

备案号: J 17943 - 2025

浙江省工程建设标准

DBJ

DBJ 33/T 1337 - 2024

地下结构抗浮技术规程

Technical specification for underground structures
against uplift

2024 - 12 - 09 发布

2025 - 04 - 01 施行

浙江省住房和城乡建设厅 发布

浙江省住房和城乡建设厅

公 告

2024 年 第 45 号

省建设厅关于发布浙江省工程建设标准 《地下结构抗浮技术规程》的公告

现批准《地下结构抗浮技术规程》为浙江省工程建设标准，编号为 DBJ 33/T 1337-2024，自 2025 年 4 月 1 日起施行。

本规程由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心负责具体技术内容的解释，并在浙江省住房和城乡建设厅网站公开。

浙江省住房和城乡建设厅

2024 年 12 月 9 日

前 言

根据浙江省住房和城乡建设厅《关于印发〈2022 年度浙江省建筑节能与绿色建筑及相关工程建设标准制修订计划〉（第一批）的通知》（浙建设发〔2022〕5 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，结合浙江省的实际情况，参考有关国家标准、国内外先进经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分为 9 章和 6 个附录。主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、勘察、设防水位与浮力计算、设计、施工、既有地下结构抗浮加固、检验与验收等。

本规程由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请寄送浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心（地址：杭州市西湖区余杭塘路 866 号浙江大学紫金港校区安中大楼，邮编 310058，邮箱：gongxiaonan@zju.edu.cn），以供修订时参考。

本规程主编单位、参编单位、主要起草人及主要审查人：

主 编 单 位：浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心

浙江省建筑设计研究院有限公司

中天建设集团有限公司

参 编 单 位：浙江省工程勘察设计院集团有限公司

杭州圣基建筑特种工程有限公司

杭州市建筑设计研究院股份有限公司

浙江大学建筑设计研究院有限公司

浙江工业大学工程设计集团有限公司

浙江省建设投资集团股份有限公司
杭州市勘测设计研究院有限公司
浙江兆弟控股有限公司
宁波市民用建筑设计研究院有限公司
台州市精筑建设工程施工图审查中心
浙江省地矿建设有限公司
华汇工程设计集团股份有限公司
宏正工程设计集团股份有限公司
浙江天和建筑设计有限公司
浙江中桥预应力设备有限公司
浙江天然建筑设计有限公司
衢州市建筑设计院有限公司
浙江绿城六和建筑设计有限公司
浙江蓝城乐境建筑规划设计有限公司
蓝城乐居建设管理集团有限公司
浙江固力建筑集团有限公司
武汉巨成结构集团股份有限公司
浙江中岩工程技术研究有限公司

主要起草人： 龚晓南 杨学林 俞建霖 刘玉涛 蒋建良
祝文畏 高 超 王擎忠 蔡颖天 刘祥武
沈 金 瞿浩川 赵竹占 岑仰润 齐金良
陈 向 黄杰卿 董贤哲 钟亚军 陈瑞生
祝东红 杨 成 张林波 朱建才 徐勤明
谢忠良 周海权 宋建标 陈 超 徐凌峰
周 泓 乐建新 陈滋达 金国喜 周文军
韦志本 路嘉庆 高洋洲 姚士元 卢云军
杨凯文 周豪毅 吴春燕 万建华
主要审查人： 高文生 易神州 吴才德 杨 桦 李宏伟
郭 丽 王银根 方 成 王建民

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
4	勘察	9
4.1	一般规定	9
4.2	勘察技术要求	10
4.3	勘察成果	14
5	设防水位与浮力计算	16
5.1	一般规定	16
5.2	设防水位	16
5.3	浮力计算	18
6	设计	20
6.1	一般规定	20
6.2	抗浮稳定计算	21
6.3	抗拔桩设计	23
6.4	抗浮锚杆设计	29
7	施工	39
7.1	一般规定	39
7.2	抗拔桩施工	40
7.3	抗浮锚杆施工	45

7.4	施工期抗浮措施	49
8	既有地下结构抗浮加固	51
8.1	一般规定	51
8.2	抗浮检测与鉴定	51
8.3	抗浮加固设计	53
8.4	抗浮加固施工	59
9	检验与验收	63
9.1	一般规定	63
9.2	抗拔桩检验	64
9.3	抗浮锚杆检验	66
9.4	排水减压设施检验	67
9.5	验收	68
附录 A	地下水类型与岩土体渗透等级	70
附录 B	水文地质参数试验要点	72
附录 C	抗浮监测	80
附录 D	混凝土抗浮构件工作环境类别	83
附录 E	抗拔桩试验	84
附录 F	抗浮锚杆试验	92
	本规程用词说明	101
	引用标准名录	102
	附：条文说明	105

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic requirements	5
4	Investigation	9
4.1	General requirements	9
4.2	Technical requirement of investigation	10
4.3	Investigation results	14
5	Water level against uplift and buoyancy calculation	16
5.1	General requirements	16
5.2	Water level against uplift	16
5.3	Buoyancy calculation	18
6	Design	20
6.1	General requirements	20
6.2	Anti-uplift stability calculation	21
6.3	Uplift pile design	23
6.4	Uplift anchor design	29
7	Construction	39
7.1	General requirements	39
7.2	Anti-uplift pile construction	40
7.3	Anti-uplift anchor construction	45

7.4	Anti-uplift measures during construction	49
8	Anti-uplift strengthening of existing underground structures ...	51
8.1	General requirements	51
8.2	Anti-uplift testing and assessment	51
8.3	Anti-uplift strengthening design	53
8.4	Anti-uplift strengthening construction	59
9	Inspection and acceptance	63
9.1	General requirements	63
9.2	Inspection of anti-uplift pile	64
9.3	Inspection of anti-uplift anchor	66
9.4	Inspection of drainage decompression facilities	67
9.5	Acceptance	68
Appendix A	Types of groundwater and geo-permeability classification	70
Appendix B	Key points of hydrogeological testing	72
Appendix C	Anti-floating monitoring	80
Appendix D	Working environment category of concrete anti- lift members	83
Appendix E	Testing of anti-uplift anchor test	84
Appendix F	Testing of anti-uplift pile test	92
	Explanation of wording in this specification	101
	List of quoted standards	102
	Addition; Explanation of provisions	105

1 总 则

1.0.1 为规范地下结构抗浮的勘察、设计、施工、检验与验收，做到安全适用、技术先进、经济合理，保证质量和保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于浙江省建筑与市政工程地下结构抗浮的勘察、设计、施工与验收。

1.0.3 地下结构抗浮措施应考虑场地工程地质与水文地质条件、结构荷载特征与刚度分布、建筑功能要求、环境条件和施工条件等因素，结合地方经验综合确定。

1.0.4 地下结构抗浮技术要求除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和浙江省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 抗浮 anti-floating engineering

为预防地下结构在全生命周期内因水浮力作用导致上浮，造成地下结构构件破坏或影响正常使用所采取的工程技术措施及相关活动的统称。

2.1.2 静水压力 static water pressure

静水位状态下，作用在地下结构底板底面上的地下水竖向压力。

2.1.3 渗流水压力 seepage flow pressure

地下水在土体内稳定渗流过程中作用在地下结构底板底面上的静态竖向压力。

2.1.4 承压水压力 confined water pressure

赋存在隔水层之间含水层中的地下水作用在地下结构底板底面上的静态竖向压力。

2.1.5 浮力 buoyancy

地下结构受到水压力的竖向合力。

2.1.6 抗浮设防水位 fortification water table against uplift

地下结构在施工期和使用期内满足抗浮设防标准时可能遭遇的地下水最高水位，或地下结构在施工期和使用期内满足抗浮设防标准最不利工况组合时地下结构底板底面上可能受到的最大竖向水压力按静态折算的地下水水位。

2.1.7 抗浮构件 anti-uplift member

为满足地下结构抗浮稳定要求而设置的抗拔桩、抗浮锚杆以

及利用地下连续墙或围护桩等支护结构进行抗浮的构件。

2.1.8 排水减压设施 drainage decompression facility

为满足地下结构抗浮稳定要求而设置的降水井、排泄沟、盲沟等降低水压力的设施。

2.1.9 抗浮加固 anti-uplift strengthening

为满足既有地下结构的抗浮稳定性要求与抗浮承载力、控制设防水位工况下的结构与构件变形要求而采取的系统化专项工程技术措施及相关活动的统称。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应

p_{wj} ——不考虑地下水渗流和承压水作用时地下结构底板底面的静水压力标准值；

p_{ws} ——考虑地下水渗流作用时地下结构底板底面的水压力标准值；

p_{wt} ——承压水水头产生的作用于地下结构底板底面的顶托力标准值；

K_w ——抗浮稳定安全系数；

S_k ——验算单元在各种降、排、疏水措施后实际取值的上浮力标准值总和；

S_d ——荷载基本组合的效应（轴力、弯矩等）设计值。

2.2.2 抗力和材料性能

R_d ——结构构件抗力的设计值；

R_{ta} ——单根抗拔桩竖向抗拔承载力特征值；

Q_{ct} ——单桩竖向抗拔承载力设计值；

q_{sia} ——桩侧表面第 i 层土侧阻力特征值；

λ_i ——抗拔系数；

β_t ——竖向抗拔侧阻力截面影响系数；

Q_{uk} ——锚杆极限抗拔承载力标准值；

K ——锚杆抗拔安全系数；
 K_t ——锚杆筋体抗拉安全系数；
 f_{rbki} ——锚固体与第 i 层土之间的极限粘结强度标准值；
 f_{rbk} ——锚固体与岩石间极限粘结强度标准值；
 W_w ——抗浮锚杆布置范围内岩土体的重力标准值；
 G_k ——结构自重及压重总和，不包括活荷载（kN）；
 R_{mc} ——锥体破裂面上的岩体抗拉力标准值的竖向分量；
 ψ ——抗浮力组合系数。

2.2.3 几何参数

a 、 b ——锚杆纵、横向间距；
 r ——锚杆间距简化为圆锥体的计算半径；
 h_m ——圆锥体高度；
 H ——锚杆总长度、空心桩桩顶填芯混凝土高度；
 U_m ——空心桩内孔周长；
 l_d ——锚杆锚固段长度；
 L_s ——锚杆筋体与注浆体之间粘结长度。

2.2.4 计算参数

G_c ——注浆量；
 α_p ——桩端注浆经验系数；
 α_s ——桩侧注浆经验系数；
 n ——钢筋根数、抗拔桩数量；
 η ——浆体强度侧限增大系数。

3 基本规定

3.0.1 地下结构在施工和使用期间均应满足整体和局部的抗浮稳定要求。抗浮构件的设计工作年限和耐久性年限不应少于相应地下结构的设计工作年限。

3.0.2 根据工程地质和水文地质条件的复杂程度、使用功能要求及抗浮失效可能造成的危害程度，应将地下结构抗浮设计划分为以下三个等级。

1 符合下列条件之一时，设计等级应为甲级：

- 1) 场地工程地质和水文地质条件复杂的工程；
- 2) 设计地坪低于防洪设防水位或存在浸水淹没可能的工程；
- 3) 重要的工业与民用建筑工程、重要的市政工程；
- 4) 地下结构埋深大于 15m 或周边环境复杂、环境保护要求高的工程；
- 5) 地下结构埋深大于 10m 且无上部结构的地下工程；
- 6) 对上浮、隆起及其裂缝等有特殊要求的工程；
- 7) 需进行抗浮加固处理的既有地下工程。

2 符合下列条件之一时，设计等级应为丙级：

- 1) 场地工程地质和水文地质条件简单、荷载分布均匀的工程；
- 2) 地下结构埋深小于 5m 且周边环境简单、环境保护要求不高的工程；
- 3) 抗浮失效对工程安全危害不严重的工程；
- 4) 无特殊要求的临时性地下工程。

3 除甲级和丙级外的地下结构抗浮设计等级应为乙级。

3.0.3 抗浮设防水位应综合考虑场地历史最高水位和长期水位观测资料、地形地貌、抗浮设计等级、地下结构使用功能和当地经验等因素，经综合分析后按施工期和使用期分别确定。

