

高等级水准测量在淮河流域水准网复测的应用研究

咸忠熙 王佳丽 白智全

江苏省工程勘测研究院有限责任公司

DOI:10.12238/jpm.v6i9.8422

[摘要] 本研究探讨了高等级水准测量在淮河流域水准网复测中的应用。通过分析该流域的地形特点和水准网现状,探讨高等级水准测量的技术路线、实施方法和数据处理流程。研究结果表明,采用高等级水准测量技术能够显著提高淮河流域水准网的精度和可靠性,为流域防洪减灾、水资源管理和工程建设提供更精确的高程基准。

[关键词] 高等级水准测量; 淮河流域; 水准网复测; 高程基准; 精度分析

Application research of high-level leveling measurement in the re measurement of the leveling network in the Huaihe River Basin

Xian zhong xi Wang Jiali Bai Zhiquan

Jiangsu Engineering Survey and Research Institute Co., Ltd.

[Abstract] This study explores the application of high-level leveling measurement in the re measurement of the leveling network in the Huaihe River Basin. By analyzing the watershed Explore the technical route, implementation methods, and data processing flow of high-level leveling surveying based on the terrain characteristics and current status of the leveling network. The research results indicate that the use of high-level leveling measurement technology can significantly improve the accuracy and reliability of the leveling network in the Huaihe River Basin, providing more accurate elevation benchmarks for flood control and disaster reduction, water resource management, and engineering construction in the basin.

[Key words] high-level leveling measurement; Huai River Basin; Retesting of leveling network; Elevation benchmark; precision analysis

1.引言

淮河流域水准网水准标石由于损毁、沉降等原因,致使现有水准成果的精确度、可靠性、高程成果引用的方便性等降低。为了保证淮河流域高程控制的精度和实现基础测量成果的科学与可持续利用,需对淮河流域水准网进行标石普查、标石补埋、高程复测,实现淮河流域高程系统的统一。同时,随着淮河流域社会经济发展和流域水资源调配及水利工程建设重点的调整,对流域高程控制系统提出了更高要求,需要对淮河流域水准网进行完善和加强。

2.研究区域概况

淮河流域,地处中国华中地区河南与华东地区苏皖,西起桐柏山、伏牛山,东临黄海,南以大别山、江淮丘陵、通扬运河和如泰运河南堤与长江流域分界,北以黄河南堤和沂蒙山脉与黄河流域毗邻,流域面积 27 万平方公里。

3.研究方法

3.1 技术路线

淮河流域沂沭泗水系范围二三等水准路线主要分为 15 个环线,共计 46 条干线、81 条支线、1190 个水准点

二、三等水准路线可以布设为附和路线、闭合路线、结点

网及支线等,各种形式水准路线长度应符合规范要求,按照下表规定长度进行控制:

项目	二等	三等	备注
附和线路长度	750	150	山区等困难地
闭合环线长度	750	200	区可适当放
结点间长度		70	宽,但不大于
支线长度	150	50	1.5 倍。

二等水准线路全部采用往返观测;

三等水准线路主线可采用单程双转点或往返观测,同一区段往返观测应使用同一仪器、标尺和尺台,沿同一路线进行;观测采用中丝读数法;

支线全部采用往返观测;

(3) 数字水准仪观测顺序

二等水准往返观测奇数站采用:后—前—前—后;偶数站采用:前—后—后—前;

三等水准采用后—前—前—后;

“后”指后视标尺,“前”指前视标尺;

3.2 技术方法

(1) 按照水准观测正常程序,首先,每天先进行仪器 i

角检验，并对仪器进行 i 角补偿赋值，再进行水准观测。二等水准实行往返观测、三等干线水准实行单程双转点方法观测、三等支线实行往返观测；外业一个测段观测结束后，导出观测

