# 轨道控制网 (CPIII) 测量

中铁第四勘察设计院集团有限公司航空勘察处

2009年6月

## 主要内容

- 1. 执行标准及规范
- 2. 基本概念
- 3. CPIII测量应具备的条件
- 4. CPIII测量作业流程
- 5. CP I、CP II 及高程控制点复测及辅助点加密
- 6. CPIII控制点的埋设与编号
- 7. CPIII控制网区段的划分和区段之间的连接
- 8. CPIII平面控制网测量
- 9. CPIII高程控制网测量
- 10. CPIII控制网测量数据处理
- 11. CPIII控制网测量成果的整理与提交

### 执行标准及规范

- 《客运专线无碴轨道铁路工程测量暂行规定》(铁建设[2006]189号)
- 《时速200公里及以上铁路工程基桩控制网(CPIII)测量管理办法》(铁建设[2008]80号)
- 《关于发布铁路工程地质勘察规范等44项铁路工程建设标准局部修订条文的通知》(铁建设[2009]62号)
- 《国家一、二等水准测量规范》(GB/T 12897-2006)
- 《工程测量规范》(GB50026-2007)
- 《精密工程测量规范》(GB/T 15314-1994)

### 执行标准及规范

## 铁道部文件

铁建设 [2009] 62 号

#### 关于发布铁路工程地质勘察规范等 44 项 铁路工程建设标准局部修订条文的通知

各铁路局,投资公司,各铁路公司 (筹备组):

現发布《铁路工程地质勘察规范》 (铁建设 [2007] 169号)、《铁路工程土工试验规程》 (铁建设函 [2004] 121号)、《铁路工程岩石试验规程》(铁建函 [1998] 15号)、《客运专线无砟轨道铁路工程测量暂行规定》 (铁建设 [2006] 189号)、

- 第 2.1.3 条术语修改为"轨道控制网(CPIII)"。全文中"基桩控制网 CPIII" 修改为"轨道控制网 CPIII"。
  - 2. 表 3.1.1 修改为:

表 3.1.1 各级平面控制网布网要求

控制网级别	测量方法	测量等级	点问距	备注
CP I	GPS	B级	≤4km - 对点	点对问距离≥1000m
CP II	GPS	C 级	800 ~ 1000m	
	导线	三等	800 - 1000m	
CPIII	边角交会网	_	50~70m 一对点	点对问距 10~20m

注:采用 GPS 测量 CPII 时, CPI 可布设为 skm 一个点。

3. 表 3.2.4 修改为:

表 3.2.4 控制点的定位精度要求 (mm)

控制点	相对点位精度	同精度复测较差限差
CP I	10	20
CPII	10	15
CPIII	1	3

4. 增加第 5.2.4 条"线下工程施工控制点可根据需要,在 CP II 和二等水准基点的基础上按同等级扩展或向下一级发展"。

## 基本概念

- (1) 客运专线精密工程控制测量网基本概念
- a、CPO(坐标框架基准网)
- b、CP I (基础平面控制网)

沿线路走向布设,约4KM一对(个),按GPS静态相对定位原理建立,为全线(段)各级平面控制测量的基准。

c、CPⅡ(线路控制网)

在基础平面控制网(CPI)上沿线路附近布设,约800~1000m一个,为勘测、施工阶段的线路平面控制和无砟轨道施工阶段轨道控制网的基准。

## 基本概念

### • d、CPIII(轨道控制网)

沿线路布设的三维控制网,起闭于CP I 或CP II ,约60m左右一对,无砟轨道CP III 网一般采用自由设站边角交会法测量,一般在线下工程施工完成后施测,为无碴轨道铺设和运营维护的基准。

#### • e、三网合一

"三网"是指勘测设计控制网、工程施工控制网、运营维护控制网,时速200公里及以上铁路的"三网"应建立统一的平面、高程控制基准,即"三网合一"。

### CPIII测量应具备的条件

- CPⅢ精密工程测量需具备的工况条件:
  - 1、桥梁防撞墙已完工;
  - 2、隧道衬砌已经完成,电缆槽完工;
  - 3、路基上接触网杆基础沉降稳定;
  - 4、线下工程沉降和变形满足要求,沉降评估通过;
  - 5、CP I、CP II、高程控制点已复测;
- CPⅢ精密工程测量需具备的软硬件条件:
  - 1、具有自动目标照准和程序控制自动测量功能的全站仪;
  - 2、CPIII测量标志(包括预埋件、连接件、测量棱镜);
  - 3、数字水准仪与配套的因瓦水准标尺;
  - 4、CPIII外业数据采集软件与CPIII内业平差计算软件;

### CPIII测量作业流程

CPIII精密控制网测量分:测量前期准备、测量作业、评估验收三个阶段。

- (1)测量前期准备的主要内容有: CP I、CP II 及高程控制网的复测;辅助点的加密测量;编制CP III测量实施方案。
- (2)测量作业的主要内容有:埋设CPIII点,外业数据采集,平差计算,编制CPIII测量成果报告。
- (3)评估验收的主要内容有:对CPIII测量成果的总体质量进行评定,审查测量成果是否达到相关标准、规范的要求。