3.0.4 地下结构抗浮应按下列两类极限状态进行设计。

1 承载能力极限状态应包括：

- 1) 地下结构和抗浮构件因应力超过材料强度而破坏；
- 2) 锚固系统失效；
- 3) 因过度变形不适于继续承受荷载；
- 4) 整体及局部失稳破坏。

2 正常使用极限状态应包括：

- 1) 达到正常使用所规定的变形限值；
- 2) 达到耐久性要求的限值。

3.0.5 地下结构抗浮应按下列规定进行承载能力极限状态验算。

1 地下结构及抗浮构件的承载能力极限状态设计应按下列公式计算：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (3.0.5-1)$$

$$S_d = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Qw} S_{Qwk} \quad (3.0.5-2)$$

式中： S_d ——荷载基本组合的效应（轴力、弯矩等）设计值；

R_d ——结构构件抗力的设计值；

γ_G ——永久荷载的分项系数，当对抗浮有利时，不应大于 1.0；

S_{Gk} ——按永久荷载标准值计算的荷载效应值；

γ_{Qw} ——水压力作用的分项系数，可取 1.35；

S_{Qwk} ——按抗浮设防水位的浮力标准值计算的荷载效应值；

γ_0 ——结构重要性系数，按有关规范的规定采用，且不应小于 1.0。

2 地下结构抗浮稳定性验算应符合式（3.0.5-3）的规定；当设置抗浮构件时，抗浮稳定性验算应符合式（3.0.5-4）的规定。

$$\frac{G_k}{K_w} \geq S_k \quad (3.0.5-3)$$

$$\frac{G_k}{K_w} + \sum R_{ta} \geq S_k \quad (3.0.5-4)$$

式中： G_k ——结构自重及压重标准值总和，不包括活荷载（kN）；
 S_k ——验算单元在各种降、排、疏水措施后实际取值的上浮力标准值总和（kN）；
 $\sum R_{ta}$ ——抗浮构件抗拔力特征值总和（kN）；
 K_w ——抗浮稳定安全系数，按表 3.0.5 取值。

表 3.0.5 抗浮稳定安全系数要求值

设计等级	施工期	使用期
甲级	1.05	1.10
乙级	1.00	1.05
丙级	1.00	1.05

3.0.6 地下结构抗浮的正常使用极限状态验算应符合下式规定：

$$S_d \leq C \quad (3.0.6)$$

式中： S_d ——正常使用极限状态荷载组合的效应设计值；
 C ——正常使用要求所规定的变形、裂缝宽度等限值。

3.0.7 地下结构应根据抗浮设防水位，按最不利组合工况进行抗浮稳定性验算，必要时应采取抗浮措施。

3.0.8 地下结构抗浮措施应综合考虑工程地质和水文地质条件、抗浮设防水位、上部结构荷载及刚度、场地环境条件、施工条件、抗浮措施的长期可靠性和耐久性等因素，通过技术经济比较分析后确定。

3.0.9 设计文件中应明确停止降水的条件以及施工期间的临时抗浮要求。

3.0.10 未经技术鉴定和设计许可，不得改变地下结构及抗浮构件的使用条件、性能和用途。

3.0.11 既有地下结构遇下列情况之一时，应复核验算既有抗浮措施的有效性，不满足抗浮稳定性要求时应及时进行抗浮加固：

- 1 地下结构整体或局部出现上浮和隆起变形；
- 2 地下结构底板发生隆起变形和开裂；
- 3 因地形地貌、环境条件等因素变化导致浮力增大；
- 4 因使用条件或功能变化导致抗浮力降低；
- 5 遭遇灾害或发生影响抗浮结构及构件性能的事故。

3.0.12 地下结构抗浮采用新方法、新技术、新工艺或新材料时，应通过试验或专项研究验证其适用性。

4 勘 察

4.1 一般规定

4.1.1 抗浮水文地质勘察可与场地岩土工程勘察结合进行。当抗浮设计等级为甲级、特殊场地或水文地质条件复杂的场地，宜进行专项抗浮水文地质勘察。

4.1.2 抗浮勘察平面范围不应小于场地范围或地下结构底板外扩 2 倍埋置深度范围，竖向范围应包含主要影响含水层；水文地质条件复杂时，平面范围宜涵盖与工程建设关联的水文地质单元，竖向范围宜包含所有影响含水层。

4.1.3 抗浮勘察应采用针对性的技术手段查明场地水文地质条件及环境特征，分析岩土体的渗透性和地下水的动态变化规律，评价其对工程抗浮安全性的影响，提供抗浮设防水位建议值及抗浮设计与施工所需的参数。

4.1.4 抗浮勘察工作量应根据勘察目的、工程规模、场地水文地质条件复杂程度和已有资料综合确定。场地水文地质条件的复杂程度可按表 4.1.4 确定。

表 4.1.4 水文地质条件复杂程度类型

类别	水文地质特征
复杂	地质构造复杂、地下水类型多（3 种以上）； 含水层岩性多样、厚度和层面坡度变化大； 存在多层含水层、水力联系复杂； 地下水的补给、径流和排泄条件复杂； 地下水动态变化规律不明确

续表 4.1.4

类别	水文地质特征
中等	地质构造较复杂、地下水类型较多（2~3种）； 含水层岩性多样、厚度和层面坡度变化较大； 多层含水层水力联系较复杂； 地下水的补给、径流和排泄条件较复杂； 地下水动态变化规律基本明确
简单	地质构造简单、地下水类型单一； 含水层岩性单一、厚度和层面坡度变化小且稳定； 地下水的补给、径流和排泄条件明确； 地下水动态变化规律明确

4.1.5 地下水类型和岩土体的渗透性等级可按本规程附录 A 确定。

4.2 勘察技术要求

4.2.1 抗浮勘察应搜集下列资料：

- 1 场地及其附近区域的建（构）筑物、气象和水文条件等；
- 2 场地及其邻近区域的地形地貌、地层岩性、地质构造与水文地质环境等；
- 3 地下水的类型与赋存状态，地下水水位及其季节和历年变化情况等；
- 4 地下水的补给、径流、排泄等条件以及与地表水的连通关系等；
- 5 人类活动对地下水动态变化、水质等影响情况。

4.2.2 除收集资料外，宜采用现场调查和走访等方法对工程场地周边的地形、水文和水文地质、周边环境情况进行调查，对水文地质条件复杂的场地，尚应进行专门的水文地质调查与测绘，调查与测绘应符合相关规范的规定。

4.2.3 抗浮勘探应符合下列规定：

1 勘探线布置应符合下列规定：

- 1) 勘探线应布置在补给、径流、排泄区、可能渗漏及突水等地段；
- 2) 应沿断层或裂隙、溶蚀洼地、串珠漏斗等发育带及可溶岩与非可溶岩交界带的方向布置；
- 3) 山间河谷、冲积阶地和冲洪积平原地区应与地下水流向或地貌界线垂直；
- 4) 冲洪积扇区应与扇轴或地下水流向垂直，滨海沉积区应与水岸线或地下水流向垂直；
- 5) 岩溶裸露区应主要布置于大型谷地及破碎带构造或褶皱轴部；
- 6) 覆盖区在汇水条件不好，岩溶发育不均匀的地区，应在隐伏断裂交叉部位和隐伏岩溶天窗区布孔，在汇水条件有利及岩溶发育相对均匀的地区可垂直构造线及地下水流向布置。

2 勘探点间距宜符合表 4.2.3 的规定，且同一水文地质单元不应少于 3 个点。

表 4.2.3 勘探点间距

水文地质条件复杂程度	勘探点间距/m
复杂	10 ~ 20
中等	20 ~ 30
简单	30 ~ 45

3 勘探深度应符合下列规定：

- 1) 多个含水层时，应深至预计锚固构件底端下含水层 3m ~ 5m；
- 2) 单一含水层时，应大于拟选用锚固构件设计长度的 1.2 倍；
- 3) 当需利用勘探孔进行抽水试验时，勘探深度应深至含

水层不少于 5m；

- 4) 岩溶区有隔水层时，勘探深度应进入隔水层，无隔水层时，勘探深度应穿过可溶性岩体。

4 抗浮设计等级为甲级的工程、水文地质条件比较复杂的乙级工程宜选择有代表性的位置进行抽水试验，抽水试验的要求宜依据所需水文地质参数确定。

5 勘探过程中应对水位、冲洗液消耗量、漏水位置、自流水水头和流量、孔壁坍塌、涌砂、岩性变层位置、含水层构造和溶洞起止位置等进行观测和记录。

6 勘探以钻探为主，条件适宜时可辅以物探方法。

4.2.4 抗浮勘察的水文地质参数试验应包括抽水试验、注水试验、压水试验、渗水试验、连通试验等。水文地质参数及其测试宜符合下列规定：

1 水文地质参数及其测试方法宜按表 4.2.4 选用，试验方法应按本规程附录 B 执行；

表 4.2.4 水文地质参数测定方法

参数	测定方法
水位	钻孔、探井或测压管观测
渗透系数、导水系数	抽水试验、注水试验、压水试验、室内渗透试验
给水度、释水系数	单孔抽水试验、非稳定流抽水试验、地下水水位长期观测、室内试验
越流系数、越流因数	多孔抽水试验（稳定流或非稳定流）
透水性	可采用压水试验测定，必要时应进行高压压水试验

2 试验时应量测地下水的稳定水位，有需要时可量测初见水位，多层地下水应分层量测；

3 地下水流向测点应按三角形布设并同时测定，数量不应少于 3 组。

4.2.5 特殊场地抗浮勘察应符合下列规定。

1 对于斜坡场地应包括下列内容：

- 1) 搜集降雨量、最大降雨量，以及暴雨强度和持续时间；
- 2) 查明场地排水、降水入渗、地表水汇水面积、地表水与地下水的补排关系等；
- 3) 分析工程建设引起的地下水稳定渗流压力及变化规律；
- 4) 评价地下水变化对场地不同地段水位和环境条件的影响。

2 对于设计地坪低于防洪设防水位或经常被淹没场地应包括下列内容：

- 1) 查明可能发生淹没的场地范围、淹没条件及状态；
- 2) 蓄水区与地下水有水力联系的地段应进行壅水高度计算；
- 3) 评价淹没危害类型和危害程度。

3 对于岩溶场地应包括下列内容：

- 1) 查明溶洞见洞率、发育程度、分布深度、连通性，岩面变化及覆盖层情况；
- 2) 分析上覆土层含水层与岩溶层地下水的水力联系；
- 3) 评价岩溶含水层地下水的涌水量、地下水水位及其变化特点。

4.2.6 地下水对建筑工程影响分析评价应包括下列内容：

1 应根据实测数据或地方经验分析地下水对地下结构底板的抬升作用程度；

2 有渗流时，应进行渗流计算及其影响程度分析；

3 当地下结构底板下存在承压水时，应分析基底隆起的可能性；

4 对特殊性岩土场地应评价地下水位变化所产生的软化、胀缩和潜蚀等影响程度；

5 受岩溶影响的场地，应评价岩溶及岩溶水发育情况、水位波动引起的水压力变化及对工程的影响；

6 受潮汐波动及其渗流影响的场地，应分析地下水的分布及其动态特征，评估对场地水文地质环境条件可能造成的影响。

4.2.7 对于既有地下结构抗浮加固工程，原有水文地质资料缺失或深度不足时，应进行补充勘察。勘察应结合可能的加固方案，进行针对性测试和试验，并分析评价勘察工作对原抗浮措施的不利影响。

