

高等职业教育优质校建设轨道交通通信信号技术专业群系列教材

通信信号产品制造与 工艺管理

TONGXIN XINHAO CHANPIN ZHIZAO YU
GONGYI GUANLI

主编 陈志红 任全会



西南交通大学出版社

内容提要

高速、安全、稳定运行的轨道交通，对铁路装备、通信信号设备质量提出更高的要求。本书以通信信号设备生产工艺为主线，介绍了设备生产要求、生产工艺及其生产制造过程中关键工序的质量控制，并将国家职业标准、微课等教学资源以二维码的形式嵌入书中，融合纸质出版和数字化资源优势，真正实现了多元学习。全书突出能力培养，强调实践教学，将企业案例、作业标准、技术检测标准融入其中，有利于教学和自学。

本书可作为高职高专院校、成人高等学校的铁道通信信号设备制造与维护、轨道交通信号与控制、通信工程、电子信息工程等专业的教材，也可作为通信信号生产企业员工的培训用书，还可作为有关工程技术人员的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

通信信号产品制造与工艺管理 / 陈志红，任全会主
编. —成都：西南交通大学出版社，2019.3
高等职业教育优质校建设轨道交通通信信号技术专业
群系列教材
ISBN 978-7-5643-6633-9

I. ①通... II. ①陈... ②任... III. ①铁路通信 - 信
号设备 - 生产工艺 - 高等职业教育 - 教材②铁路通信 - 信
号设备 - 工艺管理 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①U285.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 285187 号

高等职业教育优质校建设轨道交通通信信号技术专业群系列教材

通信信号产品制造与工艺管理

主 编 / 陈志红 任全会 责任编辑 / 李 伟
封面设计 / 吴 兵

西南交通大学出版社出版发行

（四川省成都市二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031）

发行部电话：028-87600564 028-87600533

网址：<http://www.xnjdcbs.com>

印刷：四川森林印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm× 260 mm

印张 21 字数 524 千

版次 2019 年 3 月第 1 版 印次 2019 年 3 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-6633-9

定价 49.00 元

课件咨询电话：028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话：028-87600562

前 言

《通信信号产品制造与工艺管理》(立体化教材)旨在充分利用移动互联网、移动终端设备与相关技术软件为教材用户提供更优质的学习资料。本书是郑州铁路职业技术学院专业骨干教师和郑州装联电子有限公司的技术、管理专家合作编写的立体化教材,采用“纸质教材+数字课程”的形式,实现互联网与传统教学的融合。

本书共分8个项目,内容包括了解铁路通信信号设备制造业,通信信号设备来料检测工艺(IQC),表面安装工艺(SMT),通孔安装工艺(THT),自动焊接检测、清洗、三防保护处理工艺,通信信号设备整机装配、调试及整机检验和包装,印制电路板设计工艺(电子CAD),技术文件编制和现场管理与沟通。本书以通信信号设备生产工艺为主线,介绍了生产的基本操作要领与工艺基础知识。项目编排支持“教、学、做、评”一体化教学,运用项目概述“做什么?”、项目任务书“项目形成的职业能力”、项目学习指导“怎么做?”、项目企业案例“企业怎么做?”、项目实施采取任务单形式“学生自己做!”、项目考核标准“能力是否合格?”、自测题等栏目完成教学引入、知识点传授、动手实践、项目考核等环节。每个项目又分若干工作任务,为理论学习提供坚实载体,真正实现项目导向、任务驱动。

本书由郑州铁路职业技术学院陈志红、任全会担任主编,付涛、陈享成担任副主编,郑州装联电子有限公司胡宜军、郑州畅想自动化设备有限公司张宪峰担任主审。其中,王云飞编写项目一、项目八中的任务二;马蕾编写项目二中的任务一;刘海燕编写项目五和项目二中的任务二及企业案例、项目实施、自测题;孙逸洁编写项目六和项目三中的任务一、任务二;陈志红编写项目三中的任务三、任务四及企业案例、项目实施、自测题;陈享成编写项目四;付涛编写项目七任务一中的一至二、任务二及企业案例、项目实施、自测题;任全会编写项目七任务一中的三至六;赵雨虹编写项目八中的任务一、任务三及企业案例、项目实施、自测题。陈志红负责全书的统稿。本书企业资料由郑州装联电子有限公司胡宜军、胡小伟提供。

本书在编写过程中得到了西南交通大学出版社领导的热情支持及帮助,同时,郑州装联电子有限公司提供了翔实的技术资料,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2019年2月