CPIII测量作业流程 开始 CP I、CPⅡ、高程控制点复测 评估 辅助点加密测量 编制CPⅢ测量实施方案 评估审批 CPIII测量作 业流程图 埋设CPⅢ点 外业数据采集 平差计算 精度检验 编制CPⅢ测量成果报告 评估验收 结束 2009年5月 中铁四院

### CPI、CPII及高程控制点复测及辅助点加密

(1) CP I、CP II 及高程控制点复测

采用B级GPS测量的技术要求进行CP I 控制点的复测,按C级GPS(或三等导线)测量的技术要求进行CP II 控制点的复测。

高程按二等水准测量进行复测。

隧道CPIII网测量前,需先进行隧道洞内导线、高程的贯通测量。(洞内CPII测量)

复测工作结束后,编制图表齐全的复测成果报告。

## CPI、CPII及高程控制点复测及辅助点加密

### (2) 辅助点加密测量

当CP I、CP II 控制点密度不能满足CPIII网测量要求或者不能与CPIII控制点通视时设置辅助点,辅助点以插网或者插点的形式采用C级GPS测量的技术要求进行加密。

以往经验CPIII平面控制网联测已知点密度达到500m~800m为宜,CPIII高程控制网联测已知点密度达到2000m左右为宜。

### (1) CPIII控制点的测量标志

CPIII控制点的测量标志由测量棱镜与强制对中支架组成,测量棱镜应有相应的资质认证,强制对中支架应采用抗腐蚀、耐磨的材料制成,且需易于保护。

CPIII沙

CPIII测量 标志	几何月
精度指标	

注: 1 CPIII测量标 2 CPIII测量标 三方向的误差应均小



#### 度要求

差	互换性安装误差
A PA	±0.3mm

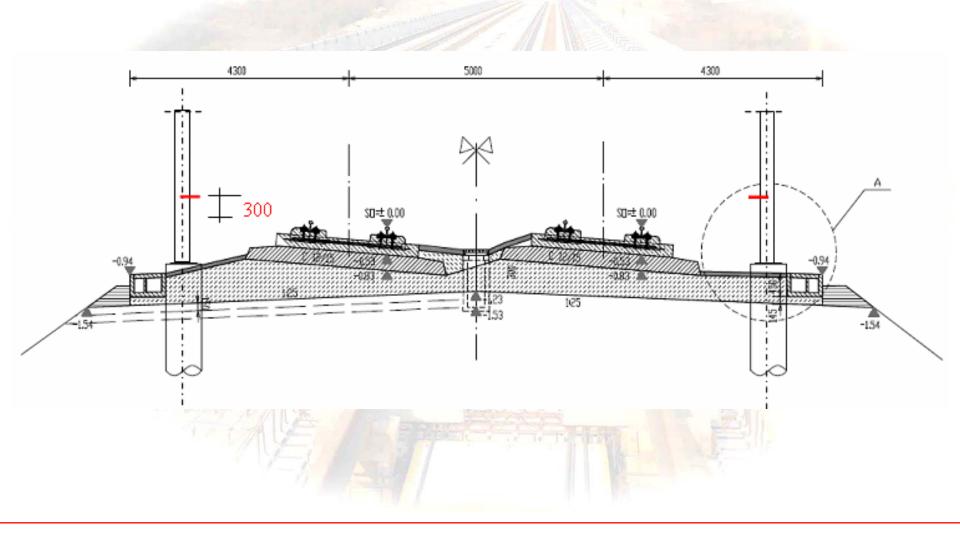
<mark>ႛ文的相关要求。</mark> ♂装误差,指的是X、Y、H

### (2) CPIII控制点的埋设

CPIII控制点应沿线路布置在路基两侧的接触网杆或基础、桥梁防撞墙、隧道侧壁上,当CPIII控制点布置在桥梁防撞墙上时,点位应设置在桥墩固定支座端上方的防撞墙上。

CPIII控制点沿线路布置时纵向间距宜为60m左右,且不应大于70m、横向间距不超过结构宽度。各CPIII点应大致等高,其高度应在设计轨道顶面以上30cm的地方。

