

抽水蓄能电站引水隧洞测量贯通精度控制浅析

胡广柱 秦鸿哲 赵毅

陕西镇安抽水蓄能有限公司 陕西 西安 710054

【摘要】：抽水蓄能电站是电力系统中较为可靠、经济、容量大、技术成熟的储能装置，是新能源发展的重要组成部分。主要承担电网调峰、填谷、调频、调相、事故备用等任务。镇安抽水蓄能电站位于陕西省商洛市镇安县境内^[1]。为一等大(1)型工程，电站总装机容量1400MW(4×350MW)，主要工程内容有，上水库、下水库、输水系统、地下厂房系统、开关站、场内交通工程等。施工区域属于高中山侵蚀山地地貌，山高坡陡，植被茂密，地形复杂，沟谷切割强烈，冲沟发育，施工难度大，工程测量精度至关重要。

【关键词】：工程测量；抽水蓄能电站

1 概述

1.1 采用的测量基准

施工测量控制网复测平差计算采用设计单位中国电建西北院提供控制网成果作为起算点，平面坐标系统为1954年北京坐标系，3度分带第36带，边长投影高程面1100m；椭球参数：长半轴 $a=6378137.0$ ，扁率： $1/f=298.257223563$ ，中央子午线 $108^{\circ}00'00''$ ，1956年黄海高程系统为高程采用系统^[2]。

1.2 应执行的测量规范

- (1)《水电水利工程施工测量规范》(DL/T5173-2012)
- (2)《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T18314-2009)
- (3)《国家三、四等水准测量规范》(GB/T12898-2009)

2 引水隧洞导线布设

2.1 洞内导线布设要求

(1)导线点埋设时，采用钻孔深1米、埋设 $\Phi 22$ 钢筋(钢筋顶上刻十字线)外露0.3m，外露部位采用0.4m×0.4m混凝土浇筑，钢筋顶部刻十字标记，在边墙可通视的显著位置用红油漆注明点号，用显著箭头指示桩位，便于找点使用。导线点也可以作为高程点使用。

(2)采用导线点单排埋设，点与点的间距控制在100~120m，导线点应尽可能布设在避免施工干扰、地基稳固可靠的地段，导线边以接近等长为宜。

2.2 洞内导线精度要求

洞内导线的基本方法是测回观测法^[3]，在开展测量施工前，洞内控制网的测量等级一般应根据隧道的长度来定。洞内控制网的等级和测角中误差及边长的相对精度按《水电水利工程施工测量规范》(DL/T5173-2012)。本项目隧洞洞

内导线精度按四等控制。测角中误差 $2.5''$ ，边长相对中误差 $1/50000$ ，水平角方向观测法技术要求洞内高程测量精度要求按四等要求，每千米高程测量偶然中误差 $\leq 5.0\text{mm}$ 。

等级	仪器类型	光学测微器两次重合读数差 / (")	两次照准读数差 / (")	半测回归零差 / (")	一测回中2C较差 / (")	同方向值各测回互差 / (")
二、三、四	0.5"级	1	2	4	6	3
	1"级	1	4	6	9	6
	2"级	3	6	8	13	9
五	1"级	1	4	6	9	6
	2"级	3	6	8	13	9
	6"级	—	12	18	—	24

注：当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^{\circ}$ 时，该方向的2C较差，按相邻测回同方向进行比较，其差值仍符合本表规定。

2.3 洞内导线测量形式

单导线布设灵活，检测条件便利，本工程隧洞内导线均为单导线形式布设附合导线形式进行测量，测量转折角时应半数测回测左角；另外半数测回测右角，这样即可加强测量检核。避免导线端头夹角过小或距离过短而影响导线测量精度。且在施工测量中应定期检查各导线点的稳定情况。

3 引水隧洞测量放样

3.1 放样前准备

- (1)依照正式的图纸、设计修改通知或其它文件进行。
- (2)平面控制点及高程控制点数据的检查，若发现施工区域内不能满足要求的，应对控制点进行有效加密。
- (3)根据设计图纸及控制点成果计算放样数据，根据工作需要绘制放样草图，所有数据一般情况下经两人独立计算校核。采用计算机计算时，必须核对输入数据和数学模型的正确性。
- (4)准备格式规范的放样记录手簿，对仪器和测量工具要及时提前进行检查与检验；熟知放样流程，并按流程放

