

沉降区水位改正方法探讨

赵德友¹, 戈礼宾², 黄广勇³

(1.江苏省水文水资源勘测局,江苏南京 210029;2.江苏省水文水资源勘测局无锡分局,江苏无锡 214031;
3.江苏省水文水资源勘测局盐城分局,江苏盐城 224002)

摘要:针对江苏省内沉降区域水位改正做了方法上的研究,选择典型站点进行了试验,形成了平均分配法、分段改正法、基面参证法、区域近似法等四种针对不同沉降类型的水位改正方法,初步表明四种方法具有较好的实用性和可操作性。

关键词:水位改正;沉降区域;平均分配法;分段改正法;基面参证法;区域近似法

中图分类号:P332

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2015)04-0072-05

1 前言

由于社会经济的快速发展,江苏省自20世纪60年代起出现不同程度的局部地面沉降,特别是20世纪80年代后期,苏南地区因过量开采深层地下水而导致局部地面沉降加剧。随着城市化进程加快,国家水准网水准点又遭到很大程度上的损毁,较多水文测站基本水准点高程不能定期和有效地从测站附近国家二、三等水准点接测,有的测站附近失去国家二、三等水准点可供接测。因此,大部分水文站长期以来一直使用冻结基面所表示的高程来观测水位。但是,冻结基面是和测站基本水准点高程紧密捆绑在一起的,随着地面下沉,冻结基面表示的高程也逐渐失真,由此导致各测站水位值的失真。这种由于区域局部地面沉降导致的水位资料失实,会使部分地区同一条河流上、下游水位出现矛盾。例如,射阳河沿线的收成庄、永兴、阜宁、射阳河闸等站历史水位一直存在着不合理的“倒比降”现象,给流域防汛防旱和区域性水利规划等工作带来了很大的不利影响。

针对沉降影响和水位改正,国内已有一些对高程基准、基面变换、水位改正方法等的探讨、研究和分析^[1-4]。目前这些研究所提出的方法均限于对基面问题、水准点考证测量方法等方面,或者某个单站或局部小范围内的水位改正。但对于江苏省,特别是太湖流域

等经济发达、城市化程度高,地面沉降范围广泛的地区,水准接测、考证工作困难大、要求高,为获得上下游水位合理性进行改正,难度较大。

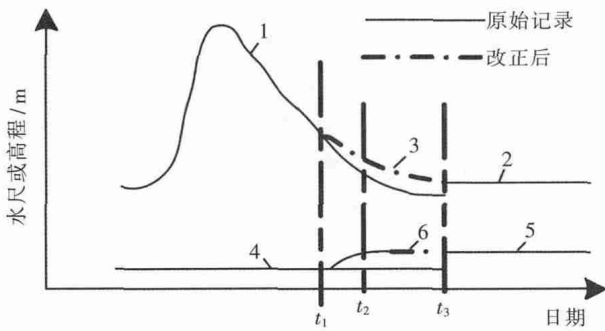
1995年江苏省工程勘测研究院(以下简称“省工勘院”)首次对省内部分水文站水准点采用85基准高程接测,2010年,江苏省水文水资源勘测局采用省测绘局2006年发布的全省、等水准网2000多点最新85基准成果,对大部分水文测站基本水准点作了接测。2011年5~11月太湖流域管理局对太湖流域内水文测站以85基准高程进行了等水准全覆盖联测。本文利用上述成果,对江苏省内沉降区域水位改正方法进行了技术与探讨,提出了几种水位改正方法。

2 沉降区水位改正方法研究

2.1 平均分配法

平均分配法是针对改正时段内无实测水准测量成果、沉降量较小且呈均匀沉降的区域提出的。其主要原理是根据新测水准高程,考证确定接测点观测水尺的水准点历年累计变动值,采用算术平均的方法将累计变动值平均分配在相应年份,即:当已确定水尺零点高程在某一段期间内发生渐变时,应在变动前采用原测高程,校测后采用新测高程,变动期间的水位按时间比例改正,渐变终止至校测期间的水位应加同

