

# 桥梁工程首级控制网测量关键技术探讨

赖金富, 杨锐, 胡翾

(长江三峡勘测研究院有限公司(武汉), 湖北 武汉 430074)

**摘要:**首级控制网测量是桥梁工程顺利对接的关键技术之一,为保证桥梁工程施工质量,必须建立高精度控制网。根据国家测量规范要求,结合某桥梁工程实例,探讨了首级控制网布设过程中的布网要求,以及平面控制测量和高程控制测量的关键技术及方法。经工程检验,该控制网布测方法能有效满足工程精度要求,对类似工程具有较强的操作性和借鉴意义。

**关键词:**首级控制网; GPS; 跨河水准; 桥梁工程

中图法分类号: P21

文献标志码: A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.14.021

随着我国社会经济的不断发展和基础建设的加快,高等级公路网正逐渐完善。在高等级公路修建时,如跨江、跨海处需要修建大型桥梁,要先在施工区域内布置施工控制网,而首级控制网的布测是大桥工程施工的基本控制网,是项目设计、施工建设和营运期变形监测的基础资料。因此,首级控制网质量的好坏直接影响到工程的总体质量。为保证工程施工的质量,需要对首级控制网的布测方案进行深入研究。

本文结合某大桥首级控制网具体实施情况进行论述。

## 1 基本情况

某省在现有的两条高速公路之间布设了一条新的高速公路,此条线路是该省规划高速公路网中的重要组成部分,其跨江公路大桥是该公路通道的控制性工程。项目路线全长 39.737 7 km,其中长江大桥长 2 670 m,北岸接线长 21.273 4 km,南岸接线长 15.794 3 km。已有控制情况如下。

(1) 平面控制成果。桥位区周边 15 km 范围内北岸有国家 B 级 GPS 点 1 个、C 级 GPS 点 2 个,南岸有国家 C 级 GPS 点 1 个。接线段平面控制网观测时联测了此 4 个 GPS 控制点并作为起算点。

(2) 高程控制成果。桥位区周边 20 km 范围南岸、北岸均有 2003 年长江水利委员会复测的国家二等水准路线点。

## 2 控制网布设

### 2.1 布网要求

首级控制网应满足大桥勘测设计、施工、运行阶段的工作需要。控制网的坐标系统基准应与设计方一致,平面控制应建立有国家统一坐标系和桥轴线坐标系(独立坐标系),高程控制南、北岸应统一,并通过跨河水准使南北两岸高程有机地联系在一起。首级控制网在建网过程中,应充分保证控制网精度需要,同时考虑工程区域内不均匀沉降对控制点稳定性的影响,以及工程区域的气象、水文等其它因素对控制网布设和观测的影响<sup>[1-2]</sup>。大桥测量控制网按照“分级布设,逐级控制”的原则建立,因此首级控制网的布设除满足布网要求外,还应尽量满足下阶段施工加密控制网的布测及复测需要。布网时从平面控制网和高程控制网两个方面进行。

(1) 平面控制。平面控制网按国家公路二等要求布测。在布设时,需要考虑大桥施工期间测量工作的便利性,应在桥轴线两端及上下游布设,以利于日常的

频繁施工。平面控制网点应尽量保持与同岸和对岸控制点之间的通视。由于同岸边长与跨江边长过渡十分显著,在控制网点预选点时必须进行精度估算,结合实地勘察情况,不断优化网形。

(2) 高程控制。高程控制网按国家二等水准要求布测。在布设时,需要考虑跨河水准高程传递,使南北两岸高程控制纳入同一高程系统中。跨河水准需要做专项设计,包括测量方法、观测图形、观测时间、觇标制作、观测限差等需要严格确定,以满足大桥高程控制网精度需要。

## 2.2 平面控制网布测方法

### 2.2.1 平面控制网布置

根据设计资料及现场勘察,桥位区跨越长江水面将近 1.4 km,北岸防护林宽约 400 m,南岸河滩及防护林宽约 900 m,两岸江堤高于水面约 5 m 左右(冬季)。受防护林的影响,南岸、北岸控制网点之间通视困难,控制网点选点时主要考虑与本岸网点相互通视。

