

CPⅢ测量技术在高速铁路中的应用

黄圣洋

中铁十五局集团第五工程有限公司

DOI:10.32629/btr.v2i4.2086

[摘要] 以新建杭州至黄山高速铁路为背景,简述 CPⅢ控制网测量的基本内容、重点讨论过程控制措施及相关注意要点。

[关键词] 测量; CPⅢ; 高速铁路

1 工程概况

新建杭州至黄山铁路是连接皖浙两地的一条重要旅游、经济高速铁路线,自杭州东站引出,全线多山岭沟壑,测量线路较长,条件复杂。

2 测量准备

2.1 结合项目情况按 2 个独立小组进行作业。组织成员进行培训学习,考核合格后确定小组成员分工,并做好相关的内业交底。

2.2 备齐相关测量预埋元器件及配套测量工器具,投入 2 台天宝 DINI03 电子水准仪、2 台 LeicaTS30 全站仪。踏勘现场地形,选择合适埋桩点。

3 作业流程

控制网点布设→控制网点埋设→平面控制网测量→高程控制网测量→内业计算→交付使用。

4 作业内容

无砟轨道对线下基础工程的工后沉降要求非常严格,在 CPⅢ控制网测量前,应先完成对应区段内的 CPⅡ和二等水准加密测量工作。

4.1 CPⅢ控制网布设

4.1.1 CPⅢ控制网布设技术要求

CPⅢ控制网点布设按 50 到 70 米一对点布设,横向点间距 10~20 米,采用自由测站边角交会测量。

4.1.2 路基段 CPⅢ点的布设

路基段 CPⅢ点成对布设在路基上设置的专用控制点桩靠近线路中心一侧横向的位置,离桩顶面的距离应不小于 10cm,专用控制点桩必须具有稳定的基础。

4.1.3 桥梁段 CPⅢ点的布设

桥梁段 CPⅢ点成对布设在墩台顶部桥梁固定支座端正上方的防撞墙顶中部,点位与支座纵向偏差一般不大于 0.1m。对于连续梁,CPⅢ应优先布设于固定端上方。对于跨度超过 80m 的连续梁,应在跨中 50~80m 间距尽量均匀布设一对或几对 CPⅢ点,对跨中的 CPⅢ点使用或复测时,尽可能保证与施测的外部环境相同,使用前应对整个连续梁段进行复核。

4.1.4 隧道段 CPⅢ点的布设

隧道段 CPⅢ点成对布设在电缆槽顶面以上 30cm 的边墙内衬上。隧道段相邻两对 CPⅢ点纵向距离约 60m。

4.2 CPⅢ控制网点编号规则

CPⅢ控制点按照公里数递增进行编号,在有长短链地段应注意编号不能重复。CPⅢ编号统一为六位数,具体编号说明如下表所示。

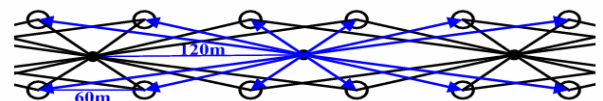
点编号	含义	数字代码	在里程内点的位置
112301	表示线路里程 DK112 范围内线路前进方向左侧的第 1 个 CPⅢ点,“3”代表“CPⅢ”,点名为 1 号	112301	(轨道左侧)奇数 1、3、5、7、9、11 等
112302	表示线路里程 DK112 范围内线路前进方向右侧的第 1 个 CPⅢ点,“3”代表“CPⅢ”,点名为 2 号	112302	(轨道右侧)偶数 2、4、6、8、10、12 等

表 4.2-1 CPⅢ编号示例说明表

4.3 CPⅢ平面控制网测量

4.3.1 作业方法

(1)CPⅢ控制网采用自由测站边角交会的方法测量,每个自由测站观测 12 个 CPⅢ点。自由测站间距一般约为 120m。每个 CPⅢ点至少保证有三个自由测站的方向和距离观测量,具体测量方法如下图所示。



