

高速铁路区间长大隧道信号系统轨道电路分割方案的研究

通过对长大隧道中影响ZPW-2000型自动闭塞系统的主要参数分析, 对比其他可行方案, 论证ZPW-2000型自动闭塞系统在长大隧道中应用的可行性和优缺点。

田卫东/中国铁建大桥工程局集团电气化工程有限公司

车信号传输方案一般为ZPW-2000型一体化轨道电路方案, 一个闭塞分区采用按一段轨道电路考虑。电路结构如下图所示。

0 引言

随着高速铁路列车设计时速的不断提高, 铁路区间线路曲线半径越来越大, 线路中特大桥、特长隧道所占比例越来越大, 隧道内信号系统轨道电路方案选型已经成为一个较有争议的问题。

根据《关于规范ZPW-2000自动闭塞上道管理工作的通知》(铁运函[2003]196号)文件要求, 目前国内铁路自动闭塞区间采用的轨道占用检查和机

1 ZPW-2000型一体化轨道电路优缺点分析

1.1 主要优点

通过轨道电路可以检测轨道上是否有列车(车辆)占用; 轨道电路能显示轨道是否空闲与是否完整的信息, 起到一个信息发送器的作用; 同时还担负着区间通过信号机之间, 以及地面设备与机车设备之间信息发送与接收传输通道的作用。轨道电路对所防护区段列车占用检查与断轨检查具有连续性、实时性;



田卫东/高级工程师

关键词/Keywords

隧道·
信号系统·
轨道电路·

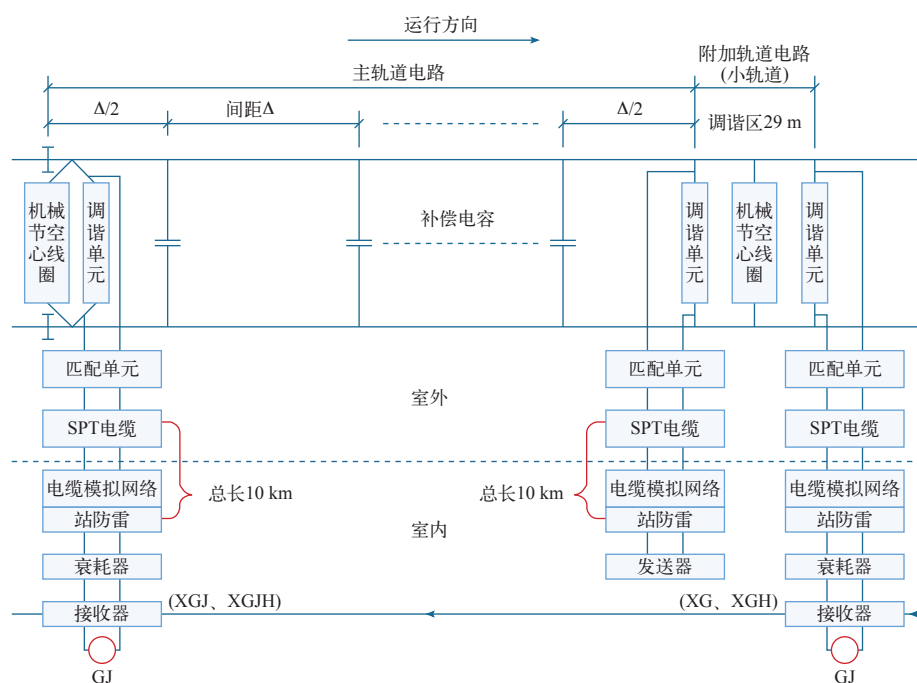


图 ZPW-2000型一体化轨道电路结构

且具有较高的抗干扰性，一般不会因外界对轨道影响而使轨道电路状态发生变化。

ZPW-2000型一体化轨道电路还可实现对调谐单元断线故障的检查；实现对拍频干扰的防护；轨道电路传输长度较长；系统采用无绝缘，提高了列车运营的安全性、舒适性；系统中发送器采用“ $N+1$ ”冗余，接收器采用双机并联使用，大幅提高了系统的可靠性；系统集成化程度高，便于维修维护。同时，无论是安装了LKJ、主体化机车信号或ATP装置的机车均能正常接收ZPW-2000型一体化轨道电路信息，无须增加车载设备。

1.2 不足之处

因轨道电路与机车信号以钢轨为传输路径，因此对钢轨及道床的特性参数要求较高。钢轨内牵引总电流、钢轨不平衡电流、道床漏泄电阻、钢轨阻抗和轨间电容等因素均会对信息传输的安全性、可靠性产生影响。

2 隧道内影响ZPW-2000型一体化轨道电路的因素

隧道（尤其是长大隧道）内环境与路基地段有很大不同，且6 km以上隧道多采用整体道床。从高铁运营后的使用情况看，轨道电路出现红光带或机车信号不能可靠传输等问题较为严重，致使ZPW-2000型一体化轨道电路无法正常工作，可靠性降低，影响铁路的正常运输秩序。

从钢轨各项参数分析得知，影响轨道电路/机车信号传输可靠性和传输长度的因素主要有钢轨内牵引总电流、钢轨不平衡电流、钢轨电阻、钢轨电感、道床电阻、轨间电容、环境空气湿度和钢轨扣件的绝缘等。现就各影响因素逐一进行归类分析。

2.1 钢轨内牵引总电流、钢轨不平衡电流

钢轨内牵引总电流与钢轨不平衡电流（纵向与横向）是ZPW-2000型一体化轨道电路选择匹配变压器、防雷单元和空心线圈类型的主要参数。经测定隧道内与隧道外钢轨内牵引总电流与

