
摘要

现代化的涂装生产线设备的数量多，品种也多，结构复杂，电气控制的自动化程度高，实现了对生产线各个环节的设备动作、状态及工艺参数严格的控制，同时也给设备的维护和故障的诊断提出了更高的要求。

本文在分析汽车厂涂装线设备故障的基础上，着重分析了电气控制中 PLC、PID 及现场总线、变频技术的应用，针对典型故障提出了减少故障损失和进行故障处理的方法。

PLC 控制是涂装线的电气控制的核心，PLC 通过对输入信号进行逻辑处理(按 PLC 程序)来控制输出信号。PLC 应用广由于 PLC 本身的可靠性较高，电气故障主要是由于输入信号出错产生的输出的误动作。输入出错的原因主要有：电气线路本身的干扰信号引起输入信号出错；人为误操作引起的输入信号出错；传感器本身的误动作、误发号引起的输入信号出错。针对上述原因可分别采用信号屏蔽、程序改进或二者相结合的方式来解决，信号屏蔽主要针对电气线路的干扰信号有效，实际上更多的是采用程序改进的方式或信号屏蔽、程序改进二者相结合的方式。在屏蔽相关线路的同时通过完善设备的保护程序，减少干扰信号的影响，保护设备的安全；通过增加防止操作人员误操作的程序，减少由于误操作引起的设备事故。

通过改进 PLC 程序除了可以提高设备的可靠性和安全性外，更重要的是还可以通过 PLC 程序实现对设备的在线故障监控，及时有效的发现、预防和减少事故的发生，减少破坏性事故。首先，增加错误状态的识别程序，对故障状态实时进行监控，出现不正常的信号状态或危险信号时，及时停机，保护工件及设备的安全。其次，增加对关键工位事故多发工位的程序和电气

改进的力度，针对关键工位专题研究，专门设计其运行程序，改进电气线路增加必要的开关，通过严密的逻辑关系和严格的限定条件严格控制程序动作，减少破坏性事故的发生。

温控中常见的问题：(1)对由 PID 参数设定问题使得温控滞后或执行机构的振荡，可以合理地试验、设定 PID 参数。(2)对炉内温度不均衡时，在排除设备本身的故障检查仪表和调功器后，还应该检查喷漆室的送排风，调整风量。(3)加热器温度偏高时，调节加热器风门或更换过滤材料。

现场总线在应用中主要考虑其通信电缆、通信电源故障，“T”型分支或终端电阻故障也会引起总线故障。

变频器应用中主要考虑减少其输出线路对周围线路的干扰，合理配线，根据负载情况合理设定其内部的过载保护、缺相保护、加减速时间、负载特性、频率上下限等参数。

对于其他常见机械、电气问题，主要通过加强设备点检、定期检查维修来解决：电机、制动器、行走轮的调整；电气元件、线路的损坏；机械部件的磨损、失效、损坏等。

通过 PLC 程序的改进、PID 参数的设定及其他电气设备的有效维护，可以使涂装线的设备运行的稳定性得到稳步的提高，设备故障率降低，恶性事故得到有效的控制。另外，还可以使工艺参数得到有效控制，使产品质量更加稳定。

关键词：PLC；PID；可靠性

Abstract

The modern painting line includes many equipment and many type. The structure is very complicated and automation of the electric control is very high. The electric unit strictly controls the motion of the equipment, condition of the painting line and the procedure parameters. In the same time the requirement of the equipment maintenance and trouble diagnosis become much higher.

This paper analyzes the trouble of the painting line of Qingdao Automobile Factory, focus on the application of PLC, PID, site bus and frequency conversion technology in electric control system, puts forwards the method of reducing trouble and trouble-shooting.

PLC is the center of the painting shop control system. PLC controls the output signals based on the logic analysis of the input signal. The main trouble is the mis-action from output signal caused by the input signal mistake. The PLC itself is very high in reliability performance. The main reason caused the input signal mistake includes electric wire interferences, wrong operation by man, mis-action from the sensor itself. The solution to the above problem is signal shielding, improvement of the program, or the combination

Abstract

The modern painting line includes many equipment and many type. The structure is very complicated and automation of the electric control is very high. The electric unit strictly controls the motion of the equipment, condition of the painting line and the procedure parameters. In the same time the requirement of the equipment maintenance and trouble diagnosis become much higher.

This paper analyzes the trouble of the painting line of Qingdao Automobile Factory, focus on the application of PLC, PID, site bus and frequency conversion technology in electric control system, puts forwards the method of reducing trouble and trouble-shooting.

PLC is the center of the painting shop control system. PLC controls the output signals based on the logic analysis of the input signal. The main trouble is the mis-action from output signal caused by the input signal mistake. The PLC itself is very high in reliability performance. The main reason caused the input signal mistake includes electric wire interferences, wrong operation by man, mis-action from the sensor itself. The solution to the above problem is signal shielding, improvement of the program, or the combination

of them. The shielding is very effective to interferences of the electric wire. But in fact, the more effective method is improving the program or the combination of signal shielding and program improving. With signal shielding and improving the equipment protection program, the effect from the interferences of signal will be reduced to the least so that the safety of equipment will be much higher. By the way of program to prevent the man-made error, the equipment problem caused by man will be reduced.

The reliability and safety of the equipment will be guaranteed by improving the PLC program. The more important is that by this way the site monitoring can be realized. So we can find, prevent and reduce the equipment problem and even reduce the destruct accident. Firstly, from the error conditions recognizing program, the failure state can be detected in the real time. When the abnormal signal or dangerous condition occurs, the machine will be stopped to protect the work piece and equipment. Secondly, to reduce destruct accident by the way of improving the program of accident easy occurred part, focusing on the key site of the production line, designing special program for them, updating the electric wire, setting essential switch, strictly controlling the action of program by rigorous logic relationship and strict limit condition.

The problem in the temperature control includes: (1) the parameter setting

to the PID causes the lag of temperature or the surge of executive device. The parameter can be set by experiment. (2) When the imbalance of stove temperature occurs, you should check ventilation of the painting room and the wind quantity after excluding the trouble of equipment, meter and power regulator (3) When the temperature of the heater is high than expected, regulate the wind switch or replace the filter material. The main facts we should consider are the trouble caused by the communication cable, communication power, T type branch or the terminal resistor problem in the application of site bus technology. The main facts we should consider are that reducing the interference from the output wire, distributing wire reasonably, setting the over load protection device, acceleration and deceleration time, load character, higher and lower limit of frequency, ect. in the application of transducer technology.

The solution to the other main mechanical and electrical problem is to the examination of equipment regularly, the regulation of motor, brake, executive wheel, check of the electric component and wire, recognition of the mechanical wear, inefficiency and destruction. With the improvement of PLC program, the parameter setting of PID and effective maintenance of other electric equipment, the reliability of the

operation of painting line can be more better. The equipment accident rate is depressed. Especially the worse matter will be controlled effectively. Moreover, the procedure parameter is controlled more effectively and the product quality will be guaranteed better.

Key words: PLC; PID; Reliability

第一章 绪论

1.1 引言

汽车制造业作为国家的支柱产业之一近年来发展迅速，随着国外汽车业不断以合作、合资等方式的涌入以及中国加入 WTO 后关税壁垒的逐步打破，汽车产业的竞争日趋激烈，参与竞争的国内外厂家越来越多，对产品、质量的要求也越来越高，对生产装备的技术水平和稳定性的提出了更高的要求。涂装技术作为汽车生产的四大工艺（冲压、焊装、涂装、总装）之一，近年来也得到了很快的发展，但同时由于汽车涂装线设备较多，种类杂，涉及机械运输设备、热工设备、化工设备等种类，控制方式涉及了 PLC 控制、PID 调节、现场总线技术、变频技术等方面，给设备的维修和故障诊断带来了一定困难。

1.2 国内外涂装线的发展情况

涂装层一般分为底漆、面漆，轿车类一般有中涂。随着化学工业的发展和汽车耐腐蚀性能要求的提高，汽车用底漆已经历了几次重大改革：由刷涂油性底漆到喷涂硝基底漆和合成树脂底漆；50 年代用浸涂溶剂型合成树脂底漆；60 年代初用浸涂水性底漆；再到电泳工艺的普遍采用（阳极电泳底漆和阴极电泳底漆）。近几年来厚膜电泳技术以其良好的边缘特性和高泳透力也开始得到重视应用。

汽车面漆是汽车多层涂装中最后涂层用的涂料。汽车面漆的发展：

- (1) 以植物油等天然树脂为基料的油性漆。
- (2) 硝化纤维磁漆。
- (3) 硝化纤维漆和醇酸树脂磁漆。
- (4) 醇酸树脂磁漆和胺基醇酸磁漆。
- (5)

高胺基含量的胺基醇酸磁漆、热塑性丙烯酸树脂磁漆和热固性丙烯酸树脂磁漆。除色彩鲜艳的本色漆外，还采用以铝粉为代表的金属粉末颜料即金属漆，使汽车平面漆的外观具有金属光泽感的金属闪光色。水性面漆以其环保无污染成为油漆发展、使用的新的趋势^[1]。

近些年来，汽车涂装技术在不断发展，涂装生产正在追求节能和提高环保水平，涂装质量要求高耐腐蚀性和高装饰性。为了使涂装生产尽量节能和减少环境污染，获得高质量的涂装产品，世界各大汽车厂家都在尽可能不断改进和采用新工艺和新设备，采用环保型涂装工艺。在世界范围内工业环保要求越来越高，世界上对汽车车身涂装中的有机挥发物（VOC）的排放量也有了严格要求，促使汽车车身涂装工艺向着高固体份、水性化和粉末化发展^[2]。

随着涂装材料的发展和涂装工艺的进步，涂装设备也不断的有新技术涌入。汽车涂装中常用的前处理、电泳设备类型较多、从零件运动形式分类，有间歇步进式和连续通过式；从处理液与零件的接触方式分类，有喷射式、浸渍式、及半喷半浸式。选用步进式或是连续通过式主要和要求的产量有关；采用间歇步进式前处理设备的一般适用于中小批量，例如每小时 12 辆份；采用连续通过式前处理设备的一般适用于大批量，例如每小时 50 辆份。喷射式、浸渍式、及半喷半浸式的采用与工件有关；对于箱形结构的零件为使内表面，门夹层等部位得到很好的处理，采用半喷半浸或全浸；对于形状的转为简单的零件，可以采用喷射式的设备。

新型涂装运输机。(1) 间歇步进式机械化装备：国内最常见的是“自行葫芦+吊具”的形式，也叫程控葫芦（Auto-Motor-Hoist），悬挂点在工

件运行的正上方;再先进一些的有摆杆链(Pendulum Conveyor),采用“U”形摆杆,悬挂点在工件两侧的上方^[3]。(2)连续通过式机械化装备:由最初的工作固定节距的简单悬链发展到由多组悬链和集放小车组成的复杂的悬链系统——推杆悬链(Power and Free Overhead Conveyor)。上述设备各有优缺点,共同的缺点是它们都不能解决车身内部诸多空腔结构体内的有效排气问题,尤其是车盖内的气袋问题,这些部位不能得到磷化和电泳处理。新型的多功能穿梭机(Vario-Shuttle)和 Ro Dip—Technology(全旋反向浸渍输送技术)为不仅解决了这些问题,而且继承了前述的运输机的所有优点^[4]。多功能穿梭机还具备在同一条生产线上实现多品种不同工艺的功能^[5]。

面漆常用涂装方法、装备。空气喷涂是靠压缩空气的气流使涂料雾化,在气流的带动下,喷涂到被涂物表面上的一种涂装方法。静电喷涂和无气喷涂近年来应用越来越多,大规模生产中,为提高产量和保证质量的稳定性,自动喷涂机(含机器人)在生产中普遍应用。旋杯是高转速杯式静电自动喷涂机的简称,目前已已成为当今汽车车身喷中涂、面漆(包括底色漆和清漆)的主流设备^[6]。利用旋杯喷涂,由于旋杯喷涂采用“静电吸附”的喷涂方式,上漆效率大大提高,可节省油漆,降低车身制造成本。根据地车身喷涂部位的不同,自动静电喷涂机分为侧喷机和顶喷机。车身进入喷涂区域入口前的车型检测光电管或下方的探头时,车型信息被检测出来,这些信息被传送到旋杯站的 PLC 上,调用 PLC 存储的相应程序,完成清洗、填充、喷涂、和排放工作。自动喷涂机根据车身仿型参数表,带动旋杯沿正确的喷涂轨迹运行,同时, PLC 按照喷涂表的指令,对各气阀和有关参数进行精细调节,如:旋杯转速、

喷雾形状、油漆和溶剂的流量。同时，使用旋杯系统能有效减少 VOC 的排放，利于环保。基于上述优点，目前国内外有一定规模的汽车厂都使用了旋杯喷涂以提高整车的市场竞争力。

涂膜的干燥和固化。烘干加热主要有对流、辐射等。对流加热是以热空气为媒介靠热风将热传导给涂膜和被涂物而加热升温；它的优点是加热均匀，适用于形状结构复杂的被涂物烘干及尺寸和重量大小不一被涂物混流生产的涂装线的烘干，是汽车涂装的涂膜烘干的主要方式，缺点是升温速度慢和热效率低。辐射加热通常是用红外线、远红外、高红外是从辐射源出来呈电磁波在空气中传播，辐射到物体后，被直接吸收转换成热能，使涂层的涂膜和底材同时加热；升温速度快，热效率和烘干效率高，但温度不易均匀，有照射盲点。现在常见的为辐射和对流相结合的方式。烘干炉的通过形式有“U”型炉，直通炉，“U”型炉保温效果好，但形式复杂；直通炉结构简单，保温效果差。燃烧机的形式有电加热，还有燃气、燃油燃烧加热。现在燃气炉较多，除了能源问题（节电）外环保问题也是燃气炉推广的原因，燃气炉燃烧过程中能把油漆挥发过程中的有害气体燃烧掉，减轻了对大气的污染，节省了废气燃烧的投资及运行费用。

电气控制方面，现在的涂装线大量使用 PLC 进行控制，现场总线技术、在线监测与故障诊断系统、方便直观的人机界面等也得到了推广，设备的技术含量越来越高，已经可以通过现场的 PLC、总线、网络对生产线的各种参数、故障状态的实时集中控制，其自动化程度越来越高。

但是，由于涂装线前处理电泳的水汽和脱脂、磷化、表调剂等其它各种化学药剂的影响使得设备的工作条件十分恶劣，另外电泳漆对工件

的要求十分苛刻（不得有油，否则会造成电泳漆的污染甚至报废），使得设备的润滑困难，造成涂装设备故障较多。同时，随着涂装线设备中自动化程度越来越高，大量的设备处在自动运行无人操作的情况下，给电气设备的可靠性和稳定性提出了较高的要求，给设备故障处理带来了一定困难，涂装线种类较多的附属设备及现代涂装线使用的高技术含量的自动喷涂机也使涂装线的电气控制更加复杂，故障处理较为困难。

1.3 汽车涂装线的现状

国内汽车厂尤其是中等规模汽车厂家，车身涂装线底漆多采用阴极底漆，面漆采用本色漆和不同漆色的金属漆，而车架涂装线、小件涂装线多采用阴极电泳底漆。

根据自身的产量和实际需要，车身、车架涂装线多采用了间歇步进式前处理设备，即“葫芦+吊具”的方式，小件涂装线常使用简单的悬链。前处理、电泳方式多采用浸、喷结合的方式，使用矩形主槽，槽液加热用间接蒸汽加热，工作槽上设顶部通风，槽液用泵来搅拌、循环。浸、喷结合的方式使得工件的表面得到更好的处理，泵的搅拌、循环使槽液均匀混合，有利于工件处理质量的稳定，也使得电泳后的漆膜均匀。

汽车面漆在喷涂方式上自动喷涂机应用较少，多采用空气喷涂，采用手工的冷喷涂和手工的静电喷涂两种方式，喷涂的装备水平较低，对操作人员的技能要求较高。

涂膜的干燥和固化。汽车涂装线主要采用对流和辐射相结合的加热方法，从烘干炉来说：车身涂装线多采用“II”型炉，车架涂装线和小件涂装线采用直通炉，加热方式有电加热和辐射方式加热，还有采用天然气燃烧加热。

汽车涂装线在用设备品种较多，机械运输设备有地面链、升降机、转运车、转台、悬链等；前处理、电泳设备有大量化工泵、清水泵、立式泵、电动调节阀、电磁阀等；还有各种风机以及纯水、超滤、反渗透、涂胶、喷漆、输调漆设备等成套设备。

在电气控制上，涂装线大量采用了先进的 PLC 控制的方式、PID 调节、以及变频技术、现场总线技术，系统复杂，具备一定的自动化水平，在这些技术的应用的同时也带来了一些新的问题和故障。

1.4 本论文的来源及研究的内容

青岛汽车厂涂装生产线是 1994 到 1995 年间相继投入使用的，在当时的条件下属于国内最先进水平的载重货车的涂装生产线，现已运行了八、九年，装备水平已经没有了优势，尤其近年来新上的一些涂装生产线装备起点都很高，对青岛汽车厂涂装生产线的设备维护和改进改造工作提出了更高的要求。本论文主要以青岛汽车厂涂装生产线的设备为例，针对汽车涂装生产线的设备现状，尤其是现有涂装生产线设备故障较多，装备维护繁琐的特点，对涂装生产线的设备故障进行分析，为涂装线的快速维修及处理提供参考。根据涂装生产线的故障特点及实际维修的情况，本文主要着重于设备的电气（PLC、PID 控制方面及涂装线特有的一些故障的分析处理，尤其侧重于机械运输设备中电气的故障分析及处理，同时也涉及一些汽车涂装线的特有的一些故障主要是多系统运行中的相关故障的处理，针对多发故障进行了分析，提出了科学的有效的改进措施，包括硬件的和软件的改进及参数调节。

