

睢县水文站基面与基本水准点考证分析

刘琦¹, 陈顺胜¹, 江海涛², 杨新², 张铁印¹, 彭世想³, 祝芳¹

(1.河南省商丘水文水资源勘测局, 河南 商丘 476000; 2.河南省水文水资源局, 河南 郑州 450003;
3.黄河水利委员会三门峡库区水文水资源局, 河南 三门峡 475001)

摘要:对睢县水文站建站以来基面与基本水准点进行考证分析。通过分析得出结论:建站初期基本水准点通 BM3 及睢 BM1 初测不符合规范要求;1985 年、1995 年、2000 年 3 次复测超限,按基面关系式不变处理是正确的;2005 年采用两次测量结果的平均值作为新水准点 SBM1 的测定高程,并用老水准点睢 BM1 求新水准点 SBM1 的国冻差,保证了该站断面上迁前后水位资料的一致性。

关键词:基面;基本水准点;基面关系式;考证;睢县水文站

中图分类号:P224.1

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2014)03-0031-06

1 基面与基本水准点考证的原理模式

水文站绝对基面与冻结基面之间高程关系的表达式为“本站冻结基面以上米数+国冻差=国家基面(绝对基面)以上米数”,对于基本水准点还可以表示为“冻结高程+国冻差=标准高程^[1]”。水文站基本水准点考证主要是查清本站各水准点有无因自然因素或人为影响,使高程数值发生变动。如果水准点发生上升或下沉变动时,则其用冻结基面和绝对基面表示的高程均须作相应的改变,即基本水准点变动是冻结高程和标准高程的改动依据。基面考证则是把本站采用的冻结基面与绝对基面的来历及之间的国冻差关系查验清楚。如果因水准网复测、平差或变换绝对基面,使引测水准点高程数值变动时,则本站水准点的绝对高程和冻结基面与绝对基面的高差(国冻差)应作相应的改变,而水准点用冻结基面表示的高程仍应保持不变^[1-6],即绝对基面变化是国冻差和标准高程的改动依据。复测超限与复测符合只是研究基面关系式变化的参考。

2 研究基面关系式的方法

刘琦等提出了基面与基本水准点考证的原则及办

法,从引测水准点是否变换、绝对基面是否变化、复测差是否超限、基本水准点是否变动四个方面将基面关系式在理论上分为 16 种形式^[1]。冻结高程、国冻差、标准高程变化情况见表 1。

水文站的基本水准点是永久性的高程控制点,它是水文站各种高程计算的唯一依据,除列入国家一、二、三等水准网的以外,其高程应从国家一、二等水准点用不低于三等水准接测,据以引测的国家水准点一经选用,没有特殊情况不得随意变更^[7-10]。由于我国水文站都采用冻结基面,为防止“采用高程测错”的情况发生,除直接借用国家一、二、三等水准网的成果之外,不得借用其它部门测量成果。

3 基面与基本水准点概况

睢县水文站属淮河流域涡河水系通惠渠基本水文站,位于睢县城郊乡,地理位置东经 115°03',北纬 34°26'。该站 1975 年 6 月由原商丘地区水利局设立,基本水尺断面在通惠渠商睢公路桥上游 5m,如图 1 所示断面,基本水准点为通 BM3,绝对基面为黄海(56)基面,冻结基面与黄海(56)基面重合,即国冻差为零;同年 7 月基本水尺断面上迁 65m,如图 1 所示断面,所用绝对基面及基本水准点没有变化;1978 年 9 月基本

表1 基面关系式变化情况汇总表
Table1 The variation of the datum relationship

引测水准点	绝对基面	复测差	基本水准点	基面关系式型号	冻结高程	国冻差	标准高程	备注
同一引测水准点	绝对基面变化	复测超限	变化	型	变化	变化	变化	
		复测符合	不变	型	不变	变化	变化	
		复测符合	变化	型	变化	变化	变化	
		复测符合	不变	型	不变	变化	变化	
	绝对基面不变	复测超限	变化	型	变化	不变	变化	
		复测符合	不变	型	不变	不变	不变	
		复测符合	变化	型	变化	不变	变化	
		复测符合	不变	型	不变	不变	不变	
	绝对基面变化	复测超限	变化	型	变化	变化	变化	方法二变化
		复测符合	不变	型	不变	变化	变化	方法二变化
不同引测水准点	绝对基面不变	复测超限	变化	X 型	变化	不变	变化	
		复测超限	不变	XIV 型	变化	不变	变化	
		复测符合	变化	XV 型	变化	不变	变化	
		复测符合	不变	XVI 型	不变	不变	不变	

