

铁路信号计算机联锁系统

摘 要

计算机联锁系统是实现铁路现代化和自动化的基础设施之一，是一种高效、安全的车站联锁设备，是提高车站通过能力的基础。同时，计算机联锁系统还具有故障—安全性能，与电气联锁系统相比，其在设计、施工和维护方面都较为便捷，且便于改造和增加新功能，为铁路信号向智能化和网络化方向发展创造了条件。

本论文主要阐述了计算机联锁系统的硬件结构组成，设备选型及电源配置等原则及处理方法。采用二乘二取二的体系结构的计算机联锁控制系统方案，尤其是对于可靠性技术和容错技术的深入研究，计算机联锁技术已日趋成熟，在大力推广使用。根据各国对计算机联锁的研究和使用情况来看，由于计算机在逻辑功能和信息处理方面具有很强的功能，完成其对信号机、道岔的控制电路及其相关组合的内部配线和对信号机、道岔、轨道电路等部分设备的状态信息采集电路以及与联锁机接口电路的控制。

关键词：铁路信号；计算机联锁；故障探讨

第 1 章 计算机联锁系统基础

1.1 计算机联锁概述

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技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，用计算机技术来实现的系统成为计算机联锁系统。

铁路信号是铁路运输的耳目，是保证行车安全和提高运输效率的有力工具。一旦信号设备故障，铁路运输将陷于瘫痪，整个国民经济将遭受严重损失。从铁路一开始出现，人们就把铁路信号中的故障——安全技术作为一个专题进行研究。随着计算机技术的发展，特别是对可靠性和冗余容错技术的深入研究，车站信号联锁安全技术也正在不断的更新和发展。

目前，计算机联锁控制系统已处于实用阶段，随着实践经验的积累，系统的性能也在不断提高。我国的计算机联锁控制系统主要采用由通用的工业控制计算机组成的计算机联锁控制系统。近年来，又推出了二乘二取二系统，由两个 CPU 构成一个子系统执行联锁任务（主机），另外两个 CPU 处于热备状态（备机），这就大大提高了计算机联锁控制系统的可靠性和安全性，而且方便维修，主要干线的技术改造都优先考虑采用二乘二取二系统。目前，计算机联锁控制系统已装备了上千个车站。

1.2 计算机联锁主要技术条件

1、计算机联锁能满足各种车站（场）规模和运输作业的需要，保证行车安全，提高运输效率，并具备大信息量和联网能力。

2、计算机联锁采用硬件冗余结构，如双机热备、三取二或二乘二取二的结构。可靠度指标：平均故障间隔时间（MTBF）大于或等于 106h；安全度指标：平均危险侧输出间隔时间大于或等于 1011h。

3、计算机联锁使用涉及安全的电路符合故障-安全原则；电路故障能及时发现，当故障会危及行车安全时，能切断系统的危险侧输出。

4、计算机硬件体系结构为层次结构，如分为人及对话层、联锁运用层和执行表示层。

5、计算机联锁具有通过通信前置处理机和通信网与其他系统实现通信能力，与调度指挥系统的数据通信符合有关规定。

6、计算机联锁的软件系统达到软件制式检测要求的可靠性和安全性，所有程序都具有模块化，结构化和标准化的特点。

7、计算机联锁的各种接口与通道能保证长期使用的高稳定性和高可靠性。

8、计算机联锁能通过外部数据通道或计算机网络与其他自动化或管理系统。

9、计算机联锁设有两路独立电源供电，并且有自动转接功能，以保证不间断供电。

10、计算机联锁采取了必要的防电磁干扰和防雷措施，以保证在规定严酷性等级的运用环境中，设备都能正常工作。

11、信号设备的接地电阻不大于 $10\ \Omega$ ，用于防护电子设备的安全保护地线的接地装置，其接地电阻值不大于 $4\ \Omega$ 。对于重雷害地区，地线设置还采取了特殊措施。

