

光电测距三角高程测量在水电工程中的作用研究

吴 镒

中国葛洲坝集团第二工程有限公司, 四川 成都 640091

【摘 要】 水电工程多存在于某些地形非常复杂的山区, 这种区域地势的落差普遍非常大, 传统利用水准测量方式, 测量效率会非常低下; GPS 静态测量方式又难以满足精度要求, 就目前的形势来说, 利用光电测距三角高程的方法是比较明智的选择, 因为光电测距三角高程方法受地形条件限制很小, 本文争取结合测量学中的误差理论进行总结, 对三角高程测量方法进行一些浅显的说明, 并对其在水电工程上的应用提出一些粗浅的分析, 希望对相关人士有所借鉴。

【关键词】 三角高程; 对向观测; 光电测距

众所周知, 光电测距三角高程的高程测量, 是采取的距离相等的对向观测, 目的就是为了避免在大气折光中垂直角发生改变导致测量不准确的情况。在很多行业已经制定并且实施的规范中都对这方面的观测误差值进行了规定, 控制在固定限定差值以内, 一般即可保证数据的可靠性。在实际进行操作的时候, 因为大气折光系数变化比较大, 容易出现测量数据不准确的情况, 经常会发生观测误差值超限, 这就需要操作人员进行返工, 无形中加大了工作的难度以及浪费了施工的时间, 所以选择合理的测量方法就尤为重要。

1 高程测量对水电工程的意义

高程测量在水电工程测量中具有十分重要的作用。尤其在深入高山密林地质环境复杂的山区进行测量作业时, 运用传统的水准测量由于山区地形复杂, 且测量视线短、速度慢、劳动强度大、易受气象条件影响等缺点, 使其作业效率难以提高。针对山区复杂地理环境特点, 运用光电测距三角高程测量可以减少山区地势环境的影响, 减缓作业难度, 极大提高测量效率, 十分适合野外山区作业。因此, 在水电工程测量中, 运用光电测距三角高程控制测量具有十分重要的意义。

2 以斯里兰卡莫拉高拉水电站项目为例

该水电工程项目位于斯里兰卡首都科伦坡市东北约 130 公里, 康提市以南约 22 公里的中部高地马哈威利河上游海拔 470 米至 650 米的山区, 莫拉高拉水电站是一座日峰值发电站, 坝高约 37 米, 总装机容量 30.2MW (2x15.1MW), 设计水头 76.7m, 水库集水区面积为 809 km², 最大流量为 50m³/s。工程所处地区山地非常多且落差大, 地形复杂, 通视条件非常差。在前期进行地形测量, 首先就要对我们的水准点进行校核, 故采用光电测距三角高程控制测量来代替水准控制测量。

2.1 光电三角高程测量

光电测距三角高程在水电工程中的测量, 只需要有一个初始点位, 即可通过测点位的斜距与垂直角作为测量基础的高度差, 因为这种优点, 光电测距三角高程测量不怎么受地形的限

制, 使用范围越来越广。全站仪进行三角高程测量时有单向观测、对向观测、中间点观测法等不同方法, 不同的观测方法可以满足不同的高程测量的精度要求。三角高程测量是一种间接测高法, 它不受地形起伏的限制, 且施测速度较快。不足之处就是每次都要量取仪器高、棱镜高, 从而产生测量误差导致测量精度偏低。而本次通过现场实测, 结合了水准测量的任一置站的特点, 从三种光电测距三角高程法选择了跳点法, 并通过改进跳点法来减少了三角高程的误差来源, 使每次测量时不必量取仪器高、棱镜高, 使三角高程测量精度进一步提高, 速度更快。

2.1.1 单向观测法

单向观测法如图 1 所示, 其中 A 点为已知高程点, B 点为待测高程点, 欲在 A、B 两点之间采用三角高程测量的方法测定高差 h_{AB} , 在 A 点安置全站仪, 测量其仪器高 i , 在 B 点安置棱镜, 测量其棱镜高为 v , 由 A 点的仪器测量 A、B 两点间的斜距 S 与 A 至 B 点的垂直角 α 。

2.1.2 对向观测法

对向观测法三角高程原理与单向观测法三角高程原理相似, 单向观测只需要进行往测, 而对向观测则需要往返观测。全站仪置于 A 点观测完毕后再将全站仪置于 B 点, 棱镜置于 A 点, 测量 B、A 两点间的斜距 S 与 B 至 A 点的垂直角 α 。一般地, 如果 A、B 两点距离较远时, 必须考虑地球曲率和大气的折光对其所测高差的影响, 二者对高程测量的联合影响称为“两差影响”, 也称为球气差。