CPⅢ网平面测量网形示意图

(2)CPⅢ网平面测量水平方向应采用全圆方向观测法进行观测。水平方向观测应满足下表规定。

CPⅢ网平面测量水平方向观测技术要求

控制网名称	仪器等级	测回数	半测回归零差	不同测回同一方向 2C 互差	同一方向归零后方向值较差	2C 值
CPⅢ平面网	0.5"	2	6"	9"	6"	15"
	1"	3	6"	9"	6"	15"

(3)CPⅢ网平面测量距离观测采用多测回距离观测法,应满足下表规定。边长观测应实时地在全站仪中输入温度和气压进行气象元素改正,温度读数精确至 0.2℃,气压读数精确至 0.5hPa。

CPⅢ平面网距离观测技术要求

控制网名称	测回数	半测回间距离较差	测回间距离较差
CPⅢ平面网	≥2	±1mm	±1mm

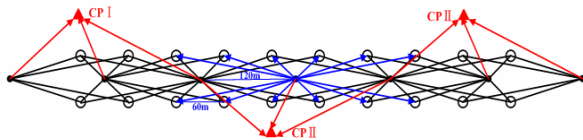
(4) CPⅢ网平面测量应在气象条件相对比较稳定的天气(温差变化较小,湿度较小)下进行,尽量选择无风的阴天或夜晚无风的时段施测。应完全避开日出、日落、日中天的前后1个小时的时段观测。夜间观测应注意避开强光源对观测的影响。

(5) 分段测量的区段长度不宜小于4km,区区间观测不应少于6对重叠的CPⅢ点。区段接头不应位于车站、道岔或连续梁范围内。

4.3.2 与CPⅠ、CPⅡ控制点的联测

(1) CPⅢ控制网平面测量时应每隔600m左右联测一个CPⅠ或CPⅡ控制点。与CPⅠ、CPⅡ控制点联测时,应至少通过两个或两个以上自由测站进行联测,如下图所示。联测CPⅠ、CPⅡ控制点时观测视距不宜大于300m。

与CPⅠ、CPⅡ控制点联测示意图



(2) 联测CPⅠ、CPⅡ控制点时也可采取下图所示的测量网形,即在CPⅠ或者CPⅡ点上设站,尽可能多地观测控制网中的CPⅢ点,至少应联测三个以上的CPⅢ网点,观测视距不应大于300m。

4.3.3 外业记录

每次测量开始应填写自由测站记录表,记录每个测站的温度、气压以及测量点等。

4.3.4 内业数据处理

(1) 数据检查

外业观测前,应将各项技术指标输入CPⅢ数据采集程序,并检查全站仪中气象参数、棱镜常数等设置是否正确,然后方可进行数据采集,若测站观测数据超限,则应立即现场重测。搬站前,应检查测量记录表是否已正确填写。

(2) 数据计算与平差

①、CPⅢ平面控制网数据计算和平差处理,应采用铁道部主管部门评审合格的软件,同时数据处理软件应与全站仪数据采集接口兼容。

②、CPⅢ控制网平面测量完成后,先采用独立自由网平差,再采用复测合格的CPⅠ、CPⅡ点或CPⅡ加密点成果进行固定约束平差。

③、为保证每次设站测量过程中,所有棱镜都安插到同样的位置,可根据相邻测站与任意一对CPⅢ控制点组成的闭合环的闭合差进行检核。

④、CPⅢ控制网平面测量自由网平差时,按下表的规定对相关技术指标进行统计分析,检核控制网自由网平差的精度。

CPⅢ平面网自由网平差后的主要技术要求

控制网名称	方向改正数	距离改正数
CPⅢ平面网	±3"	±2 mm

⑤、CPⅢ平面控制网自由网平差满足上表要求后,才能进行平面网约束平差,并按下表规定对各项技术指标进行统计分析,检核控制网约束平差的精度。

CPⅢ平面网约束网平差后的主要技术要求

控制网名称	与CPⅠ、CPⅡ联测		与CPⅢ联测		方向观测 中误差	距离观测 中误差	点位 中误差	相邻点相 对点位 中误差
	方向	距离	方向	距离				
	改正数	改正数	改正数	改正数				
CPⅢ平面网	±4.0"	±4mm	±3.0"	±2mm	±1.8"	±1mm	2mm	±1mm