第二章 汽车涂装线功能和结构

2.1 涂装线的功能

第二章 汽车涂装线功能和结构

2.1 涂装线的功能

涂装系指将涂料覆于（基底表面）物面上，经干燥成膜的工艺，已固化的涂料膜称为涂膜（俗称漆膜）或涂层（涂层一般系指由两层以上的涂膜所组成的复合层）。涂装有保护和装饰作用，保护作用是指保护被涂物，使其免受周围介质的侵蚀，起防腐蚀、抗老化和耐各种介质的作用，在物体表面上涂装形成具有一定耐水性耐候性和耐油、耐化学品等性能的涂膜，可获得保护物体，延长其使用寿命的效果；装饰作用，涂装可使被涂物具有色彩、光泽、鲜映性、平滑性、立体感和标志等，给人以美感。

汽车涂装的目的是使汽车具有优良的耐蚀性和高装饰性外观，以延长其使用寿命，提高其商品价值。汽车涂装属于高级保护性涂装，所得涂层必须具备极优良的耐蚀性、耐候性和耐沥青、油污、酸碱、等物质的侵蚀作用。适应寒冷地区、湿热带、工业地区和沿海等各种气候条件。

涂装层一般分为底漆、面漆，轿车类一般有中涂。底漆是直接涂饰在经过表面预处理的工件表面上的第一道漆，是整个涂层的基础，具有以下特点：（1）对经过表面预处理的工件表面应有很好的附着力，所形成的底漆膜应具有极好的机械强度。（2）底漆本身必须是耐腐蚀的阻化剂，底漆涂层必须具有极好的耐腐蚀性、耐水性（潮湿）和抗化学试剂性。（3）与中间涂层或面漆层的配套性良好。（4）能适应汽车涂装工艺的大量流水生产的特点。汽车面漆是汽车多层涂装中最后涂层用的涂料。

车身涂装线采用的工艺一般如下：预脱脂—脱脂—水洗—表调—磷化—水洗—电泳—水洗—电泳烘干—涂胶、喷 PVC—烘干—面漆—烘干—检查。

这其中预脱脂、脱脂工序的作用是除去金属表面的油污；磷化工序

能够为涂装层提供适宜的基底，增强附着力同时具有抑制腐蚀的作用；电泳工序是在工件表面电泳上一层优良的底漆；涂胶和喷 PVC 是为车身的焊缝和车底提供胶条和涂料进行密封和保护，同时铺防声隔热垫片，起隔音隔热的作用；面漆是最外层的漆膜；烘干是提供涂膜的干燥和固化。

固化是工业涂装工艺的基本工序之一，直接影响涂装层质量、涂装成本。涂料由液态变成固态，在被涂物表面上形成薄膜的过程称为涂料成膜过程。液态涂料靠溶剂挥发、氯化、缩合、聚和等物理或化学作用成膜，汽车涂装中常用的热、固性涂料通过化学反应使液态或热熔融的低分子树脂转化为固态的网状结构的高分子化合物。

2.2 涂装线的结构

2.2.1 车身线结构

2.2.1.1 前处理电泳及 PVC 部分（车身线）

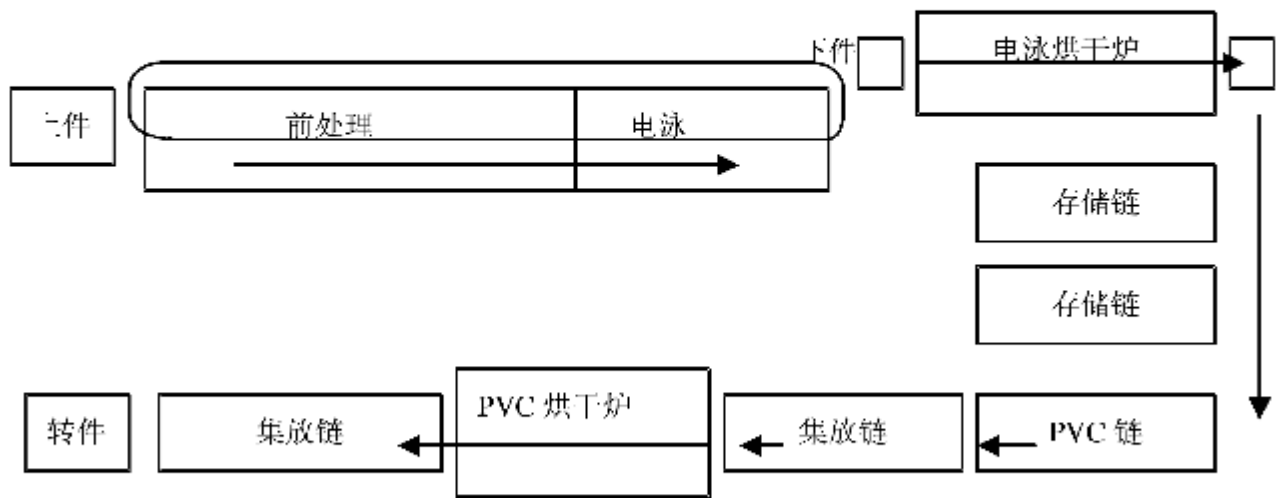
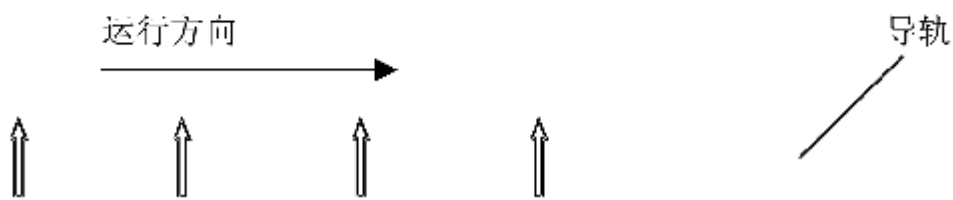


图 2-1 前处理电泳工艺平面布置（举例）

图 2-1 中前处理、电泳是由一系列盛装各种液体如：脱脂剂、表调剂、磷化液、电泳漆、纯水等的矩型槽体组成，两侧有喷淋管路，上部有排风，槽外有循环管路及泵,其上方有自行葫芦导轨，由自行葫芦带工件自动完成槽内工艺动作，如图 2-2。电泳附属设备有直流电源、制冷调温、反渗透等。其中直流电源是电泳的必要装备，产生直流电，在工件和阳极管间形成电场。自行葫芦带件到达电泳工位后，其接电装置的集电器接触到直流电源的接电铜排，在工件完全浸入电泳槽液后开始通电，阴极点用电泳工件为阴极，在阳极管和工件形成电场，将带电的电泳漆颗粒吸附到工件表面，形成电泳漆膜，从而完成电泳过程。



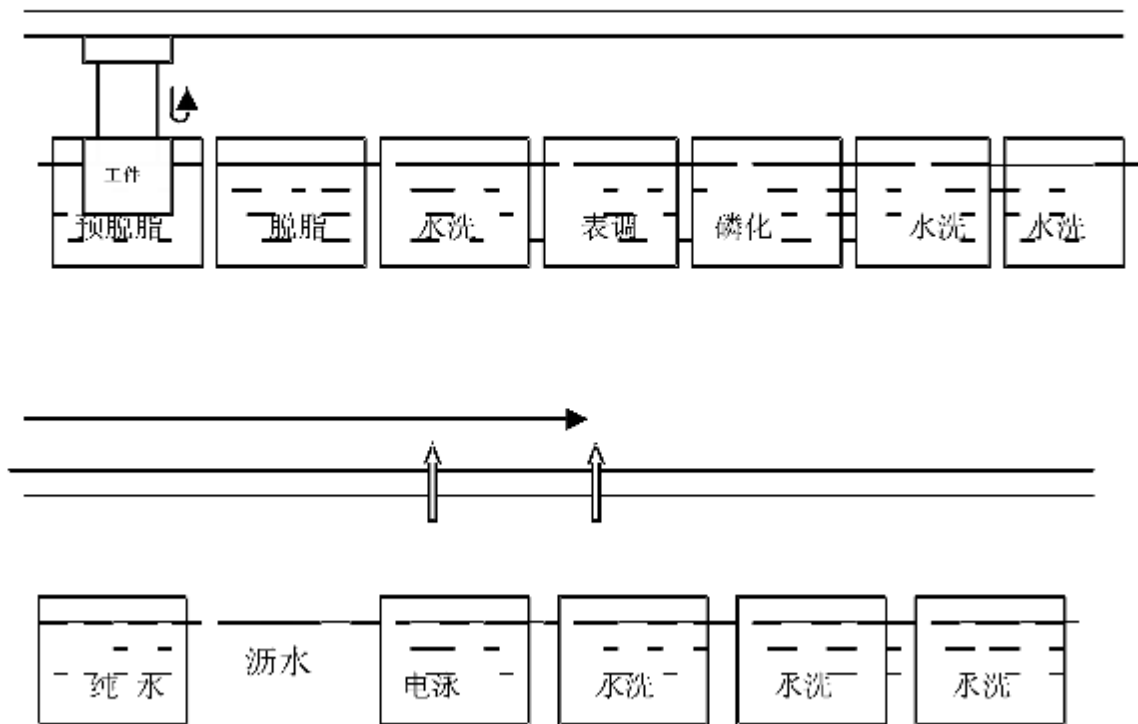


图 2-2 前处理电泳槽示意图

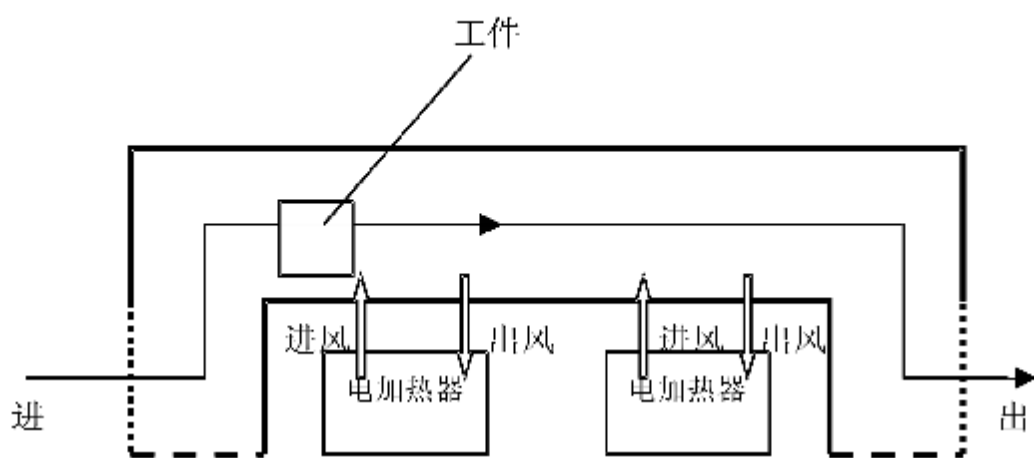


图 2-3 “II”型烘干炉

如图 2-3 所示,循环风机将炉内冷空气吸入电加热器加热后送入烘干炉,反复循环加热。温控仪表将热电阻输入的温度信号与设定的温度值进行比较,控制调功器的输出,控制电加热器的电加热管的导通,从

而控制烘干炉内温度。

2.2.1.2 面漆部分

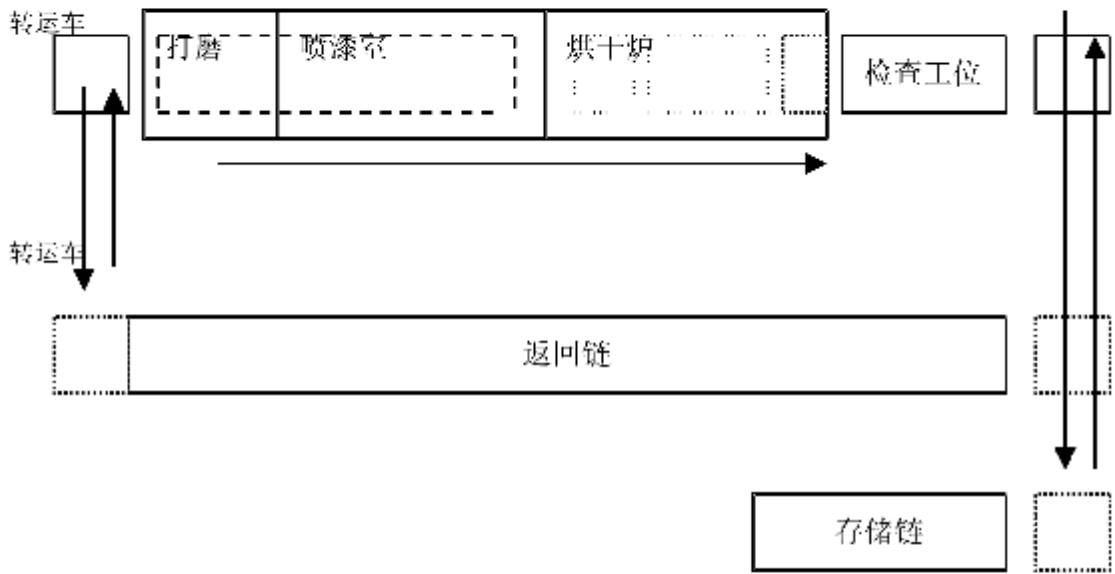


图 2-4 面漆工艺平面布置（举例）

如图 2-4 所示,转运车将工件送入打磨间,经打磨擦净后进入喷漆室进行喷漆,然后进入烘干炉烘干,经过检查合格的工件(驾驶室)转下工序或进入存储链。打磨间、喷漆室有上送风,下排风,形成一定速度的向下气流以减少打磨颗粒和漆雾的飞溅,喷漆室下部还有水旋,将多余的油漆颗粒由水流带走,送入废漆处理,漆雾经漆雾凝聚剂的作用逐渐凝结形成漆渣捞出。

从上件直到面漆合格的驾驶室转入下工序都是由机械化设备来完成,前处理电泳的槽内动作由葫芦完成,电泳下件后转入地面链部分,由动辊、升降机、运输链、转运车等共同完成工件在整条线上的连续运转。

2.2.1.3 其它设备

车身涂装线还有大量的附属设备，如输调漆设备，涂胶设备，纯水设备，除渣（磷化）设备，厂房送排风，自动灭火设备。

输调漆设备为喷涂作业提供调好的油漆、稀料等（涂料），并通过输漆管路送至喷涂作业地点，接至喷枪。涂胶设备通过高压气动泵将胶经涂胶管道送至涂胶枪，由操作人员进行涂胶作业。纯水设备为前处理、电泳各槽提供纯水，用以配槽液及换水、喷淋。磷化除渣机用于对磷化槽的磷化液进行过滤除渣，减少磷化渣，保证磷化的质量。涂装线属重大消防重点部位一旦发生火灾极为危险，易燃易爆品多，自动灭火系统能为其提供有效的监控，并及时报警，及时灭火，减少火灾发生几率和火灾发生时的人员设备事故。

2.2.2 车架涂装线

车架涂装线要简单一些，一般只有前处理电泳部分及烘干炉，前处理、电泳设备与车身线类似，只是槽体较大（与车架长度有关）。烘干炉常用直通炉如图 2-5 所示，电加热器（或燃气炉）常在烘干炉上部，烘干炉内有红外辐射块，辅助加热。

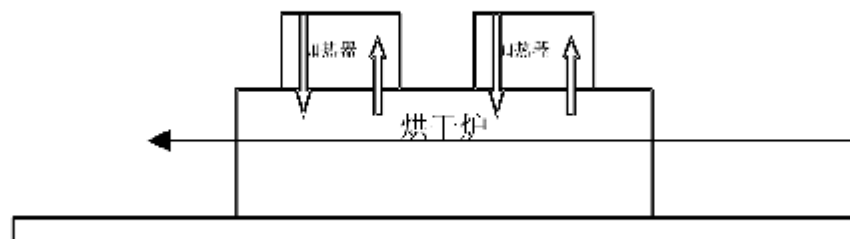


图 2-5 车架烘干直通炉示意图

2.2.3 小件涂装线

小件涂装线通常采用简单的悬链及直通炉，只有前处理、电泳部分。前处理、电泳处理的工艺与车身、车架相近，只是机械运输设备的形式、槽体的形状不同。小件涂装线常用船形槽体，形状如图 2-6 所示：

