

叠加预发码和闭环电码化技术

安海君 殷惠媛 刘 伟 李建春 等 编著

中 国 铁 道 出 版 社

2008·北 京

责任编辑：魏京燕 周泰文
封面设计：崔丽芳

DieJia YuFaMa He BiHuan DianMaHua JiShu



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

地址：北京市宣武区右安门西街8号
邮编：100054
网址：WWW.TDPRESS.COM

ISBN 978-7-113-08730-2



9 787113 087302 >

ISBN 978-7-113-08730-2/TP • 2764

定 价： 87.00 元 (含图册)

前 言

站内电码化技术主要应用于铁路站内,它能保证站内电码化轨道电路连续不断地向机车车载设备发送所需的电码化信息,是行车指挥系统的基础设备之一。

我国铁道信号电码化技术源自前苏联。从20世纪50年代起,国内铁路部分车站就已经开始实施“50 Hz 交流计数电码化”技术。20世纪70年代初,开始实施“移频电码化”技术。20世纪80年代,开始实施“25 Hz 交流计数电码化”技术。但是,到1988年前,这些电码化技术仅仅实施于车站内的正线列车进路,而车站站线(下称侧线)列车进路未实施该技术。而且,在有双进、双出口的车站,即有弯进直出或直进弯出的车站,其正线接车进路也未实施电码化技术。因此,这一时期的电码化技术处于正线电码化阶段,它仅仅能在车站大部分正线列车进路上,为机车信号设备正常工作提供必要条件。

随着我国经济建设的飞速发展,铁路运量陡增,行车密度和速度不断提高,安全与效率的矛盾日益尖锐。在1987年底和1988年初,铁路连续发生了数次重大事故,原有的车站“正线电码化”技术已经不能适应运输需要,必须对其进行改造、更新,在尽可能短的时间内研究出简单、易行、适应性强的技术方案。车站股道电码化技术就是在这样的情况下应运而生的,主要包括两种方式:一种是采用切换发码方式;另一种是叠加发码方式。因实施切换发码方式的电码化会造成轨道电路不能自动恢复,故目前大量运用的是后一种叠加发码方式的电码化。“叠加式”是在电码化过程中在轨条内同时发送动作轨道电路和动作机车信号两种信息的方式,移频信号可以以“叠加”方式发往轨道。车站股道电码化自1988年起在全路推行以来,已在数千车站使用,但因当时没有提出适应超速防护设备的需要,即没有对发码连续性提出要求,只是在满足列车运行速度100 km/h以下时保证机车信号工作,同时解决轨道电路的自动恢复问题,这不符合预叠加电码化的要求。

要满足正线区段电码化在时间上不允许有中断时间,原来的“车站股道电码化”的叠加发码方式必须改为“预先叠加发码”的方式。采用“预先叠加发码”的发送盒有两路独立输出,分别通过各轨道区段的条件进行叠加。每路发送供电时机始于上一段轨道占用,止于下一段轨道占用,在任一瞬间均有相邻的两个区段同时发码,一个是本区段的,另一个是下一个区段的。分别由发送盒的两路输出通过相应条件发往轨道,对下一个区段实现了“预先叠加发码”,故此方式在发码时间上能确保无中断。

然而,这时的站内电码化技术是两个技术的叠加合成,存在两层皮问题,即地面系统发出的机车信号信息仅仅是叠加在轨道电路上,而此信息是否确实发送到了轨道上,并未得到有效的检测(现有的检测报警电路只是检测发送设备本身是否正常工作,而不能检测整个系统的工作是否完好)。随着列车运行速度的进一步提高,仅靠地面信号机的显示已不足以保证行车安全,装备主体机车信号的要求已势在必行。要实现机车信号主体化,控制列车运行的多种信息由地面信号设备通过轨道向列车的车载信号设备发出,这就对地面信息发送设备的安全性和可靠性提出了更高的要求。对地面设备来说,首先应实现地面设备信息发送的闭环检测,即能够实时检测信息是否确实发送至轨道,若检测出信息未能发至轨道,系统将立即作出反

应,向列车发出足以保证运行安全的信息,并发出设备故障报警。

具有闭环检查的电码化是由电码化发送设备、传输通道、电码化闭环检查设备等构成的,用于给机车信号提供可靠的地面信息,以保证行车安全和提高运输能力的系统。闭环电码化是结合中国铁路实际,考虑到未来的发展,本着叠加配置、系统升级、兼容的原则,针对我国主要干线设备装备现状,在现有模式下采取的强化改造措施,是实现主体化机车信号的基础设备。

本书的第一、二、五、七章由安海君编写,第三章由李建春、安海君编写,第四章由刘伟、安海君编写,第六章由殷惠媛编写。参加编写和提供资料的有郑州铁路局谢清源、王民湘;武汉铁路局张开封;上海铁路局袁孝均;北京铁路信号工厂吴学东、王改素;上海铁路通信工厂朱秋林;丰台铁路元件厂庄和荣、王俐;北京固安信通铁路信号科技有限公司邸志军、孙小礼、潘广明;郑州市北信电子产品有限公司杜红日;郑州麦克信电子技术有限公司毛红根、张兴杰;铁二院蔡亮;北京全路通信信号研究设计院李建清、罗松、张莹荧等。由于作者水平有限,书中会存在缺点与错误,恳请广大读者批评指正。

电码化叠加预发码和闭环电码化技术在研制过程中,得到了铁道部相关司局的大力支持,同时各铁路局和中国铁路通信信号总公司及其所属工厂(北京厂、上海厂、沈阳厂)的很多同志参加了这项工作,没有他们的支持,这两项技术不可能取得这样的成就,并得到实施和完善。在此对所有关心并为之付出艰辛工作的同志表示深切的感谢。