4.3 勘察成果

4.3.1 当抗浮水文地质勘察与岩土工程勘察结合进行时，应在岩土工程勘察报告专门章节进行地下水和地下结构抗浮分析评价。

4.3.2 专项抗浮水文地质勘察成果应包含勘察报告、附图、附件等内容。

4.3.3 勘察报告应包括下列内容：

1 场地区域气象与水文地质条件，近5年和历史最高地下水水位，地下水长期监测等资料分析；

2 地下水类型和勘察期水位及其动态变化规律，补给与排泄条件、与地表水的水力联系，水位变化影响因素及趋势分析和评价；

3 存在不同类型地下水时应提供不同类型地下水的水位、混合水位并分析相互影响程度；

4 承压含水层、渗流场地产生潜蚀、管涌、隆起等破坏的可能性及状态分析；

5 地下水水位变化对场地及周边环境可能产生的危害分析和评价，并提出防治建议；

6 工程活动引起场地地下水水位、补给、径流、排泄等条件变化及对环境影响评价；

7 提供抗浮设计所需的参数及抗浮设防水位建议值；

8 结合拟定地下结构底板埋深及上部结构荷载分布等，提

出抗浮措施方案建议。

4.3.4 勘察附图应包括不同含水层的水文地质图、地下水水位埋深图、地下水等水位线图、抽水试验单孔柱状图以及水文地质剖面图等图件。

4.3.5 勘察附件宜包括岩、土、水样品测试分析成果、地下水监测点数据汇总表等文件。

5 设防水位与浮力计算

5.1 一般规定

5.1.1 场地地质条件或场地设计标高差异较大时，宜划分抗浮设防分区，并按分区确定抗浮设防水位。

5.1.2 抗浮设防分区的划分应符合下列规定：

- 1 地下水存在水力坡降的场地可根据地质条件分区；
- 2 场地内有不同竖向设计标高区时，可按竖向设计标高分区；

3 同一竖向设计标高区域内原始地形、地层分布和水文地质条件变化较大时，可按工程结构单元分区。

5.1.3 抗浮设防水位不应直接采用未经分析论证的勘察期间实测地下水水位。

5.1.4 作用在地下结构底板底面上的浮力计算应包括下列三部分内容：

- 1 抗浮设防水位高程与地下结构底板底面高程水位差产生的静水压力；
- 2 渗流所产生的水压力；
- 3 底板下方承压水压力扣除承压含水层顶面与地下结构底板之间隔水层自重后的剩余压力。

5.2 设防水位

5.2.1 抗浮设防水位应综合分析下列因素，结合场地条件和当地经验合理确定。当抗浮设防水位难以确定时，应通过专项论证进行确定。

- 1 勘察报告提供的勘察成果及抗浮设防水位建议值；
- 2 场地及其周边已有排水系统的分布和排水能力，洼地淹没的可能性和受潮汐影响的程度；
- 3 区域水利和城市规划、地表水系水位变化等对场地地下水水位的影响；
- 4 与场地有关的区域地下水保护、开采及利用现状与规划；
- 5 工程建设期间及建成后场地地形地貌变化对地下水补给、径流和排泄条件产生的影响；
- 6 雨水等地表水下渗至地下结构周边肥槽的可能性及产生的影响。

5.2.2 场地具有多层地下水且各层地下水具有各自的独立水位时，或场地有承压水且承压水与潜水有水力联系时，地下结构抗浮设防水位宜按各层水的混合最高水位确定。

5.2.3 坡地抗浮设防水位应根据上下游水头、地形地貌、雨水补给、地质条件、地下室分布及高程、基坑止水帷幕等条件综合确定。不同竖向设计标高的上一级分区地下水可向下一级标高分区自行排泄时，下一级分区的抗浮设防水位可取上一级分区自行排泄的高程。

5.2.4 场地地势低洼且有可能发生浸水淹没时，抗浮设防水位应根据地质条件、积水深度、内涝时间和积水下渗等因素确定，且不应低于室外地坪标高以上 0.50m。

5.2.5 使用期地下结构抗浮设防水位不应低于下列地下水水位的最高值：

- 1 与设计工作年限相同时限的场地历史最高水位；
- 2 与设计工作年限相同时限的场地地下水长期观测的最高水位；
- 3 与设计工作年限相同时限的对场地地下水水位有影响的
地表水系设计承载水位；
- 4 根据地方经验确定的使用期最高水位。

5.3 浮力计算

5.3.1 地下结构受到的浮力标准值应取地下结构底板和顶板受到水压力的竖向合力，水压力计算应分别考虑潜水和承压水的影响。

5.3.2 不考虑地下水渗流和承压水作用时，地下结构底板底面的静水压力标准值应按下式计算：

$$p_{wj} = \gamma_w (H_s - H_{bj}) \quad (5.3.2)$$

式中： p_{wj} ——不考虑地下水渗流和承压水作用时地下结构底板底面的静水压力标准值（kPa）；

γ_w ——水的重度（kN/m³）；

H_s ——潜水抗浮设防水位高程（m）；

H_{bj} ——地下结构底板底面高程（m）。

5.3.3 对于地形地貌、水文地质条件和地下结构竖向标高复杂的工程，宜通过渗流分析计算水浮力。考虑地下水渗流的地下结构底板底面的水压力标准值应按下式计算：

$$p_{ws} = \gamma_w (H_{bs} - H_{bj}) \quad (5.3.3)$$

式中： p_{ws} ——考虑地下水渗流作用时地下结构底板底面的水压力标准值（kPa）；

H_{bs} ——地下结构底板底面计算点的水头高程，可通过渗流分析求解（m）。

5.3.4 地下结构底板下方承压水水头产生的水压力标准值应按下列公式计算：

$$p_{wt} = p_{wc} - \gamma_m h_c \quad (5.3.4)$$

式中： p_{wt} ——承压水水头产生的顶托力标准值（kPa），当 $p_{wc} < \gamma_m h_c$ 时， $p_{wt} = 0$ ；

p_{wc} ——承压水的水头压力值（kPa）；

γ_m ——承压含水层顶面与底板之间土层的平均重度（kN/m³）；

h_c ——承压含水层顶面与底板之间土层的厚度（m）。

5.3.5 地下结构抗浮稳定计算时，作用于地下结构的水浮力标准值，应取潜水水头产生的浮力标准值和承压水水头产生的浮力标准值两者的较大值。

6 设 计

6.1 一般规定

6.1.1 地下结构抗浮设计应包括下列内容：

- 1 抗浮设计等级的确定；
- 2 水浮力计算及抗浮稳定性验算；
- 3 抗浮设计方案及抗浮措施的综合分析和比较；
- 4 地下结构及抗浮构件布置、承载力和变形计算、耐久性设计和构造设计；
- 5 低水位工况上部结构荷载下的抗浮构件受力和变形验算；
- 6 压重、基坑回填等材料选用及其技术指标、质量控制要求；
- 7 对抗浮构件静载荷试验、施工、验收、监测与维护等的要求。

6.1.2 地下结构在施工和使用阶段均应满足抗浮稳定要求，抗浮稳定性验算应符合下列规定：

1 在施工阶段，应根据施工期间的浮力作用和抗浮力进行抗浮稳定性验算，当不满足要求时，应采取可靠的降水、排水等控制水位的措施，或采取增加临时压重等提高抗浮力的措施。施工期浮力作用计算应考虑施工过程中地下水位的变化情况，抗力荷载应根据实际施工结构和堆载材料的自重计算。

2 在使用阶段，应根据地下结构设计工作年限内的抗浮设防水位进行抗浮稳定性验算。

3 地下结构的抗浮稳定性验算，应包括地下结构的整体抗浮稳定性验算和局部抗浮稳定性验算。

6.1.3 当地下结构抗浮稳定性验算不满足要求时,应采取设置抗拔桩或抗浮锚杆、增加压重、降低水浮力等抗浮措施。

6.1.4 地下结构抗浮监测的项目和技术要求应符合本规程附录 C 的规定。

6.1.5 地下结构底板应进行浮力作用下的受冲切、受弯、受剪、局部受压承载力验算,并应满足裂缝和变形控制要求。

6.1.6 混凝土抗浮构件暴露环境类别宜按本规程附录 D 确定。

6.1.7 地下工程竣工后,当周围道路标高和景观发生较大变化并影响抗浮设防水位或结构压重时,应复核地下结构的抗浮稳定性。

6.2 抗浮稳定计算

6.2.1 使用期地下结构抗浮力标准值计算可取下列作用的组合值:

- 1** 基础及结构自重;
- 2** 楼地面面层、永久填充墙等填筑材料自重;
- 3** 结构顶板和地下结构底板外挑段上的填筑材料自重;
- 4** 抗浮构件提供的抗拔承载力及自重,抗浮构件自重计算时应采用浮重度。

6.2.2 结构自重标准值应按设计尺寸及其材料重度计算确定。材料重度应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定确定,特殊材料重度应根据选定的配合比计算确定。

6.2.3 地下结构内部底板及上部室内填筑材料荷载标准值应采用天然重度进行计算;结构上部、地下结构外墙挑出段上的填筑材料的自重标准值,抗浮设防水位以下应采用饱和重度计算,抗浮设防水位以上应采用天然重度计算。

6.2.4 对于与地下结构之间刚性连接,并为地下结构提供抗浮力的结构构件,应进行承载力和变形验算。

6.2.5 用于抗浮稳定性验算的总抗浮力应按表 6.2.5 的组合系

数计算确定。

表 6.2.5 抗浮力组合系数 ψ

抗浮力类型	抗浮力组合系数 ψ
结构自重、抗浮构件提供的抗拔力	1.0
结构内部填筑体自重、顶板及地下结构底板外挑处填筑体自重	0.9

6.2.6 地下结构抗浮稳定性验算应符合下列公式的规定：

$$\frac{G_k}{K_w} \geq A \cdot p_w \quad (6.2.6-1)$$

$$G_k = \psi_1 \cdot G_1 + \psi_2 \cdot G_2 \quad (6.2.6-2)$$

式中： G_k ——计算区域结构自重及压重标准值的总和，不包括活荷载（kN）；

K_w ——计算区域整体的抗浮稳定性系数，按本规程表 3.0.5 执行；

A ——计算区域的底板面积（ m^2 ）；

p_w ——计算区域地下结构底板所承受的考虑渗流和承压水影响的水压力（ kN/m^2 ），应按本规程第 5.3 节的规定计算；

ψ_1 ——结构自重的组合系数，应按本规程表 6.2.5 取值；

G_1 ——结构自重（kN）；

ψ_2 ——结构内部填筑体、地下结构顶板及底板外挑段上的填筑体自重的组合系数，应按本规程表 6.2.5 取值；

G_2 ——结构内部填筑体、地下结构顶板及底板外挑段上的填筑体自重（kN）。

6.2.7 当计算区域的整体抗浮稳定性满足要求，而局部稳定性不满足要求时，应根据实际基底约束条件对该局部区域的基础及上部结构构件在水浮力作用下的实际内力与变形进行验算，验算不满足时，应采取增设抗拔桩、抗浮锚杆等局部抗浮加强措施。

6.2.8 当采用抗拔桩或抗浮锚杆作为抗浮措施时，地下结构的抗浮稳定性应符合下式规定：

$$\frac{G_k}{K_w} + n R_{1a} \geq A \cdot p_w \quad (6.2.8)$$

式中： G_k ——结构自重及压重标准值总和，不包括活荷载（kN）；

R_{1a} ——抗拔桩或抗浮锚杆的抗拔承载力特征值（kN）；

n ——抗拔桩或抗浮锚杆的数量；

K_w ——抗浮稳定安全系数，按本规程表3.0.5取值；

p_w ——计算区域地下结构底板所承受的考虑渗流和承压水影响的水压力（kN/m²）。

6.2.9 当采用抗浮锚杆作为抗浮措施，且群锚呈整体破坏时，抗浮整体稳定性应符合下式规定：

$$\frac{G_k}{K_w} + R_{nta} \geq S_k \quad (6.2.9)$$

式中： R_{nta} ——群锚体抗拔力特征值（kN）。

S_k ——验算单元在各种降、排、疏水措施后实际取值的上浮力标准值总和。

6.3 抗拔桩设计

6.3.1 抗拔桩应根据地质和环境条件、抗拔承载力和耐久性要求选用灌注桩或预制桩。灌注桩宜采用桩侧后注浆灌注桩和扩底灌注桩，当灌注桩耐久性要求较高或单桩抗拔承载力较高时，宜采用缓粘结预应力灌注桩，预制桩宜选用预应力混凝土桩或复合配筋预应力混凝土桩。

