

# 天津市及其沿海地区地表高程变化现状及趋势

王福<sup>1,2</sup>, 钟新宝<sup>1</sup>, 康慧<sup>1</sup>, 李建芬<sup>1</sup>, 李凤林<sup>1</sup>

WANG Fu<sup>1,2</sup>, ZHONG Xinbao<sup>1</sup>, KANG Hui<sup>1</sup>, LI Jianfen<sup>1</sup>, LI Fenglin<sup>1</sup>

1. 中国地质调查局天津地质调查中心, 天津 300170;

2. 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061

1. *Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China;*

2. *College of Earth Science, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China*

**摘要:**近百年以来不同时期的地形图、有关资料的对比研究,揭示天津市及沿海地区的地表高程在20世纪近百年间已发生了明显变化。基于影响沿海地区地表形态的基本参数——保有高程、地面下沉、海面上升和垂直加积速率——所做的预测显示,2030年时天津及沿海地区的地表高程将继续损失,在相伴随的海面上升的共同作用下,预测沼泽化的影响范围将逼近天津市区。

**关键词:**天津市;地表高程;下沉;海面上升;趋势预测

中图分类号:P534.63

文献标识码:A

文章编号:1671-2552(2005)01-0087-05

**Wang F, Zhong XB, Kang H, Li JF, Li FL. Present surface elevation change and trend in Tianjin and its coastal area. *Geological Bulletin of China*, 2005, 24(1): 87-91**

**Abstract:** Comparative study of topographical maps and data produced in different periods in the last century illustrates that great changes in surface elevations have taken place in Tianjin and its coastal area in nearly one hundred years in the 20th century. Based on four essential parameters of the surface morphology influencing the coastal area—remaining elevation, ground subsidence, sea-level rise and vertical accretion rates, this study predicts that the surface elevation of Tianjin and its coastal lowland will continue to be reduced in 2030. With the concomitant influence of the attendant sea-level rise, envisaged paludification will press on towards the Tianjin metropolitan center in the coming years.

**Key words:** Tianjin; surface elevation; subsiding; sea level rise; trend prediction

天津市及渤海湾西岸、西北岸沿海地区是环渤海经济区的重要组成部分,所处泥质海岸带地区与“长三角”“珠三角”等的地质环境条件相同或近似。因此,查明天津市及其沿海地区地表形态变化的现状及趋势,提供客观、准确的基础数据,有助于天津市乃至整个中国东部海岸带的可持续发展。

渤海湾沿海地区近现代地表形态变化及预测是近年来该地区地质调查的重要内容之一。通过对20世纪初的地形图和1997年遥感影像的数字化对比

研究,首次恢复了渤海湾西岸近百年前的地貌景观,并近似地将其视做基本未受人类活动影响的原始地表形态,与20世纪末现代地表形态的对比结果,显示了近百年以来该地区地质环境的不断恶化<sup>[1]</sup>。根据更深入的图形学对比研究,重建了渤海湾距今130年来海岸线进退、潮间带宽度变化、地表水体减少等近现代地质过程<sup>[2]</sup>。根据<sup>210</sup>Pb、<sup>137</sup>Cs示踪揭示的渤海湾海岸带现代沉积速率<sup>[3,4]</sup>和对地面沉降、海面上升、保有高程等因素间的相互作用的

收稿日期:2004-03-20;修订日期:2004-07-20

地调项目:中国地质调查局国土资源调查项目(批准号:19991300013051和200112400006)资助。

作者简介:王福(1979-),男,在读硕士,从事泥质海岸带近现代地质环境变化研究。E-mail:tjwfu@cgs.gov.cn

① 李建芬.渤海湾西岸近百年以来地表环境变化.引自《泥质海岸带近现代地质作用(剥蚀、堆积与岸线变迁)及精细测年研究》(内部报告),2002.