作者

2008.2

目 录

第一章 综 述	1
第一节 实施电码化技术的必要性	2
第二节 电码化技术的发展	3
第二章 电码化叠加预发码技术	9
第一节 实施叠加预发码技术的原因	9
第二节 预叠加电码化控制电路	12
第三节 关于空间连续	17
第四节 工程设计	18
第五节 电码化码序编制原则	22
第三章 8、18、多信息移频叠加预发码	28
第一节 非电气化区段 480 轨道电路预叠加移频电码化	28
第二节 电气化区段 25 Hz 相敏轨道电路预叠加移频电码化	32
第三节 轨道电路集中供电预叠加电码化	39
第四节 ZP-89 移频电码化设备	41
第五节 MP·DF-21 型多信息电码化系统介绍	50
第六节 设计与施工	67
第四章 ZPW-2000(UM)系列预叠加电码化系统	96
第一节 系统类型和设计原则	96
第二节 电码化补偿电容设置原则	97
第三节 预叠加电码化主要设备	99
第四节 MPB-2000G 型站内电码化系统介绍	107
第五节 预叠加电码化主要类型	116
第六节 开通与维护	145
第五章 ZPW-2000 A 闭环电码化系统	149
第一节 系统简介	149
第二节 系统设计原则	149
第三节 电码化补偿电容的设置原则	154
第四节 闭环电码化原理	154
第五节 闭环电码化控制电路	159
第六节 闭环电码化主要设备	161
第七节 闭环电码化主要类型	183
第八节 开通与维护	222

第六章 ZPW-2000(UM)系列电码化的工程设计	229
第一节 设计原则	229
第二节 ZPW-2000(UM)系列预叠加电码化设计	235
第三节 ZPW-2000 系列闭环电码化设计	289
第七章 电码化测试仪表	310
第一节 主要测试仪表	310
第二节 BT-01U/Z 型 ZPW-2000 闭环电码化检测设备整机测试系统	310
第三节 CZM-B 型 ZPW-2000(UM) 系列电码化综合测试台	317
第四节 CD96-3 系列移频参数在线测试表	320
第五节 ME2000D 轨道电路综合测试仪	323
附录一 铁路车站电码化技术条件	328
附录二 铁路站内轨道电路电码化设备	330

第一章 综 述

铁路行业标准《轨道电路通用技术条件》中将轨道电路定义为:利用铁路线路的钢轨作为导体传递信息的电路系统。通过轨道电路,可以检测轨道上有无列车(车辆)占用,能发送关于轨道是否空闲与是否完整的信息,起着—个信息发送器的作用,同时还起着通过信号机之间,以及地面设备与机车设备之间信息发送与接收的传输通道的作用。因而它是铁路列车运行实现自动控制和远程控制的基础设备之一。

站内轨道电路是车站电气集中的基础设备,它的主要功能就是反映轨道区段是否被列车或车列占用。平时站内轨道电路不发送车载信息,这样就可以保证当列车冒进车站信号时,车载设备接收不到信息,这是一条必须遵守的安全原则。但是,当列车正常驶入车站时,为了保证车载设备能够正常工作,在适当的时机,相应站内轨道电路必须转发或叠加车载信息。这就是电码化。铁道部颁布的《铁路车站电码化技术条件》中对电码化进行了严格定义。“电码化”即“由轨道电路转发或叠加机车信号信息技术的总称”。

站内电码化预发码技术主要应用于铁路站内,它能保证站内正线电码化轨道电路连续不断地向机车车载设备发送所需的电码化信息,是行车指挥系统的基础设备之一。

我国铁道信号电码化技术源自前苏联。从 20 世纪 50 年代起,我国铁路部分车站就已经开始实施“50 Hz 交流计数电码化”技术。20 世纪 70 年代初,开始实施“移频电码化”技术。20 世纪 80 年代,开始实施“25 Hz 交流计数电码化”技术。但是,到 1988 年前,这些电码化技术仅仅实施于车站内的正线列车进路,而车站站线(下称侧线)列车进路未实施该技术。而且,在有双进、双出口的车站和有弯进直出或直进弯出的车站,其正线接车进路也未实施电码化技术。因此,这一时期的电码化技术处于正线电码化阶段,它仅仅能在车站大部分正线列车进路上,为机车信号设备正常工作提供必要条件。

随着我国经济建设的飞速发展,铁路运量陡增,行车密度和速度不断提高,安全与效率的矛盾日益尖锐。在 1987 年底和 1988 年初,铁路连续发生了数次重大事故,例如在上海局管内,由于车站侧线没有实施电码化技术,发生了侧线上列车闯出出站信号机导致与旅客列车发生冲突的重大事故。在兰州局管内,同样由于车站侧线未实施电码化,导致旅客列车闯出显示红灯的出站信号机进入区间,险些发生与其他列车正面冲突的重大事故。再例如,在石家庄北站,因正线未实施电码化,股道瞭望条件不好,司机将邻线开放的出站信号误认为是本股道出站信号,列车闯出后与正在高速通过的旅客列车发生侧面冲突。这些情况说明,原有的车站“正线电码化”技术已经不能适应运输需要,必须对其进行改造、更新,在尽可能短的时间内研究出简单、易行、适应性强的技术方案。“车站股道电码化”技术就是在这样的情况下应运而生的。

针对上述情况,铁道部狠抓机车“三大件”(机车信号、自动停车和无线列调)等措施的落实。在部原电务局的指示下,作为原“正线电码化”技术的引进和研制单位,通号公司研究设计院于 1988 年初,经过调查研究,正式向铁道部原电务局提出研制开发“全站电码化”技术的建议,即将电码化的实施范围由原来的正线扩展到侧线股道。为此铁道部科技司、电务局于 1988 年分别以部科技发展项目 88-信-19 号合同和铁电务[1988]285 号文下达“全站电码化”的攻关和科研任务。

正式立项之后,在部领导的大力支持下,课题组全体同志紧急行动,于 1988 年上半年制订出技术方案,并完成了理论分析和室内试验,“车站股道电码化”试点站(白马山站)于 1988 年 7 月初正式开通启用。1989 年 3 月中旬,该项技术通过了部级技术审查(并正式将“全站电码化”更名为“车站股道电码化”)。1991 年 12 月,该项技术通过了部级鉴定。

铁道部极其重视车站股道电码化技术。为了在全路迅速推广此项技术,原电务局下发铁电务[1988]

571 号和铁电务函[1989]97 号文,铁道部安监司下发了铁安监[1990]137 号文,制定了实施车站股道电码化技术的具体措施和计划。要求“站内侧线电码化(指原有的车站已实施正线电码化过渡到“车站股道电码化”),单线区段到 1992 年底前全部完成;双线区段,1995 年底前全部完成。全路路网性编组站的场间联络线、外包线电码化到 1995 年底前基本完成。”从 1988 年下半年起,到 1990 年底,仅仅用了不到 3 年时间,就在 2000 多个车站上实施了车站股道电码化技术,到 1995 年底,全路推广车站股道电码化工作基本完成。