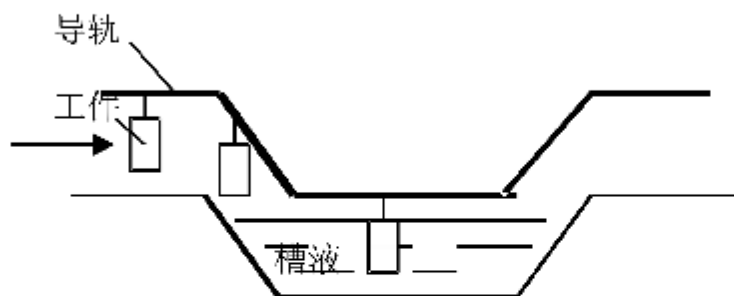


图 2-6 小件前处理电泳示意图

槽体上方有悬链，是一个简单的连续链，工件挂在悬链下方的挂钩上，随着悬链的运动进入各工位，完成工件的整个前处理电泳工作。

烘干方式也多是直通炉，由于小件体积较小，烘干炉也相应的较为狭窄。烘干主要靠辐射的形式，由调功器带动辐射器进行加热，见图 2-7。

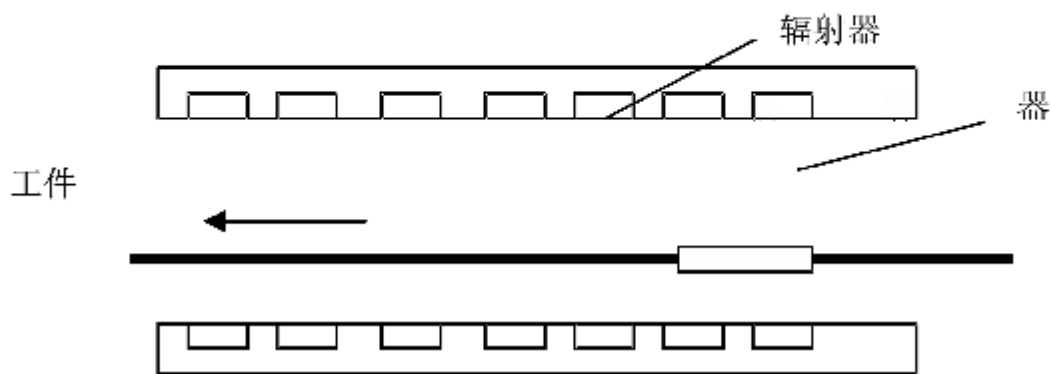


图 2-7 小件烘干示意图

第三章 涂装线常见设备的故障分析

3.1 设备故障及故障诊断概述

设备故障是指“设备功能失常”也就是设备不能达到预期的工作状

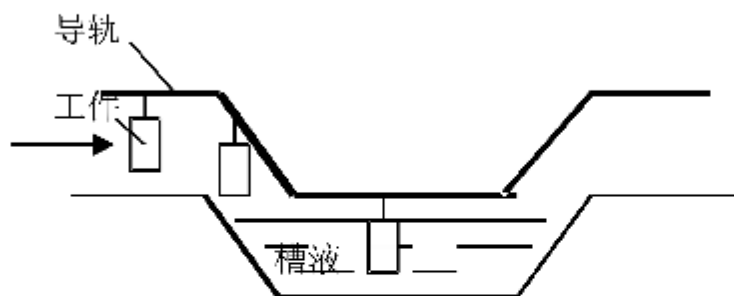


图 2-6 小件前处理电泳示意图

槽体上方有悬链，是一个简单的连续链，工件挂在悬链下方的挂钩上，随着悬链的运动进入各工位，完成工件的整个前处理电泳工作。

烘干方式也多是直通炉，由于小件体积较小，烘干炉也相应的较为狭窄。烘干主要靠辐射的形式，由调功器带动辐射器进行加热，见图 2-7。

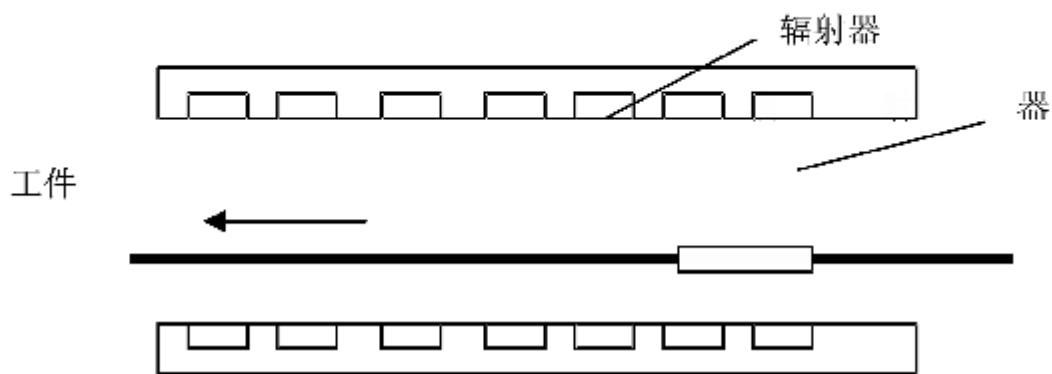


图 2-7 小件烘干示意图

第三章 涂装线常见设备的故障分析

3.1 设备故障及故障诊断概述

设备故障是指“设备功能失常”也就是设备不能达到预期的工作状

态无法满足应有的性能、功能。产生故障的原因通常是设备的构造处于不正常的状态（劣化状态）。判断故障的准则是：在给定的工作状态下，设备的功能与约束条件不能满足正常运行或原设计期望的要求。常见的故障有：使设备或系统立即丧失其功能的破坏性故障；由于设计、制造、安装、维护、检修等与设备有关的参数不适当造成的设备性能降低的故障；设备在给定条件下工作时，由于操作不当引起的故障等^{[7][8]}。

故障诊断主要包括三方面的内容：故障检测、故障隔离、故障辨识。现有的故障诊断方法，概括起来有三类。

一、基于信号处理的方法：小波变换法；主元分析法；利用 δ 算子和利用 Kullback 信息的故障检测等。

二、基于解析模型的方法：状态估计法（故障检测滤波器的方法、Kalman 滤波器的方法、一致性空间的方法等）；参数估计法。

三、基于知识的故障诊断方法：专家系统故障诊断方法；模糊故障诊断方法；故障树诊断方法；神经网络故障诊断方法；信息融合故障诊断及基于 Agent 故障诊断方法等。

3.2 涂装线常见电气控制及基本控制原理

3.2.1 PLC 控制

电气设备的核心多为 PLC 控制,尤其是机械运输设备。PLC 是一种数字运算操作的电子系统,专为工业环境下应用而设计。它采用可编程

序的存储器,用来在内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算数运算等操作的指令,并通过数字式、模拟式的输入和输出,控制各种机械或生产过程。随着微处理技术的发展,可编过程控制器也得了迅速发展,其技术和产品日趋完善。不仅以其良好的性能满足了工业生产的广泛需要,而且将通讯技术和信息处理技术融为一体,使其功能更加完备。^[10]

PLC 采用循环扫描工作方式,在系统软件控制下,顺次扫描各输入点的状态,按用户程序进行运算处理,然后顺序向输入点发出相应的控制信号。整个工作过程可分为五个过程:自诊断,与编程器等通信,输入采样,用户程序执行,输出刷新,其工作过程框图如图 3-1 所示。

[9]

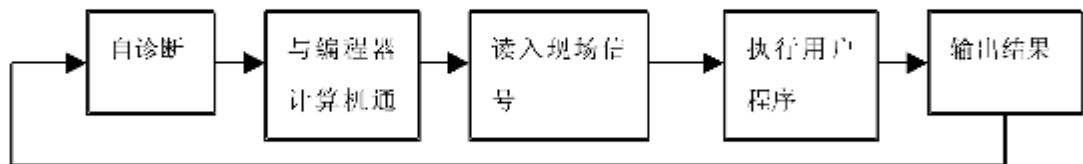


图 3-1 PLC 工作过程框图

3.2.2 炉温控制

涂装线温控仪表使用较多,用于烘干炉及槽液控湿的 PID 控制应用较为普遍。如图 3-2 所示,通过数字温控仪参数的设定,将被测对象的温度与其设定值进行比较,输出 4—20mA 的电流信号,送入调功器的输入端,经线路处理后产生触发脉冲控制可控硅的导通,通过调节

可控硅导通的占空比来控制电加热器的通断，进行控温。^{[11][12]}



图 3-2 烘干炉温控框图

3.2.2.1 PID 控制

PID 控制器是一种线性控制器，如图 3-3 所示，根据给定值 $r(t)$ 与实际输出值 $c(t)$ 构成控制偏差^{[39][40]}

$$e(t) = r(t) - c(t) \quad (3-1)$$

将偏差的比例 (P)、积分 (I)、微分 (D) 通过线性组合构成控制量，对被控对象进行控制，故称 PID 控制器。其控制规律为

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (3-2)$$

或写成传递函数形式

$$g(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (3-3)$$

式中 K_p - 比例系数； T_i - 积分时间常数； T_d - 微分时间常数。

PID 各校正环节作用如下：

(1) 比例环节。即时成比例地反映控制系统的偏差信号 $e(t)$ ，偏差一旦产生，控制器立即产生控制作用，以减少偏差。

(2) 积分环节。主要用于消除静差，提高系统的无差度。积分作用的强弱取决于积分时间常数 T_i ， T_i 越大，积分作用越弱，反之越强。

(3) 微分环节。能反映偏差信号的变化趋势（变化速率），并能在偏差信号值变得太大之前，在系统中引入一个有效的早期修正信号，从而加快系统的工作速度，减少调节时间。

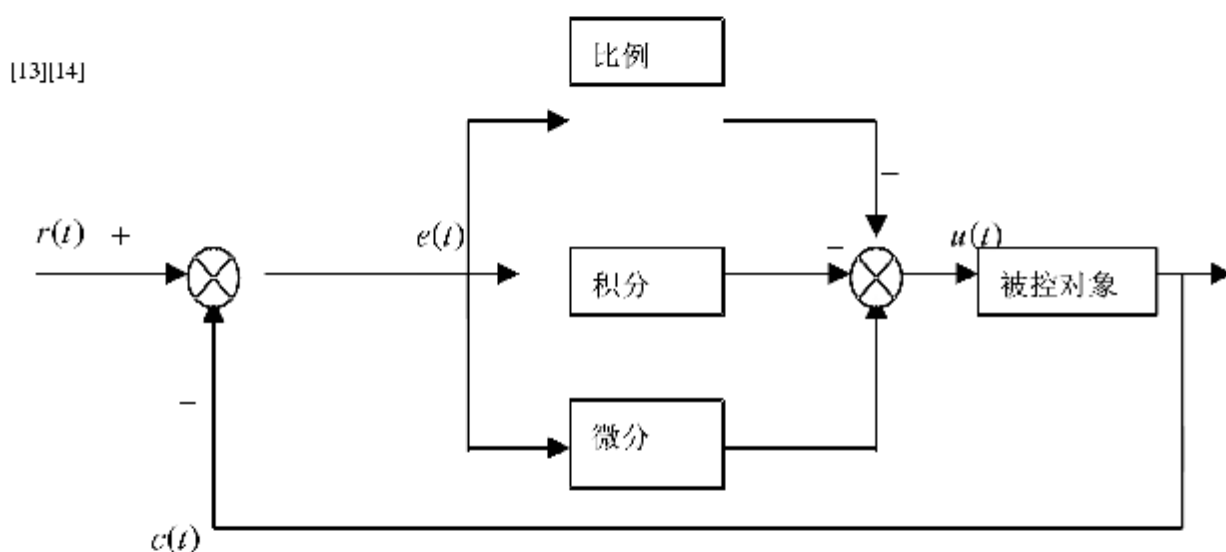


图 3-3 PID 控制系统原理框图

温控中 PID 参数设定参数不合适，上限、下限不合理，都回使得温控滞后或振荡。

3.2.2.2 调功器

调功器的主电路与交流调压一样，采用的是通断控制。是在设定的周期范围内，将电路接通几个周波，然后再断开几个周波，通过改变可控硅在设定周期内的通断的周波的比例，来调节负载两端功率。

这种方式相当于相位控制时的 $\alpha = 0^\circ$ ，所以也称“零触发”。由于是在过零时就被触发导通，负载上得到的是正弦波，调节的是在设定周期内的通断比（占空比）。调功器触发电路构成框图如图 3-4 所示。

[15]

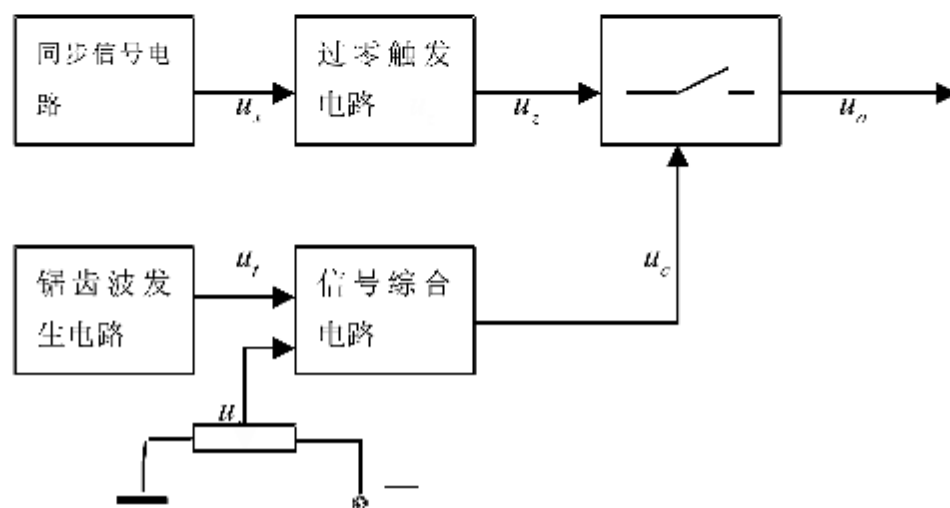
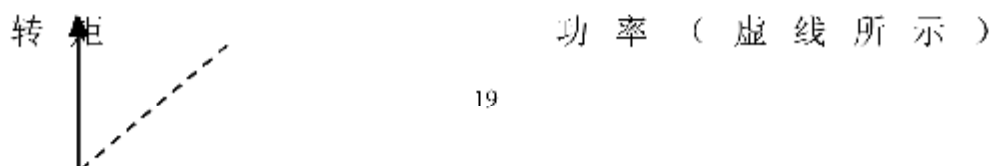


图 3-4 调功器触发电路构成框图

在同步信号电路的作用下，交流电压每次过零，过零触发电路都输出一个脉冲，该脉冲经开关 S 加于可控硅，而 S 受通断比调节信号 u_c 控制。 u_c 由锯齿波 u_r 和给定电压 u_f 经综合电路比较后得出。 u_f 为给定电压， u_f 和给定电压经综合比较电路比较后，得到 u_c ，控制可控硅的通断比，只要改变 u_c 就可以改变 S 的闭合时间，从而控制加于可控硅的脉冲数量。而 u_f 的获得是由温控仪表的输出变化来实现的，温控仪表的 4—20mA 电流信号在电阻上的电压降决定了 u_f 的大小。

3.2.2.3 变频器

变频器的用途主要是两大类：一个是传动调速，另一个是静止电源。^[5]异步电动机用变频器调速时，将交流整流变成直流，经过滤波，再经过逆变回路，把直流变为不同频率的交流，使电机获得所需要的电压、电流、频率。^[25]



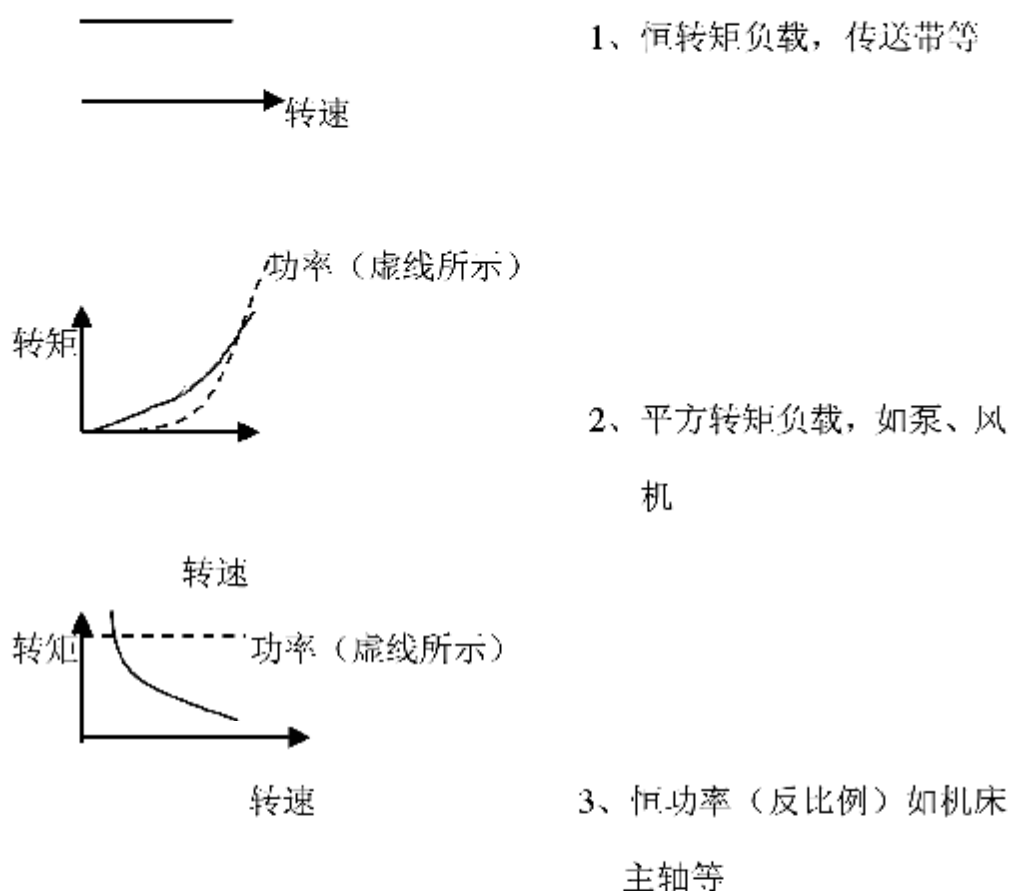


图 3-5 负载的转矩和速度特性图

负载被传动时要求电机产生转矩，其大小随负载各种条件而变化，但如果负载侧其它条件不变，或者负载侧处于有效地进行正规控制则状态下，表示各种转速下转矩大小的转矩—速度曲线，根据其形式大体可分为 3 类，如上图 3-5 所示^[26]。