综合分析,预测了2050年时地表高程变化的趋势<sup>①</sup>。本文以上述成果为基础,进一步将预测时限缩短至2030年,探讨今后20~30年间该地区地表形态可能的变化趋势。

### 1 20世纪初地表形态和高程

20世纪初,整个渤海湾沿海平原还保留着大面积湿地。永久性水体及高度低于+1.5 m(20世纪初大沽高程)<sup>②</sup>、存在季节性水体的低地,约占总面积的45%。特别是靠近海岸线地区,近80%是河网密布的湿地或盐沼、潟湖。靠近内陆还分布着残存的古潟湖,其中天津以北的七里海、小淀,以南的团泊洼、北大港等,就是典型的古潟湖,它们的面积在20世纪初均大于100 km<sup>2</sup>。I、II、III道贝壳堤当时尚未遭到人类破坏(而牡蛎礁深埋地下,直至20世纪70年代兴修水利时被陆续发现),天津市及研究区内所有城镇的总面积仅65 km<sup>2</sup>,其中天津市区仅26 km<sup>2</sup>。从西(陆)向东(海),地表高程显示高一低一高的变化(图1-1)。

### 2 20世纪末地表形态和高程

与20世纪初相比,20世纪末渤海湾西岸地表形态已发生了巨大变化。天津市区的面积扩大了近10倍,超过了250 km<sup>2</sup>,沿海地区增加了塘沽、大港和汉沽3个

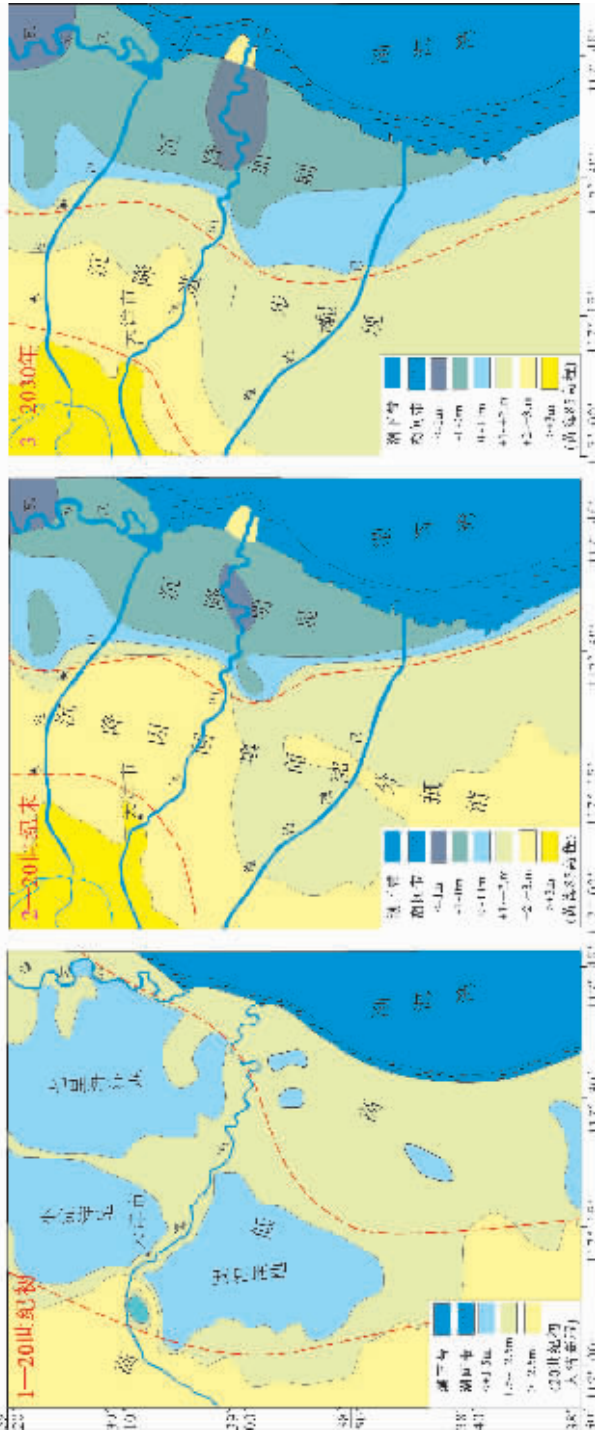


图1 渤海湾西岸海岸带20世纪初至2030年地表形态变化示意图  
 of the Bohai Bay from the beginning of the 20th century to 2030

