

学校编码: 10384

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

学 号: X2005223032

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

工 程 硕 士 学 位 论 文

二级送丝系统的设计与实现  
Design and Implementation of  
Secondary Wire Feeders Feeding System

姚 荣

指导教师姓名: 陈伟 副 教 授

专业名称: 控 制 工 程

论文提交日期: 2011 年 5 月

论文答辩日期: 2011 年 5 月

学位授予日期: 20 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2011 年 5 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名): 姚荣

2011 年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于     年     月     日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）： 姚荣

2011 年 月 日

---

## 摘 要

随着工业自动化的不断发展，焊接设备被广泛应用到各个加工制造行业中。同时电焊机技术也飞快发展。但作为电焊机其中的一个核心部分——送丝装置的发展就显得比较缓慢。送丝装置是焊丝的给进系统，精准的送丝是保证焊接质量的关键。

目前焊接系统绝大多数采用一级送丝系统，这使得送丝的距离受到极大限制，降低了焊接的效率。极少数的焊接系统有二级送丝系统，并且需配套专门的焊机才可使用，可移植性不高，且售价极高，难以在国内推广，为此开发一款通用、智能、价廉的二级送丝系统是电焊机技术发展的必然趋势。

本课题将直流电机控制技术、单片机控制技术与电焊机技术相结合，利用单片机高效的计算处理能力、光电编码器的转速反馈和直流电机的执行能力研发并制作出通用接口型二级送丝系统。

该产品实现对一级送丝机的实时数据采集和分析处理，能识别一级送丝机的转向以及转速，并让二级送丝机自动跟随一级送丝机的动作；具备手动送丝功能，用户可调整设置手动送丝的转速；同时具备记忆能力，可存储用户的数据、带显示数码管可实时显示转速以及参数等等。产品具有技术先进、使用方便、快捷、价格便宜、通用性强等特点，可与当前焊接行业市场五花八门的焊机配套使用。

全文将从五个章节来介绍整个课题的设计与实现，二级送丝系统充分利用直流电机控制技术、自动化控制技术和模块化程式的设计思想。在硬件方面，采用功能强大、抗干扰能力强、体积小的 PIC 单片机作为系统的核心，使用 MOS 管驱动方案，通过对其硬件设备进行集成化、模块化的工业设计，并制定出一整套的软、硬件给予实现，并装到实际焊机中测试调整。在软件方面，采用更贴近硬件的面向过程编程思路以 C 语言形式结合当前成熟的 PID、PWM 等直流电机控制技术思想实现对实时数据的采集分析和处理。同时，为有效缩短产品开发周期和开发成本，设计中还采用 Proteus 计算机仿真软件，在 PC 上仿真整套二级送丝系统的运行。

**关键词：**焊接设备；二级送丝系统；直流电机控制

---

## Abstract

Nowadays, following the fast development of the industry robotization, the welding machine have been applied widely to all kinds of manufacturing field. Meanwhile, the technology for the welding machine is developing very fast. But the welding feeder technology developed looks a little slow which is the feeding system and the key unit of the welding machine.

At present, most welding machine adopt only first grade feeding system which limits the distance and welding efficiency. Then it is really required a secondary feeding system with better cost effective for the welding industry.

This topic will combine the DC motor control technology with Single-chip Microcomputer (SCM) control technology and also welding machine technology. It adopts the high-efficiency calculating ability of the SCM and photo electricity encoder as well as the excellent performance of DC pancake motor. The system carry out the real-time data collection and analysis for the first grade feeding device to identify the rotation and speed, meanwhile it makes the secondary feeding system following the action of the first feeding device. It has many multi abilities like manual operation, memory, anti-jamming etc.

The full text from five chapters to introduce the whole issue of the Design and Implementation, with an emphasis on the control technology of DC motors and modularization overall design, system hardware and software design, and also the design adopts Proteus emulation program to emulate the running of the whole system in details.

**Key words:** Welding machine Secondary feeding system DC motor control

# 目 录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| <b>第一章 绪论</b> .....              | 1  |
| 1.1 研究的目的和意义 .....               | 1  |
| 1.2 二级送丝机送丝系统的研究发展概况 .....       | 2  |
| 1.3 本文的主要研究内容 .....              | 4  |
| <b>第二章 二级送丝机送丝系统的结构与原理</b> ..... | 5  |
| 2.1 焊接对送丝机的要求 .....              | 5  |
| 2.1.1 焊机送丝机的基本参数.....            | 5  |
| 2.1.2 对送丝机送丝牵引力的要求.....          | 6  |
| 2.1.3 有关送丝机送丝速度的抗干扰能力的规定.....    | 6  |
| 2.2 焊接送丝原理及方式 .....              | 6  |
| 2.2.1 送丝原理 .....                 | 6  |
| 2.2.2 焊机的送丝方式 .....              | 8  |
| 2.3 二级送丝机构原理 .....               | 9  |
| 2.4 二级送丝机送丝系统的组成 .....           | 10 |
| <b>第三章 二级送丝控制系统的理论基础</b> .....   | 12 |
| 3.1 运动控制系统相关原理 .....             | 12 |
| 3.1.1 关于直流电机的原理 .....            | 12 |
| 3.1.2 直流电动机的基本关系式.....           | 12 |
| 3.2 常见的电机控制电路与方法 .....           | 14 |
| 3.2.1 PWM 控制理论 .....             | 15 |
| 3.2.2 单片机的 PWM 模块.....           | 18 |
| 3.3 电机速度的测试方法 .....              | 23 |
| 3.4 电流检测及保护 .....                | 29 |
| <b>第四章 二级送丝机送丝系统的设计构思</b> .....  | 33 |
| 4.1 总体功能概述.....                  | 33 |
| 4.2 与一级送丝电机相关的功能描述.....          | 33 |