12、监测子系统作为系统基本组成部分，为维护使用部门提供监测、报警、统计、分析、管理、远程诊断及维护功能。

13、根据需要设应急盘，在计算机联锁失效时控制道岔和引导信号。

1.3 国外车站计算机联锁系统的应用现状

1、计算机联锁制式主要由三取二和二乘二取二两种，通过软件、硬件容错技术提高计算机联锁系统的可靠性、安全性、可维护性，双机热备系统已经淘汰；

2、计算机联锁系统的性能逐渐提高，比如：快速计算能力，高速率数据交换的通信能力，以适应高速铁路和综合化信号控制系统的要求；

3、面向工程和服务，采用计算机软、硬件技术，开发功能非常完善和强大的 CAD 系统，并从制度和设备上建立完善的维修体系和仿真检测体系；

4、积极发展、推广使用全电子模块化的计算机联锁系统，使计算机联锁系统具有开放式结构,并且更加小型化、智能化；

5、以旅客营业系统为中心，采用先进的计算机通信技术，成功发展分布式分层处理的综合信号控制系统和运营管理系统，计算机联锁不仅仅是一个特定的车站的控制系统，而逐渐演变成综合行车指挥系统的一个重要的基础设备；

6、通过分布式结构扩大控制范围,实现集中联锁分散控制的区域计算机联锁系统，使计算机联锁系统网络化；

7、计算机联锁系统功能逐渐扩大,实现信号机、道岔、轨道电路联锁关系而直接控制信号设备是计算机联锁系统的基本功能，通过系统集成，将车站和区间设备一体化，由计算机联锁系统代替继电器节点逻辑控制方式提供丰富的列车控制信息;在车站由计算机联锁系统完成对电码化控制信息的逻辑处理，通过计算机联锁系统实现站内进路电码化，由这两种方式组合而成的联锁、列控一体化综合系统，在日本、德国、法国等国家均得到成功应用。

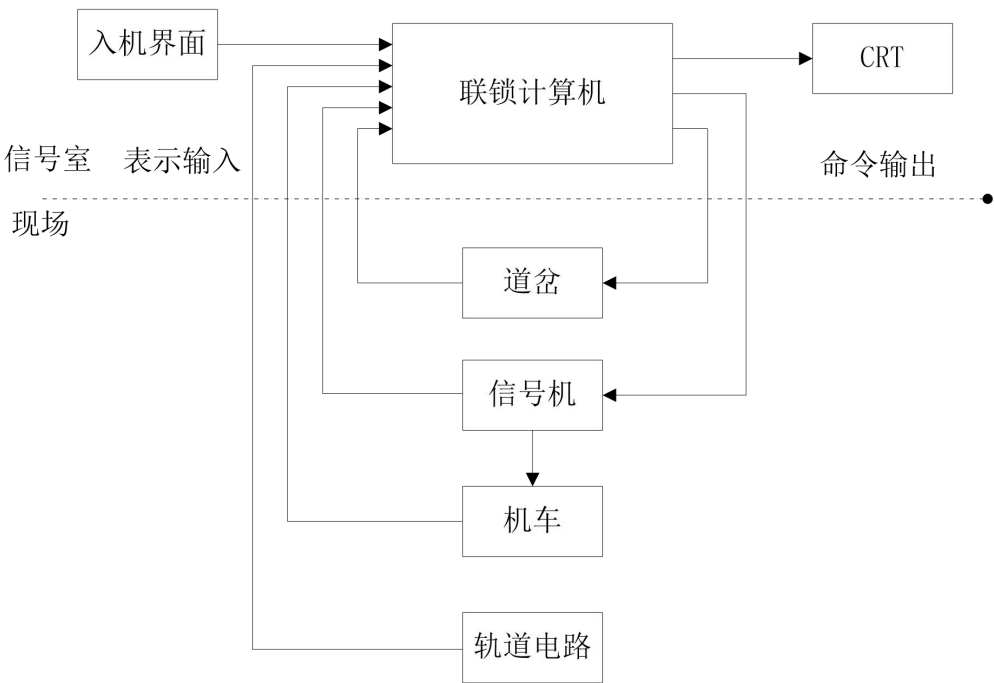
第 2 章 计算机联锁工作原理

2.1 计算机联锁系统硬件组成

计算机联锁系统采用的是工业控制计算机系统，用以实现对铁路车站运输生产过程的监测与控制。它由工业控制计算机和生产过程两大部分组成，工业控制计算机是指按生产过程控制特点和要求而设计的计算机，它包括硬件和软件两部分。对铁路信号领域来说，生产过程就是指工业控制计算机通过过程输入\输出通道和继电结合电路对现场监控对象如道岔和信号机等进行实时监控。