1—20世纪初在天津市以南,以北和东北方向分布着20世纪初大沽高程+1.5 m以下的大范围的湿地,按其所在地区,分别为津南(团泊洼地、津北(小淀)洼地、古七里海洼地。该图是从1926年顺直地形图的高程值减去1.3 m获得的。2—根据20世纪末最新版1:5万地形图高程点绘制的研究区现代地表高程示意图。该区中西部因人类活动(疏浚和回填)原始地形发生变化,并在一定程度上掩盖了另一类人类活动——抽取地下水——造成的地面下沉。3—因地面下沉的持续,2030年时该地区地表高程将进一步降低,在黄河下游和汉沽区甚至将出现小于-1 m的低洼地带。图内的红色虚线,是对不同高程地域的粗略划分,显示地表高程或其变化趋势的大致骨架

① (1)王宏.海岸带现代地质环境变化主要影响因素与预测.引自《泥质海岸带现代地质作用(剥蚀、堆积与岸线变迁)及精细测年研究》(内部报告),2002;(2)天津地质矿产研究所.可能影响天津市城市安全的几个重大地学问题及对策建议.工作简报,2003,(10).

② 参考文献[1]中“天津市及周边地区20世纪初地表形态图”上的高程是从比当时的大沽海平面低1.3 m的基准面起算的,因此,若将该图的高程数值纳入当时的大沽高程系,须减去1.3 m。

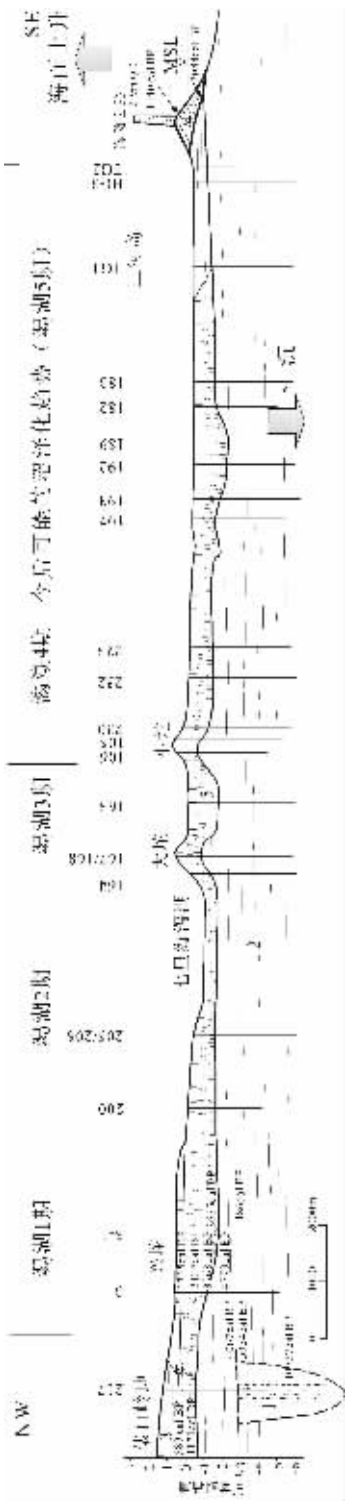


图2 渤海湾西北岸海岸带依口镇岭地—七里海潟湖—蛭头沽浅表层地质剖面  
(据李建芬等,环渤海海岸带近代地质环境变化,2004)

Fig.2 Section of shallow-surface strata of the Baokou elongated mound area-Qilihai lagoon-Chengtougu  
(据李建芬等,环渤海海岸带近代地质环境变化,2004)  
1—牡蛎礁;2—海相泥质沉积;3—陆相泥质沉积;4—贝壳堤;5—潟湖相泥质沉积(“蒜瓣土”);cal BP是经MARINE98或INTCAL98校正之后的<sup>14</sup>C年龄;QD—青岛基准面(85黄海高程);数字和英文为钻孔编号

