

铁路继续教育系列教材

自学指导书

(现代铁路信号技术)

铁道部人才服务中心 组织编写

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

前 言

在铁道部人才服务中心的领导和支持下，我们编写了这本《现代铁路信号技术自学指导书》。《现代铁路信号技术自学指导书》是与《现代铁路信号技术》配套的自学指导书，是根据这几年我们在使用《现代铁路信号技术》这本教材时所得到的经验和教训总结出来的结晶。因为铁路信号发展速度很快，新产品新资料不断出现，为了保持教学的稳定性，我们在编写中紧扣《现代铁路信号技术》，只是在参考书目中列出了少量新资料以供自学者参考，这并不意味着要扩大考试范围。由于我们的时间和经验有限，因而编出的这本自学指导书肯定存在不少缺点，希望广大学员和教师多提宝贵意见。本自学指导书除第八章由蔡维娜执笔外，其余各章均由郎宗 执笔。参予本书编写的老师还有：徐金祥、郭秀清、罗青、李佳玉、姜季生、秦钟芳、徐玉华、梅萌。

编 者
2000 年 11 月

目 录

第一章	信息传输安全技术	1
第二章	铁路信号应用微机的故障—安全技术	6
第三章	U—T 系统	10
第四章	多信息移频自动闭塞 及列车超速防护系统	16
第五章	电化区段信号抗干扰技术 及雷电防护技术	21
第六章	微机联锁系统	27
第七章	行车调度指挥管理系统	31
第八章	编组站自动化	35
第九章	电气集中微机监测技术	40
第十章	列车运行自动控制技术	43
第十一章	计轴技术及应用	47

第一章 信息传输安全技术

一、学习目的与要求

信息传输安全技术是现代铁路信号技术的基础理论之一。通过本章以及第二章的学习可以为以后各章的学习打下牢固的基础。本章所涉及的基础知识较多，学习时要多看有关参考书。要求学员掌握信道模型及错误图样的主要类型、线性分组码及循环码的编码和译码方法，以及扩频技术的基本概念。

二、内容提要、重点内容与难点

（一）信道模型及错误图样

信道模型共有六种主要类型：1. 二进制对称信道 BSC；2. 离散无记忆信道 DMC；3. 二进制删除信道 BEC；4. 二进制混合信道 BHC；5. 二进制 Z 信道；6. 记忆信道。不同的信道模型有不同的错误图样，因而有三种不同的判决方法：即硬判决、软判决和删除判决。本节的重点是二进制对称信道和离散无记忆信道；难点是信道模型图中的转移概率。

以上内容高、中、低级专业技术人员都应掌握。

（二）线性分组码及循环码

内容包括：线性分组码的构成、奇偶校验码、纠错线性

分组码；线性分组码的生成矩阵和校验矩阵；线性分组码的伴随式；汉明距离和汉明重量、最小距离 d 与纠错能力 t 及检错能力间关系的三个公式；汉明码；循环码的基本概念、有限域的定义和运算、最小多项式和分圆陪集；循环码的生成多项式和生成矩阵；循环码的校验多项式和校验矩阵。本节的重点是线性分组码及循环码的构成原理；难点是矩阵运算和有限域的基本原理。

以上内容高、中、低级专业技术人员都应掌握。中级增加循环码的编码电路。高级再增加 BCH 码译码方法。

（三）扩频技术

内容包括：扩频技术的基本概念、理论基础、主要特点、基本方式。本节的重点是扩频技术的基本概念和基本方式；难点为频谱分析和序列发生器。

以上内容高、中、低级专业技术人员都应掌握。中级增加直接序列扩频系统的工作原理、特点、扩频码序列。高级再增加跳频系统的特点、跳频图案与跳频频率表以及混合式扩频系统的基本工作方式。

三、自学学时数

自学学时数为：20 学时

四、思考题

（一）二进制对称信道和离散无记忆信道有什么不同之处？

(二) 汉明距离和码的检、纠错能力有什么关系?

(三) 如何根据非系统码的生成矩阵求得相应的系统码生成矩阵。

(四) 循环码的系统码编码电路有哪两种形式? 它们各有什么特点。

(五) BCH 码生成多项式与有限域生成元有什么关系?

(六) BCH 码生成多项式与最小多项式有什么关系?

(七) BCH 码生成多项式的根与码的最小距离有什么关系?