---

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| 4.3 与二级送丝电机相关的功能描述         | 35        |
| 4.4 与输入输出人机交互界面相关的功能描述     | 35        |
| 4.5 其他外围电路相关的功能描述          | 37        |
| <b>第五章 二级送丝机送丝系统的实现与调试</b> | <b>39</b> |
| 5.1 与其他外围电路相关功能的软硬件设计      | 39        |
| 5.1.1 直流稳压电源回路设计           | 39        |
| 5.1.2 主芯片的外围电路             | 39        |
| 5.2 与一级送丝电机相关功能的硬件设计       | 40        |
| 5.2.1 光电编码器脉冲接收电路          | 40        |
| 5.2.2 一级送丝电机正反转检测电路        | 41        |
| 5.2.3 判定一级送丝电机停止或转动的软件设计   | 42        |
| 5.2.4 判定一级送丝电机转动方向的软件设计    | 43        |
| 5.2.5 判定一级送丝电机转动速度的软件设计    | 44        |
| 5.3 与二级送丝电机相关功能的硬件设计       | 45        |
| 5.3.1 二级送丝电机的测速硬件电路        | 45        |
| 5.3.2 二级送丝电机的驱动硬件电路        | 46        |
| 5.4 与输入输出人机交互界面相关功能的软硬件设计  | 48        |
| 5.4.1 人机交互输入输出功能           | 49        |
| 5.4.2 人机交互软件设计             | 51        |
| 5.4.3 数码管显示的处理与输出的软件设计     | 54        |
| 5.4.4 二级送线机送丝系统的装机实时监控调试   | 55        |
| <b>总结展望</b>                | <b>57</b> |
| <b>参考文献</b>                | <b>58</b> |
| <b>致谢</b>                  | <b>60</b> |

---

## Contents

|   |    |
|---|----|
| <b>Chapter 1 Introduction</b> .....   | 1  |
| 1.1 The significance & purpose of the Research .....  | 1  |
| 1.2 Research Survey of the Secondary Feeding System .....                                       | 2  |
| 1.3 Contents of this paper .....  | 4  |
| <b>Chapter 2 The principle and structure of the Secondary Wire Feeders Feeding System</b> ..... | 5  |
| 2.1 The required Wire Feeders Standards .....   | 5  |
| 2.1.1 The parameter of Wire Feeders.....  | 5  |
| 2.1.2 The requirement of wire feeding tractive force .....                                      | 6  |
| 2.1.3 The anti-jamming regulation of feeding speed .....  | 6  |
| 2.2 The principle and manner of wire feeding .....  | 6  |
| 2.2.1 The wire feeding Principal .....  | 6  |
| 2.2.2 The wire feeding manner of the welding machine .....                                      | 8  |
| 2.3 The principle of the Secondary wire feeding structure .....                                 | 9  |
| 2.4 The constitution of the Secondary wire feeding system .....                                 | 10 |
| <b>Chapter 3 The theoretic foundation of the control system for the Secondary Feeding</b> ..... | 12 |
| 3.1 The principle of motion control .....   | 12 |
| 3.1.1 The principle related to DC motor .....   | 12 |
| 3.1.2 Basic expression of the relation for DC motor.....  | 12 |
| 3.2 The common control circuit and method of the motor.....                                     | 14 |
| 3.2.1 The theoretic of PWM control.....   | 15 |
| 3.2.2 PWM mould of SCM .....  | 18 |
| 3.3 The inspecting method of motor speed.....   | 23 |
| 3.4 The inspection and protection of the current .....  | 29 |

