

CPIII控制网测量方法研究

高晓望

(深圳市方圆地理信息有限公司 广东 深圳 518100)

【摘要】我国高速铁路发展已经进入全新时代，它凭借稳定性、舒适度等特点被广泛应用，精密工程测量技术是高速铁路安全运行的重要保障。本文主要基于轨道中常用的CPIII控制网，对CPIII平面与高程控制网布设、观测方法、精度指标等进行阐述，为轨道控制网设计提供基础依据。

【关键词】CPIII控制网；精度指标；平差

1. 高速铁路工程测量控制网

根据《2008年铁路工程建设标准编制计划》通知的要求，在《客运专线无砟轨道工程测量暂行规定》的基础上，吸纳京津、武广、郑西、哈大等高速铁路测量经验，由中铁二院、中铁第一勘察设计院、中铁大桥设计、西南交通大学等多家单位共同编制《高速铁路工程测量规范》。新规范结合我国高速铁路建设标准与新技术的发展，坚持创新、引进新的理论方法，强化关键技术的支撑与验证，体现高速铁路的“三网合一”测量模式，形成高速铁路测量的技术标准。

依据《高速铁路测量规范》要求，高速铁路控制网应按逐级控制的原则布设，分为4个等级布设：框架控制网(CP0)，基础控制网(CPI)，线路控制网(CPII)，轨道控制网(CPIII)。

框架控制网(CP0)：CP0控制点作为铁路建网测量的基准控制点，采用GPS方法测量建立，全线一次性布网，统一测量，整体平差。沿线路50km左右布设一个控制点，并且线路的起点、终点处最少需布设一个CP0控制点。

基础控制网(CPI)：CPI控制网作为施工和轨道精调的测量控制基准网，控制点应每4km布设一个，控制点宜设在稳定性好、不容易被破坏、易测量等地方。CPI采用边联式构网方法，形成由三角形组成的带状网。控制网应与国家或三等以上平面控制网进行联测，联测点应均匀分布。

线路控制网(CPII)：CPII主要为线下施工或是铁路路线勘察提供基准。CPII控制点每隔400-800m布设一个，控制点应选在距线路中线50-200m范围内稳定、易测的地方，CPII宜采用GPS测量或是附和导线测量方法。

轨道控制网(CPIII)：CPIII控制网的建立主

要为线上无砟轨道铺设与维护提供基准。控制点应布设于线路两侧，每隔50-70m布设一对，且600m左右应联测一个CPI或是CPII。CPIII平面网测量采用自由测站边角交会法施测。

CPIII控制网是沿线路布设的三维控制网，起闭与上一级的CPI或是CPII。CPIII控制点两侧对称，CPIII点横向间距15m，纵向间距60m。CPIII平面网采用自由设站交会法测量，其观测值为测站至CPIII点的方向与距离，测站间距视情况而定，一般间距120m左右，由此构成边角网具有较强的关联性和高精度性。

2. CPIII控制网特点

CPIII控制网具有以下网形特点：

(1) CPIII控制点数量多且精度要求高。规范要求CPIII点位中误差不大于2mm，且相对中误差不大于1mm，相邻点高差中误差应不大于0.5mm。(2) CPIII点标志与布设位置与传统方法不同。(3) 控制网测量方法与传统测量方法不同。平面网采用自由设站边角交会法，高程网采用二等水准矩形环法。(4) 使用的仪器精度要求高。平面测量要求具有马达驱动、视觉系统并带有软件辅助的测量机器人(如Leica TCA2003、Leica TCRA1201等)；高程测量一律采用电子水准仪(如Trimble DiNi12、Leica DNA03等)。(5) 是三维控制网。CPIII点即是平面控制点也是高程控制点。(6) CPIII控制网的纵向精度高，横向精度较低。

3. CPIII平面控制网网形构建与观测方法

CPIII平面控制网属于标准带状结构，其测量标志一般埋在线路两侧接触网、隧道石壁等位置上，由于地理位置的特殊性，控制点上难以架设仪器，因此采用常规方法无法建立平面控制网，而自由设站边角交会法具有无需在CPIII点上架设且观测时

