铁路科技图书出版基金资助出版

国外铁路信号新技术

吴汶麒　编著

中　国　铁　道　出　版　社
2000年·北京

需要全本请访问 www.ertongbook.com

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书是作者近十多年来,通过在欧洲、日本的进修、考察、访问和工作,对所积累的大量技术资料经整理、加工而成。主要内容包括:信号系统基础设备;微机联锁;列车速度控制系统;列车运行指挥与调度管理系统;自动化驼峰技术;以及与现代信号技术密切相关的电磁兼容等内容。本书将对干线铁路、高速铁路、城市轨道交通等领域的技术发展有借鉴作用。

读者对象:研制开发、设计制造、管理应用的专业人员,以及相关专业师生。

图书在版编目(CIP)数据

国外铁路信号新技术/ 吴汶麒编著 .—北京:中国铁道出版社,2000.8

ISBN 7 113 03792 5

Ⅰ.国… Ⅱ.吴… Ⅲ.铁路信号 技术 研究 世界

Ⅳ.U284

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 32852 号

书 名:国外铁路信号新技术

作 者:吴汶麒

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街 8 号)

策划编辑:傅立谚

责任编辑:傅立谚

封面设计:李艳阳

印 刷:北京市兴顺印刷厂

开 本:850×1168 1/ 32 印张:8.875 字数:300 千

版 本:2000 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1～2000 册

书 号:ISBN 7 113 03792 5/ TP·456

定 价:25.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

“ Moderne Sicherungs und Leittechnik in der Welt ”

Die weltweite wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung ist mit steigendem Mobilit tsbedürfnis der Menschen und wachsendem Güteraustausch verbunden .
Das sich dadurch st ndig erh hende Verkehrsaufkommen wirft in immer st rkerem Maße Probleme auf, die man heute nicht mehr übersehen kann .Sie reichen von globalen Klimabeeintr chtigungen bis hin zu lokalen innerst dtischen Problemen wie L rmbel stigung, Staus, Smog und unzureichenden Parkfl chen .

Hier sind wirtschaftliche und kologische L sungen gefragt kurz gesagt **schienengebundene Verkehrssysteme .**

Diese müssen so ausgelegt werden, daß sie sowohl den Anforderungen der Betreiber als auch denen der Endkunden genügen .
W hrend erstere Sicherheit, Zuverl ssigkeit, Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit fordern, ist es für den Endkunden wichtig, schnell, pünktlich, sicher und preiswert an sein Ziel zu kommen .

Bei der Erfüllung dieser Forderungen kommt der modernen **Leit und Sicherungstechnik** eine Schlüsselstellung zu .

Die Aufgabe der Leit und Sicherungstechnik besteht in der Steuerung, berwachung und Sicherung des Bahnprozesses .
Dazu geh ren das Stellen und berwachen der Fahrwege

entsprechend vorgegebener Fahrpl ne, das Lokalisieren der Züge und das Koordinieren der Zugbewegungen .Die Geschwindigkeiten der Fahrzeuge werden überwacht und bei berschreitungen wird eine Bremsung eingeleitet .
All diese Funktionen müssen mit der für den Schienenverkehr erforderlich hohen Sicherheit ausgeführt werden .

Mit der Wahl der Leit und Sicherungstechnik wird ein entscheidender Grundstein für die Gesamtanlagenarchitektur gelegt .Ein hoher Automatisierungsgrad beispielsweise erm glicht den Betrieb hochbelasteter Eisenbahnstrecken mit großen Geschwindigkeiten sowie stark frequentierter U Bahn Strecken mit kurzen Zugfolgezeiten .
Auf diese Weise l ßt sich die angebotene Transportleistung erh hen und der Transportprozeß effektiv gestalten .
Die Anlagen der Betriebsführung werden somit auch zu einem wesentlichen Schlüssel für die Wirtschaftlichkeit eines Systems .

Die immer h heren Geschwindigkeiten im **Fernverkehr** fordern eine immer bessere Sicherung des Bahnsystems .Diese h ngt neben dem umfassenden Einsatz sicherungstechnischer Anlagen auch vom technischen Niveau der Streckeneinrichtung wie **Signalen, Weichen und der**
Bahnüberangstechnik ab .Umgekehrt erm glicht erst die technologische Weiterentwicklung dieser Systeme eine sichere Bahnfahrt mit H chstgeschwindigkeiten .

