

## 天津滨海新区新近沉积土确定及其工程特性研究

王 辉, 赵志峰, 温伟光, 刘晓磊

### Research on the identification and engineering characteristics of recently deposited soils in the Tianjin Binhai New Area

WANG Hui, ZHAO Zhifeng, WEN Weiguang, and LIU Xiaolei

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.16030/j.cnki.issn.1000-3665.202011007>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 白龙江流域中上游第四纪沉积物的发育特征及其灾害效应

Development characteristics and disaster effect of the Quaternary sediments in the middle and upper reaches of the Bailongjiang River Basin

陈宗良, 叶振南, 王志宏, 王高峰, 高幼龙, 田运涛 水文地质工程地质. 2019, 46(2): 29-29

#### 白音诺尔铅锌矿区河流沉积物重金属的形态分布特征

Morphological characteristics of heavy metals in the river sediments in the Baiyinnuoer lead-zinc mining area

余楚, 张翼龙, 李剑锋, 吕敦玉 水文地质工程地质. 2019, 46(3): 162-162

#### 不同沉积环境下马兰黄土孔隙分布与土水特征的模式分析

Mode analysis of pore distribution and soil-water characteristic curve of Malan loess under different depositional environments

李同录, 张辉, 李萍, 康海伟, 葛书磊 水文地质工程地质. 2020, 47(3): 107-114

#### 沉积型和火山型地热流体的同位素水文地球化学对比研究

A comparative study of isotopic hydrogeochemistry of geothermal fluids of sedimentary basin type and volcanic type

马致远, 李嘉祺, 翟美静, 吴敏, 许勇 水文地质工程地质. 2019, 46(6): 9-18

#### 无黏性土的压缩特性及模型

Compression characteristics and models of cohesionless soil

马露 水文地质工程地质. 2021, 48(4): 72-77

#### 薄层灰岩浅部岩溶发育特征及分布模型

Development characteristics and distribution model of shallow karst in thin-bed limestones

张宽, 唐朝晖, 柴波, 孙巧, 张洁飞 水文地质工程地质. 2019, 46(4): 167-174



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

DOI: 10.16030/j.cnki.issn.1000-3665.202011007

# 天津滨海新区新近沉积土确定及其工程特性研究

王 辉<sup>1,2</sup>, 赵志峰<sup>1,2</sup>, 温伟光<sup>1,2</sup>, 刘晓磊<sup>1,2</sup>

- (1. 天津市勘察设计院集团有限公司, 天津 300191;  
2. 天津泰勘工程技术咨询有限公司, 天津 300191)

**摘要:** 基于古海岸线及测年试验分析, 对滨海新区上部陆相沉积土的形成年代进行研究, 确定了该区新近沉积土的划分原则, 并根据成因类型及沉积环境, 进一步划分了新近沉积土的类别; 根据土层厚度及底板埋深, 查清了滨海新区新近沉积土的发育分布规律, 并分析评价了该类土的工程特性。结果表明: 滨海新区上部陆相沉积土形成年代小于 4 000 年, 应将其划归为新近沉积土, 与原新近沉积土共同组成该区新近沉积层; 新划分原则下新近沉积土可分为洪泛新近沉积土、古河道新近沉积土及上部陆相新近沉积土三类, 其厚度一般在 1~2 m, 底板埋深一般在 3~4 m, 工程性质较差, 表现为较高含水量、较大孔隙比、较低抗剪强度、较高压缩性, 地基承载力普遍在 100 kPa 左右。

**关键词:** 新近沉积; 划分原则; 沉积类别; 发育分布; 工程特性

中图分类号: P642.11<sup>+</sup>1

文献标志码: A

文章编号: 1000-3665(2021)04-0093-08

## Research on the identification and engineering characteristics of recently deposited soils in the Tianjin Binhai New Area

WANG Hui<sup>1,2</sup>, ZHAO Zhifeng<sup>1,2</sup>, WEN Weiguang<sup>1,2</sup>, LIU Xiaolei<sup>1,2</sup>

- (1. Tianjin Survey Design Institute Group Co. Ltd., Tianjin 300191, China; 2. Tianjin Taikan Engineering Technology Consulting Co. Ltd., Tianjin 300191, China)

**Abstract:** Based on the analyses of the paleocoast line and the dating test, the formation age of the upper terrestrial sedimentary soil in the Binhai New Area is studied, the principle of the recently deposited soils in the area is determined, and the classification of the recently deposited soils is further divided according to the genetic type and sedimentary environment. Based on the thickness of the soil layer and the depth of the floor, the development and distribution of the recently deposited soils in the Binhai New Area is investigated, and the engineering characteristics of this type of soil are analyzed and evaluated. The results show that formation age of the upper terrestrial sedimentary soil in the Binhai New Area is less than 4 000 years. Consequently, the soil should be classified as recently deposited soil. Together with the original recently deposited soil, the recently deposited layer formed in the area. According to new classification principle, the recently deposited soils can be divided into three types: flooded recently deposited soil, ancient channel recently deposited soil and upper terrestrial recently deposited soil. The thickness of the recently deposited layer generally ranges from 1 to 2 m, and the floor depth generally ranges from 3 to 4 m. The engineering properties are poor, and are characterized by higher water content, larger void ratio, lower shear strength and higher compressibility, and the foundation bearing capacity is generally 100 kPa or so.