一改正数。水位订正过程如图 1 所示。



1, 2 为原始记录水位过程线;3 为改正后水位过程线;
 4 为校测前水尺零点高程;5 为校测后水尺零点高程;
 6 为改正后水尺零点高程; t_1, t_2 为分别为水尺逐渐上拔的起迄时间;
 t_3 为校测水尺零点高程时间

图 1 水尺零点高程渐变时水位订正

Fig.1 The Revised water level curve of gauge zero elevation gradients

一般使用公式表示如下:

$$\Delta Z = (H_{后} - H_{前}) / T * \Delta T$$

式中: ΔZ 为水位改正值, m; $H_{前}$ 为前一次引测的基本水准点高程, m; $H_{后}$ 为本次引测的基本水准点高程, m; T 为引据点测量的时间差, 月; ΔT 为水位改正时间段, 月。

适用范围: 该方法适用于改正时段内沉降量较小且呈均匀沉降的区域, 且改正时段首尾具有可靠准确的水准测量成果。

实例研究: 以射阳河沿线站点为例说明如何利用平均分配法进行水位改正。射阳河沿线有收成庄、永兴(射)、阜宁(射)、射阳河闸 4 个水文测站, 沿线水位在永兴(射)以下一直存在“倒比降”现象。现选取沿线水文(位)站连续关闸期间的 1995 年 6 月 27 日、2000 年 4 月 6 日、2005 年 2 月 12 日及 2010 年 6 月 26 日的日平均水位, 采用平均分配法进行改正, 作改正前和改正后两种情况进行对照分析, 详见图 2~图 5。

可以看出, 射阳河沿线各水文(位)站水位在 1990 年以后水面上、下游存在“倒比降”现象, 明显不合理, 其中 1995 年永兴(射)和阜宁(射)水位“倒比降”现象是由于阜宁县城大量开采地下水导致阜宁县城地面严重下沉, 但通过新老 85 基准值改正后的水位水面线合理性明显改善。从阜宁(射)站 1991~1994 年水位考证表中测站基面改正可以看出; 2000 年的水面线关系

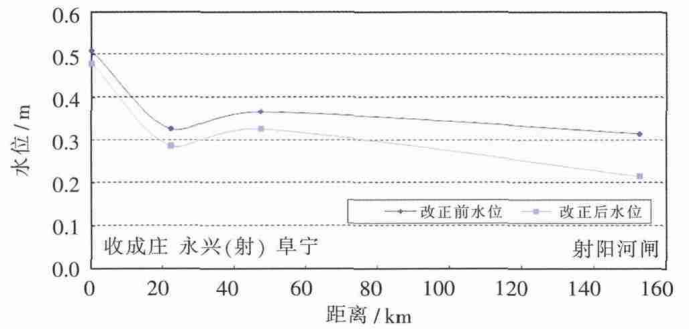


图 2 1995 年 6 月 27 日射阳河沿线水面线(85 基准)

Fig.2 The water level curve of the Sheyanghe River on June 27, 1995 (85 datum point)

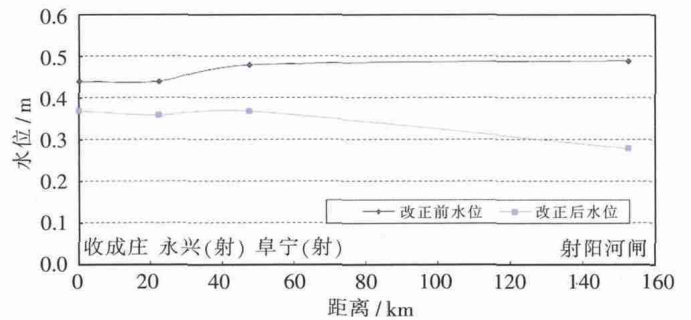


图 3 2000 年 4 月 6 日射阳河沿线水面线(85 基准)

Fig.2 The water level curve of the Sheyanghe River on April 6, 2000 (85 datum point)