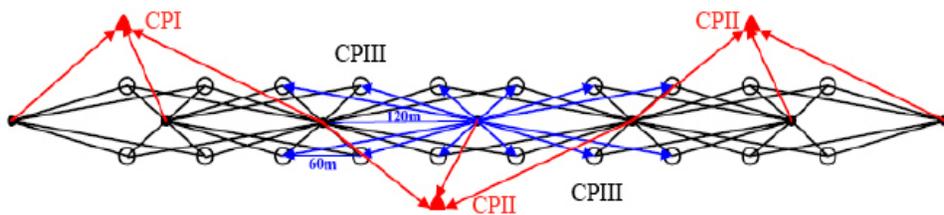


图1 CPlII点测站间距120m网形图

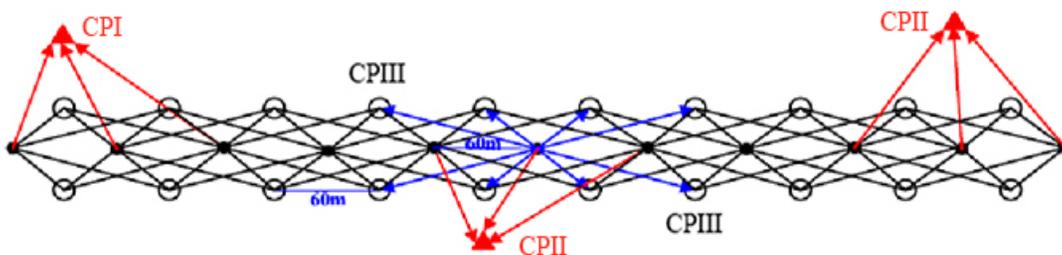


图2 CPlII控制点测站间距60m网形示意图

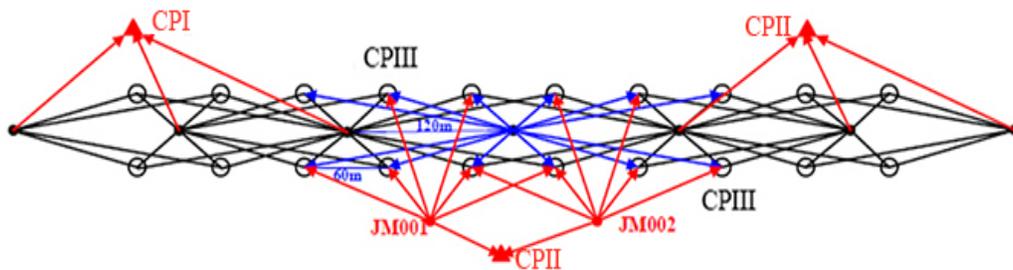


图3 添加辅助点测量CPlII平面网示意图

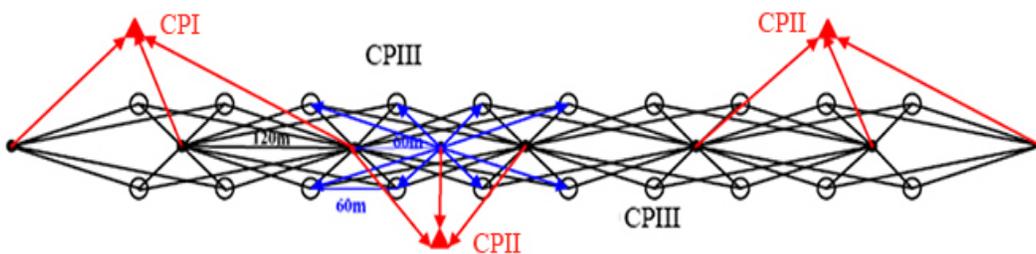


图4 测站间距由120m变60m示意图

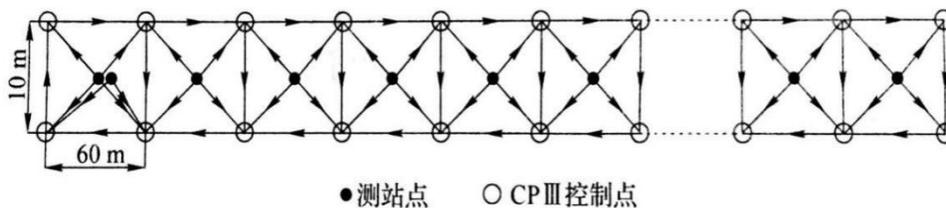


图5 矩形法高程网水准测量路线图

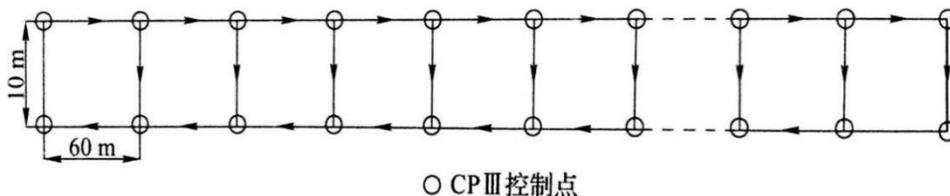


图6 矩形法水准观测闭合差路线图

无需定向等优势, 广泛应用铁路控制网测量中。

如图1所示, 测站点位于线路的中间, 控制点位于线路的左右两侧, 控制点一般60m左右布设一对且基本对称, CPIII平面控制网采用自由测站边角交会法, 对前后3对控制点进行方向与距离的测量, 如果线路中有CPI或CPII, 需与CPIII同步联测。每个测站与上个测站重复测量4个控制点, 测站之间间隔为2对控制点。