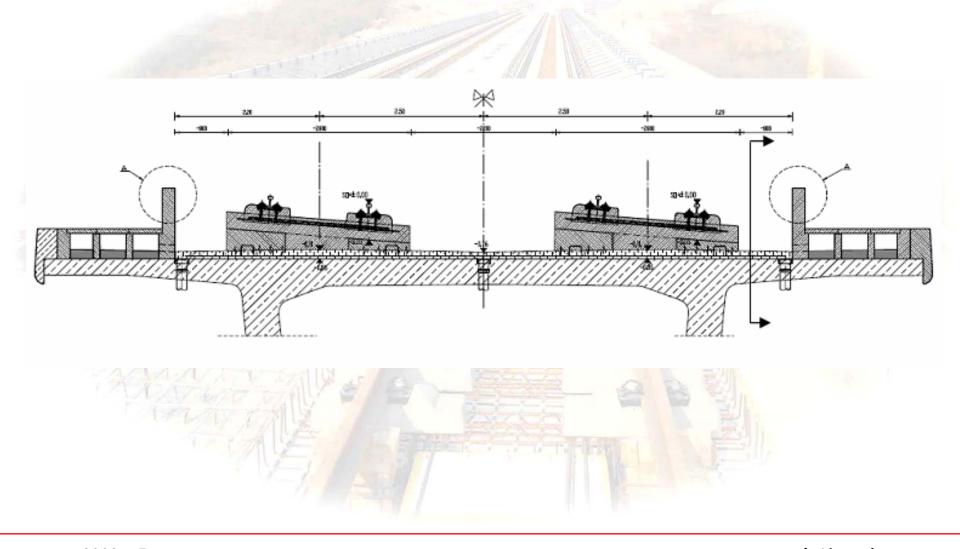
a、一般路基地段宜布置在接触网杆上;



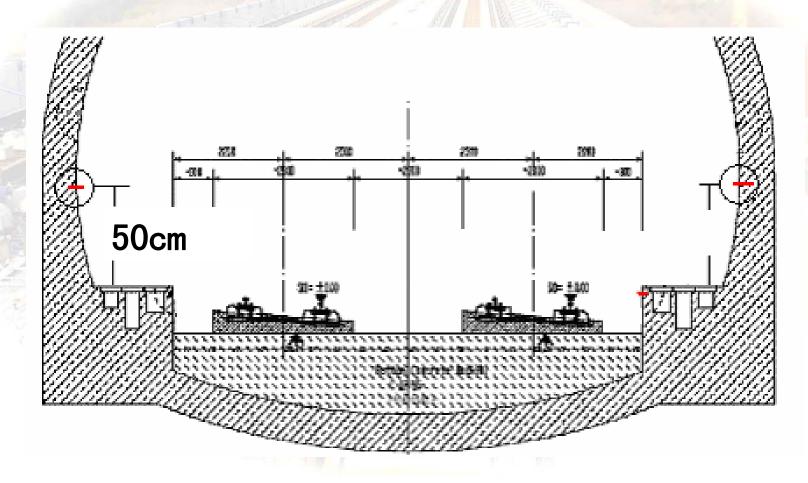
b、当路基地段接触网杆不稳定或尚未施工时,应在路基上布置临时辅助立柱,立柱上设置CPIII控制点标志;



c、桥梁上一般布置在桥梁固定支座端防护墙上;



d、隧道里一般布置在电缆槽顶面以上50cm左右的边墙 内衬上;



(3) CPIII控制点的编号

CPIII控制点编号的标注应全线统一采用大小为4cm的正楷字体刻绘,并用白色油漆抹底,绿色油漆填写编号字体。

### CPIII控制点的编号定义如下:

CPIII的点号由七位数组成,从左到右前四位数表示 CPIII点所在里程的整公里数,第五位是"3"表示是CPIII网 点,后两位数字表示点的顺序号,点的顺序号为单数表示 该点在里程增加方向的左侧,点的顺序号为双数表示该点 在里程增加方向的右侧, 当里程不足千、百、拾公里时, 加"0"填充以保证CPIII的点号都是七位数齐全; CPIII网测量 的自由设站点号也由七位数组成,从左到右第一位为大写 英文字母"Z"表示测站,第二、三、四、五位数为CPIII点所 在里程的整公里数,第六、七位数字表示测站的序号。当 里程不足千、百、拾公里时,加"0"填充以保证CPIII的自由 设站号都是七位数齐全。

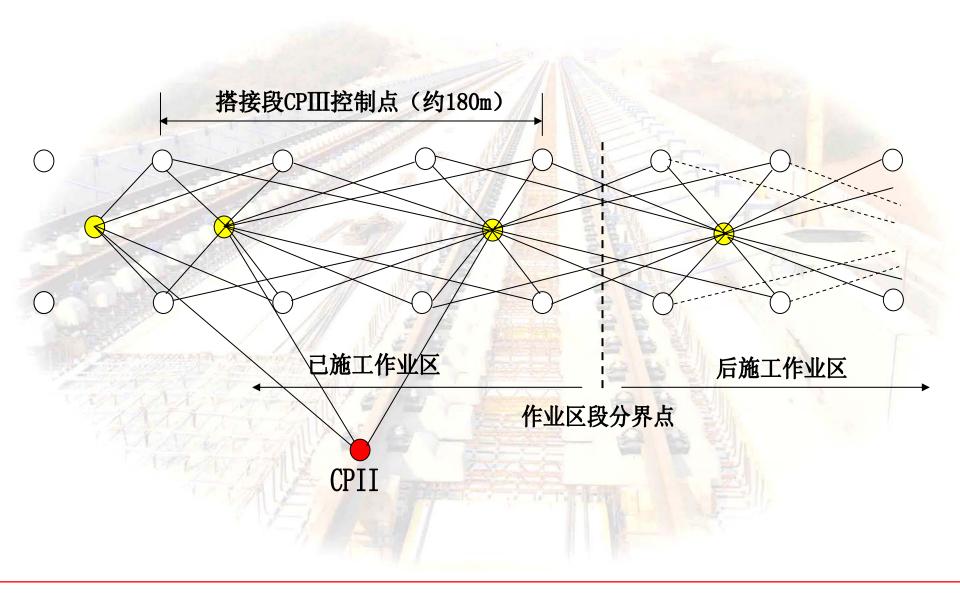
点编号	含义	数字代码	在里程内点的位置
0356301	表示线路里程DK356范围内线路前进方向左侧的CPIII第1号点,"3"代表"CPIII"	0356301	(轨道左侧) 奇数 1、3、5、7、9、11等
0356302	表示线路里程DK1356范围内 线路前进方向右侧的CPIII 第1号点,"3"代表"CPIII"	0356302	(轨道右侧)偶数 2、4、6、8、10、12等