数据，利用“水准测量外业记录软件”生成电子水准测量记录手簿、测段小结，编制 i 角检验报表。

限差要求：

等级	2 次中数读数的差（mm）	2 次读数所测高差的差（mm）	检测间歇点高差的差（mm）
二等	0.4	0.6	1.0
三等	1.0	1.5	3.0

(2) 跨河水准

二等水准测量中若视线长度在 100m、三等水准测量视线长度在 200m 以内时，可采用一般方法直接观测，但必须变换仪器高观测两次，两次观测高差之差应分别小于 1.5mm、7mm。

二等水准测量中若视线长度在 200m、三等水准测量视线长度在 300m 以内时，可采用直接读尺法观测，其过河观测形式分别为四边形、“Z”字形。

若二等水准测量中视线长度大于 200m、三等水准测量视线长度大于 300m 时，本次统一采用三角高程观测法。

(3) 测段验算与重测

测段往返测高差不符值超限，应先就可靠程度较小的往测或返测进行整段重测，并合理取舍。

若单程双转点观测中左右路线高差不符值超限，可只重测一个单程，并合理取舍。

区段、路线往返测高差不符值超限时，应就往返测高差不符值与区段（路线）不符值同符号中较大的测段进行重测，若重测后仍超出限差，则应重测其他测段。

附合路线和环线闭合差超限时，应就路线上可靠程度较小（往返测高差不符值较大或观测条件较差）的某些测段进行重测，如果重测后仍超出限差，则应重测其他测段。

每千米水准测量的偶数误差 M_{Δ} 超出限差时，应分析原因，重测有关测段或路线。

测段重测与原测时间超过了三个月，且重测高差与原测高差之差超过检测限差时，应进行该测段两端点可靠性的检测。

4.水准网测量的实施

4.1 实施时间的选择

整个水准网测量的最佳时间在春秋季（3-5 月、9-11 月），冬季（12-2 月），寒冷但非极寒地区），需要避开夏季（6-8 月），高温（>30℃）可能导致大气湍流，地面受热不均匀，产生严重热浪，严重数字水准仪的测量精度。

4.2 水准网的测线方向及太阳的角度变化影响

4.2.1 水准网的测线方向与太阳角度的关系

水准网的分布线路有东、西、南、北、东南、东北、西南、西北 8 个方向，由于二、三等水准测量都是使用数字水准仪（钢条码尺），太阳角度的变化会对测量过程产生极大的影响。我国大部分地区都在北回归线（北纬 23.5°）以北地区（除海南、广东、台湾南部等），太阳直射点最北仅到北回归线，无法直射更高纬度。这使得淮河流域的太阳角度基本在南方，春分日出正东方、日落正西方；秋冬季日出东南方，日落西南方。

数字水准仪使用的钢条码尺受到太阳角度的变化，在测量过程中钢条码尺尺面出现路边树木等受太阳照射的阴影

（以下简称光斑），就会出现无法解读钢条码尺的条形码，需要及时对条码尺进行打伞测量（条码尺能够测量需要尺面全暗、全亮或者有微弱阴影）。

4.2.2 水准网测线方向与太阳角度变化

测线东往西方向，日出时太阳角度较低，太阳的光线会射入数字水准仪目镜内，使得仪器无法读取尺条形码数据，须缩短视距。后视的尺面不会出现光斑，前视的尺面随着周围地形的变化，可能会出现光斑，滚轮的技术人员可以在不影响滚轮工作时在前视的尺面打伞测量。当到下午时，随着地球绕太阳公转，太阳角度会从东方慢慢转到西南方，后视的尺面可能有光斑，前视的尺面不会有光斑。这时滚轮的技术人员在前视位置就不方便打伞，如无法避开，滚轮技术人员暂停滚轮，跟着后视位置打伞。且 16 点 30 分左右太阳角度会移到西偏南 15 度左右，且太阳角较低，需要缩短前后视距才能观测。

测线为西往东方向，上午在太阳升起后到正中午时段，后视的尺面有可能出现光斑，不利于前进方向进度。过了正中午时段，太阳角度往西南方向移动，到了下午前视的尺面可能出现光斑，滚轮的技术人员可以同时兼顾打伞，但是 16 点 30 分左右太阳角度会移到西偏南 15 度左右，且太阳角较低，需要缩短前后视距才能测量。