目 录

项目一 了解铁路通信信号设备制造业	1
任务一 铁路通信信号设备认知	2
任务二 铁路通信信号设备生产工艺流程和质量控制要点	4
任务三 铁路通信信号设备生产要求	8
项目企业案例	14
项目实施	15
自测题一	15
项目二 通信信号设备来料检验 (IQC)	16
任务一 来料认知	16
任务二 来料检验	47
项目企业案例	55
项目实施	64
自测题二	70
项目三 表面安装工艺 (SMT)	73
任务一 表面安装技术简介	73
任务二 表面组装工艺方案	77
任务三 表面组装工艺及设备	78
任务四 SMT 检测与返修技术	99
项目企业案例	104
项目实施	116
自测题三	122
项目四 通孔安装工艺 (THT)	123
任务一 焊接前的准备	124
任务二 工业自动化焊接工艺	135
任务三 手工焊接工艺	139
任务四 焊点质量检查和拆焊	151
项目企业案例	157
项目实施	162
自测题四	166

项目五 自动焊接检测、清洗、三防保护处理工艺	168
任务一 自动焊接检测工艺	168
任务二 清洗工艺及设备	173
任务三 三防保护处理工艺	177
项目企业案例	186
自测题五	187
项目六 通信信号设备整机装配、调试与整机检验和包装	188
任务一 装配工艺	188
任务二 调试工艺	194
任务三 检验和包装	203
项目企业案例	208
项目实施	210
自测题六	212
项目七 印制电路板设计制造工艺(电子CAD)	213
任务一 印制电路板设计工艺(电子CAD)	213
任务二 印制电路板制造工艺	281
项目企业案例	285
项目实施	291
自测题七	297
项目八 技术文件编制和现场管理与沟通	301
任务一 设计文件编制	302
任务二 工艺文件编制	308
任务三 现场管理与沟通	319
项目企业案例	322
项目实施	324
自测题八	326
附 录	327
参考文献	330

项目一 了解铁路通信信号设备制造业

项目概述

铁路通信信号产品是在特定环境和条件下使用的特殊商品，直接关系到国家财产和乘客的生命及财产安全。铁路通信信号设备为运输生产第一线服务，必须做到迅速、准确、安全、可靠，它对产品质量要求高，而产品的质量又与生产工艺及质量控制管理密不可分。通过本项目的学习，学生可以明确铁路通信信号设备组成，熟悉铁路通信信号产品生产基本工艺流程和质量控制要点，掌握铁路通信信号产品的生产要求。

项目任务书

- (1) 通过了解铁路通信信号设备，充分理解铁路通信信号设备在铁路运行中的重要作用。
- (2) 熟悉铁路通信信号产品生产基本工艺流程和质量控制要点。
- (3) 掌握铁路通信信号设备的生产环境要求，会使用 and 选用静电防护用品。

项目学习引导

铁路通信信号系统是铁路运输的基础设施，是实现铁路统一指挥调度、保证列车运行安全、提高运输效率和质量的关键技术设备，也是铁路信息化技术的重要技术领域。

随着铁路运输向高速、重载、安全、正点及铁路现代化发展，铁路运输对铁路通信信号产品的安全性、可靠性、可维护性、互换性等方面都有较高的要求，并对铁路通信信号产品的高精度、高灵敏度及数字化程度的要求也越来越高。因此，铁路通信信号产品制造企业应从设计到原材料、元器件的选用环节进行把控，并在生产制造过程中对关键工序进行质量控制，为铁路建设提供高质量、高安全性、高可靠性的通信信号设备。

任务一 铁路通信信号设备认知

一、认识铁路信号设备

铁路信号用于向行车人员传达有关机车车辆的运行条件、行车设备状态、行车有关指示和命令等信息。铁路信号设备（railway signaling equipment）是铁路上信号、联锁、闭塞等设备的总称。其主要作用是：统一调度指挥列车运行，保证行车安全，提高运输效率，改善劳动强度。



微课：铁路自动化

随着我国铁路交通建设的快速发展，当今铁路信号系统技术已集通信、信号、计算机等先进技术于一体，并向数字化、智能化、综合自动化方向发展，其发展水平已成为我国铁路现代化建设的重要标志之一。铁路信号系统结构图和主要设备如图 1-1 和表 1-1 所示。

