

毕 业 设 计 论 文

题 目：计算机联锁控制系统可靠性

保障技术研究

系 部： 铁道学院

专 业： 铁道信号自动控制

班 级：铁道信号自动控制1933班

姓 名： 钱进

学 号： 201904133311

指导教师： 何付志

年 月

**山东职业学院**

**毕业设计（论文）任务书**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 班 级 | 铁道信号自动控制1933 | | 学生姓名 | 钱进 | 指导教师 | 何付志 |
| 设计（论文）题目 | | | 计算机联锁控制系统可靠性保障技术研究 | | | |
| 主要  研究  内容 | | 分析计算机联锁控制系统可能产生的故障，故障种类以及故障原因，对系统可靠性进行研究，尽可能防止可预知的故障发生，降低不可预知的故障发生，最大限度提系统可靠性 | | | | |
| 主要技  术指标  或研究  目标 | | 计算机联锁控制系统的故障分析，  可靠性基本概念。  避错技术和容错技术概念 | | | | |
| 基本  要求 | | 1.计算机联锁的系统构成及基本原理  2.计算机联锁控制系统中在系统级，设备级，网络通信等模块中可靠性保障技术具体应用方案  3.论文格式严格按照学院论文要求 | | | | |
| 主要参  考资料  及文献 | | 1. 车站信号计算机联锁控制系统原理及应用  2. 计算机联锁  3. 计算机联锁系统维护 | | | | |

# 摘 要

联锁系统是铁路车站保证列车和车列正常和安全运行必不可少的核心基础设备，联锁设备除了保证作业安全外，还有提高作业效率和降低劳动强度等作用。按联锁机具的设置不同分为非集中联锁和集中联锁两大类。集中联锁按使用的器件不同又分为机械集中联锁、电气集中联锁、计算机联锁等。

计算机联锁系统（CBI）是综合运用计算机技术、网络通信技术和现代控制技术，以电子信息传输方式集中操纵动力式道岔及色灯信号机等信号设备，从而实现控制车站的信号系统的功能的自动控制系统。它通过计算机运算方式确保信号、道岔、进路间的相互关系正确，满足各种车站、车场规模化运输作业的需要，能够保证行车安全，提高运输效率，改善劳动条件，是车站信号设备控制系统的发展方向，是实现铁路现代化的重要基础之一。它用于保证列车运行和调车作业安全，并提高运输效率。随着列车速度的提高、密度的加大和载重量的增加，铁路运输对计算机联锁系统的要求也在不断提高，其功能和复杂程度也在不断提高，因此计算机联锁系统的可靠性问题备受关注。本文对主流市场上现有计算机联锁系统的常见故障及原因进行分析，并研究其系统可靠性，并提出一系列有关提高计算机联锁系统可靠性的措施，希望能有所帮助。

**关键词：铁路运输；计算机联锁系统；可靠性**

# 目 录

[摘 要 II](#_Toc476664350)

[目 录 III](#_Toc476664351)

[引 言（或绪论） 1](#_Toc476664352)

[第一章 正文格式说明 2](#_Toc476664353)

[1.1 论文格式基本要求 2](#_Toc476664354)

[1.2 论文页眉页脚的编排 2](#_Toc476664355)

[1.3 论文正文格式 2](#_Toc476664356)

[1.4 章节标题格式 3](#_Toc476664357)

[1.5 各章之间的分隔符设置 3](#_Toc476664358)

[1.6 正文中的编号 3](#_Toc476664359)

[第二章 图表及公式的格式说明 4](#_Toc476664360)

[2.1 图的格式说明 4](#_Toc476664361)

[2.1.1 图的格式示例 4](#_Toc476664362)

[2.1.2 图的格式描述 4](#_Toc476664363)

[2.2 表的格式说明 5](#_Toc476664364)

[2.2.1 表的格式示例 5](#_Toc476664365)

[2.2.2 表的格式描述 6](#_Toc476664366)

[2.3 公式的格式说明 7](#_Toc476664367)

[2.3.1 公式的格式示例 7](#_Toc476664368)

[2.3.2 公式的格式描述 7](#_Toc476664369)

[2.4 参考文献的格式说明 7](#_Toc476664370)

[2.4.1 参考文献在正文中引用的示例 7](#_Toc476664371)

[2.4.2 参考文献在正文中引用的书写格式 7](#_Toc476664372)

[2.4.3 参考文献的书写格式 7](#_Toc476664373)

[2.4.4 参考文献的书写格式示例 8](#_Toc476664374)

[2.5 量和单位的使用 8](#_Toc476664375)

[2.5.1 使用方法 8](#_Toc476664376)

[2.5.2 中华人民共和国法定计量单位 8](#_Toc476664377)

[2.6 规范表达注意事项 11](#_Toc476664378)

[2.6.1 名词术语 11](#_Toc476664379)

[2.6.2 数字 11](#_Toc476664380)

[2.6.3 外文字母 11](#_Toc476664381)

[第三章 题目(黑体，小三，1.5倍行距，居中，段后11磅) 12](#_Toc476664382)

[3.1 第三章第一节题目(黑体，四号，1.5倍行距，段前0.5行) 12](#_Toc476664383)

[3.1.1第三章第一节一级题目(黑体，小四，1.5倍行距，段前0.5行) 12](#_Toc476664384)

[3.2 第三章第二节题目 12](#_Toc476664385)

[3.2.1第三章第二节一级题目 12](#_Toc476664386)

[结 论 13](#_Toc476664387)

[参 考 文 献 14](#_Toc476664388)

[附录A 附录内容名称 15](#_Toc476664389)

[致 谢 16](#_Toc476664390)

# 引 言（或绪论）

## 0.1 课题研究背景

铁路运输系统是一个由机车车辆、铁路线路、桥梁隧道和站场等机车设备运输环境组成的庞大系统，这个系统的控制机制是按照行车计划指挥列车安全高效运行的铁路信号系统。为了保证行车安全和必要的通过能力，信号、道岔与进路之间必须以必要的术手段保持一定的制约关系和操作顺序，称这种制约关系和操作顺序为联锁。安全是铁路的生命，联锁则是保证列车安全的关键性基础设施之一。

车站联锁经历了机械联锁、继电联锁和计算机联锁的发展历程，随着技术的发展前两种联锁形式已逐渐被淘汰，而计算机联锁得到普遍应用。所谓计算机联锁就是利用计算机和通信技术来控制车站的信号设备，完成信号、道岔和区段的联锁，实现的车站联锁逻辑关系，具有高可靠性、高安全性、体积小、易集成、高性能价格比、符合故障—安全原则等明显优势，逐步取代了继电联锁设备，成为铁路信号发展史上的重要里程碑。随着电子技术的飞速发展，到了20世纪90年代，不少国家已开始大面积推广计算机联锁控制系统。