(八) 如何根据《现代铁路信号技术》一书中第一章里的表 1—11 来选用合适的本原 BCH 码。

(九) 如何利用最小多项式来求得伴随式各分量。

(十) 画图并说明错误位置搜索电路的基本原理。

(十一) 画图并说明梅吉特译码器的基本原理。

(十二) 多项式乘除法电路的基本原理。

(十三) 扩频技术有哪些优点?

(十四) 混合式扩频系统的基本工作方式有哪几种?

(十五) 举例说明序列发生器的工作原理。

(十六) 跳频图案的选择原则有哪些?

五、考试参考样卷

(一) 某分组码的最小距离为 7。分析采用下列差错控制方式时的纠错能力和检错能力。

1. 单纯检错方式

2. 单纯纠错方式

3 · 既纠错又检错方式

(二) 用乘法电路设计 (15, 5) 循环码的系统码编码电路, 该码的生成多项式为: $g(X) = X^{10} + X^8 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$ 。另外, 当信息位 $C_{14} C_{13} C_{12} C_{11} C_{10}$ 为 1 0 0 1 1 时, 根据电路求校验位中的 $C_9 C_8 C_7 C_6$ 的值。

(三) 求 $GF(2^4)$ 的分园陪集。

(四) 简述 BCH 码纠错译码的三个主要步骤。

(五) 由 $P(X) = X^4 + X + 1$ 生成 $GF(2^4)$ 域元素

1 · 求以 $\beta = \alpha^4$ 、 β^2 、 β^3 、 β^4 为根组成的二元 BCH 码生成多项式 $g(X)$ 。

2 · 求码长、信息元长度和汉明距离。

3 · 求系统码校验矩阵。

4 · 用最少移位寄存器构成其系统码编码电路。

(六) 设计纠双错 (15, 7) BCH 码的 S_1 、 S_2 、 S_4 计算电路。

$$g(X) = m_1(X)m_3(X) = (X^4 + X + 1)(X^4 + X^3 + X^2 + X + 1)$$

(七) 画出离散无记忆信道的信道模型并分析它所采用的判决方法。

(八) 简述扩频技术的优点。

(九) 分析跳频系统的主要特点。

(十) 分析混合式扩频系统的优点。

参 考 书 目

- [1] 杨义先等. 编码密码学. 人民邮电出版社, 1992
- [2] 曹志刚等. 现代通信原理. 清华大学出版社, 1992

- [3] 李承恕等. 扩展频谱通信. 人民邮电出版社, 1993
- [4] 王秉钧等. 扩频通信. 天津大学出版社, 1992
- [5] 杨 爵等. 实用纠错编码. 中国铁道出版社, 1988
- [6] 沈允春. 扩谱技术. 国防工业出版社, 1995
- [7] 万哲先. 代数和编码. 科学出版社, 1980

第二章 铁路信号应用微机 的故障—安全技术

一、学习目的与要求

微型计算机在现代铁路信号技术中的应用愈来愈广泛。普通的微型机本身不是安全型的，要在铁路信号中正常工作，必须应用故障—安全技术。因此，本章与第一章一样也是学习以后各章的基础。因为本章所涉及的如数学等方面的基础知识较多，学习时要多看有关参考书。要求学员掌握故障—安全技术的基本原理、容错技术的基本概念、输入与输出接口电路的基本型式以及安全性评估的基本方法。

二、内容提要、重点内容与难点

(一) 计算机软、硬件安全基础

内容包括：系统发生故障的分类及其原因；故障—安全技术对铁路信号的重要性以及铁路信号安全技术的系统化；故障—安全计算机构成的方式；硬件安全性技术的分类；软件安全性技术的分类。本节重点是故障—安全计算机构成的方式；难点是危险比的计算。

以上内容高、中、低级专业技术人员都应掌握。

（二）容错技术

内容包括：容错技术与避错技术的区别和优点；实现容错技术主要方法：硬件冗余、时间冗余、信息冗余和软件冗余；容错技术的分类。其中重点是实现容错技术主要方法；难点是各种可靠性参数的定义和计算。

以上内容高、中、低级专业技术人员都应掌握。中级增加容错系统的类型；高级增加容错系统的可靠性评价。

（三）输入与输出

内容包括：故障—安全输入接口电路构成的原则和三种基本方法；输出接口电路的基本形式。其中重点是故障—安全输入输出接口电路构成的原则和基本方法；难点为多模结构的输入与输出电路。