Im **Nahverkehr** gelten die gleichen signaltechnischen Regeln .Aber durch die weitaus dichtere Zugfolge sowie den kurzen Haltestellenabstand sind die Anforderungen an die Sicherungstechnik anders gelagert .Hier gilt es, durch einen hohen Automatisierungsgrad den

Zugführer zu entlasten und möglichst kurze Zugfolgezeiten zu realisieren. Große Bedeutung kommt dabei den

Zugbeeinflussungssystemen zu, die mittels der ATP (Automatic Train Protection) die Sicherung des Fahrweges und durch die ATO (Automatic Train Operation) die Steuerung des Zuges übernehmen. Zunehmende Automatisierung ermöglicht außerdem eine flexible Anpassung der Kapazität des Systems an die Nachfrage. Nur dadurch kann man den Fahrgästen auf wirtschaftliche Weise Wartezeiten ersparen, damit die Attraktivität des Systems erhöhen und gleichzeitig dem Betreiber eine optimale Auslastung sichern.

Die Gewährleistung eines gleichmäßigen Verkehrsflusses über das gesamte Netz, im Nahverkehr eine der wichtigsten Voraussetzungen für einen reibungslosen Betriebsablauf, erfordert die Zentralisierung der Disposition und Zugüberwachung.

Aufgrund der Leistungsfähigkeit der heutigen Rechnentechnik und der modernen Übertragungstechnik können Funktionen wie automatische Disposition von Zugfahrten sowie automatische Ansteuerung von Zugfahrstraßen in die zentralen **Leitstellen** integriert werden.

Die Entwicklung, Fertigung und Installation dieser komplexen Sicherungs und Leitsysteme erfordert **Spezialwissen,** das sich die Fachleute durch ein entsprechendes Studium und durch Berufserfahrung erworben haben.

Auch in China wird in den letzten Jahren viel für die Modernisierung und den Ausbau des Schienenverkehrs getan.

Damit steigt der Bedarf an Experten mit fundamentalen Prozesskenntnissen sowie technischem Grundwissen der **Verkehrssicherungstechnik.**

Durch Aufzeigen grundsätzlicher technischer Möglichkeiten der

需要全本请访问 www.ertongbook.com

Sicherung des Bahnprozesses leistet das vorliegende Buch einen wichtigen Beitrag zum besseren Verst ndnis dieser Technik .Es tr gt dazu bei, Experten in die Lage zu versetzen, mittels einer sicherungstechnischen Betrachtungsweise die Dimensionierung und lntegration der technischen Systeme derart vorzunehmen, daβ sie die **Basis für einen sicheren, effizienten und attraktiven Schienenverkehr** bilden .

序

世界范围内的经济和社会的发展是与越来越多的人员流动以及日益增长的货运量紧密联系在一起的。从而使交通运量越来越大,这已成为今天人们所不能忽略的严峻问题。这一问题还涉及到对气候的影响以及城市内部的许多问题,诸如噪声、拥挤阻塞、废气烟雾以及难以满足需要的停车位置等。对于这一问题最经济、最有利于生态环境的解决方法是采用轨道交通系统。

轨道交通系统必须设计成既能符合行车人员的需求,又能满足服务对象要求。所以在首先达到安全性、可靠性、适用性和经济等目标的同时,也必须顾及到迅速、准点、安全和价格合理等因素,这对于服务对象来说是十分重要的。在满足上述需要方面,现代先进的行车指挥与安全技术起到决定性的作用。

行车指挥与安全技术包括对整个行车过程的控制、监测及确保安全。与运行图相对应的进路调整和监视,列车的定位与行车的协调等等方面无疑是属于此列的。在行车过程中应对列车的车速进行监测,在超出允许速度时应启用制动设备。所有这些功能都必须在轨道交通所要求的高度安全性准则下实施。

行车指挥与安全系统的选择对整个交通系统设备的构成起到“奠基石”的作用。例如,较高的自动化程度就可使列车在高运输负荷的铁路区间上以较高速度运行,或者以很短的行车间隔十分频繁地使用地铁区间。从而,使通过能力得以提高,使整个运输过程变得十分合理、有效。运行指挥设备已成为系统经济性的‘一把关键的钥匙”。

干线铁路行车速度的提高要求铁路系统有更佳的安全性。除了大量采用各种安全技术装置外,这还与区间设备(如信号机、道岔、道口技术设备等)的技术水平有关。也可以这样说,技术的进

一步发展才有可能实现安全的高速运输。

上述信号技术特点同样也适合于城市轨道交通，不过城市轨道交通还从其他方面对信号技术提出要求：更短的列车间隔以及较短的站间距离。这里也是通过较高的自动化程度来减轻司机的负担和实现较短的行车间隔。列车速度控制系统在这里起到很重要的作用，用列车超速防护(ATP)技术来保证行车安全，用列车自动运行控制(ATO)技术来对列车实现控制。

