

天津市工程建设标准



DB/T 29-191-2021

备案号: J11414-2022

天津市地基土层序划分技术规程

Technical specification for division of subsoil
sequence in Tianjin

2022-01-27 发布

2022-04-01 实施

天津市住房和城乡建设委员会 发布

天津市工程建设标准

天津市地基土层序划分技术规程

Technical specification for division of subsoil
sequence in Tianjin

DB/T29-191-2021

J11414-2022

主编单位：天津市勘察设计院集团有限公司

批准部门：天津市住房和城乡建设委员会

实施日期：2022 年 04 月 01 日

2021 天 津

天津市住房和城乡建设委员会文件

津住建设[2022]4 号

市住房城乡建设委关于发布《天津市地基土层序划分技术规程》的通知》

各有关单位：

根据《市建委关于下达 2014 年天津市建设系统第一批工程建设地方标准编制计划的通知》（津建科教[2014]439 号）要求，天津市勘察设计院集团有限公司等单位修订完成了《天津市地基土层序划分技术规程》，经市住房城乡建设委组织专家评审通过，现批准为天津市工程建设地方标准，编号为 DB/T29-191-2021，自 2022 年 4 月 1 日起实施。原《天津市地基土层序划分技术规程》（DB/T29-191-2009）同时废止。

各相关单位在实施过程中如有意见和建议，请及时反馈给天津市勘察设计院集团有限公司。

本规程由天津市住房和城乡建设委员会负责管理，天津市勘察设计院集团有限公司负责具体技术内容的解释。

天津市住房和城乡建设委员会

2022 年 1 月 27 日

前 言

根据《市建委关于下达 2014 年天津市建设系统第一批工程建设地方标准编制计划的通知》（津建科[2014]439 号）要求，天津市勘察设计院集团有限公司会同有关勘察、设计、大学、研究单位组成编制组，遵照现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 和天津市工程建设标准《天津市岩土工程勘察规范》DB/T29-247 等的有关规定，总结天津市近年来的研究成果和工程实践经验修订了本规程。

本规程的主要技术内容有：总则；术语；地基土层层序划分；附录。

本次修订的技术内容主要包括：1.调整了本规程的适用范围；2.对 100m 以上地基土标准地层埋深界限进行了验证调整；3.修正了 100m~150m 深层地基土标准地层的埋深（标高）界限；4.地基土标准层序划分加深至 200m；5.增加了影响地下工程建设的浅部承压水含水层标准层序；6.更新了市区标准地层物理力学特性指标统计成果；7.对附录图件全部进行了换版更新。

本规程由天津市住房和城乡建设委员会负责管理，由天津市勘察设计院集团有限公司负责具体内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄至天津市勘察设计院集团有限公司（地址：天津市南开区红旗南路 428 号，邮编：300191），以便修订时参考。

本 规 程 主 编 单 位：天津市勘察设计院集团有限公司

本 规 程 参 编 单 位：天津大学建工学院

天津泰勘工程技术咨询有限公司

中国铁路设计集团有限公司

天津市市政工程设计研究院
天津市北洋水运水利勘察设计研究院
天津市地质工程勘察院

本规程主要起草人员：周玉明 郑 刚 李连营 路 清
卢 奕 赵志峰 曹 会 任彦华
汪 勇 朱 平 温伟光 刘月辉
符亚兵 孙怀军 吴永红 张建根
陈则连 唐海明 周相国 李明生
李国和 吴怀波 马乐民

本规程主要审查人员：杜冬菊 许再良 王成华 宋昭煌
易永利 杜淑荣 李文强

目 次

1 总 则	1
2 术语与符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	4
3 地基土层层序划分	6
3.1 地貌类型与地基土类别划分	6
3.2 地基土层年代成因层序划分	8
3.3 地基土标准土层层序划分及其编码	10
3.4 地基土中含水层划分	19
附录 A 天津市工程地质图系	21
附录 B 天津市标准土层物理力学性质指标统计	22
本规程用词说明	35
本规程引用标准名录	36
条文说明	37

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	4
3	Division of foundation soil sequence.....	6
3.1	Classification of landform and foundation soil	6
3.2	Chronological genesis division of foundation soil sequence.....	8
3.3	Classification and coding of standard strata of foundation soil sequence	10
3.4	Classification and coding of aquifer in shallow foundation soil.....	19
Appendix A	Engineering geology maps of Tianjin urban	21
Appendix B	Statistics of physical mechanics properties of standard strata in Tianjin urban.....	22
	Explanation of wording in this code	35
	List of quoted standards	36
	Addition: Explanation of provisions.....	37

1 总 则

1.0.1 为了贯彻执行国家技术经济政策，统一地基土层划分标准，在岩土工程勘察和城市地质工作中做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量，满足岩土工程勘察信息化建设，为建立城市工程地质数据库提供地层划分标准，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于天津市除蓟州区、滨海地区以外区域的建筑工程、市政工程等的岩土工程勘察设计。

1.0.3 本规程未作规定的其他内容，尚应符合现行国家和天津市有关标准的规定。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 地质时代 geological period

用地质学方法来测定的冰期和冰期以前的时代。地质时代是地质单位。

2.1.2 地质年代 geologic age

地质年代是各种地质事件发生的时代。地质年代是地层单位。利用地层层序率、生物层序率以及切割率等来确定各种地质事件发生的先后顺序为相对地质年代。利用岩土中某些放射性元素（如 ^{14}C 等）的蜕变规律，以年为单位来测算岩土形成的年龄，称绝对地质年代。

2.1.3 沉积相 sedimentary facies

指在特定沉积条件下形成的具有某种特征的沉积体。分海相、陆相、海陆交互相三大类。

2.1.4 陆相 continental facies

指在大陆环境中沉积的沉积物或岩层。大陆沉积环境包括冲积扇环境、河流环境、湖泊环境、沼泽环境等。

2.1.5 海相 marine facies

指在海洋环境中沉积的沉积物或沉积岩。根据海水深浅的差别，可分为滨海相、浅海相、半深海相、深海相。

2.1.6 河流相 river facies; fluvial facies

指由河流或其他径流作用而形成的沉积物或沉积岩。河流作用的沉积物可形成广阔的冲积平原，故又称冲积相。

2.1.7 湖泊相 lake facies

指在湖泊环境中沉积的沉积物或沉积岩。

2.1.8 沼泽相 paludal facies

被浅水淹没的积水洼地称沼泽。在沼泽环境中沉积的沉积物或沉积岩称沼泽相。

2.1.9 三角洲相 deltaic facies

指河流入海、湖地带的河口区，地形平坦，流速降低，水流携带的沉积物质大量倾泻、堆积，形成顶尖朝陆地的三角形沉积体。

2.1.10 相变 facies change; change of phase; phase change

指沉积相在纵向上与横向上的变化。它反映沉积环境及沉积体特征的改变。

2.1.11 地层 stratum

地层是指在地壳表层发展过程中形成的各种成层和非成层岩石的总称。主要是指在一定地质时期内所形成的层状岩土。

2.1.12 地层划分 stratum division

根据地层特性，按照从老到新（或从新到老）的顺序划分出各地层时代成因和岩性。

2.1.13 地基 foundation

支承由建（构）筑物基础传递的上部荷载的岩土体。

2.1.14 地基土层层序 foundation soil sequence

按相对地质时代对地基土层的划分和对比，从而确定的土层沉积序列。

2.1.15 地基土标准土层 foundation soil standard strata

按成因顺序自上而下划分确定出地基土成因层，对每一个成因层细化确定每一个主要的岩性层（亚层），并对划分的岩性层（亚层）进行统一编码表示。

2.1.16 上部陆相新近沉积土 recently deposited soil of upper continent

指分布于天津滨海地区上部陆相沉积土，其主要特征是形成年代小于4000年、物理力学性质与正常上部陆相冲积土相比明显较

差。

2.2 符号

2.2.1 岩土物理性质

e ——孔隙比;

I_L ——液性指数;

I_P ——塑性指数;

ω ——含水量, 含水率;

ω_L ——液限;

ω_P ——塑限;

γ ——天然重度;

ρ_c ——黏粒含量。

2.2.2 岩土变形参数

α ——压缩系数;

E_s ——压缩模量。

2.2.3 岩土强度参数

c ——黏聚力;

φ ——内摩擦角;

f_{ak} ——地基承载力特征值。

2.2.4 触探及标准贯入试验指标

f_s ——双桥静力触探侧阻力;

q_c ——双桥静力触探锥头阻力;

R_f ——静力触探摩阻比;

p_s ——静力触探比贯入阻力;

N ——标准贯入试验锤击数；

$N_{63.5}$ ——重型圆锥动力触探锤击数。

2.2.5 水文地质参数

k ——渗透系数。

2.2.6 其他符号

S_t ——灵敏度；

v_s ——剪切波波速。

3 地基土层序划分

3.1 地貌类型与地基土类别划分

3.1.1 天津市平原地区地貌类型可划分为冲积平原、海积冲积低平原、海积低平原、潮间带。各地貌类型分布范围可按本规程附录 B 执行。

3.1.2 天津市地基土层主要为第四系海陆交互沉积的松散沉积物，按堆积方式可分为人工填土和天然沉积土。

3.1.3 人工填土应根据物质来源、堆填方式、组成情况等按下列规定进行划分：

1 含有建筑垃圾、生活垃圾或工业废料等杂物的填土应定名为杂填土。以建筑垃圾为主要成分时可定名为建筑垃圾土，以生活垃圾为主要成分时可定名为生活垃圾土，以炉灰为主要成分时可定名为炉灰土；

2 由碎石土、砂土、粉土、黏性土等组成的填土应定名为素填土；

3 由水力冲填泥砂或粉煤灰形成的填土应定名为冲填土。

3.1.4 天然沉积土的分类和定名应符合下列规定：

1 按沉积地质时代划分应符合下列规定：

1) 第四纪晚更新世（ Q_3 ）及其以前沉积形成的土应定为老沉积土。

2) 第四纪全新世（ Q_4 ）以来至天津地区成陆时期沉积形成的土应定为一般沉积土。

3) 第四纪全新世（ Q_4 ）近期沉积形成的土应定为新近沉积土。包括天津地区成陆之后在平原陆地古河道和现代河流漫滩区、洪泛区、洼淀地带沉积形成的土；以及滨海

地区上部陆相沉积形成的土。新近沉积土的分布范围可按本规程附录 A 确定。

2 根据土的颗粒级配或塑性指数，地基土应按表 3.1.4 的分类标准划分。

表 3.1.4 地基土类别及其定名划分标准

土的名称		分 类 标 准	
		塑性指数 I_p	颗 粒 含 量
砂土	粗 砂	—	粒径大于 0.50mm 的颗粒质量超过总质量的 50%
	中 砂	—	粒径大于 0.25mm 的颗粒质量超过总质量的 50%
	细 砂	—	粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量的 85%
	粉 砂	—	粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量的 50%
粉土	砂质粉土	$3 < I_p \leq 7$	粒径小于 0.005mm 的颗粒质量不超过总质量的 10%
	黏质粉土	$7 < I_p \leq 10$	粒径小于 0.005mm 的颗粒质量大于等于总质量的 10%，且小于等于总质量的 15%
黏性土	粉质黏土	$10 < I_p \leq 17$	—
	黏 土	$I_p > 17$	—

注：1 砂土定名应根据粒组含量由大到小，以最先符合者确定；

2 塑性指数应由相应于76g圆锥仪沉入土中深度为10mm时测定的液限计算而得；

3 黏质粉土、砂质粉土定名应以颗分试验为主。

3.1.5 当天然含水量大于液限、且天然孔隙比小于 1.5，但不小于 1.0 的黏性土，定名时应冠以“淤泥质”。

3.1.6 天然含水量大于液限、天然孔隙比不小于 1.5 的黏性土，应定名为淤泥。

3.1.7 地基土根据有机质含量 (W_u) 应按表 3.1.7 的规定进行分类。

表 3.1.7 土按有机质含量分类

分类名称	有机质含量 W_u	现场鉴别特征
有机质土	$5\% \leq W_u \leq 10\%$	深灰色，有光泽，味臭，除腐殖质外尚含少量未完全分解的动植物体，浸水后水面出现气泡，干燥后体积收缩
泥炭质土	$10\% < W_u \leq 60\%$	深灰或黑色，有腥臭味，能看到未完全分解的植物结构，浸水体胀，易崩解，有植物残渣浮于水中，干缩现象明显
泥 炭	$W_u > 60\%$	除有泥炭质土特征外，结构松散，土质很轻，暗无光泽，干缩现象极为明显

注：某一层土按塑性指数定为黏土，按有机质含量定为泥炭质土，该层土应综合定名为泥炭质黏土。

3.1.8 其他未涉及的土分类和定名可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007、《岩土工程勘察规范》GB50021 和地方标准《天津市岩土工程勘察规范》DB/T29-247 的规定执行。

3.2 地基土层年代成因层序划分

3.2.1 地基土层按年代成因划分应遵循下述原则：

- 1 埋深 200m 以上的地基土层应属于第四系沉积物；
- 2 按沉积年代可划分为全新统（ Q_4 ）、上更新统（ Q_3 ）及中更新统（ Q_2 ）；
- 3 按成因类型可划分为人工堆积层、新近沉积层、陆相沉积层和海相沉积层。

3.2.2 天津市地基土年代成因层序应按表 3.2.2 划分。

表 3.2.2 天津市地基土层年代成因层序排列表

层 序		成 因	成因 代号	标准 层序 代码	地 层 名 称	一般层底 埋深（m）
统	组					
全新统 （Q ₄ ）		人工堆积	Qml	①	人工 填土层	0~4
	新近组 Q ₄ ^{3N}	坑底淤积*	Q ₄ ^{3N} si	②	新近 沉积层	2.5~5.5
		古河道、洼淀冲积*	Q ₄ ^{3N} al	③		2~16
		滨海河流相冲积				2~4
	上组 Q ₄ ³	河床~河漫滩相沉积*	Q ₄ ³ al	④	第Ⅰ 陆相层	4~8
		湖沼相沉积*	Q ₄ ³ l+h	⑤		
	中组 Q ₄ ²	浅海相沉积	Q ₄ ² m	⑥	第Ⅰ 海相层	11~15
	下组 Q ₄ ¹	沼泽相沉积	Q ₄ ¹ h	⑦	第Ⅱ 陆相层	14~17
河床~河漫滩相沉积		Q ₄ ¹ al	⑧	18~22		
上更新统 （Q ₃ ）	五组 Q ₃ ^e	河床~河漫滩相沉积	Q ₃ ^e al	⑨	第Ⅲ 陆相层	28~31
	四组 Q ₃ ^d	滨海~潮汐带相沉积	Q ₃ ^d mc	⑩	第Ⅱ 海相层	32~35
	三组 Q ₃ ^c	河床~河漫滩相沉积	Q ₃ ^c al	⑪	第Ⅳ 陆相层	47~54
	二组 Q ₃ ^b	浅海~滨海相沉积	Q ₃ ^b m	⑫	第Ⅲ 海相层	55~62
	一组 Q ₃ ^a	河床~河漫滩相沉积	Q ₃ ^a al	⑬	第Ⅴ 陆相层	73~79
中更新统 （Q ₂ ）	上组 Q ₂ ³	滨海三角洲相沉积	Q ₂ ³ mc	⑭	第Ⅳ 海相层	95~103
	中组 Q ₂ ²	河床~河漫滩相沉积	Q ₂ ² al	⑮	第Ⅵ 陆相层	130~143
	下组 Q ₂ ¹	滨海三角洲相沉积	Q ₂ ¹ mc	⑯	第Ⅴ 海相层	180~204