样。

3.2 斜井开挖放样

3.2.1 所需资料及测量设备

(1) 引水斜井及上、中、下平洞等建筑物施工开挖、支护图。

(2) 《镇安抽水蓄能电站施工测量控制网点成果表》及加密控制成果。

(3) 测量设备：采用 TS09plus-1R1000 (1' 级) 全站仪，中海达 GPS 等辅助设备。

3.2.2 反井钻的定位控制

(1) 在已浇筑完成的反井钻砼平台上放出斜井中心点，钻机就位时钻杆的中心对准底板已标注好的中心点，对钻机进行粗调，使机架基本垂直，对机器基座和车架固定。

(2) 在设备的两侧做标记点，用来控制机器与地板面所成角度，标记点必须应当在同一垂线，机架上两点间的偏差值控制在 2mm 以内。

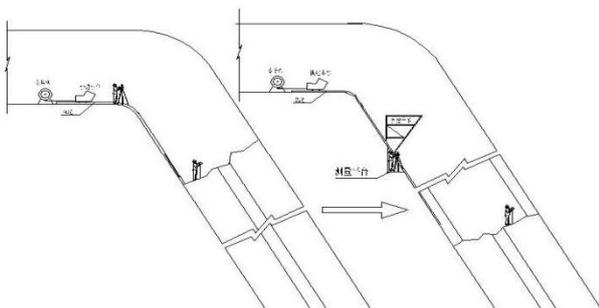
(3) 钻进 1m 左右需对钻机的坡度进行检测，随着钻进深度的增大，检测的间距也随之增大。达到 30m 以后由设备进行导向控制。

3.2.3 扩挖测量控制

扩挖即成型开挖，采用全站仪配合激光指向仪对斜井放样，较传统方法明显缩短放样时间、提高放样精度并且操作简单，安全可控。

(1) 在斜井中部的底板处局部超挖，设置导线精度控制点位，一般用正倒镜法，在掌子面上放出斜井轮廓线及桩号点位。如图所示：

斜井扩挖施工测量过程工艺图



(2) 每隔 50m 处设置一观测平台，将观测点导入测量平台用以控制下一测段。解决斜井 55 度倾角造成的纵向平距与高差互相影响的误差，并及时对开挖断面进行测量，用

于检查欠挖，便于立即处理。

4 测量精度保证措施

4.1 提高精度的技术措施

对工程施工而言，测量就如同眼睛，对工程施工有着关键性的指导性作用。为提高测量精度。

(1) 设站时的站点与监测点的距离尽可能小，视线与反光片表面夹角角度越大越好，通过增加测回数，并保证每一次观测使用同一台仪器，在相同位置，使得误差影响减小。

(2) 为了能够进行放样测量，导线点尽可能布置密一些，便于及时使用。且在选择导线点的时候，要避开经常被车辆碾压部位，以防车辆通行时被破坏，也要考虑爆破开挖施工的影响。

(3) 受施工区开挖爆破影响，每月进行一次定期复测。

(4) 平差计算采用 CODAPS 软件，减少人为干预，提高效率。

(5) 选择适当的大地投影面，大地投影面高程，应在放样精度要求最高平面上。

(6) 施工放样计算编程选用卡西欧 5800p 计算器，其中一个测站放样，另外一个测站用来开展校核复测工作。

4.2 人员及设备措施

(1) 人员必需持证上岗，严格按有关规范、规定的要求开展测量工作。

(2) 人员要认真研究图纸，对结构物尺寸掌握一清二楚，严格按蓝图放样。

(3) 人员具备高度的责任心，要为所放点、桩的正确性负责。

(4) 测量仪器必须在检定期内使用，按国家技术监督局正式执行的相关规定进行检定。

(5) 测量仪器使用应在受控状态，因为测量仪器是高精密仪器，要定期开展检定校核。

4.3 测量过程保证措施

(1) 根据工程进度，适时对控制点加密，保证其精度满足规范要求，并便于现场使用。定期对使用中所有控制点校核。

(2) 在仪器定向过程中，要有至少两个以上点可以用于校核，后视点距离应当大于放样点的距离。测量放样执行

完后，在对后视方向进行测量校核，偏差不得超出允许范围。

(3) 测量记录要执行数据原始的真实的、数值是正确可靠、书写的字体要工整清晰的原则，而且简单记录应现场就完成填写，从始至终保持原始性。

(4) 在施工现场点位交接时，现场点与桩橛的交接一般放样人员开展，带班人员负责完成测量数据内业交接。施工现场人员有配合放样并接收交点的义务，而且交接要清楚，熟知所放点、桩橛的实际位置，准确的相关参数数值，采取必要措施对现场点、桩橛进行保护。

4.4 测量安全保证措施

(1) 认真学习宣贯，严格执行国家发布的测量行业相关法律法规和规范、规程，遵守安全制度、落实安全措施，测量人员进入施工现场，首先应进行测量培训并经考核合格后持证上岗；