3.3 故障树分析在涂装线设备故障的分析中的应用

3.3.1 故障树的基本概念

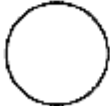
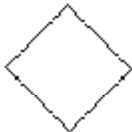

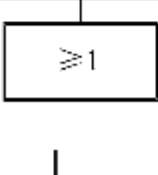
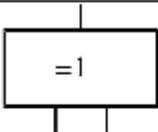

故障树(FT)模型是一种基于研究对象结构、功能特征的行为模

型，是一种定性的因果模型，以系统最不希望事件为顶事件，以可能导致顶事件发生的其它事件为中间事件和底事件，并用逻辑门表示事件之间关联的一种倒树状结构的逻辑图。^[53]

3.3.2 故障树的基本符号

故障树的基本符号可参见表 3-1

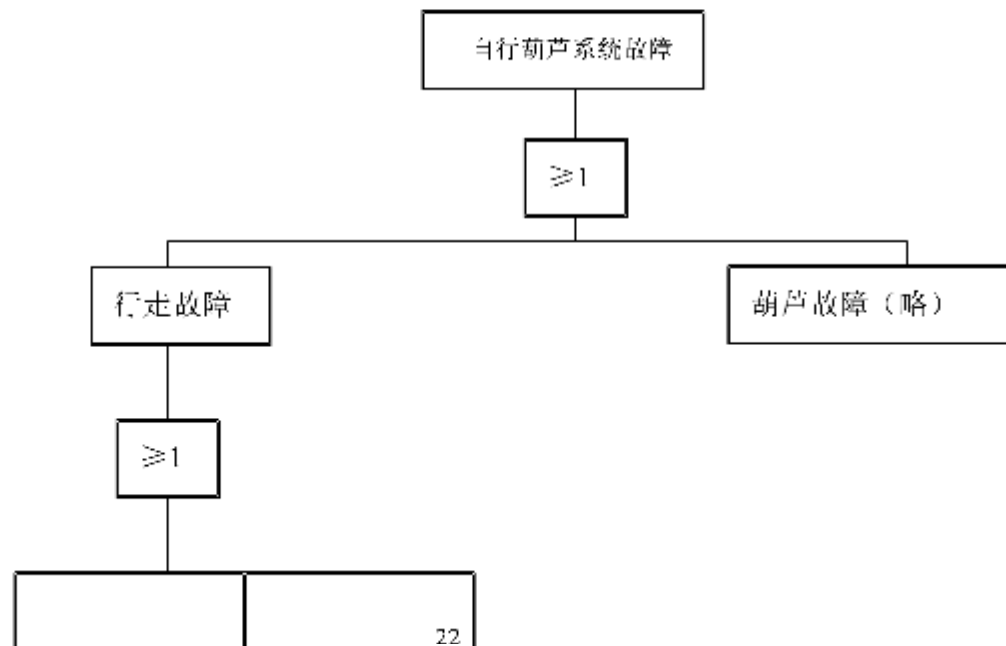
表 3-1 故障树基本符号表

符号	名称	说明
	基本事件	不需要进一步发展的初始事件(底事件)
	待发展事件	由于某种原因还没有发展的事件,做底事件处理
	中间事件	通常为其它事件逻辑组合产生的结果,包含顶事件和中间事件,框中包含事件的说明
	或门	事件的“并”操作，只要输入事件有一个发生，输出事件就发生
	异或门	当输入事件任何一个发生时，都会引起输出事件发生，但输入事件不能同时发生
	与门	事件的“交”操作，仅当所有输入事件发生时，输出事件才发生

3.3.3 故障树的建造

建故障树时,首先要对设备有深刻了解,然后找出所有可能的故障模式,已最不希望发生的故障模式作为顶事件,将引起顶事件的原因(含硬件故障、软件故障、人为因素、环境因素等)第二级,逐级向下发展,直到最低一级原因事件不能再分为止,最后对故障树进行简化。

现以间歇式前处理设备中常用的自行葫芦(程控电动葫芦)为例建故障树。 每台自行葫芦是由前后 2 个环链葫芦、1 套行走机构及相应的小车、拖轮等组成,根据 PLC 中预先输入的程序进行工作,自动的完成在前处理、电泳各工位的工艺动作。其基本动作如下:在上件工位,按动下降开关,下降电磁铁动作压合葫芦上的下降行程开关,葫芦开始下降;下到位后开始挂件,将滑撬(连同工件)固定在葫芦的吊具上;按动上升开关,葫芦上升;升到位后通行走,入槽开始自动完成槽内动作。槽内动作包括:下降——前倾——快速(空程)下降——慢速下降——快速下降——慢速下降——摆平——后倾——上升——沥水——上升。



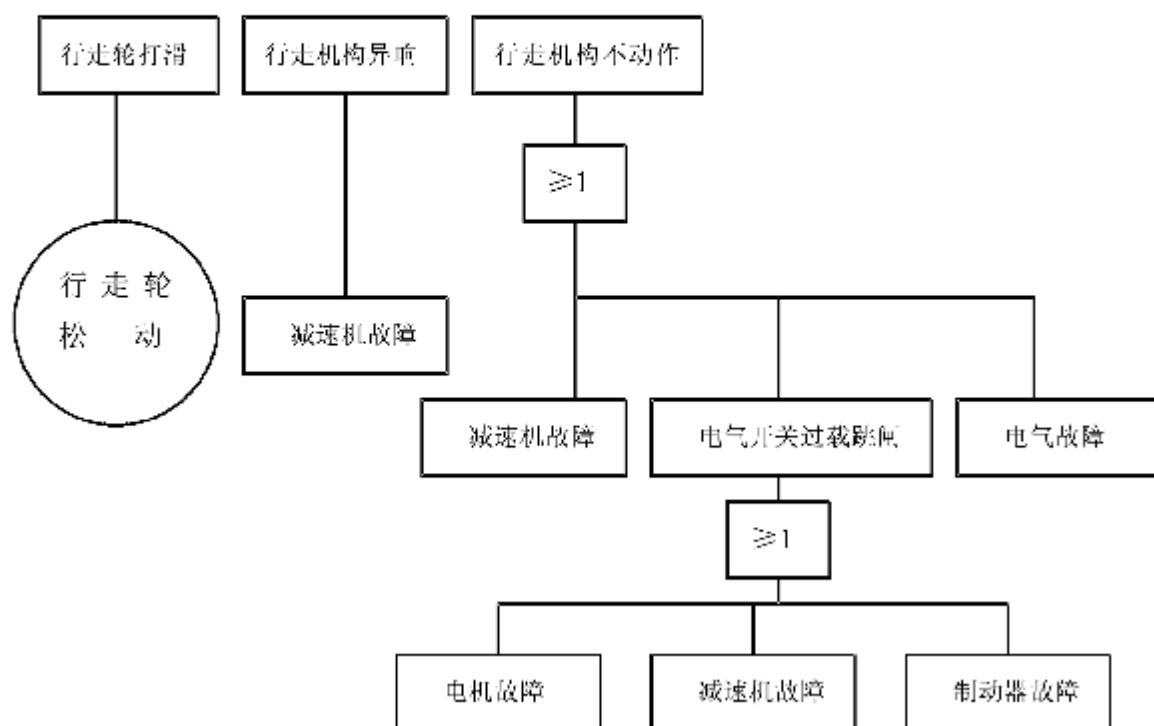


图 3-6 自行葫芦系统故障结构图树

在分析故障时把“自行葫芦系统故障”作为顶事件，他由以下两个事件之一引起：“行走故障”、“葫芦故障”。对于每一个中间故障还可以再分解，如“行走故障”是由下面三个事件之一引起的：“行走打滑”、“行走异响”、“行走不动作”。再进一步分析，“行走不动作”又是由于“减速机故障”、“行走开关过载跳闸”、“电气故障”引起的，以此类推，得到上图。其中，因整个系统较为复杂，为方便分析，暂略去“葫芦故障”的分析，只对“行走故障”进行了进一步的分析。

通过故障树建立，可以很直观看失失效事件之间关系的描述，看出不同失效事件在早造成顶事件时所起的作用，有助于故障的分析和设备

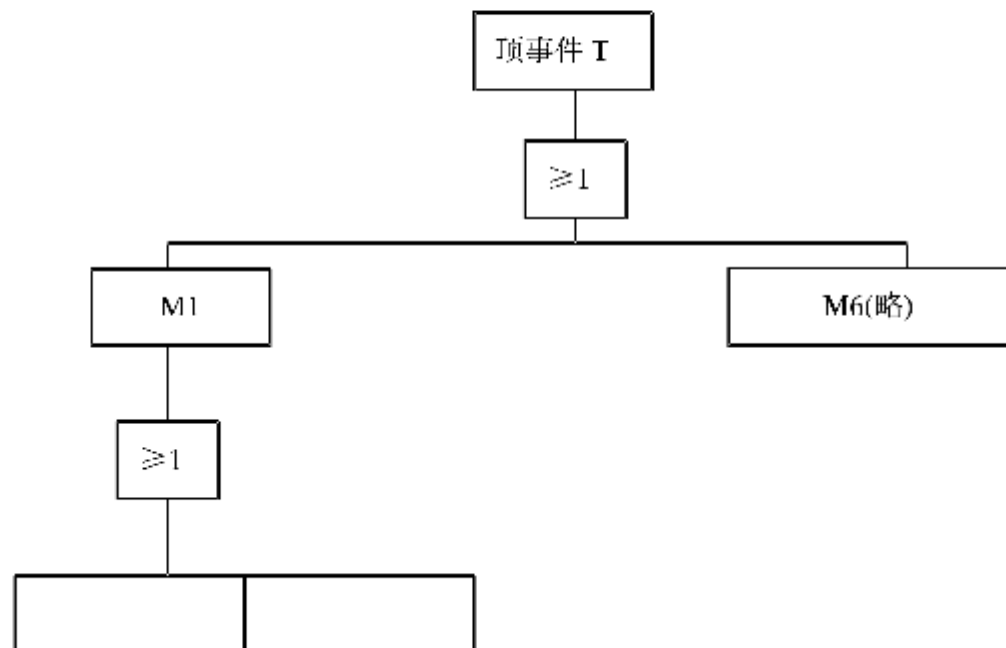
维修。

3.3.4 基于故障树的定性分析

设 X_i 为底事件的状态变量 i , X_i 仅取 0 或 1 两种状态。 Φ 表示顶事件的状态变量, 也仅取 0 或 1 两种状态。

上例的结构函数可表示为:

$$\begin{aligned}\Phi(X) &= X_1 \cup X_2 \cup M_4 \cup M_6 \\ &= X_1 \cup X_2 \cup (X_2 \cup M_5 \cup X_5) M_6 \\ &= X_1 \cup X_2 \cup X_2 \cup (X_3 \cup X_2 \cup X_4) \cup X_5 \cup M_6 \\ &= X_1 \cup X_2 \cup X_3 \cup X_4 \cup X_5 \cup M_6\end{aligned}$$



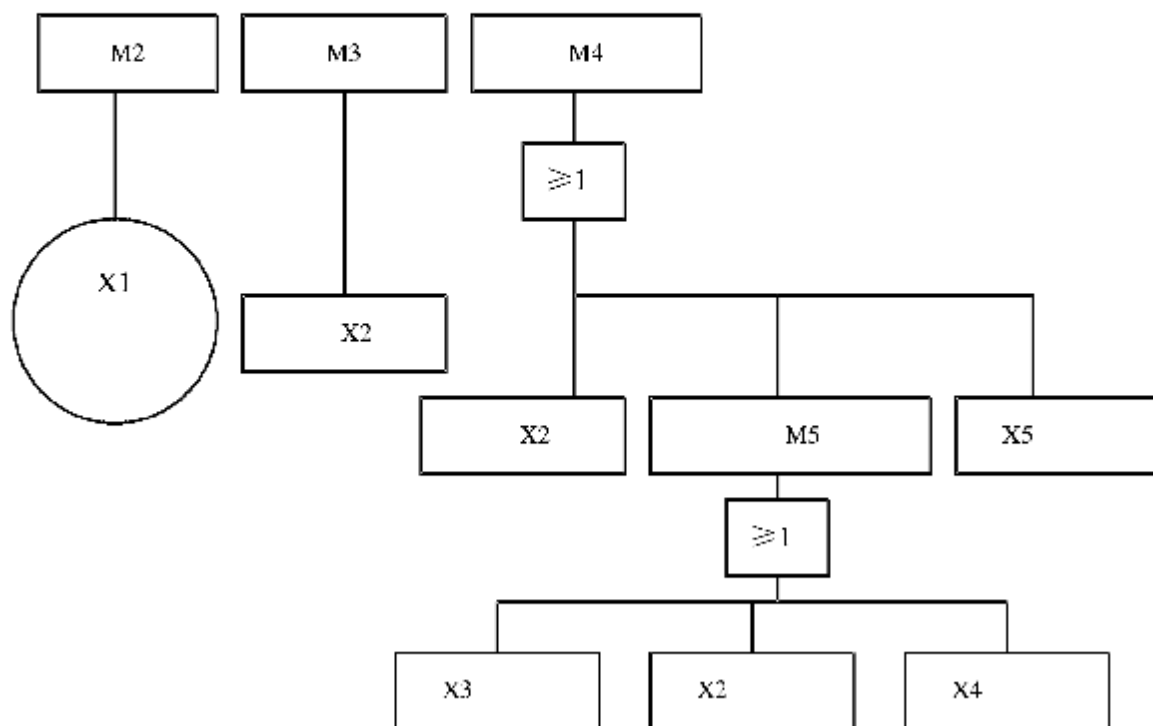


图 3-7 口行葫芦系统故障树的变量形式

3.4 动作流程图在涂装线设备故障的分析中的应用

“动作流程图”就是用组件符号和线条表示元器件的状态和由此状态而引起的其它动作的过程，是电气控制中进行故障分析常用的方法。

[52]

动作流程图表达的基本方法如下。

(1)

A \longrightarrow B 表示组件 A 动作，由于其触头的动作使得组件 B 也动作，如图 3-8 所示的电路。

(2)

$\overline{A} \longrightarrow B$ 表示组件 A 复位, 由于其触头的动作使得组件 B 也动作, 如图 3-9 所示的电路。

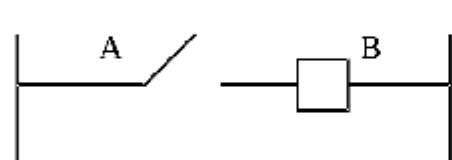


图 3-8 $A \longrightarrow B$ 表示法对应电路

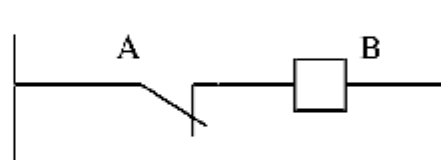


图 3-9 $\overline{A} \longrightarrow B$ 表示法对应电路

(3)

$A \begin{matrix} \longrightarrow \overline{B} \\ | \\ \longrightarrow C \end{matrix}$ 表示组件 A 动作, 其一对触头使组件 B 释放, 另一触头使得 C 和 D 同时释放, 如图 3-10 所示的电路。

$\longrightarrow D$

(4)

$\begin{matrix} A \\ B \\ C \end{matrix} \longrightarrow \bigotimes \longrightarrow D$ 表示 ABC 同时动作时 D 才能动作, 如图 3-11 所示的电路。

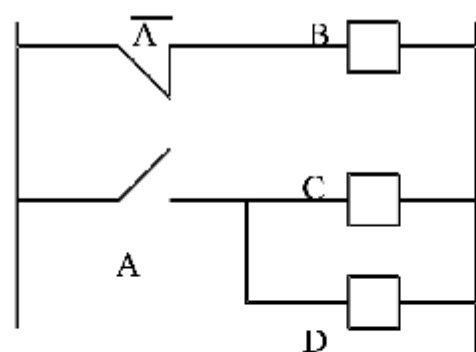


图 3-10 A 动作使 B 释放, C、D 动作的电路

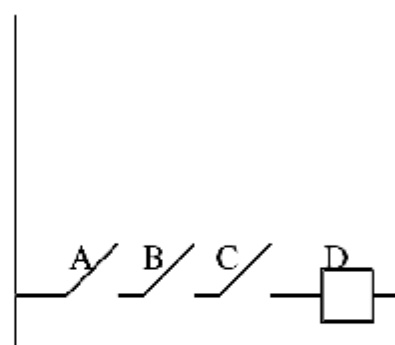
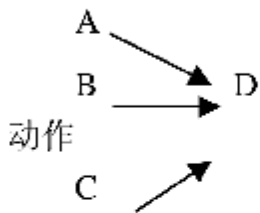