**Keywords:** recently deposited soil; classification principles; sedimentary type; developmental distribution; engineering characteristics

收稿日期: 2020-11-04; 修订日期: 2021-01-05

第一作者: 王辉(1988-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事岩土工程勘察及工程咨询工作。E-mail: 819064510@qq.com

新近沉积土是一种有别于一般第四纪沉积土的“近代土”，具有独特的工程特性，多见于河漫滩、山前冲积、洪积扇的表层和已填塞的沟、塘、谷及河道泛滥区<sup>[1]</sup>。国外有关新近沉积土研究的文献较少，一般都是就新近沉积土某些特征进行单一探讨，研究并不系统和深入<sup>[2]</sup>。自上世纪 70~80 年代开始，国内开始注意到新近沉积土特殊的工程特性，由此开展了一系列相关研究工作。目前国内对新近沉积土确切的划分年代界线并没有统一<sup>[3]</sup>，对其基本工程地质性质的描述更是过于简单和模糊，有待于进一步更细致的研究和探索。此外，虽已被纳入国家标准规范，但在地质学科中，新近沉积土并不是一个规范的专业术语，“新近期”不是地质年代术语，在传统的地质学中没有“新近沉积土”的岩性定名。因此，地质地矿部门在第四纪地质年代、地层岩相等研究中，也缺乏对“新近沉积土”的专项研究。

天津位于渤海西岸，其浅表地层形成于最后一次海退成陆过程，且自内陆向沿海的沉积年代由老变新<sup>[4-5]</sup>。在早期城市建设中，由于缺乏对新近沉积土了解，出现了房屋沉降开裂、路面断裂破坏等现象。为解决上述问题，天津对新近沉积土开始进行专项研究，涉及范围包括市区及滨海新区塘沽部分地段，是国内最早一批开展新近沉积土研究的城市。经过多年研究<sup>[6-11]</sup>，现已明确了天津新近沉积土的形成年代以 4 000 年为界，并给出了其成因类型、分布范围、岩性组成和物理力学性质指标。实践证明，新近沉积土的现有研究成果在天津市区具有良好的适用性，但在研究涉及较少的滨海新区则出现了新近沉积层与第 I 陆相层划分存在重叠冲突的问题，以往为保持与市区地层一致而划分第 I 陆相层(上部陆相层)时，出现了许多问题，如：第 I 陆相层地基承载力或桩基参数取值偏高，导致实际工程中建筑物沉降过大、开裂或基坑支护结构变形、破坏等问题。

综上，开展滨海新区新近沉积土研究，一方面可补充完善天津新近沉积土理论成果，另一方面也为滨海新区工程建设中的勘察、设计、施工提供可靠依据。

## 1 滨海新区新近沉积土划分

### 1.1 新近沉积土形成年代

#### (1) 古海岸线年代分析

历史上，黄河曾有 3 次改道至天津附近入海，在海浪冲击和黄河携带泥沙入海时的造陆作用下，天津平

原东部形成了数条由海生贝类逐渐堆积而成、大致平行的贝壳堤。因此，现存的贝壳堤就是原古海岸线，也就是成陆的历史见证，同时也是天津滨海地层沉积年代的重要资料。根据《天津市地质环境图集》<sup>[11]</sup>和有关文献资料<sup>[12-13]</sup>，天津滨海新区共分布有 3 道贝壳堤，自东向西分别为第一、第二及第三贝壳堤，其形成年代及分布具体见图 1。

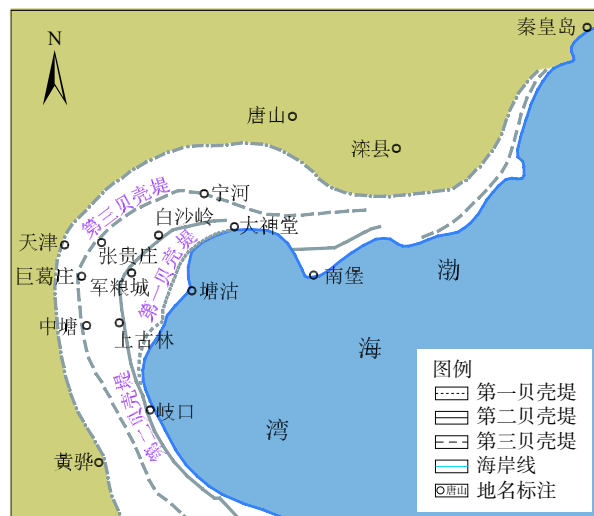


图 1 古海岸线(古贝壳堤)分布示意图

Fig. 1 Distribution diagram of the ancient coastline (ancient shell dike)

由图 1 可知，第一道贝壳堤形成于距今约 200 年，基本沿现代海岸线分布，分布于大神堂—蔡家堡—蛭头沽—驴驹河—高沙岭—唐家河—歧口镇，在歧口附近与第二道贝壳堤合并；第二道贝壳堤形成于距今约 2 000 年左右，分布于汉沽的洒金坨—茶淀—军粮城—上古林—马棚口—歧口，在歧口与第一道贝壳堤汇合，为战国前古文化遗址；第三道贝壳堤形成于距今约 3 800~3 000 年，分布于汉沽的高庄村南—七里海镇—造甲城镇—张贵庄及北大港，根据考证大体与春秋时期的海岸线相近。