根据大桥首级控制网的目的和要求,结合以往大桥控制网布设经验及桥梁施工控制网的目的和要求,以桥轴线为中线的上下游布设为大地四边形。经实地勘察后,在南岸、北岸江堤上各布设 3 个控制网点,在江堤背水面旱地中各布设 2 个控制网点。平面控制网布网见图 1。

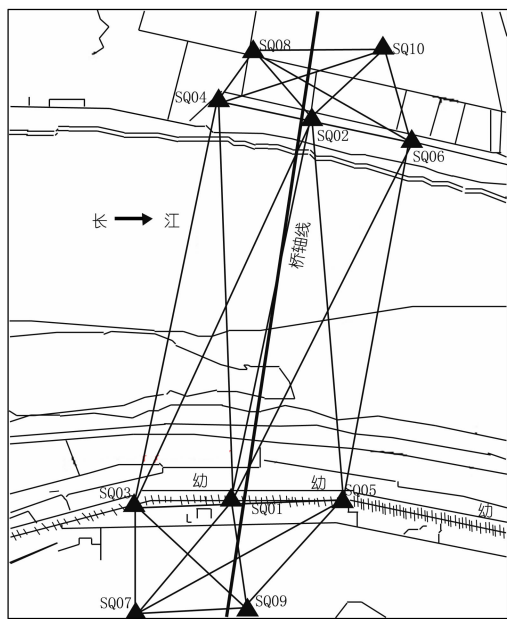


图 1 平面控制网布网示意

### 2.2.2 控制网点埋石

为减弱观测点对中误差的影响,平面控制网点应埋设混凝土强制归心观测墩,要求观测墩基础坚实稳固,对覆盖层松软且较厚的部位(如大堤或河滩上的标点),必须对基础进行适当处理,观测墩浇筑时,底

座和墩体应同时浇筑。观测墩顶部埋设不锈钢强制对中基盘,为便于施工放样,基盘上设置高程量测标志,作为墩面高程测点,观测墩底座埋设水准标志作为施工水准点。埋设时注意对中基盘的水平度。观测墩四周应进行排水处理。

### 2.2.3 平面控制网观测

(1) 已知点联测。为了与接线段测量成果保持一致,从南岸、北岸各选取一个控制网点与已知点联测。与已知点联测的 2 个控制网点作为首级控制网的起算点。联测使用 2 台 Trimble 5700 GPS 接收机和 4 台 Trimble R8 GNSS 接收机,按静态相对测量模式同步观测 4 个时段。每时段有效观测时间不少于 4 h,卫星截止高度角不小于  $15^\circ$ ,采样间隔为 30 s。

(2) 首级控制网观测。首级控制网观测采用大地四边形作为基本图形,以边连接形式进行。观测技术要求同已知点联测。

### 2.2.4 数据处理

(1) GPS 基线处理。采用 Trimble 公司的商用软件 TBC 进行 GPS 基线外业预理解算。基线处理中各项指标取软件推荐的缺省值,采用自动方式解算,对不符合要求的基线需进行人工干预、处理。最终基线须采用双差固定解。

每天 GPS 外业观测结束后,在现场先对 GPS 基线进行预处理,按相应规范进行同步环、异步环及重复基线的检校。

基线解算完毕后,进行同步环、异步环和重复基线的检验。检核结束后,输出检验结果,检核结果通过后进行下一步平差计算。

(2) 平差计算。先进行三维无约束平差,再进行二维平差。首级控制网平差计算以与国家等级网点联测的大桥控制网点作为起算数据,使用武汉大学研发的 COSA GPS 软件进行平差计算,同时采用 Trimble 商用软件 TBC 进行校算。独立坐标系平差计算采用一点一方位进行,投影面高程采用大桥桥面设计高程。

在独立坐标系中,最差二维基线相对中误差为  $1/614\,000$ ,符合规范小于  $1/120\,000$  的要求。最弱点的二维点中误差为 0.6 mm,其中 X 误差为 0.5 mm, Y 误差为 0.8 mm。平差结果表明成果满足规范要求及项目需要。

## 2.3 高程控制网布测方法

### 2.3.1 高程控制网布置

除在观测墩底座埋设施工水准点之外,在南岸、北岸需布设水准基点,水准基点布设时需考虑点位稳定性、水准施测的便利性、不易破坏等因素。在条件允许

的情况下应布设为基岩点。该项目首级高程控制网水准基点在大桥南岸、北岸各布设 2 座。高程控制网按国家二等常规水准测量要求进行,南岸、北岸通过两处跨河水准构成闭合环。