自由设站点编号按"Z035601, Z035602…"沿线路里程增加方向编号。"Z"表示设站点,"0356"表示里程,"01"、"02"表示该里程的设站号。

### CPIII控制网区段的划分和区段之间的连接

- CPIII控制网的区段定义为在上一级控制网点约束下进行本次平差计算的CPIII网的范围。
- CPIII控制网(包括平面网和高程网)可分区段分别进行观测和平差计算,区段的长度不宜低于4km。
- CPIII平面网区段的两端必须起止在上一级控制网点 (CP I 或CP II )上,而且应保证有连续的三个自由设 站与上一级控制网点联测。
- CPIII高程网要满足区段中联测的上一级水准点的数量 不得少于3个,而且CPIII高程网区段的两端必须起止 在上一级水准点上。

## CPIII控制网区段的划分和区段之间的连接



### CPIII控制网区段的划分和区段之间的连接

• CPIII网区段与区段之间,至少应该有四对(8个) CPIII点作为公共点在相邻的两区段中都要测量;这些 点在各自区段中的观测和平差计算,应该满足CPIII网 的精度要求:除此之外,还要满足各自区段平差后的 公共点X、Y、H坐标较差应小于±2mm的要求: 在达到 上述要求后,前一区段CPIII网的平差结果不变,后一 区段的CPIII网要再次平差,再次平差时除要约束本区 段的上一级控制网点外,还要约束前一区段公共点中 至少一个公共点的坐标:这样其他未约束的公共点在 两个区段分别平差后的坐标差值应<1mm,以确保 CPIII网的整体精度。最后公共点的坐标,应该采用前 一区段CPIII网的平差结果。

#### CPIII控制网的观测条件:

- (1) CPIII控制网外业观测应待线下工程沉降和变形满足要求、 无砟轨道铺设条件评估通过后进行。
- (2) CPIII观测应在气象条件相对比较稳定的天气下进行(温差变化较小,湿度较小,如阴天),夜间观测应避免强热光源对观测的影响。
- (3) CPIII观测时测程内不能有任何遮挡物,那怕一根细铁丝也会导致成果错误。
- (4) CPIII观测时,场内不得有人体可以感受到的任何震动。

## (1) CPIII平面网的主要技术指标

控制网名称	测量方法	方向观测中误差	距离测量的中 误差	同精度 复测较 差限差	相对 <mark>点位</mark> 精度
CPIII平 面网	自由测站边角 交会	<u>±1.8"</u>	±1.0mm	±3.0mm	±1mm

- (2) 测量设备
- 全站仪要求:
  - a、自动目标照准和程序控制自动测量的功能;
  - b、方向测量中误差不大于±1″;
  - c、距离测量中误差不大于±(1mm+2ppm)。



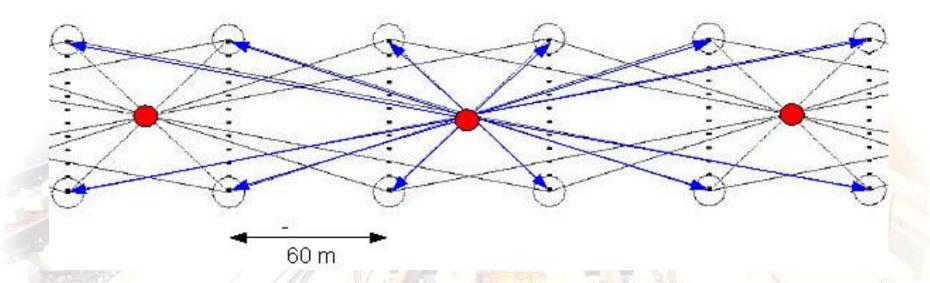




### (2) 测量设备

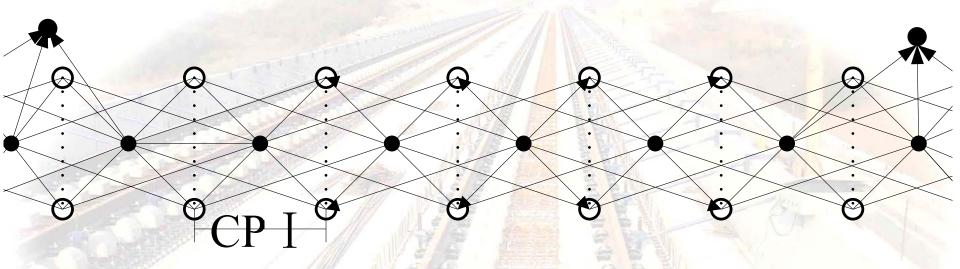
- 每台仪器应至少配14个棱镜;
- 用于进行气象改正的温度计,其测量精度应不低于 ±0.5℃。
- 用于进行气象改正的气压计,其测量精度应不低于 ±50pa。