自上世纪70年代以来，计算机联锁系统得到了快速的发展。瑞典、日本、英国、德国和前苏联等国家相继开展了计算机联锁系统的研究。1978年瑞典在哥德堡车站投入使用了世界上第一套计算机联锁系统后，一些发达国家也陆续地开始研发并使用计算机联锁系统。我国于上世纪80年代初，在一些科学研究部门和高等院校开展了计算机联锁系统的研究。铁道部通信信号总公司研究设计院研制的用于厂矿铁路的计算机联锁系统于1984年元旦投入在南京梅山铁矿地下运输线使用，铁道部科学研究院研制的驼峰编组场尾部计算机联锁系统，作为国家级科研项目，于1989年末通过铁道部项目验收并在郑州北编组站投入使用。后来北方交通大学和兰州铁道学院分别研制的计算机联锁系统也在厂矿铁路上得到了应用。经过了40多年的研究创新和发展，以中国铁路济南局集团公司为例，济南局所辖铁路线上全部车站均已安装使用了计算机联锁控制系统，这些设备正在为我国的铁路运输事业做着积极的贡献。

近几年来，随着我国铁路运营速度的不断提高，城市轨道交通的发展，我国铁路运输正朝着高密度、高速度的方向发展。为此对计算机联锁控制系统就提出了更高的可靠性、安全性、可用性、实时性等要求。由于计算机联锁系统是铁路上保障行车安全的信号设备，且其运行情况直接关系到列车的运行安全，其可靠性和安全性指标是衡量其运行状态的重要因素，因此如何提高、保证和评估计算机联锁设备可靠性已经成为铁路信号行业面临的重要问题

## 0.2 国内外研究现状

### 0.2.1 国外研究现状

西方国家对计算机联锁系统的研究起步较早，1978 年瑞典 ABB 公司研制的第一套计算机联锁系统 EBILOCK 在哥德堡站开通使用，极大的推动了各国计算机联锁控制系统的研制。经过 20 多年的发展，目前世界各国的车站计算机联锁系统在技术和安装使用方面的基本情况可归纳如下。

(1) 瑞典

开通于 1978 年，ABB 公司的 EBILOCK 系统首先在哥德堡投入使用，到现在已经安装使用了 100 多个车站，她的核心是具有安全性质的中央处理单元，采用“一硬二软”的安全方案，和具有相同功能的两套完全独立的软件，以达到提高系统可靠性与安全性的目的。

(2) 德国

开通于 1983 年，3 家公司（西门子、劳伦次、AEG）都推出了各自的计算机联锁控制系统，其中西门子生产的 SIMIS 计算机联锁系统采用三取二表决输出结构，通过“二硬一软”结构保证故障安全。而 SICAS 系统则按照故障－安全、高可靠性的 SIMIS®原则进行设计，安全逻辑部分采用 2 套 2 取 2 方式，元件接口部分采用 3 取 2 配置。结合室外设备，系统可以保证安全、可靠和高效的列车运行。适用于中、小型车站的计算机联锁控制系统，目前主要用于城市轨道交通及各种类型的干线铁路。

(3) 日本

开通于 1985 年，研制了 SMILE-I、II、III 型和 K 型、N 型 5 种类型，目前已经使用按照了 200 多个车站。主要生产厂家是 3 家较大的信号公司（日本信号、京三制作所、大同信号）。其中作为二乘二取二微机联锁系统的典型代表，K5 型微机联锁系统是由日本京三公司研制的，该系统采用故障导向安全的专用计算机，每机双 CPU，双机热备，其特点是与现场设备的接口采用不同继电器的电子终端装置。

(4) 美国

开通于 1984 年，其主要产品有通用信号公司（GPS）的 VPI 安全型系统和和联合道岔与信号公司（US&S）的 Microlock 系统两种。其大部分用在单机运行状态，系统的安全性由主机系统中的“安全逻辑”保证。

国外对计算机联锁系统的研究起步较早，目前在线使用的系统以三取二和二乘二取二冗余结构为主。20 世纪 90 年代的电子技术迅速发展，特别是计算机技术、信息技术的发展，国外的计算机联锁已经向全电子化发展。西门子公司的 SICAS 联锁系统中的道岔操作模块（POM4）,信号机操作模块（SOM6）等电子执行单元已成功应用于国内城市轨道交通信号设备的控制中。

### 0.2.2 国内研究现状

国内车站的信号、道岔与进路之间的联锁控制系统历经三个发展阶段：机械联锁控制、电气集中（以 6502 为代表）联锁、计算机联锁系统。

上世纪 80 年代初我国开始计算机联锁控制系统的研制工作，出现了各种型号的计算机联锁设备，其中具有代表性的是北方交通大学开发的 JD-IA 型计算机联锁控制系统；北京全路通信信号研究设计院研制的 DS6-20、DS6-II 以及与日本京三公司联合开发的 DS6-K5B 型计算机联锁系统；中国铁道科学研究院通信信号研究所研制的 TYJL-II、TYJL-III 型和 TYJL-TR9 型联锁系统；卡斯柯信号有限公司开发的 VPI 和 ILOCK 型联锁系统。

在上述几种联锁系统中，TYJL-II 型，DS6-II 型、JD-IA 型和 VPI 系统均为双机热备动态冗余结构，TYJL-II 型采用的是 STD 总线，DS6-11 型通过 7122 接口板来实现信息输入和控制输出，JD-1A 型采用的是 CRTP 总线方式，而 VPI 型由一块输入/输出总线接口来完成联锁机与输入输出信息交换。

TYJL-TR9 型容错计算机联锁系统采用美国 Tirconex 公司研制的第九代容错计算机系统产品 Tricon(简称 TR9)作为系统主控制机，采用三取二冗余结构。

iLOCK 系统是卡斯柯信号有限公司自主研发，具备自主知识产权的智能安全型“2乘 2 取 2”计算机联锁系统。iLOCK 系统在一般的“2 取 2”硬件冗余结构基础上，增加了独立的“故障－安全”校验用 CPU 模块，以保证系统只有在两个联锁运算计算机都“健康”的基础上进行“2 取 2”比较，从而确保整个系统的高安全性。

DS6-K5B系统是北京全路通信信号研究设计院与日本京三公司联合开发的国内首套采用二乘二取二冗余结构的计算机联锁系统。该系统的联锁软件由国内自主研发，硬件采用日本京三公司 K5B 型产品，在操作表示层采用双机热备模式，系统涉及到安全信息处理和传输的部件均采用二取二比较结构设计，联锁机则由两套二取二系统组成。目前DS6-K5B 型计算机联锁系统已经成为铁路客运专线主要的联锁设备。

## 0.3 论文的主要内容及结构

本文根据计算机联锁系统在铁路运用中的基本功能以及基本组成，对计算机联锁系统的系统可靠性进行了研究，并对现有的提高系统可靠性的方案进行了基本的分析；同时对计算机联锁系统在日常使用中常见的故障进行了研究。