图 3-11 A、B、C 同时动作才能使 D 动作的电路

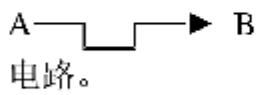
(5)



A、B、C 中任何一个动作就会使组件动作 D

如图 3-12 所示的电路。

(6)



表示 A 动作, 延时后组件 B 动作如图 3-13 所示的电路。

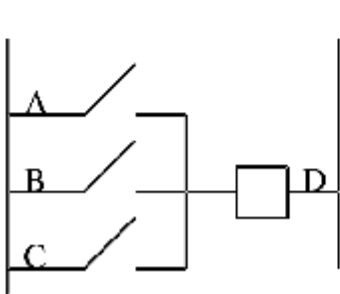


图 3-12 A、B、C 任何一个动作均使 D 动作的电路

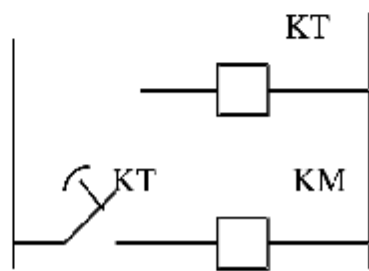
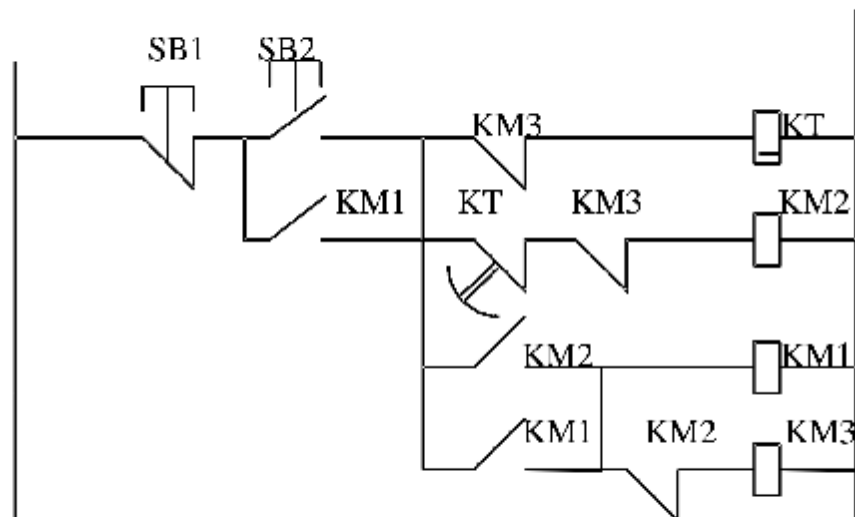


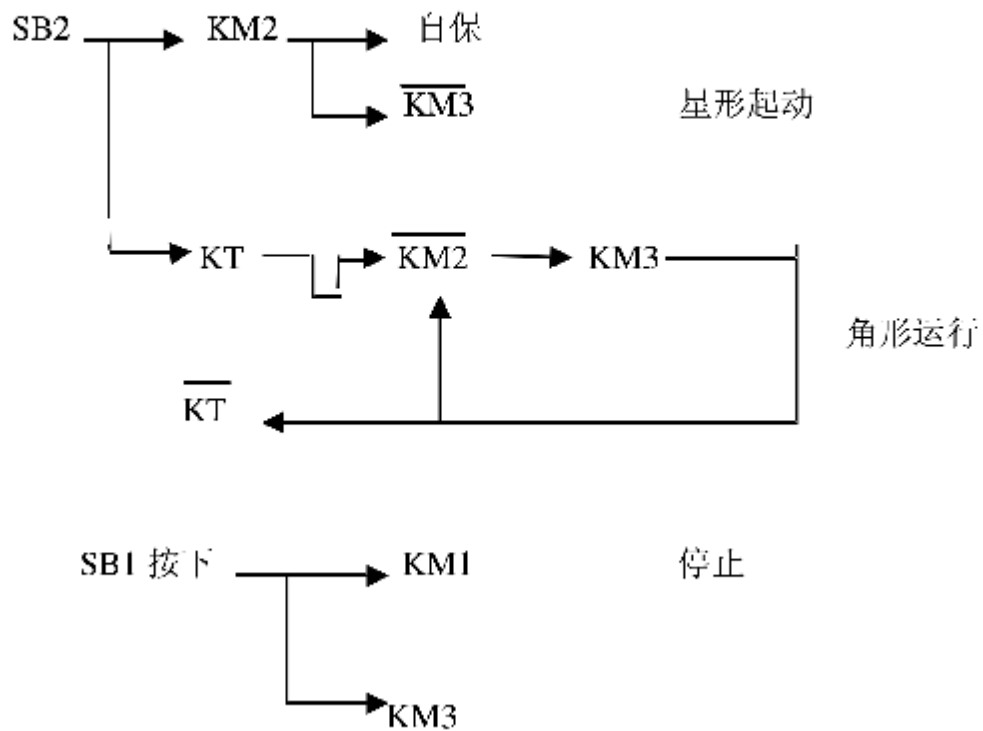
图 3-13 延时动作电路

例：一星——角起动的电机其起动控制线路如图所示



3-14 星——角起动的电机控制线路

动作流程图



3.5 复杂系统的故障分析

3.5.1 故障树及动作流程图的优缺点

故障树分析法在小系统分析中通过对故障树模型的建立,使我们对故障原因、故障点的查找十分便捷清晰,参照完整的故障树模型可以很方便的进行设备的维护、管理工作。但对于一个复杂系统来说,造成故障的原因多种多样,建立完整的故障树过于复杂,也比较困难。

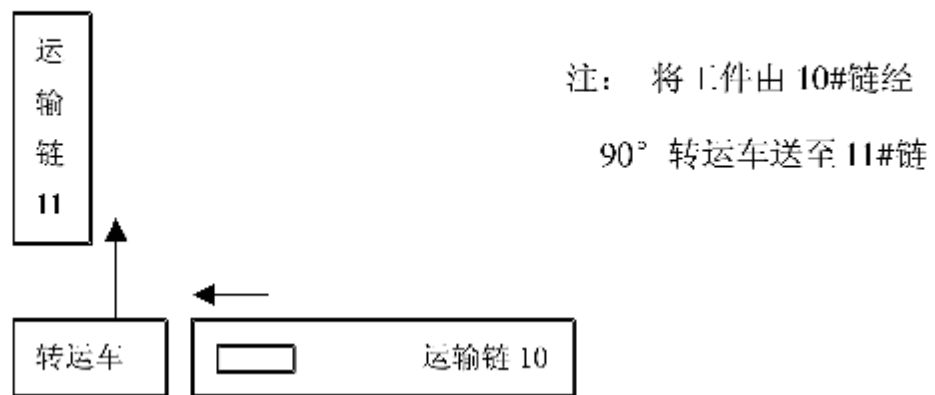
动作流程图在系统分析中通过对流程的建立分析,使我们对故障清晰的了解设备的动作顺序、流程,参照流程图可以迅速由故障现象找到流程图上的相应的动作节点,确定故障的大致范围。在 PLC 控制应用十分广泛的涂装线上,通过对 PLC 程序的分析,建立相应的动作流程,

对故障的分析十分必要。

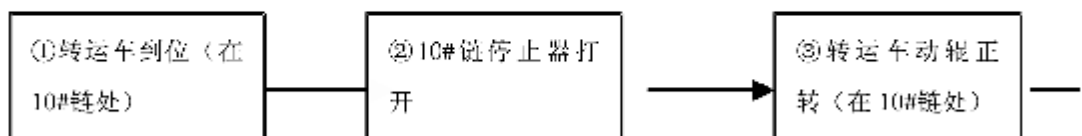
3.5.2 故障树及流程图在复杂系统故障分析中的应用

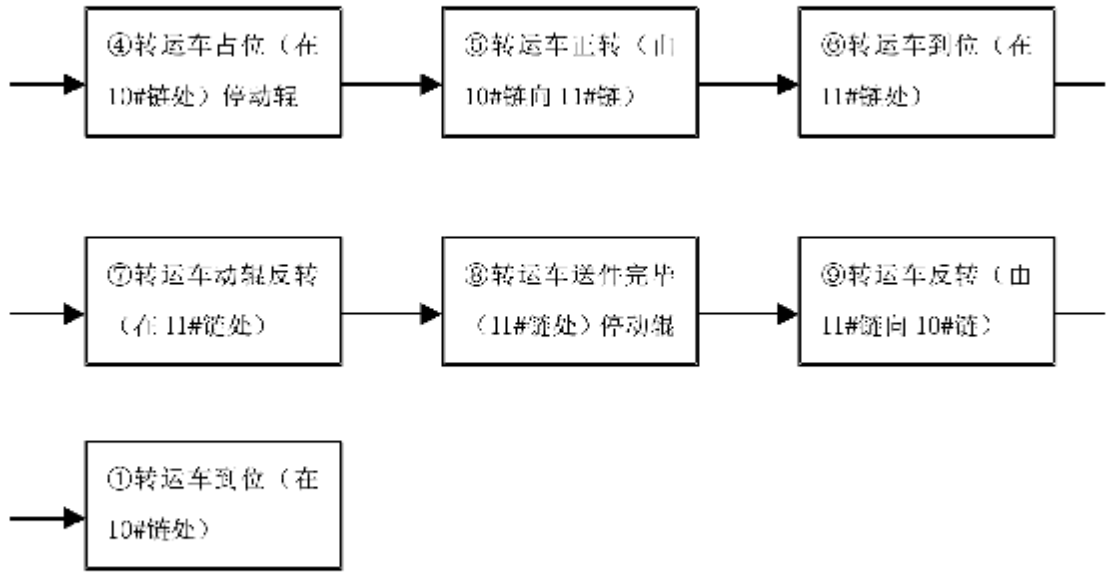
在复杂系统中可应用流程图及故障树进行故障分析，先画局部的流程图，确定故障节点，根据故障节点的实际情况进行分析，绘相应的故障树。

现以一地面滑撬系统中的转运小车为例进行故障分析，该小车在 PLC 过程控制下完成转件工作，见下图。现在小车接件后不动作，无法自动完成转件工作，人为点动时动作正常。



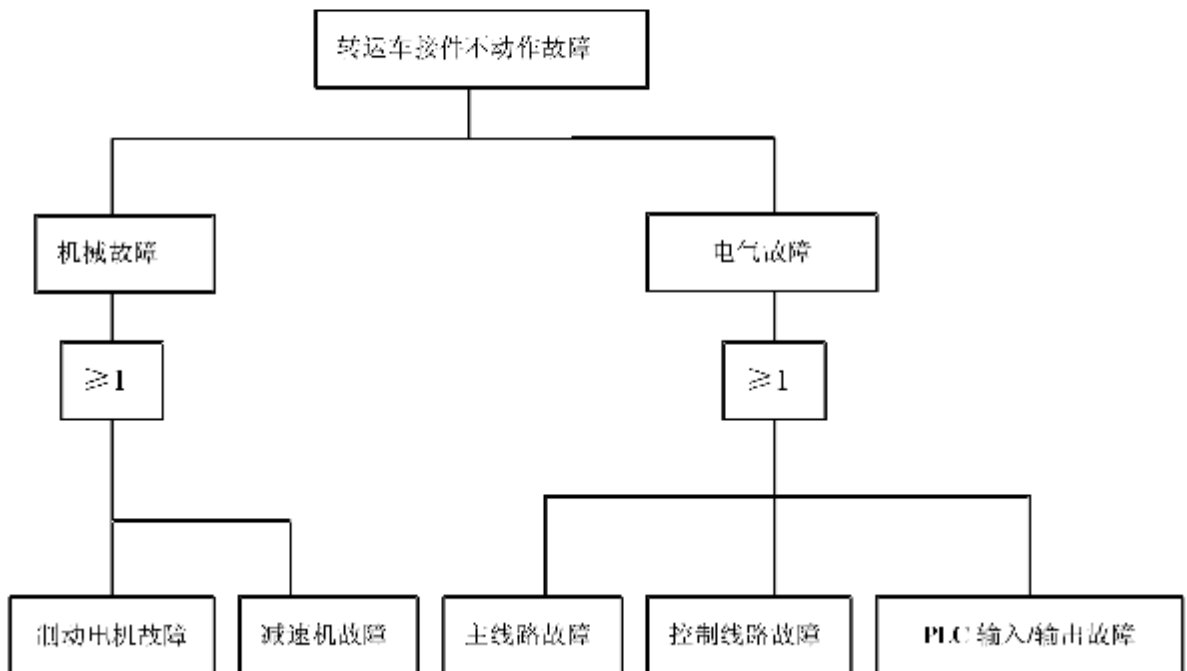
3-15 转运车接件示意图





3-16 转运车接件动作分解图

在转运车故障的分析中，通过对转运车动作过程的分析，可以得到3-16的详细的动作分解图，故障发生在④和⑤动作之间，接下来针对此故障建故障树，进行故障分析。



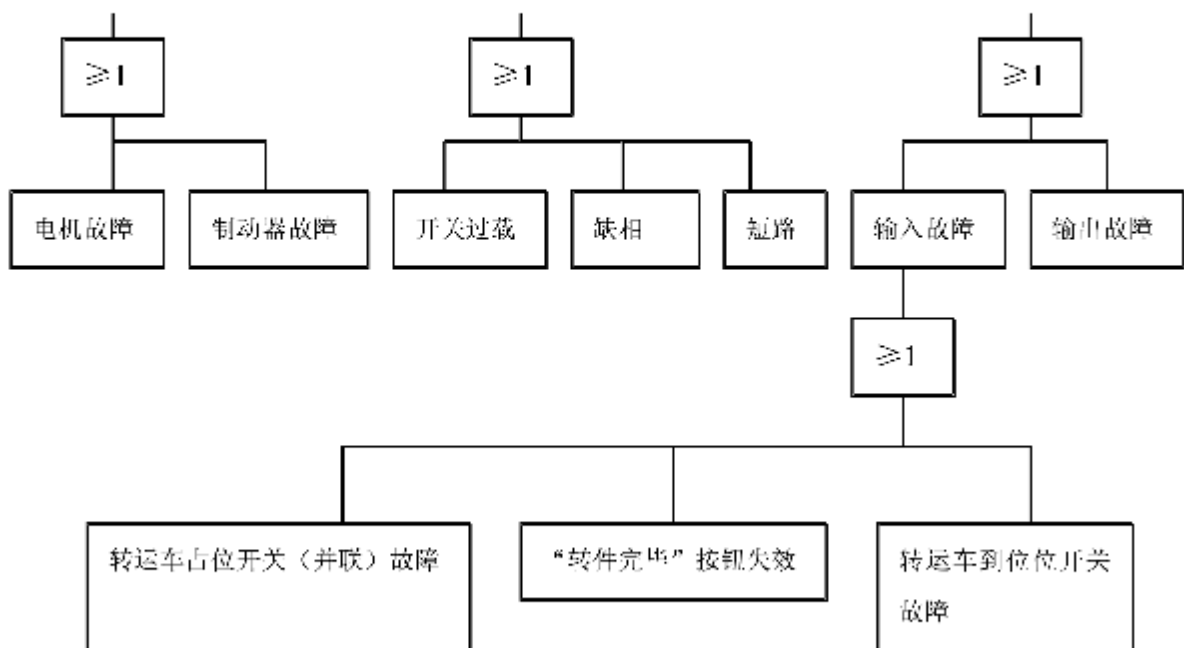


图 3-17 转运车接件故障树

根据上图进行故障分析如下：

因手动正常，固无机械故障；同时，电气故障中无主线路故障；因手动正常，故无输出故障；控制线路也正常；可知，其故障为 PLC 输入故障。

在进一步根据分析结果，对转件开关、到位开关和“转件完毕”按钮逐个检查，检查到“转件完毕”按钮时，发现按钮盒内部按钮损坏，更换按钮后工作正常。

3.6 设备故障分类及原因分析

不论是应用故障树、动作流程图，还是经验判断，都是通过对设

备故障的系统的分析，针对故障现象分析查找故障点，确定故障原因。

3.6.1 故障分类

3.6.1.1 常规的机械或电气问题

1. 普通的机械磨损或调整问题，设备在长期使用中，部件逐步老化、磨损、变形、松动或失效等原因造成的。
2. 电气、仪表类故障，主要是由于温控仪、变频器参数设定问题及电气线路本身的问题等。

3.6.1.2 与 PLC 程序运行相关的故障

1. 设备的常规保护功能不完善，出现的设备故障。
2. 人为误操作引起的故障：操作人误操作。
3. 突发事件引起的故障：设备自身或其它设备故障突发引起的事故。
4. 线路干扰和变频器引起的故障：输入信号误动作引起的事故。

3.6.2 涂装线设备常见故障

3.6.2.1 机械运输设备

3.6.2.1.1 前处理、电泳装备。

自行葫芦系统是常用的前处理、电泳装备，相对来说故障较多。

自行葫芦系统在程序运行中无人操作，在程序中设定了多种保护措施，保护设备和工作，条件不满足时及时停机保护及报警。主要有如下保护措施：（1）差值保护，前后葫芦出现差值即可产生工件和吊具倾斜，当前后计数超差达到一定范围倾斜过大时，即可进行保护。（2）升降电机保护，电机动作后，计数器不动作，即电机转不动时进行保护，计数器叶片松动时也会产生该保护动作。（3）下降超限保护，葫芦的链条长

