

高速铁路信号工程施工要点分析与探究

张甲强

重庆移通学院 重庆 401520

摘要: 结合现场信号工程施工的经验,在铁道部《高速铁路信号工程施工技术指南》《高速铁路信号工程施工质量验收标准》及铁路总公司发布相关标准的基础上,深入分析施工工艺标准,对高速铁路信号工程施工标准进行补充。提出在电缆敷设、设备安装、设备调试等方面的把控要点。尤其是当现场因地域影响不能达到标准要求时,对施工要点提出建议。有利于加强信号工程施工技术管理和过程控制,保证工程质量,保障高速铁路运营安全。

关键词: 高速铁路; 信号工程; 施工技术; 铁路信号

高速铁路是指运行时速 250km/h 及其以上的,初期运营速度不小于 200km/h 的客运专线铁路。高速铁路信号工程施工是高速铁路建设工程的重要组成部分,是铁路建设中为了确保高速铁路线路安全、准确、高效地运行而进行的一项重要工程。信号系统是高速铁路的“大脑”,其功能涵盖列车调度、防护和指挥控制等方面。因此,高速铁路信号工程施工的质量对于确保高速铁路的安全和运行效率具有重要意义。在施工过程中,需要严格执行施工工艺标准,合理安排施工流程,确保施工安全和质量,为高速铁路的安全和运行提供有力保障。

在《国家“十四五”铁路发展规划》中明确了我国铁路完善路网布局和提升铁路运输效率的要求,这意味着我国将全面推进铁路的高质量发展。为了确保铁路事业的健康可持续发展,安全无疑是首要考虑的因素。

鉴于此,中国国家铁路于 2022 年 3 月正式颁布了《“十四五”铁路安全发展规划》,这一重要规划进一步强调了高铁和旅客列车安全在铁路行业中的核心地位,它被视为铁路事业的生命线。为了确保安全,规划还明确指出,要不断加强和夯实安全基础,将其视为实现长期安全的根本之道。通过持续的安全基础工作强化,才能更好地防范和化解各类安全风险,从而不断提高铁路安全管理的能力和水平,并不断推动铁路安全生产的法治化进程。

为了贯彻国家和铁路行业的有关规划和政策方针,同时适应高速铁路信号工程技术的发展潮流,不断提高信号工程的可靠性和安全性,国家铁路局对高速铁路信号工程施工方面的规章制度和技术规范进行了多次修订^[1]。但我国高速

铁路发展迅速,线路较长,跨度较大,现场施工环境错综复杂,施工过程中难免出现技术标准无法解决现场关键问题的地方。本文结合现有技术标准,吸取长昆客运专线信号工程建设经验,就信号工程施工过程中的电缆敷设、设备安装、设备调试等方面的要点进行分析,提出施工把控要点。可为现场信号工程施工过程中存在的特殊问题提供参考。

1 电缆敷设要点

高速铁路信号工程施工中的电缆敷设是一项复杂而精细的工作。通过合理的路径确定、电缆盘测试、电缆运输与验收、安全防护与接地、电缆接续、成端制作、箱盒安装及其配线的有效实施,可以确保电缆敷设的质量和安全性,为高速铁路信号工程的稳定运行提供坚实的保障。在实际施工中,应严格按照规范要求进行操作,注重施工细节和质量控制,确保电缆敷设工作的顺利进行。

1.1 电缆接续要点

电缆接续时,如果接头的制作质量不符合要求,可能导致电缆电气性能下降。这可能包括电阻增大、电容减小、电感变化等一系列问题,这些变化会影响信号的传输质量和速度,降低信号系统的整体性能。同时维护部门在巡检过程中发现接续电缆连接的设备,电气参数时有浮动,设备安全隐患增加。因此电缆敷设过程中应尽可能减少接续点。

在《高速铁路信号工程施工指南》中,有一条关键要求,即对于长度在 300 米以下的电缆,不建议进行接续。为了满足这一标准,施工单位在项目的初期阶段,应基于设计的电缆长度进行实地测量,并尽量要求工厂直接生产定制长度的电缆。这样的做法不仅可以有效减少电缆的接续数量,从而

降低因接续而产生的潜在故障点,而且还能进一步减少项目成本,优化工程造价。这样的做法旨在确保高速铁路信号工程的安全性和可靠性,同时实现经济效益的最大化。

电缆接续还要注意接地长度,在《铁路信号设计规范》中,针对电气化铁路交流电力牵引区段的室外电缆,建议采用分段单端接地的方式将钢带(电缆铝护套)进行接地连接,并且要求每一段接地的长度应不超过1km。然而,根据铁四院进行的一项科研项目《贯通地线接地方式及应急备用电源设置方案标准研究》中的实验测试结果,电缆接地长度的上限被设定为3000米。

