

西南地区普速铁路轨道三维控制网建网工程测量方法浅析

赵必有

成都睿侏乾坤工程技术有限公司 四川成都 610000

【摘要】随着高速铁路建设的飞速发展,提高列车平稳性、安全性的轨道测量新技术不断涌现,如何把高速铁路轨道工程测量的新技术挪到普速铁路上,既要提高普速铁路轨道的平顺性,又要经济适用,比较普遍的方法在铁路沿线一定间隔建立一个CORS站,利用带GNSS接收机的惯导轨道几何状态测量小车来测量轨道,这个方法在比较开阔无隧道的铁路线路比较适用,但西南地区隧道密集,铁路沿线GNSS信号不佳,所以需要提出新的建网方法,本文针对普速铁路轨道三维控制网建网工程测量方法进行分析,并以某普速铁路为例,针对轨道三维控制网建网工程测量内容和注意事项等加以阐述和研究。

【关键词】普速铁路; 轨道三维控制网; 建网

引言

线路轨道作为列车运行的载体,必须保持良好的几何状态,然而受自然条件及列车荷载的长期影响,其几何状态必然会不断的发生变化,导致线路几何形位偏离线路设计位置。轨道形位的偏离不仅会影响到列车行车速度,而且会造成道床与路基结构的破坏,加速钢轨磨损,线路运营维护成本随之上升,行车安全将会受到影响。所以,计划性、系统性的对线路进行检查和维修是非常必要的。采用配备有高精度、专业测量设备的大型养路机械对线路状态进行养护,需要测量控制网作为定位基准。因此,对于没有测量控制网的既有普速铁路,必须首先建立测量控制网。其次,基于控制网使用轨检仪对轨道静态几何状态进行精确测量,生成轨道调整方案,指导大机养护作业。

1 西南地区普速铁路概况

西南地区四川、重庆、贵州、云南地貌以山地为主,普速铁路隧道分布密集,且以中小隧道为主,车站间距较小,平均10km左右,路基地段以H型与圆形钢筋混凝土接触网立柱为主,桥梁地段以格栅形式的钢柱为主。

2 选用工程案例概述

黔桂铁路是一条连接贵州省和广西省的干线铁路,为国铁I级单线电气化铁路。起于龙里站,止于柳州站,成都铁路局管理龙里站至麻尾站(包含)区间,南宁铁路局管理麻尾站(不含)至柳州站区间。黔桂铁路是西南第一条准轨铁路。

线路设计时速140km。全线隧道83座,总长67.350km,占总线路长度35.8%,其中银洞坡隧道(全长8.516km)及定水坝隧道(全长8.540km)为整体道床无砟轨道,其他均为有砟道床。全线桥梁92座,总长18.577km,占总线路长

度9.8%,桥梁长度均不超过1km,最长的桥梁为打羊特大桥660.13m。其余为路基。

全线共设18个车站及1个线路所。

施工测量内容主要包括线路平面基准网测量、线上高程控制网测量、线上平面控制网测量、长大隧道洞内控制网测量、轨道三维控制网测量和轨道测量及线形拟合六项。本工程案例施工测量全过程均采用专业仪器设备进行施工测量,并由具有专业资质能力的工作人员负责施工测量。

3 普速铁路轨道三维控制网建网工程测量方法

3.1 控制点布设

本工程案例中由于大部分铁路控制网点的埋设位于铁路用地范围外,因此经常发生点位破坏等情况,导致控制网资料实际使用价值受损。因而针对此问题拟将线下平面基准点移到线上,从而避免点位被破坏。

3.1.1 线路平面基准网点位埋设

埋设基准网点位时精确按照设计方案进行施工,严格控制埋设间距,间距控制在15—25km左右,具体根据施工方案而定。所有点位采用强制对中装置。

强制对中装置设计参数如下图所示:

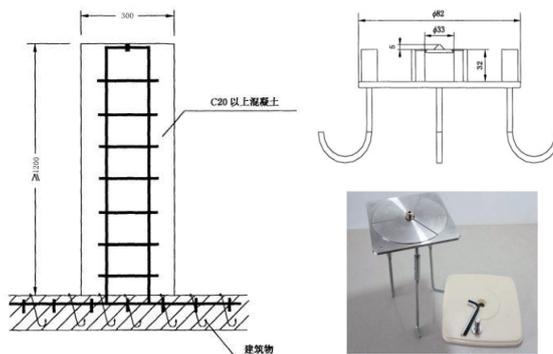




图1 线路平面基准网点位埋设

3.1.2 线上平高控制点点位埋设

线上高程控制网由沿线间隔1000m左右布设的平高控制点组成，在大于2000m的隧道加密布设控制点。根据线路桥梁隧道位置以及线路现场情况，需在铜鼓坡一号隧道进口、铜鼓坡二号隧道出口、干田坝隧道进出口、西山隧道进出口、银洞坡隧道进出口、笋子坡隧道进口与定水坝隧道出口各布设1对线上控制点，其余路段按间隔1000m左右布设。大于1000米的隧道选择部分三维轨道控制点当作高程控制点。