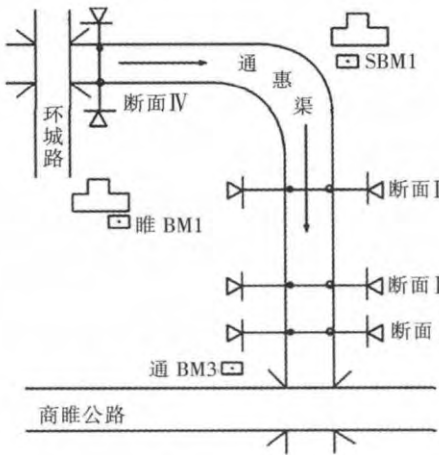


图1 睢县水文站基本水尺断面及基本水准点布设示意图
Fig.1 The schematic layout of the basic water gauge section and basic benchmarks of the Suixian hydrometry station.

水尺断面从断面 上迁 1 000m,如图 1 所示断面 ,站名不变,所用基本水准点为新设睢 BM1,绝对基面采用黄海(56)没有变化;2005 年基本水尺断面从断面 再次上迁 1 800m,如图 1 所示断面 ,站名不变,所用基本水准点为新设 SBM1,绝对基面采用国家基面发生变化。该站基面与基本水准点使用情况详见表 2。

该站设站后,基本水尺断面迁移 3 次,使用过 3 个基本水准点,绝对基面由黄海(56)变为国家基面,下面将按该站基本水准点的使用顺序依次进行考证分析。

4 基面与基本水准点考证分析

4.1 建站初通 BM3 使用时期(1975.6–1978.3)

4.1.1 通 BM3 初测基面关系式计算

该站 1975 年 6 月设立,7 月基本水尺断面上迁 65m,基本水准点为通 BM3。通 BM3 是 1973 年水利局测量队因河道治理而设立的四等水准点,高程为 57.425m,黄海 (56) 基面。该站设立后直接借用通 BM3 高程 57.425m,并冻结之,1976 年 3 月该站用同为四等水准点的通 BM2 对通 BM3 进行三等水准检测,并把测量成果编制在该站水文资料整编说明表上。查阅原始记录显示测量成果如下:(1)引据水准点通 BM2,高程为 57.077m;(2)往返高差不符值 20.5mm,测距(L)3.03km,允许误差 $12\sqrt{L}=21\text{mm}$ 大于往返高差不符值(20.5mm),本次测量成果可以采用;(3)往返测量高差平均值 0.368mm,本次测量通 BM3 高程为 $57.077+0.368=57.445\text{mm}$,与通BM3 原高程 57.425mm 之差为 20mm 小于允许误差 (21mm),通 BM3 仍采用原高程 57.425mm 不变。

该站(点通 BM3)绝对基面与冻结基面关系如图 2 所示。其表达式为:本站冻结基面以上米数+0.000m=黄海(56)基面以上米数。对于基本水准点通 BM3,标准高程 $H_g=57.425\text{m}$,冻结高程 $H_d=57.425\text{m}$,国冻差 $H_{gd}=0.000\text{m}$ 。基面关系式为:

$$H_d(57.425\text{m})+H_{gd}(0.000\text{m})=H_g(57.425\text{m}) \quad (1)$$

表2 睢县水文站基面与基本水准点使用年表。
Table2 The chronological table of the used datum level and basic benchmarks of the Suixian hydrometry station

时 间	初测或复测	基本水尺断面位置	引据水准点名称	绝对基面名称	基本水准点名称	备注
1973.12	设站前测量		BM544	黄海(56)	通 BM3	水利局设立
1975.6	借用	断面	BM544	黄海(56)	通 BM3	借用高程
1976.3	初测	断面	通 BM2	黄海(56)	通 BM3	检测
1978.3	初测	断面	通 BM3	黄海(56)	睢 BM1	
1981.3	复测	断面	BM544	黄海(56)	睢 BM1	
1985.3	复测	断面	BM544	黄海(56)	睢 BM1	
1995.3	复测	断面	BM544	黄海(56)	睢 BM1	
2000.3	复测	断面	BM544	黄海(56)	睢 BM1	
2005.11	初测	断面	商开 40	85 基准	SBM1	