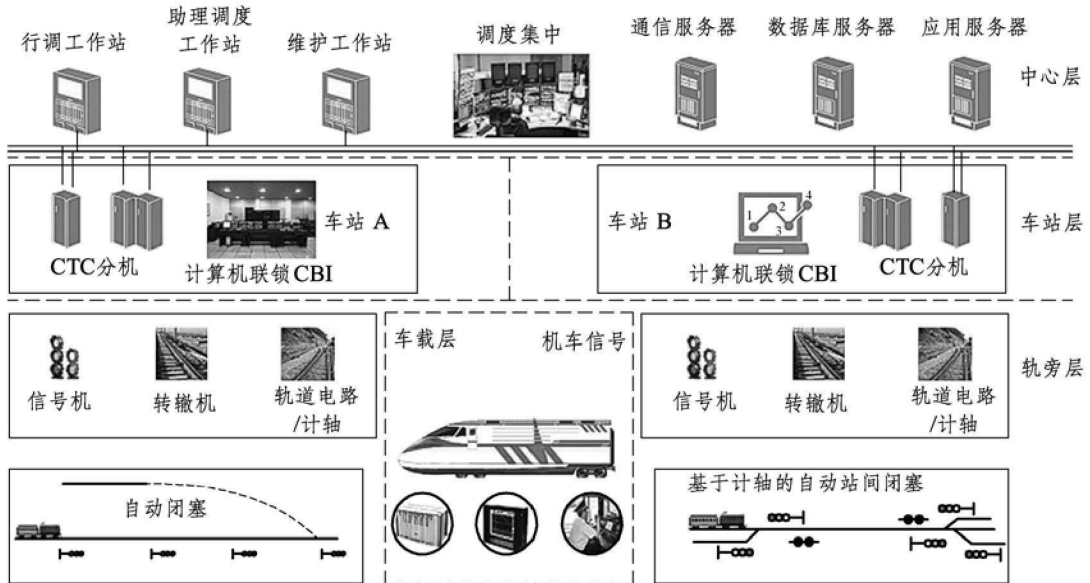


图 1-1 铁路信号系统结构图

表 1-1 铁路信号行业的主要设备

分类	铁路信号行业主要设备及系统
车站（信号器材）	车站地面信号机、道岔转辙机、道岔密贴检查器、车站信号电源屏、车站信号电路部件、地面应答器、电缆、继电器、轨道电路
车站（信号系统）	车站计算机联锁系统、车站计轴系统、列控中心系统、车站信号综合防雷系统、列车调度指挥系统（TDCS）、分散自律调度集中系统（CTC）、铁路信号微机监测系统、无线调车机车信号和监控系统、调车机车作业监控记录系统、铁路电务管理信息系统（CSMIS）、综合视频监控系统
区间闭塞	无绝缘自动闭塞系统（ZPW-2000 等）、移动闭塞系统、计轴自动站间闭塞系统

续表

分 类	铁路信号行业主要设备及系统
车载	通用列车信号车载系统、主体化机车信号车载系统、列控车载设备、驼峰无线机车信号系统-车载子系统、主体机车信号
驼峰（编组场）	驼峰自动控制系统、驼峰无线机车信号系统、编组站综合集成自动化系统（CIPS）、车辆减速器、调车场尾部停车器自动控制系统
其他	客运专线综合调度指挥信息系统、车站旅客向导系统、防灾安全监控系统、微机监测智能分析与故障诊断系统、铁路信息信号平台、计算机联锁全电子执行单元

二、认识铁路通信设备

铁路通信是利用有线通信、无线通信、光纤通信等技术和设备，传输和交换处理铁路运输生产和建设过程中的各种信息。铁路通信设备（railway communication equipment）是指指挥列车运行、组织运输生产及进行公务联络、准确传递各种信息的通信系统的总称。通信设备应能做到迅速、准确、安全、可靠，使全国铁路的通信系统成为一个完善与先进的铁路通信网。构成铁路通信网的系统主要有：传输系统及接入系统、电话交换系统、数据通信系统、调度通信系统、无线列调系统、GSM-R 铁路专用移动通信系统、会议通信系统、广播与站场通信系统等。