注：1 带“*”符号的土层为沉积相变关系；

2 滨海河流相新近沉积土是指滨海地区上部陆相新近沉积土。

3.3 地基土标准土层层序划分及其编码

3.3.1 标准土层层序划分应遵循下列基本规定：

- 1 在年代成因层内应细分至每一主要岩性层；
- 2 在年代成因层内划分的岩性标准层应具备上下的顺序关系；
- 3 各岩性亚层划分时应结合土层埋深、厚度、物理力学指标的差异综合考虑；
- 4 对于同一层位物理力学性质相近的不同岩性土层可合并成一层；
- 5 当岩性土层分布复杂时，可根据实际情况进一步划分亚层或透镜体。

3.3.2 天津市区埋深200m以上地基土标准土层可按表3.3.2划分。各标准土层的物理力学性质指标可按本规程附录B选择使用。具有重要工程意义的标准土层分布可按本规程附录A选择使用。

表 3.3.2 天津市区地基土标准土层序划分表

层序	统组	成因	代号	标准层号	土层名称	层底埋深 (m)	常见厚度 (m)	状态特征	土层特征	分布状况
全新统		人工堆积	Qml	① ₁	杂填土	0.5~3.0	0.5~2.5	松散	成份复杂, 主要由建筑及生活垃圾、工业废料和素填土组成, 软硬不均。局部坑深大于 10.0m	遍布
				① ₂	素填土	1.0~4.0	0.5~3.0	软塑~可塑	褐色、黄褐色, 以粉质黏土为主, 含杂质, 工程性质变化较大	局部分布
				① ₃	冲填土	2.5~5.5	1.0~4.0	软塑~流塑	褐灰~灰褐色, 主要由海河清淤冲填的粉质黏土组成, 局部分布有稍密状态的粉土、或电厂冲填的粉煤灰, 粉土和粉煤灰易液化	局部分布
	新近组	坑底淤积	Q ₄ ^{3N} Si	②	淤泥质土	2.5~5.5	0.5~1.5	软塑~流塑	灰黑~黑色, 淤泥为主, 局部有淤泥质黏土分布, 含有机质及腐植物, 工程性质很差	古沟坑区

续表 3.3.2

层序		成因	代号	标准层号	土层名称	层底埋深 (m)	常见厚度 (m)	状态特征	土层特征	分布状况
统	组									
全新统	新近组	古河道、洼淀冲积、滨海河流相冲积	Q ₄ ^{3Nal}	③ ₁	黏性土	2.5~8.0	1.0~5.0	软塑~可塑	棕褐色、褐黄色、褐灰色，主要由黏土和粉质黏土组成，黏土一般分布于本层土中上部	古河道、洼淀冲积层分布于古河道及洼淀区；滨海河流相冲积层分布于第三贝壳堤以东区域
				③ ₂	粉土	6.0~12.0	1.0~5.5	稍密	褐黄色、褐灰色，工程性质较差，易液化	
				③ ₃	淤泥质土	4.0~11.0	0.5~4.0	流塑~软塑	褐灰色，主要由淤泥质黏土组成，局部有淤泥分布，工程性质差	
				③ ₄	粉质黏土	8.0~16.0	1.0~5.0	软塑	褐黄色、褐灰色，土质较软。局部分布有稍密状态易液化的粉土透镜体	
	上组	河床~河漫滩相沉积	Q ₄ ^{3al}	④ ₁	黏性土	3.0~7.0	1.0~5.0	可塑	黄褐~灰黄色，以粉质黏土为主，局部上部有黏土分布。含铁质，工程性质较好，浅基础良好持力层，市区西北部厚度变薄或缺失，渐变为湖沼相沉积	基本遍布（除古河道、沟坑和市区西北部外）
				④ ₂	粉土	4.0~7.5	0.5~2.0	稍密~中密	黄灰~灰黄色，无层理，含铁质，工程性质较好	

续表 3.3.2

层序 统组	成因	代 号	标准 层号	土层名称	层底埋深 (m)	常见厚度 (m)	状态特征	土层特征	分布状况	
全新统	上组	湖沼相 沉积	Q ₄ ^{3l+h}	⑤ ₁	黏性土	5.0~8.0	1.5~5.0	软塑~可塑	黄灰~青灰色，主要由黏土、粉质黏土组成，含铁质及腐植物。一般本层上部分布有可塑状态的黏土，工程性质较好，可作为浅基础持力层	市区西北部
				⑤ ₂	淤泥质土	7.0~8.0	1.0~3.0	软塑~流塑	青灰色，夹有机质、腐植物，淤泥质黏土为主，工程性质差，为软弱下卧层	市区西北部局部分布
	中组	浅海相 沉积	Q ₄ ^{2m}	⑥ ₁	粉质黏土	7.0~11.0	1.0~4.5	软塑~流塑	灰色，有层理，含贝壳，土质较软。局部有粉土分布	遍布
				⑥ ₂	淤泥质土	7.0~11.0	0.5~4.0	流塑	灰色，有层理，含贝壳，以淤泥质黏土为主，局部夹淤泥，本层为软弱下卧层	局部分布
				⑥ ₃	粉土	7.0~12.0	1.0~4.5	稍密~中密	灰色，有层理，含贝壳，土质一般	局部分布
				⑥ ₄	粉质黏土	13.0~15.5	2.0~6.0	软塑~流塑	灰色，有层理，含贝壳，土质尚好。局部地区零星分布有中密状态的粉土透镜体	遍布

续表 3.3.2

层序		成因	代 号	标准层号	土层名称	层底埋深 (m)	常见厚度 (m)	状态特征	土层特征	分布状况
统	组									
全新统	下组	沼泽相沉积	Q ₄ ^{1h}	⑦	粉质黏土	14.0~17.0	0.5~1.5	软塑~可塑	灰黑色、灰白色，大部地区上部见有泥炭薄层，粉质黏土中含有机质、腐植物。局部有黏土分布	遍布
		河床~河漫滩相沉积	Q ₄ ^{1al}	⑧ ₁	粉质黏土	17.0~21.0	2.0~6.5	可塑	黄灰、灰黄色，无层理，含铁质及姜石，底部出现“混粒土”，局部夹薄层黏土	遍布
				⑧ ₂	粉土	18.5~22.0	1.0~4.5	密实	灰黄~褐黄色，含铁质，局部有粉砂分布，工程性质较好，可作为桩基持力层	中心区外分布较广
上更新统	五组	河床~河漫滩相沉积	Q ₃ ^{eal}	⑨ ₁	粉质黏土	25.0~30.0	3.0~9.0	可塑	黄褐色，无层理，含姜石及铁质，粉质黏土为主，局部有黏土分布	遍布
				⑨ ₂	粉土、粉砂	28.0~31.0	3.0~9.0	密实	黄褐色，无层理，含铁质，工程性质较好，可作为桩基持力层。顶板起伏较大	大部分区域

续表 3.3.2

层序		成因	代号	标准层号	土层名称	层底埋深 (m)	常见厚度 (m)	状态特征	土层特征	分布状况
统	组									
上更新统	四组	滨海~潮汐相沉积	Q ₃ ^d mc	⑩ ₁	黏性土	31.0~33.0	1.5~3.5	可塑	黄灰~灰色，有层理。粉质黏土为主，顶部常见灰色黏土	遍布
				⑩ ₂	粉土、粉砂	32.0~33.5	1.5~3.0	密实	黄灰~灰色，有层理，工程性质较好，可作为高层建筑桩基持力层	局部分布
	三组	河床~河漫滩相沉积	Q ₃ ^c al	⑪ ₁	粉质黏土	34.5~41.0	2.0~7.5	可塑	褐黄色，主要由粉质黏土组成，夹黏土和粉土透镜体，无层理，含铁质	遍布
				⑪ ₂	粉土	36.0~44.5	2.0~7.0	密实	褐黄色，夹粉砂，工程性质较好，可作为高层建筑良好桩基持力层	大部分区域
				⑪ ₃	粉质黏土	40.0~48.0	2.5~7.5	可塑	褐黄色，含铁质，夹黏土透镜体，无层理	基本遍布
				⑪ ₄	粉砂	43.5~54.0	2.0~8.0	密实	褐黄色，夹粉土和细砂，无层理，工程性质较好，可作为高层建筑良好桩基持力层	局部分布
				⑪ ₅	粉质黏土	47.0~54.0	3.0~7.5	可塑	褐黄色，含铁质，夹黏土透镜体，无层理	基本遍布

续表 3.3.2

层序		成因	代号	标准	土层名称	层底埋深 (m)	常见厚度 (m)	状态特征	土层特征	分布状况
统	组			层号						
上更新统	二组	浅海～滨海相沉积	Q ₃ ^{bm}	⑫ ₁	黏性土	51.0～62.0	3.0～10.0	可塑～硬塑	灰、褐灰色，主要由粉质黏土组成，局部顶部有黏土分布	遍布
				⑫ ₂	粉土、粉砂	54.0～59.0	3.5～9.0	密实	灰色，局部为细砂，工程性质较好，可作为超高层建筑良好桩基持力层	局部分布
	一组	河床～河漫滩相沉积	Q ₃ ^{al}	⑬ ₁	粉质黏土	59.0～65.5	1.5～7.0	可塑～硬塑	灰黄～黄灰色，主要由粉质黏土组成，局部夹粉土	遍布
				⑬ ₁₋₁	黏土	60.5～65.5	1.0～5.0	可塑～硬塑	灰黄～褐黄色，含大量姜石，工程性质较好，可作为超高层建筑良好桩基持力层	局部分布
				⑬ ₂	粉土、粉砂	68.0～77.0	3.0～10.0	密实	灰黄～褐黄色，局部分布为细砂，工程性质好，可作为超高层建筑良好桩基持力层	局部分布
				⑬ ₃	粉质黏土	72.0～79.0	4.0～10.0	可塑～硬塑	灰黄～黄灰色，局部夹粉土，富含大块钙质姜石	基本遍布

续表 3.3.2

层序	成因	代 号	标准层号	土层名称	层底埋深 (m)	常见厚度 (m)	状态特征	土层特征	分布状况	
										统
中更新统	上组	滨海三角洲相沉积	Q ₂ ³ mc	⑭ ₁	粉质黏土	80.0~98.0	6.0~20.0	可塑~硬塑	灰绿、灰及黄灰色，局部夹黏土	基本遍布
				⑭ ₂	粉细砂	85.0~103.0	7.0~18.0	密实	灰~黄灰色，局部为粉土、中砂，工程性质好，可作为超高层建筑良好桩基持力层	大部地区分布
				⑭ ₃	粉质黏土	93.0~103.0	4.0~8.0	可塑~硬塑	灰绿、灰及黄灰色，局部夹黏土	基本遍布
	中组	河床~河漫滩相沉积	Q ₂ ² al	⑮ ₁	粉质黏土	98.0~114.0	2.0~13.0	可塑~硬塑	黄灰~灰黄色，含铁质、姜石，夹粉土粉砂，局部有黏土分布	基本遍布
				⑮ ₂	粉细砂	102.0~122.0	3.0~12.0	密实	黄灰~灰黄色，含铁质、工程性质好	大部分布
				⑮ ₃	粉质黏土	108.0~133.0	5.0~15.0	硬塑	黄灰~灰黄色，含铁质、姜石，夹粉土粉砂，局部有黏土分布	基本遍布
				⑮ ₄	粉细砂	123.0~140.0	6.0~12.0	密实	黄灰~灰黄色，含铁质、工程性质好	大部分布
				⑮ ₅	粉质黏土	124.0~130.0	3.0~8.0	硬塑	黄灰~灰黄色，含铁质和姜石	基本遍布

续表 3.3.2

层序	成因	代 号	标准层号	土层名称	层底埋深 (m)	常见厚度 (m)	状态特征	土层特征	分布状况	
										统组
中更新统	中组	河床~河漫滩相沉积	Q ₂ ^{al}	⑮ ₆	粉细砂	130.0~143.0	2.0~7.0	密实	黄灰~灰黄色, 含铁质、工程性质好	大部分布
	下组	滨海~三角洲相沉积	Q ₂ ^{1mc}	⑯ ₁	粉质黏土	130.5~140.5	3.0~11.0	硬塑	灰、绿灰及黄灰色, 局部有黏土分布	基本遍布
				⑯ ₂	粉细砂	140.5~151.0	5.0~15.0	密实	灰~黄灰色, 工程性质好	基本遍布
				⑯ ₃	粉质黏土	145.0~179.0	8.0~20.0	硬塑	灰、绿灰及黄灰色, 局部有黏土分布	基本遍布
				⑯ ₄	粉细砂	155.0~182.0	4.0~12.0	密实	灰~黄灰色, 工程性质好	大部分布
				⑯ ₅	粉质黏土	160.0~196.0	3.0~12.0	硬塑	灰、绿灰及黄灰色, 局部有黏土分布, 含钙质结核	基本遍布
				⑯ ₆	粉细砂	180.0~204.0	>8	密实	灰~黄灰色, 工程性质好, 含钙质结核	大部分布

注: 天津市其他地区地基土可参照本表进行标准土层层序的划分。

3.4 地基土中含水层划分

3.4.1 天津市区埋深 70m 范围内地基土中的地下水可划分为潜水、微承压水和承压水三种类型。

3.4.2 潜水含水层宜按以下原则划分：一般分布于⑥层及以上地层的粉土、粉砂及粉质黏土中的地下水；当⑥层底板以上地层中分布有黏土、淤泥质黏土和淤泥等隔水层时，位于隔水层之上分布的地下水。

3.4.3 微承压水含水层可按下列原则划分：当⑥层底板以上地层中分布有黏土、淤泥质黏土和淤泥等隔水层时，隔水层之下至⑥层底板之间粉土、砂土和砂性大粉质黏土中的地下水。