本论文的结构安排如下

第零章主要阐明本文的课题研究背景，对国内外的计算机联锁系统发展情况及其采用的提高可靠性的措施进行介绍，并给出研究内容、组织结构等。

第一章介绍计算机联锁系统的系统组成及工作原理，分析其结构和功能。

第二章概述计算机联锁系统的可靠性及其保障技术。

第三章对各类常见故障及其产生的原因进行分析。

第四章对本文的研究内容进行总结

# 计算机联锁系统

计算机联锁系统是运用计算机技术来取代继电式电气集中联锁构成的车站实时控制系统，和其他例如视频监控系统等实时控制系统相比，计算机联锁系统具有自身的特殊性，不仅要有自己独特的实时可靠性指标，另外还涉及到行车的安全，具有较高的安全性指标。

它的基本硬件结构与工业上一般的微机实时控制系统有许多相似之处，主要是由联锁机、各种接口、过程输入、输出通道以及外部设备等组成，用系统总线联系起来，组成一个车站用计算机联锁控制系统。

## 联锁系统的发展及其性能要求

### 1.1.1 联锁系统的发展与演变

铁路信号系统是以技术手段实现进路控制与联锁的。一般说来，联锁系统中应该包括信号机控制、道岔控制、进路空闲检测、联锁条件及算法、故障-安全技术等功能。随着科学技术的不断进步和铁路运输发展的需要，铁路信号系统己经经历了机械化和电气化两个发展个阶段，目前正向电子化过渡，且全电子计算机联锁系统已在部分地区的城市轨道交通行业有所应用。

1965年，我国自主研发了一套电气集中联锁系统，并成功推广至全路范围，即 6502电气集中联锁系统，该系统的可靠性与安全性系数较高，至今部分车站仍在使用，由于该系统是用安全型继电器及其电路实现联锁的，所以又称为继电器联锁系统。该系统主要由室外的色灯信号机、电动转撤机、轨道电路；室内的联锁机构、继电器组合架、控制台、电源屏以及这些设备之间的连接电路组成。

其中联锁机构是指实现联锁功能的继电器及其电路。联锁机构是联锁系统的核心部分，它与外部设备之间的联系主要反映在它们之间的信息联系与流向中。

联锁机接收来自控制台的反映操作人员操作的信息，如建立进路、取消进路等。联锁机向控制台输出表示设备工作情况的信息，这类信息称为表示信息。联锁机接收反映信号机及轨道电路状态的一些状态信息:联锁机输出控制信号机和转撤机动作的信息，被称作控制信息或控制命令。

计算机联锁系统是以微型计算机或微处理器取代继电器电路而构成了智能化的联锁机构。它的主要组成部分及相互联系在结构上和电气集中联锁系统是相似的。

### 1.1.2 联锁系统的性能要求

由于联锁系统是用在铁路运输领域，其是否可靠安全直接关系到人的生命财产安全，因此在设计联锁系统时必须要满足以下要求：

(1)实时性要求

在计算机联锁系统中，如果对出现的一些故障不及时作出反应时，后果将不堪设想。因此计算机联锁系统对实时要求非常的高。具体体现在以下方面：

①信号及时采集

须不失时机地采集到输入变量地变化情况，及时刷新站场各类表示信息。根据《计算机联锁系统暂行技术条件》规定，站场各类表示信息地刷新周期必须小于250ms；

②合理调度，不能陷入盲等状态

因为在联锁程序控制站场内各条进路时，不允许由于某一条进路的条件不满足而一直陷入盲等状态。因此必须合理考虑各个模块之间的合理调度；

③及时输出控制命令

④及时提供表示信息和更新信息

(2)可靠性与故障一安全性要求

计算机联锁系统是一种实时控制系统，它必须是高可靠的。继电器联锁机的可靠性为15年(1.3×105h)，因此，可将计算机联锁系统的可靠性定为l06h。

计算机联锁系统的安全性主要体现在故障一安全方面，由于计算机本身不具有故障一安全性能，因此构造一个具有故障一安全性能的联锁机构也是设计计算机联锁机构的核心。

铁道部颁发的《计算机联锁系统暂行技术条件》要求，计算机联锁系统的危险侧故障概率应比继电器联锁系统低一个数量级，定为10－11/h。

具体的在计算机联锁系统中主要存在以下两个问题：

①如何保证信息传递的可靠性及安全性

由于信息传递过程中，可能受各种干扰，引起信息的畸变，需要使用一定的技术手段来保证信息传递的安全性。

②信息变换及逻辑运算的安全性

(3)系统结构的标准化和组件化要求

所谓计算机联锁系统的标准化要求：要求计算机联锁系统必须设计成模块化结构，使每个模块的性能应能适应各种车站的需要。而现在的软件工程理论要求:在软件设计过程中，尽可能的采用组件化、模块化的思想，方便以后的软件系统的集成。

## 1.2 计算机联锁系统的结构

### 1.2.1 计算机联锁系统的硬件结构

计算机联锁系统主要是利用软件系统来实现车站信号、进路和道岔间的相互联锁关系。计算机在系统中的作用是将操作命令与现场各种输入的表示信息读入，经过逻辑运算后，将结果输出给执行结构。信息处理过程如图1.1所示。

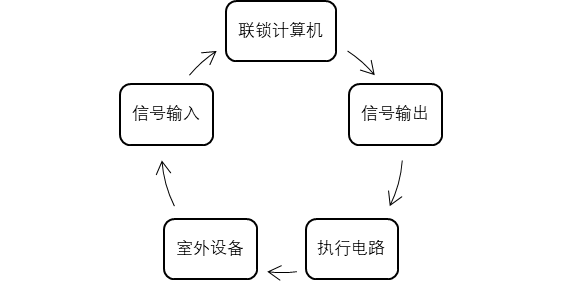


图1.1 计算机联锁系统

通过上文的介绍可知计算机联锁系统是对可靠性、安全性要求很高的实时控制系统，由于其应用的站场规模不同，以及不同的生产厂家采用的设计思路不同，就导致了各种型号的计算机联锁系统采用的硬件设施及数量不完全相同。但各种系统的基本功能和大致任务基本一样，因此它们的系统结构差异并不大，根据其进路控制过程，一般将整个系统分成：人机会话层、联锁层、监控层、室外设备层。每一层均有其不同的功能和任务。计算机联锁系统的基本层次结构如图1.1。



图1.1 计算机联锁结构图

图1.1 中人机会话层的功能是传送和生成操作命令和表示信息，包括操纵表示机和电务维修机等，主要任务是接收来自控制台、键盘或鼠标器的操作输入，判明操作输入能否构成有效的操作命令，并将操作命令转换成约定的格式送至联锁计算机。此外，接收来自联锁计算机的表示信息，将它们转换成显示器或控制台能够接收的格式。