#### (2) 测年试验分析

为确定滨海新区新近沉积时间，根据历年研究成果及相关单位资料，本次在研究区域及周边共收集了 31 组测年数据，按照采样深度小于 5.0 m 的原则进行筛选，共筛选出 13 组进行分析。测年取样位置见图 2，测年结果见表 1。

由于<sup>14</sup>C 测年样品的送样要求高，在补充钻孔中共取得了 5 组样品的有效测试结果，如表 2 所示。

根据以上测年数据分布及结果可知，大部分测年数据与《天津市地质环境图集》和有关文献资料所提

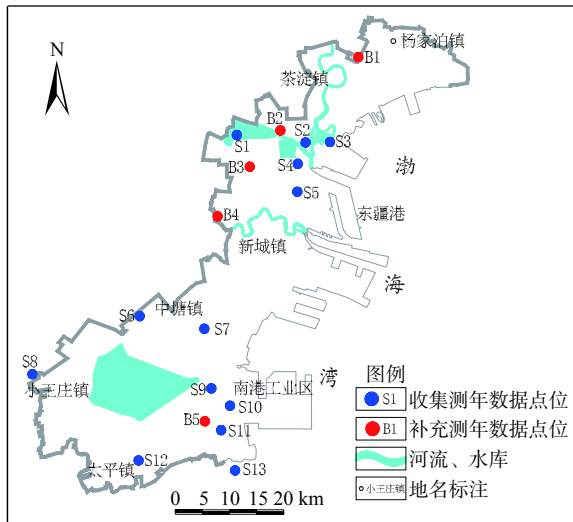


图 2 测年取样位置示意图  
Fig. 2 Location of the sampling points for dating

表 1 收集的测年成果数据

Table 1 Collected dating results

编号	测年材料	取样深度/m	测定值/a BP	数据来源
S1	C.gigas	3.0	2 130±80	文献[14]
	C.gigas	4.2	2 240±80	文献[14]
S2	贝壳	-	2 130±80	●
S3	贝壳	-	1 350±65	文献[15]
S4	C.gigas	1.0~2.0	975±85	文献[16]
S5	有机质泥	3.5	9 070±200	文献[16]
S6	黏土	2.0	2 200±200	●
S7	贝壳	1.3~1.5	2 030±150	文献[17]
	贝壳	-	2 290±120	文献[17]
S8	贝壳	-	7 920±655	文献[16]
S9	贝壳	3.87	1 170±120	●
S10	贝壳	4.0	220±200	●
S11	贝壳	-	2 660±115	文献[16]
S12	M.quadrangularis	-	3 060±100	文献[16]
S13	贝壳	0.3~0.4	1 480±65	文献[18]
	贝壳	1.2	2 000±70	文献[18]

注: 1. C.gigas为长牡蛎, M.quadrangularis为四角蛤蜊;  
2. ●数据来源于天津地质矿产研究所、天津地质调查中心等单位。

表 2 补充测年数据

Table 2 Supplementary dating data

编号	样品	测定值( <sup>14</sup> C年代BP)	误差
B1	贝壳	3 950	20
B2	贝壳	现代碳	-
B3	贝壳	1 720	20
B4	贝壳	2 240	30
B5	贝壳	2 375	20

注: 所用<sup>14</sup>C半衰期为5 568年, BP为距1950年的年代。

供的3道贝壳堤形成年代界限相符, 仅局部在S5、B1等处测年数据有所异常。

### (3) 综合分析

经过对古海岸线(贝壳堤)分布研究, 依据实际测年成果, 可以确定: 滨海新区第三道贝壳堤以东的上部陆相沉积土层形成年代小于4 000年。

## 1.2 滨海新区与市区上部陆相沉积土对比分析

### (1) 物理性状

滨海地区上部陆相沉积土在颜色、结构及强度方面与市区上部陆相沉积土有明显区别, 但与市区新近沉积土却极为相近, 详见表3。

表 3 物理性状对比

Table 3 Comparison of physical properties

地区	土层	颜色	结构	强度
滨海新区	上部陆相沉积土	褐黄	结构性差, 受扰动后原始结构显著变软	低
市区	新近沉积土	褐灰	结构性差	低
	上部陆相沉积土	灰黄	结构稳定	高

### (2) 物理力学指标

就土的工程性质而言, 滨海新区上部陆相沉积土与市区相比存在明显差异。其一是岩性差异, 滨海新区许多上部陆相沉积层中出现淤泥质土, 而市区除新近沉积层中出现淤泥质土外, 在上部陆相沉积层中不会出现; 其二是物理力学性质差异, 滨海新区上部陆相沉积土的物理力学性质明显差于市区上部陆相沉积土, 也差于市区新近沉积土。本次共统计了12 858组土样的试验指标, 其中位于市区新近沉积层的有3 037组, 位于市区上部陆相沉积层的有5 758组, 位于滨海新区上部陆相沉积层的有4 063组。上部陆相沉积层与新近沉积层中相同岩性土层的物理力学指标对比情况见表4—表7。