---

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Chapter 4 The scheme of secondary wire feeder feeding system</b>                     | <b>33</b> |
| 4.1 The frame of the system   | 33        |
| 4.2 The function related to the first grade feeding motor                               | 33        |
| 4.3 The function related to the secondary grade feeding motor                           | 35        |
| 4.4 The function related to the input and output interface for man-machine conversation | 35        |
| 4.5 The function related to other peripheral circuit                                    | 37        |
| <b>Chapter 5 The Realization of the secondary wire feeder feeding system</b>            | <b>39</b> |
| 5.1 Hardware and Software design of other peripheral circuit                            | 39        |
| 5.1.1 Design of DC Constant Voltage power supply  | 39        |
| 5.1.2 Design of peripheral circuit for main chip  | 39        |
| 5.2 Hardware design related to the first grade feeding motor                            | 40        |
| 5.2.1 Incept circuit for photoelectric encoder pulse                                    | 40        |
| 5.2.2 Inspection circuit for the first grade feeding motor rotating direction           | 41        |
| 5.2.3 Identification software design of the motor action                                | 42        |
| 5.2.4 Identification software design of the motor rotating direction                    | 43        |
| 5.2.5 Identification software design of the motor speed                                 | 44        |
| 5.3 Hardware design related to the secondary grade feeding motor                        | 45        |
| 5.3.1 Speed inspection circuit for the secondary grade feeding motor                    | 45        |
| 5.3.2 Driving circuit for the secondary grade feeding motor                             | 46        |
| 5.4 Hardware and Software design of man-machine conversation                            | 48        |
| 5.4.1 The input and output function of man-machine conversation                         | 49        |
| 5.4.2 Software design of man-machine conversation                                       | 51        |
| 5.4.3 Software design of nixietube display and output                                   | 54        |
| 5.4.4 System operation and real-time monitoring   | 55        |
| <b>Summary and expectation</b>  | <b>57</b> |
| <b>Reference</b>  | <b>58</b> |
| <b>Acknowledgements</b>   | <b>60</b> |

## 第一章 绪论

### 1.1 研究的目的和意义

焊接是制造业中传统的、重要的加工工艺方法之一，广泛地应用于机械制造、航空航天、能源交通、石油化工、汽车制造、船舶制造、建筑以及电子等行业。随着科学技术的发展，焊接已从简单的构件连接或毛坯制造，发展成为制造业中的精加工方法之一。随着制造业的高速发展，传统的手工焊接已不能满足现代高科技产品制造的质量、数量要求，现代焊接加工正在向着机械化、自动化的方向发展。近年来，焊接自动化在实际工程中的应用取得了迅速发展，已成为先进制造技术的重要组成部分。

焊接自动化是通过先进的焊接设备，在焊接过程中利用自动化控制系统，执行焊前装配的准确快速装卡及焊接过程中的实时监控和焊后产品的质量检测，以实现零件批量化、柔性化生产，确保稳定的产品质量和高生产效率。焊接自动化有两方面的含义：一是焊接工序的自动化，二是焊接生产的自动化。焊接生产自动化是指焊接产品的生产过程，包括从备料、切割、装配、焊接、检验等工序组成的焊接生产全过程的自动化。只有实现了焊接生产全过程的自动化，才能得到稳定的焊接质量和均衡的焊接生产节奏以及较高的焊接生产率。而单一焊接工序的自动化是焊接生产自动化的基础。仅就焊接工序的自动化来说，就要考虑到焊接过程及焊接装备的自动控制问题。关于焊接过程和焊接装备的自动控制又包含许多内容，如焊接程序的自动控制、焊接参数的自动控制、焊接夹具的自动控制、自动上下料、送丝系统等。然而，焊接工序自动化的最基本问题是应用自动焊机和焊接机械装备构成焊接自动化系统，通过焊接程序的自动控制，完成工件的自动焊接。因此根据焊接工件的结构特点与焊接质量要求，构建合理的焊接自动化系统是实现焊接自动化的前提。

2008 年爆发的全球金融海啸给中国制造业带来巨大危机。为更好地在危机中谋求生存，企业只有改善加工手段、提高产品质量、提升劳动生产率、快速实现商品的更新换代并降低劳动强度，来增强企业竞争力。因此，越来越多的加工制造企业开始关注以焊接机器人为代表的焊接自动化技术，尤其对高端集成大型专用焊割设备的需求日益增多，这类设备均采用空中手臂焊接机器人，该技术可

使电缆内置于机械腕中，避免焊接电缆和信号电缆随着机械腕的运动而移动；同时，避免保护气体的软管组件受到机械性损伤，延长电缆寿命。但要求焊丝通道顺畅，才能保证焊接质量。通常用的送丝系统为单一的推丝式和拉丝式，无法保证送丝稳定性，因此无法适用于自动化焊接用的空中手臂。

为了保证送丝稳定性，以及为空中手臂焊接机器人提供先进的送丝机构，本文就单一焊接工序的自动化技术二级送丝机送丝系统进行了研究。二级送丝机作为一级送丝机的协作送丝装置，将焊丝从焊丝桶内拉出后，送至一级送丝机的进丝处，从而减少一级送丝机的拉丝阻力，达到更长距离，更稳定的送丝效果，并极大地提高生产效率、加工精度和产品质量，尤其适用于上述自动化焊接系统。