由于计算机联锁系统的综合性能远远超过继电联锁系统，因此车站联锁系统由继电装置向计算机联锁系统转化已成为一种不可扭转的趋势。具体来说计算机联锁系统的优势主要表现在适时性、安全性、可靠性、可维护性及性价比等若干方面。

计算机联锁系统是利用目前已有的工业控制计算机，研制一套专用的硬件与软件系统实现信号、进路与道岔间的联锁关系，因此它实质上是一个满足故障——安全信号原则的联锁逻辑运算系统，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，再根据计算机内部状态等条件进行逻辑运算，判断后输出控制信息至执行机构，实现多变量数字输入和多变量数字输出这样一个复杂传递函数的变换，图 2-2 是逻辑运算系统的原理图。



2.2 计算机联锁系统基本原理

从计算机系统的体系结构来看属于二级集散式控制系统，突破了旧有的集中式信号系统模式，具有模块化、层次化等特点。模块化是指联锁机主模块、PLC

及信号结合模块等，层次化是指系统具有操作表示层、联锁运算层、复核驱动层、结合电路层及监控对象层等五个物理层次。这种结构的优点在于可根据车站规模的大小、作业需求的不同，在不改变联锁软件的基础上通过修改站场静态数据并增设相应硬件模块，即可满足系统的扩容要求，先进的控制体系结构结合工艺设计使得系统调试周期与现场施工、开通周期均大为缩短，具有很好的经济与实用性。

2.3 计算机联锁系统可靠性及安全技术

目前，国内外进行高可靠系统的容错设计多采用三模静态冗余方案或二模动态冗余方案。其中前者完全是靠硬件冗余来提升可靠性的，后者则不仅使用了硬件冗余资源，同时也使用了故障检测技术与软件冗余资源。这二种方案的共同特点是对硬件故障具有较强的屏蔽与纠错能力。然而这二种方案均存在一定的实现难度与缺陷，三模冗余系统必须实现三模的同步进程及表决器的高可靠设计，尤其需要解决时钟容错的问题；二模动态冗余系统则要求冗余管理机构的高效与可靠性。目前这二类系统的可靠性计算都是在设定表决器或冗余管理机构的可靠度 $R(t)=1$ 的基础上进行的，同时由于设备直接投资成本过高，因而在非航天、通讯等可靠性要求很高的领域应用不多。

在铁路信号领域，由于行车安全被认为是超过效率的重要考虑，因此相应对计算机联锁系统的可靠性与安全性要求很高，针对这种情况，可以有二种方式供我们在设计中进行选择。其一是强化系统的可靠性设计，这是基于可靠性理论包含了系统故障的屏蔽效应，因而用高可靠性换取系统的低故障率，以此隐含了对安全性的相对提升。但可靠性技术总是受一定的条件所限制，如硬件冗余资源使用、采用高可靠器件等，这完全取决于系统的可靠性要求及财力许可。其次我们可以基于这样一个思路来考虑问题：如果计算机联锁系统在保证一定可靠性要求基础上并结合故障—安全技术来得以实现，实质上也就是说牺牲少量的效率来避免昂贵的成本并换取系统的高安全性，同样也能满足铁路信号对联锁系统的性能要求。

容错技术在计算机联锁系统中的应用：随着计算机技术的迅速发展，尤其是高可靠性技术及容错理论与技术的发展，计算机在铁路信号联锁设备的应用也逐渐广泛。由于计算机联锁系统处理涉及安全的信息，而它主要是由大规模和超大规模的集成电路芯片组成，集成电路芯片具有对称的错误特性，即芯片的短路故障和断路故障的概率是相同的，因此必须使采用集成电路芯片电路的计算机联锁具有故障安全特性。