## 1.3 新近沉积土分析确定

综合上述研究成果可知, 滨海新区上部陆相沉积土形成年代界限为4 000年, 其物理力学性质既差于市区上部陆相沉积土, 也差于市区新近沉积土, 完全符合天津地区新近沉积土划分标准。结合岩土工程实践情况, 滨海新区上部陆相沉积土划入新近沉积层确实可行。因此, 滨海新区新近沉积层应由成陆后在低洼地带、洪泛区、古河道、沟坑等地带形成的原新近沉积土及上部陆相沉积土共同组成, 为将两者区分, 后者可定名为“上部陆相新近沉积土”。

## 2 滨海新区新近沉积土发育分布

按成因, 滨海新区新近沉积土分为古河道、洼淀

表 4 黏土物理力学指标统计表

指标	统计项目	市区		滨海地区
		上部陆相沉积土	新近沉积土	上部陆相沉积土
$\omega/\%$	平均值	31.2	32.2	35.8
	变异系数	0.11	0.10	0.11
$\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	平均值	19.0	18.8	18.4
	变异系数	0.02	0.03	0.02
$e$	平均值	0.91	0.94	1.03
	变异系数	0.09	0.10	0.09
$I_p$	平均值	18.51	18.81	19.40
	变异系数	0.11	0.14	0.12
$I_L$	平均值	0.50	0.54	0.69
	变异系数	0.23	0.20	0.22
$a/\text{MPa}^{-1}$	平均值	0.42	0.46	0.58
	变异系数	0.18	0.23	0.24
$E_{s1-2}/\text{MPa}$	平均值	4.60	4.20	3.70
	变异系数	0.23	0.20	0.23
$N/\text{击}$	平均值	4.10	3.20	2.90
	变异系数	0.26	0.22	0.26

表 5 粉质黏土物理力学指标统计

Table 5 Statistics of physical and mechanical indexes of silty clay

指标	统计项目	市区		滨海地区
		上部陆相沉积土	新近沉积土	上部陆相沉积土
$\omega/\%$	平均值	27.8	29.3	30.5
	变异系数	0.10	0.08	0.10
$\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	平均值	19.3	19.1	19.1
	变异系数	0.02	0.02	0.03
$e$	平均值	0.80	0.84	0.84
	变异系数	0.05	0.10	0.10
$I_p$	平均值	12.50	12.30	13.50
	变异系数	0.18	0.08	0.20
$I_L$	平均值	0.84	0.99	0.87
	变异系数	0.19	0.20	0.16
$a/\text{MPa}^{-1}$	平均值	0.28	0.33	0.41
	变异系数	0.22	0.25	0.27
$E_{s1-2}/\text{MPa}$	平均值	6.60	5.80	4.90
	变异系数	0.18	0.21	0.20
$N/\text{击}$	平均值	5.00	3.40	3.40
	变异系数	0.23	0.27	0.28

冲积和滨海河流相冲积两类。其中,古河道、洼淀冲积按沉积环境又可进一步细分为洪泛沉积及古河道沉积两类,前者为河流近期洪水泛滥堆积而成,后者为废弃河道自然沉积而成。所以,滨海新区新近沉积土可划分为洪泛新近沉积土、古河道新近沉积土及上部陆相新近沉积土三类。根据区内分布较为均匀的 1 655 个地质钻孔,其空间分布示意图如图 3 所示。

表 6 淤泥质土物理力学指标统计

指标	统计项目	市区		滨海地区
		上部陆相沉积土	新近沉积土	上部陆相沉积土
$\omega/\%$	平均值	—	38.1	42.4
	变异系数	—	0.06	0.10
$\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	平均值	—	18.1	17.8
	变异系数	—	0.02	0.02
$e$	平均值	—	1.07	1.19
	变异系数	—	0.09	0.09
$I_p$	平均值	—	15.70	18.40
	变异系数	—	0.12	0.13
$I_L$	平均值	—	1.02	1.15
	变异系数	—	0.13	0.08
$a/\text{MPa}^{-1}$	平均值	—	0.59	0.81
	变异系数	—	0.23	0.18
$E_{s1-2}/\text{MPa}$	平均值	—	3.30	2.80
	变异系数	—	0.12	0.13
$N/\text{击}$	平均值	—	2.10	1.70
	变异系数	—	0.28	0.25

表 7 粉土物理力学指标统计

Table 7 Statistics of physical and mechanical indexes of silt

指标	统计项目	市区		滨海地区
		上部陆相沉积土	新近沉积土	上部陆相沉积土
$\omega/\%$	平均值	26.8	27.3	26.9
	变异系数	0.07	0.05	0.08
$\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	平均值	19.7	19.3	19.4
	变异系数	0.01	0.02	0.02
$e$	平均值	0.77	0.78	0.76
	变异系数	0.06	0.05	0.07
$I_p$	平均值	8.90	9.20	9.20
	变异系数	0.08	0.06	0.08
$I_L$	平均值	0.80	0.86	0.67
	变异系数	0.22	0.24	0.22
$a/\text{MPa}^{-1}$	平均值	0.12	0.13	0.16
	变异系数	0.22	0.21	0.19
$E_{s1-2}/\text{MPa}$	平均值	14.5	13.9	11.2
	变异系数	0.16	0.15	0.18
$N/\text{击}$	平均值	11.00	7.30	6.30
	变异系数	0.21	0.28	0.27