## 1.2 二级送丝机送丝系统的研究发展概况

焊接技术是随着金属的应用而出现的，焊接方法主要经历了铸焊、钎焊、锻焊、电弧焊、埋弧焊、熔化极惰性气体保护焊（MIG 焊）、等离子焊、电子束焊、激光焊及电阻焊等等。随着世界制造业的快速发展，焊接技术应用越来越广泛，焊接技术水平也越来越高。新的焊接工艺方法不断涌现，专业焊接设备日新月异。熔化极惰性气体保护焊（MIG 焊）自 1948 年问世以来，以其熔敷效率高、焊接质量稳定、能全位置焊接等特点得到广泛应用，是当今世界的主要焊接方法之一。

众所周知，经过几十年的发展，我国的钢铁产量已经从 1989 年的 6000 万吨提高到 2008 年的 4.89 亿吨，焊接材料从 44.7 万吨增加到了 346 万吨，发生了巨大的变化，如果按消耗材料统计，工业发达国家的气体保护焊的焊接材料占总焊接材料的 60% 以上，日本达到 80%，我国只有 20%，自动化程度明显偏低。近年来，逆变技术、计算机技术、软件技术的进步推动了熔化极惰性气体保护焊的发展，出现了许多高效、自动化及低成本的气体保护焊新技术，尤其是数字化技术的出现，使得气体保护焊实现了对焊接过程的精确控制，而计算机则使气体保护焊的发展逐渐从技艺走向科学。随着企业的技术进步及对生产效率、产品质量提高的不断追求，熔化极气体保护焊（MIG 焊）迅速发展，得到越来越广泛的应用。

熔化极气体保护焊（MIG 焊）是焊丝（金属丝）通过焊枪送进，并在电弧中燃烧的过程。焊丝具有承载焊接电流及作为填充金属的作用。电弧电能由焊接

电源供给。焊接电弧和焊接熔池由气体来保护，保护气体可以是惰性的，也可以是活性的。惰性气体不与熔融金属反应，例如氩和氦；另一方面，活性气体参与电弧及熔融金属的反应，例如氩气中含有微量的二氧化碳气体。为提高焊接性能，很重要的一点便是选择正确的焊接参数。熔化极气体保护焊中的重要参数有：焊接电压、送丝速度及保护气体流量等。大量应用于各种焊机，如晶闸管可控硅焊机、逆变焊机及数字化控制的焊机。

六年前，数字化控制的焊机还只是少数几个国际知名公司的“尖端科技”。从2009年开始，在国际上数字化控制已属平常，数字化控制焊机甚至已经不再是销售的卖点。在芬兰 KEMPPPI 和奥地利 Fronius 的推动下，数字化焊机已进入产品规模化生产阶段。而数字化控制的逆变焊机对送丝机送丝系统的数字化控制依赖是越来越重要。

数字化控制的逆变焊机的最大优势体现在熔化极气体保护焊（MIG 焊）过程中，因此除了电源问题之外，送丝机的控制也非常重要。如果没有稳定送丝速度，很多先进的控制方法都无法实现，如脉冲（MIG）的核心问题就是电流波形与送丝速度之间的合理搭配。目前，国内脉冲 MIG 焊机的主要差距不是在电源方面，而是在送丝机方面。国外同类产品都是采用具有速度反馈控制的送丝机，而国内大多还在使用电压反馈控制的送丝机。随着焊接工艺要求的提高，对于送丝机要求不仅仅是速度稳定，对于响应速度的要求也越来越高。例如 CMT 技术的核心就是焊丝的反抽控制，这点同样在引弧技术中起到关键作用。数字化控制的交流伺服电机已经替代传统的直流电机在送丝机在高档焊机中使用，由此可见逆变焊机的数字化控制从电源部分扩展到送丝机也是一种发展趋势。送丝机、自动焊接小车、焊枪等基础件研究也逐渐得到行业重视。

长期以来，CO<sub>2</sub> MIG 送丝机、自动焊接小车被焊接人士认同为电焊机的辅机具，未受到焊接界的高度关注。其实，这类产品是焊接电源不可或缺的重要部件，代表着 CO<sub>2</sub> MIG 焊接、埋弧焊机的应用深度及自动化水平。一个好的焊接电源所提供的是焊接能量与驱动程序，而焊机追求的焊缝质量、焊接效果及焊接效率，这又都是通过送丝机送丝系统或自动小车连接焊枪合成后，与焊接电源组成完整的焊接系统才能体现出来。因此，这些辅机具质量的差异性、可靠性直接制约了主电源焊接效能的发挥。随着焊接自动化的普及和提高，以及对焊接效

率的关注与追求，送丝机及自动焊接小车的位置和作用越来越突显、越来越被业内人士倍加重视。二级送丝机送丝系统更是因焊接技术进步的需求应运而生，势在必行的一项技术提升。