钢轨不平衡电流基本一致，对隧道内ZPW-2000型一体化轨道电路工作特性不产生主要影响，对隧道内综合接地方案有一定影响。

2.2 钢轨电阻和钢轨电感

钢轨电阻、钢轨电感直接关系到ZPW-2000型一体化轨道电路的传输长度和传输质量。但由于目前区间轨道一般较多采用60 kg/m区间无缝长钢轨，钢轨电阻、钢轨电感隧道内外基本一致，对隧道内轨道电路方案不产生主要影响。

2.3 道床漏泄电阻

道床漏泄电阻直接关系到ZPW-2000型一体化轨道电路的传输长度和传输质量，且与周围环境密切相关。隧道内一般地下水系丰富，特长隧道通车经长期运营后，可能会产生渗漏水、积水等现象，会造成道床漏泄加大，再加上限坡地段，列车长时间处于制动状态下运行，会造成铁屑洒落轨面，影响道床参数的稳定，从而影响信号轨道电路设备可靠的工作。

2.4 轨间电容

钢轨本身呈现感性，导致传输的信息衰耗较大，因此经过计算在适当位置并入电容从而抵消钢轨电感。隧道内外轨道电路基本采用同一方法，故本因素对隧道内轨道电路方案不产生主要影响。

经以上分析可以确定，影响长大隧道内轨道电路性能稳定的主要因素为道床漏泄电阻。

3 隧道内轨道电路解决方案

3.1 方案描述

综上因素，隧道内采用ZPW-2000型一体化轨道电路时，为保证系统正常工作，应适当缩短轨道电路的传输长度，以减少道床漏泄电阻对轨道电路传输长度和传输质量的影响。实际设计过程中，在确定隧道闭塞分区的长度后，将一段闭塞分区分割成两段及以上轨道电路区段，即轨道电路分割调整方案。采用轨道电路分割调整方案原理与ZPW-2000型一体化轨道电路完全一致，设备及器材选用完全相同。

3.2 方案优缺点

与计轴+环线、计轴+无线机车、无线机车信号和无线虚拟闭塞等方案比较,轨道电路分割方案的特点如下。

3.2.1 主要优点

1) 本方案工作原理单一清晰,有多年成功运营的经验,采用本方案后与路基地段制式一致,无须单独增加车载设备,可与全线统一,便于维护维修、备件及管理。

2) 室内设备及电源种类全线一致,与其他信号系统的接口简单。

3) 不需要通信专业专门增加GSM-R网、数传电台等系统设备,仅需必要的光缆通道。

4) 根据目前经验,本方案与上述其他方案相比投资最小。

3.2.2 主要缺点

1) 轨旁设备、控制电缆及室内设备较多。设备、器材的增加使投资有所增加;其次因隧道内施工不便,空间有限,轨旁设备的增加造成隧道内施工安装、设备放置等诸多问题。

2) 对轨道条件尤其是道床电阻等条件要求较高,道床电阻发生一定变化后,轨道电路调整困难。

4 相关设计

ZPW-2000型一体化轨道电路原则上要求普速线路控制电缆在15 km以内。当控制距离超过15 km时,需设中继站。设置中继站后会需配套通信、供电等设施,尤其在隧道内施工、维护等较为困难。

4.1 中继站设置

鉴于隧道的场地特殊性,当区间较长时,在电缆控制距离能满足要求的情况下,尽量避免将中继站设于洞内而应设在洞外。当隧道较长避免不了时,只能根据控制距离要求尽量设在中间位置。

一般长大隧道均为双洞单线结构,为便于和两座隧道内设备连接,一般将中继站设横通道内侧,将两隧道的电缆通过电缆槽或钢管接入室内。

4.2 通道要求

中继站信号设备有调监、监测或列控等,需要提供相应的数字通道及相关通信设施。

4.3 供电要求

为给中继站信号设备及照明供电,需电力专业配套设施。

5 有待进一步研究的问题

鉴于道床电阻的不确定性,建议在条件允许的前提下,钢轨敷设完毕后进行道床电阻测试,并根据测试结果开展制定实施方案。

另外道床污染情况、坡度引起制动铁屑和隧道内湿气等因素均可能对此方案有一定的影响。

5.1 道床污染情况

新建隧道在建成初期时,其道床电阻在一定范围内。随着列车的运营,道床污染情况开始出现,货车长期运输洒漏或道床维护不及时将会对道床电阻产生一定影响。这一因素与运输货物的种类、洒漏情况及道床维护等多方面有关,目前无法确定这一因素对轨道电路的影响程度,有待进一步研究。

5.2 坡度引起制动铁屑

目前长隧道因排水、牵引力分配等因素较多设计为人字形坡,左线、右线隧道的纵向设计坡度基本一致。列车在隧道内行驶均有长大下坡,列车长时间处于制动状态下运行,会造成铁屑洒落轨面,影响道床参数的稳定,存在着影响信号轨道电路设备可靠工作的隐患。目前无法确定这一因素对轨道电路的影响程度,有待进一步研究。

5.3 隧道内湿气

按照钻爆法施工工艺、采用辅助坑道(斜井)及多层衬砌的施工后,隧道内渗水或漏水现象基本不会发生。但随着通车运营,特长隧道内无法及时通风,空气常年潮湿,会造成钢轨性能和道床电阻的变化。目前尚不清楚这些变化对轨道电路正常工作的影响程度,有待进一步研究。

(收稿日期:2016-05-12) EA