这两项规定在某些情况下可能存在差异,但在实际应用中,需要综合考虑多种因素,如地质条件、环境影响、成本效益等,以确定最合适的接地方式和电缆长度。因此电缆接续时建议单端接地长度不超过2500m。这里电缆接地点含义是电缆始端的钢带、铝护套、内屏蔽护套连通后需要接地,而电缆终端这些部位不再接地。

1.2 电缆防护要点

高速铁路信号电缆一般采用电缆槽对电缆进行防护,最大限度地降低电缆在施工和运行过程中可能遭受的损伤和风险,确保铁路信号系统的正常运行和安全稳定^[3]。

当路基地段的电缆需要从电缆槽引至方向盒时,由于路线地形的限制,比如桥梁地段电缆槽在防护栏外方,这样电缆就无法全部敷设在电缆槽内,导致箱盒和电缆槽之间的电缆裸露在外。若长期风吹雨淋,信号电缆的外护套容易老化脱落,从而引发安全隐患。

为了确保电缆的安全和稳定性,对于这些裸露在外的电缆,需要采取防护套管的方式进行保护。防护套管能够有效地防止电缆受到外部环境的影响,减少老化和脱落的风险。同时,考虑到在箱盒安装过程中可能会出现的情况,如电缆与混凝土浇注在一起,可以考虑采用硬套管作为防护措施,以确保电缆的完整性和安全性。

1.3 箱盒安装要点

电缆箱盒是电缆和信号设备间的连接设备,主要有方向盒、终端盒、变压器箱等。路基地段采用埋设的方式安装,桥梁地段在桥梁防护墙上安装支架进行安装,隧道内采用壁挂式电缆侧面引入方式安装。电缆箱盒应确保安装稳固,不得出现晃动或倾斜现象^[4]。安装过程中,应确保箱盒与固定件之间的连接紧密可靠,防止箱盒因振动或外力作用而松

动。同时,箱盒的密封性能应良好,防止水分、灰尘等杂物进入箱盒内部,影响设备的正常运行。

针对高速铁路列车运行速度快、震动剧烈以及风荷载对轨旁设备带来的显著影响,为确保轨旁设备的稳固性和安全性,对路基地段箱盒基础的安装提出了严格要求。其中,箱盒基础的埋深是一个关键指标,其埋设深度应确保不小于500mm。这一规定旨在确保箱盒在高速列车震动和强风作用下的稳定性,降低因设备松动或损坏而引发的安全隐患。

考虑到隧道内照明条件有限,在突发意外情况下,为了保障旅客人身安全,紧急疏散至关重要。为了确保旅客在疏散过程中避免与设备发生磕碰,建议箱盒的安装位置应充分考虑在电缆槽道内方,以便提供额外的安全保护。这种安装方式可以有效防止行人在隧道内行走时意外撞到箱盒,进而降低因磕碰而可能引发的安全风险。

1.4 箱盒配线要点

箱盒内端子类型一般为弹簧接线端子,弹簧接线端子的每个配线孔配1根电缆芯线^[5]。但施工过程中存在不同施工单位在此处的工艺标准有所不同的情况。一种是配线时直接将芯线端子插入配线孔;另一种是在电缆端子上加插针,然后插入配线孔。

利用插针的方式进行配线可以确保插接牢固,但也存在插针和导线之间压接不牢固的问题,造成接触不良的情况发生。列车运行时的震动有可能造成压接不牢固的端子脱落,增加故障风险。因此建议每根芯线预留2~3次做头余量后直接接入弹簧接线端子。

2 设备安装要点

铁路信号施工中设备安装涵盖室外信号设备、室内信号设备的安装,从设备选型到安全防护都需要严格遵循相关标准和规范^[6]。通过确保设备安装质量,可以提高信号系统的稳定性和可靠性,保障列车运行的安全和顺畅。本文主要就室外信号设备的安装要点进行分析。

2.1 地面固定信号及标志牌安装要点

地面固定信号及标志牌施工包括高柱色灯信号机,矮型色灯信号机,信号标志牌等。铁路采用左侧行车制,信号机或信号标志牌的安装位置和显示方向必须确保驾驶员能够清楚的瞭望。同时,这些设备的位置和显示方式还需特别设计,以防止从列车上被误认为是邻线的信号机或标志牌^[7]。

信号机安装位置一般和绝缘节对齐,但高速铁路区间轨

道电路绝缘节采用电气绝缘节,其调谐区没有物理切割点。因此应注意区间信号机的安装位置,区间信号机一般采用高柱信号机,应安装在列车正向运行方向的左侧,安装位置应根据调谐区的位置确定。一般安装在距离轨道电路发送端的调谐匹配单元盒中心点 $1\ 000\text{mm} \pm 200\ \text{mm}$ 处。这里调谐匹配单元中心是指调谐匹配单元钢轨引线安装孔中心位置,如图 1 说明图所示。区间不设信号机的线路不考虑此要点。