由图 3 可知,滨海新区新近沉积土除在北大港水库西侧刘塘庄周边及海岸沿线地带缺失外,全区均有分布。其中,上部陆相新近沉积土分布最广,位于东台子村—北大港水库—沙井子一线(第三道贝壳堤)以东地区;洪泛新近沉积土次之,分布于东台子村—北大港水库—沙井子一线(第三道贝壳堤)以西地区;古河道新近沉积土仅在塘沽响螺湾零星分布,为海河古河道沉积而成。

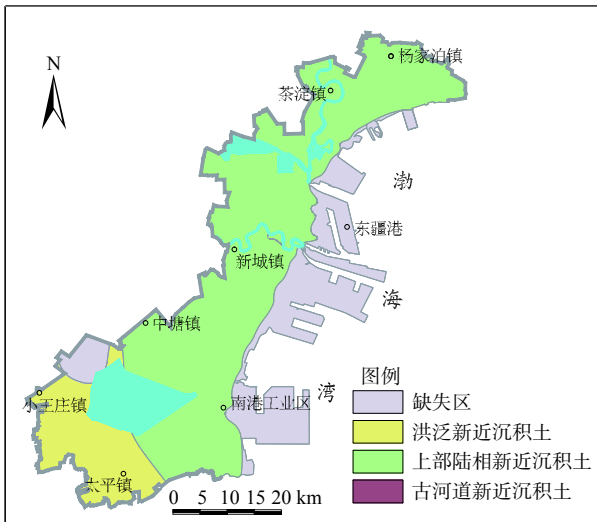


图3 新近沉积土分布图

Fig. 3 Distribution of the recent sedimentary soil

滨海新区新近沉积土厚度不大,一般在1~2 m,局部在杨家泊镇、营城、太平镇等地不到1 m,新城镇、响螺湾、邱庄子及马棚口等地大于2 m,最大厚度位于响螺湾海河河曲处,平均4 m以上(图4);底板埋深较浅,一般在3~4 m,局部在杨家泊镇东侧、营城、胡家园、中塘镇、小王庄镇及太平镇等地小于3 m,于家堡、于庄子及马棚口等地大于4 m,最深位于响螺湾处,可达12 m(图5)。

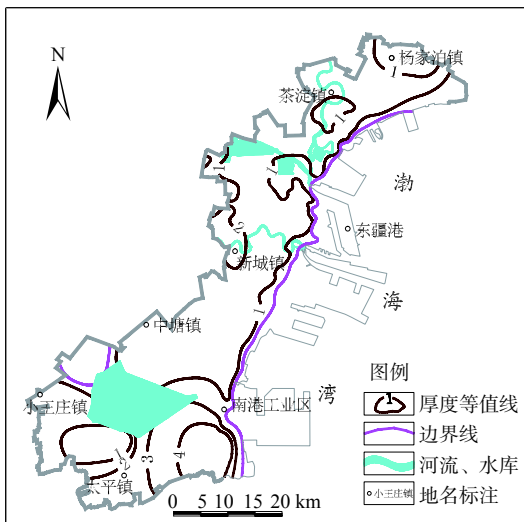


图4 新近沉积土厚度等值线图

Fig. 4 Contour map of thickness of the recent sedimentary soil

### 3 滨海新区新近沉积土工程特性

#### 3.1 岩性组成

依据滨海新区新近沉积土中各岩性层沉积深度,

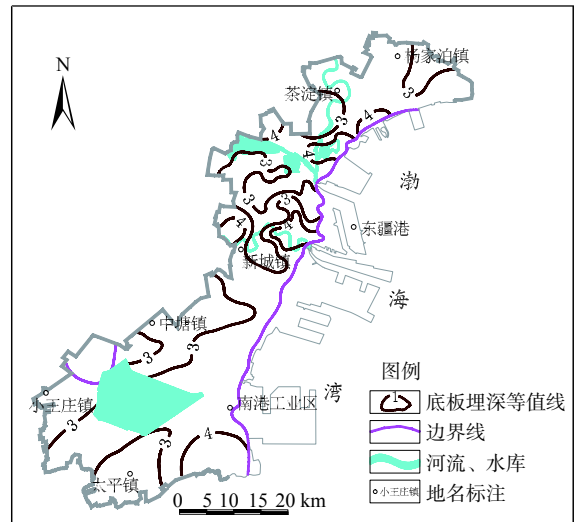


图5 新近沉积土底板埋深等值线图

Fig. 5 Contour map of floor depth of the recent sedimentary soil

结合市区新近沉积土岩性层序,经专家论证分析,最终确定:滨海新区新近沉积土主要岩性层层序继续沿用市区岩性层序划分标准,一是符合各岩性层的沉积先后顺序,二是保证了地方标准层序的一致性。各岩性层序具体如下:③<sub>1</sub>层黏性土;③<sub>2</sub>层粉土;③<sub>3</sub>层淤泥质土;③<sub>4</sub>层粉质黏土。

#### 3.2 物理性质

滨海新区新近沉积土土质整体软,一般含水量较高,孔隙比较大,物理性质差。其中,黏性土主要呈流塑—软塑状态;淤泥质土多呈流塑状态;粉土一般呈稍密状态,但由于沉积时间短,结构较松散,在地震作用下易发生液化。通过区内13 861组土样的室内试验成果,对新近沉积土的常规物理指标进行统计,结果见表8。