3.4.4 埋深 70m 范围内地基土中的承压水可划分为三层：

1 分布于第⑧₂、第⑨₂和第⑩₂层内的粉土、粉砂含水层中的地下水可划分为第一承压水。

2 分布于第⑪₂、第⑪₄层内粉土、粉砂含水层中的地下水可划分为第二承压水。

3 分布于第⑫₂层内粉土、粉砂含水层中的地下水可划分为第三承压水。

3.4.5 天津市区浅部地基土中含水层标准层序划分及编码应按表 3.4.5 确定。

表 3.4.5 天津市区浅层地基土中含水层层序划分表

含水层名称	含水层编码		主要含水层	含水层主要岩性	一般埋深范围(m)	常见厚度(m)	含水层特征
潜水含水层	Q		第①~⑥层	填土、粉土、粉砂、砂性大粉质黏土	0~15.0	——	水位埋深浅，渗透性随含水层厚度及岩土颗粒的增大而增大。中间无相对隔水层分布
微承压含水层	C _w		第⑥层	粉土、粉砂、砂性大粉质黏土	15m 以上	——	潜水含水层下相对隔水层底板与⑦层顶板之间的含水层，具有微承压性质
第一承压水含水层	CI	CI _a	第⑧ ₂ 层	粉土	16.0~22.0	1.0~4.5	影响地下工程的主要含水层；富水性受岩性、厚度等因素影响，涌水量变化较大；渗透系数 2m/d~5m/d；⑨ ₂ 层与⑩ ₂ 层承压水水力联系紧密，局部区域贯通
		CI _b	第⑨ ₂ 层	粉土、粉砂	24.0~31.0	3.0~9.0	
			第⑩ ₂ 层	粉土、粉砂	32.0~34.0	1.5~3.0	
第二承压水含水层	CII	CII _a	第⑪ ₂ 层	粉土、粉砂	32.0~45.0	2.5~8.5	对超深地下工程影响大；富水性受岩性、厚度等因素影响，涌水量变化较大；渗透系数 2m/d~5m/d
		CII _b	第⑪ ₄ 层	粉砂	43.0~54.0	2.0~8.0	
第三承压水含水层	CIII		第⑫ ₂ 层	粉土、粉砂	54.0~59.0	3.0~9.0	分布不连续，对超深地下工程有影响；渗透系数 2m/d~5m/d

附录 A 天津市区工程地质图系

目 录

- 1 天津市地貌分区及东南部地区上部陆相新近沉积层分布图
- 2 天津市区古河道分布图
- 3 天津市区已填沟坑及河道分布图
- 4 天津中心城区液化土层分布图
- 5 天津市区浅层地基土承载力特征值分区图
- 6 天津市区新近沉积层($Q_4^{3N}al$)—第③层分布图
- 7 天津市区第I陆相层(Q_4^3al)—第④层分布图
- 8 天津市区第I陆相层(Q_4^3al)—第④₂层粉土分布图
- 9 天津市区第I陆相层(Q_4^3l+h)—第⑤层分布图
- 10 天津市区第I海相层(Q_4^2m)—第⑥₃层粉土分布图
- 11 天津市中心城区潜水含水层—第①~⑥层粉土粉砂分布图
- 12 天津市区第II陆相层(Q_4^1al)—第⑧₂层粉土分布图
- 13 天津中心城区第III陆相层(Q_3^eal)—第⑨₂层粉土粉砂分布图
- 14 天津中心城区第IV陆相层(Q_3^cal)—第⑪₂层粉土分布图
- 15 天津中心城区第IV陆相层(Q_3^cal)—第⑪₄层粉砂分布图
- 16 天津中心城区第V陆相层(Q_3^aal)—第⑬₂层粉土粉砂分布图
- 17 天津中心城区第IV海相层(Q_2^3mc)—第⑭₂层粉土粉砂分布图

注：本附录单独提供，详见天津市勘察设计院集团有限公司“天津市区工程地质图系”（编图深度 100m，2020 年版），需要时可联系 022-23679628。

附录 B 天津市区标准土层物理力学性质指标统计

表 B 天津市区标准土层物理力学性质指标统计表

时代成因	岩性	标准层号	统计项目	含水量 $\omega(\%)$	重度 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	固快 c (kPa)	固快 φ (度)	直快 c (kPa)	直快 φ (度)	标贯击数 N (击)	波速 v_s (m/s)
Qml	素填土	① ₂	min	23.1	18.0	0.69	11.3	0.33	2.3	9.0	10.2	8.0	5.9	1.5	98.0
			max	36.7	19.7	1.07	20.3	1.08	6.5	28.0	26.0	23.0	21.4	5.5	138.0
			δ	0.12	0.02	0.11	0.16	0.28	0.23	0.22	0.20	0.27	0.31	0.28	0.08
			n	20274	20238	20237	19811	19668	19601	1748	1747	1867	1866	7178	422
	淤泥质土质冲填土	① ₃	min	36.0	16.1	0.85	10.6	1.0	1.9	7.0	6.6	8.0	5.8	0.5	98
			max	59.2	19.8	1.72	22.0	2.2	3.9	12.0	15.0	19.0	15.1	2.5	136
			δ	0.12	0.04	0.17	0.20	0.18	0.18	0.21	0.25	0.24	0.28	0.42	0.09
			n	684	684	684	683	678	684	95	97	79	79	396	49
	粉土土质冲填土	① ₃	min	18.0	18.0	0.55	5.6	0.3	6.1	5.0	20.9	4.0	20.0	3.5	110
			max	28.8	20.6	1.21	10.0	1.0	18.5	18.0	37.7	17.0	37.0	9.0	159
			δ	0.14	0.03	0.10	0.09	0.27	0.30	0.32	0.13	0.31	0.16	0.34	0.08
			n	618	618	618	381	381	618	68	69	91	90	347	43

续表 B 天津市标准土层物理力学性质指标统计表

时代成因	岩性	标准层号	统计项目	含水量 $\omega(\%)$	重度 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	塑性指数 I_P	液性指数 I_L	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	固快 c (kPa)	固快 ϕ (度)	直快 c (kPa)	直快 ϕ (度)	标贯击数 N (击)	波速 v_s (m/s)
Q ₄ ^{3N} si	淤泥质土	②	min	38.0	15.9	1.07	15.6	0.98	1.5	7.0	4.0	2.0	1.0	0.5	71.0
			max	55.6	18.1	1.92	24.1	1.56	3.1	14.0	15.0	10.0	9.0	2.0	132.0
			δ	0.09	0.03	0.13	0.11	0.13	0.18	0.19	0.27	0.36	0.51	0.39	0.13
			n	750	750	750	749	748	693	115	115	102	102	237	31
Q ₄ ^{3N} al	黏性土	③ ₁	min	25.5	17.6	0.78	12.0	0.50	2.7	10.0	9.3	9.0	6.2	2.0	106.0
			max	39.2	19.7	1.17	23.2	1.09	6.0	30.0	24.9	22.0	18.0	4.5	162.0
			δ	0.08	0.03	0.08	0.11	0.18	0.14	0.22	0.18	0.21	0.26	0.22	0.08
			n	15794	15794	15794	15798	15667	15092	1500	1500	1052	1051	7325	283
	粉土	③ ₂	min	23.1	18.6	0.67	8.1	0.3	8.4	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	130.0
			max	29.6	20.1	0.84	10.0	1.0	17.6	15.0	38.0	14.0	37.0	12.0	182.0
			δ	0.06	0.02	0.05	0.07	0.27	0.18	0.23	0.13	0.24	0.13	0.25	0.10
			n	2932	2928	2928	944	919	2894	424	424	333	333	4314	131

续表 B 天津市标准土层物理力学性质指标统计表

时代成因	岩性	标准层号	统计项目	含水量 $\omega(\%)$	重度 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	固快 c (kPa)	固快 φ (度)	直快 c (kPa)	直快 φ (度)	标贯击数 N (击)	波速 v_s (m/s)
Q ₄ ^{3Nal}	淤泥质土	③ ₃	min	34.8	17.3	1.01	14.0	0.93	2.2	6.0	7.3	2.5	5.0	0.5	93.0
			max	46.6	18.5	1.39	21.3	1.56	3.9	16.0	18.7	10.4	12.0	2.5	152.0
			δ	0.08	0.02	0.08	0.10	0.11	0.14	0.21	0.18	0.32	0.25	0.29	0.17
			n	1157	1157	1157	1152	1153	1106	123	123	129	131	737	18
	粉质黏土	③ ₄	min	24.8	18.2	0.71	10.5	0.78	3.2	8.0	13.2	6.0	9.0	2.0	115.0
			max	36.5	19.7	1.01	15.3	1.47	8.0	17.0	24.0	16.0	22.0	5.5	173.0
			δ	0.08	0.02	0.09	0.10	0.18	0.20	0.18	0.20	0.19	0.23	0.29	0.07
			n	3516	3516	3516	3374	3373	3409	384	384	152	152	2118	173
Q ₄ ^{3al}	黏性土	④ ₁	min	23.5	18.0	0.68	11.0	0.52	3.0	9.0	11.1	8.0	9.0	2.5	105.0
			max	35.2	20.1	1.09	17.9	1.06	7.4	22.0	24.0	20.0	22.0	6.0	153.0
			δ	0.08	0.03	0.09	0.11	0.20	0.17	0.19	0.18	0.22	0.22	0.26	0.07
			n	38414	38402	38397	36620	36276	36812	3966	3969	2875	2876	15805	793
	粉土	④ ₂	min	22.6	18.7	0.68	7.0	0.4	9.1	6.0	23.6	5.0	21.9	6.5	131.0
			max	30.5	20.1	0.89	10.0	0.9	19.0	16.0	38.5	15.0	38.0	15.0	175.0
			δ	0.06	0.02	0.06	0.08	0.19	0.19	0.21	0.10	0.29	0.11	0.18	0.08
			n	5786	5782	5781	2484	2469	5634	601	601	510	510	4022	141

续表 B 天津市标准土层物理力学性质指标统计表

时代成因	岩性	标准层号	统计项目	含水量 $\omega(\%)$	重度 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	固快 c (kPa)	固快 φ (度)	直快 c (kPa)	直快 φ (度)	标贯击数 N (击)	波速 v_s (m/s)
Q ₄ ^{3l+h}	黏性土	⑤ ₁	min	25.0	17.9	0.71	12.6	0.41	2.6	10.0	8.5	7.2	8.0	2.5	100.0
			max	40.0	19.6	1.18	23.4	1.14	5.9	24.0	21.8	21.4	19.0	5.0	173.0
			δ	0.10	0.02	0.10	0.11	0.22	0.19	0.19	0.18	0.30	0.20	0.22	0.11
			n	4246	4245	4245	4186	4156	4093	317	317	257	257	1657	32
	淤泥质土	⑤ ₂	min	36.1	17.3	1.02	15.0	0.85	2.3	—	—	—	—	0.5	144.0
			max	47.9	19.1	1.38	22.5	1.42	4.0	—	—	—	—	3.0	163.0
			δ	0.07	0.02	0.09	0.10	0.11	0.13	—	—	—	—	0.23	0.09
			n	341	341	341	336	336	334	—	—	—	—	124	2
Q ₄ ^{2m}	粉质黏土	⑥ ₁	min	26.9	18.2	0.81	10.6	0.68	3.2	9.0	15.6	8.0	12.0	2.5	140.0
			max	35.6	19.6	1.02	13.9	1.24	7.7	20.5	28.5	18.0	26.4	7.0	182.0
			δ	0.07	0.02	0.07	0.07	0.14	0.20	0.21	0.15	0.20	0.19	0.26	0.07
			n	55182	55172	55169	53593	53607	53180	5837	5840	2774	2770	23536	1552
	淤泥质土	⑥ ₂	min	36.0	17.4	1.05	14.2	1.02	2.1	8.0	8.3	3.8	6.0	0.5	107.0
			max	48.5	18.3	1.41	20.9	1.51	3.7	16.0	19.5	14.4	14.0	3.0	155.0
			δ	0.07	0.02	0.07	0.09	0.11	0.14	0.20	0.16	0.33	0.23	0.32	0.08
			n	7368	7368	7368	7341	7362	6892	935	935	647	646	3415	86

续表 B 天津市标准土层物理力学性质指标统计表

时代成因	岩性	标准层号	统计项目	含水量 $\omega(\%)$	重度 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	固快 c (kPa)	固快 φ (度)	直快 c (kPa)	直快 φ (度)	标贯击数 N (击)	波速 v_s (m/s)
Q ⁴ m	粉土	⑥ ₃	min	21.8	18.7	0.65	7.8	0.44	8.7	6.0	23.5	5.0	15.0	8.0	153.0
			max	29.5	20.4	0.82	10.0	0.92	19.0	15.0	40.7	15.5	39.0	18.0	197.0
			δ	0.07	0.02	0.07	0.07	0.18	0.19	0.20	0.11	0.28	0.15	0.20	0.06
			n	28307	28269	28268	9132	9120	27515	2420	2420	1751	1752	21815	767
	粉质黏土	⑥ ₄	min	24.1	18.4	0.73	10.1	0.69	3.7	9.0	15.0	6.0	12.8	3.0	143.0
			max	34.6	19.8	0.99	13.5	1.28	8.3	24.0	27.0	22.0	25.0	8.0	189.0
			δ	0.07	0.01	0.07	0.07	0.15	0.20	0.21	0.14	0.23	0.17	0.25	0.09
			n	45958	45949	45939	44715	44662	43541	3447	3447	2515	2517	17988	1767
Q ⁴ h	粉质黏土	⑦	min	20.2	19.3	0.60	10.9	0.43	4.3	9.0	14.5	6.0	11.6	4.5	169.0
			max	28.1	20.6	0.88	15.9	0.91	7.0	24.0	28.1	21.0	26.3	9.0	228.0
			δ	0.08	0.02	0.08	0.07	0.19	0.12	0.21	0.16	0.24	0.21	0.18	0.09
			n	12647	12644	12644	12649	12604	11896	1575	1577	948	949	5315	495
Q ⁴ al	粉质黏土	⑧ ₁	min	19.8	19.3	0.58	10.6	0.35	4.4	10.0	14.5	8.0	12.4	5.5	214.0
			max	28.2	20.7	0.82	15.7	0.88	8.6	26.0	28.2	24.0	26.0	13.5	255.0
			δ	0.09	0.02	0.09	0.10	0.22	0.15	0.23	0.16	0.25	0.20	0.21	0.05
			n	39004	38983	38982	39020	38809	37101	5521	5521	2627	2628	35441	1782