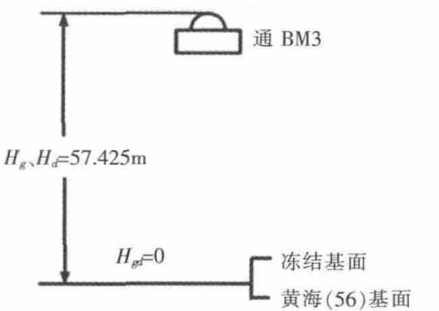


图2 睢县水文站基面关系示意图(通 BM3)
Fig.2 The schematic layout of the datum level relationship of the Suixian hydrometry station

4.1.2 通 BM3 及基面考证分析

该站 1975 年建站后，直接借用水利局 1973 年通 BM3 测量成果，不符合“不得借用其它部门测量成果”的要求。

1976 年 3 月该站用同为四等水准点的通 BM2 对通 BM3 进行三等水准检测，并把检测成果作为复测成果编制在水文资料编印表格中。一是四等水准点之间没有必要进行三等水准测量，二是把不符合规范要求的检测成果编入编印表格，会给以后的考证工作带来很多麻烦。

总之该站基本水准点通 BM3 初测及借用不符合规范要求。

4.2 断面上迁睢 BM1 初测及初次复测(1978.3-1985.3)

4.2.1 睢 BM1 初测基面关系式计算

因断面 测验条件不能满足规范要求，征得上级机关同意后，1978 年 9 月基本水尺断面上迁 1 000m 至断面 ，如图 1 所示。在断面上迁前该站即在断面附近设立新的基本水准点睢 BM1，并于 1978 年 3 月从通 BM3 引测睢 BM1，查阅原始记录显示测量成果如下：(1)引据水准点通 BM3，高程为 57.425m；(2)往返高差不符值 4mm，测距(L)1.82km，允许误差 $12\sqrt{L} =$

16mm 大于往返高差不符值(4mm)，本次测量成果可以采用；(3)本次测量睢 BM1 高程为 55.604m，并被采用冻结。以上测量成果以初测成果编入该站水文资料整编说明表中。

该站(点睢 BM1)绝对基面与冻结基面关系如图 3 所示。绝对基面没有变化，国冻差不变^[2]，其表达式为：本站冻结基面以上米数+0.000mm=黄海(56)基面以上米数。对于基本水准点睢 BM1，标准高程 $H_g=55.604m$ ，冻结高程 $H_d=55.604m$ ，国冻差 $H_{gt}=0.000m$ 。基面关系式为：

$$H_d(55.604m)+H_{gt}(0.000m)=H_g(55.604m) \quad (2)$$

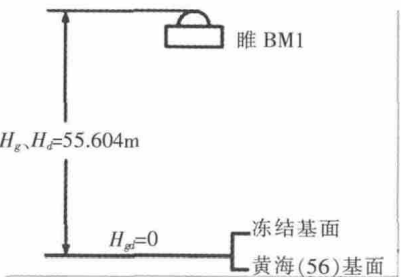


图3 睢县水文站基面关系示意图(睢 BM1)
Fig.3 The schematic layout of the datum level relationship of the Suixian hydrometry station.

4.2.2 睢 BM1 初次复测基面关系式计算

1981 年 3 月该站对睢 BM1 进行复测，查阅原始记录显示测量成果如下：(1)引据水准点 BM544，国家高级点，高程为 54.471m；(2)往返高差不符值 4mm，测距(L)8.4km，允许误差 $12\sqrt{L} = 35mm$ 大于往返高差不符值(4mm)，本次测量成果可以采用；(3)本次测量睢 BM1 高程为 55.603m，与睢 BM1 原高程 55.604m 之差为 1mm 小于允许误差(35mm)，复测符合，通 BM3 仍采用原高程 57.425m 不变。以上测量成果以复测成果编入该站水文资料整编说明表中。

对于这次睢 BM1 复测,引测水准点为 BM544,绝对基面黄海(56)没有变化,复测符合,经考证基本水准点没有变动,基面关系式为 XVI 型,冻结高程、国冻差、标准高程均不变。

4.2.3 睢 BM1 初测、初次复测及基面考证分析

1978 年 3 月从通 BM3 引测睢 BM1,此时睢 BM1 实际上是通 BM3 的校核水准点,该站把这次测量成果作为基本水准点睢 BM1 的初测成果并采用冻结,不符合规范要求(点通 BM3 等级不够高)。

1981 年 3 月睢 BM1 复测,符合规范要求,其成果完全可以作为初测成果,采用高程为 55.603m,而不是 55.604m。睢 BM1 复测高程尽管与不符合规范要求的初测高程误差只有 1mm,不代表初测精度高,只是巧合,事实上以后的睢 BM1 复测连续多年出现问题,至今原因不明。