测线为南往北方向，日出时，太阳从东方升起，南往北方向测线基本垂直太阳角度，早晨开始不需要缩短距离测量，到 10 点 30 分左右到 13 点 30 分太阳角度会慢慢转到东偏南 80 度、正南、西偏南 80 度方向，虽然太阳光线与仪器目镜接近平行，由于这时太阳高度角较大，对仪器目镜基本没有影响。前文提到淮河流域的太阳角度都在南方，所以从南往北测线无论什么时候后视的尺面都不会出现光斑，前视的尺面可能出现光斑，滚轮的技术人员兼顾打伞，南往北测线往往是最方便测量的，全天候基本不会受到太阳光线的影响。

测线为北往南方向，日出时，太阳从东方升起，北往南方向测线基本垂直太阳角度，早晨开始不需要缩短距离测量，到 10 点 30 分左右到 13 点 30 分太阳角度会慢慢转到东偏南 80 度、正南、西偏南 80 度方向，虽然太阳光线与仪器目镜接近平行，由于这时太阳高度角较大，对仪器目镜基本没有影响。与南往北测线的区别，由于淮河流域的太阳角度都在南方，所以从北往南测线无论什么时候前视的尺面都不会出现光斑，后视的尺面可能出现光斑。

测线为东南往西北方向，日出时，虽然太阳高度角低，但测线前进方向与太阳的角度约为 45 度左右，基本错开太阳光线，无需缩短前后测量视距，随时太阳角度往南移动，9 点 30 分左右太阳的角度大约在东偏南 45 方向，这是太阳角度与测线方向基本平行，且这时的太阳高度角没有达到正中午时的最

高点，数字水准仪的目镜将正面迎入太阳光线，此时必须缩短前后尺的视距，否则仪器将无法读取条码尺读数，等过了半小时后，太阳角度将向西移动，将不会对仪器目镜产生影响，但是光斑出现的前后视尺面顺序和时间段与东往西测线方向一致，应对方法也一样。

测线为东北往西南方向，日出时，虽然太阳高度角低，但测线前进方向与太阳的角度约为 45 度左右，基本错开太阳光线，无需缩短前后测量视距，随着太阳角度往西移动，一直到 15 点左右都将不受到影响，15 点 30 分左右太阳角度将到达西南 45 度左右，这是太阳的光线将会迎面射入仪器目镜，需要缩短前后视距进行测量，但是光斑出现的前后视尺面顺序和时间段与东往西测线方向一致，应对方法也一样。

测线为西北往东南方向，日出时，虽然太阳高度角低，但测线前进方向与太阳的角度约为 45 度左右，基本错开太阳光线，无需缩短前后测量视距，随时太阳角度往南移动，9 点 30 分左右太阳的角度大约在东偏南 45 度方向，这是太阳角度与测线方向基本平行，且这时的太阳高度角没有达到正中午时的最高点，数字水准仪的目镜将正面迎入太阳光线，此时必须缩短前后尺的视距，光斑出现在前后视尺面顺序和时间段与西往东测线方向一致，应对方法也一样。

测线为西南往东北方向，日出时，虽然太阳高度角低，但测线前进方向与太阳的角度约为 45 度左右，基本错开太阳光线，无需缩短前后测量视距，随着太阳角度往西移动，一直到 15 点左右都将不受到影响，15 点 30 分左右太阳角度将到达西南 45 度左右，这是太阳的光线将会迎面射入仪器目镜，需要缩短前后视距进行测量，光斑出现的前后视尺面顺序和时间段与西往东测线方向一致，应对方法也一样。