#### (3)测量方法



自由设站的设站距离为120m时,每个自由设站应观测12个CPIII点,全站仪前方和后方各6个(3对)CPIII点,每次测量应保证每个CPIII点被测量3次以上。

### (3)测量方法



对于倒量更溶测量每分割燥的温度(如曲线隧将温度),气压的冷却解选的政事可以为60m,每个自由设站应观测8分乎线路有关短路的方型压度各分重复型程及保证每个CPIII点被测量4次以上。

• 水平方向观测

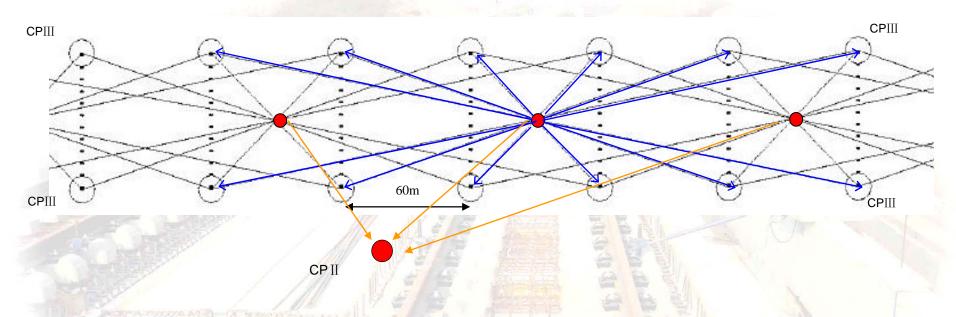
### 水平方向观测的技术要求

控制网等级	仪器等级	测回数	半测回归零差	同一测回 各方向2C 互差	同一方向 归零后方 向值较差	2C误差
CPIII	05 "	3	6"	9"	6"	≤±15″
	1"	4	6"	9"	6"	≤±15″

• 距离观测

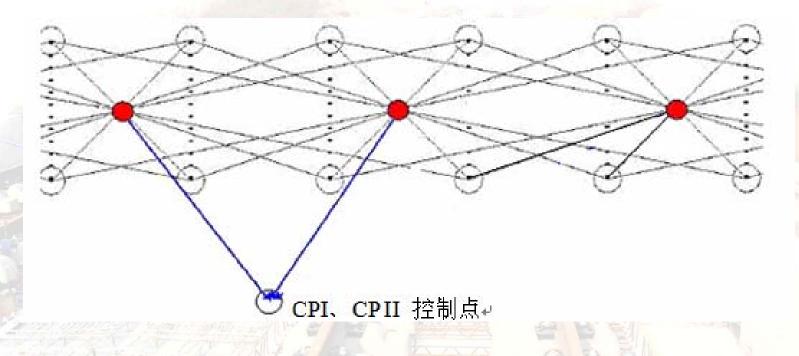
CPIII平面控制网的距离测量,应采用以下的多测回距离观测法:盘左和盘右分别对同一个CPIII点进行距离测量,把盘左和盘右距离测量的平均值作为一测回的距离测量值;每个CPIII点距离测量的测回数应与水平方向相同,各测回测量的距离较差应≤1.0mm。在全圆方向观测的同时,对CPIII点进行距离测量。

### (4)与CPⅠ、CPⅡ控制点联测



与CPI、CPII控制点联测,一般情况下应通过3个或以上线路上的自由设站进行联测,应最少观测3个完整测回数据。

(4)与CPI、CPII控制点联测(特殊地段)



与CP I、CP II 控制点联测较为困难时,应至少通过2个线路上的自由设站进行联测 ,应最少观测3个完整测回数据。

## CPIII高程控制网测量

### (1) CPIII高程控制网主要技术要求

#### 精密水准观测主要技术要求↓

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)₽
李主·蒙尔·司达·2位,5	. A B	DS1€	<b>≶60</b> ₽	e 20.1	e* 4 0 a	下丝读数↩
精密水准₽ 	因瓦₽	DS05₽	<b>≨65</b> ₽	€2.0₽	<b>≤4.0</b> ₽	≥03₽