4.3 睢 BM1 历次复测(1985.3~2005.11)

4.3.1 睢 BM1 历次复测基面关系式计算

1985 年 3 月该站对睢 BM1 进行复测,查阅原始记录显示测量成果如下:(1)引据水准点 BM544,国家高级点,高程为 54.471m;(2)往返高差不符值 20mm,测距(L)8.0 km,允许误差 $12\sqrt{L}=34\text{mm}$ 大于往返高差不符值(20mm),本次测量成果可以采用;(3)本次测量睢 BM1 高程为 55.552mm,与睢 BM1 原高程 55.604mm 之差为 52mm 大于允许误差(34mm),复测超限。

基面关系式计算有两种方法:

(1)相对于 1978 年睢 BM1 初测而言,引测水准点由通 BM3 变为 BM544,绝对基面不变,复测超限,经与该站其它高程点对比睢 BM1 没有变动,基面关系式为 XIV 型,冻结高程、标准高程变化,国冻差不变。标准高程 $H_g=55.552\text{m}$,冻结高程 $H_d=55.552\text{m}$,国冻差 $H_{gt}=0.000\text{m}$ 。基面关系式为:

$$H_d(55.552\text{m})+H_{gt}(0.000\text{m})=H_g(55.552\text{m}) \quad (3)$$

(2)相对于 1981 年睢 BM1 复测而言,引测水准点 BM544 没有变化,绝对基面不变,复测超限,经与该站其它高程点对比睢 BM1 没有变动,基面关系式为型,冻结高程、国冻差、标准高程均不变。

1995 年、2000 年该站对睢 BM1 进行复测,均为复测超限,复测结果与 1985 年复测结果大致相同。当时该站附近没有国家高级水准点,所以没有条件变换引测水准点进行检测。

4.3.2 睢 BM1 历次复测及基面考证分析

该站 1985 年、1995 年、2000 年 3 次出现复测超限

的情况,原因比较复杂,可能是引测水准点变动、采用高程测错、复测限差过严所致,也可能是不同引测水准点误差传递带来的误差所致^[1]。由于时过境迁,对复测超限的原因已经不可能考证清楚。

关于基面关系式的采用问题,因为 1981 年睢 BM1 复测结果与 1978 年睢 BM1 初测结果比较接近,再加上用 4.3.1 方法 1 处理会带来水位资料不连续,所以采用 4.3.1 方法 2 型基面关系式比较合理,即基面关系式不变。复测超限作为遗留问题待以后解决。实际工作中该站也是这样处理的。

4.4 断面再迁 SBM1 初测(2005.11~至今)

4.4.1 SBM1 初测基面关系式计算

因重点站改造站址变化,基本水尺断面上迁 1 800m 至断面,如图 1 所示,基本水准点为新设 SBM1。该站按上级要求,在附近查找国家 85 基准水准点商开 40(化名),作为新设水准点 SBM1 的引测水准点。水准线路如图 4 所示。经过两次往返闭合的三等水准测量,用两次测量结果的平均值求得老水准点睢 BM1 的国家基面高程为 55.544m,新水准点 SBM1 的国家基面高程为 52.853m。



图 4 睢县水文站水准线路示意图(SBM1)
Fig.4 The schematic layout of the leveling route of the Suixian hydrometry station

该站(点 SBM1)国家基面与冻结基面关系如图 5 所示。该站变换引测水准点后,绝对基面变化,国冻差变化^[2]。

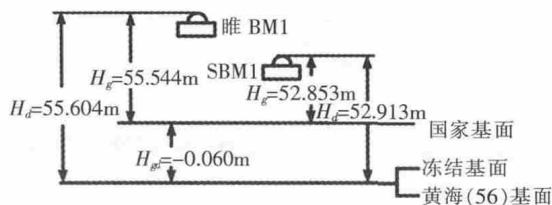


图 5 睢县水文站基面关系示意图(SBM1)
Fig.5 The schematic layout of the datum level relationship of the Suixian hydrometry station

对老水准点睢 BM1 而言,引测水准点由 BM544 变为商开 40,绝对基面由黄海(56)变为国家基面,复测超限(睢 BM1 新测高程为 55.544m 与原来采用高程 55.604m 相比较超限),经与该站其它高程点对比睢 BM1 没有变动,基面关系式为型,冻结高程不变,标准高程、国冻差变化。由于商开 40 没有黄海(56)高程,