二级送丝机送丝系统在国外以 TBI 公司为代表的领先技术已实现应用数年，而国外很多成熟的技术在国内才刚起步，国内与国外焊接技术相比存在着较大的差距，其先进技术的发展历程对国内焊接技术的发展方向可以起到充分的借鉴作用。特别是欧美等发达国家的企业对焊接技术的研究非常深入、非常系统，从成套设备到焊接单机、从焊接材料到焊接辅助机具……不仅产品外观精美、色彩协调、性能稳定、可靠性好，而且技术特点非常鲜明，这些都值得我国企业学习与借鉴。

我们对国内外焊接技术的发展趋势以及焊接生产发展的新需求和新动向印象较深的是：核心技术的作用得以显现，数控和电源方面有发展，激光焊接技术成为一大亮点，机器人应用普及化。可以认为，世界焊接技术又跨上了一个新台阶，在高效、自动化、环境友好方面有了新的进步；焊接材料的种类更加丰富，焊接自动化、高效化、清洁化更加突出；焊接技术的综合成本更低，焊接对工业的服务更加广泛。同时，焊接中存在的手工、粗糙、脏乱、低速已基本消除，取而代之的是自动、精密、清洁、高效。

### 1.3 本文的主要研究内容

本文的主要研究内容是二级送丝机送丝系统的设计与实现。通过对焊接电源所提供的是焊接能量与驱动程序及一级送丝机送丝系统的分析，确定二级送丝系统总体方案的构架。主要如下：

第一章：绪论。简单介绍了焊接技术的发展历程，国内外研究发展状况，以及本课题的背景和意义。

第二章：二级送丝机送丝系统的结构与原理。

第三章：二级送丝控制系统的理论基础。

第四章：二级送丝机送丝系统的设计构思。

第五章：二级送丝机送丝系统的实现与调试。

## 第二章 二级送丝机送丝系统的结构与原理

焊接送丝速度的均匀和稳定，对焊接过程和焊接质量有重要的影响。承担送丝任务的送丝机构是焊机的重要部件。

在焊机里，如果是送丝机构单独作为焊机的一部分，完成送丝任务，这个独立机构就叫送丝机；送丝机构不是自成一体，而是与其他部件或机构构成一体，去完成送丝任务的，就叫送丝机构。送丝机构及其控制电路部分组成了送丝系统。

### 2.1 焊接对送丝机的要求

CO<sub>2</sub> 焊接时，送丝机应具有一定的送丝力，保证送丝速度均匀，无打滑现象。送丝速度应能在一定范围内均匀调节。

#### 2.1.1 焊机送丝机的基本参数

ZBJ 64004—1988 焊机的专业标准中，针对熔化极焊机的送丝机，对不同的焊接电流、适用焊丝直径、送丝速度的调节范围都做了规定，作为送丝机或送丝机构的基本参数。见表 2-1。

表 2-1 送丝机的基本参数

| 额定焊接电<br>流 (A) | 焊接电流/电压调节 (A/V) |        | 焊丝直径<br>(mm) | 送丝速度调节 (m/min) |       |
|----------------|-----------------|--------|--------------|----------------|-------|
|                | 上限不小于           | 下限不大于  |              | 上限不小于          | 下限不大于 |
| 160            | 160/22          | 40/16  | 0.6、0.8、1.0  | 9/12           | 3     |
| 250            | 250/27          | 60/17  | 0.8、1.0、1.2  | 9/12           | 3     |
| 315            | 315/30          | 80/18  | 0.8、1.0、1.2  | 12             | 3     |
| 400            | 400/34          | 80/18  | 1.0、1.2、1.6  | 12             | 3     |
| 500            | 500/39          | 100/19 | 1.0、1.2、1.6  | 12             | 3     |
| 600            | 630/44          | 110/19 | 1.2、1.6、2.0  | 12             | 2.4   |

从表 2-1 中可以看出，焊机的额定电流为 160~630A，对送丝机送丝速度的要求基本一致，为 3~12m/min，其中，630A 焊机适用的焊丝直径较粗，所以，送丝速度的下限降为 2.4m/min。

## 2.1.2 对送丝机送丝牵引力的要求

送丝机的牵引力对于保证送丝速度的稳定性至关重要。送丝速度不稳，将会破坏熔滴过渡、焊缝成形、焊接规范参数、电弧状态和焊接过程的稳定性。

为此，ZBJ 64021-1989 焊机专业标准中，规定了送丝机输送的焊丝直径范围对额定牵引力大小的要求。见表 2-2。

表 2-2 焊丝直径与送丝机应保证的送丝牵引力

|           |         |         |         |         |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| 焊丝直径 (mm) | 0.8-1.2 | 1.0-1.2 | 1.6-3.0 | 3.0-6.0 |
| 牵引力 (N)   | 50      | 100     | 150     | 200     |