联锁层是整个系统的核心，主要负责联锁逻辑运算及其与其他系统间的数据交换，涉及系统的安全性和行车安全的保障，其可靠性和安全性都有很高的要求。

监控层是指联锁机与室外设备的各个监控对象（道岔、信号机和轨道电路）之间的控制电路层。控制命令经由此层转换和发送到现场要素，此级监控诸如转辙机、信号机和轨道占用/空闲指示等现场要素，并且指示到达联锁逻辑单元的状态。

室外设备层即信号机、电动转辙机、轨道电路等室外信号设备，通过监控层接收来自联锁层的控制命令，并接受监控层的“监控”将室外设备层的运行状况送回至联锁层。

### 1.2.2计算机联锁系统的软件结构

**计算机联锁系统是一种特殊的逻辑控制系统，其软件控制结构如图1.2。**

**人机会话层**

**人机接口模块**

**通信模块**

**信息提示模块**

**调度模块或实时操作系统**

**联锁机**

**输入/输出接口电路**

**信号机、转辙机、轨道电路等室外信号设备**

**调度模块或实时操作系统**

**基本联锁模块**

**特殊联锁模块**

**自诊断模块**

**联锁层**

**监控层**

**室外设备层**

图1.2

一般来说，计算机联锁系统的软件应具有以下功能

* 进路控制功能

（1）进路建立

①基本进路建立

根据操作能选出与操作意图相符的进路；不得同时选出敌对进路。敌对进路包括：同一站台轨道或无岔区段上对向的列车进路（包括保护进路）。同一咽喉区内对向或顺向重叠的列车进路（包括保护进路）。

②自动进路

自动列车进路只有在列车到达某一特定“触发点”时才被调用，通过车次号中目的地编码来确定列车进路，检查进路的可用性，然后才输出命令，并对联锁系统返回的信息进行确认。

值班员可在车站的车站操作员工作站上将部分或全部信号机置于自动状态，设置自动通过进路模式。

自动通过进路设置前，若进路已存在，则进路保持不变。

自动通过进路命令取消时，原进路状态不改变，该进路由列车占用或者取消作业解锁。

③自动折返进路

车站设置自动折返模式，自动折返进路的建立必须在自动折返模式建立的情况下才能实施。

当某一进路已设置为自动折返模式后，任何人工办理该进路的操作将被禁止。

当设置了自动折返模式后，联锁机检查联锁条件满足后（敌对进路未建立、信号机封锁、区段封锁等），自动办理初始进路；随着列车的行进自动解锁和触发自动折返进路。

在折返过程中，中央调度员或车站值班员仅需对信号机进行一次模式设置。

④引导进路和引导总锁闭

可以办理引导进路和引导总锁闭。人工操纵道岔到相应位置，办理引导进路，锁闭进路中的道岔，开放引导信号。引导总锁功能锁闭本联锁区的全部道岔。

（2）进路锁闭

进路的锁闭按时机分为预先锁闭和接近锁闭。预先锁闭在进路选通，有关联锁条件具备时构成；接近锁闭在信号开放后接近区段有车占用时构成，当无接近区段时，信号开放后立即构成。

（3）进路解锁

①正常解锁

锁闭的进路在其防护信号机关闭后，能随着列车的正常运行，使各轨道区段分段自动解锁；

非进路第一区段原则上须满足三点检查（待解锁区段的接近区段已满足解锁条件、本区段占用又出清、本区段的离去区段占用）后，延时一段时间后自动解锁。

进路内第一区段解锁需检查对应信号被跨压，且本区段占用出清且下一区段占用后，延时一段时间后自动解锁。

②取消进路

进路未处于接近锁闭的情况下办理取消进路时，在检查信号机关闭和进路空闲后，进路立即解锁。取消进路符合《计算机联锁技术条件》的要求。

③进路人工延时解锁（简称人工解锁，办理“总人解”）

办理取消进路时，若列车接近，进路保持在接近锁闭状态，同时向 ATP 子系统发送新的列车运行权限信息，ATP 子系统重新确定新的安全停车保护点后，在能保证安全的前提下，ATP 子系统将停车安全保证信息发送至联锁设备，才能解锁列车进路，防止进路的错误解锁，并采用延时解锁，限时解锁来确保行车安全。若列车已经驶入进路，则进路不能取消和解锁。

进路自信号机关闭时起延时 T 后解锁。自动记录人工解锁的使用次数。

人工延时解锁进路符合《计算机联锁技术条件》的要求。

④区段人工解锁（办理“区故解”）

轨道区段在开机、停电恢复和因故障锁闭时，在检查该区段未排列在进路中且空闲后，能采取“区故解”操作实现故障解锁，并提供自动计数功能。

⑤引导进路解锁

（4）进路防护

能对进路进行侧面防护，保证进路的安全。

在对正常进路防护的同时，根据地铁特殊的安全要求建立列车进路的保护区段并予以防护。

* 信号控制功能

办理进路时，检查其进路上超限区段空闲、道岔位置正确、进路已锁闭、未施行人工解锁、敌对进路未建立、照查联锁条件正确条件具备后，防护该进路的信号机方可开放。

防护道岔的信号机关闭后，未经再次办理，不得重复开放。但当正线办理了自动进路后，使该进路保持锁闭，信号机随着列车的运行自动变换显示。

信号的开放检查屏蔽门、防淹门、紧急停车按钮、扣车按钮等状态信息。当上述信息丢失时，已建立的进路防护信号机立即关闭。

当屏蔽门关闭且锁紧的状态信息丢失时，切断相关联信号机的开放电路。列车在车站停车时，由于屏蔽门的正常开启导致出站信号机的关闭，在检查相关联锁条件满足后自动开放。

当车站紧急停车按钮按下后，联锁系统将使相关进路上已开放的信号机立即关闭，对于进路防护信号机的再次开放，需要人工办理重开信号操作，当检查相关联锁条件满足后，方可再次开放信号。

当办理扣车作业时，联锁系统将使已开放的车站正方向出站信号机立即关闭（当信号机内方有进路时，所防护的进路继续保持进路的锁闭），办理取消扣车操作后，对应信号机在联锁条件满足后可自动开放。

信号机的开放检查红灯灯丝完好。信号机具有灯丝监督的功能，开放后能不间断地检查灯丝良好状态。若灯丝断丝到某一设定的临界值，自动关闭该信号机。在信号机灯光正常转换的过程中，不会出现灯丝错误报警信息。