基面关系式计算只有一种方法也就是文献[1]中的方法一。标准高程 $H_g=55.544\text{m}$ 变化, 冻结高程 $H_d=55.604\text{m}$ 不变, 国冻差 $H_{gd}=H_g-H_d=-0.060\text{m}$ 变化。基面关系式为:

$$H_d(55.604\text{m})+H_{gd}(-0.060\text{m})=H_g(55.544\text{ m}) \quad (4)$$

对新水准点 SBM1 而言, 属于初测, 标准高程为初测高程, $H_g=52.853\text{m}$, 该站国冻差通过老水准点睢 BM1 已经求得

$H_{gd}=-0.060\text{m}$, 所以冻结高程 $H_d=H_g-H_{gd}=52.913\text{ m}$. 基面关系式为;

$$H_d(52.913\text{m})+H_{gd}(-0.060\text{m})=H_g(52.853\text{m}) \quad (5)$$

该站启用断面后, 用新水准点 SBM1 的冻结高程 52.913m 接测水尺观测水位, 站名不变。基面关系式为: 本站冻结基面以上米数 -0.060m = 国家 85 基准以上米数。

4.4.2 SBM1 初测及基面考证分析

该站 2005 年引测新水准点 SBM1, 完全符合规范要求, 根据均值接近真值的原理, 采用两次测量结果的平均值作为新水准点 SBM1 测定高程, 更接近其真值, SBM1 测定高程越接近真值以后复测符合的概率就越大, 为今后的工作带来很多方便。刘琦在文献[7]中建议首次确定水文站基本水准点高程时, 应至少采用 2 次往返测量的均值, 尽管水文规范还没有此规定, 本文推荐执行。

此次断面上迁, 用老水准点睢 BM1 求新水准点 SBM1 的国冻差, 确保了该站断面上迁前后水位资料的一致性, 如果用老水准点睢 BM1 接测水尺, 能保证该站水位资料的连续性, 而该站新水准点 SBM1 启用与新断面观测水位同时掩盖了水位资料的不连续, 因为水位不连续的差值不会太大, 对当年水位资料予以说明即可。由于新的引测水准点商开 40 没有黄海(56)高程, 也只能如此处理。如果新的引测水准点商开 40 有黄海(56)高程, 基面关系式还可以按文献[1]中其它方法计算, 既能保证水位资料的一致性, 又能保证水位资料的连续性。

5 考证结论

睢县水文站基面与基本水准点考证分析结论如下:

(1) 1975 年建站后, 直接借用水利局 1973 年通 BM3 测量成果并冻结, 1976 年 3 月该站用同为四等水准点的通 BM2 对通 BM3 进行三等水准检测, 并把检测成果作为复测成果编制在水文资料编印表格中是错

误的, 不符合水文规范要求。

(2) 1978 年 3 月从通 BM3 引测睢 BM1 高程 55.604m 作为初测成果并冻结, 不符合水文规范要求。1981 年 3 月的复测成果可以作为睢 BM1 初测成果, 采用高程为 55.603m , 而不是 55.604m 是合适的。

(3) 1985 年、1995 年、2000 年 3 次出现复测超限的情况, 原因比较复杂, 按型基面关系式处理, 基面关系式不变是正确的, 复测超限作为遗留问题待以后解决。

(4) 2005 年引测新水准点 SBM1, 采用两次测量结果的平均值作为新水准点 SBM1 测定高程, 该高程更接近其真值。此次断面上迁, 用老水准点睢 BM1 求新水准点 SBM1 的国冻差, 保证了该站断面上迁前后水位资料的一致性。

6 存在问题

(1) 由于目前我国水文行业规范对水准点复测限差没有明确规定, 按行业惯例把往返测量高差不符值或环闭合差限差作为复测限差使用^[7], 本文复测基本水准点均采用支路线, 复测限差亦用 $\pm 12\sqrt{L}$ 来评价, 是否正确, 尚在研究之中。