#### 3.3 抗剪强度

滨海新区新近沉积土一般土层黏聚力较低、内摩擦角较小,整体抗剪强度较低,这与土层沉积时间短、埋深浅、固结度低有关。根据地区经验,滨海新区进行基坑设计时,新近沉积土应选择直接剪切指标进行设计和计算,采用水土合算的模型进行支护桩桩长的设计。根据区内1 054组土样的室内抗剪试验成果,其抗剪强度指标统计值见表9。

#### 3.4 地基承载力

本次采用物性法、原位法、理论法及经验法四类八种方法分别对滨海新区新近沉积土的地基承载力进行研究,经综合评价,给出了各岩性层的地基承载力特征建议值。其中,物性法及原位法依据的是《天津市岩土工程技术规范》中物理指标及静力触探指

表 8 物理指标统计表

Table 8 Statistics of physical index

指标	统计项目	黏性土 (③ <sub>1</sub> )	粉土 (③ <sub>2</sub> )	淤泥质土 (③ <sub>3</sub> )	粉质黏土 (③ <sub>4</sub> )
$\omega/\%$	最小值	25.0	22.4	34.9	24.9
	最大值	44.1	30.4	51.5	41.1
	平均值	31.8	26.5	42.5	32.2
	变异系数	0.11	0.7	0.10	0.10
$\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	最小值	17.7	18.7	16.9	17.6
	最大值	19.7	20.1	18.4	19.4
	平均值	18.9	19.4	17.7	18.5
	变异系数	0.02	0.02	0.02	0.03
$e$	最小值	0.72	0.64	1.00	0.70
	最大值	1.08	0.85	1.44	1.21
	平均值	0.91	0.75	1.20	0.91
	变异系数	0.10	0.07	0.11	0.10
$I_p$	最小值	10.13	6.21	15.00	10.40
	最大值	20.26	9.92	23.80	20.30
	平均值	14.62	8.73	19.44	14.66
	变异系数	0.16	0.09	0.11	0.18
$I_L$	最小值	0.47	0.33	0.84	0.58
	最大值	1.25	0.93	1.29	1.27
	平均值	0.82	0.63	1.06	0.91
	变异系数	0.23	0.19	0.10	0.16

表 9 抗剪强度指标统计

Table 9 Statistics of shear strength index

指标	统计项目	黏性土 (③ <sub>1</sub> )	粉土 (③ <sub>2</sub> )	淤泥质土 (③ <sub>3</sub> )	粉质黏土 (③ <sub>4</sub> )
$c_{\text{直快}}/\text{kPa}$	最小值	8.84	4.00	6.00	-
	最大值	23.28	14.00	12.00	-
	平均值	14.38	9.58	9.29	-
	变异系数	0.27	0.27	0.28	-
$\varphi_{\text{直快}}/(\text{°})$	最小值	9.25	26.00	10.00	-
	最大值	21.36	35.70	15.50	-
	平均值	13.83	31.52	11.87	-
	变异系数	0.19	0.10	0.17	-
$c_{\text{固快}}/\text{kPa}$	最小值	10.38	6.95	8.00	9.00
	最大值	22.41	15.18	15.00	16.00
	平均值	15.48	10.45	11.14	11.50
	变异系数	0.22	0.23	0.22	0.23
$\varphi_{\text{固快}}/(\text{°})$	最小值	11.53	29.22	12.00	14.00
	最大值	24.47	36.75	16.00	24.00
	平均值	16.81	32.92	13.50	18.53
	变异系数	0.19	0.08	0.11	0.18

标、标准贯入指标查表法;理论法依据的是《建筑地基基础设计规范》(公式 1)及《天津市岩土工程技术规范》(公式 2)中理论计算公式;经验法依据的是“天津市地基可靠度的研究”中根据天津市多年经验、载荷试验验证而总结的经验公式(公式 1)及根据“应用原位测试评价天津市地基土性质”成果及多年工程经验

总结的经验公式(公式 2)。其地基承载力研究成果见表 10。

表 10 地基承载力成果

Table 10 Results of foundation bearing capacity

研究方法	黏性土 (③ <sub>1</sub> )	粉土 (③ <sub>2</sub> )	淤泥质土 (③ <sub>3</sub> )	粉质黏土 (③ <sub>4</sub> )
物性法 $f_0/\text{kPa}$	135.87	194.55	87.58	152.03
静探法 $f_0/\text{kPa}$	78.68	168.40	88.20	108.03
原位法 标贯法 $f_0/\text{kPa}$	104.98	173.10	-	110.00
十字板法 $f_k/\text{kPa}$	65.97	-	-	98.00
理论法 公式(1) $f_a/\text{kPa}$	113.43	115.80	82.10	131.18
公式(2) $f_k/\text{kPa}$	107.15	144.75	70.97	125.82
经验法 公式(1) $f_0/\text{kPa}$	129.50	162.80	105.00	141.90
公式(2) $f_k/\text{kPa}$	113.50	143.10	100.48	115.73