续表 B 天津市标准土层物理力学性质指标统计表

时代成因	岩性	标准层号	统计项目	含水量 $\omega(\%)$	重度 γ (kN/m^3)	孔隙比 e	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	固快 $c(\text{kPa})$	固快 $\varphi(\text{度})$	直快 $c(\text{kPa})$	直快 $\varphi(\text{度})$	标贯 击数 $N(\text{击})$	波速 $v_s(\text{m/s})$
Q ₄ ¹ al	粉土	⑧ ₂	min	17.1	19.3	0.52	6.0	0.35	9.2	6.0	24.2	5.0	24.0	17.0	228.0
			max	26.9	20.9	0.75	10.0	0.92	20.0	15.0	41.3	14.0	39.7	38.0	300.0
			δ	0.11	0.02	0.09	0.14	0.21	0.19	0.22	0.11	0.27	0.10	0.21	0.07
			n	13269	13254	13248	2189	2123	12595	2308	2312	839	840	14931	502
Q ₃ ^e al	粉质黏土	⑨ ₁	min	19.9	19.4	0.58	10.2	0.33	4.4	13.0	17.2	7.0	11.0	8.5	232.0
			max	29.0	21.0	0.82	16.2	0.88	9.0	28.0	28.6	28.5	30.6	17.0	284.0
			δ	0.10	0.02	0.10	0.14	0.23	0.17	0.25	0.15	0.33	0.25	0.18	0.05
			n	26693	26673	26673	26704	26440	25551	5071	5076	1450	1450	27286	468
	粉土 粉砂	⑨ ₂	min	16.6	19.5	0.51	6.3	0.36	9.8	4.0	24.4	4.0	23.6	23.0	252.0
			max	25.5	21.0	0.72	10.0	0.90	20.7	15.0	41.8	14.0	41.5	55.0	318.0
			δ	0.10	0.02	0.09	0.11	0.22	0.18	0.26	0.11	0.30	0.11	0.20	0.05
			n	16410	16370	16370	1681	1675	15617	3279	3280	1188	1191	17261	418
Q ₃ ^d mc	黏性土	⑩ ₁	min	18.0	18.9	0.52	10.2	0.21	4.7	11.0	14.7	8.0	9.0	10.5	199.0
			max	29.6	21.5	0.86	18.7	0.80	9.9	31.0	29.0	28.3	31.0	19.0	295.0
			δ	0.11	0.02	0.10	0.13	0.28	0.18	0.24	0.14	0.28	0.33	0.16	0.06
			n	5223	5212	5212	5229	5109	4915	1134	1134	216	216	4203	224

续表 B 天津市标准土层物理力学性质指标统计表

时代成因	岩性	标准层号	统计项目	含水量 $\omega(\%)$	重度 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	固快 c (kPa)	固快 φ (度)	直快 c (kPa)	直快 φ (度)	标贯击数 N (击)	波速 v_s (m/s)
Q ₃ ^d mc	粉土 粉砂	⑩ ₂	min	16.4	19.4	0.51	7.5	0.33	10.7	5.0	32.0	3.0	21.0	20.0	249.0
			max	24.7	21.0	0.70	10.0	0.92	22.5	13.5	41.8	12.0	38.9	65.0	368.0
			δ	0.10	0.02	0.09	0.08	0.25	0.17	0.23	0.06	0.30	0.17	0.19	0.07
			n	1075	1068	1068	165	165	1027	155	155	58	58	907	49
Q ₃ ^c al	粉质黏土	⑪ ₁	min	18.3	19.3	0.53	10.4	0.24	4.7	13.5	16.8	7.6	11.0	11.0	262.0
			max	27.7	21.2	0.82	16.0	0.75	9.1	29.0	30.3	24.0	33.0	21.0	331.0
			δ	0.10	0.02	0.11	0.13	0.25	0.15	0.24	0.16	0.21	0.29	0.16	0.05
			n	11020	10994	10994	11024	10886	10508	2116	2116	505	505	12692	331
	粉土	⑪ ₂	min	16.1	19.6	0.48	5.4	0.24	9.5	4.2	30.5	4.0	28.5	24.0	271.0
			max	25.0	21.3	0.70	10.0	0.90	21.7	16.0	39.9	14.0	38.8	70.0	353.0
			δ	0.10	0.02	0.09	0.12	0.28	0.18	0.25	0.08	0.30	0.08	0.25	0.07
			n	11748	11667	11665	1111	1086	11203	2502	2502	393	393	13383	247
	粉质黏土	⑪ ₃	min	19.8	19.2	0.48	10.4	0.29	4.0	10.0	17.2	6.0	12.8	11.0	278.0
			max	28.0	21.0	0.80	16.0	0.82	10.6	30.0	30.3	24.0	31.0	25.0	351.0
			δ	0.10	0.02	0.10	0.13	0.26	0.16	0.21	0.21	0.30	0.23	0.19	0.07
			n	11020	10994	10994	11024	10886	10508	2341	2340	376	376	10460	337

续表 B 天津市标准土层物理力学性质指标统计表

时代成因	岩性	标准层号	统计项目	含水量 $\omega(\%)$	重度 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	固快 c (kPa)	固快 φ (度)	直快 c (kPa)	直快 φ (度)	标贯击数 N (击)	波速 v_s (m/s)
Q ₃ ^{ca}	粉砂	⑪ ₄	min	15.9	19.2	0.51	—	—	10.3	5.0	29.9	2.0	28.5	35.0	302.0
			max	25.5	21.2	0.70	—	—	21.8	13.0	38.6	12.0	38.1	76.0	379.0
			δ	0.11	0.02	0.10	—	—	0.15	0.24	0.07	0.35	0.08	0.20	0.05
			n	9101	9050	9051	—	—	8660	1782	1782	601	601	8675	162
	粉质黏土	⑪ ₅	min	20.8	19.2	0.58	10.3	0.29	6.2	16.0	16.6	7.0	14.0	16.0	280.0
			max	29.3	20.5	0.80	16.0	0.92	12.3	27.0	32.5	27.0	30.1	25.0	365.0
			δ	0.10	0.02	0.10	0.13	0.26	0.17	0.20	0.20	0.30	0.19	0.18	0.09
			n	5900	5878	5877	5910	5841	5617	1171	1171	171	171	5728	317
Q ₃ ^{bm}	黏性土	⑫ ₁	min	18.7	19.0	0.53	11.0	0.21	5.0	14.0	16.0	10.0	15.2	14.0	254.0
			max	29.8	21.5	0.92	21.5	0.74	11.0	39.0	29.9	37.0	31.6	26.0	366.0
			δ	0.11	0.03	0.11	0.13	0.26	0.18	0.24	0.13	0.34	0.22	0.16	0.06
			n	5958	5917	5917	5968	5874	5530	1139	1137	80	80	4121	504
	粉土粉砂	⑫ ₂	min	15.8	19.3	0.5	6.1	0.32	10.0	6.0	27.2	—	—	32.0	309.0
			max	26.1	20.8	0.8	10.0	0.88	22.0	13.0	41.4	—	—	83.0	435.0
			δ	0.10	0.02	0.10	0.14	0.26	0.18	0.21	0.09	—	—	0.20	0.06
			n	1802	1794	1793	169	169	1740	402	402	—	—	1067	181

续表 B 天津市标准土层物理力学性质指标统计表

时代 成因	岩性	标准 层号	统计 项目	含水量 $\omega(\%)$	重度 γ (kN/m^3)	孔隙比 e	塑性指 数 I_p	液性指 数 I_L	压缩模 量 E_{s1-2} (MPa)	固快 $c(\text{kPa})$	固快 $\varphi(\text{度})$	直快 $c(\text{kPa})$	直快 $\varphi(\text{度})$	标贯 击数 $N(\text{击})$	波速 $v_s(\text{m/s})$
Q ₃ ^{al}	粉质 黏土	⑬ ₁	min	17.7	19.1	0.50	10.1	0.20	5.4	9.0	17.0	—	—	18.0	322.0
			max	28.5	21.0	0.84	16.9	0.60	11.6	38.0	30.0	—	—	32.0	469.0
			δ	0.12	0.02	0.13	0.21	0.29	0.19	0.38	0.16	—	—	0.15	0.10
			n	8916	8818	8818	8493	8335	8161	1059	1057	—	—	548	576
	黏土	⑬ ₁₋₁	min	21.7	19.0	0.62	16.7	0.12	6.5	20.0	15.0	—	—	17.0	289.0
			max	31.1	20.5	0.89	24.7	0.48	13.8	56.0	27.0	—	—	33.0	495.0
			δ	0.09	0.02	0.09	0.10	0.32	0.20	0.31	0.16	—	—	0.17	0.15
			n	1188	1185	1185	1190	1161	1007	76	76	—	—	195	246
	粉土 粉砂	⑬ ₂	min	17.4	19.2	0.50	6.2	0.24	10.5	4.0	30.5	—	—	40.0	349.0
			max	25.7	21.1	0.72	10.0	0.88	20.6	14.0	41.0	—	—	95.0	546.0
			δ	0.09	0.02	0.08	0.12	0.24	0.17	0.27	0.08	—	—	0.20	0.10
			n	3055	3028	3028	328	328	2858	291	291	—	—	2532	491
	粉质 黏土	⑬ ₃	min	18.9	19.5	0.52	10.1	0.24	5.9	10.0	18.0	—	—	19.0	333.0
			max	26.8	21.2	0.76	16.0	0.65	11.0	46.0	30.0	—	—	34.0	479.0
			δ	0.11	0.02	0.11	0.13	0.28	0.14	0.17	0.16	—	—	0.15	0.11
			n	3978	3927	3927	3604	3535	3660	333	332	—	—	1401	436

续表 B 天津市标准土层物理力学性质指标统计表

时代成因	岩性	标准层号	统计项目	含水量 $\omega(\%)$	重度 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	固快 c (kPa)	固快 φ (度)	直快 c (kPa)	直快 φ (度)	标贯击数 N (击)	波速 v_s (m/s)
Q ₂ ³ mc	粉质黏土	⑭ ₁	min	18.4	19.5	0.53	10.2	0.18	5.3	12.0	18.0	—	—	22.0	341.0
			max	26.8	21.2	0.78	16.4	0.49	11.9	36.0	30.5	—	—	38.0	521.0
			δ	0.10	0.02	0.10	0.13	0.29	0.19	0.28	0.15	—	—	0.13	0.11
			n	769	763	763	672	661	711	219	218	—	—	849	157
	粉细砂	⑭ ₂	min	16.3	19.2	0.53	—	—	8.9	4.0	31.5	—	—	53.0	500.0
			max	25.0	21.1	0.76	—	—	20.8	15.0	44.9	—	—	150.0	571.0
			δ	0.11	0.02	0.08	—	—	0.16	0.30	0.09	—	—	0.20	0.03
			n	1650	1635	1635	—	—	1522	267	267	—	—	884	216
	粉质黏土	⑭ ₃	min	18.5	19.3	0.53	10.4	0.18	4.8	15.0	16.8	—	—	24.0	386
			max	25.9	21.1	0.80	16.2	0.70	11.5	38.0	32.0	—	—	43.0	495
			δ	0.10	0.02	0.10	0.14	0.34	0.18	0.30	0.18	—	—	0.14	0.09
			n	721	715	714	602	591	668	57	57	—	—	186	102
Q ₂ ² al	粉质黏土	⑮ ₁	min	18.4	19.8	0.52	10.2	0.16	5.3	15.0	15.0	—	—	25.0	480.0
			max	24.2	21.1	0.73	16.3	0.55	11.9	45.0	28.0	—	—	50.0	503.0
			δ	0.10	0.02	0.08	0.13	0.28	0.18	0.30	0.16	—	—	0.17	—
			n	345	344	343	296	284	316	48	48	—	—	112	4

续表 B 天津市标准土层物理力学性质指标统计表

时代成因	岩性	标准层号	统计项目	含水量 $\omega(\%)$	重度 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	固快 c (kPa)	固快 φ (度)	直快 c (kPa)	直快 φ (度)	标贯击数 N (击)	波速 v_s (m/s)
Q ₂ ^{2al}	粉质黏土	⑮ ₁	min	18.4	19.8	0.52	10.2	0.16	5.3	15.0	15.0	—	—	25.0	480.0
			max	24.2	21.1	0.73	16.3	0.55	11.9	45.0	28.0	—	—	50.0	503.0
			δ	0.10	0.02	0.08	0.13	0.28	0.18	0.30	0.16	—	—	0.17	—
			n	345	344	343	296	284	316	48	48	—	—	112	4
	粉细砂	⑮ ₂	min	18.2	19.8	0.45	—	—	10.2	5.0	31.6	—	—	71.0	479.0
			max	24.6	21.0	0.72	—	—	22.7	13.0	40.2	—	—	185.0	566.0
			δ	0.10	0.02	0.12	—	—	0.17	0.31	0.07	—	—	0.25	0.05
			n	782	772	772	—	—	709	34	34	—	—	221	11
	粉质黏土	⑮ ₃	min	18.2	19.9	0.53	10.4	0.15	5.2	—	—	—	—	28.0	368.0
			max	26.5	21.2	0.72	16.4	0.49	10.9	—	—	—	—	52.0	553.0
			δ	0.12	0.02	0.09	0.14	0.24	0.18	—	—	—	—	0.21	0.14
			n	463	456	456	372	364	435	—	—	—	—	53	10
	粉细砂	⑮ ₄	min	18.1	19.2	0.55	—	—	9.2	—	—	—	—	59.0	463.0
			max	24.4	21.0	0.74	—	—	19.6	—	—	—	—	100.0	567.0
			δ	0.10	0.02	0.10	—	—	0.18	—	—	—	—	0.22	0.08
			n	460	445	445	—	—	422	—	—	—	—	47	6