20世纪80—90年代的1:5万地形图高程数据和实地调查绘制的图1-2显示,20世纪末研究区中西部大多处在+1~+2m之间,天津市区及以西地区稍高。但是,渤海湾沿海地带沉降明显,出现了负地形,高程多在-1~0m之间,汉沽区及海河下游零星地区甚至小于-1m。与20世纪初的地表形态图对比显示,20世纪末潮间带因淤积而变宽变缓,古潟湖因人类活动的影响,面积大为缩小甚至消失。七里海面积只及原来的1/3,小淀洼地完全消失<sup>[1]</sup>。中西部因农业和城市建设的疏浚、回填,部分抵消了下沉造成的影响。图2揭示了渤海湾西北岸现代地表形态和高程的状况,海岸带向陆一侧存在大面积高程很低的地区,并且现代地表高程在未来的20~30年中会继续损失。

### 3 2030年高程变化趋势

今后30年渤海湾西岸泥质海岸带的地质环境变化趋势(T)可用下式表达:

$$T = (A + D) - (B + C) \text{①} \quad (1)$$

式中A—保有高程,B—海面变化,C—地面下沉,D—沉积物垂直加积速率。

人口密集的平原区地表高程变化,受抽取地下水引起的地面下沉、沉积物自重压实和构造运动等因素的影响。大量观测数据揭示,近20~30年来天津市塘沽区等地持续下沉,年平均速率达到厘米级<sup>[5]</sup>。若仍保持这个速度(约1cm/a),到2030年时,地面还会继续下沉约0.3m。图3中详细的Eijkelpamp浅孔调查未发现上古林地区现代河流冲积物证据,<sup>210</sup>Pb、<sup>137</sup>Cs示踪揭示现代沉积速率仅为0.09cm/a,证实现代垂直加积作用对今后高程变化的贡献极小,几乎可以忽略不计<sup>[3,4]</sup>。

基于对上述基本要素的分析,对天津市及沿海地区地表高程变化趋势预测如下(图1-3):2030年时,大于+3m的地域收缩至研究区西北部,+3~+1m的地域亦将向西收缩,+1~0m的地域扩大,0~-1m的地域基本维持稳定,小于-1m的地域扩大。

另据政府间气候变化专委会(IPCC)的资料<sup>[6]</sup>,全球海平面在21世纪将继续保持上升的趋势,至2030年时的上升量将达到10~18cm(最佳估计值、最高估计值)。综合以上数据,并代入前述方程(1),可

中等城镇,渤海湾西岸城镇总面积较20世纪初增加了12倍,达到753 km<sup>2</sup>。湿地面积则大量减少,贝壳堤和牡蛎礁被严重破坏<sup>[1]</sup>。

① 王宏,李建芬,康慧,等.泥质海岸带现代地质作用(沉积、剥蚀及岸线变迁)与精细测年研究报告.2002.