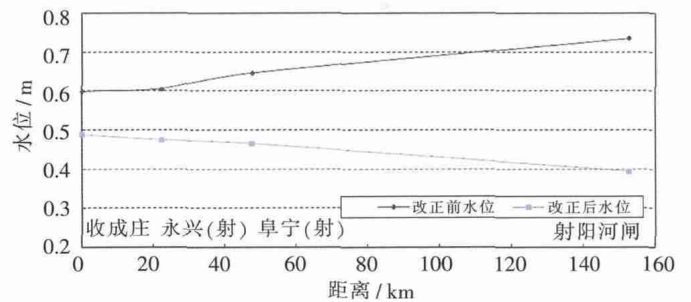


图 4 2005 年 2 月 12 日射阳河沿线水面线(85 基准)

Fig.4 The water level curve of the Sheyang River on Feb. 12, 2005 (85 datum point)

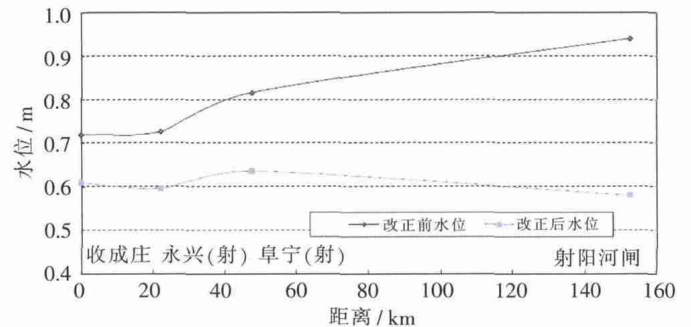


图 5 2010 年 2 月 8 日射阳河沿线水面线(85 基准)

Fig.5 The water level curve of the Sheyang River on Feb. 8, 2010 (85 datum point)

说明在 1995 年后控制地下水不合理开采已初见成效;2005 年水面线关系最合理,说明采用最新发布的新 85 基准高程能反映水准点下沉的实际情况且水位改正方法合理;2010 年水面线关系说明随着城市化加快,阜宁县城仍处于地面下沉过程中,所引据水准点实际高程又发生变化。因此,里下河地区新 85 基准高程成果使用后,对各水文站历史水位改正采用本方案基本可行,成果可靠。由图 4 可以显见:平均分配法对改正期前后水准测量成果可靠性、准确性的重要意义。

2.2 分段改正法

针对改正时段内有多次实测水准测量成果的区域提出了分段改正法。对于有实测高程资料的站,各站水准点有过多测量,其测量成果有的被使用,有的未被使用,但能反映出地面的不均匀沉降。计算水位改正数时,以两次启用高程差(取至 cm)确定启用新高程前时段(以月计)内改正数。若此段时间内没有未被使用的实测高程,则此段时间内按均匀沉降确定各月改正数;若此段时间内有未被使用的实测高程,则以此未被使用的实测高程的测量日期为节点将两次启用高程时段分解成若干小区间,每个小区间的改正数为相邻两次实测高程差,小区间内按均匀沉降确定各月改正数。各小区间改正数之和应等于两次启用的高程差。

适用范围:该方法需要可靠的实测高程数据支撑,比较能反应沉降发生实际情况,适用于改正时段内有较多的可靠实测水准测量成果。但该方法外业测量工作量大,需人力、物力、财力条件支撑。在实际工作中由于启用新高程多是从当年 1 月 1 日或次年 1 月 1 日启用,这就出现当年 1 月 1 日使用时存在某个时间段多改的情况与次年 1 月 1 日使用存在某个时间段少改的情况,因此用此方法在确定改正值时,还需要考虑超前与滞后影响,加以纠正。

实例研究:以大运河洛社站为例。为掌握无锡锡澄地区沉降情况,以无锡锡惠公园一等点(“43 参”)与江阴市黄田港船闸(“临无 135-基上”)一等点为起算点布设水准测量网,对锡澄地区各水文站测站基本水准点高程采取多次连网实测。在假定国家一等点高程除测量、平差等因素引起高程变动外,基本不会发生沉降的基础上,可得到各测站水准点沉降数值。