注:①L为往返测段、附合或环线的水准路线长度,单位km。↩

②DS05 表示每千米水准测量高差中误差为±0.5mm。 ₽

## CPIII高程控制网测量

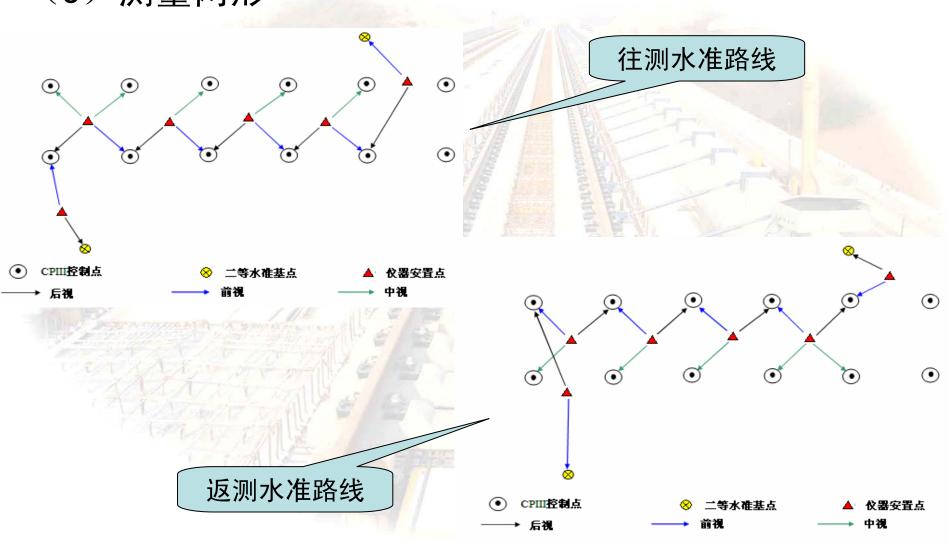
- (2) 测量设备
- 水准仪标称精度应满足每公里水准测量高差中误差不低于±1.0mm。
- 因瓦水准标尺; 木质脚架。