以上内容高、中、低级专业技术人员都应掌握。

（四）安全性评估

内容包括：硬件系统的可靠性和安全性评估指标，即平均故障间隔时间 MTBF 和平均危险侧故障间隔时间 MTBFAS。其中重点是可靠性和安全性评估指标；难点为可靠性和安全性估算公式。

以上内容高、中、低级专业技术人员都应掌握。中级增加单机系统、双机动态切换系统及三中取二系统的平均故障间隔时间和平均危险侧故障间隔时间计算。高级专业技术人员还应掌握软件系统的可靠性和安全性评估，即软件可靠性评估的定量分析和安全性评估的定性分析。

三、自学学时数

自学学时数为：12 学时

四、思考题

(一) 可靠性与安全性有什么不同之处？

(二) 什么是故障—安全技术？

(三) 故障—安全计算机应包括哪些部分？

(四) 信号设备微机化的主要特点有哪些？

(五) 在微机化的信号设备中，通过硬件实现故障—安全技术的主要方式有哪几种？

(六) 在微机化的信号设备中，通过软件实现故障—安全技术的主要技术有哪些？

(七) 分析容错技术与避错技术的优缺点。

(八) 硬件冗余的主要方法有哪几种？

(九) 软件冗余的主要内容有哪些？

(十) 容错系统的主要类型有哪几种？

(十一) 容错系统的简化参数有哪几种？

(十二) 故障—安全输入接口电路构成的基本原则有哪些？

(十三) 故障—安全输出接口电路的基本形式有哪几种？

(十四) 双机动态切换系统及三中取二系统的可靠性和安全性估算有什么不同？

五、考试参考样卷

- (一) 画出自校验方式故障 — 安全计算机的结构框图。
- (二) 分析硬件冗余的几种基本方法。
- (三) 画图说明动/静 — 电平变换电路的作用和原理。
- (四) 如果单机系统的 MTBF 为 2 000 小时，计算采用双机动态切换系统时的 MTBF。
- (五) 如果单机系统的 MTBF 为 2 000 小时，计算采用三中取二系统时的 MTBF。
- (六) 分析静态冗余和动态冗余两种软件冗余方式的优缺点。

参 考 书 目

- [1] 黄锡滋. 软件的可靠性与安全性. 北京科学出版社, 1993
- [2] 傅佩琛等. 计算机系统硬件软件可靠性理论及其应用. 国防工业出版社, 1994
- [3] 蔡开元. 软件可靠性工程基础. 清华大学出版社, 1995
- [4] 梅启智等. 系统可靠性工程基础. 科学出版社, 1987

第三章 U—T 系统

一、学习目的与要求

通过本章的学习，使学员对我国引进的法国高速铁路（TGV）列车速度自动控制系统（U—T 系统）有比较全面的了解。为创建我国自己的高速铁路列车速度自动控制系统提供参考。通过学习要求学员掌握 UM71 无绝缘轨道电路和 TVM300 机车信号及速度监督的系统组成和工作原理。

二、内容提要、重点内容与难点

（一）U—T 系统概述

U—T 系统是 UM71 无绝缘轨道电路和 TVM300 机车信号及速度监督的系统的简称。UM71 无绝缘轨道电路是一种低频调制的移频自动闭塞，它有四个载频和 18 个低频信号；TVM300 机车信号及速度监督的系统接收地面的连续和点式信息向司机显示允许速度并监督列车的行驶速度。本节的重点是 UM71 无绝缘轨道电路的基本原理。

以上内容高、中、低级专业技术人员都应掌握。

（二）UM71 移频无绝缘轨道电路

内容包括：UM71 无绝缘轨道电路设备组成；UM71 移频无绝缘轨道电路发送设备组成和原理；UM71 移频无绝缘

轨道电路接收设备组成和原理；电气绝缘节的构成原理；补偿电容的作用、原理、设置和安装；匹配变压器的作用和电路分析。本节的重点是 UM71 无绝缘轨道电路设备组成和原理；难点是电路设计中如何考虑故障—安全原则。

以上内容高、中、低级专业技术人员都应掌握。中级和高级增加电气绝缘节的等效电路分析。

（三）机车信号点式信息地面发送设备

内容包括：点式信息地面发送设备的作用；点式发送器 EMBO 电路原理和类型；匹配变压器的作用和电路分析；点式环线；检查继电器的作用和点式设备的安装。本节的重点是点式信息地面发送设备的作用；重点是点式发送器 EMBO 电路原理分析。