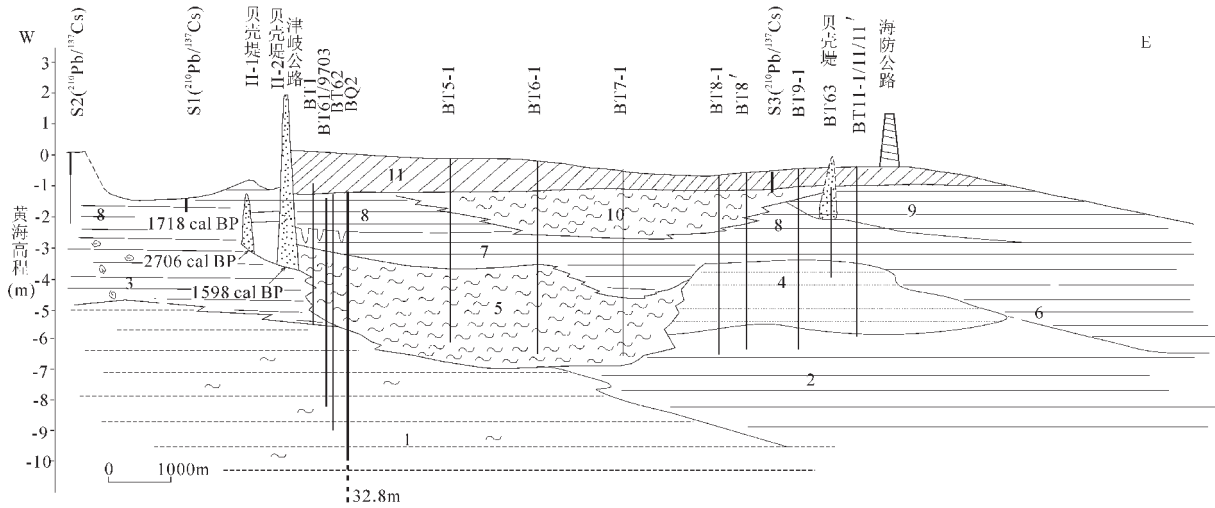


图3 上古林剖面<sup>①</sup> Fig.3 Section of Shanggulin

灰色单元:1—潮坪及浅海沉积,泥质,夹不规则粉细砂纹层;2—潮坪及浅海沉积,泥质,纹层结构;3—潮坪及浅海沉积,含大量贝壳,泥质为主;4—潮坪沉积,粉细砂质为主;5—潟湖相,淤泥质,细腻,富含水;6—潮坪沉积,泥质,夹粉砂纹层。黄色单元:7—盐沼及MHWST处潮坪沉积,泥质;8—盐沼沉积,泥质,夹风暴潮事件层;9—近现代MHWST处潮坪沉积,黑色,粘土质;10—被石油开发(?)污染的潟湖—盐沼相沉积,泥质,细腻,富含水;11—人工回填;S1、S2、S3—<sup>210</sup>Pb、<sup>137</sup>Cs示踪及测年剖面;BT—Eijkelpamp钻孔编号;BQ2—机械钻孔

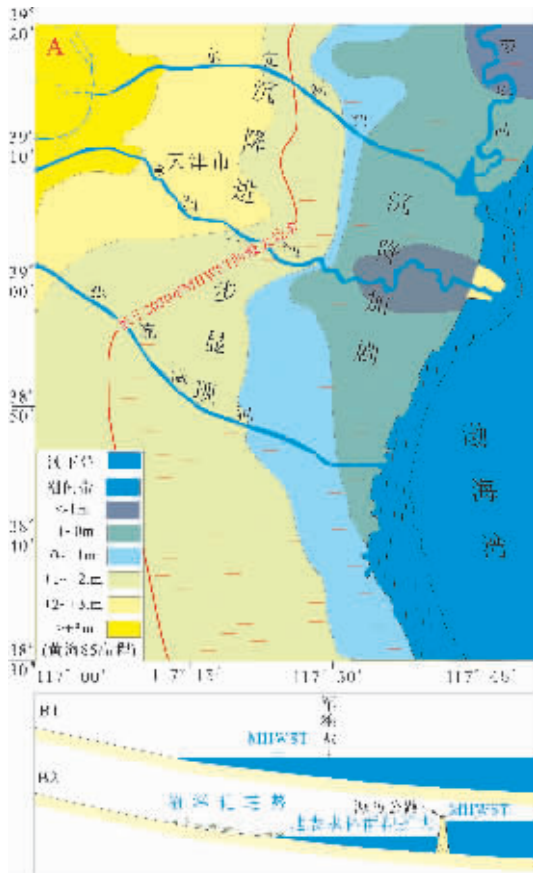


图4 2030年平均大潮高潮水影响的理论最大边界示意图

Fig.4 Diagram showing the theoretical maximum boundary influenced by MHWST in 2030

A、B1:红线以东,是预测2030年时地表高程小于+1.7 m的地域。该地域均在2030年+1.7 m的平均大潮高潮水(MHWST)淹没范围之内  
B2:尽管海防大堤不会使这种可能成为现实,但地面沉降、海面上升的双重影响仍将使这一地域面临沼泽化的威胁

① 王宏,王云生,阎玉忠,等.白水头—岐口镇幅(1:50000)区域地质调查报告.2003.