洛社站“TBM1”校核点 1983 年 11 月接测高程

5.389m(冻结基面高程,下同),至 1991 年 4 月启用 4.905m 高程,累计沉降 0.484m。1992 年 4 月经“43 参”接测高程为 4.822m,与 1991 年 4 月相比,沉降 0.083m。由于“TBM1”校核点面临被毁,1995 年 4 月新设校核点“TBM 锣”,由“TBM1”接测,用 4.905m 推算高程,得“TBM 锣”新高程 5.048m。2000 年 11 月由“43 参”接测“TBM 锣”高程 4.428m。因此 1992 年 5 月~2000 年 11 月共需改正-0.62m。由于 1992 年 5 月~1993 年 12 月水位成果已暂按-0.08m 改正,故此段时间内需少改正 0.08m。2005 年 5 月接测“TBM 锣”高程 4.315m,与 2000 年 11 月高程 4.428m 相比,沉降 0.113m,此段时间水位改正-0.11m。由于“TBM 锣”高程 4.315m 是 2005 年 5 月接测,2005 年 1 月启用,实际形成了 2005 年 1~4 月被提前改正-0.11m,因此按均匀沉降,此段时间的 1~2 月多改正-0.01m,需改回。

2008 年 10 月新设校核点“TBM”,由“洛社 BM2”接测(“洛社 BM2”由“43 参”接测),推得高程 5.754m,由此高程接测水尺零高与“TBM 锣”(高程 4.315m)汛前接测水尺零高一致,则认为可替代“TBM 锣”。2010 年 6 月初经“43 参”接测校核点“TBM”高程为 5.706m,因此,2005 年 6 月至 2010 年 5 月,下沉 0.048m,此段时间内水位改正-0.05m。洛社站与下游无锡站水位改正前后水位过程线对照详见图 6、7。

从图中可知改正前洛社站水位明显偏高,因为临近站的水位应该比较接近。改正后,洛社站与无锡站水位就显得比较合理。

2.3 基面参证法

测站基本水准点有冻结基面以上高程、85 基准高

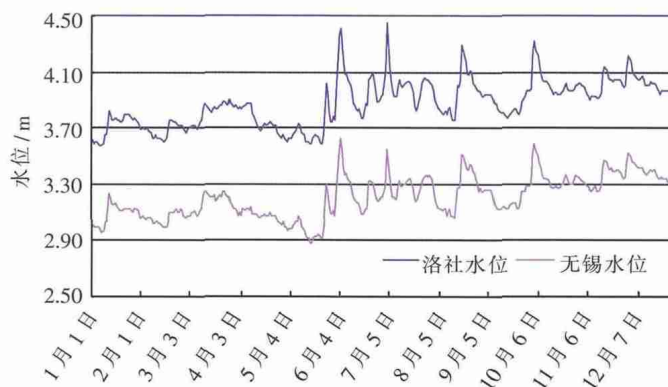


图 6 2000 年大运河洛社与无锡站改正前日平均水位过程线

Fig.6 The average stage hydrograph of the Luoshe and Wuxi stations in 2000

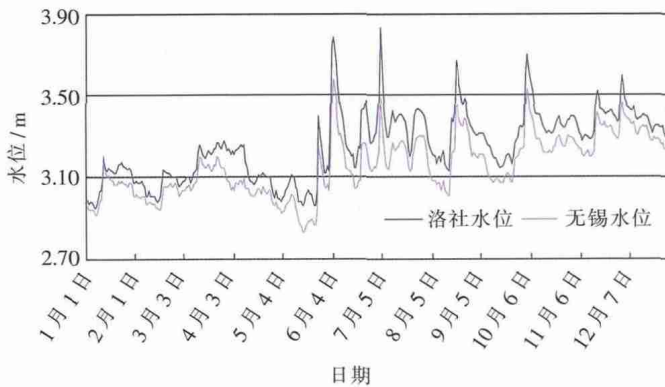


图7 2000年大运河洛社与无锡站改正后日平均水位过程线
Fig.7 The revised average stage hydrograph of the Luoshe and Wuxi stations in 2000