续表 B 天津市标准土层物理力学性质指标统计表

时代成因	岩性	标准层号	统计项目	含水量 $\omega(\%)$	重度 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	固快 c (kPa)	固快 φ (度)	直快 c (kPa)	直快 φ (度)	标贯击数 N (击)	波速 v_s (m/s)
Q ₂ ² al	黏性土	⑮ ₅	min	17.5	19.9	0.52	10.2	0.11	5.4	—	—	—	—	34.0	401.0
			max	28.0	21.3	0.75	21.2	0.52	12.7	—	—	—	—	58.0	520.0
			δ	0.12	0.02	0.09	0.20	0.28	0.19	—	—	—	—	0.14	0.08
			n	196	189	189	173	158	166	—	—	—	—	32	14
	粉细砂	⑮ ₆	min	18.1	18.8	0.54	—	—	10.6	—	—	—	—	65.0	—
			max	25.0	21.2	0.78	—	—	21.0	—	—	—	—	130.0	—
			δ	0.10	0.03	0.10	—	—	0.17	—	—	—	—	0.24	—
			n	230	228	228	—	—	213	—	—	—	—	27	—
Q ₂ ¹ mc	粉质黏土	⑯ ₁	min	18.5	19.7	0.50	10.5	0.12	5.7	—	—	—	—	43.0	—
			max	24.7	21.4	0.72	16.8	0.54	11.6	—	—	—	—	88.0	—
			δ	0.11	0.02	0.09	0.13	0.29	0.16	—	—	—	—	0.20	—
			n	110	110	110	110	103	97	—	—	—	—	52	—
	粉细砂	⑯ ₂	min	16.8	19.7	0.42	—	—	12.1	—	—	—	—	66.0	—
			max	24.8	20.9	0.73	—	—	22.6	—	—	—	—	150.0	—
			δ	0.12	0.02	0.11	—	—	0.14	—	—	—	—	0.26	—
			n	193	191	191	—	—	176	—	—	—	—	35	—

续表 B 天津市标准土层物理力学性质指标统计表

时代成因	岩性	标准层号	统计项目	含水量 $\omega(\%)$	重度 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	固快 c (kPa)	固快 ϕ (度)	直快 c (kPa)	直快 ϕ (度)	标贯 击数 $N_{(击)}$	波速 v_s (m/s)
Q ₂ ¹ mc	粉质黏土	⑩ ₃	min	17.6	19.6	0.45	10.5	0.20	5.8	—	—	—	—	48.0	—
			max	25.2	22.1	0.71	18.2	0.48	12.5	—	—	—	—	83.0	—
			δ	0.10	0.02	0.10	0.15	0.23	0.20	—	—	—	—	0.15	—
			n	145	143	143	145	122	124	—	—	—	—	71	—
	粉细砂	⑩ ₄	min	16.8	19.6	0.47	—	—	10.7	—	—	—	—	60.0	—
			max	26.2	21.4	0.71	—	—	22.0	—	—	—	—	150.0	—
			δ	0.12	0.02	0.12	—	—	0.18	—	—	—	—	0.28	—
			n	35	35	35	—	—	33	—	—	—	—	34	—
	粉质黏土	⑩ ₅	min	18.0	20.0	0.48	10.6	0.16	6.0	—	—	—	—	40.0	—
			max	24.7	21.4	0.69	14.2	0.50	13.5	—	—	—	—	100.0	—
			δ	0.09	0.02	0.08	0.08	0.22	0.27	—	—	—	—	0.21	—
			n	21	21	21	21	21	21	—	—	—	—	32	—
	粉细砂	⑩ ₆	min	15.8	19.9	0.42	—	—	15.4	—	—	—	—	75.0	—
			max	24.6	21.4	0.67	—	—	22.0	—	—	—	—	150.0	—
			δ	0.10	0.02	0.09	—	—	0.13	—	—	—	—	0.24	—
			n	17	17	17	—	—	17	—	—	—	—	11	—

注：1、本次统计共收集3773项有代表性工程的地质报告，共统计土试样471492个；

2、统计时对异常数据作了取舍，取平均值 ± 1.645 倍均方差范围的数值

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”;反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 规程中指明应按其他有关标准执行时的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

本规程引用标准名录

- 1 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 2 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 3 《天津市岩土工程勘察规范》DB/T 29-247

天津市工程建设标准

天津市地基土层序划分技术规程

DB/T29-191-2021

J11414-2022

条文说明

2021 天 津

修订说明

本规程是在原地方标准《天津市地基土层序划分技术规程》DB/T29-191-2009 的基础上修订而成。本次修订编制组进行了广泛深入的调查研究，总结了本市岩土工程勘察的实践经验和研究成果，同时参考了国内先进技术法规、技术标准，与本市相关地方标准协调，通过工程验证、征求意见，取得了本规程技术内容的有关重要技术参数。

为便于广大勘察、设计、规划、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《天津市地基土层序划分技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1 总 则	40
2 术 语	42
3 地基土层层序划分	43
3.1 地貌类型与地基土类别划分	43
3.2 地基土层年代成因层序划分	47
3.3 地基土标准土层层序划分及其编码	49
3.4 浅部地基土中含水层划分及其编码	62

1 总 则

1.0.1 多年来,天津市勘察行业中存在对地基土层的划分标准比较混乱的现象,特别是近年来新成立的勘察单位和外地进津队伍较多,对天津地区地基土层情况认知程度不足,统一地基土层的划分标准是十分必要的。

为进一步规范工程勘察设计以及区域性工程地质分析评价中地基土层划分标准;提高工程勘察地质资料的准确性和分析评价结果的正确性;提高天津市地质资料的通用性,进而实现不同单位、不同类型的工程地质资料成果共享和整合利用,建立全市域的工程勘察资料数据库,提高工程地质资料的重复使用率,以便节省大量的人力、物力资源。因此对地基土层的划分实行统一标准,以便建立天津市地质地理信息数据库,实现工程地质资料的数据化和再利用也是十分必要的。本规程是在总结天津市数十年来已有勘察工作经验和最新科研成果的基础上编制而成。

天津地区地基土的地层层位划分与命名,历史上在天津工程地质界存在不同意见和方案。1986年天津市勘察院以时代、成因标志为基础结合土的工程性质进行层位划分的方法,已被全市勘察单位广泛采用。

本规程结合地区工作经验,根据《天津地区 100m 内地层层位划分与代号》(天津市勘察院,翁鹿年等,1988年)、《天津市区深层地基土工程特性及桩基工程地质图系编制研究报告》(天津市勘察院,韩伟等,1997年)、《天津市区标准地层的建立及特性研究》(天津市勘察院,周玉明、赵志峰等,2007年)等科研成果对天津市埋深 155m 以内地层层位进行统一划分命名。

采用上述科研成果提供的地基土层命名原则,将天津市地基土层名称进行了统一。即按地基土层成因类型分为陆相层与海相层两个体系,再按年代自上而下顺序排列命名,即将 Q_4^3al 、 Q_4^3l+h

称为“第I陆相层”、 $Q_4^1h+Q_4^1al$ 称为“第II陆相层”、 Q_3^eal 称为“第III陆相层”、 Q_3^cal 称为“第IV陆相层”、 Q_3^aal 称为“第V陆相层”、 Q_2^2al 称为“第VI陆相层”；将 Q_4^2m 称为“第I海相层”、 Q_3^dmc 称为“第II海相层”、 Q_3^bmc 称为“第III海相层”、 Q_2^3mc 称为“第IV海相层”、 Q_2^1mc 称为“第V海相层”。今后，随着勘察深度不断增加，地基土层名称可依此类推。

本次修订是在 2009 年版的基础上，依据天津市勘察院周玉明、路清、赵志峰等 2018 年完成的天津市科技重大专项《天津市主城区工程地质水文地质工程特性综合评价研究》成果报告相关科研成果。该成果收集整理了近十年大量新的工程勘察资料、特别是重大项目的深层钻孔资料，从深度上、分布范围上均有极大提高。对 100m 以内地层划分标准进行了补充验证；对 100m~150m 超深地层进行了修正；为适应和满足超高层建筑超深钻孔勘察的需求，研究建立了 100m~200m 超深地基土标准层序；为满足深基坑工程降水需求，研究建立了承压含水层划分标准。

考虑到滨海地区准备编制地基土层序标准的分册，本次修订删除了规程中滨海地区的相关内容。

1.0.2 本规程研究基础资料主要分布于市区及其周边地区，在天津市中心城区及环城四区区域内适用性较好。蓟州区境内南部是山前冲积和洪积沉积的土层，北部主要是山区基岩，故本规程不适用于蓟州区。滨海地区(指塘沽、汉沽及大港区)一般在埋深 15m~25m 以上沉积了厚层淤泥质土，浅部地层沉积情况和分布规律与其他大部分地区明显不同，应按实际情况划分，鉴于滨海地区即将单独编制地基土层序标准，本规程适用范围也不包括滨海地区。其他地区(宝坻、武清、静海、宁河)的地层分布规律与市区相近，所以本规程同样适用。

2 术 语

2.1.1 天津地区埋深 200m 以上沉积的土层按地质时代划分为第四纪全新世(Q₄)、晚更新世(Q₃)和中更新世(Q₂)沉积的地层。各时代沉积的土层距今大约年代:

1 全新世(Q₄)沉积的地层距今大约年代 11,000 年。

新近堆积层(Q₄^{3N}), 其形成的时间最早不超过 4,000 年;

全新世晚期(Q₄³), 第I陆相堆积层, 为距今约 5,000~4,000 年前所堆积;

全新世中期(Q₄²), 第I海相堆积层, 为距今约 7,500~5,000 年前所堆积;

全新世早期(Q₄¹), 第II陆相堆积层, 为距今约 11,000~7,500 年所堆积。

2 晚更新世(Q₃)沉积的地层距今大约年代 100,000~11,000 年。

3 中更新世(Q₂)沉积的地层距今大约年代 100,000 年以前。

3 地基土层层序划分

3.1 地形地貌与地基土类别划分

3.1.1 天津地区现地形地貌与成陆时的地势有直接关系，其陆地形成和演变可分为几个阶段：从更新世晚期至今，经历了由陆地变海洋，由海洋再变陆地的沧海桑田过程。在更新世晚期市区为冲积平原，地势起伏不大，总的趋势是西北高东南低；全新世晚期海水从市区退出，形成了海积平原地貌；成陆初期，地势低洼，多洼淀、沼泽和湿地，后经河流堆积和人类活动逐渐形成现地形地貌。由于古地形地貌的差异，古地势低洼的洼淀地带带有湖沼沉积土；古河道及其两岸、洪泛区和沟塘有新近沉积土；大部分古地势平坦地区为正常沉积土。

3.1.4 天津地区不同地质年代沉积形成的天然土，其工程性质有着明显差别。因此，按沉积年代划分为三类，即：老沉积土、一般沉积土与新近沉积土。分类名称与国标《岩土工程勘察规范》GB50021一致，但划分标准有所不同，应注意其区别。在天津市地方标准《天津市岩土工程勘察规范》DB29-247 条文说明 3.2.4 条中有明确的解释：《岩土工程勘察规范》将第四纪全新世中近期沉积的土层均划为新近堆积土。按此标准，天津地区第I海相层是在全新世中期(Q_4^2)距今约 7,500~5,000 年前堆积而成、第I陆相层是在全新世晚期(Q_4^3)距今约 5,000~4000 年前堆积而成，均应划为新近沉积土。但天津市区和西部及北部地区上部陆相层工程性质较好，据多年工程经验，与原国标《建筑地基基础设计规范》(GBJ7-89)提供的一般沉积土承载力水平基本相当，即就工程性质而言，将其划归一般沉积土是可行的；如将其划归新近沉积，与天津地区成陆后在低洼地带、洪泛区和古河道、沟坑等局部地带

和滨海新区、津南区与东丽区中东部、宁河区南部等滨海地带形成的工程性质明显变差的近代、现代沉积物不相区分、混为一体，不符实际，也给勘察评价工作带来不便。因此，本条依据天津地区实际情况，将天津地区浅部一般沉积土的划分标准规定为：第四纪全新世以来至天津地区成陆时期沉积形成的土，沉积时间约为 12000~10000 年以来至 5000~4000 年以前，沉积的范围主要分布于第三道贝壳堤以北、以西区域。而将天津地区成陆之后，在古河道、沟塘及洪泛区、洼淀地带沉积形成的土划归新近沉积土，与浅部同层位一般沉积土因工程性质差别明显、将其区分出来。依据主要有：1986 年天津市勘察院、刘家铮等完成的《天津市市区浅层地基土的工程地质特征》；2007 年天津市勘察院周玉明、赵志峰等完成的《天津市市区标准地层的建立及特性研究》成果报告；《天津市区域地质志》(天津市地矿局，1992)；《天津市第四纪地质图》(田德培，天津市地矿局，2004)；《华北平原古河道研究》(吴枕等，国家自然科学基金资助项目，1991)和《天津地区成陆过程研究》(韩嘉谷，1979)等资料。

依据 2015 年天津市勘察院周玉明、唐海明等完成的《天津滨海新区新近沉积土工程特性研究》成果报告，滨海新区、津南区与东丽区中东部、宁河区南部等滨海地区的上部陆相层均为约 4000 年以来形成的土，但其物理力学性质、工程性质与市区上部陆相层及古河道、洪泛区、洼淀地带新近沉积土差别明显，故将其单独划分出来，命名为上部陆相新近沉积土，并给出了分布范围。

对于天津地区一般沉积土与滨海新区、津南区与东丽区中东部、宁河区南部等滨海地区新近沉积土，在平面上界限划分原则为：一是根据土层沉积年代确定。基本上依据天津市第三道贝壳堤古海岸线附近为界(第三道贝壳堤沉积年代约 3000~3800 年，自该贝壳堤至现渤海边表层陆相沉积土层，沉积时间绝大部分小

于 3000 年), 其界限可参考《天津市第四纪地质图》进行划分; 依据第三道贝壳堤古海岸线分布情况并结合土的工程性质, 该界限大致分布为: 宁河芦台—七里海北领头村—俵口—东、西塘坨—潘庄农场—东、西堤头—欢坨—南、北坨—华明镇—张贵庄—双港—巨葛庄—八里台—东台子、万家码头—沙井子—窦庄子连线, 该界限向东、向南至现渤海边的表层陆相沉积土层(原 Q_4^{3al}) 应确定为新近沉积土(Q_4^{3Nal})。二是根据土的工程性质确定。第三道贝壳堤以南、以东至渤海边表层陆相沉积的土层与市区比较存在明显差异, 其一是岩性的差异, 塘、汉、大地区许多表层陆相沉积中出现淤泥质土, 而市区除新近沉积层(Q_4^{3Nal})中出现淤泥质土外, 在同层位的第一陆相沉积层(Q_4^{3al})中不会出现。其二是物理力学性质的差异, 现将市区与塘、汉、大地区普遍分布的上部陆相沉积层粉质黏土物理力学性质进行比较, 如表 1, 可以看出其工程性质存在明显差异。

表 1 市区与塘、汉、大地区上部陆相沉积层粉质黏土物理力学性质比较表

地区	ω (%)	γ (kN/m ³)	e	I_L	E_{s1-2} (MPa)	c (kPa)	φ (度)	N (击)	q_c (MPa)
市区 一般沉积	28.4	19.3	0.81	0.80	6.1	16.6	21.9	4.6	1.01
东丽 原一般沉积	30.2	18.9	0.86	0.92	5.1	16.0	18.2	2.9	0.51
塘沽 原一般沉积	32.1	18.7	0.92	0.91	4.1	14.6	16.4	2.5	0.45
汉沽 原一般沉积	32.0	18.7	0.90	0.92	4.5	13.9	16.8	2.7	0.51
大港 原一般沉积	31.7	18.8	0.91	0.87	4.4	15.7	17.9	2.6	0.43
市区 新近沉积	30.4	18.9	0.87	0.95	5.6	14.2	21.0	3.3	0.84