不允许信号出现乱显示（即不符合规定的信号显示）。在组合灯光开放和关闭时，同时点灯或灭灯。

线路尽头设阻挡信号机，尽头阻挡信号机常态始终显示红色灯光，禁止列车越过信号机。

* 道岔控制功能

转辙机的控制和表示电路符合中国铁道部颁发的《转辙机控制的技术条件》要求，包括但不限于以下：

 道岔能人工单独操纵，也能进路选动和带动。单独操纵优先于进路选动和带动；

 联锁道岔受进路锁闭、区段锁闭和人工单独锁闭。一旦锁闭，该道岔不能启动；

 当以进路控制方式操纵道岔时，进路上的道岔顺序选出，动作电流错开启动峰值；

 道岔转辙机的电机电路发生故障时，自动切断道岔启动电路；

 道岔转换完毕时，自动切断道岔动作电源；

 道岔一经启动，须能转换到规定的位置。当因故被阻，在规定时间内不能转换到规定位置时，自动切断道岔启动电路，并有音响和图象报警，道岔经操纵能转回原位；

 道岔设有位置表示，并保证：

 只有当联动道岔中各组道岔均在规定位置时，才能构成位置表示；

 只有当多点牵引道岔的各点均在规定位置时，才能构成位置表示。

 启动道岔时先切断位置表示；

 发生挤岔时有挤岔表示；

 人工单独锁闭时，不影响道岔的位置表示；

 当道岔失去表示时，联锁设备不会自动解锁进路。

* 运行方向控制

联锁可以实现区间运行方向的安全转换，对于每个电码化区段，联锁均设置不同方向的发码通道，当某一个方向的进路建立锁闭后，相应方向的发码通道也随之建立。同一个区段不同方向的发码通道不能同时建立

* 其他功能

（1）与 ATP 的信息交换

设在设备集中站的正线联锁设备，与 ATP/ATO 子系统设备相配套来保证列车运行进路的安全。联锁设备与 ATP 计算机单元的接口符合故障-安全的原则。

联锁设备向 ATP 计算机单元提供信号机和道岔状态、列车进路设置情况、保护区段的建立、区间运行方向等信息，并能使 ATP 的信息发送满足列车在各种折返模式下的作业要求。

（2）与 ATS 的信息交换

联锁设备与 ATS 子系统结合实现对列车进路的自动控制。通过车站级的局域网，联锁设备向 ATS 设备提供列车运行的表示信息和信号状态信息，并接收 ATS 子系统的进路控制命令。

联锁设备与 ATS 系统相结合，实现车站和中心的两级控制。

根据运营要求，以自动或人工控制模式办理进路。其中人工控制分为中央 ATS人工和车站人工两类，自动分 ATS 中央自动和车站进路自动。人工控制的进路优先级高于自动控制的进路。

正常情况下正线联锁设备接收 ATS 指令，实现进路控制，当 ATS 子系统设备故障时可由车站值班员人工办理列车进路或者设置自动进路、自动折返模式。

（3）控制权转换

根据需要可进行本地与中央两级控制权的转换。在控制权的转化中和转化后，未经人工介入各进路的原自动控制模式不变。

控制权可由控制中心转到车站，也可由车站转到控制中心。正常情况下由控制中心控制。授权后，控制权可转到车站级。

在特殊情况下，可强制进行联锁控制，实现本控制区域进路的人工设置。

（4）紧急停车

在综合后备盘（IBP）上，设置有“紧急停车”按钮及相应表示灯。在紧急情况下，可按下车站控制室 IBP 盘上的紧急停车按钮或车站站台上的紧急停车按钮，实现对列车的紧急控制。

联锁设备连续检查车站 IBP 盘和站台紧急停车按钮的状态，一旦检测到紧急停车按钮被按下，立即关闭相应的信号机，同时 ATP 子系统通过车-地通信设备向列车发送相应的列车控制命令信息。

紧急停车按钮须经人工确认后才能恢复。

（5）信号设备的封锁和解锁

提供信号、道岔、区段的封锁和解锁功能。对信号、道岔、区段实施封锁后，禁止排列经过封锁元素的进路。

（6）区段故障恢复

联锁系统结合计轴系统可实现故障计轴区段复位功能。

# 第二章 计算机联锁系统可靠性技术及其保障技术

## 2.1 计算机联锁控制系统安全可靠性

计算机联锁系统的安全可靠性是研究、开发、生产计算机联锁设备必须遵循的永恒主题，也是验证计算机联锁系统性能的主要依据。计算机联锁设备是一种连续工作的实时系统，它必须具有极高的安全性和可靠性才能适应铁路运输的运营要求。计算机联锁系统的安全性是指联锁设备在运行过程中无论发生什么故障都不能产生有可能危及列车安全运行的危险因素，一般着重于在不正常的情况下使系统导向安全，防止产生危险后果而可靠性是指联锁设备在规定的时间和规定的条件下完成规定功能的能力，一般侧重于防止或减少系统发生故障。安全性的实现是以可靠性为基础，并在提高可靠性的前提下完成的。

安全性与可靠性紧密相关，但两者又有区别，可靠性以维护系统的功能正常执行为目的，安全性以防止人身伤亡和财产损失为目的。

## 2.2 计算机联锁的可靠性和安全性要求

微机联锁系统现己逐步替代继电器联锁成为车站铁路信号控制的主要技术，它的可靠性和安全性关系到铁路信号的控制，更关系到铁路运输的正常高效的运转，故必须提高微机联锁系统的可靠性和安全性来及时准确的控制车站铁路信号，保障铁路运输的安全和高效。

根据国际普遍的要求和国内铁路运输的实际需求，我国的微机联锁系统必须满足可靠性和安全性的要求

1、平均故障间隔MTBF值达到106h；

2、按照欧洲铁路EN50129的标准，对于安全平台来说，基本的要求是达到SIL4（安全集成等级4级）即要求危险侧出现概率≤1菲特；（1FIT=10-9/h）

对于可修复的产品MTBF就是指平均无故障工作的时间，这里我们要求微机联锁系统要达到106h。而危险侧出现的概率我们要求小于1菲特，这里我们需要强调下危险侧概率和危险侧出现概率的不同，因为使用了危险侧导向安全侧的故障安全技术，所以我们会运用各种技术使得系统发生危险时都导向安全，这样危险侧出现的概率就大大减小，保障系统安全可靠高效不间断的工作，提高系统的可靠性和安全性。

可靠性和安全性是两个既有区别又有联系的概念。其区别在于两者所达到的目标不同。可靠性是从维护系统的功能为目的，而安全性是以防止人身伤亡和财产损失为目的。提高可靠性是从降低系统发生故障的概率着手，而提高安全性则是从系统的功能、技术完备性以及故障安全等方面着手的。显然安全性的实现是以可靠性为寄出的，在提高可靠性的前提下完成的。但是不能把可靠性与安全性等同起来，更不能用可靠性技术代替安全性技术故在微机联锁系统中，对可靠性和安全性都要加以充分的认识。