度和各槽的深度是固定的，要求的工艺入槽深度也有严格的限定，如果下降距离过大，容易造成葫芦将链条放空后打滑损坏，工件下降过深还可能引起工件与槽内管路的磕碰，造成设备或工件损伤。（4）行走超时保护，行走电机动作后长时间离不开原位置，发生打滑，则进行保护。（5）上升超限位保护，当上升超过上限时进行保护，以免损坏电机和葫芦。

由于自行葫芦的工作条件较为恶劣，长期在潮湿、高温、含碱的条件下工作，故障相对频繁，常见故障如下：

1. 自行葫芦在自动运行程序过程中程序保护，出现报警或断开自动信号，程序无法运行下去。

（1）升降电机故障：前后葫芦电机本身的电气问题，如缺相造成电机输出转矩不足，升降时拖不动负载，接触器动作后电机转不动，超时（连续几秒钟不动作）引起 PLC 程序保护。锥形电机气隙调整不良等也会引起葫芦工作不正常：气隙过小易扫膛，烧电机或升降电源开关过载跳闸；气隙过大，电机制动过慢葫芦易打滑，升降时动作实际收放的筵节数不准（只在接触器动作时才计数），而葫芦的下降和上升的行程（距离）是靠计数值来确认的，如造成计数偏差，容易引起程序保护。

（2）起升葫芦机械故障：起升葫芦卡链条或导链架损坏，葫芦内部齿轮损坏等都会造成机械卡死，电机过载葫芦不动作。

（3）前后葫芦不完全同步：由于前后葫芦的带载情况、新旧情况在长期的实际应用中无法做到完全一致，加上葫芦升降电机的接触器的状态的影响（吸合和断开的滞后不完全相同）所以前后葫芦运行的情况也不完全一致，达不到设计中的理想状态，无法完全同步。当前后超差超出到一定程度(程序中规定的允许范围后),程序保护，断自动信号。同样，

对单个葫芦来说，由于下降过程中接触器、电机多次动作造成的累计误差达到一定程度后，实际的下降值可能超过程序规定值，在回程过程中因程序中用的是可逆计数，下降过程加计数，上升过程减计数，计数值回零时可能未完全上升到位，继续上升，计数值由跳变为设定值（正常升到顶时计数应为零），而设定值较大，远大于此时的正常状态值，PLC程序将前后两个计数进行比较，因两个计数的差值远大于正常偏差值，产生超差保护。

(4) 计数出错：因计数叶片安装在葫芦链轮的轴上，以螺栓固定，叶片松动时叶片与轴不同步，造成计数混乱甚至不计数；叶片与计数器（无触点开关）安装调整的相对位置不合理时或计数器松动，也可能造成连数或漏数。计数出错时，满足不了程序条件，程序保护。

(5) 葫芦电箱上的 PLC 故障。使用的可编过程控制器，因工作环境恶劣或电池原因有时会有个别地址程序丢失，造成 PLC 报警（报警指示灯亮）；PLC 的硬件故障，如：电源保险、输出保险损坏，固态继电器损坏，输入点烧坏等都可能引起 PLC 不工作。

(6) 其它电路故障：因工作环境潮湿、温度偏高，线路、开关容易老化漏电，继电器（接触器）线圈铁芯易积油，造成粘连等故障。

2. 行走轮打滑或频繁跳闸。

行走轮在轨道的下方，外铸绝缘脂橡胶，用张紧弹簧来调节与轨道的接触面的压力，在电机的带动下经星型摆线减速机减速后行走。

行走打滑多是由于行走轮的绝缘脂橡胶磨损，张紧弹簧未及时调整（旋紧），导致行走轮与轨道摩擦力不够，尤其是轨道上水汽较多，造成带载后打滑空转。跳闸原因则是因张紧弹簧太紧，引起负载太大（原

因与前面打滑正相反),使得电机过载跳闸。行走电机刹车器调整不合适,调节螺栓过紧或不正,使得刹车过紧、带制动运行,造成行走电机负载过大后跳闸;制动采用无电制动,制动线圈的电气整流部分出现故障引起制动失灵,制动线圈不工作制动未打开,也会出现跳闸故障。除此之外,行走机构的减速机轴承损坏或输出轴变形(产生径向跳动)也会引起过载,跳闸。

3. 程序出错,乱工位。

多是因为小车的到位撞块和工位到位开关相对位置调整不合适,个别到位撞块碰不到到位开关,造成漏工位,引起其它工位程序出错;让工位开关故障或发号不正常,使得工位出错,引起程序出错。

4. 电气线路故障。

电箱电气线路故障:变压器、空气开关、接触器、按钮、保险、计数开关、到位和超位等开关损坏等;

3.6.2.1.2 地面滑撬部分

地面滑撬部分是机械运输设备中最复杂、最繁琐的部分,整个涂装线都靠地面输送机连接成一体,从第一道工序上件---到电泳下件---烘干---涂胶---烘干---转件---打磨---喷漆---烘干---补漆或检查---合格件转出,整个过程都是在地面链上完成的,由工艺链、快速链、动辊、转运车、转台、升降机等组成的地面部分在 PLC 的统一控制下,把整个系统连接成一个有机的整体。

地面部分常设中心控制室,以下图所示地面滑撬部分模块配置为例,C200H 系列 PLC 主机及扩展远程单元均设在控制室内,变频器,显示屏,空气开关、接触器、电源等电气组件集中放在电箱内。

图 3-18 中 RM201 为远程主单元，RT201 为远程从单元。PS221 为底板供电电源，“2#、3#、6#”为扩展单元，“1#”为 CPU 主板。各底板上的“1——8”为输入、输出模块及其它模块：如 ID212, OC222, ID214, OC224D 等。

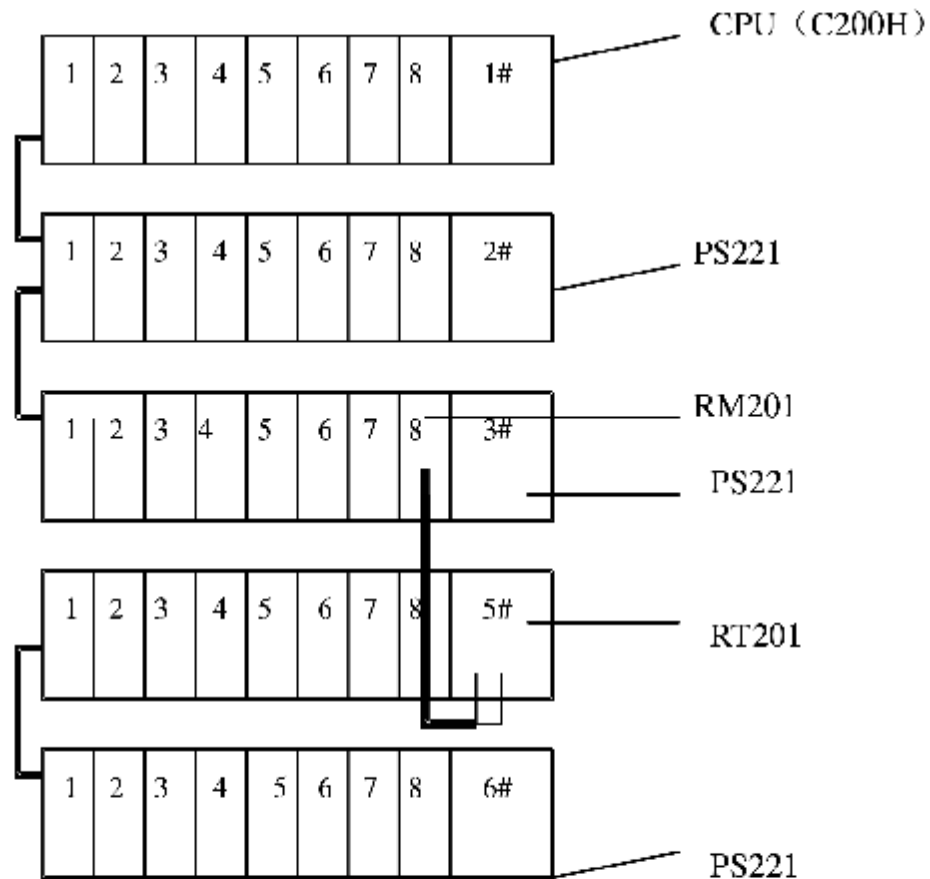


图 3-18 地面滑梯部分模块配置图

分布在涂装线现场的各个开关、按钮把现场的状态经信号线

(DC24V) 送入各个输入模块，经 PLC 的 CPU 进行处理，控制输出继电器，带动相应的各个设备的动作。由于 PLC 本身性能比较稳定，主要的故障有：设备本身由于某种原因如老化磨损等无法满足正常的输入条件，引起设备停机或出现故障；因输入的状态错误引起的错误的输出，输入出错有线路本身的原因（如线路破损，线间干扰），也有人员的误操作，设备的突发故障等。

1. 滑撬在烘干炉内跑偏，或在运输链上跑偏。

机械设备自身原因：滑撬的橇体变形，由于滑撬在生产线上反复的烘干加热、冷却加上橇体本身的磨损，使得滑撬在运行中出现变形跑偏。

2. 在转运车、转台、升降机处或快、慢链衔接处相邻工件分隔不开，造成 1 个工位上 2 个工件或多个工件连在一起，无法动作，容易导致工件损伤或事故。这是机械设备自身原因及滑撬变形所造成的故障。

3. 升降机、转台、转运车不到位。

开关位置调整不好，发号过早或过晚，停车位置过早或过晚；行走电机的制动调整不良，过松或过紧也会影响停车位置；变频器的加减速时间设定不好，减速时间不合适，提前减速或过晚减速。

4. 程序运行中出错，设备误动作。

如：烘干炉进出口升降机在工件未完全完成工位动作的情况下开始升降，造成工件挤伤和设备故障；转运车、转台在工件未到位的情况下开始运行或工件到位后不动作；运输链末端停止器误动作，工件跑出运输链，造成工件损伤或其它故障等。

原因分析：由于输入误动作引起的输出出错。

- (1). 现场开关误动作或损坏，开关线路破损致使其它信号进入。
- (2). 电气线路敷设中 AC380V 动力线和 AC220V 控制线、24V 或其它信号线同在一个线槽中，且没有采取分隔措施，致使线路干扰较多，开关线路误发号增多，引起程序运行出错，设备误动作。

5. 变频器报警。

线路缺相（输入或输出的）；电机过载；加减速时间过短过电流；变频器故障：晶体管组损坏，变频器散热不良引起的过热，线路干扰引起的变频器不工作（频率升不起来）；

6. 电气线路故障。

控制线路故障；开关故障（现场行程开关、接近开关、按钮、旋钮、急停等，控制室操作盘开关、按钮、旋钮）；电源故障；24V、6V 电源故障；

3.6.2.2 烘干炉

1. 炉温自动调节失灵，炉温不在调节范围内。

(1) 仪表工作不正常：如热电阻损坏、输入断线或短路等引起检测的实际温度出错，导致温控仪表控温失常；温控仪表自身损坏，无输出信号。

(2) 调功器线路老化，散热不良，触发板组件频繁损坏，引起可控

硅无触发信号或触发信号出错，导致加热组件工作不正常，炉温失控。

2 炉内温度不均衡。

因喷漆室与烘干炉连通，喷漆室正压或负压值偏大都会引起炉内气流偏向一侧：正压时炉内热量被吹向出口，烘干炉出口温度偏高；负压时被吸向喷漆室，烘干炉入口温度偏高。另外，个别调功器不工作或局部电加热管故障也会引起类似故障。

3 加热器温度偏高。

加热器风门未完全打开，或过滤材料堵塞，加热器内产生的热量来不及被带走，炉内温度偏低，加热器持续满负荷工作，温度随之持续上升。

4 冷态时升温时间长。

(1) 辐射器故障：辐射器（管）损坏或线路故障，部分辐射器（或管）不工作。

(2) 加热功率不足，电加热器故障：加热管损坏，或加热器内零线板热变形，部分加热管接触不良。加热组件（电加热管）采用三相星接，加热管的一端固定在加热器两端的接线铜排上，另一端通过管壁插在加热器内不锈钢板上的固定孔上，见图 3-19，不锈钢壁板长期受热变形，向内弯曲，加热组件从孔上脱出或接触不良，都会造成加热功率不足，影响调温效果。

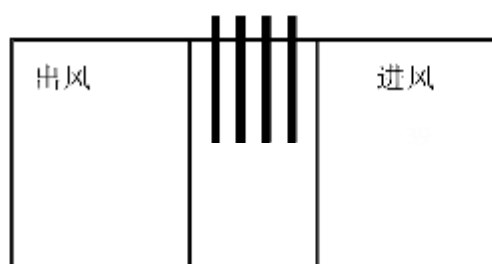




图 3-19 电加热器示意图

3.6.2.3 直流电源及其它附属设备常见故障：

- 1 电泳漆膜未泳上：行走超位或直流电源故障。
- 2 电泳工作时电源打火：接电装置接触不良。
- 3 电气设备跳闸：由于现场水汽大加上酸碱腐蚀严重，电气线路及组件锈蚀较重，容易造成对地绝缘不良或短路缺相等故障。

第四章 故障处理及减少故障的手段和方法

设备故障分析的目的是找到故障点，确定故障原因，并在此基础上进行故障处理。针对一般性故障、突发性故障，一般只需根据故障现象找到故障点进行维修即可，而对于重大故障、重复多发故障则需要针对故障原因进行深入的进一步的分析，确定发生故障的深层次原因并考虑预防性措施。

涂装线 PLC（可编过程控制器）的数量多，还有 OMRON、AB、西门子等各种不同型号、系列，使用了包括温度模块，继电器输入/输出模块，晶体管输入/输出模块，模拟量输入模块、远程单元、主站单元等，有的还大量使用了触摸屏等人机界面及总线技术。由于大量的 PLC 的使用取带了以前的中间继电器和控制线路，使得电气线路大为简化，尤其是控制线路简化，其复杂的逻辑由 PLC 来完成，而 PLC 工作的稳定性、可靠性就成为影响设备的稳定性的最重要的因素^{[42][43]}。

PLC 控制是涂装线的电气控制的核心，PLC 通过对输入信号进行

第四章 故障处理及减少故障的手段和方法

设备故障分析的目的是找到故障点，确定故障原因，并在此基础上进行故障处理。针对一般性故障、突发性故障，一般只需根据故障现象找到故障点进行维修即可，而对于重大故障、重复多发故障则需要针对故障原因进行深入的进一步的分析，确定发生故障的深层次原因并考虑预防性措施。

涂装线 PLC（可编过程控制器）的数量多，还有 OMRON、AB、西门子等各种不同型号、系列，使用了包括温度模块，继电器输入/输出模块，晶体管输入/输出模块，模拟量输入模块、远程单元、主站单元等，有的还大量使用了触摸屏等人机界面及总线技术。由于大量的 PLC 的使用取带了以前的中间继电器和控制线路，使得电气线路大为简化，尤其是控制线路简化，其复杂的逻辑由 PLC 来完成，而 PLC 工作的稳定性、可靠性就成为影响设备的稳定性的最重要的因素^{[42][43]}。

PLC 控制是涂装线的电气控制的核心，PLC 通过对输入信号进行

逻辑处理（按 PLC 程序）来控制输出信号。PLC 应用中由于 PLC 本身的可靠性较高，电气故障主要是由于输入信号出错产生的输出的误动作。通过改进 PLC 程序除了可以提高设备的可靠性和安全性外，更重要的是还可以通过 PLC 程序实现对设备的在线故障监控，及时有效的发现、预防和减少事故的发生，减少破坏性事故。^[21]

4.1 机械运输设备

4.1.1 自行葫芦部分

间歇式前处理自行葫芦系统中主要应用了(例如 C20P、CPM2A 等)小系列 PLC。涂装线前处理的电气控制部分多为分散控制方式，每台小车各自配一台电箱，内带 PLC 和其它电气组件设备，根据事先输入的程序独立地实现各自的工艺动作,完成驾驶室、车架的前处理、电泳工作。维修或处理故障时必须熟悉 PLC 程序，了解动作及其相应的保护，才能快速处理。

针对上一章的分析情况，由于安装、维护、检修等与设备有关的参数不适当会造成设备性能的降低,由此引起的故障是自行葫芦系统中 PLC 运行的主要故障,加强定期的检查及时的调整和维修是最有效的方式。及时的进行调整和维修使设备保持良好的状态，满足 PLC 程序的要求，才能够减少 PLC 运行中故障。尽量采用优质的电气组件，做好电箱的密封减少环境因素的影响，及时检查点检葫芦的机械、电气，调整好刹车及行走，调好起升电机间隙，及时检查更换链轮或输出轴，紧固、调整计数叶片及发号开关。另外，适当进行程序的改进，减弱程序对设备性能的要求，完善工作程序，减少误动作（开关）的危害，对反复试验后的程序进行固化^[30]，免除程序丢失的隐患，也有助于设备运行的连续性和可靠性，新型的有通信能力的 PLC 的使用对故障的处理和