⑥、CPⅢ平面控制网的平差计算取位,应按下表中的规定执行。

CPⅢ平面网平差计算取位

等级	水平方向观 测值(°)	水平距离观 测值(mm)	方向改正数 (°)	距离改正数 (mm)	点位中误差 (mm)	点位坐标 (mm)
CPⅢ平面网	0.1	0.1	0.01	0.01	0.01	0.1

(3) 区段间接边处理

区段之间衔接时,前后区段独立平差重叠点坐标差值应≤±3mm。后一区段的CPⅢ网平差,应采用本区段联测的CPⅠ、CPⅡ控制点及前一区段的1~3对CPⅢ重叠点作为约束点进行平差计算,平差后其余未约束的重叠CPⅢ点前后区段坐标差值应≤±1mm,最后重叠点坐标成果采用上一区段成果。不满足≤±1mm条件的CPⅢ点应对其稳定性进行分析,确认点位变化则坐标采用本次测量成果,并注明“坐标更新”。

(4) 坐标换带处理

坐标换带处CPⅢ点平差计算时,先对相邻两个投影带的CPⅠ、CPⅡ进行换带计算,然后分别用换带前后CPⅠ、CPⅡ点的坐标对CPⅢ网进行约束平差,并分别提交相邻投影带两套CPⅢ点坐标成果。成果都应满足相关技术指标要求,重叠区段长度不应小于800m。

(5) 成果资料整理

测量成果的整理应正确完整,能够满足成果提交、评估验收和存档的要求。

4.4 CPⅢ高程控制网测量

CPⅢ高程控制点与平面控制点共桩,在进行棱镜中心高程的水准测量时,只需直接将水准测量杆件插入套筒内即可测量。通过减去水准杆件球形的半径值即可方便的获得棱镜中心的精确高程。

4.4.1 主要技术要求

(1) CPⅢ控制网高程精度指标

CPⅢ控制点高程限差要求如下表所示。

CPⅢ控制点高程限差要求 A

控制点类型	水准矩形环闭合差	相邻点高差相对点位精度	水准测量等级
CPⅢ控制点	±1mm	±0.5mm	精密水准测量

(2) 精密水准测量水准路线的精度要求

精密水准测量水准路线的精度要求如下表所示。

精密水准测量水准路线的精度要求 (mm)

水准测量等级	每千米水准测量偶然中误差 M_n	每千米水准测量全中误差 M_{Σ}	限 差			
			CPⅢ水准环闭合差	往返测不符值	附和路线或环线闭合差	左右路线高差不符值
精密水准	≤ 2.0	≤ 4.0	± 1	$8\sqrt{L}$	$8\sqrt{L}$	$6\sqrt{L}$

注: 1、表中 L 为往返测段、附和或环线的水准路线长度, 单位 km

(3) 精密水准测量的主要技术标准要求

精密水准测量的技术标准如下表所示。

精密水准测量的技术标准

等级	相邻水准点间的附和路线长度 (km)	水准仪等级	水准尺	观测次数
精密水准	3	DS ₁	钢钢尺	单程 (CPⅢ点间) 往返 (联测水准基点)

(4) 精密水准观测测站的主要技术要求

精密水准观测测站的技术要求如下表所示。

精密水准观测测站的技术要求

等级	水准尺类型	水准仪等级	视距 (m)	前后视距差 (m)	测段的前后视距累积差 (m)	视线高度 (m)
精密水准	因瓦	DS ₁	≤ 60	≤ 2.0	≤ 6.0	≥ 0.45
		DS ₁₀	≤ 65			≤ 2.8