## 2.1.3 有关送丝机送丝速度的抗干扰能力的规定

为了使送丝机能稳定地工作，上述标准中还对送丝机在各种干扰条件下送丝速度的变化率做了规定。

(1) 在规定的送丝速度范围内，电网电压在额定值 $\pm 10\%$ 波动时，送丝速度的变化率不得超过 $\pm 5\%$ 。

(2) 送丝装置从冷态开始工作，到热态时，其送丝速度变化率不应超过 $\pm 5\%$ 。

(3) 在规定的送丝速度范围内，当送丝牵引力由额定值的 $50\%$ 变化到 $100\%$ 时，送丝速度的变化率不得超过 $\pm 5\%$ 。

(4) 不论是推丝或拉丝的送丝方式，焊机在电网供电为额定电压时，送丝软管在平直状态与软管中部绕成 $\varnothing 400\text{mm}$ 一圈的弯曲状态的送丝速度变化率不应大于 $\pm 10\%$ 。

## 2.2 焊接送丝原理及方式

### 2.2.1 送丝原理

送丝系统是焊接设备的一个重要组成部分，必须保证焊丝能穿过 $5\text{m}$ 长的送丝软管。焊丝的送进及停止必须非常迅速，并且必须保证送丝顺畅、稳定，否则将会影响焊接质量。

焊丝轴放在制动轮毂上，其摩擦力可调。制动轮毂的作用是停止送丝时，轮毂停止转动，以保持焊丝处于恰当的位置。驱动轮推动焊丝送进送丝软管，即使是在正常使用的情况下，焊丝所受的摩擦力也是变化的，例如，当送丝软管的曲率发生变化时，或是送丝软管内有小颗粒或脏物堵塞时均会引起摩擦力的改变。送丝速度变化不应该太大，否则会引起焊接参数的变化。如果电动机上安装有脉冲振荡器及反馈系统，那么就可以实现对送丝速度的良好控制。送丝软管内的金属一般为螺旋状，但对于铝焊丝来说，为降低摩擦力，推荐使用塑料制品。

为在焊丝上施加送丝力，送丝轮必须啮合在一起。送丝力必须能够维持焊丝稳定送进，但又不能使焊丝变形过大。为增大焊丝与送丝轮的接触表面，可以在送丝驱动轮上加工出沟槽以与焊丝相匹配。此外，驱动轮的数量与其直径均会影响送丝。有几种不同的解决办法：

- 1) 两个送丝轮，其中一个轮为驱动轮，另一个为从动轮，驱动轮靠弹簧施加载荷。通常驱动轮上会加工出一些沟槽，而从动轮表面则是平面。
- 2) 两个驱动轮。
- 3) 四个驱动轮。

焊接不论是自动焊，还是半自动焊，都是采用自动送丝的方式。进行自动送丝要有送丝装置（送丝机构），其原理如下图 2.1 所示：

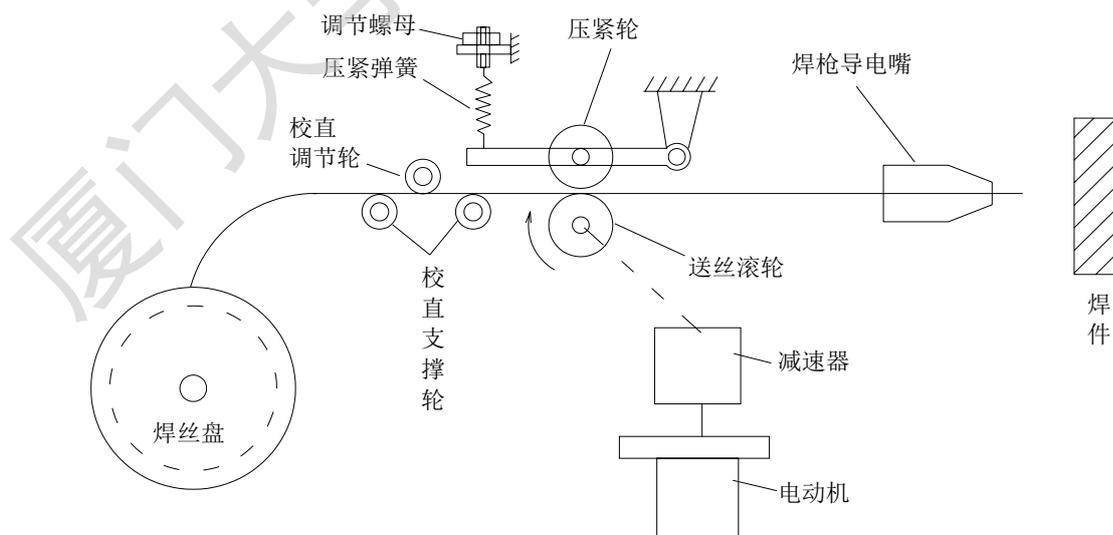


图 2.1 焊机自动送丝原理示意图

送丝机构的送丝过程是：焊丝从焊丝盘中出来，经校直轮校直后，通过送丝滚轮和压紧轮的挤压而产生送丝力，使焊丝进入焊枪的导电嘴并输出，进行焊接。送丝滚轮的转动是由送丝电动机经减速之后带动的。送丝的压紧轮可以通过调节螺母来调节。焊丝校直的效果也可以由中间的校直调节轮进行调整。这样，从焊丝盘到导电嘴，中间经过的这些机件和装置总称为送丝机构。简单地说，就是焊丝从焊丝盘经过送丝机构到焊枪的导电嘴，才能完成送丝过程。