诊断提供。

1. 程序运行中自我保护，报警。

(1) 升降电机故障：检查电机及相关接触器及线路，调整间隙。

(2) 起升葫芦机械故障：检查葫芦链条或导链架等机械部份，及时更换损坏的部件。

(3) 前后葫芦不完全同步：根据葫芦运行的实际情况从程序中适当放宽对同步性的要求，修改程序动作，保证程序的连续性。

(4) 计数出错：检查计数器叶片和发弓开关及 PLC 输入线路。

(5) 葫芦电箱上的 PLC 故障。检查 PLC 故障状态，判明外部还是内部故障。对外部故障，如个别地址程序丢失，可以将应用程序在 EPROM 芯片中进行固化；简单的 PLC 的硬件故障，如：电源保险、输出保险损坏，固态继电器损坏等可以更换组件；输入、输出点烧坏可以改程序，换为另外的空输入、输出点。

(6) 其它电路故障：检查线路。

2. 行走打滑或频繁跳闸。检查行走电机及调整抱闸，检查整流块及制动线圈。

3. 程序出错，乱工位。检查开关并调整到位开关的高度，调整工位的撞块。

4. 电气线路故障。检查相应的电气线路，检查电箱。

上述故障中，机械部分和电气的外线路故障判断比较容易、直观一些，PLC 部分因涉及到动作和程序保护相对麻烦，需要对 PLC 的工作原理和实际运行程序的深入的了解。实际应用中，解决程序的连续性，

让程序既能够满足程序保护的需要,又要尽量减少对机械、电气的要求,一直是工作的重点,针对不同的故障状态需要及时进行识别,以尽量减少可能造成的设备损坏和设备事故,提高设备运行的可靠性。

4.1.2 地面滑橇部分

涂装线, PLC 主机是机械运输系统的核心,经常采用的是一种集散式的结构^[16],大量的电机线等动力线由总控制室送至地面链的各个驱动站、动力辊道,升降机等。大量的控制信号线、控制线也由分布在现场的各个开关汇集到车间的总控制室。早期的设计中动力线,控制线一般在同一线槽中分布,电气线路沿着线槽平行敷设,容易造成线间耦合;另有部分由变频器输出的带有齐次谐波的电线路也分布在同一线槽中^{[17][19]},如未用屏蔽线,会给使用带来一定的困难,加大了维护的难度。

针对不同的干扰信号,采用不同的手段。对干扰信号进行分析,对输入点进行监控:是否确有个别输入点在运行当中不正常发号,用监控软件或编程器监控其发号。对于有些能找到干扰源的信号可以采用屏蔽干扰源或信号线的方式^[18];对于不好确定干扰源的只能屏蔽信号线。有时,干扰无法确定其来源,但只是偶然瞬间发号,且不会对设备造成太大影响,可不加屏蔽用软件处理。

例如:一烘干链换为调速电机加变频器后,运输链动作时升降机等其它设备乱动作。在控制室用编程器进行监控,可以见到多个现场开关乱发号。当时只有变频器线路经过改动,可初步确定干扰源是新出现的,试验停烘干链后,干扰消失,可确定烘干链为干扰源。选用屏蔽线代替原电机线,故障消失。

又如：一转运车运行中常出现停止运转故障，在监控后发现占位信号被干扰，在间歇发号，现场线路很多，无法明确的确定干扰源^{[22][23]}，而在被干扰的状态下，转运车无法正常运转。在这种情况下，可通过采用屏蔽被干扰信号占位来解决该问题。

4.1.2.1. 提高可靠性的措施

PLC 控制是涂装线的电气控制的核心，PLC 通过对输入信号进行逻辑处理（按 PLC 程序）来控制输出信号。PLC 应用中由于 PLC 本身的可靠性较高，电气故障主要是由于输入信号出错产生的输出的误动作。输入出错的原因主要有：电气线路本身的干扰信号引起输入信号出错；人为误操作引起的输入信号出错；传感器本身的误动作、误发号引起的输入信号出错。针对上述原因可分别采用信号屏蔽、程序改进或二者相结合的方式来解决。信号屏蔽主要针对电气线路的干扰信号有效，实际上更多的是采用程序改进的方式或信号屏蔽、程序改进二者相结合的方式，在屏蔽相关线路的同时通过完善设备的保护程序，减少干扰信号的影响，保护设备的安全；通过增加防止操作人员误操作的程序，减少由于误操作引起的设备事故。

电气部分主要是解决抗干扰和可靠性的问题，这是机械化的核心问题。针对不同的情况采用不同的解决方法。首先是使用屏蔽线，针对个别干扰信号的影响为减少误动作而采用，采用屏蔽方式，来解决抗干扰和可靠性的问题。另外通过修改完善 PLC 程序，适当增加必要的安全开关和线路来提高设备的可靠性和安全。

具体有以下几类：

1 完善常规的保护程序，如：驱动站断销保护等，升降进出口占位保险等，在发生断销（负载过大）或发生其它故障时保护设备的安全。

为防止炉内输送机出口在出口升降机不在上位时，工作由炉内出口掉落，在原有的发号开关的基础上将其它开关引入其动作程序。

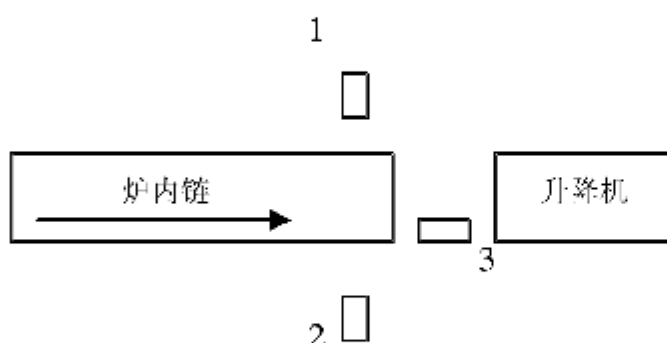


图 4—1 烘干炉炉内链出口示意图

将原 1（0200）和 2（0201）两个开关由两侧接触滑橇发号改为另加 3（0202）由滑橇的橇底接触，增加其可靠性（原两侧发号因滑橇的变形跑偏且原发号机构不容易调整，经常只能接触一侧开关，一旦失灵容易掉车；橇底的发号方式不易脱开，出车就能碰上，与原开关在逻辑上并联后，可靠性大大提高）

原逻辑关系（以 OMRON 的 PLC 为例）

```

LD    5600      自动
LD    NOT 0200
AND   NOT 0201
OR    0300      上位
OUT   2001      输出
    
```

现逻辑关系

```

LD    5600      自动
LD    NOT 0200
AND   NOT 0201
    
```



```
AND NOT 0202
OR 0300
OUT 2001      输出
```

2 增加防止操作人员误操作的程序。

防颤程序，防止操作人员误碰相关的开关、按钮时的误动作：加延时动作，防止误碰开关引起误动作；防误操作程序，防止操作工作不适宜的条件下进行操作，使其动作无效，即增加限制约条件，在条件不满足时，不允许进行操作，如下图 4-2 所示：上件工位为防止人为误上件造成槽内工件集放时间过长引起工件锈蚀，在第 1 槽空位延时一段时间后方可允许继续上件，在这时间内按动按钮无效。

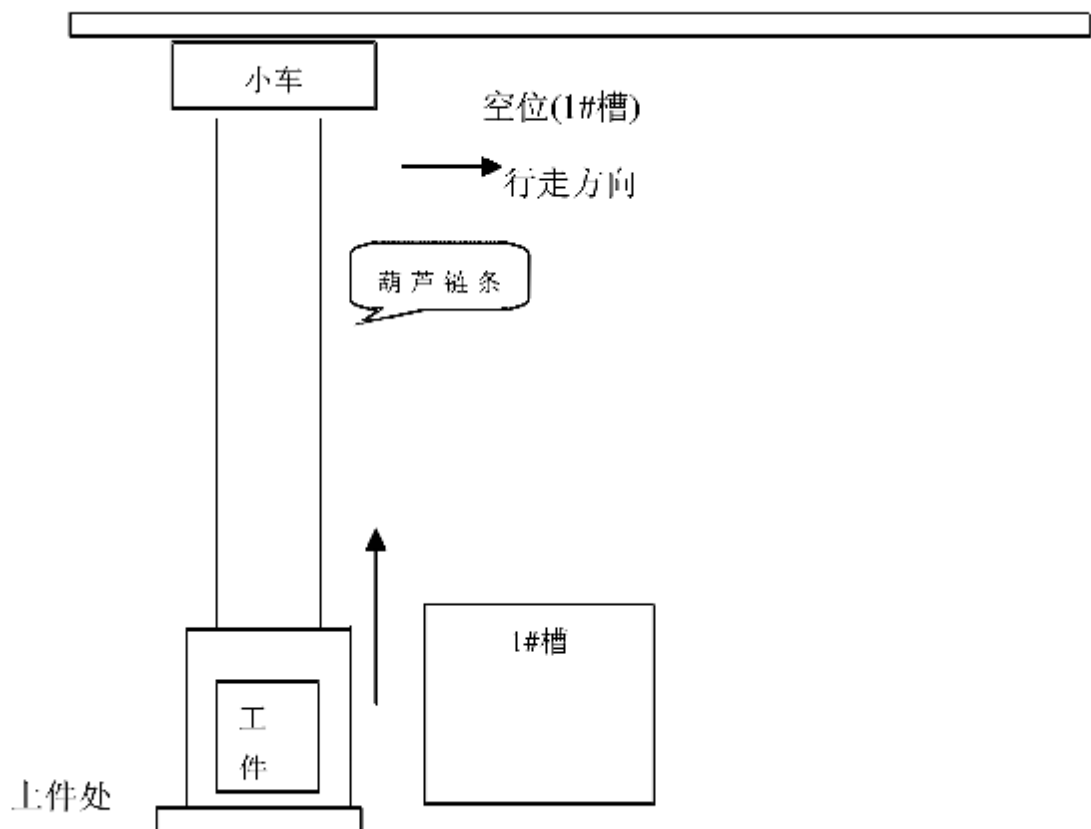


图 4-2 前处理上件示意图

[31][32]

```
LD  NO1  1001          1 槽空位开关
TIM  000
#200
LD  1002              手动开关
AND  TIM00
OUT  2204              输出
```

4.1.2.2. 故障状态的检测和重大事故的预防

通过改进 PLC 程序除了可以提高设备的可靠性和安全性外，更重要的是还可以通过 PLC 程序实现对设备的在线故障监控，及时有效的发现、预防和减少事故的发生，减少破坏性事故。首先，增加错误状态的识别程序，对故障状态实时进行监控，出现不正常的信号状态或危险信号时，及时停机，保护工件及设备的安全。其次，增加对关键工位事故多发工位的程序和电气改进的力度，针对关键工位专题研究，专门设计其运行程序，改进电气线路增加必要的开关，通过严密的逻辑关系和严格的限定条件严格控制程序动作，减少破坏性事故的发生。

1.增加错误状态的识别程序。一旦发生突发故障或出现不正常的信号状态时及时停机，保护工件及设备的安全。

(1) 例如：集放链部分

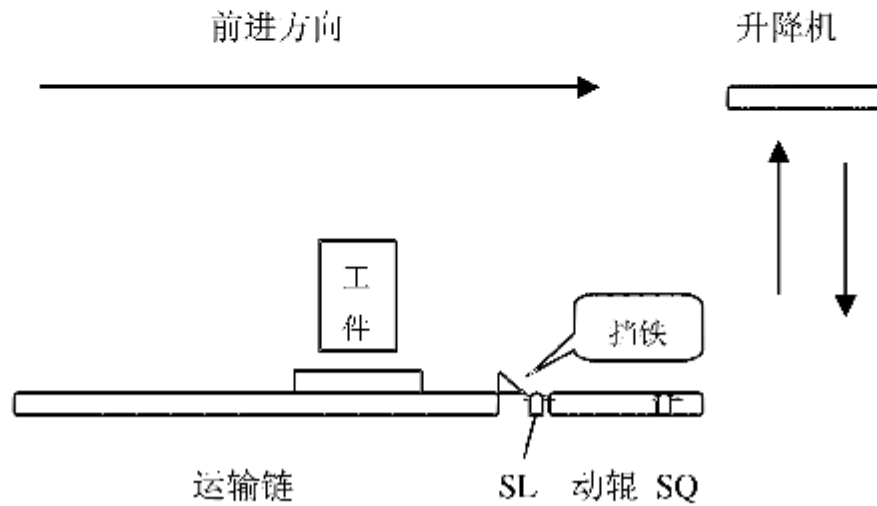


图 4-3 运输链出口及动辊示意图

SL---行程开关 1206

SQ---接近开关 1207

如图,4-3 所示,当集放链因压缩空气突然停气,集放链出口端挡铁(气动)因无法及时将集放的滑橇挡住(压缩空气突然停气),而运输链继续运转,就会造成集放链的滑橇跑出集放位置将工件强行推入升降机的事故,为避免此类事件的发生,对集放链出口的 PLC 程序段进行改进,增加了连锁保护,一旦入口前动辊占位,只要有滑橇冲出集放链(SL 发号)立即将集放链停机,以免发生类似事故。

LD 5605 自动

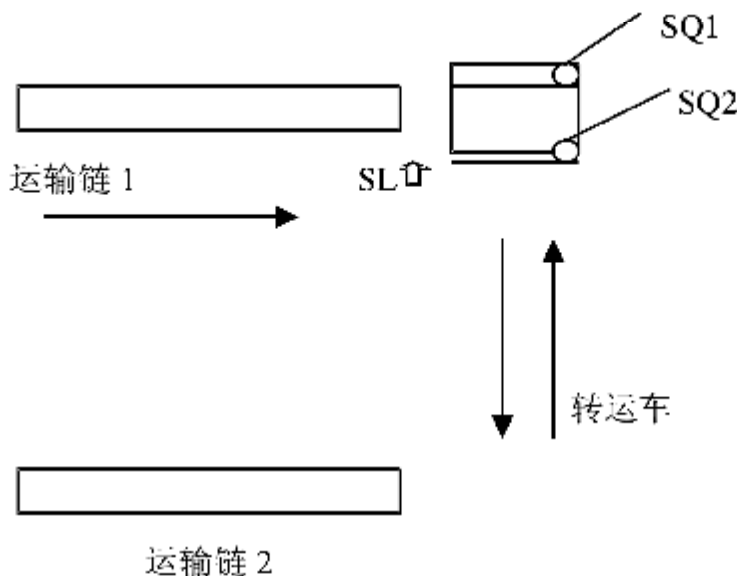
LD NOT 1207

OR NOT 1206

AND LD

OUT 1600

(2) 例如：转运车部分。如图 4-4，转运车处为防止接件时挡铁停气或由于机械或其它故障导致上一个半件后运行，造成转运车跳闸或其它故障，也加了联锁保护，一旦发生上述故障，立即停输送链和转运车，避免事故的损失：SL 发号时转运车上若不在运输链 1 的出口处，运输链停转，以防掉车；SL 发号时，若小车上 SQ1、SQ2 同时发号，即上一个半撬，则停转运车及输送链，以免造成事故。



.....图 4-4 转运车动作示意图

LD 5603

输送链自动

```

LD NOT 0301          SL 占位
OR   0303           1#链端处转运车到位开关
AND LD
OUT 02005          输送链运转
.....
LD 5607            转运车自动
LD NOT 0301
OR   0303
AND LD
OUT HR100          非故障状态保持
LD HR101           原转运车运转条件
AND HR100
OUT HR 103         转运车运转
.....