4.4.2 作业方法

(1) CPⅢ高程控制网应在线下工程竣工且沉降和变形评估通过后施测。施测前应对全线的二等水准基点进行复测;

(2) CPⅢ高程控制网采用单程精密水准测量方法观测, 与测区二等水准基点联测采用独立往返精密水准测量方法进行, 两公里内需联测一个水准基点, 每一区段应至少与三个水准基点进行联测形成检核。

CPⅢ高程控制网水准路线采用如下图所示的矩形法水准路线形式进行, 每相邻的两对 CPⅢ点之间都构成一个闭合环。

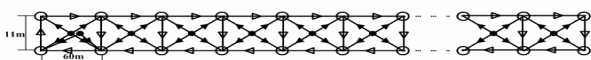
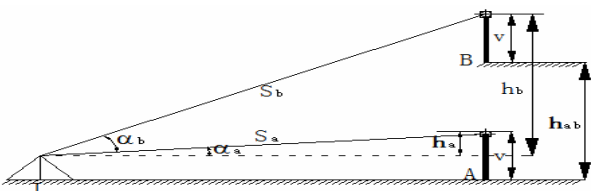


图 4.4-1 矩形法 CPⅢ高程网测量原理示意图

(3) 桥面与地面间高差大于 3m 时, 应选择桥面与地面间高差较小的地方进行 CPⅢ点高程的传递测量。高程传递测量时, 采用不量仪器高和棱镜高的中间法三角高程方法施测, 测量原理如下图所示。



中间法三角高程方法施测示意图

中间法三角高程测量作业前后视所用的棱镜必须是同一个, 且观测时棱镜高不变。仪器到棱镜的距离一般应小于 100m, 最大不应超过 150m。仪器到前视棱镜和后视棱镜的距离应尽量相等, 一般差值不宜超过 5m。观测时, 要准确测量温度、气压值, 以便进行边长改正。高程测量时, 上桥联测时采用两次设站, 两次设站高差较差 $\leq 1\text{mm}$ 时, 取两次高差的均值作为联测成果。

4.4.3 内业数据处理

(1) 数据检查

观测数据存储之前, 应对观测数据作各项限差检核。检验合格后, 进行顺序整理, 计算与检核者签名后存储。检验不合格时, 对不合格测段进行重测。

(2) 数据计算与平差

CPⅢ控制网高程测量数据计算、平差处理, 应采用铁路总公司主管部门评审合格的软件进行 CPⅢ网数据处理和平差计算。

高程测量分区段测量时, 每个区段应至少联测 3 个水准基点或水准基点加密点, 测量区段的长度不小于 4km, 相邻区段应重叠测量 2 对 CPⅢ点。

重叠测量的 CPⅢ点独立平差后高程较差应 $\leq \pm 3\text{mm}$ 。平差时需采用上一区段至少 1 个 CPⅢ点参加约束平差, 平差后其余重叠 CPⅢ点高程较差应 $\leq \pm 1\text{mm}$ 。

CPⅢ控制网高程测量应以二等水准基点为起算数据进行严密固定数据约束平差, 平差计算取位如下表所示。

精密水准测量计算取位

(3) 成果资料整理

测量成果的整理应正确完整, 能够满足成果提交、评估验收和存档的要求。

5 结束语

通过高精度的测量控制网来辅助无砟轨道施工, 能有效保障无砟轨道线型的平顺性, 提高高速铁路行车的舒适性和安全性。随着我国高铁事业的不断发展, 测量技术也将随之不断得到更新发展。

[参考文献]

[1]王鹏英,高全功.CPⅢ测量技术在京沪高铁精密控制网中的应用[J].水利水电施工,2012,(01):60-79.
[2]王新鹏.无砟轨道 CPⅢ控制测量数据处理方法研究[D].合肥工业大学,2012,(1):96.
[3]徐永刚.高速铁路精密测量技术在城市轨道交通中的应用研究[J].铁道勘察,2013,39(02):7-9+13.