

# 海河流域水准网复测与地面沉降分析

王庆玉

(中水北方勘测设计研究有限责任公司, 天津 300222)

**摘 要:** 地面沉降在海河流域平原区普遍存在, 通过相隔 10 年的水准网观测, 确定出各区域地面沉降量和沉降速率, 并分析其危害和成因, 研究提出科学有效的监测设计方案。

**关键词:** 水准网; 复测; 地面沉降; 危害; 成因分析; 海河流域

**中图分类号:** P224. 1; P642. 26 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2004)02-0135-04

## 1 引言

海河流域位于东经  $112^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 、北纬  $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$  之间, 地形西北高、东南低, 总地势由西北向东南倾斜, 流域的北部和西部为蒙古高原和山西高原。燕山、太行山两大山脉自东北向西南延伸, 形成一条天然屏障, 环抱东部华北平原。全流域平原面积 12.9 万  $\text{km}^2$ , 占总面积的 40%。

地面沉降是我国平原地区的重要地质灾害之一, 海河流域地面沉降主要分布在天津、沧州和德州地区。根据海河流域 1989 年与 2002 年两期水准测量资料对比分析, 确定出流域内各地区不均匀沉降量的大小, 同时为流域规划管理提供重要的科学依据。

## 2 一期水准网建网

海河流域水准网, 1987~1989 年在海委主持下进行了全面规划设计和施测。成果当时通过鉴定, 专家认为此项工作建立了海河流域 1985 国家高程基准的高精度控制网系统, 在水利水电系统居领先水平, 成果评定优秀。

## 3 二期水准网复测

### 3.1 选点埋石

原水准路线中的标石已有相当数量遭到破坏。水准路线中, 埋设标石分为两种, 即混凝土基本水准标石和混凝土普通水准标石。依规范要求, 基本水准标石间距为 40 km, 普通水准标石为 3~4 km 埋设一对。埋石位置均选在地质条件稳定和利于保存的地点。

### 3.2 采用的高程系统和高程基准

水准点的高程采用正常高程系统, 1985 国家高程基准。

### 3.3 观测方法及技术要求

二、三等水准测量均采用往返观测。一条路线的往返测使用同一类仪器和尺承沿同一道路进行。每一测段的往测与返测, 其测站数均为偶数。由往测转向返测时, 两支标尺互换位置。同一测段的往测与返测尽可能分别在上午与下午进行。检测测段长度小于 1 km 时, 按 1 km 计算。

新埋设的混凝土基本水准标石观测时, 测定上、下标志间的高差。使用同一标尺, 变换仪器高度测定两次, 两次高差之差不得超过 1.0 mm, 观测数据置测段小结后用表格模式表示。

水准观测严格按规范的操作要求进行, 且能在外业中十分注意测段的往返测高差不符值是否连续若干段保持同一符号, 防止观测中系统误差的产生。

二、三等水准测量共投入 6 台德国蔡司厂的 Kon007 自动安平水准仪和 4 台瑞士徕卡厂的 NA3003 电子水准仪。Kon007 仪器使用线条式钢瓦合金标尺, NA3003 仪器使用钢条码标尺。二等水准观测使用 5 kg 尺台, 三等水准观测使用小型尺台。

收稿日期: 2003-10-31

作者简介: 王庆玉(1964), 男, 天津人, 高级工程师, 1986 年毕业于北京大学自然地理专业, 主要从事水利水电工程勘测、摄影测量与遥感、GIS 地理信息系统等应用研究。

3.4 观测成果

水准观测成果经高差中数计算后进行各项改正数计算,最后进行结点高程计算和平差计算。水准网复测,共施测二等水准路线 28 条计 3 955 km,三等水准路线 8 条计 536 km。埋设基本标石 77 座,普通标石 856 座。

4 沉降观测精度与归化计算

4.1 起算依据

水准路线的高程起闭点使用国家一等水准网和

地震大队一等水准网的资料。国家一等水准网为国家第二期一等水准复测网,施测时间为 1991~1998 年,1999 年完成数据处理,2001 年 5 月公告使用。地震大队一等水准为 1999 年施测。

4.2 观测精度要求

沉降观测精度指标如下:

测站高差中误差  $\leq \pm 1.5 \text{ mm}$

沉降量观测中误差  $\leq \pm 2.5 \text{ mm}$

水准点稳定限值  $\leq 2\sqrt{2}$  测量中误差,即  $\leq 2\sqrt{2}$

$m_{\Delta h}$

水准点测量中误差  $m_{\Delta h} = M_{\Delta} \sqrt{L}$

表 1 水准网的路线闭合差和每公里高差中数偶然中误差统计

Table 1 Error statistics of elevation survey

水准路线名称	等级	水准路线长度(km)	路线往返测高差不符值			附合路线闭合线			每公里高差中数偶然中误差	
			实测(mm)	限差 $\pm 4\sqrt{k}$ (mm)	差 $\pm 12\sqrt{k}$ (mm)	实测已知(mm)	限差 $\pm 4\sqrt{k}$ (mm)	差 $\pm 12\sqrt{k}$ (mm)	实测(mm)	限差(mm)
邯高线	II	42.9	-7.15	26.20		2.92	26.20			
高馆线	II	159.4	13.50	50.50		1.78	50.50		0.68	
馆高线	II	331.5	41.20	72.83		18.13	72.83		0.56	
德馆线	II	204.2	38.29	57.16		-5.30	57.16		0.62	
津沧线 沧德线	II	397.0	-8.14	79.70		-10.70	79.70		.64	
东旧线	II	76.0	19.43	34.87		3.06	34.87			
正献线	II	214.1	-45.6	58.5		-18.8	58.5		0.55	
独献线	II	157.7	40.1	50.2		-18.2	50.2		0.70	
献马线	II	184.9	-10.3	54.4		-10.5	54.4		0.53	
献歧线	II	184.4	10.4	54.3		-30.2	54.3		0.54	
北独线	II	159.1	9.4	50.4		-43.4	50.4		0.55	
同南线	II	109.2	-10.7	41.8		-4.6	41.8		0.65	1.0
涿白线	II	75.6	21.6	34.8		-12.2	34.8			
霸西线	II	83.1	7.8	36.5		8.1	36.5		0.76	
丰宁线	II	150.2	28.8	49.0		16.7	49.0		0.71	
九北线	II	195.3	-13.3	55.0		7.4	55.9		0.73	
密吴线	II	138.3	9.7	47.0		-7.5	47.0		0.52	
吴北线	II	182.0	38.8	54.0		-9.8	54.0		0.59	
通武线	II	146.6	-18.6	48.4		20.2	48.4		.057	
卢屈线	II	218.8	1.0	59.2		-46.8	59.2		0.57	
卢北线	II	199.5	17.9	56.5		-34.4	56.5		0.58	
屈北线	II	74.4	14.5	34.5		-4.1	34.5		0.69	
唐同线	II	128.1	-7.8	45.3		-5.4	45.3		0.67	
独东线	II	83.8	18.0	36.6			36.6			
独李线	II	44.2	-1.7	26.6		-7.3	26.6		0.62	
德道线	III	97.2	-41.70		118.31	6.74		118.31		
道宁线	III	29.4	-2.90		65.07	7.87		65.07		
道旧线	III	83.4	5.87		109.59	-19.54		109.59	0.86	
旧庆线 庆堙线	III	136.0	-24.01		139.94	-7.3		139.94		3.0
卢涿线	III	101.4	-17.1		120.8	-34.9		120.8	1.70	
土里线	III	88.2	-2.1		112.7	36.2		112.7	0.79	

式中:  $M_{\Delta}$  为每公里水准测量高差中数的偶然中误差,二等水准测量为 1 mm,三等水准测量为 3 mm;  
 $L$  为水准路线长度。

#### 4.3 平差计算与精度统计

经各项改正后的观测数据,应用软件程序统一进行平差计算。二、三等水准路线的往返高差不符值,路线闭合差和每公里高差中数偶然中误差统计详见表 1。

### 5 沉降区分布及沉降量统计

根据沉降观测结果,除少量河系区段有所抬升或稳定不变外,大部分河系水准点均有不同程度的下沉。具体沉降统计情况详见表 2、表 3。

通过表 2、表 3 中各河系年沉降量,进而统计各河系沉降速率及其百分比,详见表 4。

表 2 1988~2001 年各河流水准标石沉降量统计

Table 2 Subsidence statistics of markstone in each river from 1988~2001

河流名称	最大值 (mm)	最小值 (mm)	平均 (mm)	年均沉降量 (mm)
南运河	1204	266	627	52
漳卫新河	222	82	127	11
卫运河	663	113	240	20
漳河	894	22	372	31
卫河	184	44	91	8