焊丝的送丝机构，由电动机、减速器、送丝滚轮、压紧轮及调节装置和校直轮及调整装置等构件组成。

## 2.2.2 焊机的送丝方式

根据焊丝直径的不同，送丝调节系统可分为等速送丝方式和弧压反馈送丝方式：通常焊丝直径大于等于 3mm 时采用弧压反馈送丝方式，而当焊丝直径小于 2.4mm 时采用等速送丝方式。CO<sub>2</sub> 焊时采用的弧压反馈送丝方式与埋弧焊设备类似。

等速送丝方式总是与恒压源或缓降特性电源相配合，这时焊接电流的大小由送丝速度决定，而电弧电压由电源电压决定，可见送丝速度是十分重要的参数。在焊接过程中为保证焊接电流不变，就应保证送丝速度稳定。为调节电流，还要求送丝速度能在一定范围内实现无级调节。

### 1. 送丝机

CO<sub>2</sub> 半自动焊在国内外的应用十分广泛。根据焊丝直径及施工要求，CO<sub>2</sub> 焊送丝机通常有 4 种形式：推丝式、拉丝式、推拉丝式和加长推丝式。

a. 推丝式主要用于直径为 0.8~2.0mm 的焊丝，它是应用最广的一种送丝方式。

其特点是焊枪结构简单轻便，易于操作，特别是送丝机独立，维修和调整都很方便。但焊丝从送丝滚轮送出（推出），需要经过 3~5m 的送丝软管的传输，才能进入焊枪的导电嘴输出，焊丝在软管中受到较大阻力，影响送丝稳定性。软管的刚性与长度等皆对阻力有影响，软管的刚性过大，送丝阻力可以减小，但操作起来不灵便；软管刚性过小，送丝阻力大，但操作灵活，所以软管刚性应适当。另外，软管长度过长时，阻力也大，所以软管长度也不

应过长，一般软管长度为 3~5m。

- b. 拉丝式主要用于细焊丝（焊丝直径小于或等于 0.8mm）因为细丝刚性小，推丝过程易变形，难以推丝。拉丝时送丝电机与焊丝盘均安装在焊枪上，由于送丝力较小，所以常常选用 10W 左右的小电机。焊丝盘容量大约为 0.7。尽管如此，拉丝式焊枪仍然较重。可见拉丝式虽保证了送丝的稳定性和送丝速度，但由于焊枪较重，增加了焊工的劳动强度。
- c. 推拉丝式送丝机可以增加焊工的工作范围，克服了使用推丝式焊枪操作范围小的缺点，送丝软管可以加长到 10m，是除推丝机外，还在焊枪上加装了拉丝机。这种情况下，推丝是主要动力，而拉丝机只是将焊丝拉直，以减小推丝阻力。推力和拉力必须很好地配合，通常拉丝速度应稍快于推丝。这种方式虽有一些优点，但由于结构复杂，调整麻烦，同时焊枪较重，因此作为半自动焊应用并不多，主要用于自动焊。
- d. 加长推丝式可以满足焊工在更大范围内工作的需要。这时送丝软管可以加长到 20m，主推丝机安装在焊机附近，而辅推丝机放置在焊接施工处，两者之间距离为 10~20m，焊丝从辅推丝机送出后仍有 3-5m 的活动范围。这种方式也就是我们本文所要设计开发的二级送丝机系统的送丝机构部分，其不但可以加长送丝距离，还能减轻工人的劳动强度，深受用户欢迎。

### 2.3 二级送丝机构原理

在半自动焊机的使用过程中，经常需要焊接很长的焊缝，移动焊机很不方便，有的焊机受电网电源线的限制，根本不能移动，推丝的导丝软管又不够长（3~5m），可采取接长导丝软管且加大送丝力量的方法，也就是采取推丝接力送丝的方式见图 2.2，即二级送丝方式，利用送丝的合力克服导丝软管的摩擦力。这样，可使送丝软管的长度加长到 20m，使焊机的应用范围显著扩大。

在二级送丝方式中，第二级的推丝是送丝的主要动力，保证着焊丝的输送。第一级送丝的动力起着随时将焊丝拉直，保证送丝速度稳定的作用。一、二级的两个电机应协调。为了保证焊丝始终处于被拉直的状态，第一级的速度应稍快于第二级。