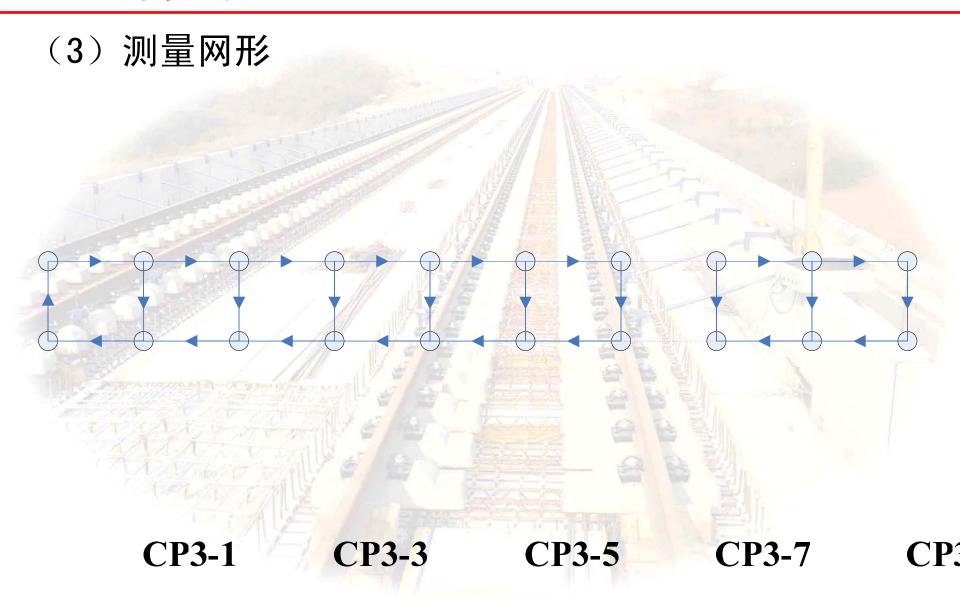


## CPⅢ高程控制网测量

### (3)测量网形

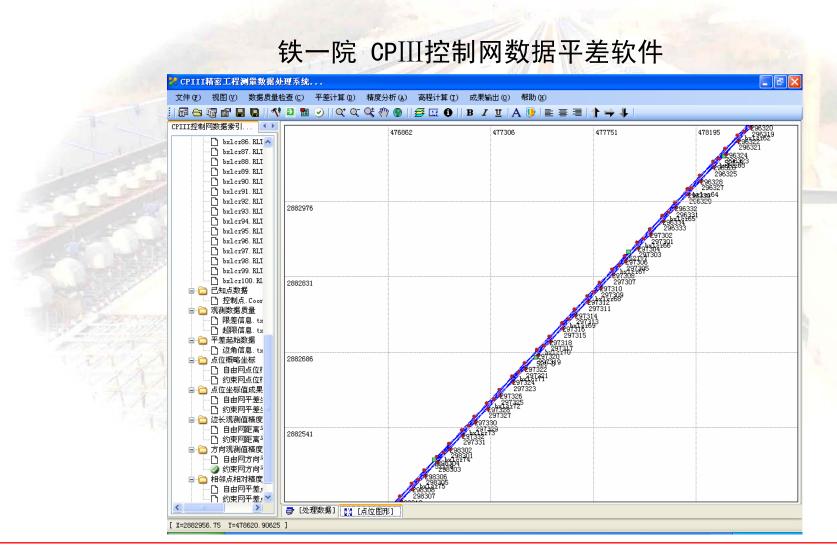


## CPⅢ高程控制网测量



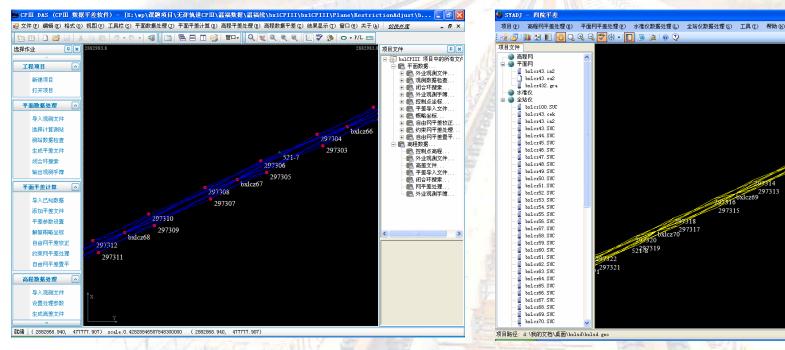
2009年5月

• 采用的CPIII控制网数据处理软件,必须通过铁道部相关部门的评审。



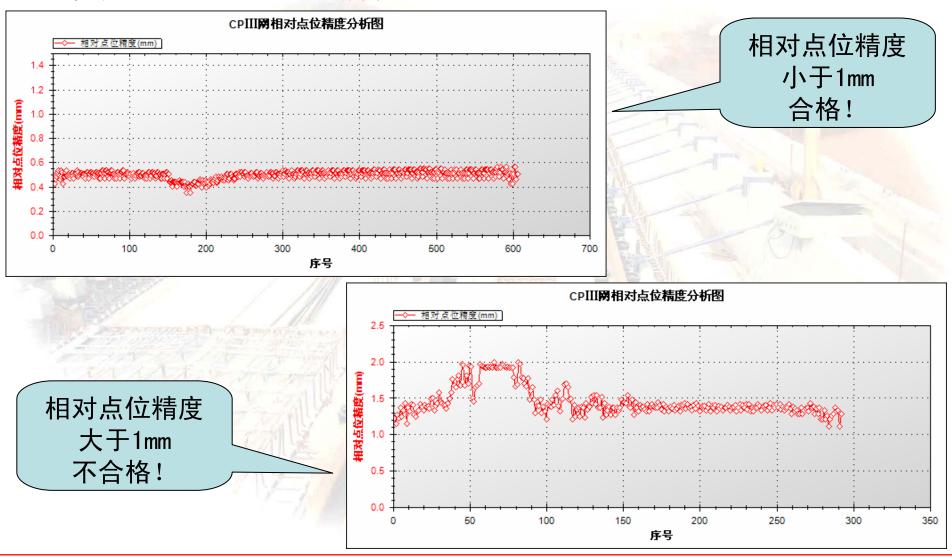
铁二院 CPIII数据平差计算软件

铁四院 工程测量平差数据处理软件

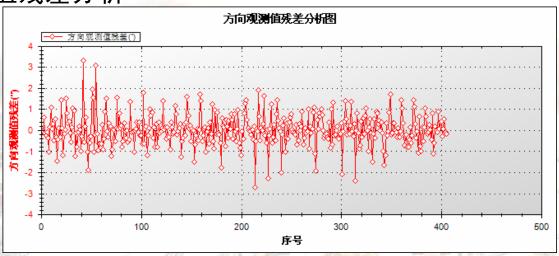


39310 297309 297311 297313 297315

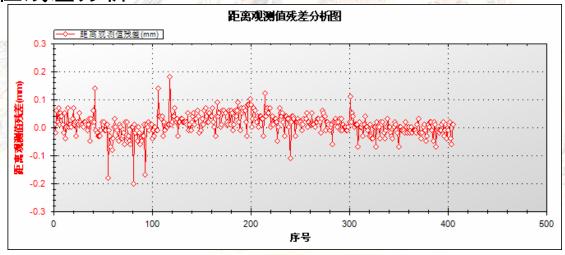
平顺性分析(相对点位精度分析)