铁路通信系统结构图和主要设备如图 1-2 和表 1-2 所示。

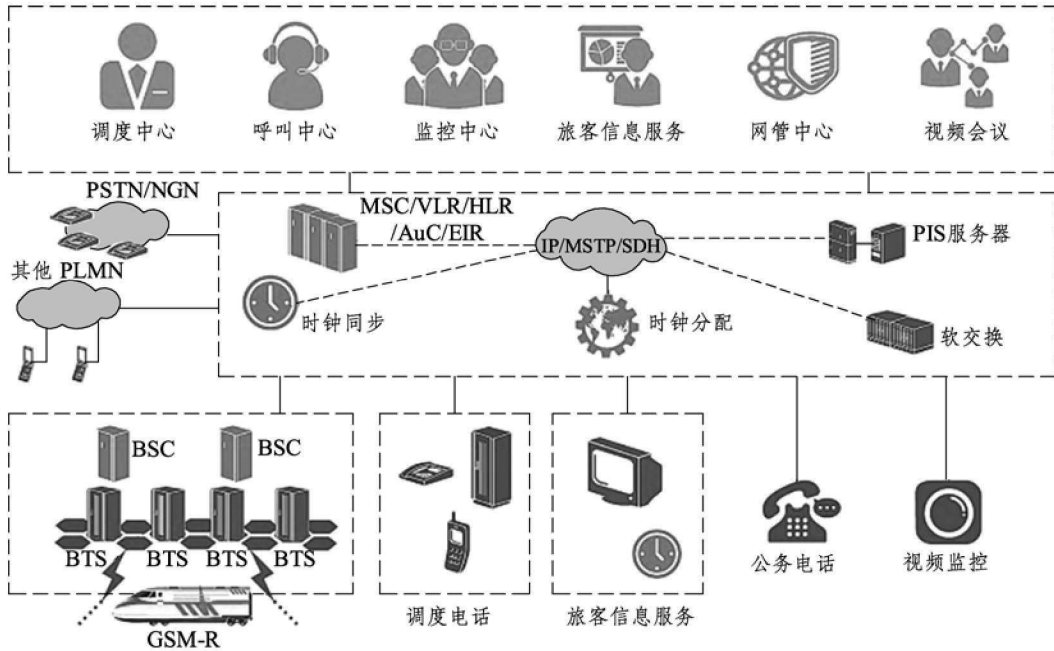


图 1-2 铁路通信系统结构图

表 1-2 铁路通信行业的主要设备

分 类	铁路通信行业主要设备及系统
车站	车站数据网系统、车站通信电源系统、数字调度通信系统、GSM-R、无线车次号校核系统、无线调度命令传输系统
车载	数字调度通信系统-车载子系统、无线车次号校核系统-车载子系统、无线调度命令传送系统-车载子系统、机车综合无线通信设备（CIR）
中心	车站数据网系统-中心子系统、应急通信系统

铁路通信信号产品应具有高精度、高灵敏度的特点，各过程阶段的加工精度直接影响最终产品的输出特性和可靠性，因此，学习铁路通信信号产品制造与工艺管理，对今后从事铁路信号、通信设备的操作、维护、常见故障处理、施工管理及智能化电子仪表维护是十分必要的。

任务二 铁路通信信号设备生产工艺流程和质量控制要点

一、铁路通信信号设备生产工艺流程

铁路通信信号设备的生产包括电路部分的生产、金工结构件的生产、部分零部件或工序的外包生产。电路部分的生产是铁路信号产品的核心，电路部分的生产质量是涉及产品的安全性、可靠性的关键。金工结构件的生产质量是保证产品安全性、可靠性的基础，是实现产品可维修性、互换性的基本保障。



微课：生产流水线简介

生产过程包括信息输入阶段、生产过程策划阶段，制订生产作业计划及生产准备阶段、生产操作阶段、调试测试阶段、包装交付阶段 6 个过程阶段，如图 1-3 所示。

上述各过程阶段是从计划开始，直至交付顾客的全过程。这些过程阶段之间的有机联系，是保证铁路信号产品质量，提供满足顾客需求，并符合国家相关法律法规和相关技术标准的基本保障。

二、铁路通信信号设备生产过程质量控制要点

（一）生产作业计划的制订

制订生产作业计划是企业组织生产过程的基础，是对生产过程质量控制的基本时间保障。一个好的生产作业计划，不仅仅是对最终产品进度的时间要求，更重要的是对产品生产过程中各阶段、各工序之间的总体进度的协调和指导。因此，铁路通信信号产品的生产作业计划