(2) 校测水尺零点高程时, 校测前后高程之差基本水尺大于 10mm , 比降水尺大于 5mm 时, 采用校测后的高程^[9-10]。也就是说基本水尺的复测限差是 10mm , 比降水尺的复测限差是 5mm 。作为水尺零点高程的高级点基本水准点复测限差为 $\pm 12\sqrt{L}$ (L 小于 1km 按 1km 计算), 如果基本水准点变动在 $\pm 12\sqrt{L}$ 与 10mm (比降水尺为 5mm) 之间, 基本水准点采用高程不变化, 而此时用基本水准点接测水尺, 会使本来没有变化的水尺零点高程发生变化, 致使水位资料不连续, 显然用 $\pm 12\sqrt{L}$ 来判断基本水准点是否变动不能满足水尺零点高程的精度要求, 也不符合高级点精度应大于低级点的常规。那么如何解决基本水准点在 $\pm 12\sqrt{L}$ 之内的变动问题, 目前我国水文规范没有明确规定, 实际工作中多用校核水准点或水尺零高来反算 (该站亦然), 这种办法实用但不科学。随着我国测绘事业的发展, 本文正在探讨一种新的测量方法, 基本水准点变动毫米级就能被精确测到, 完全不需要依赖限差来判断。

7 建议

(1) 据本文接触我国水文资料 (有的已经刊印成

册)来看,睢县水文站基面与基本水准点考证出现的问题绝非个案,建议水利部水文局牵头对全国水文站基面与基本水准点进行考证分析并编制中国水文站基面与基本水准点考证大全。

(2)我国历次水文规范,包括现行水文规范,对基面与基本水准点考证规定过于笼统,有的技术文件甚至出现错误,本文建议细化处理,希望水利部水文局主持召开全国水文行业研讨会,对文献[1]中基面关系式计算方法进行讨论后编入规范条文说明并收录考证典型案例。

参考文献:

- [1] 刘琦,王峰,周珂,等.水文站水准基面关系分析[J].水文,2012,(3):20-28.(LIU Qi, WANG Feng, ZHOU Ke, et al. Analysis of Datum Relationship of Hydrometry Stations [J]. Journal of China Hydrology, 2012,(3):20-28. (in Chinese))
- [2] 刘琦.国冻差变化分析处理[J].水文,2010,(4):6-8. (LIU Qi. Analysis of change in difference between national datum and stationary datum [J]. Journal of China Hydrology, 2010,(4):6-8. (in Chinese))
- [3] SD244-87,水文年鉴编印规范[S].(SD244-87, Specification for Compilation and Publication of Hydrological Yearbook [S]. (in Chinese))
- [4] SL247-1999,水文资料整编规范[S].(SL244-1999, Code for Hydrologic Data Processing [S]. (in Chinese))
- [5] SD460-2009,水文年鉴汇编刊印规范[S].(SD460-2009, Specification for Compilation and Publication of Hydrological Yearbook[S]. (in Chinese))
- [6] SL247-2012,水文资料整编规范[S].(SL247-2012, Code for Hydrologic Data Processing [S].(in Chinese))
- [7] 刘琦.浅谈水文站基本水准点的复测与考证问题[J].水文,2009,(2):52-53. (LIU Qi. Discussion on repetition measurement of basic benchmark of hydrometric station[J]. Journal of China Hydrology, 2009,(2):52-53. (in Chinese))
- [8] SL58-93,水文普通测量规范[S].(SL58-93, Technical Standard for General Geodesic Survey in Hydrology [S].(in Chinese))
- [9] GBJ138-90,水位观测标准[S].(GBJ138-90, Standard for Stage Observation [S]. (in Chinese))
- [10] GB/T50138-2010,水位观测标准[S].(GB/T 50138-2010, Standard for Stage Observation [S]. (in Chinese))

Textual Criticism of Datum and Basic Benchmarks at Suixian Hydrometry Station

LIU Qi¹, CHEN Shunsheng¹, JIANG Haitao², YANG Xin², ZHANG Tieyin¹, PENG Shixiang³, ZHU Fang¹

(1. Shangqiu Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Henan Province, Shangqiu 476000, China;

2. Hydrology and Water Resources Bureau of Henan Province, Zhengzhou 450003, China;

3. Hydrological and Water Resources Bureau of Sanmenxia Reservoir, Yellow River Conservancy Commission, Sanmenxia 475001, China)

Abstract: Through the textual criticism of datum level and basic benchmarks at the Suixian station, a conclusion was made that the preliminary observation at the basic benchmarks of TONG BM3 and SUI BM1 established at early times does not meet the relevant requirement. The three repletion measurements carried out in 1985, 1986 and 2000 exceeded the limitation. However, it is right to process the measurements according to the unchanged datum level relationship. The average of two measurements in 2005 was considered to be the height of the new benchmark, and the difference between national datum level and stationary datum level (DNDS) was estimated with old benchmark of SUI BM1, which can assure the consistence of hydrologic level data before and after the section up movement?of the hydrologic station.

Key words: datum; basic benchmark; datum relationship; textual criticism; Suixian hydrometry station