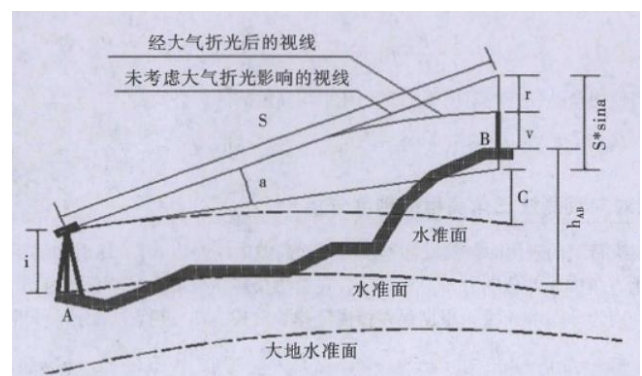


图 2-1 全站仪三角高程测量原理图

2.1.3 跳点法

这种测量的方法与传统的四等水准测量比较相像，仪器与战标相互交替进行测量，这种形式能够保证遇到地形变化能够根据山地的条件进行随机的建站，见下图。按此图来说，如果 A 点的高程为 H，假如我们想要 B 点的高程，A 点与 B 点自然是不相通的，可以在 A 点与 B 点设置战标，A 点为后视点，B 点为前视点，这样的话能够对 D 点的高进行测量，也能够记录 A 点与 B 点的距离，最后在 D 点利用仪器与 A 点、B 点进行测量记录斜距与垂直角。

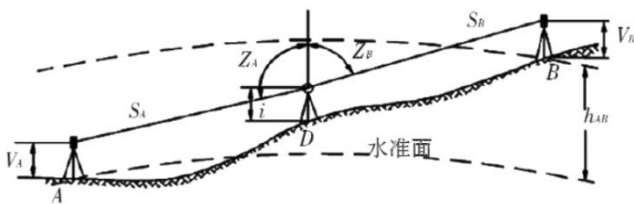


图 2-2 “跳点法”测距三角高程原理图

这其中，SA 和 SB 分别为 D 点到 A 点，D 点到 B 点的斜距，分别是 ZA 与 ZB，而 D 点是到 A 点与 D 点到 B 点的垂直角，Had 为 AD 两点之间的高度差。关系如下

$$h_{AD} = S_A \cos Z_A + V_A - i$$

$$h_{DB} = S_B \cos Z_B + i - V_B$$

那么 D 点的高程 H 为

$$H_D = H_A + h_{AD}$$

这就可以对 B 点的高程 H 进行求取

$$H_B = H_D + h_{DB}$$

表 2-1 三角高程测量的主要技术要求

表 4.3.3 电磁波测距三角高程观测的主要技术要求

等级	垂直角观测				边长测量	
	仪器精度等级	测回数	指标差较差(″)	测回较差(″)	仪器精度等级	观测次数
四等	2″级仪器	3	≤7″	≤7″	10mm 级仪器	往返各一次
五等	2″级仪器	2	≤10″	≤10″	10mm 级仪器	往一次

注：当采用 2″级光学经纬仪进行垂直角观测时，应根据仪器的垂直角检测精度，适当增加测回数。

三角高程测量受到的自然地形因素影响比较小，所以在此地区使用非常的适合，能够非常明显的提升工作效率，保证测量精度。垂直角观测误差对光电测距三角高程中误差的影响很大，是误差的主要来源之一，随测站点与执镜点的距离增大而

增加对高差中误差的影响，设站点与前后视距离不等距也会产生较大影响。因此，在实际作业中一定要对作业环境进行严格管理，除了这一点以外，垂直角的误差利用标称精度高的仪器通过加测回数的方式也能进行降低。

在实际测量的时候采用的是莱卡 TS06 仪器，按照跳点法进行测距，把国家级控制点 FBM 作为后视点，将另一个控制点作为前视点，其中前视点不在控制点上的时候把临时点做好标记，将整平好的仪器架设在两点之间稳定的地面上，并将脚架踩牢固，使用相同的带支架组的中对杆整平对中放置待测点上。为了保证四等光电测距三角高程测量精度，高程测量采用了闭合线路观测方法，每站进行四测回的测量，并对每测回的左右盘读数进行记录，在测量的时候采用“后前前后”的观测顺序进行采集记录，边记录边算，垂直角左右指标误差值控制在 7″ 以内，测回间较差也控制在 7″ 以内，每站前后视距不宜过长，尽量保持等距来消除大气折光系数误差，每个站点保证觇标高不变保持一致，这样可以完全避免人为量取觇标高所带来的测量误差。