6.3.2 抗拔桩应进行下列计算：

- 1 单桩竖向抗拔承载力和群桩抗拔承载力计算；
- 2 桩身受拉承载力计算；
- 3 桩身抗裂验算和裂缝宽度计算。

6.3.3 抗拔桩的单桩抗拔极限承载力应通过抗拔静载试验确定，并应采用慢速维持荷载法，同一条件下的试验数量不应少于 3 根。抗拔静载试验应符合本规程附录 E 的规定。

6.3.4 抗拔桩的布置和桩身构造应符合下列规定：

1 应根据地下结构底板形式、结构荷载分布等条件布设，相邻桩的最小中心距应符合表 6.3.4 的规定，当采用减少挤土效应的措施时，相邻桩的中心距可适当减少，但不得小于 3.0 倍最大桩径或最大边长；

表 6.3.4 桩的最小中心距

土类与桩基情况		排数不少于 3 排且桩数不少于 9 根的摩擦型桩桩基	其他情况
非挤土桩		$3.0d$	$3.0d$
部分挤土桩	非饱和土、饱和非黏性土	$3.5d$	$3.0d$
	饱和黏性土	$4.0d$	$3.5d$
挤土桩	非饱和土、饱和非黏性土	$4.0d$	$3.5d$
	饱和黏性土	$4.5d$	$4.0d$
钻、挖孔扩底桩		$2D$ 或 $D+2.0\text{m}$ (当 $D>2\text{m}$)	$1.5D$ 或 $D+1.5\text{m}$ (当 $D>2\text{m}$)
钻孔挤扩桩	非饱和土、饱和非黏性土	$2.2D$ 且 $4.0d$	$2.0D$ 且 $3.5d$
	饱和黏性土	$2.5D$ 且 $4.5d$	$2.2D$ 且 $4.0d$
异型复合桩		$4.5d$ 和 $2.5D_c$ 的较大值	$4.0d$ 和 $2.5D_c$ 的较大值

注：1. d 为圆桩直径或方桩设计边长；

2. D 为扩底桩扩大端设计直径；

3. D_c 为复合桩外芯直径或边长。

2 灌注桩桩身混凝土强度等级不应低于 C25，缓粘结预应力灌注桩桩身混凝土强度等级不应低于 C30，预制桩的桩身混凝土

土强度等级不应低于 C30，预应力预制桩的桩身混凝土强度等级不应低于 C40；

3 灌注桩的主筋混凝土保护层厚度不应小于 50mm，预制桩主筋的混凝土保护层厚度不应小于 45mm，预应力桩主筋的混凝土保护层厚度不应小于 35mm；

4 灌注桩及缓粘结预应力灌注桩桩身主筋锚入承台内的长度不应小于 40 倍桩身钢筋直径；

5 缓粘结预应力灌注桩中预应力筋宜通长布置，预应力筋宜布置在钢筋笼内侧，当桩长大于 18m 时，桩底部第一节钢筋笼范围及桩顶部以下 5m 范围内预应力筋布置于钢筋笼内侧，中间段范围预应力筋可布置于钢筋笼竖向钢筋外侧；

6 缓粘结预应力筋应沿钢筋笼均匀布置，并按对称原则分批进行张拉，缓粘结预应力筋张拉时应采用持荷超张拉方式，预应力筋应力从零张拉至 1.05 倍张拉控制应力；缓粘结预应力筋宜在桩顶张拉锁定；

7 预制桩采用锚固钢筋锚固时，钢筋锚入承台内的长度不应小于锚固钢筋直径的 40 倍，当桩顶需截桩时，可采用桩身预应力钢筋进行锚固，锚固长度不应小于预应力钢筋直径的 50 倍。

6.3.5 初步设计时，抗拔桩承载力特征值确定应符合下列规定：

1 群桩呈非整体破坏时，单根抗拔桩承载力特征值可按下式进行估算：

$$R_{ta} = \beta_t \sum \lambda_i q_{sia} u_i l_i \quad (6.3.5-1)$$

式中： R_{ta} ——单根抗拔桩承载力特征值（kN）；

q_{sia} ——桩侧表面第 i 层土桩侧阻力特征值（kPa），无试验资料时可按浙江省工程建设标准《建筑地基基础设计规范》DB33/T 1136—2017 附录 L 确定；

λ_i ——抗拔系数，可按表 6.3.5-1 取值；

l_i ——第 i 层土内的桩长（m）；

u_i ——桩身周长（m），对于异型桩取间隔突起处的周长，

对于扩底桩按表 6.3.5-2 取值；

β_i ——竖向抗拔侧阻力截面影响系数，对于纵向不变截面桩取 1.0，对于变截面的异型桩宜按地区经验取值，无地区经验时，可根据现行行业标准《预应力混凝土异型预制桩技术规程》JGJ/T 405 确定。

表 6.3.5-1 抗拔系数 λ_i

土（岩）的类别	λ_i 值
淤泥质土	0.70 ~ 0.80
黏性土、粉土	0.70 ~ 0.80
砂土	0.50 ~ 0.70
砾石、卵石	0.50 ~ 0.60

注：1 桩长径比小于 20 时，取小值；长径比大于 40 时，可取大值；

2 灌注桩采用后注浆技术时，抗拔系数可适当提高。

表 6.3.5-2 扩底桩破坏表面周长 u_i

自桩底起算的长度 l_i	$\leq (4 \sim 10) d$	$> (4 \sim 10) d$
u_i	πD	πd

注： l_i 对于软土取低值，对于卵石、砾石取高值； l_i 取值按内摩擦角增大而增大。

2 群桩呈整体破坏时，单根抗拔桩承载力特征值应按下式计算：

$$R_{ta} = \frac{1}{n} u_l \sum \lambda_i q_{sia} l_i \quad (6.3.5-2)$$

式中： u_l ——桩群与桩间土组成的实体外围周长（m）；

n ——桩数量。

3 抗拔桩长度范围内存在液化土层时，液化土层侧阻力特征值应乘以表 6.3.5-3 的折减系数。

表 6.3.5-3 土层液化折减系数 ψ_l

$\lambda_N = N/N_{cr}$	地下结构底板算起的液化土层深度 d_L /m	ψ_l
$\lambda_N \leq 0.6$	$d_L \leq 10$	0.0
	$10 < d_L \leq 20$	1/3

续表 6.3.5-3

$\lambda_N = N/N_{cr}$	地下结构底板算起的液化土层深度 d_L (m)	ψ_l
$0.6 < \lambda_N \leq 0.8$	$d_L \leq 10$	1/3
	$10 < d_L \leq 20$	2/3
$0.8 < \lambda_N \leq 1.0$	$d_L \leq 10$	2/3
	$10 < d_L \leq 20$	1.0

注: 1 N 为饱和土标贯击数实测值, N_{cr} 为液化判别标贯击数临界值, λ_N 为土层液化指数;

2 N_{cr} 、 λ_N 按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 确定;

3 对于挤土桩, 当桩距小于 $4d$ 且总桩数不少于 25 根时, 土层液化折减系数可取 $2/3 \sim 1.0$, 桩间土标贯击数达到 N_{cr} 时, 取 $\psi_l = 1.0$ 。

6.3.6 采用后注浆工艺提高桩侧阻力时, 应根据现场试验确定抗拔承载力的提高幅度。后注浆装置和浆液配比等参数设计应符合下列规定:

1 单桩注浆量可按下式估算, 对桩距大于 6 倍桩径的群桩初始注浆量值应乘以 1.2 的系数:

$$G_c = \alpha_p d + \alpha_s n d \quad (6.3.6)$$

式中: G_c ——注浆量, 以水泥质量计 (t);

α_p 、 α_s ——桩端、桩侧注浆量经验系数, 桩端宜取 1.5 ~ 1.8、桩侧宜取 0.5 ~ 0.7, 卵砾石、中粗砂取高值;

n ——桩侧注浆断面数;

d ——抗拔桩设计直径 (m)。

2 桩径不大于 1.2m 时注浆管宜沿钢筋笼圆周对称布置 2 根, 桩径大于 1.2m 时宜对称布置 3 根。

3 桩长超过 15m 且承载力增幅要求较高时, 宜采用桩端、桩侧复式注浆。

4 饱和土注浆时水灰比宜为 0.45 ~ 0.65, 非饱和土注浆时水灰比宜为 0.7 ~ 0.9, 松散碎石土、砂砾注浆时宜为 0.5 ~ 0.6, 低水灰比浆液宜掺入减水剂。

5 风化岩、非饱和黏性土及粉土注浆终止压力宜为

3MPa~10MPa。

6.3.7 抗拔预制桩设计应符合下列规定：

1 抗拔预制桩上、下段连接宜采用可靠的机械连接方式。接头应紧密连接，并应满足最不利工况下的承载力要求。

2 当桩顶位于淤泥质土等软土地层时，抗拔桩接头宜位于桩顶以下不小于8m。

3 当空心预制桩需穿越腐蚀性等级为弱腐蚀及以上土层时，宜采用闭口型桩尖。

4 穿越较厚软土层或可液化土层时，应考虑桩身的稳定性及对桩承载力的影响。

6.3.8 空心桩顶部应进行灌注填芯，填芯混凝土及其配筋应符合下列规定：

1 浇灌填芯混凝土前，应将内壁浮浆清理干净，并采取内壁涂刷水泥净浆、混凝土界面剂等措施，填芯混凝土宜采用微膨胀混凝土，其强度等级不应低于C30；

2 桩顶的填芯混凝土应灌注饱满，振捣密实，下封层不应漏浆；

3 灌注深度应按下式计算，且不应小于8倍桩径和3.0m的较大值：

$$H \geq \frac{Q_{ct}}{U_m f_n} \quad (6.3.8)$$

式中： H ——空心桩桩顶填芯混凝土高度（m）；

Q_{ct} ——单桩竖向抗拔承载力设计值（kN）；

U_m ——空心桩内孔周长（m）；

f_n ——填芯混凝土与空心桩内壁的粘结强度设计值（kPa），宜由现场试验确定，无试验条件时可按经验取值，填芯混凝土等级大于C30时，可取300kPa。

4 填芯混凝土内的受拉钢筋应通过计算确定，伸入承台内的纵向钢筋如采用插筋，插筋数量不应少于5根，直径不应小

于 14mm。

6.3.9 缓粘结预应力灌注桩预应力损失宜根据现场实测确定。初步设计时，可按现行行业标准《缓粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 387 有关规定进行估算，桩身混凝土的有效预压应力计算宜考虑桩周土体约束的影响。

6.3.10 缓粘结预应力桩桩顶的锁定力在扣除预应力损失后形成的有效预压力不宜小于其轴向拉力标准值的 1.0 倍。

6.3.11 抗拔桩的耐久性设计、桩身承载力及裂缝控制除应满足现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的要求外，尚应符合下列规定：

1 劲性复合桩设计应符合现行行业标准《劲性复合桩技术规程》JGJ/T 327 的规定，桩身承载力及裂缝控制应按内芯进行验算；

2 缓粘结预应力灌注桩裂缝控制应结合水浮力实际工况对缓粘结剂固化前与固化后两种受力状态分别进行验算；

3 当桩身钢筋采用分段配筋时，应按每个分段的桩身最大轴力进行桩身承载力和裂缝控制验算。

6.4 抗浮锚杆设计

6.4.1 抗浮锚杆类型应根据工程地质和水文地质条件、地下结构基础形式、抗浮设计等级、抗拔承载力和耐久性要求、锚杆特点和适用范围、施工工艺要求等按表 6.4.1 选择确定，并应符合下列规定：

1 锚固段应选择在坚硬土层、密实砂层或岩层中，不得设置在未经处理的有机质土层、液限大于 50%，塑性指数大于 26 的高液限土层或相对密实度小于 0.3 的土层中；

2 对于锚固段位于岩层中的预应力锚杆，锚杆浆体有效预压应力计算应考虑基础底板和锚固段岩层的约束作用的影响；

3 对于全长粘结型岩石锚杆，应考虑锚杆实际拔力不均匀

性对锚杆间协同工作的影响。

表 6.4.1 锚杆类型的选择

锚杆类型	锚杆适用条件与工作特性
全长粘结拉力型锚杆	适用于岩层或土层、竖向位移控制要求不严格
拉力型预应力锚杆	适用于硬岩、中硬岩或非软土层
压力型预应力锚杆	适用于腐蚀性较高的岩土层
扩大段（端）锚杆、 囊式锚杆	适用于土层或岩层；抗拔 承载力高于常规同条件等直径锚杆