的制订要求生产过程中各工序间的进度协调一致，以确保关键、重要工序顺利进行，从而保证产品的使用性能、使用寿命及可靠性。

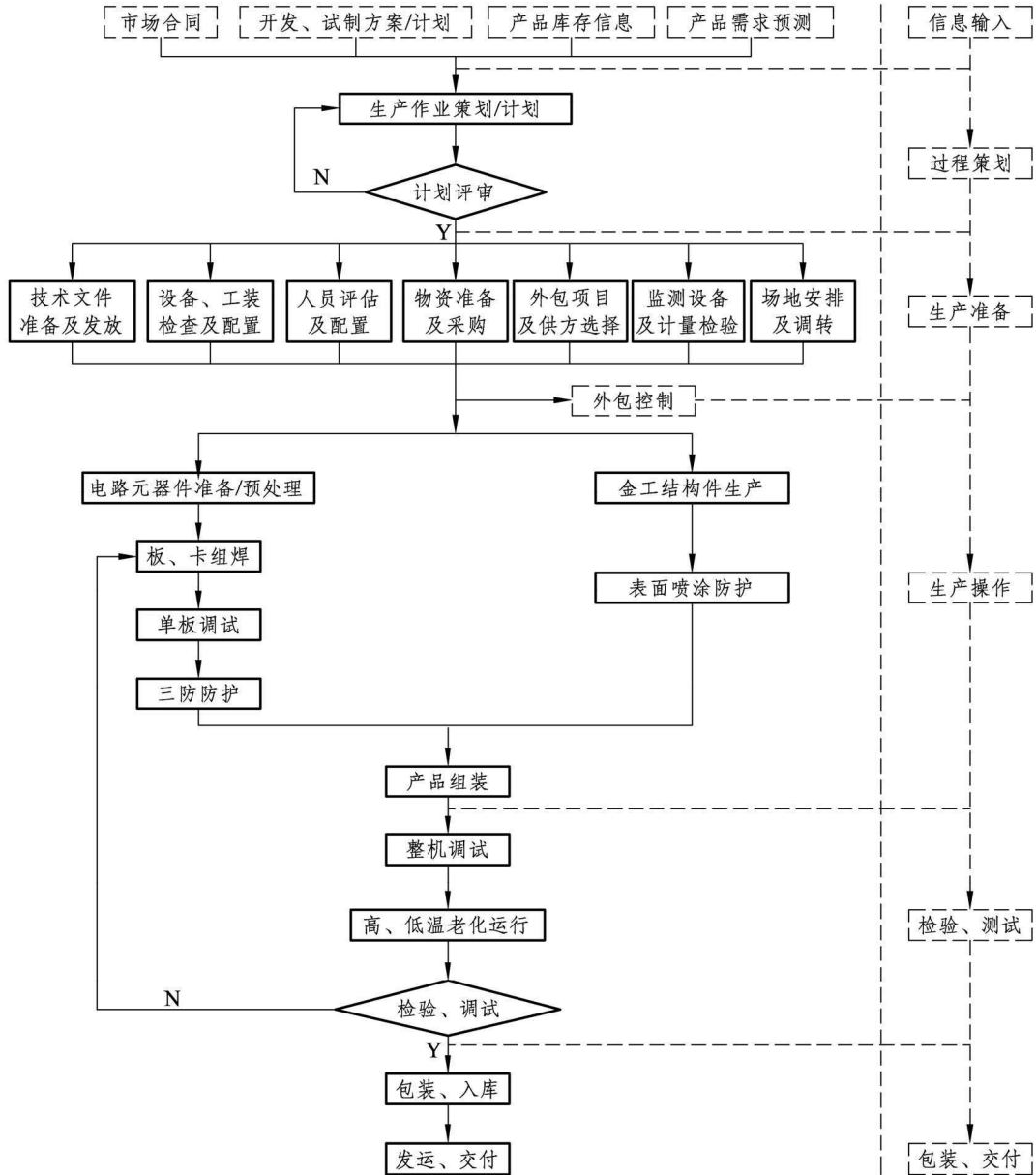


图 1-3 铁路通信信号产品生产过程流程简图

(二) 产品生产加工过程中关键工序探析

对铁路通信信号产品的加工质量控制，是对各加工过程结果符合性的控制，即在铁路通信信号产品加工过程中的每一工序结果，应满足该工序相关设计、技术文件的要求。因此，对铁路通信信号产品的加工质量控制实际上是对产品关键加工过程结果符合性的控制。

1. 金工结构件生产过程中关键工序分析

金工结构件是铁路信号产品的构架组成。通常情况下，金工结构件的生产包括机箱箱体的加工生产、电路元器件安装支撑零部件的生产。常见的加工工艺手段包括金属板材的冲压或成型、机械加工成型、焊接结构及金工零部件的表面处理等过程。除了各金工零部件的加工结果应符合加工图纸的要求之外，对结构件的焊接和表面处理过程结果的控制，将对产品的使用寿命和可靠性产生影响。

在生产过程中，鉴于焊接过程和金工结构件的表面处理过程（通常所说的“特殊过程”）结果的一些基本性能无法得到检验证实，所以，对焊接过程和金工结构件的表面处理过程的控制就不能仅仅是对加工结果的检验，更多的是对加工过程中影响加工结果的各种因素的控制，包括事先对过程能力的预测、评估及加工过程中对各加工工艺参数的控制。