在测量完成之后，我们把数据输入到我们制作好的平差表格或软件里面，我们使用的是表格进行平差，这表格能够计算出两点之间高差以及闭合差，然后根据距离自动进行平差分配。以国家级水准点 FBM 作为起算点通过表格计算得出我们所测点的高程成果，见表。

三角高程导线计算									
测点	站法	垂直角		斜距 S (m)	平距 S (m)	棱镜高 I (m)	高差 (m)	高差中数 (m)	改正数 (m)
		度分秒	″						
FBM	前	010° 48′ 02.00″	10.801	323.068	317.345	1.3	-59.240		
	后	-000° 19′ 37.50″	-0.327	344.891	344.885	1.3	3.269	-62.509	0.0018
1	前	000° 37′ 58.00″	0.633	177.492	177.481	1.3	-0.660	0.294	0.0009
	后	000° 52′ 03.25″	0.868	148.904	148.887	1.3	-0.955		
2	前	-003° 04′ 22.50″	-3.073	88.150	88.023	1.3	6.025	6.971	0.0005
	后	001° 17′ 10.75″	1.286	100.015	99.990	1.3	-0.945		
3	前	000° 45′ 05.75″	0.752	126.241	126.230	1.3	-0.356	25.653	0.0009
	后	007° 58′ 15.75″	7.971	196.933	196.030	1.3	-26.009		
cp1	前	007° 58′ 11.75″	7.972	196.933	196.030	1.3	-25.011	-25.654	0.0009
	后	000° 45′ 08.00″	0.752	126.241	126.230	1.3	-0.357		
4	前	001° 03′ 51.25″	1.064	82.231	82.216	1.3	-0.227	-7.298	0.0005
	后	-002° 56′ 55.75″	-2.949	112.169	112.020	1.3	7.070		
5	前	000° 46′ 32.25″	0.776	142.847	142.834	1.3	-0.634	0.031	0.0009
	后	000° 37′ 59.50″	0.633	177.763	177.752	1.3	-0.664		
6	前	-000° 18′ 37.25″	-0.310	344.971	344.965	1.3	3.169	62.503	0.0018
	后	010° 49′ 02.00″	10.817	323.080	317.339	1.3	-59.334		
FBM	前								
	后								
合计					2996.269			-0.008	

精度分析：根据上面的三角高程测量数据，其高差的闭合差值为 $40\sqrt{d}$ ，其中 D 是测距边的具体长度，单位是公里，从这次测量来说，高差闭合差限差为 0.069m，能完全满足于四等三角高程的精度要求。从现场的施测以及测试情况以及最终数据可分析出针对于高程测量的精度控制，要对其两点间的高度角进行控制，一般来说高度角尽量控制在 15° 左右是最为适宜的，所以当垂直角等于或大于 15° 的时候，高程测量的误差会随着角度增大而增大，对高度角进行有效控制的时候，测距中的误差影响比较小。综合得出三角高程测量对高度角、前后视距、视距长度进行有效的控制能极大的提高测量精度，减小测量误差，能完美代替四等水准测量，而且测量速度更快，方法更简单，是今后建立高程控制网的又一新的途径。

3 结束语

文章对本地区的水电工程进行光电测距三角高程测量,经过一些实践并且结合相关理论的分析,我认为光电测距三角高程测量在水电工程中的作用是非常大的,光电测距三角高程测

量,能够穿越本地区的沟壑区,能够很好的把主线路与局部的闭合环进行很好的统计,减少测站的数量与线路长度,在地形比较崎岖复杂的时候,三角高程测量的优势非常明显,能够非常明显的提高工程质量,节约宝贵的时间。

参考文献:

- [1] 陈倩倩.计量监督管理中的大数据应用思考[J].计量与测试技术,2019,46(12):89-91.
- [2] 苗长云,杨育坤,厉振宇.基于激光测距原理的带式输送机监控系统对煤流量的检测[J].天津工业大学学报,2019,38(05):70-75.
- [3] 柴华.光电测距三角高程代替三等水准测量相关技术问题研究[J].测绘信息与工程,2010,35(02):40-41.
- [4] 方斌.GPS 高程在小面积工程测绘中的应用[J].山西建筑,2008(22):349-350.
- [5] 黄满太.全站仪中间法在精密三角高程测量的应用研究[D].中南大学,2008.
- [6] 翟翊,赵夫来,庞保华,杨国民.EDM 三角高程测量问题再讨论[J].测绘工程,2006(01):24-26.