程,但因种种原因,该站原引据水准点被毁,一直无法确定该基本水准点是否沉降,测站冻结基面高程是否改变。针对这种情况,提出基面参证法。近期,测绘部门公布了测站附近某二等水准点85基准新高程,通过接测获得本站基本水准点85基准新高程,以基本水准点两次85基准高程差值作为沉降量,用该基本水准点冻结基面高程减去该沉降值,即可推得该基本水准点的冻结基面新高程。但应注意,在利用该测站附近85基准成果时,应考虑新旧两个引据水准点测量成果相对其自身基面是否系统一致,以及期间引据点的变动和测站基本点的变动,各自是否均匀。

适用范围:该方法适用于基本水准点沉降,原引据水准点无法使用的情形。根据附近新设水准点高程成果,利用各基面之间换算差值不变的原理,假定各自的沉降变动均匀且程度一致,采用其他基面新旧高程差值来推算测站基本水准点冻结基面高程。虽然冻结基面与85基准基面换算关系理论上恒定不变,改正值也相同,实际应用中,如果基本水准点两次高程差值在水准测量允许误差范围内,则可认为该站基本水准点不下沉。

实例研究:以大运河某站为例。某站基本水准点是“甲基”,该站冻结基面以上高程 $\pm 0.000\text{m}$ =吴淞基面以上米数;冻结基面以上高程 -1.885 =黄海基面以上米数;冻结基面以上米数 -1.910 =85基准基面以上米数。

“甲基”点85基准高程 4.430m ,此为当年省工勘院提供“甲水文站支线”成果,其引据点采用某站附近东郊公园“宁无45基上”85基准高程 4.528m 推

算,该引据点高程同无锡锡惠公园“无杭1基主”85基准高程 17.119m 一起参加当年“常无线”各水准点85基准成果平差计算。“甲BM”设于1995年12月,其引据点为“甲基”,经接测“甲BM”85基准高程为 4.812m 。2011年太湖局公布某站附近“丹漕12”点85基准高程 3.921m ;2012年12月经“丹漕12”点接测“甲BM”点,“甲BM”点85基准高程 4.7605m 。经考证,2011年太湖局公布某站附近的“丹漕12”点85基准高程 3.921m ,其参与起算点计算、平差的无锡锡惠公园“无杭1基主”点85基准高程 17.119m ,与“甲基”当年属一个成果系统,存在高程可比性。由此可推得“甲BM”点沉降量 $4.812-4.760\text{m}=0.052\text{m}$ 。

2.4 区域近似法

针对既有平差又有沉降因素引起水准点高程变化存在的问题,提出了区域近似法。测站基本水准点原已有85基准高程(经考证一般可确定为“85一期高程”),最近测绘部门又公布该基本水准点85基准最新高程,两次新旧85基准高程的差值,简称“多因差值”。“多因差值”实际包含了基本水准点沉降及引据水准点复测平差合理误差等综合因素影响的复合结果。选择测站附近稳定区域内(非沉降区)水准点新旧两次85基准高程差值作为“合理差值”,“合理差值”是不受沉降因素影响只包括水准复测平差因素引起的变化值,当不受特殊的变动影响时,理论上“多因差值”应大于“合理差值”。则可用“多因差值”减去“合理差值”,得到的差值,近似作为该测站基本水准点的沉降值。

适用范围:该方法适用于江苏省内普遍存在的既有平差又有沉降因素引起水准点高程变化的情况以及测站基本水准点的两次85基准高程无法考证是否为同一系列,且附近存在稳定区域的85基准高程水准点的情况。

实例研究:以大运河枫桥站为例。枫桥站自1990年设校核点“站BM”,1995年省工勘院公布该点85基准高程 3.059m (此成果是以无锡锡惠公园“无杭1基主”85基准高程 17.119m 、苏州虎丘公园“宁沪57甲下”85基准高程 18.150m 参加起算点计算、平差,起算点高程均为1977年成果)。同年8月经“宁沪57甲下”85基准高程 18.150m 接测,“站BM”高程为 3.012m ,”站BM”点沉降。