从上表统计结果可以看出：市区第四纪一般沉积的粉质黏土比塘、汉、大地区原确定表层为一般沉积的上部陆相层粉质黏土物理力学性质明显较好，尤其是力学性质，如 N 、 q_c 值高出 40%~50% 左右；从表 1 中还可看出：即使市区新近沉积粉质黏土也比塘、汉、大地区第一陆相沉积层粉质黏土物理力学性质为好，因此，根据近十年积累的工程经验和对该地区土层的进一步认识，依据 2015 年天津市勘察院完成的《天津滨海新区新近沉积土工程特性研究》成果报告，现将塘、汉、大地区原确定表层为一般沉积的上部陆相层(原 Q_4^3al)划分为新近沉积层($Q_4^{3N}al$)是客观合理的，并且对勘察设计工作是很有必要的。

划分新近沉积土的沉积年代依据简况。

第一道贝壳堤形成时间距今约 200 余年。贝壳堤界限大致分布为：汉沽大神堂—蛭头沽—大沽口—驴驹河—高沙岭—歧口连线。

第二道贝壳堤经碳 14 测定距今年龄：东丽区白沙岭处上部贝壳，距今 1460 ± 95 年；东丽军粮城埋深 1.5m 处贝壳 1790 ± 100 年；津南区泥古埋深 1.5m 贝壳 2530 ± 120 年；大港区上古林埋深 2.5m 贝壳 2030 ± 150 年；歧口埋深 0.5m 贝壳 2020 ± 100 年，歧口以北约 5km 的青静黄排水渠入海口北侧，孔位接近平均大潮高潮线，孔口高程 3.404m，孔深 3.56m~3.64m，土样年龄 1710 ± 600 年；宁河潘庄农场浅层泥炭 1860 ± 125 年；宁和北淮淀埋深 4m 贝壳 2615 ± 85 年；宁河狼淀子牡蛎 2515 ± 85 年。第二道贝壳堤形成时间约 1500~2500 年，大部分约为 2000 年左右。第二道贝壳堤古海岸线界限大致分布为：汉沽潘金坨—茶淀—宁和北淮淀—东丽山岭子—东丽湖—军粮城北刘台新村—津南东、西泥古—邓枣子—大港上古林—马棚口—歧口连线。

第三道贝壳堤经碳 14 测定距今年龄：张贵庄上部贝壳 3040 ± 120 年、下部贝壳 3880 ± 160 年；巨葛庄中部贝壳 3400 ± 115

年；八里台贝壳 3730 ± 150 年；宁河俵口上部贝壳 4m 处 3810 ± 85 年。第三道贝壳堤形成时间约为 3000~3800 年。

第一道贝壳堤至现海岸线沉积土层为近代(约 200 年至今)新近沉积土层；第一道与第二道贝壳堤之间表层陆相沉积土层形成时间约在 200~2000 年之间,对塘沽北塘土中贝壳经碳 14 测定距今年龄 1005 ± 80 年,碳 14 测年成果表明该区域表层陆相沉积层属典型的新近堆积土；第二道与第三道贝壳堤之间表层陆相沉积土层形成时间约在 2000~3800 年之间,按《岩土工程勘察规范》GB 50021(2009 年版)将第四纪全新世中近期(约 7500 年至今)沉积的土层划为新近堆积土的标准,该区域表层陆相沉积层为全新世近期(约 4000 年至今)沉积的土层,属典型的新近堆积土。

因此,从现海岸线至第三道贝壳堤区间沉积的表层陆相沉积层堆积时间约为 200~3800 年,按《岩土工程勘察规范》GB 50021(2009 年版)的标准划分为新近沉积土层,与市区及其以北、以西地区沉积超过 4000 年、工程性质差异明显而划分为一般沉积土层进行区分是客观合理的。

应注意的是,工程中当以新近沉积土层作为浅基础持力层或进行桩基设计时,应对地基土承载力或桩基侧摩阻力进行折减;该沉积层中存在的饱和粉土一般属于液化土层,勘察时对局部地区出现的饱和粉土应进行液化判定。

3.2 地基土层年代成因层序划分

3.2.1 天津市埋深 30m 以内浅层地基土成因、年代的划分是根据 1986 年天津市勘察院张景恒、刘家铮等完成的《天津市区浅层地基土的工程地质特征》专题研究报告确定的。

埋深 30m 以内浅层地基土,均属第四系上更新统 Q_3 及全新

统 Q_4 所堆积。

埋深约 18m~30m 段，属陆相堆积层，为上更新统 Q_3 (距今 11,000 年前)所堆积，由于正值大理冰期，气候干寒，在此环境下堆积了一套灰黄~褐黄色地层，在该层顶部往往见有较多姜石，局部(水泥设计院埋深 21m，油漆总厂埋深 17m 等)富集成姜石层，含少量半胶结铁、锰结核，并见有砂囊分布，地基土的工程性质明显变好，具有风化壳之特征。这些都是上更新统地层区别于全新统地层的主要标志。

埋深约 14m~18m 段，属全新统早期 Q_4^1 (距今约 11,000~7,500 年)所堆积，由于处于从干寒陆地 toward 温凉较湿的湖沼环境过渡，因而下部堆积了一套灰黄~黄褐色的过渡层；上部堆积了一套灰白色湖沼相堆积物。在本段地层的底部，一般分布一层分选不良的“混粒土”而区别于上更新统 Q_3 地层。这又是全新统地层区别于上更新统地层的主要标志之一；在本段地层的顶部，遍布一层厚约 0.1m~0.2m 的黑色有机质土层，偶见丽蚌，经 ^{14}C 测定距今 10,000 年左右(据 ^{14}C 测定资料，北宁公园距今 $8,265 \pm 120$ 年，陈塘庄距今 $8,825 \pm 140$ 年，校正年龄为 9,525~10,250 年)。该有机质土层为全新统早期堆积地层区别于全新统中期堆积地层的明显标志层。

埋深约 5m~14m 段，属海相堆积层，为全新统中期 Q_4^2 (距今约 7,500~5,000 年前)所堆积，该层以色灰，富含海相软体动物化石，不含氧化铁，而区别于全新统晚期 Q_4^3 所堆积地层。

埋深约 5m 以上，属陆相堆积层，为全新统晚期 Q_4^3 (距今约 5,000 年前~今)所堆积，色杂，富含氧化铁，局部见少量姜石，平旋螺及萝卜螺。

此外，由于近期河流的侵蚀堆积作用，以及沟、坑、洼淀的淤积作用，致使局部堆积有以褐灰色为主的新近堆积层，其形成的时间最短只有 2,500 年的历史。古洼淀沉积层一般底板埋深

2.5m~6.0m, 古河道沉积层底板埋深一般 7m~16m。

埋深 30m~100m 深层地基土成因、年代的划分是根据 1988 年天津市勘察院完成的《天津地区 100m 内地层层位划分与代号》基础上, 经《天津市区深层地基土工程特性及桩基工程地质图系编制研究报告》(天津市勘察院, 韩伟等, 1997)、《天津市区标准地层的建立及特性研究》(天津市勘察院, 周玉明、赵志峰等, 2007) 补充完善后统一命名而确定的。

埋深 100m~200m 深层地基土成因、年代的划分是依据天津市勘察院周玉明、路清、赵志峰等 2018 年完成的天津市科技重大专项《天津市主城区工程地质水文地质工程特性综合评价研究》成果报告相关科研成果, 进行了重新修正、补充与完善。

3.3 地基土标准土层序划分及其编码

3.3.1 天津地区在地基土层划分方面积累了较丰富的资料和经验, 建立起地基土层标准编码体系, 可以指导和应用于天津市城市建设的规划、勘察、设计和施工中, 可简化和规范对地基土层的描述和确定, 提高对地基土层的认识水平和地质资料应用的准确性; 同时可应用于城市地理信息系统等信息化工程中, 可提高现有资料数据化及资料的再利用。

标准地层划分的总体原则应为:

1 以成因层为基本框架, 在此基础上进一步细分至每一主要岩性层。主要岩性层为成因层内具有一定厚度、具备工程意义的由某一岩性或物理力学性质相近岩性组成的地层。层位划分界线一般可按照岩性的自然分界划分, 同时兼顾物理力学性质特性。

2 成因层内部细分的岩性标准层考虑沉积韵律亦应具备上下的顺序关系。

3 为了方便资料整理,尽可能将一个完整的岩性层划分为一个标准层位。每一标准层位编码在同一钻孔中宜出现一次。考虑自然沉积形成地层的复杂性,尽可能考虑在区域范围内求同,特殊情况也可以通过透镜体等变通方法来处理。

4 对于时代成因一致、埋深相差不大的同一层位物理力学性质相近的不同岩性土层可合并成一层,如黏性大的淤泥质粉质黏土可与物理力学性质相近的淤泥质黏土合并;淤泥质黏土可与物理力学性质相近的淤泥合并;砂性大的粉质黏土可与力学性质相近的粉土合并;黏性大的粉质黏土可与物理力学性质相近的黏土合并;砂质粉土可与物理力学性质相近的粉砂合并;粉砂可与物理力学性质相近的细砂合并等。当按上述原则合并时对地下轨道交通等重大工程评价有影响时不宜合并。

3.3.2 根据标准地层划分的总体原则,在 2009 版的基础上新收集大量勘察资料,共总结天津市区 5191 项勘察项目、117919 个钻孔地质资料,对天津市区埋深 200m 以上地基土层进行了标准地层划分和编码排序。同时,对市区(环外环以内地区、1130km²)的 62.9 万个土工试验和原位测试数据进行了物理力学指标统计分析,提供了市区(环外环以内地区)各标准地层地基土的物理力学指标统计值。

一、对天津市区地基土的分布规律特征说明如下:

1 第①成因标准层——全新统人工堆积层(Qml)

市区范围内均有分布,常见厚度在 1m~4m,原天然地面较低洼处(古沟坑、河道)的厚度较大,已发现的最厚处达 13.8m;一般层底标高为 2.2m~-2.3m。

①₁层杂填土:市区范围内基本均有分布,一般工程性质较差。

①₂层素填土:市区范围内均有分布。填垫时间超过十年的黏性土和超过五年的粉土、砂土等粗粒土工程性质相对较好。

①₃层冲填土:一般由淤泥质土、粉质黏土、粉土、粉砂及粉

煤灰组成。冲填土的分布具有区域性，主要分布于海河两岸附近的区域。在万德庄、五大道、南市、天津日报大厦、津滨大道与沙柳路交口附近及雪莲路与茅山道和外环线与津塘路组成的封闭区域内呈点状或条状分布；而在津河以北、滨江道以东及海河以西的广大区域呈面状分布；在海河以东、华昌道以南及子牙河以西的大片区域内也有冲填土呈面状分布，一般埋深在 2.5m~5.5m 之间，一般厚度 1.2m~4.0m。冲填粉煤灰主要分布于原电厂、热电厂附近；建筑垃圾、工程废土等组成的杂填土经人工处理后方可应用。由生活垃圾及部分工业废料等组成的杂填土一般无工程意义。冲填土中的粉土、砂土及粉煤灰地震时多是可液化土层。

2 第②成因标准层——全新统新近组坑底淤积层($Q_4^{3N}si$)

坑底淤积的淤泥、淤泥质黏性土在标准地层分层时一般统一划分为淤泥质土。本层仅分布于沟、坑及废弃河道内。厚度与埋深变化很大，最大深度 14.5m，常见厚度 0.2m~1.0m，一般厚度在 0.4m~1.7m 之间。本层土为灰黑~黑色的淤泥或淤泥质土，呈软塑~流塑状态，含大量黑色有机质和腐植物。本层土工程性质极差，不能利用，一般在工程建设时予以清除或进行工程处理。

3 第③成因标准层——全新统新近组古河道、洼淀沉积层($Q_4^{3N}al$)

新近沉积层是近期(约 4000 年以来)于古河漫滩、冲积扇、古河道、洼地、沟坑所堆积的土层，主要分布于市区西部、西北以及海河两侧的区域。洼淀沉积的新近沉积土，一般为褐黄、棕褐色，常见厚度 1.5m~5.0m；古河道中新近沉积土，主要呈棕褐色、褐灰色，厚度一般为 5m~11m。其中③₁、③₄层黏性土、③₃层淤泥质土一般工程性质较差；③₂层粉土地震时多数为可液化土层，基坑开挖易产生“流砂”现象。

新近沉积层中洪泛、古洼地、沟坑堆积层主要分布于金钟河大街、丁字沽、天津西站、西青道两侧、南市、长虹公园及宜宾

道以北及海河两侧的区域,厚度一般在 1m~4m 左右。古河漫滩新近沉积层主要分布于已填埋的河道内,已发现的古河道有:安吉花园(原毛条厂)古河道、二疗~铁疗古河道、天津医院~挂甲寺古河道、三岔河口古河道、西大弯古河道、大清河古河道、金钟河古河道、墙子河古河道、赤龙河古河道、以及李七庄~梨园头~大寺镇的古河道等,其深度变化较大,一般在 9m~14m 之间,在挂甲寺附近发现的海河古道底界深度达 19.8m。本成因层中粉土是地震时容易液化的土层,一般不宜直接应用为地基持力层。

4 第④成因标准层——全新统上组河床~河漫滩相沉积(第 I 陆相层, Q_4^{3al})

市区范围内(除河道、沟坑区域和西北部地区外)均有分布。底板埋深一般为 4.0m~7.5m,自西北向东南逐渐变浅,常见厚度 3m~5m。顶板界面在市区范围内总体上呈四周高、中间低的盆地地形。其中南部地区顶板最高,大沽标高 2m~1m 之间,包括华苑、天环汽车站、天津大学、佟楼、梅江居住区、以及月牙河以东、以南地区。市中心区的顶板标高最低,仅 0.0m~-1.5m,而其他区域介于两者之间。本层土顶部大多有一层富含有机质、腐植物的黑灰色黏性土层,一般称之为老地面,厚度 0.1m~0.3m,此为本成因层顶部的特征标志层。