3.1.3 轨道三维控制网埋设

轨道三维控制点在路基桥梁段采用100米左右间距单侧布设，采用抱箍的形式固定在接触网立柱上，在隧道、车站可100米左右间距之字型布设，采用预埋件的形式埋设在隧道二衬上或者站台竖墙上，在小半径曲线处加密布设控制点。

3.1.4 长大隧道轨道控制网布设

对于长度小于2km的隧道，其点位埋设方法与间距以及精度评定指标与路基一致。对于长度大于2km的隧道，不再单独布设隧道高级导线点，直接布设轨道控制点，以间距不大于200米点对形式将预埋件置于隧道二衬，并采用自由测站测量方式进行施测。长大隧道轨道控制网布设方式如下图所示：



图2 长大隧道轨道三维控制网布设图

对于没有二衬的隧道可布设地面导线点，点位间距与布设形式（单点或点对）与上文要求一致。

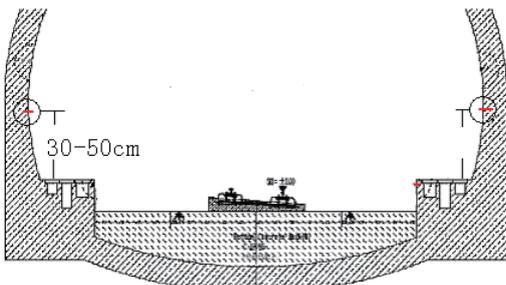


图3 长大隧道轨道控制网点位埋设示意图

3.2 三维控制网建网工程测量

3.2.1 线路平面基准网

线路平面基准网测量应起闭于国家点或沿线既有CP0/CPI控制点，线路总长约182Km联测高等级点数不少于5个。控制网应采用边联结方式构网，形成三角形和四边形组成的带状网，全线（段）一次布网，整体平差，并应采用精密星历进行基线解算。

采用铁路一等GNSS测量方法。GNSS技术是指利用导航定位卫星系统对轨道坐标进行计算，从而保证各个控制点的测量精确性。在进行GNSS测量前首先需要测量单位准备相关设备仪器，并对所有设备仪器进行精确度检校，将天线定向标志线指向正北方向，并在安置天线时测量误差，确保对中误差在1mm以内；为保证坐标检测精确度，在进行GNSS测量时禁止工作人员使用电子设备，在天线附近50m以内不能使用电台，在10m范围以内不能使用对讲机，确保检测精确度。同时工作人员还要不定时检查GNSS接收机的信号灯指示情况，保证数据接收正常。接收坐标数据后按照规定方式进行计算即可^[1]。

3.2.2 线上高程控制网

线上高程控制网全线一次布网，统一测量，整线联测不少于3个国家水准点，水准附合线路长度不得超过三等水准测量相关要求，形成附合水准路线或闭合环。水准测量完成后应当采用严密平差方式进行平差。

3.2.3 线上平面控制网

使用常规GNSS测量方法、以铁路三等GNSS测量要求进行外业观测，将线上平面控制点与线路平面基准点联测。

3.2.4 轨道三维控制网

轨道三维控制网测量根据实际点位布设情况，采用自由测站的方法进行测量，每个自由测站后视方向观测2个或以上轨道三维控制点、前视方向观测2个或以上轨道三维控制点，每个轨道三维控制点被4个连续测站观测。控制网精度需满足《铁路工程测量规范》中时速160km的客货共有砟铁路的相关要求。线上平面控制网与轨道三维控制网联测，轨道三维控制网在每公里需要引入线上平面控制点。

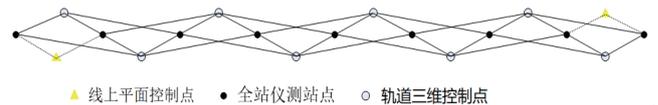


图4 轨道三维控制点自由测站测量示意图

3.2.5 长大隧道轨道控制网

针对多隧道分布情况以及运营期铁路的特征，隧道轨道控制网建网仅能在维修天窗内进行，而且隧道较长，现场作业相对较短。在有限的维修天窗时间按照常规导线测量方式进行测量工作效率很低，实施难度很大。对于长度小于2km的隧道，其测量、计算方法以及精度评定指标与路基

一致。对大于2km的长大隧道轨道控制网采用自由测站边角交会方法实施。在外业测量与数据处理时,按照《铁路工程测量规范》TB10101-2018中隧道洞内CPII测量中的相关要求和精度指标展开实施。

3.3 轨道几何尺寸测量与线形拟合

通过轨道三维控制点引入绝对坐标进行线形测量结束后,可获得线路各点的位置信息。当线路具有设计线形时,可根据实际线形计算轨道横纵向偏差量,指导精调作业,当线路设计线形丢失或者设计线形与实测线形相差较远,可考虑根据实际线形以及线路设计规范进行线路平纵断面拟合,给出符合实际线形的新的线形数据,并同时更新LKJ数据文件。

