降低劳动成本,增加安全系数,使生产效率更高。

### 4.3 换向器两位移动式砂光研磨专用机

由于种种原因原有砂光、研磨机不便适合实现自动化、更是转盘大不易维护。为了实现自动化,设计为两位移动式的砂光研磨机。全

自动电机换向器两位移动式砂光研磨专用机产品采用产品采用全自动换向器砂光研磨装置。其研磨机构由砂磨机和毛刷机组成,研磨机构可在工作台上前后移动,两组毛刷机分别对应两组上、下夹头,两组毛刷机的毛刷轮形成夹角,具有自动控制装卸料、夹紧松开、能将产品无间隙加工好,通过机械手将换向器自动运送到上、下夹头,使研磨机构能对换向器的外圆进行研磨,无需工人的手工操作,减小了工人的劳动强度也提高了工作效率,并且由于消除了人工带来的误差,提高换向器精度。

4.3.1 创新设计全自动换向器砂光研磨装置。其包括工作台和传送皮带。工作台内设有研磨机构和多组上、下夹头及设有进料道、出料道和机械手架。机械手架两侧机械手在行程最大处分别与进料道、出料道相对应。研磨机构由砂磨机和毛刷机组成,研磨机构可在工作台上前后移动,两组毛刷机分别对应两组上、下夹头,两组毛刷机的毛刷轮形成夹角。

4.3.2 创新设计自动控制装卸料、夹紧松开、加工能将产品无间隙加工好,通过机械手将换向器自动运送到上、下夹头,使得研磨机构能对换向器的外圆进行研磨,无需工人的手工操作,减小了工人的劳动强度也提高了工作效率,并且由于消除了人工带来的误差,使得加工出来的换向器精度更高。

4.3.3 采用 PLC 智能化触摸屏控制,产品控制自动装料卸料,提高装夹的效率和精度,也减小了工人使用时的劳动强度,增加了运行的稳定性。

#### 4.4 换向器液压三道模式弯钩专用机

由于原有弯钩工序用冲床单项人工操作、人员事故多发、现设计为液压三道模压弯钩、全过程由程序控制系统执行。全自动电机换向器液压三道模式弯钩专用机产品的弯钩冲压过程分三步完成,有效防止弯钩部折断,使生产效率更高。并采用 PLC 智能化触摸屏控制,生产全过程由程序控制系统执行、自动控制装卸料、夹紧松开、加工,能将产品无间隙加工好。实行无人操作、杜绝操作人员的安全事故。

4.4.1 创新设计换向器弯钩装置,其包括工作台、送料皮带、机械手架和多个冲压装置,工作台上设有对准托盘的进料轨道和对准送料皮带的出料轨道,机械手架可在工作台上左右移动。冲压装置包括互相对应的底座和冲头,冲头可在机架上上下下移动。首个冲压装置的底座弯钩模腔为斜面,第二个冲压装置的底座为冲压装置的底座弯钩模腔为平面,第三个冲压装置的底座弯钩模腔为成型锥面。

而目前,大部分换向器的弯钩工作依赖于工作人员一对一的生产方式,手动将换向器放入冲床的夹具中,再用冲床一次成型弯钩,上述换向器弯钩过程不能实现自动化生产,容易折断换向器弯钩部,工作效率低下,劳动强度大,同时也提高了生产成本。

4.4.2 整机优化设计液压弯式三道模弯钩机;由于原有弯钩工序用冲床单项人工操作、人员事故多发、现阶段更改为液压移位式三道模压弯钩、全过程由程序控制系统执行、实行无人操作、杜绝操作人员的安全事故。

4.4.3 创新设计自动控制装卸料、夹紧松开、加工能将产品无间隙加工好、并采用 PLC 智能化触摸屏控制,产品控制自动装料卸料,提高装夹的效率和精度,也减小了工人使用时的劳动强度。

#### 4.5 换向器绝缘耐压检测专用机

将工艺流程中产品的耐压、绝缘检验采用程序控制、自动进行检验工作、减少工作人员。全自动电机换向器绝缘耐压检测专用机能够将整条生产线工艺流程中产品的耐压、绝缘检验利用智能数控程序进行自动检测,也能自动对换向器的换向片进行绝缘检测及对换向器的内圆面与外圆面的耐压性进行检测。具有对加工完成的换向器进行全方位的绝缘耐压检测,并且对不合格的换向器进行提示。

### 五、电机换向器行业创新发展的建议

为此,我们建议:温州大学机电工程学院、温州市科技情报研究所、温州市机械工程学会与瑞安市博宇电器有限公司等公司产学研合作对瑞安市换向器行业进行创新发展的攻关。

为了适应国际主流创新发展的方法,他们从产品设计、技术研发、品牌建立、规模扩张作为产学研的核心工作,培育企业具备较强竞争能力。近年来国外电机企业纷纷进入中国国内市场,国际知名电机企业如博世、大陆、博泽、德昌、日本电装及万宝至等大都在中国设立生产基地。他们立足与其合作。目前,作为起步工作,从以下三方面作进行技术创新。

#### 1、《智能数控电机换向器生产线》提高无故障时间的研究。

1.1 整条生产线系统模式优化设计。优选合理的匹配参数,达到最佳的工作效果。

1.2 整条生产线系统自动化控制设计,采用伺服电机实现精确的位置控制和严格的速度同步运动控制设计,伺服驱动器通过在驱动器内部的电流环,速度环和位置环都进行了精确的控制技术和算法运

算，在功能上可以进行精确的位置控制、扭矩控制、转速控制等。

1.3 提高整条生产线设备的可靠性研究。包含有由六台机器组成，分别是电机换向器内孔、外圆加工专用机；电机换向器双机头铣槽铣钩专用机；电机换向器三道模式油压弯钩专用机；电机换向器两位移动式砂光、研磨专用机；电机换向器绝缘检测专用机

**2、进行电机换向器产品设计。**对产品进行模块化设计，包括结构设计、材料研发（如银铜合金、纳米材料、膜塑料的优选应用）、工艺的改进等。创造条件与国内大型电机企业及国际知名电机企业如博世、大陆、博泽、德昌、日本电装及万宝至等在中国设立的生产基地合作，参与电机换向器产品设计开发，这是换向器创名牌产品的技术前提。

**3、对国内外电机换向器的现状及发展方向进行较深入的调研，**为电机换向器的整体发展提供基础资料，也就是掌握竞争情报。