6.4.2 抗浮锚杆应根据上部荷载、地下室水浮力、地基承载力、基础刚度等情况，采用集中点状布置、网状布置或均匀布置。

6.4.3 抗浮锚杆的抗拔极限承载力确定应符合下列规定：

- 1 抗浮锚杆的抗拔极限承载力应通过抗拔静载荷试验确定，同一条件下试验数量不应少于 3 根；
- 2 当存在群锚效应时，宜由群锚的抗拔静载荷试验确定；
- 3 抗浮锚杆的抗拔静载荷试验应符合本规程附录 F 的规定。

6.4.4 塑性指数大于 17 的土层、全风化和强风化的泥质岩层或节理裂隙发育且充填有黏性土岩层中的锚杆，尚应按本规程附录 F 的要求进行蠕变试验，试验数量不得少于 3 根。

6.4.5 锚杆抗拔承载力特征值 R_t 应按下式计算：

$$R_t = \frac{Q_{uk}}{K} \quad (6.4.5)$$

式中： R_t ——锚杆抗拔承载力特征值（kN）；

Q_{uk} ——锚杆极限抗拔承载力标准值（kN），应通过现场极限抗拔试验确定；

K ——锚杆抗拔安全系数，取 2.0。

6.4.6 初步设计时，锚杆极限抗拔承载力标准值可按下式估算：

岩石锚杆，
$$Q_{uk} = \xi \pi D l_d f_{rbk} \quad (6.4.6-1)$$

土层锚杆，
$$Q_{uk} = \xi \pi D \sum l_{di} f_{rbki} \quad (6.4.6-2)$$

式中：D——锚杆锚固段注浆体直径（m）；

l_d ——锚杆有效锚固长度（m）；

ξ ——经验系数，取 0.8；

f_{rbk} ——锚固体与岩石间极限粘结强度标准值（kPa），按表 6.4.6-1 取值；

l_{di} ——锚杆锚固段在第 i 层土中的长度（m）；

f_{rbki} ——锚固体与第 i 层土之间的极限粘结强度标准值（kPa），按表 6.4.6-2 取值。

表 6.4.6-1 锚固体与岩石间极限粘结强度标准值

岩石类别	岩石饱和单轴抗压强度标准值 f_{rk} /MPa	f_{rbk} /kPa
极软岩	$f_{rk} \leq 5$	< 200
软岩	$5 < f_{rk} \leq 15$	200 ~ 400
较软岩	$15 < f_{rk} \leq 30$	400 ~ 800
较硬岩	$30 < f_{rk} \leq 60$	800 ~ 1200
坚硬岩	$f_{rk} > 60$	1200 ~ 1800

注：1 表中数据适用于水泥砂浆或细石混凝土强度等级为 M30；

2 在岩体结构面发育时，粘结强度取表中下限值。

表 6.4.6-2 锚固体与土层间的极限粘结强度标准值

土层类别	土的状态	f_{rbki} /kPa
黏性土	软塑	10 ~ 40
	可塑	20 ~ 50
	硬塑	30 ~ 65
	坚硬	40 ~ 100
砂性土	松散	15 ~ 40
	稍密	20 ~ 60
	中密	30 ~ 80
	密实	40 ~ 100

续表 6.4.6-2

土层类别	土的状态	f_{rbsi}/kPa
碎石土	稍密	30 ~ 100
	中密	40 ~ 110
	密实	60 ~ 130

注：1 表中数据适用于水泥砂浆或细石混凝土强度等级为 M30；

2 当采用二次高压劈裂注浆（压力大于 2.5 MPa）加固锚固段周边地层时，表中粘结强度可适当提高。

6.4.7 锚杆筋体与注浆体之间的粘结长度应符合下式规定：

$$L_s \geq \frac{K_b R_t}{n \pi d f_{ms}} \quad (6.4.7)$$

式中： L_s ——锚杆筋体与注浆体之间粘结长度（m）；

K_b ——注浆体与筋体粘结安全系数，取 2.0；

n ——钢筋根数；

d ——单根筋体直径（m）；

f_{ms} ——注浆体与筋体间的粘结强度标准值（kPa），应由试验确定，当缺乏试验资料时可按表 6.4.7 取值。

表 6.4.7 注浆体与筋体间粘结强度标准值 f_{ms} （kPa）

注浆体抗压强度/MPa	25	30	35	40
预应力螺纹钢	1600	2000	2200	2400
钢绞线、普通钢筋	1200	1300	1400	1500

注：1 采用 2 根钢筋点焊成束的做法时，粘结强度应乘以 0.85 的折减系数；

2 当采用三根钢筋点焊成束的做法时，粘结强度应乘以 0.7 的折减系数；

3 成束钢筋的根数不应超过三根，钢筋截面总面积不应超过锚孔面积的 20%，当锚固段钢筋和注浆材料采用特殊设计，并经试验验证锚固效果良好时，可适当增加锚筋用量；

4 涂层钢筋和涂层钢绞线应取无涂层钢筋和涂层钢绞线粘结强度的 80%。

6.4.8 抗浮锚杆筋体截面积应按下式计算：

$$A_s = \frac{N_t}{\xi_t f_y} \quad (6.4.8)$$

式中： A_s ——锚杆筋体截面面积（ m^2 ）；
 ξ_1 ——锚筋抗拉工作条件系数，取 0.70；
 N_t ——荷载效应基本组合下的单根锚杆竖向拉力设计值（kN），简化计算时可取 1.35 倍 R_t ；
 f_y ——锚杆筋体的抗拉强度设计值（kPa），锚杆筋体为预应力筋时按 f_{py} 。

6.4.9 压力型锚杆锚固体受压承载力应符合下列公式规定：

$$R_t \leq \frac{R_{ck}}{2} \quad (6.4.9-1)$$

$$R_{ck} = \eta f_{ck} A_{ln} \quad (6.4.9-2)$$

式中： R_{ck} ——锚固体受压承载力标准值（kN）；
 η ——浆体强度侧限增大系数，应由试验确定；
 f_{ck} ——浆体轴心抗压强度标准值（kPa）；
 A_{ln} ——浆体受压净面积（ m^2 ），为承载体与浆体的接触面积扣除筋体截面积之后的面积；
 R_t ——锚杆抗拔承载力特征值（kN）。

6.4.10 群锚呈整体破坏时，群锚体抗拔力标准值应按下列公式计算（图 6.4.10）：

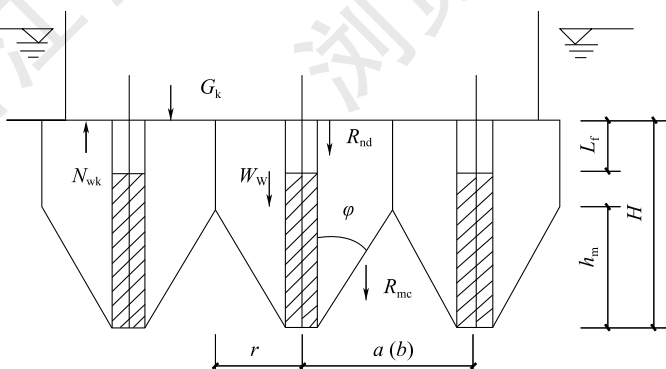


图 6.4.10 群锚抗浮稳定性验算简图

$$R_{\text{nta}} = W_w + R_{\text{mc}}/2 \quad (6.4.10-1)$$

$$W_w = n \left[\frac{1}{3} \pi r^2 h_m + ab (H - h_m) \right] \gamma'_k \quad (6.4.10-2)$$

$$R_{\text{mc}} = nab f_{\text{ik}} \quad (6.4.10-3)$$

$$r = (a + b) / 4 \quad (6.4.10-4)$$

式中： R_{nta} ——群锚体抗拔力特征值（kN）；

W_w ——抗浮锚杆布置范围内岩土体的重力标准值（kN），假定破裂面以上为矩形、破裂面以下为圆锥形，计算时取浮重度；

R_{mc} ——锥体破裂面上的岩体抗拉力标准值的竖向分量（kN）；

n ——计算范围内锚杆数量；

a 、 b ——锚杆纵、横向间距；

r ——锚杆间距简化为圆锥体的计算半径（m）；

h_m ——圆锥体高度（m）， $h_m = (a + b) / (4 \tan \varphi)$ ， $\varphi = 30^\circ$ ；

H ——锚杆总长度（m），包括锚固段和构造段（ L_f ）的长度，岩石锚杆的锚固段长度大于 6.4m 时按 6.4m 计算，土层锚杆锚固段长度大于 10m 时按 10m 计算；

γ'_k ——抗浮锚杆布置范围内岩土体的平均浮重度标准值（kN/m³）；

f_{ik} ——锥体破裂面岩土平均抗拉强度标准值（kPa），按试验结果或工程经验取值，当无试验结果或工程经验时，锚固段为 I ~ IV 级的岩层， $f_{\text{ik}} = c$ （ c 为岩体结构面的黏聚力），其余情况 $f_{\text{ik}} = 0$ 。

6.4.11 扩体土层锚杆的抗拔极限承载力可按下列公式计算：

$$Q_{uk} = \pi \left(D_1 \sum L_{di} f_{\text{rbki}} + D_2 \sum L_{Dj} f_{\text{rbkj}} + \frac{(D_2^2 - D_1^2)}{4} P_D \right) \quad (6.4.11-1)$$

$$P_D = \frac{(K_0 - \xi) K_p \gamma h + 2c \sqrt{K_p}}{1 - \xi K_p} \quad (6.4.11-2)$$

式中：\$D_1\$——锚杆等直径锚固段注浆体直径（m）；

\$D_2\$——扩体段直径（m）；

\$L_{di}\$——等直径锚固段第 \$i\$ 层土中的有效锚固长度（m），
对非预应力锚杆，取实际长度减去两倍的扩体直径，对预应力锚杆取 0；

\$L_{Dj}\$——扩体段第 \$j\$ 层土中的有效锚固长度（m）；

\$f_{rbki}\$——锚固体与等直径锚固段第 \$i\$ 层土之间的极限粘结强度标准值（kPa），按本规程表 6.4.6-2 取值；

\$f_{rbkj}\$——锚固体与扩体段第 \$j\$ 层土之间的极限粘结强度标准值（kPa），按本规程表 6.4.6-2 取值；

\$P_D\$——扩体上端面土体对扩体抗力的强度值（kPa）；

\$K_0\$——扩体上端面土体的静止土压力系数，可由试验确定；无试验资料时，可取 \$K_0 = 1 - \sin \varphi'\$（\$\varphi'\$ 为土体的有效内摩擦角）；

\$K_p\$——扩体上端面土体的被动土压力系数；

\$c\$——扩体上端面土体的黏聚力（kPa）；

\$\xi\$——扩体向上位移时反映土的挤密效应的侧压力系数，
对非预应力锚杆可取 \$\xi = (0.5 \sim 0.9) K_a\$，对预应力锚杆可取 \$\xi = (0.85 \sim 0.95) K_a\$，\$K_a\$ 为主动土压力系数。\$\xi\$ 与扩体上端面土体的强度有关，对强度较好的黏性土和较密实的砂性土可取上限值，对强度较低的土应取下限值。

6.4.12 自锁式扩孔岩石锚杆抗拔极限承载力可按下列公式计算：

$$Q_{uk} = \pi D_1 \sum L_{di} f_{rbki} + \alpha_l \beta_l f_{rk} A_{ln} \quad (6.4.12-1)$$

$$A_{ln} = \pi (D_u^2 - D_1^2) / 4 \quad (6.4.12-2)$$

式中： D_1 ——锚杆等直径锚固段注浆体直径（m）；
 D_u ——扩孔最大直径（m）；
 L_{di} ——等直径锚固段第 i 层土中的有效锚固长度（m）；
对非预应力锚杆，取实际长度；对预应力锚杆取 0；
 α_l ——岩石锚杆围压放大系数，可由试验确定，无试验资料时，可取 2.6；
 A_{ln} ——岩石局部受压垂直投影面积（ m^2 ）；
 β_l ——局部抗压强度提高系数，取 3.0；
 f_{rk} ——岩石饱和单轴抗压强度标准值（kPa）。