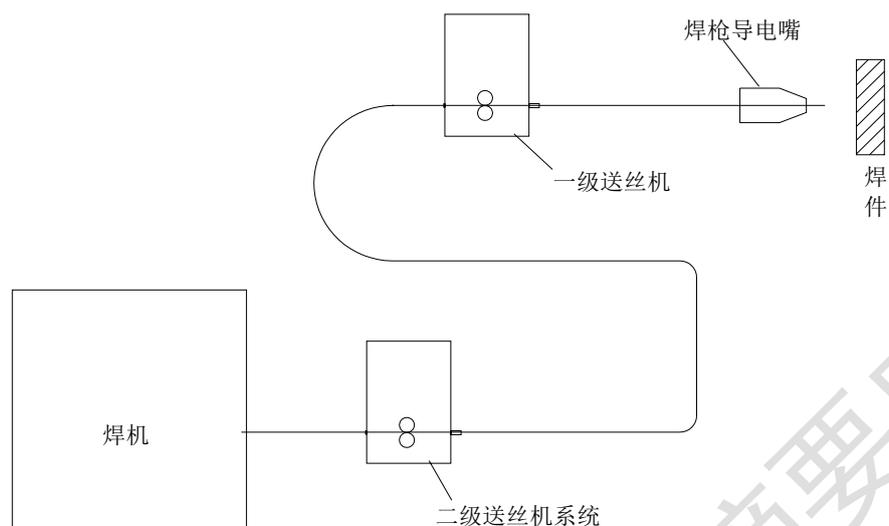


图 2.2 二级送丝方式

## 2.4 二级送丝机送丝系统的组成

二级送丝机系统不是单纯的一台象一级送丝机一样的机构。根据功能的不同，二级送丝机送丝系统可划分为以下功能模块：送丝电机，测速装置，控制电路板，电源系统，送丝托架，用户界面等。

送丝电机采用松下电焊机所配套送丝机上大量使用的 PML 送丝电机，额定工作电压为 18.3V 和 24V，在本系统应用中输入功率可控制在 150W 以下。送丝电机除了正常的往前送丝功能外，还可带反转退丝、刹车、过负载保护（堵转保护）、断电异常保护、设置并存储用户参数等功能。

测速装置，采用光电编码器测速，用于实时测量二级送丝电机的转速，主芯片根据编码器反馈回来的脉冲信号，换算成相应的转速信号。

控制电路板是整套二级送丝机的核心部分，是实现一二级送丝机同步动作的关键。主要功能是处理一二级送丝机上的光电编码器转速信号，驱动二级送丝电机，接收和存储用户输入信息，显示操作界面等等。

电源系统是为了提供二级送丝电机，二级送丝编码器，控制板主芯片电源，显示屏幕等所需的直流电压电源。

送丝托架是为了让焊丝从焊丝桶平缓，不受磨损的被拉出经由二级送丝机送

至一级送丝机后，供电焊机焊接使用。

二级送丝控制系统归根结底是运动控制系统，也可称为电力拖动控制系统。其任务是通过控制电动机电压、电流、频率等输入电量的控制，来改变工作机械的转矩、速度、位移等机械量，使各种工作机械按人们预期的要求来运行。

运动控制系统由电动机及负载，功率放大与变换装置，控制器及响应的传感器等构成，其结构如图 2.3 所示。

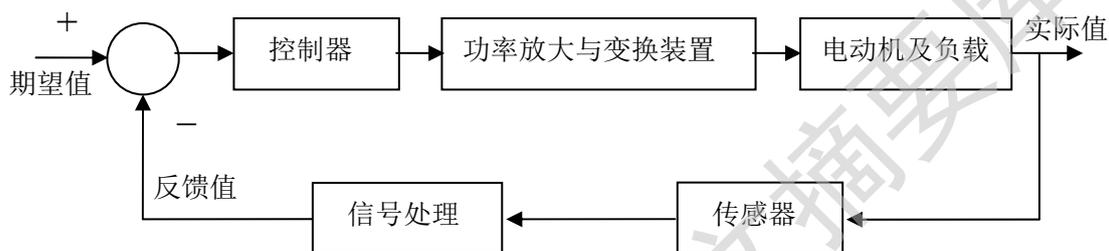


图 2.3 运动控制系统结构图

开始时，控制系统按预控制电动机及负载运动状态的期望值给出控制信号，该控制信号经控制器以及功率放大与变换装置处理之后，变为可直接作用于电动机的控制量，从而直接控制电动机运动。然而此时的控制系统处于开环控制，必然存在控制上的偏差。为消除这种偏差，可通过闭环控制来实现。

开环控制与闭环控制的区别在于反馈，这也是自动控制的精髓。控制系统若缺少反馈，就只能是开环控制，其效果和精度将不甚理想，微小的干扰都可能引起极大的控制误差。而闭环控制中，反馈量实时反映了被控制对象的状态，同时系统的控制量又是期望值与反馈值的差值，一旦期望值不等于反馈值，则控制量将不为零，从而实现对被控对象的微调操作，以达到最终的期望输出值。

反馈量主要取之于最终的控制量以及影响最终控制量的其他因素，在本系统中主要是电机的转速以及电枢电流等。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库