2.3.2 高程控制网观测

(1) 陆上水准观测。高程控制网观测前,需对已知水准点进行检测,检测合格后再进行水准观测。

陆上水准采用 Leica DNA03 数字水准仪,按《国家一、二等水准测量规范》(GB/T 12897 - 2006) 中二等水准要求进行<sup>[3]</sup>。

(2) 跨河水准观测。跨河水准需要做专项设计,包括场地选择、标尺点和仪器安置墩的测定及标石埋设、觇牌设计制作、编制观测计划等。

经实地勘察,在桥轴线上下游分别选定跨河场地,跨河水准布置示意图 2。

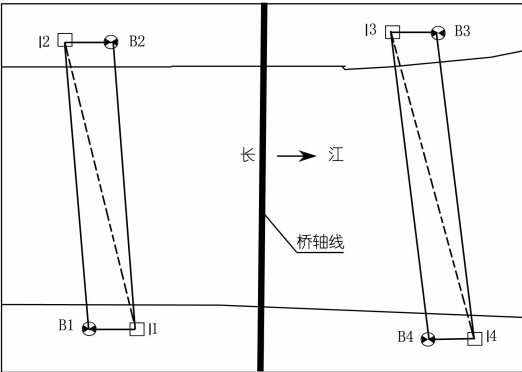


图 2 跨河水准布置示意

跨河水准观测使用两台 Wild T3 经纬仪,采用“经纬仪倾角法”同步对向观测,用垂直度盘测定水平视线上、下两标志的倾角,计算水平视线位置,求出两岸高差。数据记录采用长江三峡勘测研究院有限公司研发的“基于 Android 系统的精密水准测量记录系统”,结合 Samsung 平板电脑进行,由程序即时自动计算各项限差,观测完成后自动完成测站计算,其数据为下一步计算的依据。电子记录数据及时打印并装订成册,以供检查。跨河水准测量精度统计结果见表 1。

表 1 跨河水准测量精度统计

| 起止点     | 跨江长度/<br>km | 双测回数 | 第一、二位置<br>高差之差/<br>mm | 第一、二位置<br>高差之限差/<br>mm | 高差中数<br>中误差/<br>mm |
|---------|-------------|------|-----------------------|------------------------|--------------------|
| B1 ~ B2 | 1.17        | 24   | 0.11                  | ±4.33                  | ±0.32              |
| B3 ~ B4 | 1.17        | 24   | 1.26                  | ±4.33                  | ±0.53              |

2.3.3 数据处理

对水准测量观测高差进行尺长改正、水准面不平行改正、重力异常改正。全网高差以一个已知水准点起算。水准环线长度为 22.85 km,高程闭合差为 3.88 mm,限差为 ±19.12 mm。平差后,每千米水准测量高差中数的中误差为 ±0.3 mm,最弱点高程中误差最大为 ±1.92 mm。成果满足规范要求及项目需要。

3 精密测距边长对比

为了检核 GPS 网的外部是否符合精度要求,使用 Leica TM30 全站仪,按二等精度测定网中 2 条边长。光电测距边观测时,采用通风干湿表和空盒气压表测定测站和镜站的温度和气压(测前、测后各 1 次),在完成测距观测后,对边长观测值进行气象改正、测距仪加乘常数改正、斜距归心改正、边长投影改正处理。

光电测距边长与 GPS 边长平距对比结果见表 2 (边长归算到同一投影面),由表 2 可知,GPS 观测成果满足规范要求。

表 2 Leica TM30 测距边与 GPS 边长度比较

| 边号 | GPS 边长/m  | 光电测距边长/m  | 较差/mm | 限差/mm |
|----|-----------|-----------|-------|-------|
| 1  | 530.35074 | 530.35282 | -2.08 | ±5.74 |
| 2  | 574.34559 | 574.34853 | -2.94 | ±5.79 |

4 结语

(1) 首级控制网测量是桥梁工程顺利对接的关键之一,因此必须建立高精度控制网。本文介绍的控制网布测方法能有效保证控制网的精度和可靠性。

(2) 跨河水准是桥梁工程控制测量的难点,布测时需要做专项设计。

(3) 桥梁工程是高等级公路的重要组成部分,合理的平面和高程控制网布设研究对项目的实施具有重要意义。

参考文献:

[1] 中交第一公路勘察设计研究院. JTG C10 - 2007 公路勘测规范[S]. 北京:人民交通出版社,2007.