6.4.13 自锁式扩孔岩石锚杆的设计应符合下列要求：

1 内锚头所在岩层应为完整或较完整的微风化岩或中风化岩，岩石承载力特征值不宜低于 800kPa；

2 内锚头进入岩层的深度应通过抗冲切验算确定，且不宜小于 1.5m。

6.4.14 岩石锚杆的锚固段长度不应小于 3m，不宜大于 7m，间距不应小于锚固体直径的 6 倍且不小于 1.2m；土层锚杆的锚固段长度不应小于 4m，不宜大于 10m，间距不宜小于锚固体直径的 8 倍且不小于 1.5m；扩体（径）土层锚杆扩大头的长度不宜小于 2m，间距不应小于 2m，扩大头埋深不应小于 7m。

6.4.15 锚杆孔径宜取锚杆筋体直径的 3 倍，且不应小于 1 倍锚杆筋体直径加 50mm；注浆体材料宜选用强度等级不低于 M30 的水泥砂浆。

6.4.16 锚杆筋体采用预应力螺纹钢筋时，应采用机械连接方式，严禁采用焊接方式，其杆体定位器严禁采用焊接安装。

6.4.17 预应力锚杆锚头处的底板局部受压及抗冲切承载力，应满足现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB 50010 的相关要求。

6.4.18 抗浮锚杆防腐设计应符合下列规定：

1 抗浮锚杆的防腐等级宜根据环境类别按表 6.4.18 确定。

表 6.4.18 抗浮锚杆最低防腐等级

环境类别		最低防腐等级		
		非预应力锚杆	拉力型预应力锚杆	压力型预应力锚杆
一		Ⅱ级	Ⅱ级	Ⅱ级
二	a	I级	I级	Ⅱ级
	b	I级	I级	Ⅱ级
三	a	I级	I级	Ⅱ级
	b	应对防腐措施进行专门研究和论证		I级

注：1 抗浮锚杆的工作环境类别按本规程附录 D 确定；

2 对于处于四类、五类环境下的抗浮锚杆的防腐措施应进行专项技术研究和论证。

2 筋体保护层厚度不应小于 25mm，锚杆的锚具、承压板及端头筋体混凝土保护层厚不应小于 50mm，筋体间净距不应小于 10mm。

3 抗浮锚杆防腐等级为 I 级时应设置双层保护，Ⅱ级时不低于单层保护要求，不同防腐等级的保护做法可按现行行业标准《抗浮锚杆技术规程》YB/T 4659 的有关规定执行。

4 锚杆在预应力筋张拉完成后应及时对锚具和承压板进行防腐保护处理。

5 当采用套管防护时，套管材料宜选用聚乙烯（PE）或聚丙烯（PP），严禁采用聚氯乙烯（PVC）。

6.4.19 抗浮锚杆锚固体裂缝控制等级及最大裂缝宽度应根据环境类别按表 6.4.19 规定选用。

表 6.4.19 抗浮锚杆锚固体裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值

环境类别	非预应力锚杆		预应力锚杆	
	裂缝控制等级	w_{lim} (mm)	裂缝控制等级	w_{lim} (mm)
一	三级	0.3	三级	0.2

续表 6.4.19

环境类别		非预应力锚杆		预应力锚杆	
		裂缝控制等级	w_{lim} (mm)	裂缝控制等级	w_{lim} (mm)
二	a	三级	0.2	二级	—
	b	三级	0.2	二级	—
三		不宜采用		一级	—

注：1 抗浮锚杆的工作环境类别按本规程附录 D 确定；
2 对于处于四类、五类环境下的锚杆裂缝控制应符合专门标准的有关规定。

6.4.20 抗浮锚杆与地下结构底板连接部位的防水等级不应低于相应地下结构防水等级，防水材料应与地下结构防水层可靠连接，并应符合表 6.4.20 规定。

表 6.4.20 抗浮锚杆与地下结构底板连接部位防水要求

锚杆类型		全长粘结型锚杆	预应力锚杆
防水措施		1 遇水膨胀止水条或金属防水板； 2 水泥基渗透结晶型防水涂料	1 外保护套管并填充油脂或注浆； 2 遇水膨胀止水条； 3 底板顶补充防水或防渗措施
防水等级	一级	应选 2 道防水措施	应选 2 道~3 道防水措施
	二级	应选 1 道~2 道防水措施	应选 2 道防水措施
	三级	宜选 1 道~2 道防水措施	应选 1 道~2 道防水措施

7 施 工

7.1 一般规定

7.1.1 施工前应调查周边环境条件、水文地质条件、地下管线和地下建（构）筑物等情况，分析施工可能对其产生的不利影响，并在施工组织设计或专项施工方案中制定相应的预防措施。

7.1.2 地下结构及抗浮构件施工前应进行技术和安全作业交底。

7.1.3 抗浮构件施工前应根据试验确定施工工艺的可行性和施工参数的合理性。

7.1.4 设置抗浮构件时，土方开挖应符合下列规定：

1 土方开挖应均衡分层进行，对于流塑状软土地层，开挖面高差不宜超过 1.0m；

2 坑底以上 30cm 土方宜采用人工挖土，不得扰动地基土和损坏抗浮构件；

3 抗浮构件顶部处理应在抗浮构件施工完成后不少于 3 天后进行。

7.1.5 施工过程中应对地下水位、抗浮构件应力等进行监测，并应符合本规程附录 C 的规定。当降低水位、抗浮构件施工对周边环境产生影响时，应同时对周边环境进行监测，并应符合现行浙江省工程建设标准《城市地下工程施工与运行监测技术规程》DB 33/T 1266 的有关规定。

7.1.6 基坑肥槽回填应符合下列规定：

1 回填施工前应清除坑内杂物及被浸泡的土体，回填材料和密实度应满足设计要求，当设计无要求时，回填应采用黏性土或自密实水泥土等弱透水性材料；

2 回填施工时应做好对降排水系统、监测系统和竖向止水帷幕等的保护。

7.1.7 基坑开挖和地下结构施工不得对抗浮构件造成损害。

7.1.8 地下结构抗浮施工除应符合本章规定外，尚应符合国家现行标准《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004、《建筑桩基技术规范》JGJ 94 及《抗浮锚杆技术规程》YB/T 4659 的有关规定。

7.2 抗拔桩施工

I 灌注桩

7.2.1 灌注桩成孔工艺应根据地下结构类型、地质条件、周边环境、施工设备等因素确定，可按表 7.2.1 选用。

表 7.2.1 成孔工艺及适用条件

成孔工艺	适用条件
泥浆护壁 钻孔灌注桩	地下水水位以下的黏性土、粉土、砂土、填土、碎石土及风化岩层；孔深较深和粗粒土层宜采用反循环工艺成孔或清孔，或采用正循环钻进反循环清孔
旋挖成孔灌注桩	黏性土、粉土、砂土、填土、碎石土及风化岩层
冲孔灌注桩	废弃基础、建筑垃圾填土或大孤石等障碍物；岩溶发育地区应通过试验性施工确定其适用性
长螺旋钻孔压 桩后插钢筋笼	黏性土、粉土、砂土、填土、非密实的碎石类土、强风化岩
干作业钻、 挖孔灌注桩	地下水水位以上的黏性土、粉土、填土、中等密实以上的砂土、风化岩层；在地下水位较高，有承压水的砂土层、滞水层、厚度较大的流塑状淤泥、淤泥质土层不得选用人工挖孔灌注桩

7.2.2 泥浆护壁施工应符合下列规定：

1 泥浆护壁成孔时应采用孔口护筒，并配备成孔和清孔用

泥浆及泥浆池；

2 除能自行造浆的黏性土层外，均应制备泥浆。泥浆应选用高塑性黏土或膨润土制备，配合比应根据施工机械、工艺及穿越土层等情况进行调整；

3 泥浆面应高出最高水位不少于 1.0m，受水位涨落影响时应高出最高水位不少于 1.5m；

4 清孔过程中应不断置换泥浆直至开始浇筑混凝土；

5 浇筑混凝土前孔底 500mm 以内泥浆相对密度应小于 1.25，含砂率应小于 8%，黏度应小于 28s；

6 当抗拔桩兼作抗压桩时，孔底沉渣厚度应同时满足抗压桩和抗拔桩的要求。

7.2.3 钢筋笼制作、安装的质量应符合下列要求：

1 钢筋笼的材质、尺寸应符合设计要求，制作允许偏差应符合表 7.2.3 的规定。

表 7.2.3 钢筋笼制作允许偏差

项目	允许偏差/mm
主筋间距	± 10
箍筋间距	± 20
钢筋笼直径	± 10
钢筋笼长度	± 100

2 钢筋笼宜整体制作，整体吊装或分段吊装。分段制作的钢筋笼，其接头应满足设计要求，并应遵守现行国家标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

3 位于同一连接区段内的纵向受拉钢筋接头面积百分率不宜大于 50%。

4 加劲箍宜设在主筋外侧，当因施工工艺有特殊要求时也可置于内侧。

5 钢筋笼搬运和吊装应防止变形，安放应对准孔位。

6 钢筋笼应沉放至孔底，下笼受阻时不得撞笼、墩笼、扭笼，就位后应立即固定。

7.2.4 缓粘结预应力抗拔桩钢筋笼制作和安装，尚应符合下列规定：

1 钢筋笼底部固定端的安装应满足设计要求，预应力筋平面分布应对称、均匀，竖向应平滑、顺直，并应与钢筋绑扎牢固；

2 底部固定端锚具应与承压板顶紧，并使预应力筋与承压板面保持垂直；

3 钢筋笼电焊作业时，应对缓粘结预应力筋和护套采取保护措施；

4 应对桩顶混凝土超灌部位的缓粘结预应力筋安装硬质PVC套管进行保护，管内孔隙应采用发泡胶填充，端部应采用止水胶带缠绕密封；

5 钢筋笼吊装前，应对缓粘结预应力筋进行检查，当预应力筋的护套有破损时，应立即进行修补；

6 预应力筋固定端与桩端距离应符合设计要求。

7.2.5 钢筋笼吊装完毕后，应安置导管或气泵管二次清孔，并进行孔位、孔径、垂直度、孔深、沉渣厚度等检验，合格后应立即灌注混凝土。

7.2.6 后注浆作业起始时间、顺序、速率及终止注浆条件应符合下列规定：

1 注浆作业宜于成桩2天后开始；

2 注浆作业与成孔作业点的距离不宜小于8m~10m；

3 对于饱和土中的复式注浆顺序宜先桩侧后桩端；对于非饱和土宜先桩端后桩侧，多断面桩侧注浆应先上后下，桩侧桩端注浆间隔时间不宜少于2h；

4 桩端注浆应对同一根桩的各注浆导管依次实施等量注浆；

- 5 对于桩群注浆宜先外围、后内部；
- 6 注浆总量和注浆压力均达到设计要求时，可终止注浆；
- 7 注浆总量已达到设计值的 75%，且注浆压力超过设计值时，可终止注浆；
- 8 当注浆压力长时间低于正常值或地面出现冒浆或周围桩孔串浆时应改为间歇注浆，间歇时间宜为 30min ~ 60min。

7.2.7 桩头处理应符合下列规定：

- 1 宜用人工凿除桩顶部浮浆、不密实或破碎的混凝土；
- 2 桩头顶面应平整，桩顶标高应符合设计要求；
- 3 桩头锚筋应按设计要求全部伸入地下结构底板，桩头防水和防腐应符合设计要求；
- 4 应采取有效措施确保截桩后抗拔桩的质量，严禁采用大锤横向敲击截桩或强行扳拉截桩。

7.2.8 缓粘结预应力筋的张拉顺序应符合设计要求，并应在张拉适用期内进行张拉，张拉时桩身混凝土强度应满足设计要求，且不宜低于设计强度等级值的 75%。张拉方式应符合本规程第 6.3.4 条的规定。