知2030年时的平均大潮高潮位将在现代约+1.5 m的高度基础上再增加近10~20 cm,从而达到+1.6~+1.7 m。海面的上升,必将与地面下沉相结合,进一步加剧环境的恶化。图4显示,如无海防大堤屏护,2030年+1.7m的平均大潮高潮位(MHWST)所能淹没的最大边界将进逼至天津市区。尽管海防大堤可以有效地抵御高潮水的影响,但内陆洪水、雨水宣泄不畅,仍可能使研究区东部盐渍化加剧,乃至遭受沼泽化的威胁。

渤海湾西岸的沼泽化在过去数千年间曾数度出现<sup>[7,8]①</sup>,目前已知最长的一次持续了约2700年(天津宁河兴坨剖面揭示:从公元前2000年至隋唐,古七里海潟湖曾长期存在)<sup>[8]</sup>。近年来天津市“工业战略东移”的构想日益强化,并已纳入政府的长远规划之中<sup>[9]</sup>。按照本文从地质角度的分析,今后的地面下沉、海面上升为新的沼泽化趋势提供条件,从而不利于上述“东移”战略的构想,并将对滨海新区的总体规划产生长远影响。

## 4 结 论

渤海湾西岸及天津市地表形态在20世纪发生了重大变化。以2030年为时限的预测表明:采用1 cm/a的沉降数值时,该地区现有地表高程(保有高程)将继续损失;与这一过程相叠加的海面上升,将导致沿海大部分地域——所有低于+1.7 m的地区——低于2030年时的平均大潮高潮位,加剧盐渍

化趋势,从而进一步增加地质环境所承受的压力和海岸带开发的难度。

致谢:本文是在王宏研究员指导下完成的,天津地质调查中心有关人员做了前期资料搜集、整理工作。20世纪初期大沽高程系的沿革及其与黄海高程的关系,据国家地震局第一地形变监测中心黄立人、王若柏的资料。在此一并致谢。

## 参考文献:

- [1]钟新宝,康慧.渤海湾海岸带近现代地质环境变化[J].第四纪研究,2002,22(2):131-135(附彩色图版2帧).
- [2]康慧,李建芬,钟新宝.渤海湾西岸泥质海岸带现代地质环境变化的遥感监测[A].见:前寒武纪第四纪地质文集编委会主编.前寒武纪第四纪地质文集[C].2002.205-213.
- [3]李建芬,王宏,夏威岚,等.渤海湾西岸<sup>210</sup>Pb、<sup>137</sup>Cs测年与现代沉积速率[J].地质调查与研究,2003,26(2):114-128.
- [4]王宏,姜义,李建芬,等.渤海湾老狼坨子海岸带<sup>14</sup>C、<sup>137</sup>Cs、<sup>210</sup>Pb测年与现代沉积速率的加速趋势[J].地质通报,2003,22(9):658-664.
- [5]金东锡.天津地面沉降特征及其防治效果[A].见:海平面上升对中国三角洲地区的影响及对策编委会主编.海平面上升对中国三角洲地区的影响及对策[C].1994.111-118.
- [6]Albritton D L, Allen M R, Baede A P M, et al. Summary for Policymakers, A Report of Working Group I of IPCC[R]. 2001.
- [7]孔昭宸,杜乃秋,许清海,等.中国北方全新世大暖期植物群的古气候波动[A].见:施雅风,孔昭宸主编.中国全新世大暖期气候与环境[C].1992.48-65.
- [8]李建芬,王宏,李凤林,等.渤海湾牡蛎礁平原中部兴坨剖面全新世地质环境变迁[J].地质通报,2004,23(2):169-176.
- [9]李玉峰.20亿构筑大都市水利体系[N].天津日报,2004-02-28(1).

① 河北黄骅海岸带自公元前2000年以来,至少有3次明显的沼泽期,发育以香蒲为主的水生植被。参见“河北杨庄剖面全新世‘香蒲沼泽’”,张玉发,2004。