• 方向观测值残差分析



• 距离观测值残差分析

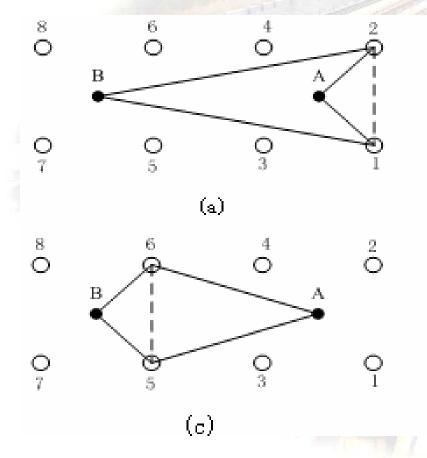


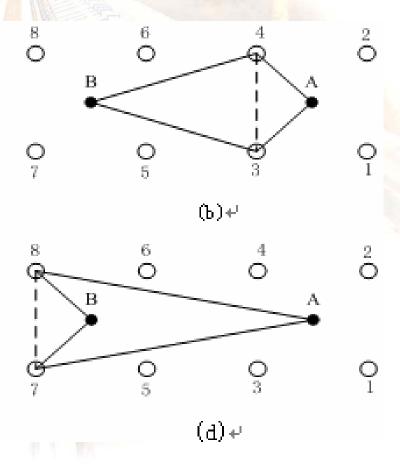
- CPIII控制网内业平差计算和基础控制资料的选用,应 满足下列原则:
- 1、CPIII平面网外业观测的数据质量全部合格后,方可进行内业的平差计算。
- 2、CPIII平面网应采用约束联测的上一级控制点坐标的方法进行平差计算,平差后任意相邻CPIII点的相对点位中误差和同精度复测较差限差应该满足规范要求。

- 3、若CPIII自由网平差后任意相邻CPIII点的相对点位中误差,能够满足规范要求,而约束联测的上一级控制点坐标平差后,任意相邻CPIII点的相对点位中误差又不能够满足规范要求时,应检测上一级控制点的稳定性和精度;若上一级控制点的稳定性欠佳或原测量精度未能满足CPII 控制网的精度要求,则该控制点不能作为CPIII平面网约束平差的起算点。
- 4、若某一区段的CPIII平面网刚好跨越投影带边缘,则该区段的CPIII平面网应该在两侧的投影带中分别进行约束平差,并提交左右投影带中两套CPIII平面网的坐标成果,此时两套坐标成果都应该规范的精度要求。

#### CPIII网纵横向闭合差的组成及其计算

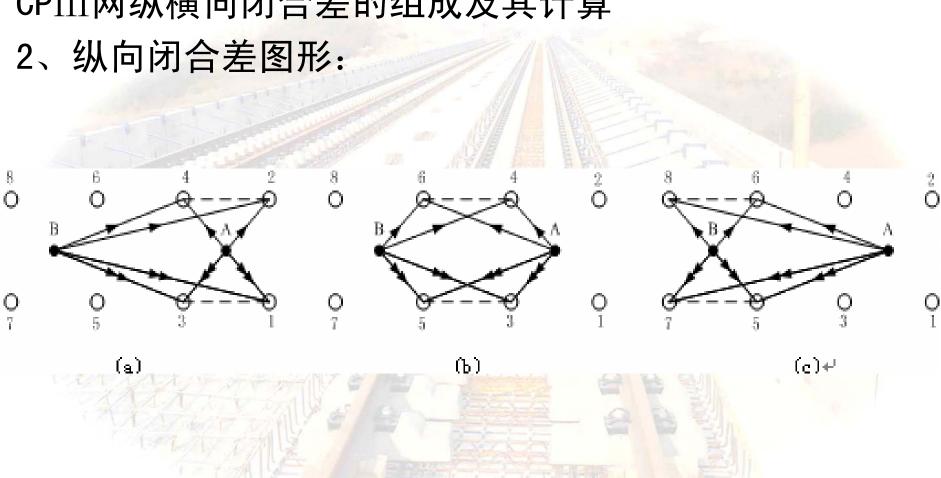
#### 1、横向闭合差图形:





2009年5月

CPIII网纵横向闭合差的组成及其计算



## CPIII控制网测量成果的整理与提交

- CPⅢ控制网测量成果的整理与提交:
- 1、CPIII平面网测量任务完成后,应及时进行技术总结。技术总结应对CPIII平面网技术方案设计和技术标准执行情况、完成质量和主要技术问题的处理情况进行分析和总结。技术总结应由单位主要技术负责人审核签名,方可上交。
- 2、经过测量单位检查验收和审核后的CPIII平面控制网成果,应按区段进行资料整理、装订成册、编制目录和开列清单,并把整理后的资料上交给有关资料审查和管理部门。

## CPIII控制网测量成果的整理与提交

- CPⅢ平面网测量和数据处理后,应该提交的资料包括:
- 1、技术方案设计书;
- 2、各区段CPIII平面控制网示意图;
- 3、各区段全站仪外业观测的原始数据文件电子文本;
- 4、各区段CPIII平面控制网闭合差(第三边较差)统计表;
- 5、各区段CPIII平面控制网约束平差的原始资料;
- 6、各区段CPIII平面控制网CPIII点坐标平差成果表;
- 7、智能型全站仪的检定资料;
- 8、技术总结报告。

2009年5月

### CPIII控制网测量成果的整理与提交

- CPⅢ高程网测量和数据处理后,应该提交的资料包括::
- 1、技术方案设计书;
- 2、各区段水准路线示意图;
- 3、各区段电子水准仪外业观测的原始数据文件;
- 4、测段往返测高差统计表;
- 5、各区段水准路线闭合差统计表;
- 6、各区段水准路线约束平差的原始资料;
- 7、各区段CPIII点高程平差成果表;
- 8、水准仪和水准尺的检定资料;
- 9、技术总结报告。

# 二等水准点高程上桥测量