2012年太湖流域管理局公布太湖流域2011年水文站等水准全覆盖连测测量成果,枫桥站“站BM”

85 基准高程 2.865m(参与此次计算、平差的起算点“宁沪 57 甲主”高程为 18.158m)，“站 BM”点 1995 年 8 月—2011 年 85 基准高程差为 0.147m。显然，这个差值包括了其引据点高程变化的“多因差值”在内。经考证，参加此次计算、平差的引据点“宁沪 57 甲主”85 基准高程为 2009 年成果，与 1977 年成果相差 0.083m，这是修复早期测量粗差所形成的系统差，不能认定是沉降值。则“站 BM”点沉降值应为 $0.147 - 0.083 = 0.064\text{m}$ 。

又经考证，“站 BM”点用“宁沪 57 甲主”85 基准高程 18.241 推算(1977 年成果，与“宁沪 57 甲下”85 基准高程 18.150m 为一个系列成果，存在可比性)，高程为 2.950m。此高程与 1995 年 85 基准高程有可比性，差值为 0.062m，即为沉降量。与前方法推得沉降量基本一致。

3 结论

本文提出的 4 种水位改正方法具有较好的实用性、可操作性，对我省范围内因地面沉降等各种因素引起的水位资料失真的改正工作有参考性。其中，平均分配法可用于改正时段内无实测水准测量成果、沉降量较小且呈均匀沉降的区域；基面参证法、区域近似法通过对引据水准点与基本水准点有无相对变动来确定基本水准点是否沉降，实现对历史水位的改正；分段改正法适合改正时段内有多次实测水准测量

成果的改正。4 种水位改正方法及实例改正结果与区域沉降因素如地质条件、地下水开采情况基本相吻合，改正成果较为合理，在一定程度上解决了水位资料应用中的数值改正问题，使得水位资料的一致性得到提高。

由于地面沉降的复杂，现有高程系统及其水准网点的复测、平差、点位维护工作的时代、地区、质量存在的成果差异，高程系统之间的测量时间差异的影响，测站所在地及其周围的地质变化的复杂情况等，对于切实达到考证效果、实现准确的水位改正，还有待继续深入研究。

参考文献：

- [1] 刘琦. 水文站水准基面关系分析[J]. 水文, 2012, 32(3):20-28. (LIU Qi. Analysis of datum relationship of hygrometry stations [J]. Journal of China Hydrology, 2012,32(3):20-28. in Chinese))
- [2] 余孟信. 太湖流域地面沉降区水位资料改正方法研究[J]. 江苏水利, 1997,(4):17-22. (SHE Mengxin. The research of waterlevel correction in the subsidence area of Taihu basin [J]. Jiangsu Water Resources, 1997,(4):17-22. (in Chinese))
- [3] 陈晓成. 地面沉降区颍河阜阳闸水位改正分析[J]. 治淮, 2011,(9):9-10. (CHEN Xiaocheng. The analysis of waterlevel correction in the subsidence area of Yinghe Fuyang navigation lock [J]. Harnessing the Huaihe River, 2011,(9):9-10. (in Chinese))
- [4] 陆德贤. 地面沉降区的水位改正方法[J]. 水文, 1994,(4). (LU Dexian. The research of waterlevel correction in the subsidence area [J]. Journal of Hydrology, 1994,(4).(in Chinese))

Research on Water Level Correction for Depressed Area

ZHAO Deyou¹, GE Libin², HUANG Guangyong³

(1. Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210029, China;

2. Wuxi Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Wuxi 214031, China;

3. Yancheng Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Yancheng 224002, China)

Abstract: According to the condition of the depressed area in Jiangsu Province, this paper suggested four methods of water level correction: the average distribution method, segment correction method, datum reference method, and region approximation method. Then, the typical stations were selected to verify the rationality of the four methods. The results show that the four methods are better practicability and maneuverability.

Key words: water level correction; depressed area; average distribution method; segment correction method; datum reference method, region approximation method