车站股道电码化技术这一安全措施的迅速实施,使运输安全情况大大好转,全路“两冒”事故率连年大幅度下降。1989 年的机务重大、大事故,比 1988 年下降了 19.8%,险性事故下降了 28.4%。1991 年和 1990 年相比,“两冒”事故下降了 41.3%,1992 年上半年和 1991 年同期相比,“两冒”事故下降了 46.4%。据北京局统计,从 1989 年到 1992 年,该局管内的“冒进”事故均是发生在未实施或因故停用车站股道电码化技术的车站上。同样据济南局统计,1991 年到 1992 年,该局管内的“两冒”事故均发生在未实施车站股道电码化技术的车站上。而在 1993 年,全路机务部门已经消灭了站内冒进出站信号的事故。这说明车站股道电码化技术的实施,对行车事故的减少起到了关键作用。

以下各章节将系统地论述电码化技术的研制、设计过程。

第一节 实施电码化技术的必要性

一、轨道电路必须实行电码化

机车信号信息的地面发送不是独立的自成系统,而是依附在既有轨道电路上完成的信号发送任务。这种轨道电路称为“电码化轨道电路”。在它们的轨条内最多可能发送的信息,按其功能不同可分为三类:

- a. 仅能动作轨道电路;
- b. 仅能动作机车信号;
- c. 既能动作轨道电路又能动作机车信号。

任何一种制式的电码化轨道电路,按轨条内发送信息的种类不同又分为两种方式:

- ①a 和 b;
- ②a 和 c。

三种不同功能的信息,在发送的时间上是有区别的。轨道电路应能连续不间断地检查其上有无轮对占用,故在方式①里,以及方式②里的采用“叠加”方式,信息 a 是无条件连续不间断发送的。而在方式②里,如采用“切换”方式时(例如交流计数送端电码化时),其信息 a 和信息 c 虽不能同时发送,但也是在不同时间内向轨条连续不间断地分别发送信息 a 或信息 c,两者必居其一。当采用叠加方式时,则信息 a 和信息 c 却在有条件的情况下存在着同时发送的时机。信息 b 和信息 c 平时不发送,只有允许司机可按机车信号的灯光或速度显示运行时才能发送。信息 b 或信息 c 从不发送转为发送的整个技术过程,简称“电码化”。

二、常用的站内轨道电路必须实行电码化

目前我国站内采用的轨道电路主要制式有以下几种:

- 交流连续式轨道电路(以下简称 480 轨道电路);
- 25 Hz 相敏轨道电路;
- 不对称脉冲轨道电路;
- 站内移频轨道电路。

这四种轨道电路的共同点是发送的信息均不能动作机车信号。不难看出,为满足机车信号或超速防护设备的需要,上述轨道电路必须增设相应的机车信号发送设备,并能适时地投入工作,即必须将其实行“电码化”,这已被大家所公认。为以后叙述方便,暂将这种电码化轨道电路称为“分离式电码化轨道电路”(简称“分离式”,下同)。

站内信号机的性质与区间信号机是不同的,而且是不能随意改变的。因此认为站内必须实行“电码化”才能完成上述功能。

三、电码化是防“冒进”的需要

站内轨道电路本身不可能做到与区间的轨道电路完全相同,因为区间轨道电路所发送的信息完全由其后方信号机的显示所确定,不受其他条件限制,而站内轨道电路表面看似也和区间一样,按道岔开通位置选定该接车进路末端的出站信号机的显示,向该接车进路内的所有区段发送相应的信息,但实际上是行不通的。因办理进路或转换道岔时,道岔的定、反位表示继电器均呈落下状态,发送盒的低频选择电路将被切断并停止发送,轨道电路的接收端停止接收,轨道继电器 GJ 将因此落下。为防止发码中断,需躲过道岔的最慢转换时间(一般双动道岔的转换时间已近 $4 \sim 5\text{ s}$),如果 GJ 采用了缓放型继电器,则此时却又不能满足解锁和其他联锁电路的要求,例如:有车占用时不准启动道岔的要求;单机高速通过短道岔区段时,轨道电路无反映的问题等等。反之如 GJ 不采用缓放型,则在道岔转换过程中 GJ 可能会落下。

动作轨道电路的信息应与道岔位置、联锁条件、信号显示等均无关,即应是无其他任何条件的。也就是说,平常发送某固定信息来动作轨道电路,当开放信号允许列车进入该进路时,则该进路内各区段发送的信息应由原来发送某固定信息转为与前方信号机显示相符的信息,有时,该信息除动作机车信号外,仍应动作轨道电路(对于“预先发码”的制式,此要求不可缺少。所谓“预先发码”,即列车占用前一个区段时,本区段就发码)。在选择这个固定信息时,有三种方案可供考虑:

- a. 选信号机显示红灯时的信息,即通常采用的红黄码;
- b. 选机车信号不能接收的信息;
- c. 选机车信号收到后立即强迫自动停车的信息。

显然选红黄码的方式不妥,因为此时当列车越过红灯后仍能收到红黄码,允许列车继续运行到前方信号机,它会由此而改变站内信号机是绝对信号机的性质,这是绝对不允许的,所以只能选 b、c 中的任一种信息。

由此不难看出,即使不考虑选用红黄码信息,若发送信息由原某固定信息转为与前方信号显示相符的信息,而且这个转变是有条件的,按“电码化的含义”,这个转变过程的技术总称就是电码化。采用这种电码化方式的轨道电路简称为“合一式”。

“分离式”的特点是:轨道电路送、受电端布置可由工程设计随意确定,一旦确定后它们固定不变,在其列车运行的出口端需增设一套专为发送机车信号信息的发送设备,该发送设备平常不介入轨道电路工作,需设检测设备监督其有无输出信号。

“合一式”的特点是:轨道电路送电端即机车信号的发送端,它不需增设专为发送机车信号信息的发送设备,其送、受电端的布置不是固定不变的,而是随列车运行方向自动转换,使其送电端永远布置在列车运行的出口端。此功能由设计单位通过硬、软件的设计完成。

第二节 电码化技术的发展

车站电码化技术是保证铁路运输安全的一项重要技术。主要分为:固定切换电码化、脉动切换电码化、叠加移频电码化、预叠加移频电码化、车站接发车进路电码化、闭环电码化六种类型。到目前为止,站内电码化技术已在我国铁路广泛使用,取得了重大的社会效益和经济效益。