(2) 测量仪器架设、放置要有醒目标志，作业时注意做好测量仪器的防水、防尘、防止摔碰、防止暴晒和防止爆破影响，避免仪器受损，在露天测量要避免在降雨、降雪及雷电、大雾及大风等极端天气下使用；

(3) 测量设备在运输及使用过程中，要轻拿轻放，避免剧烈颠簸，在测量作业有移动时，应当将仪器拆卸后放入箱，必要时上锁，过程中提环、背带与背架等运输工具牢固可靠，若仪器安在三角架上，要减速慢行谨慎，严防仪器碰撞到构筑物，搭设好的脚手架、固定用钢丝绳等；

(4) 测量作业时，注意上空各类电缆线，坚决杜绝触电事故，测量的桩点一般选择设置在视野开阔、通视情况良好、基础坚实的地方，保证稳定可靠使用；

(5) 在隧洞测量时应有足够照明，且要穿着反光漆标识安全背心，吊装作业区域测量时要配备监护人员，坚决禁止吊物作业下方施工；

(6) 布置控制桩点位，首先应选择无大型机械设备通行的区，围岩要稳定；仪器使用完毕后不能长时间闲置无人看管，应及时装箱，存放在室内应当具备通风干燥的条件。

5 隧洞贯通测量

5.1 贯通测量要求

根据《水电水利工程施工测量规范》(DL/T5173—2012)的相关明确要求，陕西镇安抽水蓄能电站，引水隧洞贯通测量限差应满足表 9.1.2 的规定：

表 9.1.2 贯通测量限差

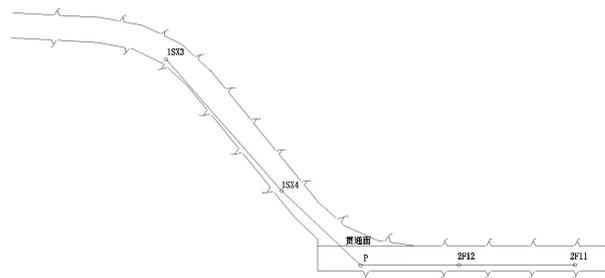
相向开挖长度 (含支洞在内) km	限 差 mm		
	横向	纵向	竖向
<5	±100	±100	±80
5~9	±150	±150	±80

5.2 仪器精度指标

在外业实施测量作业时，使用的是 Leica TM50 型全站仪 (标称精度测角单方向 1"，测距精度 ±0.6mm + 1ppm) 开展外业测量作业。

5.3 贯通测量结果

根据洞室内的现场情况，仪器架设在 1SX4 点，定向 1SX3 点测设贯通面 P 点，然后仪器架设在 2F12 点，定向 2F11 点测设贯通面 P 点，得出两组三维坐标值，1SX3 和 1SX4 点为斜井内导线控制点，2F11 和 2F12 为 1#引水中平洞内施工导线控制点。



观测结果如下：

点号	X (引 1)	Y (洞左右)	H
斜井 P 点	639.606	0.506	1077.657
中平 P 点	639.588	0.497	1077.665
斜井—中平 (m)	0.018	0.009	-0.008

其中：X 为里程桩号，Y 为距洞轴线距离，即斜井和中平洞的相对横向贯通误差，从表中可以看出，里程贯通误差仅为 18mm 远小于 ±100mm，横向贯通误差为 9mm 远小于 ±100mm，高程贯通误差为 8mm 远小于 ±80mm。

6 结论

通过采取以上一系列有效的控制措施，探索工程测量新的实用技术、布置测量网新的方法，就抽水蓄能电站引水隧洞减小贯通误差开展了一些探讨与研究，并结合抽蓄电站建设实例对规范中贯通误差值的分配进行了验证，洞内、洞外平面控制测量采用全站仪附 (闭) 合导线，平面控制网等级按三等施测，用三等光电测距三角高程测量代替水准测量展开高程控制测量，满足测角中误差小于 1.8"，导线全长相

对闭合差小于 $1/100000$ 的技术要求。测量时,采用往返观测方法进行,结果证明采用平面附和导线按四等精度施测,高程采用三角高程按四等精度施测,能够完全保证引水隧洞贯通高精度要求。

参考文献:

- [1] 顾甜甜,秦国民,徐俊.镇安抽水蓄能电站水文设计[J].广西水利水电,2019,000(004):32-34,37.
- [2] 向垂规,李有华.水利工程长隧洞贯通测量方法研究[J].价值工程,2018(10):120-122.
- [3] 孟怡凯,何文浩,何建栋.水库控制网测量技术设计应用[J].水利科技与经济,2016,22(8).