在焊接过程和金工结构件的表面处理过程中，对如下各加工工艺参数进行适当的控制，可以对最终的结果满足要求及通过各种条件下的环境试验起到保证作用，见表 1-3。

表 1-3 金工结构件加工“特殊过程”工艺控制内容及需要控制的工艺因素

过程内容		控制目的	工艺因素控制
金工结构件焊接过程	手工气焊	(1) 焊接表面质量； (2) 焊接结构内部应力分布； (3) 焊缝内部金相组织； (4) 焊缝承载能力	(1) 气源压力； (2) 燃气流量； (3) 焊丝材质； (4) 焊丝直径； (5) 焊接速度
	电焊		(1) 焊丝材质； (2) 焊丝直径； (3) 焊接速度； (4) 焊接电流； (5) 焊接电压
	点焊	(1) 焊接表面质量； (2) 焊接承受能力	(1) 焊接电流； (2) 焊接电压； (3) 焊接压力； (4) 焊点直径； (5) 冷却速度
表面防护过程	磷化清洗	(1) 清除表面杂质； (2) 增加表面防护层牢固程度	(1) 清洗液浓度； (2) 清洗液酸碱度； (3) 杂质含量； (4) 清洗温度
	喷漆、喷粉	(1) 喷涂或镀层厚度； (2) 喷涂或镀层与基体间的牢固程度； (3) 在恶劣环境条件下产品的使用寿命	(1) 油漆黏度； (2) 油漆色度； (3) 喷涂温度； (4) 喷涂速度； (5) 气源流量、压力； (6) 环境温、湿度
	电镀		(1) 电解液浓度； (2) 电解液酸碱度； (3) 杂质含量； (4) 电解液温度； (5) 电解电流； (6) 电解电压； (7) 杂质含量

2. 电路部分生产过程中关键工序分析

电路部分及其各印制电路板之间的功能组合，是构成铁路信号产品的核心。电路部分的生产加工过程结果、产品输出各性能指标及精度直接影响铁路信号产品功能的实现。所以，对铁路信号产品电路部分生产过程中各工序的质量控制，特别是对生产过程中关键工序的控制，对保证铁路信号产品的可靠性、安全性，提高信号设备运行的灵敏度，延长设备使用寿命，降低信号设备故障报警频率起着关键性作用。

通常，电路生产加工流程包括电路板阻焊，单板检测、调试，三防防护，组装、调试，整机老化、高/低温运行等过程。

鉴于这些过程结果对铁路信号产品功能实现、产品精度、可靠性及使用寿命的影响程度和各工序的工作内容，通常情况下对这些过程控制所涉及的内容也比较广泛。针对各具体操作过程的内容对产品功能特性以及产品的关键特性、产品的可靠性的影响程度不同，仍需控制不同的工艺因素，见表 1-4。

表 1-4 电路部分“特殊过程”及“关键过程”工艺控制内容及需要控制的工艺因素

过程内容		控制目的	工艺因素控制
单板阻焊过程	手工焊接	(1) 焊点质量； (2) 防止虚焊、假焊； (3) 焊接可靠性、焊点牢固程度； (4) 保持元器件的固有特性	(1) 焊丝； (2) 助焊剂； (3) 烙铁功率； (4) 焊接温度； (5) 静电防护环境
	波峰焊接/贴片		(1) 焊剂配比； (2) 焊剂比例； (3) 焊接温度； (4) 焊剂液面位置； (5) 焊接速度（传输速度）； (6) 焊剂使用周期； (7) 静电防护环境； (8) 气源流量、压力
三防防护过程		(1) 焊板防腐蚀、防静电能力； (2) 板卡的可靠性及使用寿命	(1) 清洗液洁净度； (2) 三防漆配比/配方； (3) 三防漆比例； (4) 喷涂速度； (5) 气源流量、压力； (6) 环境温、湿度； (7) 环境洁净度； (8) 烘干温度、时间
调试过程		(1) 产品输出参数、输出精度； (2) 产品软件功能验证； (3) 产品功能实现	(1) 调试软件功能的完整性、正确/准确性； (2) 调试平台的准确性； (3) 模拟负载功率； (4) 静电防护环境； (5) 各种仪器、仪表准确性及精度等级
老化、高/低温运行过程		(1) 降低电器元器件参数漂移； (2) 输出参数、精度稳定； (3) 产品功能实现可靠性	(1) 温度曲线控制； (2) 老化运行温度； (3) 老化运行时间； (4) 模拟负载功率； (5) 测试时机

任务三 铁路通信信号设备生产要求

一、生产许可证

附录为已列入铁路通信信号设备目录的产品。《铁路通信信号设备生产企业审批实施细则》规定：应当向国家铁路局提出申请，国家铁路局受理行政许可申请后，对申请生产企业的专业生产设备、专业技术人员、产品质量保证体系和安全管理制度等进行审查，经审查合格取得“铁路运输基础设备生产企业许可证”（以下简称“生产许可证”）。

生产许可证采用统一格式，主要内容包括证书编号、企业名称、生产地址、设备类别、适用范围、证书查询方式、有效起止日期、发证日期等内容。

生产许可证编号为：TX**#####-*****。其中，“TX”代表铁路许可标识，“**”代表许可类别标识，如“ST”为通信设备生产企业，“SX”为信号设备生产企业，“#####”代表产品编号，由四位阿拉伯数字组成；“*****”代表生产许可证序号，由五位阿拉伯数字组成，按发证先后顺序编排。