一、固定切换电码化

1988 年以前采用的占用固定切换发码方式,即原交流连续式轨道电路移频电码化(过去谓之的“站内正线移频化”)。

首先,我们分析一下“站内正线移频化”这个定义,这个定义其实很不确切。比如当站内采用电气化移

频轨道电路时,其本身即为移频,怎么又要移频化呢?因此,定义为“电码化”更确切一些。

其次,原交流连续式轨道电路移频电码化仅在车站的正线上被实施;由其他线路转入正线的始发列车不实施电码化、侧线进路的股道上也不实施电码化,此时机车收不到地面发送的机车信号信息。为了解决列车冒进出站信号的问题,根据中华人民共和国铁道行业标准《铁路车站股道电码化技术条件》的规定,实施电码化的范围应为:“经道岔直向的接车进路,为该进路中的所有区段;经道岔侧向的接车进路,为该进路中的股道区段;自动闭塞区段经道岔直向的发车进路,为该进路中的所有区段;色灯电锁器车站,站内咽喉区段一般不实施电码化”。由此不难看出,在列车进路中的所有到发线的股道均应实施电码化。原正线移频电码化没有达到这一技术要求。

原正线移频电码化在发码的全过程中,采用了发码设备始终接向轨道电路设备的“固定切换”方式。它的电路原理是:随着列车的驶入,各轨道区段的发码继电器 FMJ 随之吸起,利用各发码继电器 FMJ 进行切换,断开轨道继电器 GJ 电路,把移频电码化信息送上轨道。发码继电器 FMJ 的设计原则是随着列车的驶入而顺序动作,并且后面一个发码继电器 FMJ 吸起就将前面一个切断,这样就能保证在机车压入一个轨道区段时不仅能及时地收到移频信息,而且后面区段在列车出清前,就事先恢复好了原轨道电路。即某一段轨道电路电码化时,起转换开关作用的发码继电器 FMJ 固定在励磁状态,待列车压入前方相邻的轨道区段,此时,本区段轨道电路的恢复,必须靠前方相邻轨道区段的条件切断发码继电器 FMJ 电路,使其失磁落下。

不难看出此方式电码化电路中的传输继电器 FMJ 网络采用的是传递方式(原称“两点式”接近发码)。这种逐段传递方式的电码化在正线正常运行时是可行的。当列车接入正线后又全部转入其他线路时,因其他故障,如人工瞬间分路等,由于没有“下一区段占用”的逻辑条件,故即使列车出清或短路取消后,该区段的钢轨仍接向发码设备,这样就造成移频电码化轨道电路不能正常复原的问题,所以需要靠车站值班员按压控制台专设的移频故障复原按钮切断发码继电器电源来恢复轨道电路的正常工作。

此种“固定切换”方式电码化的缺点是:将原本为自动化的轨道电路因实施电码化的缘故而降低到半自动化,从而也降低了车站电气集中的技术水平,并且在控制台上需增设故障表示灯和复原按钮。甚至有时因忙乱或判断不清,车站值班员没有及时按压复原按钮而影响接发列车。尤其是这种方式的电码化根本不能在调度集中区段采用。此方式的另一个缺点是为了构成“列车进入下一区段”的逻辑条件,则股道两端相邻的道岔区段也必须装设轨道电路,而在电锁器联锁的车站为了防止向有车线接车,按铁道部规定仅在股道装设轨道电路,因此,这种方式无法在电锁器联锁的车站实现股道电码化,从而限制了移频电码化的实施。

二、脉动切换电码化

1. 脉动切换电码化的提出

为了克服“固定切换”方式电码化的缺点,1988 年开始采用“脉动切换”发码方式取代“固定切换”发码方式。“脉动切换”即在发码过程中钢轨方面不是固定接向发码设备,而是脉动接入,时而接发码设备时而接轨道电路设备。电码化的终止不需靠“列车进入下一区段”,可由本身的“空闲”条件实现。这不仅克服了“固定切换”方式电码化轨道电路不能自动恢复的缺点,同时也克服了不能适用调度集中区段和色灯电锁器联锁车站实施电码化的重大技术缺陷。这样不仅在正线接发车进路,而且列车进路中的所有到发线的股道均能满足技术条件铁标的要求实施电码化;另外“脉动切换”方式要求的联锁条件最少,特别是在旧站现有设备的情况下实施电码化,使其电码化电路实现方式基本统一,便于设计、施工和维修。

“脉动切换”方式电码化由全站统一的脉动电源供电,其脉冲和间隔的长短需慎重选定。脉冲最小值大于或等于移频机车信号接收应变时间的最大值;间隔的最小值大于或等于轨道继电器缓吸的最大值,而间隔的最大值小于或等于机车信号频率继电器缓放的最小值。最后选定脉冲为 4.2 s,间隔 0.6 s。这样既保证机车接收设备能不间断地接收到所需的地面信息,使机车信号稳定工作,又不影响轨道电路的正常工作,确保轨道电路可靠的自动恢复。从 1988 年开始,我国铁路大部分车站的正线及到发线的股道采用了这种方式。脉动切换方式动作特性分析情况见图 1-1。

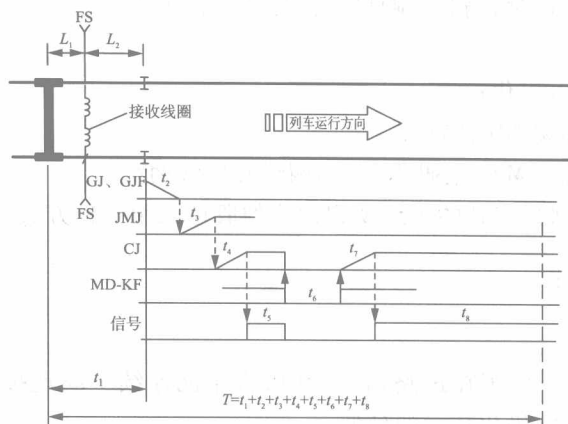


图 1-1 脉动切换方式动作特性分析情况图

L_1 ——机车接收线圈距第一轮对的距离 1.0 m 左右;