顶部常见一层厚度 0.1m~0.3m 含有机质、腐植物的黑灰色黏性土,俗称“老地面”,为本成因层顶部的特征标志层。本层土主要为黄褐、褐黄色,④₁层黏性土一般呈可塑状态;④₂层粉土呈稍密~中密状态,呈带状分布,从外环线与金钟河大街交口处沿金钟河大街至海河,从狮子林桥、玉皇阁、南开中学、湘绣桥、平昌道至侯台沿线两侧约 2km 左右范围沉积的为第一带状粉土层分布区;从张贵庄沿京山铁路至中山门,从挂甲寺、迎宾馆至天津电视塔沿线两侧约 2km 左右范围沉积的为第二带状粉土层

分布区。本成因层土质工程性质较好，是市区良好的天然地基浅基础持力层。本成因层中的粉土一般属非液化土层。

5 第⑤成因标准层——全新统上组湖沼相沉积层(第I陆相层, Q_4^{3l+h})

本成因层主要分布市区西北部地区，局部区域上覆新近沉积层(Q_4^{3Nal})。底板埋深一般为 6m~8m，常见厚度 3m~5m。本层土主要由粉质黏土和顶部局部分布的黏土、下部分布的淤泥质黏土组成。呈黄灰~青灰色，⑤₁层黏性土一般呈软塑~可塑状态；⑤₂层淤泥质土呈软塑~流塑状态，局部夹 5cm~30cm 有机质、腐植物层，淤泥质土相对较软，承载力特征值为 75kPa~90kPa，是天然地基的软弱下卧层。

6 第⑥成因标准层——全新统中组浅海相沉积层(第I海相层, Q_4^{2m})

在市区范围内均有分布，总体上有西北薄、东南厚的规律，常见厚度 5.5m~11.0m。层底埋深一般在 12.0m~15.6m 之间，局部地方底界埋深较大，如南马路天津检察院附近、友谊路天津博物馆附近、紫金山路与郁江道交口的香水园附近等，层底埋深达 18.4m~20.5m。呈灰色，⑥₁、⑥₄层粉质黏土一般呈软塑~流塑状态，⑥₃层粉土呈稍密~中密状态，⑥₂层淤泥质土呈流塑状态。⑥₃层粉土基本与第I陆相层沉积的④₂层粉土分布走向相近，但分布范围大，通常有④₂层粉土分布的区域其下部也有⑥₃层粉土分布。⑥₃层粉土主要分布在西青道及新开河以南的三个条带上。第一个条带为西青道及新开河以南，凯安道、天环长途汽车站、广场桥、万松居住区以北的广大区域；第二个条带为保山道、大学道、成都道、十一经路及卫国道以南，宾水西道、乐园道、黑牛城道跨海河立交以北区域；第三条带为津涞公路、郁江道及海河以南的区域。该层土底板埋深一般在 7.3m~12.3m 之间，一般厚度 1m~4.5m，最大厚度达 10.6m；层底大沽标高一般在-4.3m~

-8.5m 之间；顶板标高变化不大，主要顶板标高在-2.5m~-4.0m 之间。⑥₃层粉土在深基坑开挖时易产生“流砂”现象；月牙河以东部分地区饱和粉土地震时有液化可能；非液化粉土可作为复合地基竖向增强体或短桩基础的持力层。

7 第⑦成因标准层——全新统下组沼泽相沉积(第Ⅱ陆相层, Q₄^{1h})

该层是全新统中组(Q₄²)与全新统下组(Q₄¹)分界的标志层，在市区范围内均有分布，常见厚度 0.5m~1.5m。层底埋深一般 14.5m~17.0m，局部埋深较大，如南马路天津检察院附近、友谊路天津博物馆附近、紫金山路与郁江道交口的香水园附近，层底埋深达 19.0m~20.5m 左右。一般厚度 0.7m~1.7m，层底大沽标高一般在-11.0m~-13.3m 之间，主要为西北部埋深较浅，而东南部较深。呈黑灰~浅灰色，顶部含大量有机质、腐植物，岩性以呈可塑状态的⑦层粉质黏土为主，局部有粉土及黏土分布；含有机质、腐植物，局部顶部分布有薄层泥炭质土。

8 第⑧成因标准层——全新统下组河床~河漫滩相沉积(第Ⅱ陆相层, Q₄^{1al})

在市区范围内均有分布，常见厚度 3.0m~6.5m，呈由西北向东南逐渐变薄的趋势，顶板埋深总体上呈西北部高，东南部较低的趋势，在中部地区，基本上沿现海河两岸顶板呈现较为低洼的条带状地形。岩性主要由灰黄、褐黄色的⑧₁层粉质黏土、⑧₂层粉土组成。底部常有粗细不均(级配极不均匀)的混粒土分布，混粒土层是全新统(Q₄)与上更新统(Q₃)分界的主要标志层。

⑧₁层粉质黏土一般呈可塑状态；⑧₂层粉土呈密实状态，工程性质较好，在市中心区零星分布，在外环线附近及环外区域分布范围较广。分布稳定地区可作为多层和中高层建筑的良好桩端持力层使用。

9 第⑨成因标准层——上更新统五组河床~河漫滩相沉积

层(第Ⅲ陆相层, Q_3^{al})

市区范围内均有分布, 且厚度较大, 常见厚度在 6m~9m 之间。顶板标高变化较大, 在-16m~-20m 之间。由黄褐色⑨₁层粉质黏土、⑨₂层粉土粉砂组成。⑨₁层粉质黏土呈可塑状态, 局部夹黏土, 含姜石及氧化铁; ⑨₂层粉土粉砂为密实状态, 可作为多层及中高层建筑良好桩端持力层使用。

10 第⑩成因标准层——上更新统四组滨海~潮汐带相沉积层(第Ⅱ海相层, Q_3^{dmc})

市区范围内大部分地区有分布, 市区西北部较薄, 局部缺失, 顶板埋深和厚度差异较大, 常见厚度 2m~5m。以灰~灰褐色、黄灰色⑩₁层黏性土为主, 呈可塑状态。局部可见密实状态的⑩₂层粉土粉砂分布, 分布稳定时可用作高层建筑物的桩基持力层。本层也是天津市成因地层划分的标志层之一。

11 第⑪成因标准层——上更新统三组河床~河漫滩相沉积层(第Ⅳ陆相层, Q_3^{al})

市区范围内均有分布, 常见厚度 14m~20m。顶面按标高划分为两个区, 于汾河南路与汀江南道、中环线与新开河交口、天津市东站、奉化道与海河交口、天津市国展中心及梨园头一线以西的区域及以东区域, 其中西区的顶面标高在-27.0m~-28.5m, 而东区的顶面标高在-28.5m~-31.5m, 而局部较深的区域(标高在-31.5m~-34.5m)主要分布于东区的顺弛桥、真理道一带。该层由褐黄色的⑪₁、⑪₃、⑪₅层粉质黏土、⑪₂层粉土及⑪₄层粉砂组成。黏性土一般呈可塑状态。粉土粉砂呈密实状态, 是一般高层建筑物良好桩端持力层。

12 第⑫成因标准层——上更新统二组浅海~滨海相沉积层(第Ⅲ海相层, Q_3^{bm})

市区范围内均有分布, 层顶较为平坦, 其顶板标高一般为-44m~-50m, 顶板标高较大的区域主要分布于金钟河大街、南市、

王顶堤及侯台子一线西北侧，顶面标高一般为-44m~-46m，而顶板标高较小的区域主要分布于沿津塘公路两侧，大沽南路以北、成林路以南的区域，标高在-48m~-50m。层底埋深 55m~63m，常见厚度 5m~10m。本层土主要以灰、褐灰色的⑫₁层黏性土和⑫₂层粉土粉砂组成，⑫₁层黏性土以呈可塑~硬塑状态粉质黏土为主，局部有黏土层分布，底部常见薄层灰白色沼泽相沉积的黏性土；⑫₂层粉土粉砂呈密实状态，局部层位稳定时可作为超高层建筑物的桩端持力层使用。

13 第⑬成因标准层——上更新统第一组河床~河漫滩相沉积层(第V陆相层，Q₃^{a1})

市区范围内均有分布，常见厚度 11m~17m。本层土由灰黄、褐黄色的⑬₁、⑬₃层粉质黏土、⑬₁₋₁层黏土和⑬₂层粉土粉砂组成，黏性土多呈可塑或硬塑状态。本成因层底部土层常含有较多大块钙质姜石，可视为晚更新世(Q₃)与中更新世(Q₂)分界的主要标志层。

⑬₂层粉土粉砂呈密实状态，可作为超高层建筑物的良好桩端持力层。

市内局部地区在埋深 60m~65m 之间分布有厚度 3m~5m 的⑬₁₋₁层硬黏土，一般与⑬₁层在同一层位上，多呈硬塑状态，富含大块姜石，土质较好，可用作超高层建筑物的桩基持力层。

14 第⑭成因标准层——中更新统上组滨海~三角洲相沉积层(第IV海相层，Q₂^{3mc})

市区范围内均有分布，顶板埋深一般 72m~78m(标高-69.5m~-77.5m)，起伏不大；底板埋深一般 95m~103m(标高-92m~-100m)，起伏不大，局部地区(小白楼附近)最深处为 107.2m。厚度 21m~27m，常见厚度 20m~25m。该层土主要由灰绿、灰、黄灰色的⑭₁、⑭₃层粉质黏土、⑭₂层粉细砂组成，一般单层厚度较大，黏性土多呈硬塑状态，下部富含大块姜石。⑭₂层粉细

砂呈密实状态，可作为超高层建筑物的良好桩端持力层。

15 第⑮成因标准层——中更新统中组河床～河漫滩相沉积层(第Ⅵ陆相层， Q_2^{2al})

市区范围内均有分布，常见厚度 30m～41m。根据现有资料，顶板埋深一般 93m～96m(标高-90m～-93m)，起伏不大；底板埋深一般 130m～143m(标高-125m～-134m)，有所起伏。该层土主要由黄灰色、灰黄色的⑮₁、⑮₃、⑮₅层粉质黏土及⑮₂、⑮₄、⑮₆层粉细砂组成，含姜石，一般单层厚度较大，黏性土呈硬塑状态，砂土呈密实状态，力学性质好。

16 第⑯成因标准层——中更新统下组滨海～三角洲相沉积层(第Ⅴ海相层， Q_2^{1mc})

市区范围内均有分布，常见厚度 52m～65m。根据现有资料，顶板埋深一般为 130m～143m(标高-125m～-140m)，有所起伏；底界埋深一般为 180m～204m(标高-177m～-200m)，有所起伏。主要由灰、绿灰及黄灰色的⑯₁、⑯₃、⑯₅层粉质黏土层及⑯₂、⑯₄、⑯₆层粉细砂组成，含钙质结核，一般单层厚度较大，黏性土呈硬塑状态，砂土呈密实状态，力学性质好。

二、对于具有重要工程意义的地基土层工程特性说明如下：

1 具有重要工程意义的地基土层包括：

地震时易液化的第③层的粉土层——新近沉积层(Q_4^{3Nal})第③₂层粉土。第③₂层的粉土、粉砂是地震时易液化的土层，对浅基础和桩基均有较大的影响；当基坑开挖时由于水头差作用易产生流砂，给工程施工造成困难。因此该层土有着较为重要的工程意义。

可作为天然地基浅基础持力层的第④层——第Ⅰ陆相层(Q_4^{3al})土层。第④层埋深较浅，为天津地区的浅层“硬壳层”，物理力学性质较好，是较理想的天然地基浅基础持力层。

可作为复合地基竖向增强体持力层的第⑥层的粉土层——第

I海相层(Q_4^2m)第⑥₃层粉土。第⑥₃层的粉土埋深适中,厚度较大,物理力学性质较好,对于荷载较小的多层建筑可供选择复合地基竖向增强体和短桩持力层。

可作为良好桩基础持力层的土层:

第⑧层的粉土层——第II陆相层(Q_4^{1al})第⑧₂层粉土;

第⑨层的粉土粉砂层——第III陆相层(Q_3^eal)第⑨₂层粉土粉砂;

第⑪层的粉土、粉砂层——第IV陆相层(Q_3^cal)第⑪₂层粉土和第⑪₄层粉砂;

第⑬层的粉土粉砂层——第V陆相层(Q_3^aal)第⑬₂层粉土粉砂;

第⑭层的粉细砂层——第IV海相层(Q_2^3mc)第⑭₂层粉细砂;

第⑮层的粉细砂层——第VI陆相层(Q_2^2al)第⑮₂层粉细砂。

上述几层土的物理力学性质均较好,强度高,压缩性低,厚度大,分布稳定,均具有重要工程意义。可根据建筑物荷载大小,选择不同深度的土层作为桩基持力层。需特别指出的是,第⑩₁层的黏性土在塘沽和大港的局部地区是⑨₂桩基持力层的软弱下卧层。

2 第③₂层主要为埋深 3m~12m 范围内海河等古河道及洼淀新近沉积的粉土,分布在古河道内及古河道两侧较小的区域内,局部古河道的底部有粉砂分布。本层土呈稍密状态,地震时易液化,基坑开挖时可能产生“流砂”等不利影响。

3 天然地基浅基础持力层的工程特性。可作为天然地基浅基础持力层的主要是第I陆相沉积层(Q_4^3al)的第④₁层黏性土和第④₂层粉土。第④层顶板埋深一般为 1m~3m,层厚 1m~5m,由西向东逐渐变薄。④₁层黏性土一般呈可塑状态;④₂粉土呈稍密~中密状态,标贯击数一般为 6.5~15 击,平均击数 11 击,物理力学指标较好,是良好的天然地基浅基础持力层。

第④₁层黏性土中主要以粉质黏土为主，黏土仅局部分布于本成因层顶部，且力学性质不如粉质黏土，地基承载力特征值多在115kPa～130kPa之间，总体上北部较硬，南部偏软，可作为天然地基持力层。

表 2 第④₁层的黏土物理力学指标统计表

统 计 项 目	ω (%)	γ (kN/m ³)	e	I_p	I_L	E_{s1-2} (MPa)	q_c (MPa)	$N_{63.5}$ (击)
平均值	31.8	18.8	0.93	18.5	0.56	4.5	0.77	4.1
样本数	8263	8256	8251	8221	8090	8106	88236	2481

第④₁层的粉质黏土层呈软可塑～可塑状态，是市区较好的天然地基持力层。总体上西北部较硬，地基承载力特征值多在120kPa～130kPa之间，到东及东南部逐渐变软，地基承载力特征值渐变为100kPa～120kPa。

表 3 第④₁层的粉质黏土物理力学指标统计表

统 计 项 目	ω (%)	γ (kN/m ³)	e	I_p	I_L	E_{s1-2} (MPa)	q_c (MPa)	$N_{63.5}$ (击)
平均值	28.4	19.3	0.81	13.1	0.8	6.1	1.01	4.7
样本数	20223	20223	20223	20051	19822	19555	132690	7652