4.3 水准网测量受周边地形与天气的影响

4.3.1 水准网测量受周边地形的影响

淮河流域江苏范围内基本都是平原为主，高差变化较小，但是江苏范围内水网密布，有很多长且宽的流域性通航河道，往往以拱桥，高架桥为主，由于二、三等水准的视距要求不超过 50、100 米，通常在跨河时，可以先在国家公布的官方影像地图上提前规划好线路，量取河道的净宽，根据影像判断周围的树木遮挡情况，到现场后根据实际地形判断能否直接跨河水准，节约缩短视距翻越桥梁的时间。

水准路线的布设大多以国道，省道布设，且大多数国家一、二等水准点都埋设在国道边，比方 I 临无线，I 徐沙线，I 沙振线等都沿国道分布，由于国道，省道等路面交通发达，货车等较多，在平原地区规划测线时尽量避开国道及省道，选择走乡道等低等级道路，不但可以减少车量通过时带来的地面震动及风力的影响，还可以提高测量过程中技术员的安全系数。

4.3.2 水准网测量受天气的影响

高等级水准测量中，晴天、多云、阴天及每天的温度、风力、云量等对测量的影响极大。如果是阴天天气，那将是水准测量的最佳时期，阴天不受太阳的任何角度和光斑的影响，全天的温差也最小，仪器基本不会受到外界的温差变化而引起热浪、冷浪（在冬天日出时地面较冷与太阳形成冷暖气流）

等影响。

4.3.3 水准网测量受风力的影响

水准网测量每天都要关注测量所在地的天气预报，天气状况，风力及阵风级数，云量，温度等，当风力达到 3 级以上时，不宜进行高等级水准网测量，除非在闹市区，周边高楼林立，房屋密集，可以遮挡绝大部分风力。当风力在 3 级以内时，可以进行水准测量外业工作，晴天或多云天气温度较高时，最好选择路线周围树木及绿化较少的线路，周围绿化太多，通风条件差时，太阳缓缓升起的温度与夜间低温容易形成热浪，使得热浪不宜吹散，当周边绿化较少，形成流通的气流，可以吹散周围的热浪，观测条件更好，观测精度更高。

5.水准网误差的分析

5.1 仪器误差

视准轴与水准管轴不平行的误差：每天校核 i 角，通过前后视距相等消除。

水准尺分划误差：定期检测水准尺尺长误差，如有尺长误差，平差时进行尺长参数改正。

水准尺零点差：选择检定合格的水准尺。

5.2 观测误差

读数误差：数字水准仪无需估读，在上述文中合理安排路线，避开高风力，高温热浪天气缩短前后视距等方法可有效减少误差。

水准尺倾斜误差：选择检测合格的水准尺，用水准尺三脚架使得水准尺气泡严格居中。

视差影响：十字丝与标尺像严格重合

5.3 外界环境误差

水准面不平行：可通过平差时通过水准面不平行改正消除

沉降影响：仪器和尺垫在观测期间严格踩实踩牢

6.结论与建议

综上所述，淮河流域水准网复测是大范围，长时间，高精度的流域性水准环线，需要选择春秋及非严寒的冬季测量为最佳时机，通过每天关注天气预报，及时根据温度、云量、风力、太阳的高度角和相对于地球的角度、卫星影像等来有效规划测量路线，测量路线还需要根据现场实际情况，随时做出调整，通过前文的水准网实施方法，可以有效的减小外业环境带来的误差，提高测量效率，选用检定合格的数字水准仪和条码尺可以有效减小观测误差和仪器误差。后续还需做好观测手簿、i 角检测、平差报告、高差概算表、不平行改正表、尺长改正表、温度改正表等资料检查。淮河流域的水准网复测周期一般 10 年以上，由于埋设的水准点范围广、地形复杂、复测周期长等特点，需要做好各级政府相关部门及单位的保护意识，做好定期巡查、检测工作，设立明显警示标志，举报电话等确保成果的长期有效性。

[参考文献]

[1]国家一、二等水准测量规范 GB/T 12897-2006

[2]国家三、四等水准测量规范 GB/T 12898-2009

[3]姜朝芳；沈云中；上海市水准网复测及其成果分析使用[J]；测绘技术装备；2004 年 01 期