基于绝对坐标的既有曲线拟合的原理和基本思路大都相同,首先要对铁路线形测量数据进行线形分段;在分段的基础上把曲线要素视为设计变量,应用数值分析手段,依据铁路的相关规范等寻求使整个既有曲线上各点调整量总体上最小的数学优化解。

本工程轨道测量与线形拟合采用瑞邦大机作业综合测量系统(GJY-TW-RB-DJ型)进行动态轨道测量,测量方式选定全站仪+惯性测量模式。首先将轨道检测小车放置在三维控制点附近,而后对轨道三维控制点进行闭合点测量,闭合测量距离可适当调整,但不能超过200m。采集无砟轨道的三维控制点坐标后,将所有坐标数据全部输入到轨道检测仪器中,并通过测量控制软件对坐标参数进行自动计算分析,轨道三维控制点东坐标、北坐标和高程的残差务必控制在5.5mm以内,否则需要重新设定站点。确保所有坐标数据精确后即可引入绝对坐标进行线形测量,计算轨道线路各点的具体位置信息,而后根据实际线形计算轨道横纵向偏差量^[2]。

轨道线形拟合包括平面线性拟合和纵向线性拟合两部分。本工程项目中针对平面线形拟合采用自动调整与人为干预相结合的方式开展,对检测轨道建立基于整体最小二乘的夹直线拟合模型,而针对轨道中部分局部变形较大的特殊区段则采用人工方式调整夹直线方向,以此来保证优化区段的整体最优性。采用直接搜索法以曲线前后夹直线交点坐标、缓和曲线长、圆曲线半径作为设计变量,并将轨道平面线形参数的限制条件作为约束,进行轨道平面连续线形拟合,得到轨道连续区段的最优平面线形参数,从而为后续轨道调整提供数据支撑。而纵向线性拟合同样采用自动调整与人为干预相结合的方式,通过埋设好的高程控制点获取原始数据,而后同样建立基于整体最小二乘的前后坡段优化,并对部分特殊区域采用人工方式进行调整,而后采用直接搜索法将竖曲线半径作为设计变量进行线性拟合,最终能够得到最优纵断面线形参数并加以利用。

线性拟合在实施中需要严格遵守相关原则,对线性拟

合的既有LKJ台账资料、缓长、曲线超高和半径等宜增不宜减,各项纵面拟合与实测线形偏差不能超过200mm,并保证全线里程贯通,严格按照设计方案实施施工。

4 普速铁路轨道三维控制网建网工程测量要点

普速铁路轨道三维控制网建网工程测量具有非常高的质量要求,因而在施工测量时需要施工单位加强对测量细节的把控,对所有测量人员进行意识培训,提高测量人员对于轨道建网的认知程度,同时对各类测量设备仪器需要加以重视,购置较为先进、精度较高的设备,以此来提高施工测量质量。针对测量人员的操作能力也需要进行严格培训审核,组建具有高水平业务能力的施工测量队伍,从而确保各项设备仪器和测量技术得以有效应用实施。同时测量单位还要根据设计方案和相关要求完善质量管理体系,将轨道三维控制网建网测量分为不同子工程,并安排项目经理负责子工程项目质量,具体包括测量技术审核、测量设备检测、质量管理等。由质量管理部门负责对轨道三维控制网建网作业进行质量控制,加强对施工测量质量的监督管理,并加强对施工人员的规范性要求,确保所有工作人员在生产过程中严格按照规范操作。为确保测量质量,本工程同时采用相互管理制度对测量质量进行管控,由施工测量小组成员互相进行自检、互检,而后交由负责人进行全方位检查,以此来确保施工测量质量^[3]。

针对所有施工测量工作需要严格审核,确保测量数据真实、精确。在施工测量前需要提前根据实际情况设计行车路线,从而保证测量效率,同时在测量前要对所有施工测量设备仪器进行检测,避免使用严重老化和过时的测量设备施工导致影响测量效率。同时在施工测量过程中注重安全问题,在人员培训过程中强化安全生产防范意识,确保所有参与施工测量的工作人员牢固树立“安全第一,预防为主”的思想,确保工作人员真正从思想上、认识上进行转变,并严格落实各项安全防护体系、防护设备和规章制度,将安全规章制度落实到每个人、每个岗位,从而提高轨道施工测量的安全性。

5 结束语

综上所述,普速铁路轨道三维控制网建网作为由高速铁路引入到普速铁路的新轨道测量技术,既经济,又能提高普速铁路轨道平顺性与行车安全性。

参考文献:

- [1] 姚丙生. 高铁测量控制网及无砟轨道精调施工研究[J]. 工程机械与维修, 2024, (01): 56-58.
- [2] 李晓东. 高速铁路桥梁及无砟轨道工程施工测量方法[J]. 中国高新科技, 2021, (07): 104-105.
- [3] 刘海瑞. 无砟轨道测量精度影响因素及控制措施分析[J]. 设备管理与维修, 2021, (24): 141-142.