## 2.3 计算机联锁系统可靠性保障技术

### 2.3.1 故障-安全技术

铁路信号的安全包括两重含义一是功能安全，即在无故障时设备能准确无误的工作。二是故障一安全，即在任何部分发生故障及系统处于任何可能的外界环境中时系统的输出均处于安全状态。对铁路信号系统来说，必须考虑在联锁系统发生故障后，确保后果不危及行车安全，在铁路信号领域里称这一原则为故障一安全原则。

由于目前并没有理想的无故障元件，当元件或设备发生故障后，如何发现故障并使其不产生危险的输出便成为一个研究重点。故障-安全技术分为很多类，有系统层面上的故障-安全技术，也有在元器件层面上的故障-安全技术。有依靠屏蔽故障来实现的，也有依靠故障排除方法来实现的，有依靠维持正常运行来实现的，也有依靠牺牲正常运行来实现的等等。对于应用电子技术的信号设备，在标准 EN50129 中推荐了“本原故障-安全”、“重叠式故障-安全”和“反应式故障-安全”三种安全性设计技术。

(1) 重叠式故障-安全

重叠式故障-安全也可称为组合式故障-安全，是指将不具有不对称故障率的器件重叠使用以获得故障率不对称性，或原先危险比不够小的器件重叠后获取更小危险比的技术。铁路信号系统中常用的重叠式故障-安全结构模式有“二取二”、“三取二”等。为了避免重叠部件同时发生故障，当故障发生时需要设备能够及时发现并解决故障，同时能够拒绝产生输出。重叠式“故障-安全”为追求故障导致后果的不对称性，会在一定程度上影响可靠性。

(2) 反应式故障-安全

反应式故障-安全结构主要包括执行部件 X 和故障检测器，故障检测器为独立部件，实时检测部件 X 的状态，当发现部件 X 故障后对其输出结果进行屏蔽或者纠正，以防止危险的输出。为避免部件 X 和故障检测器同时出现故障造成共因失效危险。反应式故障-安全技术中的检查、监督、比较、表决、切换的执行部件必须满足故障-安全的基本要求，同时在设计过程中需要考虑反应时间内发生的不安全因素和潜在危险。

(3) 本源故障-安全

本源故障-安全又叫固有式故障-安全，是一种利用器件固有的特性实现故障-安全的技术。本源故障-安全技术通常的是在元器件级上实现故障-安全，可以用于驱动电路或继电器等电气部件接口上，但有些元件因反应时间较长、造价较高等因素不太理想。本源故障-安全结构分为物理结构和逻辑结构。其中物理结构实现故障-安全常采用能量结构、机械结构、电路结构和半导体结构等。逻辑结构实现故障-安全是指通过确保各部件之间的独立性方法实现，也可用在组合式和反应式故障-安全系统的某些功能中，当检测到一个危险故障后强制停止系统的非安全性输出。

这三种技术可以复合使用，其中本源“故障-安全”技术用来最终把关，重叠式“故障-安全”技术用来作为屏蔽和纠正的对照，反应式“故障-安全”技术用来在各种冗余技术复合过程中穿针引线。

安全侧分配法也是实现铁路信号故障-安全的重要方法，该方法就是要给信号器件或设备分配安全侧，然后，采用故障一安全技术使设备发生故障时导向安全侧。例如，信号机有开放和关闭两个状态，称与停车相对应的状态为安全状态或安全侧，其他的状态为危险状态或危险侧。目前，常用的有以下几种安全侧分配方法

（1）能量的安全侧定义方法

定义低能量的状态为安全侧。设备失效时切断控制能量，使其转变为低能量状态。重力法是实现故障一安全的重要策略，定义物体释放位能后所处的状态与安全侧相对应，如臂板信号机、自动道口栏木和信号继电器都是把自身重量释放对应的状态定义为安全侧。

（2）闭路法和串联法的安全侧定义方法

在继电器接点电路中有两种工作状态一是闭路状态，电路通电后继电器衔铁吸起，把这个闭路状态与被控对象的危险侧相对应二是开路状态，电路断电后继电器衔铁落下把这个开路状态与被控对象的安全侧相对应。这样，当发生停电。断线等故障时，电路会自动导向安全侧。为了使闭路法起到故障一安全作用，当多个环节作为测控条件时，采取把各个环节串联起来构成闭环电路结构。

（3）时间的安全侧定义方法。

在规定的时间内为安全侧，接近锁闭、延时解锁等，通过信息延时处理来防止短时间错误信息和错误控制造成的不良后果，电联设备中采取3min或延时30s解锁，以防止列车闯入处于解锁状态的进路。

（4）设备故障时维持现状定义为安全侧

①危险侧故障最小化技术

采取措施使发生危险侧故障的概率最小化，如混线防护的双断法和电源隔离法，混进来的电源不能构成闭合回路，使危险侧故障的可能降到最小。

②故障弱化技术

当设备或系统发生局部故障时，设备或系统的功能减弱，使设备或系统继续执行一定的功能，如使信号灯光能在故障时按显示等级顺序降级。

### 2.3.2 避错技术与容错技术

从计算机诞生之日起它的可靠性和安全性就实实在在地摆在人们面前，这是来自应用实践的要求。为了提高计算机系统的可靠性，防止故障造成系统失效，人们在长期的研究中发展了两类基本技术。一类是防止和减少故障发生的技术，叫避错技术；另一类是当系统某一部分发生故障时仍然使系统保持正常工作的技术，叫做容错技术。避错技术的基本着眼点是通过质量控制（如设计审核、元件筛选、测试等）、环境保护（如对外部干扰采取屏蔽）和减载使用等措施设法消除产生事故的原因，从而防止事故的发生，延长系统的使用寿命。容错技术又分为两种类型一故障掩蔽技术和系统重组技术。故障掩蔽技术也称为静态冗余技术，是指防止系统中故障产生差错的一种技术，将发生的故障掩蔽起来。系统重组技术也称为动态冗余技术，是防止系统的差错导致系统失效的技术。避错系统和容错系统如表2.1所示。

表2.1 避错技术和容错技术

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 分类 | 研究范畴 | 技术 |
| 避错技术 | 硬件避错技术 | 高可靠性元部件；环境防护；质量控制 |
| 软件避错技术 | 高可靠性程序设计技术；程序验证技术 |
| 容错技术 | 系统级可靠性保障技术 | 静态冗余技术；动态冗余技术 |
| 设备级可靠性保障技术 | 硬件可靠性保障技术；软件可靠性保障技术；数据可靠性保障技术 |
| 通道级可靠性保障技术 | 硬件的信道冗余；软件重发；数据编码；传输信道的抗干扰设计 |