[2] 国家测绘局. GB/T 18314 - 2009 全球定位系统(GPS)测量规范[S]. 北京:中国标准出版社,2001.

[3] 国家测绘局. GB/T 12897 - 2006 国家一、二等水准测量规范[S]. 北京:中国标准出版社,2006.

(编辑:邓玲)

监测资料表明,滑坡体的变形速率与降雨量之间存在明显的对应关系。2005 年 7 月 8 日降雨量达到 95.7 mm,相应地在 2005 年 7 月 16 日后一段时期内,Ⅱ区多数测点无论是水平方向位移量还是垂直位移下沉量均显著增大。从图中还可看出,位移变形一般滞后于降雨约 1~2 个月。

4 结 语

金坪子滑坡重点监测区域Ⅱ区存在严重的蠕滑,滑带明显,其位移变形速率与降雨量正相关,且滞后于

降雨 1~2 个月。相关监测资料为后期滑坡治理方案的优化和治理评价提供了重要参考依据。

参考文献:

[1] 方世跃. 滑坡预报预测研究[D]. 兰州:兰州大学,2007.  
[2] 李瑜理. 滑坡监测与变形预报分析[J]. 山西建筑,2008,34(20).  
[3] 李珍. 监测仪器安装过程中一些问题的讨论[J]. 人民黄河,1999,21(10).  
[4] 张国超,范付松,赵鑫. 间歇性降雨对滑坡稳定性的影响[J]. 安全与环境工程,2011,18(4).

(编辑:胡旭东)

Comprehensive analysis of deformation monitoring of Jinpingzi landslide at Wudongde Hydropower Station

TAN Yunzhao, WANG Zhengxiang

(Sanxia Exploration and Survey Co., Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The Jinpingzi landslide is less than 1 kilometer away from the dam site of Wudongde Hydropower Station, and deformation was found during the preliminary exploration stage of the construction, so it is necessary to carry out comprehensive monitoring and analysis. On the basis of detailed investigation of the topography and geomorphology and geological structure of the Jinpingzi landslide, the landslide body was divided into 5 deformation areas, and a series of monitoring facilities were reasonably arranged to analyze the surface displacement, deep displacement and crack deformation. The monitoring results show that a serious creep phenomenon existed in the key monitoring area (District II) of the landslide and the landslide zone was obvious; there was a positive correlation between the landslide displacement deformation rate and the local rainfall, and the landslide generally lagged behind the rainfall for 1~2 months.

**Key words:** deformation monitoring; rainfall; crack deformation; Jinpingzi landslide; Wudongde Hydropower Station

(上接第 75 页)

Discussion on key survey technology of first order control network for bridge works

LAI Jinfu, YANG Rui, HU Xuan

(Sanxia Exploration and Survey Co., Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The first order control network survey is one of key technologies in smooth connecting of bridges. In order to ensure construction quality of bridge works, the high accuracy control network must be established. In the combination with a practical bridge case, the arrangement requirement of the first order control network as well as the key technologies and methods of horizontal control survey and vertical control survey are discussed. The result check proves that the arrangement method of the control network can effectively meet the requirement of construction.

**Key words:** first order control network; GPS; crossing river leveling; bridge works

· 科技动态 ·

长江勘测规划设计研究院岩土公司获 2 项计算机软件著作权

日前,长江勘测规划设计研究院岩土公司自主研发的“野外地质信息数据处理系统软件 V1.0”和“野外地质信息数据绘图系统软件 V1.0”获得国家版权局颁发的计算机软件著作权登记证书。

“野外地质信息数据处理系统软件”可快速将野外地质信息采集系统移动端采集的数据导入 PC 端,导入时可以对多个移动端采集的数据进行合并和自动检查数据的正确性,对项目

的图件、文件、图片进行预览与管理,可快速生成、打印电子卡片等;“野外地质信息数据绘图系统软件”开发了独立于 AutoCAD 的支持 DWG 文件格式的绘图系统及 DWG 文件预览系统,自动进行边坡赤平投影稳定性分析和滑坡稳定性计算分析,可快速进行野外地质数据的输入及查询等。

(长江)