此外，自动化还能按系统的规模，灵活地与具体情况相适应。只有这样才能使旅客节省等车时间，才能提高系统的吸引力和使运输人员发挥最大的效率。

为了确保在整个交通网络上具有均匀有规律的交通流量(对城市轨道交通而言，这是实施有序运输过程的一个最重要的前提)，这就要求调度和监控能集中进行。鉴于目前计算机技术和现代数据传输技术的高水平发展，诸如列车运行的自动化调度、列车进路的自动控制等等功能可以集中在运行指挥中心内进行。

上述复杂的行车指挥与安全系统的开发、生产、安装、施工等均要求有专门的知识，专业人员将通过各种学习途径以及工作经验来获得这些专业知识。在中国，过去几年中，也不断地在进行轨道交通的现代化建设和改造。因此，从事信号专业的人员也需要具备基本的技术知识。本书通过详细介绍保障运输过程安全的技术知识，将为改善该项技术的现状作出重要贡献。通过本书，信号专家们将能扩展他们的技术思路，将能使他们对技术系统进行综合考虑，这一切将构成一个安全的、有效的以及有吸引力的轨道交通的基础。

德国西门子公司交通部副总裁
岗茨维因特
(Ganswindt)

前　言

近年来,我国干线铁路的行车速度不断提高,个别区段的车速已经接近发达国家的水平。与此同时,新建和在建的地铁、轻轨,其行车密度之高、列车间隔之短也已达到国际先进水平。在此背景下,人们对铁路信号——列车安全、控制与调度技术——提出了越来越高的要求。市场的需求促使我国致力于铁路信号技术研制开发、设计制造、管理应用的专业人员的目光投向国际舞台,渴求了解先进工业国家的信号技术的现状与发展。

随着改革开放的进一步深入,我国的轨道交通信号技术也已在吸收国外新技术的基础上不断地发展,从新型电动转辙机、电子计轴器、无绝缘轨道电路等基础设备,到微机联锁、列车速度控制系统、自动化驼峰等系统技术,都已在我国干线铁路及城市轨道交通中得到了应用。

鉴于上述情况,笔者将近十多年来,通过在欧洲和日本的进修、访问、考察、工作等所积累的技术资料,整理、编写成《国外铁路信号新技术》一书,希望能在我国轨道交通迅速发展的进程中起一些砖瓦的作用。

全书共分六章,第一章介绍信号系统的基础设备,包括新型电动转辙机、音频无绝缘轨道电路、电子计轴器、

自动道口等。第二章介绍微机联锁,在综述当今世界上各种微机联锁系统的基础上,重点介绍了德国西门子公司在20世纪90年代后期研制成功的SIMIS W型微机联锁。第三章介绍列车速度控制系统,对点式的与连续式的、用轨道电缆的与用数字编码轨道电路的系统都做了详细的介绍,本章最后部分详述了目前受到各国高度重视的无线列车速度控制系统。第四章叙述列车运行指挥及调度管理系统,介绍了当今世界上列车调度集中、调度监督的发展情况以及用于地铁、轻轨的自动列车运行管理(ATS)系统的发展情况。第五章介绍自动化驼峰技术,以德国慕尼黑北编组站的自动化驼峰为背景,详细介绍了推送机车的无线遥控、溜放速度自动控制、快速道岔控制等20世纪90年代的新技术。最后一章则讨论一个在现代信号领域内非常重要、而又往往会被忽略的问题——电磁兼容。

本书除第四章§4.2由陈永生博士、副教授撰写外,其余各章都由吴汶麒教授撰写。

德国西门子公司交通部副总裁、资深信号专家冈茨维因特先生(Mr .Ganswindt)专门为本书写了序言,笔者在此表示由衷的感谢。

吴汶麒

2000年3月

目　　录

第一章　基础设备…… 1
§1.1　电动转辙机 …… 1
1.1.1　带滚珠丝杠的三相交流电动转辙机 S700K C … 2
1.1.2　液压式电动转辙机 …… 7
1.1.3　瑞典铁路使用的新型转辙机(EBISWITCH) …… 9
1.1.4　道岔密贴检查器…… 12
1.1.5　道岔外锁闭尖轨燕尾锁的解锁与锁闭过程…… 15
§1.2　轨道电路…… 15
1.2.1　音频无绝缘轨道电路…… 15
1.2.2　电子计轴器…… 28
§1.3　铁路道口的安全技术…… 50
1.3.1　不带速度监控的自动道口设备…… 50
1.3.2　带速度监控的自动道口设备…… 52
1.3.3　道口栏木驱动装置——SEM610 …… 54
第二章　微机联锁 …… 61
§2.1　国外微机联锁概况…… 61
2.1.1　SIMIS 及 SELMIS 系统 …… 62
2.1.2　SICAS 系统(Siemens Computer Aided Signalling) …… 62
2.1.3　EBILOCK 系统 …… 63
2.1.4　SSI 系统 …… 65
2.1.5　Westrace 微机联锁系统…… 67
2.1.6　VIP(Vital Processor Interlocking)微机联锁系统…… 71
§2.2　微机联锁的“故障—安全”措施…… 74