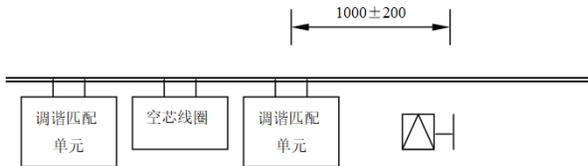


图 1 信号机与调谐匹配单元距离示意图

对于站内采用机械绝缘节的轨道电路,信号机的安装位置应该与机械绝缘节对齐。但施工过程中有时存在设计所在位置安装困难的情况,此时可将信号机装在机械绝缘节(信号机防护内方)前方 1m 或(信号机防护外方)后方 6.5m 的范围内,并尽量靠近绝缘节。如图 2 所示。

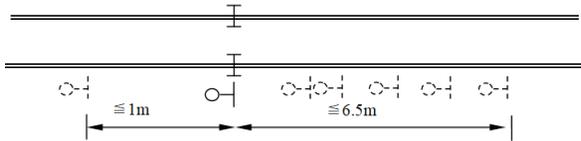


图 2 出站信号机安装调整范围示意图

高速铁路信号用标志牌包括设置于区间的信号标志牌及号码牌、用于预告的标志牌、用于列控系统级间转换的标志牌、中继站用标志牌、指示调谐区的标志牌。标志牌一般采用方形反光标志牌^[8]。区间信号标志牌及号码牌的设置,原则上以接触网杆为准。施工单位应根据信号设计平面布置图,核实接触网杆现场实际位置。如有不符时,需向设计提供有关变化数据,协商调整。

在高速铁路区段,由于区间设计取消了通过信号机和预告信号机,为保障列车运行的安全性与准确性,正向和反向进站信号机外方都配备了预告标志牌。为确保标志牌的清晰识别,通常正向预告标志牌位于线路左侧,而反向预告标志牌则设置在右侧。为了防止线路上的标志牌显示混乱,对于已经安装了预告标志牌的线路,就无需再增设接近标志了。

2.2 转辙装置安装要点

转辙装置安装包括固定转辙机的支架装置、外锁闭道岔的锁闭装置、转辙机、密贴检查器等。我国高速铁路站内

多为大号码道岔,采用国产 D(J)9 型电动转辙机进行牵引,该转辙机利于施工和后期维护^[10]。

转辙装置安装前需要请工务部门配合,保证道岔安装方正无偏差,爬行量、转换阻力等都应在规定范围之内。需要注意的是转辙机在工厂装配时,默认是右伸结构,适用于道岔左侧的安装。然而,当现场需要将其安装在道岔右侧时,需要对部分部件进行调整。其中,保护管、锁闭杆及毛毡防尘垫等需更换安装方向,以适应新的安装位置。由于动作杆两侧均设有连接孔,故无需改变其方向。在改装过程中,还需注意底壳外连接面的防水处理,应涂抹密封胶以防潮,确保转辙机的稳定运行。

2.3 轨道电路安装要点

轨道电路设备施工包括轨旁发送端接收端调谐匹配单元安装、补偿电容的安装、电气绝缘节的设置、钢轨连接线、机械绝缘节处的扼流变压器等。高速铁路线路多采用 ZPW-2000 型无绝缘轨道电路。

ZPW-2000 型无绝缘轨道电路调谐区(死区段)长度理论值为 29m ^[11],但需根据轨道结构的不同进行调整。调谐区内的轨枕和线路地形等应保持一致,当不能保持一致时,比如桥梁联结处时,应调整调谐区位置,并报设计确认是否可行。一般情况下,调谐区的长度在路基和隧道地段为 29m ,无砟桥梁地段为 32m ,有砟桥梁地段为 30m 。

当轨道电路采用机械绝缘时,需在绝缘节两侧安装扼流变压器箱,并确保两扼流变压器中心得到有效连接。原先的连接板设计采用三块组合方式,但由于列车运行时存在牵引回流,电流较大时容易烧坏中间的连接板,因此可将两扼流变压器的连接板优化为一体化设计。原先的连接板中心距离是 650mm ,但综合考虑现场条件与美观因素,新的设计已将这一距离调整为 1100mm 。

针对 ZPW-2000 轨道电路,其两连接线需用 M 卡固定在一起铺设,考虑到高速铁路列车的高速度和外部环境的挑战,建议在金属卡具上增加绝缘套管。此举旨在防止线缆因晃动或磨损而带来的潜在行车风险,确保铁路运行的安全稳定。