第④₂层粉土主要分布于第I陆相沉积层的中下部，是天津市区内理想的天然地基持力层，地基承载力特征值一般在125kPa～145kPa之间。

4 复合地基竖向增强体持力层的工程特性。第I海相层(Q₄²m)第⑥₃层粉土，主要由灰色粉土及少量粉砂组成。呈稍密～中密状态，标贯击数一般为8～18击，平均击数12.5击，为海相沉积层中的较硬土层，可作为多层建筑复合地基竖向增强体、短桩持力层。本层土在市区西北部地区强度相对较高，东南部月牙河以东部分地区处于地震液化临界状态，不宜作为复合地基竖向增强体

的持力层使用，在岩土工程勘察设计中应予注意。

5 桩基础持力层的工程特性。天津市区 110m 深度范围内，存在 6 个主要的良好桩基持力层，工程特性如下：

第⑧层的粉土层——第Ⅱ陆相层(Q₄^{1al})第⑧₂层粉土。层顶埋深一般为 16m~19m。标贯击数一般为 17~38 击，平均击数 27 击，呈密实状态，可作为多层、中高层建筑桩端持力层。采用静压、锤击等工法施工的预制桩穿过本层土时比较困难。

第⑨层的粉土、粉砂层——第Ⅲ陆相层(Q₃^{eal})第⑨₂层粉土粉砂。层顶埋深一般在 21m~29m 之间。粉土标贯击数一般 21~48 击，平均击数 33 击；粉砂标贯击数一般为 27~68 击，平均击数 43 击，均呈密实状态，可作为中高层或高层建筑桩端持力层。本层土厚度较大，采用静压、锤击等工法施工的预制桩很难穿过本层土。

第⑨₂层的粉土层底埋深一般在 24~27m 之间，厚度一般为 1.5m~5.4m，呈密实状态，宜作为多层及小高层建筑桩端持力层使用。

表 4 第⑨₂层的粉土物理力学指标统计表

统计项目	ω (%)	γ (kN/m ³)	e	I	E_{s1-2} (MPa)	q_c (MPa)	$N_{63.5}$ (击)
平均值	22.0	20.1	0.63	9.7	14.2	13.78	33.0
样本数	9050	9050	9050	2580	8772	96338	6325

第⑨₂层的粉砂层底埋深一般在 28m~31m 之间，一般厚度 1.3m~5.8m。顶板标高大多数分布于-21.5m~-23.5m 和-23.5m~-25m 两个区域，前者主要分布天津站以南的区域，而后者分布于月牙河及洞庭路一线以北的区域，呈密实状态，可作为多层或高层建筑桩端持力层使用。

表 5 第⑩₂层的粉砂物理力学指标统计表

统计项目	ω (%)	γ (kN/m ³)	e	E_{s1-2} (MPa)	q_c (MPa)	$N_{63.5}$ (击)
平均值	20.2	20.3	0.59	16.0	17.95	43.4
样本数	3026	3026	3026	2945	5186	1960

第⑪层的粉土、粉砂层——第IV陆相层(Q₃^{cal})第⑪₂层粉土和第⑪₄层粉砂。⑪₂层粉土层顶埋深一般为 30m~36m, 标贯击数一般为 24~70 击, 平均击数 46 击; ⑪₄层粉砂层顶埋深一般为 38m~49m, 标贯击数一般为 35~76 击, 平均击数 56 击。均呈密实状态, 可用作高层建筑物桩端持力层。

第⑪₂层粉土底板埋深一般在 36m~45m, 一般厚度 1.5m~6.3m。该层顶板标高起伏较大, 大部分顶板标高在-31m~-35m 之间, 而顶板标高大于-31m 的主要分布于市区西部地区。

第⑪₄层粉砂: 该层底埋深一般在 43m~54m, 一般厚度 1.6m~7.3m。该层顶板标高起伏较大, 在华苑、王顶堤、中环客运站、鼓楼以西地区大部分顶板标高在-38m~-42m 之间, 在凌庄子、国展中心、大光明桥一线两侧顶板标高在-42m~-45m 之间, 厚度一般在 3m~6m。

第⑬层的粉土粉砂层——第V陆相层(Q₃^{aal})第⑬₂层粉土粉砂。层顶埋深一般在 63m~70m 之间。主要由粉土粉砂组成, 局部有细砂或中砂分布。粉土标贯击数一般为 35~78 击, 平均击数 56 击; 粉砂标贯击数一般为 44~93 击, 平均击数 66 击, 均呈密实状态, 可用作超高层建筑物桩端持力层。

第⑬₂层粉土粉砂: 该层土顶底板起伏较大, 其底板埋深大致可分三个区域:

第一区域: 在复康路、吴家窑大街、围堤道以南, 广东路以西, 黑牛城道以北及红旗南路以西和解放路以东, 新围堤道以北, 十经路以南及津塘路以西的区域, 该区域分布的主要是粉土。层

底埋深一般在 60m~65m 之间,一般厚度在 2m~6m 之间。

第二区域:在海光寺、南市、狮子林桥、天津东站、凯旋门及天津医院一带和在凌西道、卫津南路、红旗南路及宾水西道之间局部区域,该区域分布的主要是粉土。层底埋深一般在 68.3m~73m 之间,厚度一般在 2m~7m 之间。

第三区域:在北马路以南、黑牛城道以北,以南门外大街、西康路、友谊北路、友谊路为主轴的两侧分布的区域,该区域分布的主要是粉细砂,分布范围较小。层底埋深一般在 72m~78m 之间,厚度在 3m~5m 之间。

第⑭层的粉细砂层——第IV海相层(Q_2^3mc)第⑭₂层粉细砂。层顶埋深一般在 76m~95m 之间,层底埋深一般在 83m~89m 之间。主要由灰、黄灰、灰黄色粉砂、细砂组成,局部夹粉土及中砂,一般标贯击数 53~150 击,平均击数 100 击,呈密实状态,层位稳定时可用作超高层建筑物桩端持力层。

第⑮层的粉细砂层——第VI陆相层(Q_2^2al)第⑮₂层粉细砂。层顶埋深一般在 96m~114m 之间,层底埋深一般在 102m~122m 之间。主要由黄灰~灰黄色粉砂、细砂组成,局部夹粉土及中砂,一般标贯击数 71~185 击,平均击数 122 击,呈密实状态,层位稳定时可用作超高层建筑物桩端持力层。

3.4 浅部地基土中含水层划分及其编码

3.4.1 天津市在第四系沉积的土层中可划分出 4 个含水层组。其中第I含水层组为浅层地下水,第II~第IV含水层组为深层地下水。浅层地下水(第I含水层组)在市区底界埋深一般在 70m 以内,是对工程建设产生影响的含水层组,易引起结构上浮、基坑突涌等工程问题。施工方法选择、地下水控制、土压力计算等均与第I

含水层组地下水密切相关。

近年来,随着我市城市建设和地下空间开发利用的加速发展,超深地下工程(地铁工程、深基坑工程等)越来越多,具有建设强度大、密度高等特点。工程建设与地下水环境的关系越发密切,一方面天津地区浅层地下水发育分布十分复杂,给工程建设带来严重的质量与安全风险,往往引发工程事故;另一方面由于工程建设过程中长期抽降地下水,对地下水资源和环境也造成较大的影响,中心城区承压水水位已形成明显的降落漏斗,对本地区地面沉降存在不利影响。地下工程开发建设中对地下水的有效控制愈发重要。迄今为止,我市对浅层地下水的发育分布、水力联系条件以及工程特性缺乏系统而全面的研究,对浅部承压水含水层的划分、命名尚未形成统一的标准,在工程项目的勘察、设计、降水、施工中各单位标准不同,造成了一定程度上的混乱,不利于总结工程经验和提高技术水平。

本节规定相关内容依据天津市勘察院周玉明、路清、赵志峰等 2018 年完成的天津市科技重大专项《天津市主城区工程地质水文地质工程特性综合评价研究》成果报告相关科研成果。

3.4.2~3.4.3 天津市潜水与浅部承压水一般以第Ⅰ陆相层湖沼相沉积层(第⑦成因层)为分界,第⑦成因层以粉质黏土、黏土为主,是浅部相对较好的隔水层。潜水主要分布于第一海相层及以上的粉土、粉砂及砂性较大的粉质黏土中。

在天津市区西北部地区发育分布有大面积的第Ⅰ陆相层湖沼相沉积层(Q_4^{1+2} 第⑤成因层),该层土以黏土和粘性较大的粉质黏土、淤泥质黏土为主,属于相对隔水层,其下第Ⅰ海相层(第⑥成因层)分布的粉土、粉砂、砂性大粉质黏土中的地下水具有一定的承压性,宜定性为承压水。考虑到该层地下水承压水头不大(一般为 0.5m 左右),加之我市岩土工程界已习惯于把⑦层以下地下水定为承压水且划分了第一承压水~第五承压水,我们把上述⑥

层及以上地层中具有一定承压性的地下水命名为“微承压水”(见图 1)。这样做有两方面的好处，一方面该层水的确不符合潜水的定义条件，相对于定为“潜水”而言命名为“微承压水”更加准确；另一方面天津滨海软土地区也存在类似的情况，如海相层中淤泥或淤泥质黏土层下部分布有粉土、粉砂含水层，并不是潜水，应定义为承压水，但沼泽层(Q₄^{1h})以下定为承压水在勘察设计行业中已成为习惯，为了延伸工程习惯定名，可将上述情况分布的承压水定名为“微承压含水层”(见图 2)。为了将来统一天津平原地区浅层地基土含水层划分的概念与标准，专门定义一个微承压含水层出来是有必要的，也是可行的。



图 1 中心城区西北地区地下水分层示意图



图 2 滨海软土地层地下水分层示意图

根据天津市勘察院周玉明、路清、温伟光、赵志峰等完成的重大科技专项《天津滨海新区标准地层的建立及工程特性研究》成果(2017 年)，滨海地区浅层地基土中的含水层可参照表 6 进行划分。

表 6 天津滨海地区浅层地基土中含水层层序划分表

含水层名称	含水层编码	时代成因	主要含水层	含水层主要岩性	分布状况
潜水含水层	Q	Qml Q ₄ ^{3Nal} Q ₄ ^{3al} Q ₄ ^{2m}	第①~⑥ ₃ 层	杂填土、粉土质填土、粉土、砂性大粉质黏土	全区均有分布，滨海旅游区北部地区厚度最大，一般大于 5m。海相层底以上不存在黏土、淤泥质黏土、淤泥等隔水层时，含水层中的地下水

续表 6

含水层名称	含水层编 码		时代成因	主要含水层	含水层主要岩性	分布状况
微承压含水层	C _w		Q ₄ ² m	第⑥ ₃ 层	粉土、粉砂	海相层中位于黏土、淤泥质黏土、淤泥等隔水层以下分布的粉土、粉砂含水层
第一承压含水层	CI	CI _a	Q ₄ ² m	第⑥ ₆ 层	粉土	普遍分布，于家堡~天津开发区~天津港等地区厚度最大，一般大于 8m
		CI _b	Q ₄ ¹ al	第⑧ ₂ 层	粉土	
		CI _c	Q ₃ ^a al	第⑨ ₂ 层	粉土、粉砂	
第二承压含水层	CII		Q ₃ ^d mc	第⑩ ₂ 层	粉土、粉砂	局部分布，中部地区较厚且变化幅度较大
第三承压含水层	CIII	CIII _a	Q ₃ ^c al	第⑪ ₂ 层	粉土	普遍分布，海洋高新区西侧、滨海站及航母主题公园北侧厚度最大，一般大于 14m
		CIII _b		第⑪ ₄ 层	粉砂	

3.4.4 天津市区浅部承压水一般以第I陆相层湖沼相沉积层(第⑦成因层)与潜水分界，发育在第⑧成因层及其以下地层中，承压含水层岩性主要为粉土、粉砂和少量的细砂层。

第一承压含水层主要发育于第⑧、第⑨、第⑩成因层内。一般常见水头标高在大沽标高 0.0m~-2.0m 之间，平均为-0.8m 左右。在部分地区，第 CI_a 亚层和第 CI_b 亚层的顶底板上下变化较大，且存在相互连通现象。亚层之间水位差别不明显。

第二承压含水层主要发育于第⑪成因层内，其主要含水层为第⑪₂、第⑪₄ 的粉土、粉砂层。一般常见水头标高在大沽标高 -0.5m~-5.0m 之间，平均为-2.2m 左右。第 CII_a 亚层和第 CII_b 亚层的顶底板标高上下变化较大，局部存在相互连通现象。亚层之间水位差别不明显。

第三承压含水层主要发育于第⑫成因层内部，分布不连续，厚度变化大。一般常见水头标高在大沽标高-1.0m~-5.8m 之间，平均为-3.5m 左右。与第二承压含水层之间存在较为稳定、透水性较差的黏性大粉质黏土及不连续的黏土地层，是相对隔水地层。

上述承压水水位数据为课题组对 2004 年~2016 年共 13 年积累的 100 多项工程中抽水试验、水位观测等成果进行统计分析得出的。同时还发现近十几年来承压水水位下降幅度较大，表现为第一承压水在 2004 年~2010 年水头平均标高为-0.6m，2011 年~2016 年水头平均标高为-1.3m；第二承压水在 2004 年~2010 年水头平均标高为-1.8m，2011 年~2016 年水头平均标高为-2.7m。

天津市区第一、二承压水连通区域较少且零星分布，未形成大面积的连通区；部分地区第一、二承压水有一定的水力联系。如在西北角陆家嘴广场、津湾广场对第二承压水进行抽水时，随着水位上升、下降，第一承压水水位发生相应的改变，但变化幅度不大，说明两层承压水间的水力联系一般。已有资料显示两层含水层之间普遍存在一定厚度且分布较稳定的黏性土相对隔水层，只有在小白楼、地铁 2 号线曹庄停车场等局部地区，第一、二承压水直接连通。另外，根据对遍布市区的 5833 个钻孔地层资料统计分析，大约只有 2.28%的钻孔第一、二承压水直接连通。

天津市区第二、三承压含水层之间的相对隔水层厚度一般小于 2m，部分地区缺失相对隔水层，两层间的水力联系较为密切。根据对遍布市区的 1152 个钻孔地层资料统计分析，约 10.42%的钻孔第二、三承压水直接连通，如宜兴埠、赤龙街、增兴窑、柳林毛纺厂、东丽三经路与三纬路交口等地区。另外滨海国际机场抽水试验资料也表明，第二承压含水层与第三承压含水层之间水力联系密切。