```

4、增加对关键工位、事故多发工位的程序和电气改进的力度，专题研究，专门设计。

例如：对于烘干炉入口升降机，如图 4-5，为防止滑橇尚未进入升降机内就误动作上升，在入口处另增加了间隔保险开关，同时对程序动作加以严格限定。

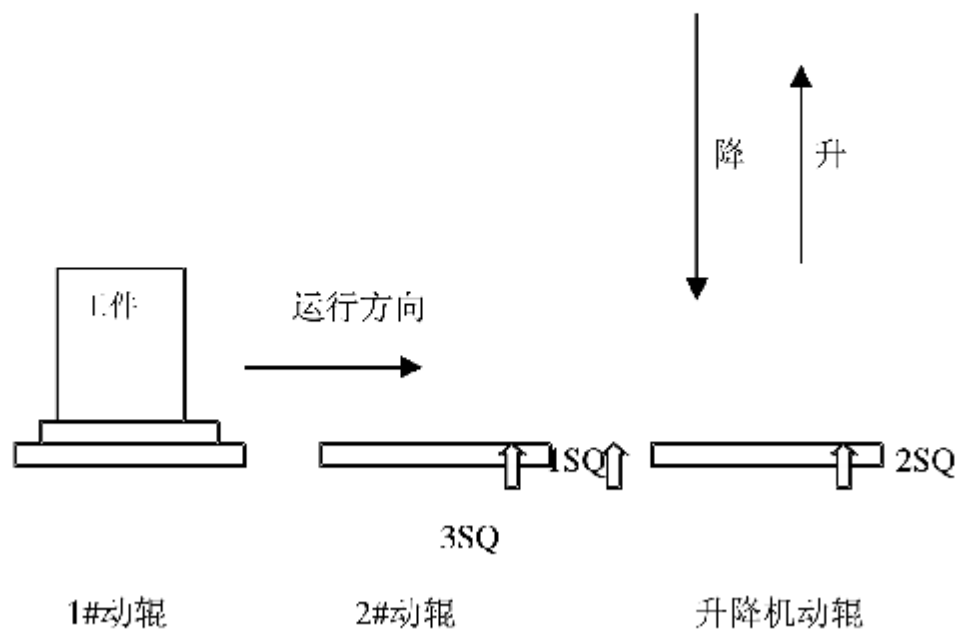


图 4 5 动辊及升降机入口示意图

1SQ----间隔发号 1201

2SQ----升降机占位 1202

3SQ----2#动辊占位 1203

升降机动辊占位上升条件：

(1) 动辊转：3SQ、2SQ、1SQ 均空位，按动进车按钮（升降机在下位时即 1204、1205 发号有用，否则无用）；

(2) 动辊在 1SQ 上连续发号约 10 秒（根据实际需要白定）后再空位；

(3) 动辊连续运转 12 秒（根据实际需要白定）以上。

(4) 2SQ 这时占位 3 秒种开始上升。

LD 5605

[35][34]

AND 1204
AND 1205
AND 1201
AND 1202
AND 1203
AND 1208 进车按钮
OR HR300
AND NOT 1209 上升到位
OUT HR300
LD 1201
TIM00#10
LD HR 301
OR TIM00
AND NOT 2205 开制动
OUT HR301
LD 1300 动辊运转
TIM01#120
LD HR302
OR TIM01
AND 2205
OUT HR302
LD HR300

```
AND HR301
AND HR302
AND NO1 1202
TIM03#30
LD TIM03
OR HR400
AND 1209
OUT HR400 上升
```

4.1.3 变频器

在机械化运输设备中，根据加减速及调速的需要，变频器的应用较为普遍。

变频器在涂装线使用中主要是对线路的干扰问题，及本身的老化及环境温度的影响问题。变频器因使用时间较长，组件老化等原因，在环境温度较高时尤其夏季容易发生工作不良，不稳定，容易损坏，例如损坏晶体管组等。为解决其工作稳定的问题，可增加通风、降温措施：如空调，为其进行降温保证其工作的可靠。另外，根据不同负载的转矩特性，合理设定负载参数，如过流保护、加减速时间等，也保证了其稳定工作。^{[29][27]}

例如：根据工艺的需要，将原来的固定链速的输送机改为变频调速的输送机时，应采用具有强迫冷却风扇的变频器专用电机，以保证电机在恒转矩、低速运行时的可靠运行^[28]。

变频器输出回路产生的高次谐波会对线槽中的其它信号线产生

一定的干扰，调速链的电机线均使用屏蔽线，一端接地^[37]，另将变频电机的冷却风扇单独另接电气线路，同时将热敏开关接到变频器的控制端子回路中，保护变频电机。根据运输链恒转矩的特性，考虑到低频慢速时的运转特性，变频电机和变频器的功率都适当加大，留有一定余量，变频电机的过流保护由变频器的过电流的参数进行调整^[38]。

例：变频器所带动的电机的主回路线径的选择。

已知电机功率 2.2KW， 电流 4.7A

由 $R_c \leq (1000 \times \Delta U) / (\sqrt{3}LI)$ ^[29] 并取 2% 为允许压降可解得：

(1) 额定电压下的容许电压降。

$$\text{容许电压降} = 2\% \times 220 = 4.4 \text{ (V)}$$

(2) 容许电压降以内的电线电阻值。

$$\text{电线电阻} = [1000 \times 4.4] / [\sqrt{3} \times 50 \times 4.7] = 11 \text{ (}\Omega / \text{km)}$$

(3) 查相关表选择电线电阻值 11 Ω / km 以下的电线截面值为 3.5mm²。

4.2 热工设备及其它设备

4.2.1、热工设备

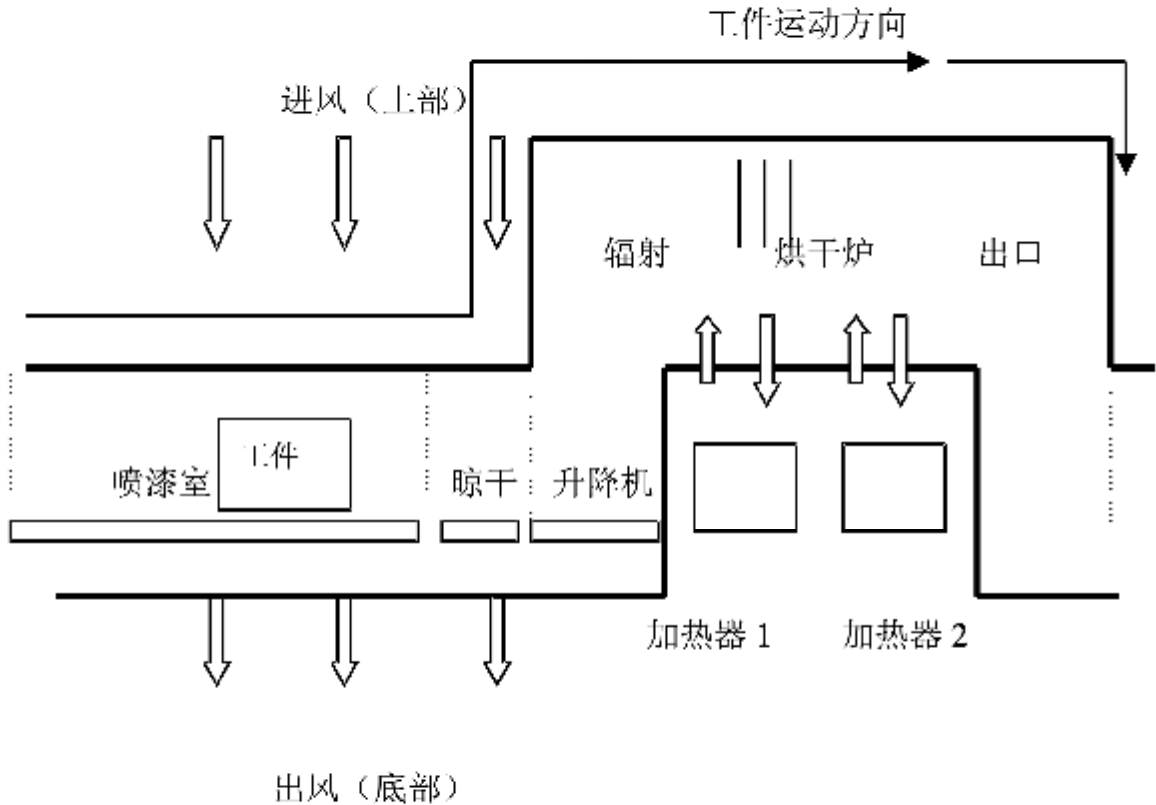


图 4-7 烘干机示意图

从上图 4-7 可见，烘干机温度不仅和白身的加热器有关，同时与喷漆室送、排风有关。

温控中常见的问题的诊断及处理：

(1) PID 参数设定及仪表等主要问题的处理：由 PID 参数设定问题使得温控滞后或执行机构的振荡，可以合理地试验、设定 PID 参数；老式的国产温控表容易损坏，工作不稳定，逐步换成（如日本的 SR 系

列温控表等)先进仪表。

调功器线路老化,散热不良,触发板组件频繁损坏,根据现场温度高,冷却循环风机振动大的实际情况,选用大容量的可控硅,把冷却方式由原来的风冷改为自冷(自带散热器,制冷剂在散热器管道中循环)的形式,更换性能更好、更稳定的线路板,提高工作的稳定性和可靠性。

(2) 炉内温度不均衡。涂装线设备工作中往往多个系统共同工作,有可能出现相互干扰的情况。在排除设备本身的故障后,仪表和调功器工作正常后,如果出现炉子一端热的情况,应该检查喷漆室的送排风,调整风量,保证基本正常(送排风量接近),有时风机本身无故障,喷漆室底部的隔栅或水旋堵塞也可引起排风不足,送风偏大,冷气流向了涌入的情况。

(3) 加热器温度偏高。

调节加热器风门或更换过滤材料。

(4) 冷态时升温时间长。

更换损坏的辐射器或加热管;将加热器内零线(不锈钢板)的热变形部分重新整形。

(5) 其它:烘干炉辐射器的改进:原有的辐射器是辐射管,热效率较低,在涂装的工艺节拍不断改进的情况下,工件的预热温度不到工艺要求,根据实际情况改为远红外辐射块,定向辐射,快速升温,提高了升温的时间和热效率。

4.2.2 直流电源及其它附属设备故障：

直流电源工作的动作顺序如下：

到位信号——时间继电器——直流电源起动回路 ——触发板——可控硅
产生所需直流电压——工件

1. 自行葫芦到电泳位后无直流电：检修葫芦到位开关；检查直流电源的时间继电器；对电泳超位，调整（调紧一些）行走的刹车器。
2. 有电压无电流或电泳工件时电源打火：接电装置接触不良。

前处理、电泳、纯水系统的电气设备因环境潮湿有时会跳闸或出现其它故障，需要及时检查设备，检查其对地及线间绝缘情况。

4.3 现场总线的应用中的故障处理

设备中 PLC 的使用中经常用到现场总线，尤其近年来随着总线技术的广泛应用，网络技术得到了较快的普及，象基金会总线等。现在国内常见 OMRON 的总线主要有：大型的 SYSMAC NET 光纤环网；中型的 SYSMAC LINK 总线；Contrller Link 网，也叫控制器网^{[20][21]}；还有 CompoBus/D 现场总线。

以 CompoBus/D 为例。CompoBus/D 是一个多位，多厂家的机器 / 生产线控制级别的网络，它将控制和数据融合在一起；并且遵循 Device Net 开放现场网络标准，其它公司生产的设备（主单元，从单元）也能连接到该网络上。^[36]采用 CompoBus/D 网络，用 OMRON 的 PLC 及主单元，现场输入/输出模块，大大节省了控制线路的敷设置量。同时，把所有的控制信号，开关，行走和升降的电机全部通过现场模块，通

讯电缆，主单元与 PLC 相联，实现了集中控制，减少了电气线路因前处理、电泳恶劣的现场条件导致的老化及其它故障。

CompoBus/D 使用中的常见故障如下：

1、通信瘫痪：主要是由于通信电缆故障和终端电阻导致。如网络在敷设通信电缆过程中存在中间接头，中间接头未处理好引通讯瘫痪，无法与现场模块互联，终端电阻接触不良也可导致上述问题。

2、个别现场模块未联到网络上、脱离：主要是上通信电缆故障或通信电源故障引起，通信电缆和现场模块需要 DC24V 的电源，同时也需要模块电源与通信电源分开，通信电源故障时，现场模块无法工作导致脱离；T 型分接触不良也能引起上述故障。

第五章 结论

从前面的故障分析及处理的过程可以看出，故障分析是故障处理的前提和基础，而故障处理又是故障分析的最终目的。

讯电缆，主单元与 PLC 相联，实现了集中控制，减少了电气线路因前处理、电泳恶劣的现场条件导致的老化及其它故障。

CompoBus/D 使用中的常见故障如下：

1、通信瘫痪：主要是由于通信电缆故障和终端电阻导致。如网络在敷设通信电缆过程中存在中间接头，中间接头未处理好引通讯瘫痪，无法与现场模块互联，终端电阻接触不良也可导致上述问题。

2、个别现场模块未联到网络上、脱离：主要是上通信电缆故障或通信电源故障引起，通信电缆和现场模块需要 DC24V 的电源，同时也需要模块电源与通信电源分开，通信电源故障时，现场模块无法工作导致脱离；T 型分接触不良也能引起上述故障。

第五章 结论

从前面的故障分析及处理的过程可以看出，故障分析是故障处理的前提和基础，而故障处理又是故障分析的最终目的。

通过故障树或流程图可以系统的对设备故障进行分析,通过对设备故障的分析及故障类型的统计,可以很方便的建立故障速查系统,及时准确的查找故障点,实现快速维修。另外,通过对故障的系统分析,可以对多发故障进行全面的分析,确定改进或预防措施,预防重大事故或多发故障的发生。

涂装线设备的故障处理中除常规的维修外,与 PLC 程序相关的故障占了很大一部分,而且在故障处理中起着核心主导作用,尤其是对机械运输而言,通过 PLC 程序和硬件线路的共同改进能够提高设备的抗干扰能力和稳定性,更重要的是通过完善的设备保护程序和故障状态的监控、识别能够及时发现突发故障和可能造成重大事故的设备状态,及时采取应急措施,避免或减少重大故障。

在涂装线的设备维护过程中,通过上述改进措施的实施,一方面改善了 PLC 程序的适应性,在实际运行中,重大事故的发生的频率得到了有效的控制。由于电气失控造成的升降机掉车、在烘干炉出入口挤车等事故得到有效控制,运输链、转台、转运车由于增加了故障识别,即使发生故障也很少会造成大的设备或质量事故,多数是发生故障停机,设备停止运转,等待处理或复位。另外,对一些干扰信号,在程序中进行屏蔽,减少了干扰信号对程序运行的干扰,程序的运行的可靠性大大增加。

另外,通过调整 PID 参数,改善了温控的效果,减少了由于参数设置不当引起的温控滞后或振荡,使得工艺参数更稳定,有助于产品质量的提高。

由于近年来的新生产线大量采用 PLC 控制方式，现场总线应用也越来越广泛，控制系统越来越复杂，象触摸屏、组态软件等人机界面的大量使用，对系统的可靠性、抗干扰、纠错能力等的要求越来越高，对软件（程序）的依赖也在加深。通过针对不同的实际情况，认真分析可能出现的故障和已发生的问题，认真研究，在常规维修的基础上，通过科学的改进程序，有助于我们解决问题，减少故障，尤其在硬件设施不进行大的改动和投资的情况下，尽可能的发挥已有设备的潜力，减少和避免事故的发生。

对涂装线来说，涂装设备的发展很快，新的装备不断涌现，象由以前的自行葫芦到摆杆链，从悬链到 Ro Dip—Technology(全旋反向浸渍输送技术的出现，不断有新技术出现，不可能都马上更新装备，旧有的装备还需要在一段时间发挥其使用的潜力，这就需要再旧装备上进行一定的改进。本文在涂装线设备分析的基础上，提供一些涂装设备维护、PLC 应用的一些典型故障的处理和改进的例子，有助于为汽车涂装线设备的维护提供一些参考。

致 谢

在论文即将付梓之际，谨向我的导师朱喜林教授致以深深的谢意！本论文是在朱老师的关心与指导下完成的。为本论文完成朱老师倾注了大量心血。朱老师严谨的学风以及对科学一丝不苟的精神和真诚的为人态度给我以很深的影响。这些都将令我受益无穷。是我今后学习与工作的榜样与楷模。

另外，也要感谢我的同班同学们，对于本人完成课题所做的工作。正因为这些，才使得本论文得以顺利进行。在此，一并向他们表示感谢！

致 谢

在论文即将付梓之际，谨向我的导师朱喜林教授致以深深的谢意！本论文是在朱老师的关心与指导下完成的。为本论文完成朱老师倾注了大量心血。朱老师严谨的学风以及对科学一丝不苟的精神和真诚的为人态度给我以很深的影响。这些都将令我受益无穷。是我今后学习与工作的榜样与楷模。

另外，也要感谢我的同班同学们，对于本人完成课题所做的工作。正因为这些，才使得本论文得以顺利进行。在此，一并向他们表示感谢！

参考文献

- [1] 王锡春. 汽车车身涂装技术. 2000年
- [2] 马汝成, 宋衍国. 汽车车身涂装工艺的应用与发展. 汽车涂装技术交流会论文集. 2003.10
- [3] 陈慕祖. 汽车涂装技术文集. 2003年
- [4] 陈慕祖. 新型车身涂装输送设备——全旋反向浸渍输送系统 (Ro Dip). 2003年汽车涂装技术交流会论文集. 2003.10
- [5] 吴涛. 汽车零部件涂装技术跟踪研究. 年汽车涂装技术交流会论文集. 2003.10
- [6] 李斌. Sames 旋杯系统及其在轿车喷涂中的应用. 2003年汽车涂装技术交流会论文集 2003.10
- [7] 盛兆顺, 尹琦岭. 设备状态监测与故障诊断技术及应用. 化学工业出版社. 2003年
- [8] 徐敏. 设备故障诊断手册. 西安交通大学出版社 1998年
- [9] 常斗南, 李全利, 张学武. 可编过程控制器原理、应用、实验. 机械工业出版社, 1998.7
- [10] 徐世许. 可编程控制器原理、应用、网络. 中国科学技术大学出版社, 2000
- [11] 邵裕森. 过程控制及仪表. 上海交通大学出版社, 1998
- [12] 陶永华, 尹怡欣, 葛芦生. 新型 PID 控制及其应用, 2000.4
- [13] 胡亦鸣, 钟武清. 微型计算机控制基础. 成都电子科技大学出版社, 1994
- [14] 陶永华. PID 控制原理和自整定策略. 1997年
- [15] 徐以荣. 电力电子技术基础. 东南大学出版社 1999.11
- [16] 袁任光. 集散型控制系统应用技术与实例 2003
- [17] 陈国呈. PWM 变频调速及软开关电力变换技术. 机械工业出版社, 2001.
- [18] 林国荣. 电磁干扰及控制. 电子工业出版社, 2003
- [19] 刘希禹. 通信电源与空调及环境集中监控系统. 1999
- [20] Jonas Berge. Field buses for Process Control : Engineering , Operation ,and Maintenance. 2001
- [21] 宋伯生. 可编过程控制器配置、编程、联网. 1998