7.2.9 缓粘结预应力筋持荷超张拉的持荷时间应根据张拉时的温度，按表 7.2.9 采用，必要时也可按实测现场缓粘结预应力筋伸长值与理论计算伸长值相差不超过 $\pm 6\%$ 确定对应的持荷时间。

表 7.2.9 持荷时间与构件温度之间的关系

温度 (°C)	5	10	15	20
持荷时间 (min)	4	2	1	0.5

注：中间温度可按线性插值确定。

II 预制桩

7.2.10 机械连接接头应符合下列规定：

- 1 接桩前检查桩端尺寸偏差和连接件，确定无受损后方可起吊；

2 接桩时,卸除上下节桩两端的保护装置后,应清理接头残留物,并保持端部和接头清洁、干燥,然后涂抹专用密封材料;

3 桩连接接头应紧固到位,锤击回弹时不得产生缝隙。

7.2.11 接桩时,下节桩的桩头宜高出地面或平台面 0.8m~1.2m。

7.2.12 截桩应采用锯桩器切割,纵向预应力钢筋预留长度应满足锚固要求。当预留长度无法满足锚固要求时,宜采用转换连接件将螺纹钢筋与预应力钢筋进行连接。

7.2.13 空心桩灌芯施工应符合下列规定:

1 灌芯范围内壁浮浆应清理干净,芯桩内积水应降至灌芯长度下不少于 1.5m;

2 托板宜采用厚度不小于 4mm 的 Q235A 的钢板,入桩位置应满足设计灌芯长度要求,并宜采用十字钢筋架固定;

3 宜采用微膨胀混凝土浇筑,使用振捣器时应快插慢拔。

7.2.14 焊接接桩除应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和《钢结构焊接规范》GB 50661 中的有关规定外,尚应符合下列规定:

1 接桩时上、下节桩段应保持顺直,错位不应超过 2mm,逐节接桩时,节点弯曲矢高不得大于 1/1000 桩长,且不得大于 20mm;

2 上、下节桩接头端板坡口应用钢丝刷清刷干净并保持干燥,焊接处应刷至露出金属光泽;

3 焊接接头应自然冷却后方可继续施工,不得用水冷却或焊完立即施工;

4 桩身接头焊接外露部分应作防锈处理。

7.2.15 当抗拔桩与承台连接钢筋采用套筒连接时,应在锚固螺母及专用卡片安装后,采用专用装置压紧卡片。

7.2.16 在基坑影响范围内不得同时进行土方开挖和沉桩施工。

7.3 抗浮锚杆施工

7.3.1 抗浮锚杆宜在地下结构底板混凝土垫层完成后进行施工。

7.3.2 在裂隙发育及富含地下水的岩层中进行锚杆施工时应应对钻孔周边孔壁进行渗水试验。锚固段钻孔周边渗水率大于 $0.01\text{m}^3/\text{min}$ 时,应采用固结注浆法等进行填充处理。

7.3.3 在下列地层中钻孔与扩孔施工时,应对锚杆施工的可行性进行专项研究,并宜采用套管护壁钻孔施工方法:

- 1 存在不稳定或易受扰动的土层;
- 2 存在受扰动易出现涌砂流土的粉砂与粉土层;
- 3 存在易塌孔的砂层或松散土层或碎石土层;
- 4 存在易缩径的淤泥或软黏土层;
- 5 存在受承压地下水或高水位影响的不稳定地层。

7.3.4 抗浮锚杆的钻孔与清孔应符合下列规定:

1 钻机就位前应对锚杆位置进行复核,并应校核该位置的墙、柱是否影响预应力张拉施工,必要时应对孔位进行调整;

2 钻孔垂直度允许偏差宜小于 1%,孔位允许偏差应为 $\pm 50\text{mm}$;

3 成孔后、下放筋体前应及时清孔,塌孔后应进行二次清孔,不得强行置入筋体;

4 筋体入孔后、注浆前应清除孔内碎屑及孔壁泥皮,对塌孔、孔壁变形应进行处理;

5 钻孔深度不应小于设计长度,且不宜大于设计长度 500mm。

7.3.5 扩体(径)型锚杆采用高压旋喷扩孔施工时,应符合下列规定:

1 用于旋喷水泥浆液配制的水泥,宜采用强度等级不低于 42.5 级的普通硅酸盐水泥;

2 水泥浆的水灰比应按水泥土设计强度要求和地层性质确定,取 1.0~1.2;

3 高压旋喷扩孔应在设计扩体锚固段位置，按设计规定的工艺参数进行施工，旋喷管应均匀旋转、匀速提升或沉放；

4 旋喷扩孔采用水泥浆喷射扩孔工艺时，应至少上下往返喷射扩孔 1 遍；采用清水与水泥浆联合喷射扩孔工艺时，应先进进行 1 遍清水喷射扩孔，后进行 1~2 遍水泥浆喷射扩孔；

5 在高压旋喷扩孔施工过程中出现压力突变时，应先停机，待查明原因并在采取应对措施后，方可继续施工。

7.3.6 囊式扩体（径）型锚杆采用机械扩孔施工时，应符合下列规定：

1 机械扩孔施工工艺参数与机械扩孔钻具类型应根据设计扩孔直径、地质条件、钻机设备与扩孔钻具等因素确定；

2 机械扩孔钻具在使用前，应进行调试与张开直径检测；

3 机械扩孔施工应在设计扩体锚固段位置按选定的工艺参数进行扩孔，机械扩孔钻具在切割扩孔过程中应均匀旋转、匀速进退；

4 机械扩孔施工应在机械铰刀切割搅拌土体时，同步进行水泥浆液灌注，机械铰刀的切割搅拌应至少从上向下或从下向上往返 2 遍，确保形成拌合均匀的圆柱形水泥土扩体段；

5 在进行机械扩孔施工过程中，出现钻机摆动或转速突变等情况，应先停机，待查明原因，采取应对措施后方可继续施工。

7.3.7 自锁式扩孔岩石锚杆采用机械扩孔施工时，应采用专用扩孔机具扩成倒锥形孔，扩孔底部与孔底距离应满足设计要求。

7.3.8 抗浮锚杆筋体制作、存储及安放应符合下列规定：

1 应按设计要求和相关标准制备筋体、承载体、密封罩、锚垫板、止水环等部件，并安装隔离架；

2 筋体组装、存储、运输、搬运过程中应防止锈蚀、损伤、泥土或油渍附着和过大变形；

3 下锚安放前，应按设计要求检查筋体的长度与锚杆质量；

4 安放筋体时，应防止扭结和弯曲，不得损坏防腐层，不

得影响正常的注浆作业；

5 注浆管随筋体一同放入钻孔内，筋体伸出基坑底面不应少于设计锚固长度的 1.2 倍；

6 预应力锚杆筋体应伸出底板顶标高并预留张拉所需的工作长度；

7 筋体在孔口处应固定、扶正，在注浆体达到设计强度的 70% 前不得晃动、牵拉或碰撞。

7.3.9 锚杆浆液制备和注浆应符合下列规定：

1 砂浆用砂径不应大于 2mm，搅拌时间不得低于 1min，应搅拌均匀，随拌随用，并在初凝前用完；

2 注浆泵使用前应进行试运转，管道接头应连接牢固和密封；

3 注浆管应插入孔底再上拔 50mm ~ 100mm，然后开始注浆，浆液应自下而上连续灌注；

4 一次性注浆应注至孔口溢出浆液，二次注浆应在一次注浆后 4h ~ 8h 后进行，且注浆压力达 1.5MPa 以上时稳压 5min，有降水措施时尚应采取避免抽水影响注浆质量。

7.3.10 预应力锚杆张拉和锁定应符合下列规定：

1 锚杆张拉前应对张拉设备进行校准和标定；

2 锚头台座承压面应平整，并与锚杆轴线方向垂直；

3 张拉时注浆体与台座混凝土抗压强度值应符合表 7.3.10 的规定；

表 7.3.10 锚杆张拉时锚固体与台座混凝土的抗压强度值

锚杆类型		抗压强度值/MPa	
		灌（注）浆体/锚固体	台座混凝土
土层锚杆	拉力型	15	20
	压力型及压力分散型	25	20
岩石锚杆	拉力型	25	25
	压力型及压力分散型	30	25

4 预应力张拉时间应满足设计要求，并应在结构后浇带浇筑封闭前和降水井封闭前完成；

5 锚杆正式张拉前宜取 10% ~ 15% 的拉力设计值对锚杆预张拉 1 次 ~ 2 次；

6 荷载分散型锚杆锁定荷载等于抗拔力设计值时，宜采用并联千斤顶，同时对各单元实施张拉后锁定，锁定荷载小于抗拔力设计值时，可采用钻孔底端向顶端逐次对各单元张拉后锁定，并应受力均等；

7 张拉应均匀、有序，避免局部区域内集中张拉对邻近锚杆的不利影响，张拉过程中禁止扰动筋体、千斤顶或其他锚具、夹具；

8 应完整记录张拉荷载与伸长量，张拉完成后多余钢绞线可采用砂轮片切除，剩余的外露钢绞线长度不宜小于 30mm，严禁采用电弧切断并及时进行锚固端的封闭。

7.3.11 防水与防腐施工应符合下列规定：

1 选用的材料、构造、工艺应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 等相关标准的有关规定和设计要求，宜采用改性沥青油膏，改性沥青防水卷材及热熔连接；

2 清槽后当发现地下水渗漏时，应先采取措施止水，确保锚杆周围无明水；

3 应将锚杆端头锚固端部位清理干净，用聚合物水泥防水砂浆找平至设计要求标高；

4 改性沥青等材料热熔后浇入凹槽内应整平并及时对防水卷材劲性热熔粘贴；

5 锚筋涂料长度不应少于 60mm，并用改性沥青热熔封口。

7.3.12 抗浮锚杆成品保护应采取下列措施：

1 对伸出工作面的筋体宜用素水泥浆进行涂抹，避免筋体锈蚀；

2 地下结构底板施工严禁扰动锚固体及筋体；

3 混凝土浇筑前应对筋体材料进行检查，并进行二次保护。

7.3.13 锚杆与基础连接应符合下列规定：

1 非预应力锚杆筋体在基础底板内的锚固长度、形式及保护层厚度等应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB 50010 的有关规定；