L_2 ——轨道电路送、受电端接向钢轨时距钢轨绝缘的距离,约为 0.8 m;

t_1 ——列车以 120 km/h 的速度通过 $(2 \times L_1 + L_2)$ 所需时间,约为 0.1 s;

t_2 ——GJ 和 GJF 的缓放时间之和,约为 0.35 s;

t_3 ——JM 的缓吸时间,最慢可达 0.25 s;

t_4 ——CJ 的缓吸时间,约为 0.06 s;

t_5 ——不完整接收电码时间,取 1.85 s;

t_6 ——脉动负电源断开时间 $0.6 \text{ s} \pm 0.05 \text{ s}$,取 0.65 s;

t_7 ——CJ 的缓吸时间,为 0.06 s;

t_8 ——机车收到 20 个完整的 11 Hz 绿码约为 1.9 s,通用机车信号才能稳定工作。

2. 脉动切换电码化的类型

- 480 轨道电路移频电码化;
- 480 轨道电路 50 Hz 交流计数电码化;
- 25 Hz 相敏轨道电路 25 Hz 交流计数电码化;
- 站内移频轨道电路移频电码化。

三、叠加移频电码化

1. 叠加式电码化电路的提出

要使机车信号稳定工作,则机车信号接收信息的中断时间应小于机车信号制式允许的最大时间。这就提出了叠加式电码化电路。叠加发码通过电气隔离设备将轨道电路与电码化并接在一起,使轨道信息的发送、接收和电码化信息的发送,同时接向钢轨,将完成发码所需的时间降低到最小。叠加发码的结构示意如图 1-2。

叠加发码又分为“占用叠加发码”和“预先叠加发码”两种。刚占用本轨道区段便开始叠加发码,称为“占用叠加发码”;刚占用它前一个区段本区段便开始提前叠加发码,称为“预先叠加发码”。

2. 占用叠加发码

“占用叠加发码”方式允许的最大接收中断时间由图 1-1 中 $t_{1 \max}$ 和 $t_{2 \max}$ 之和组成。其中 $t_{1 \max}$ 与轨道

电路制式无关,仅和列车速度相关,120 km/h 时约为 0.1 s; $t_{2 \max}$ 和轨道电路制式相关,交流连续式轨道电路为小于或等于 0.3 s,25 Hz 相敏轨道电路为小于或等于 0.1 s。占用叠加方式的接收最大中断时间为 0.2 ~ 0.4 s,小于 0.6 s 电码化脉动断开时间,不影响机车信号正常工作,只影响机车信号的应变时间。但当列车速

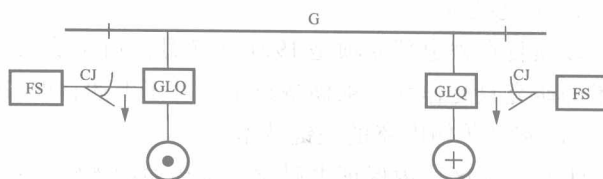


图 1-2 叠加发码的结构示意图

FS—电码化发送设备;GLQ—电码化隔离器;

CJ—电码化传输继电器。

度进一步提高时,短区段连续存在时,仍会影响机车信号的正常工作。

3. 叠加移频电码化的类型

- 480 轨道电路叠加移频电码化;
- 25 Hz 相敏轨道电路叠加移频电码化;
- 25 Hz 相敏轨道电路叠加 UM71 电码化(分为两线和四线两种)。

从 1988 年开始,我国铁路部分车站的正线及到发线的股道采用这种方式。

四、车站接、发车进路电码化

1. 研究进路电码化的意义

进路电码化,顾名思义,就是列车在进路内运行时,机车能连续不断地接收到地面发送的机车信号信息,这种电码化技术是车站股道电码化技术的延伸。

进路电码化技术作为解决列车冒进信号的重要措施之一,在国外已经得到广泛应用。例如,前苏联在纵列式双线插入区段实施了全站进路电码化;英、美等国为实现列车速度控制时,也不得不在咽喉区的道岔区段内加装发码环线或增设道岔“跳线”。由于道岔结构复杂,发码环线不得不穿插、交叉安装,为取得理想的发码效果,还要对环线进行扭绞;此外,在道岔区段为了对各列车进路进行区分、控制发码,必须增设大量继电器以构成发码控制电路。在日本,这种电路使用了上百个继电器。这足以说明,进路电码化尽管技术复杂,但确实是必不可少的。

因此,进路电码化为进一步保证站内行车安全,提高运输效率,减轻司机的劳动强度,实现铁路运输自动化奠定了基础。

“进路电码化”和“股道电码化”的区别在于:前者对于所有接发车进路(包括直股和弯股)内的轨道区段均实施电码化;而后者仅对直股的接车进路和发车进路内的轨道区段实施电码化,弯股的接车进路仅其股道区段实施电码化。股道电码化时,除进直出直的列车进路能顺序发码外,其他列车进路的无岔区段和道岔区段不发码,机车信号信息有中断时间,而进路电码化则无中断时间。

车站接发车进路电码化技术的关键在于:道岔绝缘的存在,自岔尖至道岔绝缘间约有 12 ~ 16 m 的距离内,机车接收线圈下方轨条中无电码化电流流通,造成接收信息的中断,这当然是不允许的。因此,必须在技术上消除这一接收盲区。为解决这一难题所采取的技术措施是利用“单轨条机车信号”的工作原理,将道岔跳线由接直向基本轨的一端,改接至道岔绝缘处的“道岔区尖轨的引轨”上,这一改变,可使原来的接收盲区内,总有一根轨条有电码化电流流通,保证有一个机车接收线圈收到足够动作机车信号的信息。

考虑到发展列车超速防护的需要,铁道部在 1991 年科技发展计划中,以合同号 91 - X - 11 下达了由中国铁路通信信号总公司研究设计院研制“车站接发车进路电码化”的任务,作为技术储备。

铁道部计划司和原电务局先后以计营[1991]35 号、电信[1991]75 号文下达了 1991 年“车站接发车进路电码化”的试点任务。该项目在津浦线曹庄站完成试点任务,1994 年进路电码化设备开通使用。自开通以来,设备工作正常,达到了预期目的,满足了进路电码化对时间和空间上不中断发码的技术要求。

2. 关键技术

该项目在铁道部立项是 1991 年 7 月。由于受当时国内铁路列车速度控制技术发展的限制,进路电码化技术的研究只是作为一项储备技术。基于上述目的,进路电码化要求解决以下主要技术关键:

(1) 室外传输电路的关键技术

- ① 在道岔区段内保证电码化信息传输的连续性;
- ② 电码化信息量能满足机车信号入口电流的要求;
- ③ 不恶化电码化轨道电路的正常工作。

(2) 室内控制电路的关键技术

- ① 不漏发码;
- ② 不串发码;
- ③ 电码化信息不误动轨道继电器。

3. 技术方案

车站接发车进路电码化技术条件和技术方案是结合曹庄试点站的设备状况而确定的。也就是站内轨道电路采用交流连续式轨道电路,并且当时电码化的技术水平为脉动切换方式的4信息移频电码化。

车站接发车进路电码化技术条件是在考虑通用性的前提下,结合试点站而制订的。1991年7月18日由部科技司、安监司、建设司、电务局、机务局联合组织了有中国铁路通信信号总公司和北京铁路局参加的进路电码化技术条件讨论会,根据讨论意见修改整理如下:

(1)适用范围:适用于非电气化牵引自动闭塞区段内电气集中联锁的中间站和区段站。

(2)电码化范围:车站列车进路内所有区段。

(3)电码化设计原则如下:

①实施电码化时,不应降低原有轨道电路的基本技术性能;

②股道上有摘挂作业时,该股道应不终止发码;

③列车折返发车时,股道和发车进路应能发码;

④当列车(车列)出清或因故瞬间分路电码化轨道电路后,应能自动恢复;

⑤列车冒进信号时,邻接该信号机内方的区段不应发码;

⑥在列车进路内,地面应不间断地向机车接收线圈发送电码化信息;

⑦发码设备可按进路专用单套设置,也可按咽喉或全站共用双套设置。当任一套故障时,应能自动转换保证继续工作。

另外,在机车信号信息不足(四信息移频)的情况下,曹庄站实施进路电码化后,存在着侧线进路上机车信号如何显示的问题,即侧线连办通过,在出站信号机和一离去通过信号机显示L或U时的接发车进路上、出站信号机显示LL时的接车进路上,列车的机车信号如何显示,要否与正线通过有所区别,审查会上对以下四种显示方案进行了比选。

➤ 方案A:在进路内机车信号显示一致并与地面信号显示相同(与正线通过时的显示无区别)。

➤ 方案B:在进路内机车信号显示一致并均显示UU(与正线通过时的显示始终有区别)。

➤ 方案C:在股道上机车信号与地面信号显示一致,接发车进路的道岔区段上均显示UU(进路内两种显示与正线通过显示有部分区别)。

➤ 方案D:除接车进路道岔区段上机车信号显示UU外,其他区段上与地面信号显示一致(进路内两种显示,与正线通过显示有部分区别)。

四种方案在考虑上各有侧重。方案A考虑列车进站前机车信号已显示UU,表明进侧线(在进站前就应把速度降到45 km/h以下),而出站信号的显示本无速差含义,故列车进站后没有必要再次提醒进侧线(正如当时全路推广的车站股道电码化技术,侧线出站信号机显示L时,机车信号也显示L),况且在现有信息不够的情况下,欲表明侧线通过只能让机车信号显示UU,但此时UU的含义又与原来UU的含义不同(原来UU的含义表示前方信号开放、信号机内方为弯股;现在新增的UU表示前方信号开放、信号机内方可能是弯股,也可能是直股、列车正行驶在弯股上),再加上机车信号显示与地面信号不一致。同一条进路内机车信号有两种显示等等,车上显示较混乱,由于显示混乱存在不安全因素。其他三种方案与方案A的考虑相反,即认为显示不一致虽有些混乱是次要的,而设法在显示上能区别于正线通过是主要的。

讨论会比选结果,确定采取方案A。

该项目的交流连续式轨道电路4信息移频制式的进路电码化试点站于1994年5月在京沪线曹庄站开通并投入使用,1997年通过铁道部技术鉴定。由于当时条件所限,致使进路电码化设计复杂、实施困难,并未在全路推广使用。

五、预叠加移频电码化

1. 站内电码化预发码技术的提出

铁道部为有效利用运力资源,在全路前后几次提高列车运行速度。因列车运行速度的提高,其制动更加困难,因其要求的制动距离是与速度的平方有关,冒进信号的可能性加大;故提速区段对机车信号的要求

更高,而现有的向机车信号设备提供信息的电码化技术和设备已不能满足提速列车的要求,因此研制适应在提速区段使用的电码化技术和设备势在必行。

2000年前,我国铁路大量采用的电码化制式均是1988年研制的车站股道电码化技术,其已不能满足铁路提速的要求,随着列车速度的提高,传统的站内电码化占用脉动切换电路已不适应列车提速对机车信号正常运用的要求,站内正线区段机车信号掉码问题明显增加,尤其在短区段更为严重,对提速列车造成一定的安全隐患。特别是1999年铁路提速140 km/h后,站内电码化区段机车信号掉码更加严重,因此,必须尽快解决这一突出问题。

铁道部《关于2001年重点行车安全设施项目计划安排的通知》(计建函[2001]33号文),将提速区段正线电码化的叠加预发码改造纳入了行车安全设施项目。

为满足铁路运输提速的要求,保证提速区段列车运行安全,铁道部以2000X017-C合同号下达了“站内电码化预发码技术的研究”的科研任务。2002年通过铁道部技术鉴定,同年在我国铁路干线车站的正线推广采用。

2. 预叠加移频电码化的类型

- 480 轨道电路预叠加 8、18 信息移频电码化;
- 480 轨道电路预叠加 ZPW-2000(UM) 系列移频电码化(分两线和四线);
- 25 Hz 相敏轨道电路预叠加 8、18 信息移频电码化;
- 25 Hz 相敏轨道电路预叠加 ZPW-2000(UM) 系列移频电码化(分两线和四线);
- 非电气化区段 25 Hz 相敏轨道电路预叠加 ZPW-2000(UM) 系列移频电码化(分两线和四线)。

六、闭环电码化

2004 年以前实施的站内电码化,由于是两个技术叠加的合成,存在两层皮问题,系统发出的机车信号信息仅仅是叠加在轨道电路上,而其信息是否确实发送到了轨道上,并未得到有效的检测(现有的检测报警电路只是检测发送设备本身是否正常工作,而不能检测整个系统的工作是否完好)。随着列车运行速度进一步提高,仅靠地面信号机的显示已不足以保证行车安全,在装备主体机车信号势在必行的情况下,现有车站电码化技术已不能保证列车在站内的行车安全。