当遇到施工干扰或是由于观测条件的不利影响限制时, CPIII平面控制网可以采用图2所示的构网模式, 各测站之间间距由原来的120m变成60m, 每一站观测4对CPIII点, 且每一个CPIII点至少需要被观测4次, 也就是说每个CPIII应至少有4组水平与距离观测值。

由于实际测量过程中, 高级控制点的铺设原因, 可能存在CPI/CPII控制点距离线路较远或是无法通视等情况, 这样我们就需要在合适的位置架设仪器, 该网形如图3所示, JM001、JM002就属于辅助点, 仪器架设在该点上, 观测CPI/CPII和CPIII点。

采用标准网形图间距120m测量CPIII时, 由于受到障碍物的遮挡或是其他因素的干扰, 测站间可以由120m转化为60m, 如图4所示。

4. CPIII 高程控制网网形构建与观测方法

CPIII高程控制网一般采用水准测量方式, 但是遇到特殊情况, 如桥梁与线下水准点联测时, 高差太大或是由于地理环境因素等影响, 无法进行水准测量时, 可以采用三角高程测量代替常规水准测量。下面介绍精密水测量的网形与测量方法。

根据《高速高铁测量规范》中介绍的中视线法CPIII控制网水准测量方法。测量时, 往测时以线路一侧CPIII点作为主线进行水准测量, 另一侧CPIII点直接中视测量。当进行返测时, 则以另一侧的CPIII作为主线测量, 而侧面的控制点进行中视测量, 正好与往测线路相反, 具体测量步骤如图所示。

中视法测量形成的观测闭合环, 单箭头表示往测高差, 双箭头表示返测高差。中视法虽然进行独立的往返观测, 但是仅仅在CPIII点对角方向上进行了相互往返观测, 横向CPIII点间依然是单向观测, 对于该网形而言, 既有双向观测高差, 又有单向观测高差。因此进行平差时, 同一环的CPIII点的高程精度不均匀。

鉴于中视法水准观测存在着精度低, 效率不高等情况, 规范中又介绍了一种矩形环法单程CPIII水准网测量(文献描述的矩形法)。该方法的网形

如图5所示, 假设高程控制网从左往右观测, 仪器架设在最左边四个点的中间, 测量这四个点的高差, 由于闭合环独立性特点, 因此测量第一个环时需要进行两站测量, 后面闭合环一个测站完成, 所形成的闭合环如图6所示, 该方法形成的闭合环除最左边与最右边两对CPIII点外, 其他每对点都是在相邻的闭合环中形成高差闭合差检验条件, 所有矩形法探测粗差的稳定性好。

CPIII高程点测量采用矩形环水准测量方法, 测量完需对水准测量结果进行精度检核, 要求每个闭合环高差不得大于1mm, 相邻水准环CPIII点较差不得大于1mm, 精度要求如表1、2所示。

表1 精密水准测量的技术标准

等级	每千米高差偶然 每千米高差全中		附和路线或环周长的长	
	中误差 M_{Δ} (mm)	误差 M_w (mm)	度 (km)	
精密水准	≤ 2	≤ 4	≤ 3	—

表中, M_{Δ} 和 M_w 按下式计算:

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta}{L} \right]} \quad (4.1)$$

$$M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{w}{L} \right]} \quad (4.2)$$

式中: Δ —测段往返高差不符值 (mm);

L —测段长 (km);

n —测段数;

w —附和线闭合差 (mm);

N —水准路线环数。

表2 精密水准测量限差

等级	水准仪最 低型号	水准尺 类型	前后视 测段的前后		视线 高度	数字水准 仪重复测 量次数	
			视距 数字	视距 数字			
精密 水准	DS1	钢瓦	≥ 3 且 ≤ 60	≤ 2.0	≤ 6.0	≤ 1.8 且 ≥ 0.45	≥ 2 次

5. 小结

CPIII控制网属于轨道控制网, 本文重点阐述CPIII控制网特点及其测量方法, 包括CPIII的平面与高程控制网两个方面, 即控制网网形布设、测量方法及技术要求, 为轨道控制网设计提供基础依据。

参考文献:

- [1] 马传广, 李翔, 高文峰. InSAR技术在高速铁路采空区地质选线中的应用研究[J]. 铁道标准设计, 2017, 61(5): 23-27.
- [2] 王露露. 高速铁路施工控制网的若干问题研究[D]. 西安科技大学, 2012.
- [3] 刘胜, 刘成龙, 王利朋. 轨道控制网平面网复测精度指标合理性探讨[J]. 测绘工程, 2015(6): 39-42.