生产许可证有效期为5年。

国家铁路局及其铁路监督管理机构应当依法加强对被许可企业的监督检查，在生产许可证有效期内随机抽查被许可企业；对生产高速铁路产品或产品质量不良的企业，应当加大监督检查力度。

被许可企业应当配合监管部门的监督检查，提供相关材料，并按年度向国家铁路局提交企业产品质量保证和安全管理情况自查报告。

企业生产未列入目录的铁路通信信号产品，无须再向国家铁路局申请办理生产许可证。

二、产品认证

根据中国铁路总公司《关于印发〈中国铁路总公司铁路专用产品认证管理办法〉的通知》（铁总科技〔2014〕135号）和国家铁路局《关于公布〈铁路产品认证目录〉的通知》（国铁科法〔2014〕30号）等相关规定，国家对铁路机车车辆重要零部件、铁路道岔及其转辙设备、铁路信号控制软件及其控制设备、铁路通信设备等直接影响运输安全的铁路专用设备，实行产品认证制度——CRCC认证。它是由中铁检验认证中心（原中铁铁路产品认证中心，简称“CRCC”）实施铁路产品、城轨装备认证的第三方检验、认证机构，具有明确的法律地位。CRCC以铁路总公司标准计量研究所、铁路总公司产品质量监督检验中心为基础，从事铁道行业的标准计量、产品质检和产品认证工作。其中，通信信号检验站对通信信号产品的质量进行检测、监督和监督抽查。CRCC对质量管理体系，产品质量，保证产品质量的必要生产、检验条件和手段，研发能力，能正常批量生产，产品质量稳定，有足够的供货能力，具备售前、售后的优良服务和备品备件的供应等进行认证。

铁路通信信号产品生产企业实行生产许可证制度，生产过程执行 IPC 国际电子工业联接协会电子组装三级验收标准，生产的产品经中铁检验认证中心（CRCC）进行质量检验认证，产品在保修期内返厂修理；通过系统性的技术和管理等手段，将产品风险降低到可以接受的程度。

由于铁路通信信号产品结构及加工工艺的复杂性，及其高精度、高灵敏度、高可靠性、低故障的要求，铁路通信信号设备生产过程应从产品技术条件的指定、设计文件的形成、工艺路线安排、原材料物资供应、工序内容控制、设备状态管理等多方面系统地管理控制过程。

三、铁路通信信号设备生产环境要求

铁路通信信号设备生产过程需要工作场地，为生产提供可靠的环境条件。生产环境与产品生产有着密切的关系，合适的生产环境，可以提高产品的性能、成品率及可靠性，否则会对产品生产造成较大的影响。

（一）空气洁净度要求

空气洁净度是表示空气洁净程度的指标，即空气中尘埃微粒的浓度和空气中尘埃微粒的粒径。空气洁净度不达标，会直接对产品或工件造成污染，影响产品的性能、成品率、可靠性及寿命。空气的洁净度主要靠两方面来保证：一方面，建筑密闭性能、易洁性、保温性能是洁净厂房的基本条件；另一方面，在此基础上净化空调等机电系统的共同作用保证空气洁净度达到规定的要求。一般而言，结合生产要求和造价等多方面的因素，根据生产工艺流程设置不同面积和等级的净化车间。随着工艺要求的严格程度，净化等级由外到内逐级提高。

（二）空调恒温恒湿要求

恒温恒湿包含了对温、湿度基数与容许变化范围的要求。室内温度的高低及变化的大小，对通信信号设备生产及运行有着很大的影响。

湿度过大，电子元器件易引起漏泄通路、漏电、击穿及材料老化等变化；工件（如硅片）表面黏附的尘粒难以去除；电气绝缘材料容易受潮，降低绝缘性能；易在精密电子、机械设备内部及工作表面产生凝结水（即结露），影响设备内部元器件的性能及工作稳定性。湿度超过一定的临界值时，则将加速金属的腐蚀。而湿度过低，又易使塑料、绝缘材料等干燥收缩、变形，甚至龟裂，容易产生静电。

通信信号设备生产工厂均对室内温度和湿度有不同程度的要求。为了保证达到相应的恒温恒湿标准，建筑物的维护结构和空调的自控功能效果都至关重要。

温湿度要求如下：

温度：20～28℃；

相对湿度：生产现场、分拣库、元器件库房、来料检验室、半成品库房为 30%～70%，成品库房为 20%～60%，金工、机箱库房为 0%～50%。

（三）防微振要求

振动的危害：影响加工精度及测试精度，从而影响产品的成品率；影响设备仪器正常工作及使用寿命；影响设备仪器零部件（或元器件）的性能，甚至会造成裂损破坏；造成零件磨损或损坏，影响零件的精度及使用寿命；易使设备仪器内部的零部件、元器件松动，影响正常工作。