表 3 1988~2002 年各河流水准标石沉降量统计

Table 3 Subsidence statistics of markstone in each river from 1988~2001

河流名称	最大值 (mm)	最小值 (mm)	平均 (mm)	年均沉降量 (mm)
还乡河	-17	-33	-25	-2
潮白河	28	102	68	5
潮白新河	4	454	168	12
永定河	-1	454	243	17
永定新河	183	398	287	20
滹沱河	-1	473	252	18
子牙新河	235	1146	593	42
大清河	-5	434	193	14
独流减河	594	1066	820	59

表 4 各河系沉降速率统计

Table 4 Subsidence statistics of each river system

年均沉降量 (mm)	0~10 (mm)	10~20 (mm)	20~30 (mm)	30~40 (mm)	40~50 (mm)	50 以上 (mm)
河流条数	3	5	2	1	1	2
%	21.4	35.7	14.3	7.1	7.1	14.3

通过表 4 得出年均沉降量超过 20 mm 的占 42.8%,超过 50 mm 的达 14.3%,由此可以得出结论,海河流域地面沉降是相当严重的。

通过表 5 可看出,水文站、闸年沉降量在 20~59 mm 之间的占 58%,由此说明主要水文站、闸的水准基点沉降量是很大的。

表 5 主要水文站、闸沉降量统计

Table 5 Subsidence statistics of the major hydrological stations and dams

年沉降量	6~19(mm)	20~44(mm)	49~59(mm)
点数	5	4	3
%	42	33	25

### 6 地面沉降危害及成因分析

#### 6.1 地面沉降的危害

(1) 沿海城市由于地面沉降的发展,使其地面标高降低到低于或接近于海平面高程,造成积水甚至海水侵袭。

(2) 港口城市,由于码头、堤岸的沉降而丧失或降低了港湾设施的能力。

(3) 桥墩下沉,桥梁净空减少,影响水上交通。

(4) 在一些地面沉降强烈的地区,伴随地面垂直沉降而发生的较大水平位移,往往会对许多地面和地下构筑物造成巨大危害。

(5) 地面沉降,河流水闸防洪泄洪能力减弱,也严重影响这些水工建筑物的安全。

#### 6.2 海河流域平原地区地面沉降成因

(1) 区域地质构造作用力影响,山体抬升,冲洪积平原相应下沉;

(2) 由于冲洪积平原的物质组成主要为冲洪积物质及第四纪沉积物,结构松散;

(3) 石油、天然气、地下水的大量开采;

(4) 城市大规模建设,构筑物对地面荷载加大;

(5) 气候变暖, 海平面相对上升。

部门要高度重视, 建立稳定的观测基点, 并至少每 10 年观测一次。

## 7 结语

水准网建网及复测工作, 高精度地对地面沉降进行监测并取得沉降总量和速率等数据, 从而为国民经济发展决策提供科学依据。地面沉降是一个连续发展的过程, 而且其危害之大无法估量, 建议有关

### 参考文献:

- [1] 张倬元. 工程地质分析原理[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [2] 潘懋, 李铁峰. 灾害地质学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002.
- [3] 张正禄. 工程测量学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002.

## HAIHE BASIN LEVEL NETWORK RESURVEYING AND ANALYSE OF LANDSURFACE SUBSIDENCE

WANG Qing yu

(North China Water Resources Investigation, Design and Limited Company, Tianjin 300222, China)

**Abstract:** The landsurface subsidence is widespread in Haihe Basin. Resurveying of the level network gives the subsidence value of each area and the subsidence velocity. This paper analyses harms of subsidence and its genesis and puts forth a scientific and effective monitoring scheme.

**Key words:** level network; resurveying; landsurface subsidence; genesis analyse; endanger; reaches of Haihe river

(上接第 117 页)

**Abstract:** The laws of Au concentration and mineralization in Lingshangou gold deposit are complex, which is closely related to magmatism of the regenerated granite, the form and occurrence of faults, dyke swarms, alteration of country rock, the shapes of pyrite and so on. This paper analyses the laws of concentration and mineralization, on the base of which some indications to find ore were put out. They are useful to find the new target areas.

**Key words:** Au concentration and mineralization; ore indications; Lingshangou gold deposit; Shandong province