需要全本请访问 www.ertongbook.com

2.2.1 带监视器的计算机自检方案…… 74
2.2.2 带结果比较的计算机两次处理方案…… 76
2.2.3 带结果比较的多机并行处理…… 77
§2.3 典型的微机联锁系统——SIMIS W 的剖析 …… 80
2.3.1 SIMIS W 的结构 …… 80
2.3.2 系统的基本情况…… 86
2.3.3 系统的冗余情况…… 90
2.3.4 SIMIS W 的系统组件 …… 90
2.3.5 SIMIS W 的供电 …… 120
第三章 列车速度自动控制系统…… 121
§3.1 概 述 …… 121
§3.2 点式列车速度自动控制系统 …… 125
3.2.1 点式列车速度自动控制系统的基本结构 … 125
3.2.2 点式列车速度自动控制系统的
基本工作原理 …… 130
3.2.3 欧洲型地面应答器(EUROBALISE) …… 136
§3.3 连续式列车速度自动控制系统 …… 144
3.3.1 采用轨间电缆的列车速度自动控制系统 … 145
3.3.2 采用数字编码轨道电路的连续式列车
速度监控的自动控制系统 …… 150
§3.4 无线列车速度自动控制系统 …… 161
3.4.1 用于干线铁路的无线列车速度自动
控制系统 …… 161
3.4.2 非干线铁路的无线列车速度自动控制
系统(FFB) …… 169
第四章 行车指挥自动化…… 179
§4.1 概 述 …… 179
4.1.1 列车运行集中控制的任务与要求 …… 179
4.1.2 基本技术方案 …… 179
4.1.3 列车运行跟踪 …… 182

4.1.4 运行控制中心 …… 183
§4.2 城市轨道交通列车自动管理监控系统(ATS)的一个范例——美国 GRS 公司的 ATS 系统 …… 185
4.2.1 CATS 系统构成 …… 185
4.2.2 数据传输系统(DTS) …… 189
4.2.3 车载 ATC 控制及显示 …… 190
4.2.4 系统用户等级、运行模式和功能配置…… 191
4.2.5 系统在线控制功能 …… 193
4.2.6 系统操作运用 …… 199
第五章 自动化驼峰…… 204
§5.1 概 述 …… 204
5.1.1 推送速度自动控制 …… 204
5.1.2 溜放速度自动控制 …… 209
5.1.3 溜放速度调整设备 …… 210
§5.2 自动化驼峰的实例——德国慕尼黑北调车场 …… 217
5.2.1 采用 32 bit 技术的溜放控制 …… 218
5.2.2 推进机车的无线遥控 …… 226
5.2.3 全电子快速道岔控制技术(简称 SEWA) …… 231
第六章 电磁兼容…… 237
§6.1 轨道交通的电磁环境 …… 238
6.1.1 牵引电流及其周围的磁场强度 …… 238
6.1.2 牵引电流对信号、通信电缆的干扰…… 240
6.1.3 辐射性干扰 …… 241
6.1.4 电磁干扰 …… 241
6.1.5 静电放电 …… 243
6.1.6 电弧(电火花) …… 244
6.1.7 人身保护/ 接地…… 245
§6.2 微机联锁系统的接地保护措施 …… 246
6.2.1 保护措施 …… 247

6.2.2 信号楼接地 …… 249
6.2.3 交流电力牵引区段信号外部设备的接地与保护措施 …… 250
6.2.4 直流电力牵引区段信号外部设备的接地与保护措施 …… 253
6.2.5 混合牵引区段信号外部设备的接地与保护措施 …… 255
§6.3 电磁兼容的常用度量单位——电磁分贝 …… 257
§6.4 部分国家的电磁兼容标准及规范 …… 263
6.4.1 美国采用标准 MIL - STD - 461/ 462 以及民用标准 CISPR16 …… 263
6.4.2 其他工业国家的标准及规范 …… 265
参考文献 …… 267

第一章　基 础 设 备

§1 .1　电动转辙机

转辙机是用于转换道岔的装置。在电气集中设备中,它接收到转换命令后即带动道岔转换;在道岔转换到位后将道岔锁闭在规定位置上,从而确保安全;在道岔到位(定位或反位)的同时,向电气集中给出定位或反位的表示。与此 3 项功能相对应,对转辙机的主要要求为:

(1)有足够的转换力。

(2)当岔尖达到规定密贴程度时才对岔尖锁闭,其锁闭力应保持道岔不致因列车通过时的震动而解锁移位。

(3)当岔尖达到规定密贴程度,且被锁闭后,才给出正确的道岔位置表示。考虑到在实际运行中有时会发生挤岔现象,因而对转辙机还应有对应于挤岔的第 4 项要求。

(4)道岔被挤后,应给出必要的挤岔表示,且非经人工恢复,道岔不能再度转换。

按转辙机的用电性质分,可分为直流电动转辙机和交流(三相)电动转辙机。国产 ZD 系列电动转辙机均为直流电动转辙机,国外大多已采用性能较优的交流转辙机,德国西门子公司与西安铁路信号工厂合资成立的‘西门子信号有限公司”已将新型交流转辙机 S700K C 推向市场。按道岔锁闭部位分,转辙机可分为内锁闭及外锁闭两大类。世界上大多数国家采用内锁闭方式,仅德国的铁路及城市轨道交通采用外锁闭转辙机,上述 S700K C 型也为外锁闭转辙机。按转辙机的动力来分,转辙机分为电动与液压两大类,后者因其机械结构简单近年来普遍受到重视,我国也已在引进的基础上逐步推广使用。

表 1 1 列举了目前世界上较为典型的几类电动转辙机的技术

参数。

表 1 1　几类电动转辙机的技术参数

国　　别	日　　本 TS	英　　国 HW3125	德　　国 S700K	法　　国 MJ80
转换力/ kN	5.884	6.570	4.903	3.923
电　压/ V	单相交流 105	三相交流	三相交流	三相交流
电　流/ A	12	2 .55	2	DC 4 .5 AC 1 .5
转换时间/ s	9	2 .55	5 .5	5
动　程/ mm	200	152	220	260
定位力	大	大	中等	中等
可否挤岔	否	可	可	否
寿　命/ h	500 000	500 000	/	500 000
绝缘电压/ V	/	/	/	2 000
质　量/ kg	260	220	110	91

1 .1 .1　带滚珠丝杠的三相交流电动转辙机 S700K C

随着列车速度的提高,对电动转辙机的要求越来越高,例如:由于列车轴重的增加,使得轨旁一切装备都需要承受较大的应力;由于列车驶过道岔时的震动加剧,就要求转辙机有更大的锁闭力;此外,从维修保养角度出发,少维修、易维护等要求也随着行车密度的增加而越来越高。在此背景下,从 20 世纪 80 年代开始,在西方工业国家的铁路上不断出现新型的电动转辙机,其技术特点都是采用三相交流动力,简化机械传动,主要零部件尽可能采用模块化结构以利于更换。西门子公司在 20 世纪 80 年代推出的 S700K 型电动转辙机即是典型的代表。

图 1 1 表示 S700K 电动转辙机的原理图。在转辙机的机壳内置有电动机(1)、齿轮(2～4)、可调的转换力离合器(5)、滚珠丝杆(6)、开闭器(6 .1～13)、检查杆(15)以及带有电压切断开关与手柄

锁闭装置的电缆接入口。

图 1 1　S700K 电动转辙机的原理图

1—电动机;2—主动小齿轮;3—中间齿轮;4—齿轮;5—转换力离合器;
6—滚珠丝杆;6.1—锁闭片;7—开关线尺;8—锁闭滑杆;8.1—滚珠;
9—锁闭滑杆;9.1—滚珠;10—压力弹簧;11—压力弹簧;12—速动开关;
13—速动开关;14—定位离合器;14.1—滚珠;15—检查滑杆;
16—转换滑杆;16.1—缺口面;16.2—缺口面;16.3—缺口面。

电动机的转动转距经由中间齿轮传递至转换力离合器,由滚珠丝杆转换为纵向力,进而经由定位离合器传至转换滑杆。在整个道岔转换过程中,转换力是恒定的。

定位离合器通过转换滑杆及道岔锁闭装置使得岔尖可靠地位于终位。在可挤岔型号中,一旦挤岔时,转换滑杆上的负载超过定位力,定位作用消失。调整定位力比最大转换力高出一个安全值,从而所转换的道岔就可安全地固定在终位。

道岔转换过程伴随着岔尖检测,只有当与岔尖相连的检查滑杆在转辙机内的位置反映出岔尖正常位于终位时,才能给出正常的道岔定、反位表示。

需要全本请访问 www.ertongbook.com