解决这一问题的办法,就是对站内电码化发码电路实现闭环检查(报警),有条件时可纳入联锁。目前的叠加预发码只能做到逐段闭环检查,不满足全部进路检查的需求。因此,应开展这方面的研究,寻找妥善解决的办法。

要实现机车信号主体化,将控制列车运行的多种信息由地面信号设备通过轨道向列车的车载信号设备发出,这就对地面信息发送设备的安全性和可靠性提出了更高的要求。对地面设备来说,首先应实现地面设备信息发送的闭环检测,即能够实时检测信息是否确实发送至轨道,若检测出信息未能发至轨道,系统将立即作出反应,向列车发出足以保证运行安全的信息,并发出设备故障报警。

具有闭环检查功能的电码化系统设备是由电码化发送设备、传输通道、电码化闭环检查设备等设备构成的,是用于给机车信号提供可靠的地面信息,保证行车安全和提高运输能力的系统;是结合中国铁路实际,考虑到未来的发展,本着叠加配置、系统升级、兼容的原则,针对我国主要干线设备装备现状,在现有模式下采取强化改造措施,来实现主体化机车信号的系统。闭环电码化技术于2004年11月通过铁道部审查,2005年在我国铁路干线和提速区段的车站采用。

闭环电码化包括以下几种类型:

- 480 轨道电路叠加 ZPW-2000 闭环电码化(分两线和四线);
- 电气化区段 25 Hz 相敏轨道电路叠加 ZPW-2000 闭环电码化(分两线和四线);
- 非电气化区段 25 Hz 相敏轨道电路叠加 ZPW-2000 闭环电码化(分两线和四线)。

第二章 电码化叠加预发码技术

为有效利用运力资源,铁路已前后几次提高列车运行速度。因列车运行速度的提高,其制动更加困难,且其要求的制动距离是与速度的平方有关,列车冒进信号的可能性更大,故提速区段对机车信号的要求更高,而现有的向机车信号设备提供信息的电码化技术和设备已不能满足提速列车的要求,因此研制适应在提速区段使用的电码化技术和设备势在必行。

为满足铁路运输提速的要求,保证提速区段列车运行安全,铁道部以 2000X017 - C 合同号下达了“站内电码化预发码技术的研究”的科研任务。

第一节 实施叠加预发码技术的原因

一、切换发码技术存在的问题

我国铁路曾大量采用的电码化制式均是 1988 年前后研制的车站股道电码化设备。一种是 1988 年前采用的占用固定切换发码方式,另一种是 1988 年后采用的占用脉动切换发码方式。因实施占用固定切换发码方式的电码化会造成轨道电路不能自动恢复,故大量运用的是后一种占用脉动切换发码方式的电码化。提速后,现场大量运用的脉动切换发码方式的电码化又暴露出机车信号掉码的问题,造成机车信号显示不稳定。

机车信号掉码可分为一般性掉码和电路机理性掉码两大类。

一般性掉码是由于设备故障或干扰而造成的,包括电气干扰、电台干扰,以及地面信号设备、机车信号设备、机车逆变电源设备等故障造成的,这类掉码故障明显,易于查找,通过正常的维修渠道可解决。

电路机理性掉码属于电码化设计的固有问题,它和列车速度以及短轨道区段的分布密切相关,它造成的掉码通过正常的维修渠道是不能解决的。

占用脉动切换发码方式是利用股道 GJ 落下条件接通相应的传输继电器 CJ 电路,CJ 接通的是脉动负电源,即其接通时间为 4.2 s,断开时间为 0.6 s,轨道电路的送电或受电端与电码化发送盒定期交替地接向轨道,使电码化呈脉动工作状态。其原理电路如图 2-1 所示。

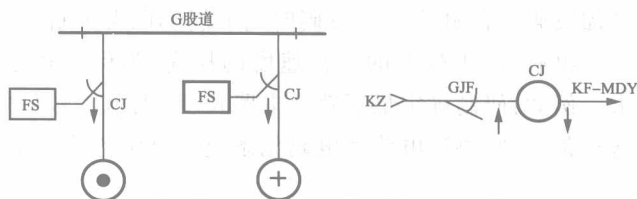


图 2-1 脉动切换原理图

通过电路机理分析,上述电码化存在以下问题:

1. 短轨道电路问题

我国铁路车站的进站内方第一个轨道电路区段一般为 50 m,其他的最短轨道电路区段为 37 m,还有若干个连续短区段相连。列车速度达 120 km/h 时,通过 50 m 轨道区段有 1.5 s 左右,而机车信号可靠工作连续接收电码时间正常情况下需 1.9 s,接收时间不足以满足要求,在信息转换、载频变换和发码时机不利时将造成掉码。解决的方法是若干轨道电路区段接续起来构成连续接收。

2. 占用脉动切换发码电路问题

《铁路信号维护规则》规定机车信号从有信息到无信息的应变时间应不大于 4 s。实际允许的电码空洞时间在 2 s 左右。占用脉动切换方式动作特性分析情况见图 1-1。

a. 理想状态,即低频信息不变,也不考虑在电码接收过程中有 0.6 s 断开时间,其完成发码所需时间:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_8 = 2.66 \text{ s} < 4 \text{ s}$$

可满足机车信号正常工作电码接收要求。

b. 低频信息不变,考虑 0.6 s 断开时间,不完整码时间 t_5 取 1.85 s, t_8 取 1.9 s,其完成发码所需时间:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 = 5.22 \text{ s} > 4 \text{ s}$$

不满足机车信号正常工作电码接收要求。

c. 在 b 的基础上再考虑变信号,则 t_8 应取 3 s,其完成发码所需时间:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 = 6.365 \text{ s} > 4 \text{ s}$$

不满足机车信号正常工作电码接收要求。

因此,可以看出,即使不考虑双机倒换时间,b、c 两种情况均不能满足机车信号连续可靠工作。当然脉动断开时间 t_6 、接发车进路中变换信号不是固定出现,实际运用中只是以一定的概率出现,若为 b、c 条件时,机车信号就会出现掉码。显而易见,占用脉动切换发码方式不能满足提速后机车信号设备 100% 可靠工作的要求。

二、采用预发码的原因

“叠加式”是在电码化过程中在轨条内同时发送动作轨道电路和动作机车信号两种信息的方式。

在电气化区段,移频信号可以以“叠加”方式发往轨道。此外,在非电气化区段的“京九线”工程中,为满足超速防护和机车信号的要求(在发码区段内保证在时间和空间上均无中断),已研制成具有“故障—安全”性能的隔离设备,可以把交流连续式轨道电路电码化由原先的“脉动切换”发码改为“预先叠加”发码(简称“预叠加”)。