以上内容高、中、低级专业技术人员都应掌握。

（四）UM71 器材和室内设备安装

内容包括：室内 UM71 轨道电路组合架的尺寸和组合排列；发送器、接收器、轨道继电器的引出端子；点式器材的引出端子和安装。本节的重点是室内 UM71 轨道电路组合的排列；难点为点式器材的设置图。

以上内容高、中、低级专业技术人员都应掌握。

（五）UM71 轨道电路的调整

内容包括：UM71 轨道电路调整的依据；UM71 轨道电路调整的内容：模拟线的调整、发送电平的调整、接收电平的调整；点式设备的调整。其中重点是模拟线的调整；难点为发送电平和接收电平的调整。

以上内容高、中、低级专业技术人员都应掌握。

(六) UM71 轨道电路正常使用指标

为了保证 UM71 轨道电路的正常使用，对电源电压、继电器电压、继电器分路电流、调谐区死区段、继电器断轨电流和机车入口电流等指标都有具体的规定。这部分内容高、中、低级专业技术人员都应掌握。

(七) 站内正线电码化

内容包括：站内正线电码化的作用；切换式和叠加式原理和典型电路。其中重点是站内正线电码化的作用；难点为发码图。

以上内容高、中、低级专业技术人员都应掌握。高、中级人员还应掌握 25 Hz 相敏轨道电路叠加 UM71 电码的具体电路和电码分配。

(八) TVM300 型机车信号及超速防护系统

内容包括：超速防护系统中限速曲线的类型（大台阶式限速曲线和小台阶式限速曲线）；TVM300 带速度监督机车信号的原理和设备组成框图。其中重点是 TVM300 带速度监督机车信号的原理和设备组成；难点为两种限速曲线的区别。

以上内容高、中、低级专业技术人员都应掌握。高、中级人员还应掌握各组匣电路板间的联系图。高级人员还应掌握测速设备原理框图。

(九) U—T 系统在我国铁路上的应用

内容包括：郑武线 TVM300 机车信号运用方式（包括

区间正向运行、区间反向运行和车站)；郑武线和京郑线低频信号的使用；广深线低频信号的使用。其中重点是郑武线 TVM300 机车信号运用方式；难点为低频信号的使用方式。

以上内容高、中、低级专业技术人员都应掌握。

三、自学学时数

自学学时数不：18 学时

四、思考题

(一) UM71 移频无绝缘轨道电路是由哪些设备组成的？

(二) UM71 移频无绝缘轨道电路的载频和低频信号有多少？频偏是多少？

(三) 分析 UM71 移频无绝缘轨道电路发送设备框图原理。

(四) 分析 UM71 发送设备中编码发生器和辅助发生器的工作原理。

(五) 分析 UM71 发送设备中 2^7 分频器的作用是什么？

(六) 分析 UM71 发送设备中倍频电路的工作原理。

(七) 分析 UM71 移频无绝缘轨道电路接收设备框图的工作原理。

(八) 分析 UM71 接收设备中输入电路的作用和工作原理。

(九) 分析 UM71 移频无绝缘轨道电路电气绝缘节的工作原理。

(十)说明 UM71 移频无绝缘轨道电路补偿电容的作用以及设置位置和数目的计算。

(十一)说明 UM71 移频无绝缘轨道电路匹配变压器的作用和电路分析。

(十二)说明 UM71 移频无绝缘轨道电路电气绝缘节的等效电路。

(十三)说明点式信息的作用和地面发送设备的工作原理。

(十四) UM71 移频无绝缘轨道电路中有哪些设备需要进行调整?如何调整?

(十五)说明 TVM300 带速度监督机车信号的原理和设备组成框图。

五、考试参考样卷

(一)列举 UM71 电路中五点符合故障—安全原则之处。

(二)某 UM71 轨道电路长 1 450 米,计算并画图说明补偿电容的数量和设置位置。

(三)某 UM71 轨道电路送电端和受电端距机械室分别为 2.5 km 和 3.5 km,两个 TAD_LFS 应该如何配线?

(四)分析 UM71 轨道电路电气绝缘节的基本原理。

(五)分析大台阶式限速曲线和小台阶式限速曲线的优缺点。

(六)分析郑武线与广深线在应用 U—T 系统方面的不同点。

(七) UM71 轨道电路发送电平和接收电平是根据什么原则调整的。