2.4 应答器安装要点

高速铁路信号系统中,应答器是实现列车控制系统与地面设备间信息传递的关键设备。应答器编号是唯一的,它所承载的坐标、位置、坡度、过分相等关键数据都是事先存

入且不可变的。因此,在安装和配置应答器时,必须严格按照公里标和组内编号进行精确匹配,以确保数据的准确性。任何不匹配都可能导致车载设备接收到错误的信息,从而影响列车的安全运行。其安装要点不仅要考虑其在线路中的坐标,还需要考虑它的安装高度,确保应答器信息能够准确地被列车上的接收器读取^[12]。

应答器的安装可采用纵向或横向两种方式,但不论哪种方式,其坐标轴的定义都是一致的。具体来说,X轴是与钢轨纵向平行的方向,Y轴是与钢轨纵向垂直的方向,而与钢轨平面垂直的方向则定义为Z轴。

在安装过程中,角度偏离是一个需要特别关注的因素。当应答器绕X轴旋转时产生的角度偏离称为倾角;绕Y轴旋转时产生的角度偏离称为俯仰角;绕Z轴旋转时产生的角度偏离则称为侧转角,如图3所示。这些角度偏离可能会影响到应答器的性能和准确性,因此在现场安装时,必须仔细核对并调整这些角度,以确保其满足设计要求。

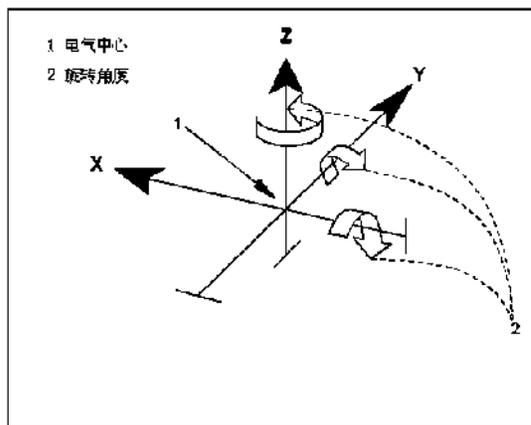


图3 应答器安装旋转角定义示意图

3 结束语

本文主要通过对高速铁路信号工程施工中电缆敷设工程和信号设备安装工程的施工要点进行分析。结合现场实际施工情况,对施工过程中不能按标准实施的特殊情况进行总结探究,给出了解决路径和建议。因此,可作为现场部分施工标准的补充,亦可为信号工程施工作业人员提供一定的参考。以期提高高速铁路信号工程质量,保证行车

安全,推进我国铁路高质量发展,为“十四五”铁路高质量发展增砖添瓦。

参考文献:

- [1] 国家铁路局. 高速铁路信号工程施工质量验收标准: TB10756-2018 [S]. 北京: 中国铁路总公司, 2018.
- [2] 国家铁路局. 铁路信号设计规范: TB10007-2017 [S]. 北京: 中国铁路总公司, 2017.
- [3] 陈庆华. 浅议高速铁路信号结合部工程质量问题 [J]. 铁道通信信号, 2016,52(02):40-42.
- [4] 阎大志, 张楠. 普速铁路信号施工质量控制方法 [J]. 铁道通信信号, 2020,56(07):41-45.
- [5] 白照锋. 我国铁路信号工程技术施工管理 [J]. 工程建设与设计, 2020,(06):84-85.
- [6] 彭海. 铁路信号工程技术施工管理探究 [J]. 科技创新与应用, 2020,(28):189-190.
- [7] 车爽. 基于空间点云的铁路信号工程BIM设计优化 [J]. 铁路技术创新, 2021,(04):52-55.
- [8] 刘剑. 新一代城市轨道交通信号系统研究 [J]. 城市轨道交通研究 201922 (7): 71-74.
- [9] 岳彩文. 铁路信号工程技术施工管理分析 [J]. 工程建设与设计, 2019 (24): 180-181.
- [10] 刘湘国, 刘姝蕾. 铁路信号工程技术施工管理要点探讨 [J]. 山西建筑, 2020, 46 (09): 156-158.
- [11] 王文轩. 新形势下铁路信号工程施工技术要点研究 [J]. 运输经理世界, 2023,(24):164-166.
- [12] 龙真真, 王锐东. 浅谈铁路信号工程中电缆的施工与防护 [J]. 江西建材, 2021,(05):81+83.
- [13] 梁建东. 铁路既有有线施工安全风险研究 [D]. 石家庄铁道大学, 2019.

作者简介:

张甲强(1989—),男,工程师,本科,铁路信号系统,城市轨道交通信号系统。

基金项目: 校级教改项目: 轨道交通运营基础 (23JG2128)