提速后的超速防护设备要求能连续不间断地收到信息,故已有的脉动方案已不适应,到底采用何种方案(指占用叠加或预先叠加),则应由超速防护系统允许断码的最大时间而定。

叠加发码时分别将轨道电路的送、受电端和机车信号发送盒通过电气隔离设备并接在一起,使轨道信息的发送、接收和机车信号信息的发送,同时处在无间断情况下接向钢轨。叠加电码化的开始时机又分为“占用”和“预先”两种,占用本轨道区段便开始叠加发码称为“占用叠加发码”,占用前一个区段本区段便开始提前叠加发码称为“预先叠加发码”。

采用“预先叠加发码”的发送盒有两路独立输出,分别通过各轨道区段的条件进行叠加。每路发送供电时机始于上一段轨道占用,止于下一段轨道占用,在任一瞬间均有相邻的两个区段同时发码,一个是本区段的,另一个是下一个区段的。分别由发送盒的两路输出通过相应条件发往轨道,对下一个区段实现了“预先叠加发码”,故此方式在发码时间上能确保无中断。

再有,由于列车的运行速度的提高,为保证轨道电路和机车信号的正常工作,对轨道电路提出相应要求。例如:研制确定最短轨道电路长度;机车信号最短应变时间;电气化、非电气化区段轨道电路制式及发送设备选型;轨道电路和电码化系统接口设备的研制等等。

三、预叠加电码化的作用及主要特点

根据现场需要,为满足机车在站内能通过轨道接收到移频机车信号信息的要求,站内轨道电路必须实施电码化。

我国非电气化牵引区段的站内一般采用 50 Hz 交流连续式轨道电路(因其轨道继电器为 JZXC-480 型,习惯简称为 480 轨道电路,以下同),电气化牵引区段的站内一般采用 97 型 25 Hz 相敏轨道电路(原电号 0047 图册“25 Hz 相敏轨道电路”于 2000 年 2 月停止使用)。而且要求正线电码化在列车行驶过程中,要确保连续性,即不得有瞬间中断。侧线电码化为占用发码方式的叠加电码化。

自 1988 年在全路推行车站股道电码化的工作中,我专题组曾按部科技司下达的科研任务的要求,研制了多种轨道电路的多种机车信号电码化,并在全路已推广数千车站。但因当时没有提出适应超速防护装置的需要,即对发码连续性的要求,故该制式是只在满足列车运行速度 100 km/h 以下时,保证机车信号稳定工作的前提下,同时解决轨道电路的自动恢复问题,故而采用了脉动切换和叠加的发码方式,但不符合铁路提速后电码化的要求。

由于列车运行速度的提高,其制动更加困难,冒进信号的可能性比现在更大。而现有的向机车信号或超防设备提供信息的电码化技术和设备已不能满足提速列车的要求,因此研制适应在提速区段使用的电码化技术和设备势在必行。

正线区段电码化在时间上不允许有中断时间,原来车站股道电码化的叠加发码方式必须改为“预先发码”的方式,即列车占用前一个区段时,本区段就应预先发码。列车占用正线区段内任一区段时,其前方(指列车前进方向)区段应预先发码,彻底消除了中断时间。

采用逐段预先发码的叠加方式,不难看出:任一瞬间均有两个区段在发码,即发送盒的输出端子接向轨道,而叠加发码时轨道电路的送、受电端与电码化发送线是并联的,这就造成相邻两个区段送、受电端也相连,即我们俗称的“相混”,这当然是不允许的,必须予以克服。

发码方式为叠加发码,发码和轨道电路送、受电端是并接的,由此引起轨道电路附加支路的衰耗。由于改变了轨道电路的调整和分路性能,其极限长度能否达到 1 200 m,是必须加以确认的技术问题。电码化轨道电路在机车信号入口电流和轨道电路的调整和分路两方面均应满足各自的技术要求。

由于本项目必须采用预叠加发码方式,这就要求接口设备中的隔离元件具有“故障—安全”性能,当隔离元件出现故障时,串入到并接轨道继电器的电流或电压均不得使之误动。

四、系统设计原则及技术要求

1. 系统设计原则

(1) 车站正线采用“逐段预先叠加发码”方式,到发线股道采用“占用叠加发码”方式。

(2) 国产移频发送设备载频设置:下行方向为 750 Hz,上行方向为 650 Hz。

UM71、WG-21A、ZPW-2000 发送设备载频设置:下行方向为 1 700 Hz,上行方向为 2 000 Hz。

(3) 自动闭塞区段正线采用双套设备的预叠加电码化,侧线股道采用单套设备的占用叠加电码化。

(4) 半自动闭塞区段正线采用双套设备的预叠加电码化,侧线股道采用单套设备的占用叠加电码化。接近区段可采用与电码化相应的自动闭塞轨道电路。

2. 主要技术条件

(1) 技术要求

实施车站股道电码化的范围如下:

① 经道岔直向的接车进路,为该进路中的所有区段。

② 经道岔侧向的接车进路,为该进路中的股道区段。

③ 自动闭塞区段,经道岔直向的发车进路,为该进路中的所有区段。

(2) 设计原则

① 电路设计必须满足铁路信号“故障—安全”的原则。室内故障或室外电缆一处混线时,不应发送晋级显示的信息和向其他区段发码。

② 在最不利条件下,入口电流应满足机车信号的工作需要。

③ 电码化不应降低原有轨道电路的基本技术性能。

④ 已发码的区段,当区段空闲后,轨道电路应能自动恢复到调整状态。

⑤ 列车冒进信号时,其占用的所有咽喉区段不应发码;列车冒进枢纽的绝对信号机时,至少其内方第一区段不应发码。

⑥ 列车进行摘挂作业时,不应终止发码。

⑦ 有效电码中断的最长时间,应不大于机车信号允许中断的最短时间。

⑧ 电码化应提供能满足机车信号稳定工作的条件,提速区段应采用预叠加电码化。

⑨ 股道的发码设备专用时设单套,共用时设双套。正线接、发车进路的发码设备设双套。

⑩ 当主设备故障时,副设备自动投入使用。

⑪ 电码化发码设备应加装监测装置。

⑫ 电码化发码设备应加装防雷。