注: $f_0$ 、 $f_a$ 、 $f_k$ 分别为承载力基本值、特征值、标准值。

由表 10 可知,滨海新区新近沉积土的承载力较低,普遍在 100 kPa 左右。根据多年工程经验,新近沉积黏性土(③<sub>1</sub>)承载力特征值可取 80~110 kPa,粉土(③<sub>2</sub>)可取 110~140 kPa,淤泥质土(③<sub>3</sub>)可取 80~100 kPa,粉质黏土(③<sub>4</sub>)可取 100~115 kPa。

### 3.5 变形特性

根据室内压缩试验数据,滨海新区新近沉积土的压缩性较高。其中,黏性土一般呈中一高压缩性,淤泥质土多呈高压缩性,粉土主要呈中压缩性,但其标贯击数平均值仅为 7.2 击,固结程度差,密实度低。在工程上,滨海新区新近沉积土易造成建筑物地基不均匀沉降,进而导致建筑物倾斜、开裂,影响建筑物正常使用,对于基坑工程和其它地下工程的安全施工、建造成本、运营维护等影响重大。区内 13 180 组土样的压缩及标贯指标统计如表 11 所示。

表 11 压缩及标贯指标统计表

Table 11 Statistics of compression and standard penetration test index

指标	统计项目	黏性土 (③ <sub>1</sub> )	粉土 (③ <sub>2</sub> )	淤泥质土 (③ <sub>3</sub> )	粉质黏土 (③ <sub>4</sub> )
$a/\text{MPa}^{-1}$	最小值	0.22	0.10	0.49	0.17
	最大值	0.70	0.21	1.08	0.80
	平均值	0.46	0.15	0.77	0.44
	变异系数	0.24	0.18	0.20	0.27
$E_{s1-2}/\text{MPa}$	最小值	2.60	8.30	2.10	2.50
	最大值	7.30	16.00	3.60	7.20
	平均值	4.30	11.90	2.90	4.50
	变异系数	0.23	0.16	0.13	0.21
$N/\text{击}$	最小值	1.20	4.30	1.00	2.00
	最大值	4.80	10.30	2.50	7.00
	平均值	2.90	7.20	1.70	4.10
	变异系数	0.28	0.23	0.25	0.25

## 4 结论

(1)通过对滨海新区古海岸线及测年试验分析,结合该区上部陆相沉积土与市区新近沉积土及上部陆相沉积土的物理性状及物理力学指标对比分析,明确了滨海新区上部陆相沉积土的形成年代界限为4 000年,完全符合天津地区新近沉积土划分标准。为此,将滨海新区上部陆相沉积土划为新近沉积土,与成陆后在低洼地带、洪泛区、古河道、沟坑等地带形成的原新近沉积土共同组成该区新近沉积层,为作区分,将其定名为“上部陆相新近沉积土”。

(2)按成因及沉积环境,滨海新区新近沉积土可划分为洪泛新近沉积土、古河道新近沉积土及上部陆相新近沉积土三类。在平面分布上,上部陆相新近沉积土分布最广,洪泛新近沉积土分布次之,两者以东台子村—北大港水库—沙井子—一线(第三道贝壳堤)为界;古河道新近沉积土呈零星分布,仅在响螺湾的海河河曲处有分布。

(3)为指导岩土设计,此次从土层厚度及底板埋深分别对滨海新区新近沉积土的发育分布规律进行研究,结果表明:滨海新区新近沉积土厚度不大,一般在1~2 m,最大位于响螺湾海河河曲处,平均4 m以上;其底板埋深较浅,一般在3~4 m,最深也位于响螺湾的古河道处,可达12 m。

(4)依据土层沉积深度,结合市区新近沉积土岩性层序,确定了滨海新区新近沉积土主要岩性层层序继续沿用市区新近沉积土的层序划分标准,具体为:③<sub>1</sub>层黏性土、③<sub>2</sub>层粉土、③<sub>3</sub>层淤泥质土、③<sub>4</sub>层粉质黏土4个亚层。

(5)滨海新区新近沉积土工程性质较差,其土质软,一般含水量较高,孔隙比较大,抗剪强度较低,压缩性较高,地基承载力普遍在100 kPa左右。

### 参考文献 (References):

- [1] 尹永川. 新近沉积粘性土的压缩模量与标准贯入试验锤击数的关系[J]. *水文地质工程地质*, 2002, 29(1): 68. [YIN Yongchuan. Relationship between the compressive modulus of newly deposited cohesive soil and the number of hammer blows in the standard penetration test[J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2002, 29(1): 68. (in Chinese)]
- [2] 袁仁茂,孙宏伟,马凤山,等. 北京平原区新近沉积土基本工程地质特性分析[J]. *第四纪研究*, 2005, 25(1): 93-99. [YUAN Renmao, SUN Hongwei, MA

Fengshan, et al. Physicochemical and geotechnical characteristics of the recently deposited soil in Beijing plain region[J]. *Quaternary Sciences*, 2005, 25(1): 93-99. (in Chinese with English abstract)]