容错技术是以承认故障不可避免为前提的，所以它可以实现系统的超高可靠性。

（1）避错技术

避错技术是通过对系统进行完善设计，力求使系统避免发生故障的一种技术方法。而出现故障，影响系统可靠性主要就是内在因素和外在因素，其中内在因素是系统的质量，而外在因素是环境对系统的影响。把握好系统的质量和环境对它的影响，自然就提高了系统的可靠性，故避错技术主要就是质量控制和环境防护这两方面的内容。

①质量控制技术

质量控制技术是在系统的研制过程中认真挑选元器件，加强管理，合理使用。具体的措施有选择高可靠性的元器件、对元器件进行测试、对装配调试进行严格管理、合理使用，全面检查监控。

②环境防护技术

环境因素对微机联锁系统的可靠性也具有十分重要的影响。由于微机联锁系统的实际应用环境会使得系统容易出错，为了减小这种影响我们采取措施对元器件，电路板，机箱和机柜采取环境保护技术，例如散热，防辐射和电磁干扰改善运行环境，架用接地、滤波等方法提高系统运行的可靠性和安全性。

避错技术是提高微机联锁系统可靠性安全性的重要途径，但它也有其局限性，如只能减小故障率，永远不能使故障率为，再就是避错技术都是针对系统的外部进行的，在硬件成本日益降低的情况下，我们可以采用硬件的容错来完成而不必要选择高成本的硬件维护来担当。由此看来，要进一步提高微机联锁系统的可靠性和安全性，必须采用容错技术。

（2）容错技术

虽然避错技术是提高系统可靠性和安全性必不可少的内容，但它永远不能完全解决系统可靠性和安全性问题，也不可能使硬件、软件的故障率为0。正是由于避错技术在提高系统可靠性和安全性上的局限性，所以为此要进一步提高计算机系统的可靠性就必须采用容错技术。容错技术是以承认故障不可避免为前提的，所以它可以实现系统的超高可靠性。但这里需要强调的是：容错技术虽然可以实现系统的超高可靠性，但并不能说容错技术就可以完全取代避错技术。在设计系统时，仍应先采用避错技术提高系统的可靠性和安全性，在此基础上容错技术作为重要补充来进一步提高系统的可靠性和安全性。如果一开始就采用容错技术，可能会造成容错结构的浪费，如果设计不当还会导致系统瘫痪，反而会降低系统可靠性。

## 2.4 参考文献的格式说明

### 2.4.1 参考文献在正文中引用的示例

关于主题法的起源众说不一。国内有人认为“主题法检索体系的形式和发展开始于1856年英国克雷斯塔多罗(Crestadoro)的《图书馆编制目录技术》一书”，“国外最早采用主题法来组织目录索引的是杜威十进分类法的相关主题索引……”[1]。也有人认出为“美国的贝加逊·富兰克林出借图书馆第一个使用了主题法”[2]。

### 2.4.2 参考文献在正文中引用的书写格式

引用的文献在正文中用方括号和阿拉伯数字按顺序以右上角标形式标注在引用处。

### 2.4.3 参考文献的书写格式

(1) 参考文献按照在正文中引用的顺序进行编码。

(2) 作者一律姓前名后(外文作者名应缩写)，作者间用“，”间隔。作者少于3人应全部写出，3人以上只列出前3人，后加“等”或“et al”。

(3) 标题“参考文献”选用模板中的样式所定义的“标题1”，再居中；或者手动设置成字体：黑体，居中，字号：小三，1.5倍行距，段后11磅，段前为0。

(4) 参考文献正文设置成字体：宋体，居左，字号：五号，多倍行距1.25，段后、段前均为0。

(5) 按照引用的文献类型不同使用不同的表示方法。

① 专著(注意应标明出版地及所参阅内容在原文献中的位置)，表示方法为：

[序号] 作者．专著名．版次．出版者，出版年：引用部分起止页

② 翻译图书文献，表示方法为：

[序号] 作者．书名．译者．版次．出版者，出版年：引用部分起止页

③ 期刊文献，表示方法为：

[序号] 作者．题(篇)名．刊名．出版年，卷号(期号)：引用部分起止页

④ 会议论文，表示方法为：

[序号] 作者．文章名．编者名．会议名称，会议地址，年份．出版地：出版者，出版年： 引用部分起止页

⑤ 学位论文，表示方法为：

[序号] 作者．题(篇)名：(博(硕)士学位论文)．授学位单位．授学位年：引用部分起止页

⑥ 专利文献，表示方法为：

[序号] 专利申请者．专利题名．专利国别，专利文献种类，专利号．出版日期

### 2.4.4 参考文献的书写格式示例

参考文献书写示例请见“参考文献”部分。

## 2.5 量和单位的使用

### 2.5.1 使用方法

(1) 必须符合国家标准规定，不得使用已废弃的单位，如高斯(G和Gg) ﹑亩﹑克分子浓度（M）﹑当量能度（N）等。

(2) 量和单位不用中文名称，而用法定符号表示。

### 2.5.2 中华人民共和国法定计量单位

中华人民共和国法定计量单位如表2.4至表2.8所示。

表2.4 国际单位制的辅助单位

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 量的名称 | 单位名称 | 单位符号 |
| 平面角 | 弧度 | rad |
| 立体角 | 球面度 | sr |

表2.5 国际单位制中具有专门名称的导出单位

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 量的名称 | 单位名称 | 单位符号 | 其他表示式例 |
| 频率 | 赫［兹］ | Hz | s-1 |
| 力；重力 | 牛［顿］ | N | kg·m/s2 |
| 压力，压强；应力 | 帕［斯卡］ | Pa | N/m2 |
| 能量；功；热 | 焦［耳］ | J | N·m |
| 功率；辐射通量 | 瓦［特］ | W | J/s |
| 电荷量 | 库［仑］ | C | A·s |
| 电位；电压；电动势 | 伏［特］ | V | W/A |
| 电容 | 法［拉］ | F | C/V |
| 电阻 | 欧［姆］ | Ω | V/A |
| 电导 | 西［门子］ | S | A/V |
| 磁通量 | 韦［伯］ | Wb | V·s |
| 磁通量密度，磁感应强度 | 特［斯拉］ | T | Wb/m2 |
| 电感 | 亨［利］ | H | Wb/A |
| 摄氏温度 | 摄氏度 | ℃ |  |
| 光通量 | 流明 | lm | cd·sr |
| 光照度 | 勒［克斯］ | lx | lm/m2 |
| 放射性活度 | 贝可［勒尔］ | Bq | s-1 |
| 吸收剂量 | 戈［瑞］ | Gy | J/kg |
| 剂量当量 | 希［沃特］ | Sv | J/kg |

表2.6 国际单位制的基本单位

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 量的名称 | 单位名称 | 单位符号 |
| 长度 | 毫米 | mm |
| 质量 | 千克（公斤） | kg |
| 时间 | 秒 | s |
| 电流 | 安［培］ | A |
| 热力学温度 | 开［尔文］ | K |
| 物质的量 | 摩［尔］ | mol |
| 发光强度 | 坎［德拉］ | cd |