生产环境中的振动，除厂房外部的振源（如交通车辆、机械设备、建筑施工等）以及内部振源（如运输车辆、机械设备、人员走动等）以外，厂房本身构件的机械性共振，也是不可忽视的振源。因此，设备生产企业必须充分预计各种可能产生的振源，并采取必要的防振措施。

（四）防静电要求



微课：静电的产生与防护



微课：生产的防静电措施

所谓静电放电（Electrostatic Discharge, ESD），是静电电位不同的物体直接接触或静电感应引起物体间的静电电荷转移。静电对电子产品生产的危害主要是：破坏电子元器件的生产，影响产品的成品率，如 MOS 场效应管和 MOS 集成电路，其绝缘氧化层厚度非常薄，只要遇到 100 V 的电位差，就会引起介质击穿，导致器件损坏；在微电子器件生产过程中，各种因素产生的静电电压，往往会超过电子器件对静电的灵敏度范围，如果室内相对湿度过低，则可能产生一定的静电电压，使产品损坏率上升；造成电子设备故障，损坏设备内部的元器件；引起设备误动作；由于静电吸尘影响设备通风散热，造成机械零件磨损，影响产品的使用寿命；产生电击现象，危及操作人员安全，甚至会引起燃烧及爆炸事故；干扰电子计算机等设备的正常工作。

1. 静电防护方法

在电子产品生产过程中，主要从两方面进行静电防护，即防止静电的积累和对已积聚的静电进行泄放。

（1）接地法。

接地能消除导体上的静电，接地电阻为 10 Ω 即可。绝缘体直接接地反而容易产生火花放电，这时宜在绝缘体与大地之间保持 $10^6 \sim 10^9$ Ω 的电阻。带电物体的接地线必须连接牢固，避免折断处产生火花。

（2）泄漏法。

采取增湿措施，增加空气的湿度，绝缘体表面湿度随之增加，降低了绝缘体的绝缘性，增加了静电电荷通过绝缘体本身的泄放。泄漏法在相对湿度 70% 以上比较适宜。如果采用抗静电强添加剂消除静电，效果更显著；也可采用电橡胶或喷涂导电塑料的办法，效果也较好。

（3）静电中和法。

设法将静电电荷中和掉，它主要采用感应中和（消电器）、外接电源中和器和离子风机中

和法等。

(4) 工艺控制法。

改革工艺，控制静电积累，应从工艺流程、材料选用、设备安装和操作管理等方面采取措施加以控制。

(5) 消除人体带的静电。

生产人员应穿用导电纤维制成的防静电工作服和导电橡胶做成的防静电鞋等。

2. 常用静电防护器材

常用静电防护器材及标识见图 1-4 ~ 1-14。

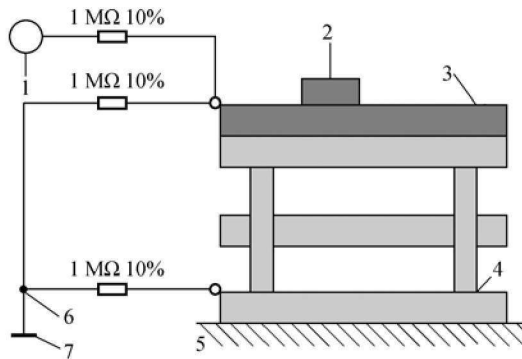


图 1-4 防静电工作台接地法示意图

1—工作人员用的防静电腕带；2—EOS 防护容器；3—EOS 防护桌面；4—EOS 防护地板、台垫；
5—建筑物地面；6—公共接地点；7—大地



图 1-5 防静电服



图 1-6 防静电鞋、防静电袜



图 1-7 防静电腕带



图 1-8 防静电地板、台垫



(a)

(b)

图 1-9 防静电指套、手套

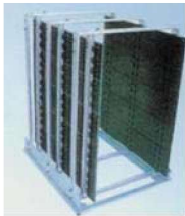


图 1-10 防静电周转箱



图 1-11 防静电包装袋



图 1-12 离子风机 (离子风静电消除器)

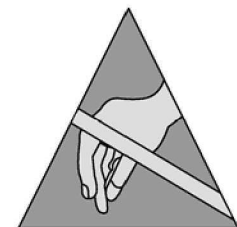


图 1-13 ESD 敏感标识

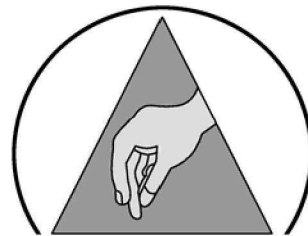


图 1-14 ESD 防护标识

(五) 电磁环境和电磁屏蔽要求

在通信信号产品生产中，电磁环境和电磁屏蔽技术是生产过程的重要手段和措施，同时