- [3] 马玉杰. 对北京地区新近沉积土的判别认识[J]. *岩土工程技术*, 2011, 25(4): 187-191. [MA Yujie. Understanding of the recently deposited soil in Beijing area[J]. *Geotechnical Engineering Technique*, 2011, 25(4): 187-191. (in Chinese with English abstract)]
- [4] 王芸生,王恒周,赖万章,等. 论渤海湾西岸的再造与变迁[J]. *水文地质工程地质*, 1980, 7(5): 20-23. [WANG Yunsheng, WANG Hengzhou, LAI Wanzhang, et al. On the reconstruction and changes of the west coast of Bohai Bay[J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 1980, 7(5): 20-23. (in Chinese)]
- [5] 段永侯. 渤海海岸带变迁及其环境地质效应[J]. *水文地质工程地质*, 2000, 27(3): 1-5. [DUAN Yonghou. Changes of the Bohai sea coastal zone and its environmental geological effects[J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2000, 27(3): 1-5. (in Chinese)]
- [6] 天津市城乡建设委员会. 天津市建筑地基基础设计规范: TBJ1-88[S]. 天津, 1988. [Tianjin Urban and Rural Construction Commission. Tianjin city building foundation design code: TBJ1-88[S]. Tianjin, 1988. (in Chinese)]
- [7] 张景恒,刘家铮. 天津市区浅层地基土的工程性质特征研究[R]. 天津: 天津市勘察院, 1989. [ZHANG Jingheng, LIU Jiazheng, et al. Research on engineering characteristics of shallow foundation soil in Tianjin city[R]. Tianjin: Tianjin Institute of Geotechnical Investigation Surveying, 1989. (in Chinese)]
- [8] 天津市城乡建设委员会. 天津市岩土工程技术规范: DB/T29-20-2017[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000. [Tianjin Urban and Rural Construction Commission. Tianjin Technical code for geotechnical engineering: DB/T29-20-2017[S]. Beijing: China Construction Industry Press, 2000. (in Chinese)]
- [9] 周玉明,吴永红,赵志峰,等. 天津市区标准地层的建立及工程特性研究[R]. 天津: 天津市勘察院, 2007. [ZHOU Yunming, WU Yonghong, ZHAO Zhifeng, et al. Study on the establishment and engineering characteristics of standard strata in Tianjin Urban area[R]. Tianjin: Tianjin Institute of Geotechnical Investigation Surveying, 2007. (in Chinese)]
- [10] 天津市建设管理委员会. 天津市地基土层序划分技术规范: DB/T29-191[S]. 北京: 中国建筑工业出版社,



2009. [ Tianjin Construction Management Commission. Technical specification for division of subsoil sequence in Tianjin: DB/T29— 191[S]. Beijing: China Construction Industry Press, 2009. (in Chinese) ]
- [11] 天津市地质矿产局. 天津市地质环境图集[M]. 北京: 地质出版社, 2004: 13-21. [ Tianjin Bureau of Geology and Mineral Resources. Atlas of geological environment of Tianjin[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004: 13- 21. (in Chinese) ]
- [12] 天津市地质调查院. 天津城市地质调查成果[M]. 北京: 地质出版社, 2009. [ Tianjin Geological Survey Institute. Results of Tianjin urban geological survey[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009. (in Chinese) ]
- [13] 天津市地质资料馆. 天津滨海新区地质资料二次开发成果图集[M]. 北京: 地质出版社, 2011. [ Tianjin Geological Archive. Atlas of secondary development results of geological data in Tianjin Binhai New Area[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011. (in Chinese) ]
- [14] 王海峰, 裴艳东, 刘会敏, 等. 渤海湾全新世牡蛎礁: 时空分布和海面变化标志点 [J]. *地质通报*, 2011, 30(9): 1396 – 1404. [ WANG Haifeng, PEI Yandong, LIU Huimin, et al. Holocene oyster reefs: spatial and temporal distribution and sea level indicators in Bohai Bay[J]. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(9): 1396 – 1404. (in Chinese with English abstract) ]
- [15] 王宏, 李凤林, 范昌福, 等. 环渤海海岸带<sup>14</sup>C数据集 (I)[J]. *第四纪研究*, 2004, 24(6): 601 – 613. [ WANG Hong, LI Fenglin, FAN Changfu, et al. The <sup>14</sup>C database (I) on the circum-Bohai sea-Coast[J]. *Quaternary Sciences*, 2004, 24(6): 601 – 613. (in Chinese with English abstract) ]
- [16] 王宏, 范昌福. 环渤海海岸带<sup>14</sup>C数据集(II)[J]. *第四纪研究*, 2005, 25(2): 141 – 156. [ WANG Hong, FAN Changfu. The <sup>14</sup>C database (II) on the circum-Bohai sea-Coast[J]. *Quaternary Sciences*, 2005, 25(2): 141 – 156. (in Chinese with English abstract) ]
- [17] 赵希涛, 张景文, 焦文强, 等. 渤海湾西岸的贝壳堤 [J]. *科学通报*, 1980, 25(6): 279 – 281. [ ZHAO Xitao, ZHANG Jingwen, JIAO Wenqiang, et al. Shell bank on the west coast of Bohai Bay[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1980, 25(6): 279 – 281. (in Chinese) ]
- [18] 庄振业, 许卫东, 李学伦. 渤海南岸6000年来的岸线演变 [J]. *青岛海洋大学学报*, 1991, 21(2): 99 – 110. [ ZHUANG Zhenye, XU Weidong, LI Xuelun. The coastline evolution on the south Coast of the Bohai sea since 6 k a B.P.[J]. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 1991, 21(2): 99 – 110. (in Chinese with English abstract) ]

编辑: 张明霞