表2.7 国家选定的非国际单位制单位

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 量的名称 | 单位名称 | 单位符号 | 换算关系和说明 |
| 时间 | 分  ［小］时  天（日） | min  h  d | 1min=60s  1h=60min=3600s  1d=24h=86400s |
| 平面角 | ［角］秒  ［角］分  度 | （"）  （'）  （°） | 1"=（π/648000）rad  1'=60"=（π/10800）rad  1°=60'=（π/180）rad |
| 旋转速度 | 转每分 | r/min | 1r/min=（1/60）s-1 |
| 长度 | 海里 | n mile | 1n mile=1852m  （只用于航行） |
| 速度 | 节 | kn | 1kn=1 n mile/h  =（1852/3600）m/s  （只用于航行） |
| 质量 | 吨  原子质量单位 | t  u | 1t=103kg  1u≈1.6605655×10-27kg |
| 体积 | 升 | L，（1） | 1L=1dm3=10-3 m3 |
| 能 | 电子伏 | eV | 1eV≈1.6021892×10-19J |
| 级差 | 分贝 | dB |  |
| 级密度 | 特［克斯］ | tex | 1 tex=1g/km |

表2.8 用于构成十进倍数和分数单位的词头

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 所表示的因数 | 词头名称 | 词头符号 |
| 1018 | 艾［克萨］ | E |
| 1015 | 拍［它］ | P |
| 1012 | 太［拉］ | T |
| 109 | 吉［咖］ | G |
| 106 | 兆 | M |
| 103 | 千 | K |
| 102 | 百 | h |
| 101 | 十 | da |
| 10-1 | 分 | d |
| 10-2 | 厘 | c |
| 10-3 | 毫 | m |
| 10-6 | 微 | μ |
| 10-9 | 纳［诺］ | n |
| 10-12 | 皮［可］ | p |
| 10-15 | 飞［母托］ | f |
| 10-18 | 阿［托］ | a |

## 2.6 规范表达注意事项

### 2.6.1 名词术语

应使用全国自然科学名词审定委员会审定的自然科学名词术语；应按有关的标准或规定使用工程技术名词术语；应使用公认共知的尚无标准或规定的名词术语。作者自拟的名词术语，在文中第一次出现时，须加注说明。表示同一概念或概念组合的名词术语，全文中要前后一致。外国人名可使用原文，不必译出。一般的机关、团体、学校、研究机构和企业等的名称，在论文中第一次出现时必须写全称。

### 2.6.2 数字

数字的使用必须符合新的国家标准GB/T15835-1995《出版物上数字用法的规定》。

### 2.6.3 外文字母

文中出现的易混淆的字母、符号以及上下标等，必须打印清楚或缮写工整。要严格区分外文字母的文种、大小写、正斜体和黑白体等，必要时用铅笔注明，尤其注意上下标字母的大小写、正斜体。

# 第三章 题目(黑体，小三，1.5倍行距，居中，段后11磅) 联锁系统的故障-安全保障技术

## 3.1 第三章第一节题目(黑体，四号，1.5倍行距，段前0.5行)

### 3.1.1第三章第一节一级题目(黑体，小四，1.5倍行距，段前0.5行)

## 3.2 第三章第二节题目

### 3.2.1第三章第二节一级题目

# 第四章 提高联锁可靠性的方法及实践

**以下各章格式相同。**

# 结 论

结论是理论分析和实验结果的逻辑发展，是整篇论文的归宿。结论是在理论分析、试验结果的基础上，经过分析、推理、判断、归纳的过程而形成的总观点。结论必须完整、准确、鲜明、并突出与前人不同的新见解。

书写格式说明：

标题“结论”选用模板中的样式所定义的“标题1”，再居中；或者手动设置成字体：黑体，居中，字号：小三，1.5倍行距，段后11磅，段前为0。

结论正文选用模板中的样式所定义的“正文”，每段落首行缩进2字；或者手动设置成每段落首行缩进2字，字体：宋体，字号：小四，行距：多倍行距 1.25，间距：前段、后段均为0行。

# 参 考 文 献

标题“参考文献”不可省略，选用模板中的样式所定义的“标题1”，然后居中，或者手动设置成字体：黑体，居中，字号：小三，1.5倍行距，段后11磅，段前为0。

参考文献内容设置成字体：宋体，居中，字号：五号，多倍行距1.25，段前、段后均为0，取消网格对齐选项。

参考文献的著录，按论文中引用顺序排列。

参考文献数量不少于20篇，其中期刊不少于10篇，并且包含一定数量的外文期刊。

示例如下：

[1] 薛华成．管理信息系统．北京：清华大学出版社，1993:30-45

[2] 霍斯尼 R K著，李庆龙译．谷物科学与工艺学原理．北京：中国食品出版社，1989:40-48

[3] Borko H， Bernier C L．Indexing concepts and methods．New York：Academic Pr.，1978:18-25

[4] 徐滨士，欧忠文，马世宁等．纳米表面工程．中国机械工程，2000,11(6):707-712

[5] 惠梦君，吴德海，柳葆凯等．奥氏体—贝氏体球铁的发展．全国铸造学会奥氏体—贝氏体球铁专业学术会议，武汉，1986:32-45

# 附录A 附录内容名称

以下内容可放在附录之内：

(1) 正文内过于冗长的公式推导；

(2) 方便他人阅读所需的辅助性数学工具或表格；

(3) 重复性数据和图表；

(4) 论文使用的主要符号的意义和单位；

(5) 程序说明和程序全文。

这部分内容可省略。如果省略，删掉此页。

书写格式说明：

标题“附录A 附录内容名称”选用模板中的样式所定义的“标题1”，再居中；或者手动设置成字体：黑体，居中，字号：小三，1.5倍行距，段后11磅，段前为0。

附录正文选用模板中的样式所定义的“正文”，每段落首行缩进2字；或者手动设置成每段落首行缩进2字，字体：宋体，字号：小四，行距：多倍行距1.25，间距：前段、后段均为0行。

# 致 谢

论文中不得书写与论文工作无关的人和事，对指导老师的致谢要实事求是。

团队合作的同学对本毕业设计论文所做的贡献应在论文中做明确的说明并表示谢意。

这部分内容不可省略。

书写格式说明：

标题“致谢”选用模板中的样式所定义的“标题1”，再居中；或者手动设置成字体：黑体，居中，字号：小三，1.5倍行距，段后11磅，段前为0。

致谢正文选用模板中的样式所定义的“正文”，每段落首行缩进2字；或者手动设置成每段落首行缩进2字，字体：宋体，字号：小四，行距：多倍行距1.25，间距：前段、后段均为0行。