2 预应力螺纹钢筋与底板连接可采用直锚或锚板连接，锚板尺寸、厚度、配套螺母规格应符合设计要求；

3 预应力钢绞线与底板连接应采用垫板和锚具进行连接，垫板尺寸、厚度及材质应符合设计图纸要求。

7.4 施工期抗浮措施

7.4.1 施工期地下水位控制及抗浮构件的施工等应满足设计对施工期工况的要求。

7.4.2 当施工期工况与设计要求不一致时，应根据各施工阶段的实际情况，按本规程 6.2 节进行地下结构的整体和局部抗浮稳定验算，并经设计单位复核确认。

7.4.3 拟采取地下水控制措施的工程可根据各阶段实际情况采用不同的抗浮设防水位。

7.4.4 施工期地下结构抗浮力标准值计算可取下列作用的组合值：

1 包括地下结构底板在内的不同施工阶段的结构自重；

2 结构顶板、地下结构底板外挑结构上的填筑材料自重；

3 与地下结构连接的结构或构件在施工阶段能够提供的抗拔力。

7.4.5 为保证施工期地下结构的抗浮稳定，宜采用临时降水、排水等水位控制措施或其他临时措施，必要时尚应考虑施工阶段出现突发情况的抗浮措施。

7.4.6 施工组织设计中，应明确各施工阶段的控制水位及停止降水的条件。

7.4.7 降水井施工应符合下列规定：

1 井的位置、井深、井距、井径等结构尺寸和所用滤料级配及其他材料应符合设计要求；

2 成孔过程中应进行地质描绘，当发现与原地层资料有差异时，应提请相关单位研究处理；

3 井管安装应在成孔验收后进行，井管连接应顺直牢固，并封好管底，反滤料宜采用导管法回填；

4 井管安装完成后宜采用鼓水法和抽水法洗井，水变清后宜再连续抽水 30min；

5 洗井后应进行抽水试验，测量并记录其抽降出水量、水的含砂量等。

7.4.8 施工过程中和抽水试验结束后必须及时做好井口保护设施，每口井均应建立技术档案。使用过程中及时检查水位、出水量、水的含砂量等指标，确保降水井的有效性。

7.4.9 降排水设施停用及拆除的数量、时间应符合支护及结构设计要求，封井施工应符合下列规定：

1 减压井封井施工应在全部降水井或真空降水井封堵完成后进行；

2 井管穿越地下结构底板应有防渗止水措施；

3 井管截断后，应用砂土将井孔回填，顶部 1m 应用黏土填夯密实。

7.4.10 压重法设计应明确加载位置、加载重量和加卸载时间，施工时应严格控制。

7.4.11 临时性压重材料应便于加载和卸载。压重材料不应对环境、结构、地下水或土层等产生腐蚀和污染。

8 既有地下结构抗浮加固

8.1 一般规定

8.1.1 对于发生上浮或因使用环境改变、材料劣化等原因导致抗浮稳定性不满足要求的既有地下结构，应采取抗浮加固措施。

8.1.2 既有地下结构发生上浮时，应及时采取泄压和跟踪监测措施。当地下结构构件损伤严重时，尚应采取设置临时支撑等应急保护措施。

8.1.3 既有地下结构上浮后需对基础底板开孔泄压时，应评估地下水渗流及发生管涌的风险，制定地下水管涌控制方案，并应预备应急封孔措施。

8.1.4 抗浮加固设计工作年限不应少于既有地下结构的剩余工作年限，且不应少于 30 年。

8.1.5 既有地下结构抗浮加固除应满足抗浮稳定性要求外，尚应对因上浮造成损伤的结构构件和防水构造进行加固与修复。

8.2 抗浮检测与鉴定

8.2.1 下列情况下应进行既有地下结构的抗浮检测与鉴定：

- 1 地下结构已发生上浮；
- 2 抗浮构件或地下结构出现损伤、材料性能劣化或其他不利状态；
- 3 对抗浮构件和地下结构的可靠性有怀疑或有异议。

8.2.2 既有地下结构检测前应收集下列资料：

- 1 场地已有岩土工程勘察文件；
- 2 工程竣工设计文件，包括地下结构形式及荷载分布、基

础类型及地下结构底板埋置深度、基坑支护等设计文件；

- 3 涉及地下结构和抗浮构件的施工与验收文件；
- 4 使用荷载及环境条件、功能要求等现状和变化情况资料；
- 5 邻近场地地下水、地表水和近期降雨量变化情况资料；
- 6 既有地下结构的沉降、上浮位移、隆起变形及裂缝等发生与发展情况资料。

8.2.3 当既有岩土工程勘察资料不能满足后续设计与施工需要时，应进行补充勘察。

8.2.4 当既有建筑工程图纸和资料不全或与现场实际不符时，应对原建筑物的结构布置、受力构件几何尺寸等进行测绘，对受力构件的材料强度、混凝土构件配筋、保护层厚度等进行检测，并应绘制工程现状图。

8.2.5 既有地下结构检测应包括下列范围：

- 1 抗浮稳定性不满足要求需进行抗浮加固的区域；
- 2 对于已经出现上浮的地下结构，应包括因上浮而出现变形、构件开裂或损伤的范围，并应外延 1 个~2 个柱跨；
- 3 其他根据实际情况需要进行检测的范围。

8.2.6 既有地下结构抗浮检测应包括下列内容：

- 1 地下结构上浮变形和回落后残余变形；
- 2 工程桩、抗浮锚杆、基础承台等构件的受损情况和承载性能；
- 3 地下结构构件的变形与裂缝发展情况；
- 4 与地下结构相连的主体结构构件的受损情况。

8.2.7 既有地下结构抗浮鉴定应包括下列内容：

- 1 既有工程桩和抗浮锚杆的承载力取值建议；
- 2 既有地下结构抗浮稳定性验算；
- 3 上浮地下结构的抗浮失效原因分析；
- 4 抗浮加固方案建议。

8.2.8 抗浮检测与鉴定除应符合本节规定外，尚应符合现行国

家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 和《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的有关规定。

8.3 抗浮加固设计

8.3.1 既有地下结构抗浮加固范围应根据现场检测和鉴定的情况确定；抗浮加固设计不宜改变既有地下结构的使用功能和环境条件，当不可避免时应经业主和原设计单位确认。

8.3.2 抗浮加固设计方案应根据岩土工程条件、地下结构的基础类型、基坑支护形式和现场环境条件，经技术与经济指标综合比较后确定。既有地下结构抗浮加固可选用下列一种或多种方法：

- 1 增设抗拔桩法；
- 2 增设抗浮锚杆法；
- 3 增重法；
- 4 排水减压法；
- 5 其他抗浮加固方法。

8.3.3 抗浮加固设计时，结构或构件的材料强度、几何参数、既有抗浮构件承载力应根据检测结果确定，当检测结果符合原设计规定时，可按原设计规定取值。

8.3.4 当新增抗浮构件类型与既有抗浮构件不同时，应计入两者之间受力特征不同和变形差异的影响。

8.3.5 当上浮地下结构泄压回落后的实测标高与设计标高差异较大时，宜利用堆载、预应力锚杆成批张拉锁定等措施进行竖向纠偏。

I 增设抗拔桩法

8.3.6 新增抗拔桩桩型应能适应狭小空间施工要求，并应根据工程地质和水文地质条件、地下施工环境等因素按表 8.3.6 选择确定。

表 8.3.6 既有地下结构抗浮加固的抗拔桩选型

抗拔桩类型	桩型特点与适用条件
小口径钻孔灌注桩（扩底）	设备较小、机动灵活性大； 适用于非硬质岩或较硬的土层且地下空间较高（板底净高 $\geq 5\text{m}$ ）、泥浆外运和混凝土输送便利的工程
树根桩（扩底）	设备较小，对地基土扰动小； 适用于非硬质岩和一般土层且地下空间较高（板底净高 $\geq 4\text{m}$ ）的工程
钻孔注浆钢管桩	适用于非硬质岩或较硬的土层且地下空间较高（板底净高 $\geq 4\text{m}$ ），泥浆外运和混凝土输送便利的工程
锚杆静压桩 （混凝土方桩、钢桩等）	应考虑挤土效应的影响； 适用于软质强风化岩和一般土层； 适用于地下狭小空间施工（板底净高 $\geq 3\text{m}$ ）
预应力锚杆静压混凝土方桩	
水泥土锚杆静 压复合钢管桩	抗拔承载力高于预制钢桩； 适用于软质强风化岩和一般土层； 适用于地下狭小空间施工（板底净高 $\geq 3.5\text{m}$ ）

8.3.7 小口径钻孔灌注桩的桩径宜为 350mm ~ 600mm，桩底可适当扩径；小口径钻孔灌注桩的设计应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

8.3.8 树根桩的设计除应符合现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 和《建筑地基处理规范》JGJ 79 的有关规定外，尚应满足下列要求：

- 1 桩径宜为 250mm ~ 400mm，桩底可适当扩径；
- 2 水泥浆的水泥强度等级不应低于 42.5 级，水灰比不宜大于 0.60；
- 3 桩身混凝土强度等级不宜低于 C25，配筋按承载力与桩身裂缝控制验算确定。

8.3.9 钻孔注浆钢管桩的桩径宜为 250mm ~ 400mm，内插钢管直径宜为 114mm ~ 219mm。钻孔注浆钢管桩的设计应符合现行行业标准《建筑地基处理规范》JGJ 79 的有关规定。

8.3.10 锚杆静压桩的设计除应满足现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的有关规定外，尚应满足下列要求：

1 锚杆静压桩的单桩竖向承载力宜通过单桩载荷试验确定。

2 最大压桩力和终压桩力可根据静力触探资料计算确定。压桩力对于粘性土宜大于单桩竖向承载力特征值的 1.2 倍，对于其他土层宜大于单桩竖向承载力特征值的 1.5 倍，且不应大于该加固部分结构的自重荷载。对于终压桩力估算较难的复杂地层，终压桩力应通过试桩来确定。

3 当既有建筑基础或底板承载力和刚度不满足压桩要求时，应进行加固补强，或采用新浇筑钢筋混凝土挑梁或抬梁作为压桩承台。

8.3.11 锚杆静压桩桩身制作除应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定外，尚应满足下列要求：

1 桩身可采用钢筋混凝土桩或钢管桩；

2 每段桩节长度应根据施工净空高度及机具条件确定，宜为 1.0m ~ 3.0m；

3 桩节连接应采用焊接接头，焊缝质量等级不宜低于二级，不应采用硫磺胶泥连接。

8.3.12 锚杆静压钢（管）抗拔桩桩身强度验算应符合下式规定：

$$N \leq \varphi f A' \quad (8.3.12)$$

式中：N——荷载效应基本组合下桩顶轴向拉力设计值（kN）；

f——钢材的抗拉强度设计值（kPa）；

A'——钢（管）桩扣除腐蚀影响后的有效截面面积（m²）；

φ——桩身强度折减系数，取 0.6 ~ 0.8，有可靠经验时取大值。

8.3.13 预应力锚杆静压混凝土方桩的设计应满足下列要求：

1 桩体截面应留设预应力孔道，预应力底部锚固段注浆宜采用水灰比为 0.55 的水泥浆，水泥强度等级不宜低于 42.5 级，条件许可时宜采用高强无收缩专用灌浆料，并应保证注浆质量；

2 预应力筋的配置应满足桩体抗拔承载力和裂缝宽度控制要求。

8.3.14 水泥土锚杆静压复合钢管桩的设计除应符合现行行业标准《劲性复合桩技术规程》JGJ/T 327 的有关规定外，尚应满足下列要求：

1 钢管桩在扩体段范围宜在管壁外侧设置抗剪键；

2 水泥土锚杆静压复合钢管桩的扩体段位置与直径应根据地质条件、结构要求及荷载特征确定；

3 设计前宜进行试验性施工，检验设计、施工参数的合理性。

II 增设抗浮锚杆法

8.3.15 新增抗浮锚杆类别应根据不同的岩土工程条件和地下施工环境确定。

8.3.16 锚杆的平面布置应综合考虑单根锚杆抗浮承载力、锚杆间距要求、防水板抗浮承载力与允许变形等多种因素，采用基础内的集中布置、基础与防水板的混合布置或防水板网状布置等不同方式。

8.3.17 锚杆与基础的锚固与张拉应同时满足基础节点的锚杆张拉锁定要求、加筋体的锚固构造与防腐要求、锚固节点防水要求等。当基础底板厚度无法满足锚固和防水要求时，宜增设叠合层。

8.3.18 钢绞线作为锚杆筋体时，不应分段；普通钢筋或预应力螺纹钢筋作为锚杆筋体时，不宜分段，当受地下室层高限制需分段时，应采用专用套筒连接。

8.3.19 新增抗浮锚杆的抗拔承载力计算、加筋体截面验算、基础连接节点抗冲切验算等应符合本规程第 6.4 节的有关规定。

III 增重法

8.3.20 既有抗浮力与浮力相差不大的地下结构抗浮加固，可采用增重法。

8.3.21 增重法采用的增重措施包括铺设种植土、砂石、混凝土等压重材料，增设永久填充墙，堆放铁块等重型材料，并应满足下列要求：

- 1 增重荷载大小和位置应通过抗浮稳定性验算确定；
- 2 增重荷载宜位于地下结构顶部或底部，且不宜影响建筑使用功能；
- 3 地基基础、结构构件在施加增重荷载后仍应满足承载力极限状态与正常使用极限状态要求，不满足时应预先采取加固措施；
- 4 当采用增设永久填充墙时，应将填充墙与主体结构可靠拉结，并应验算墙体稳定性；
- 5 当采用堆放铁块等重型材料时，应明确材料永久堆放要求，并应验算堆砌结构的稳定性。

IV 排水减压法

8.3.22 排水减压抗浮设计应评估长期排水对周边环境的影响，明确对排水减压设施的日常巡检和长期维护的要求，并应设置水位长期监测与预警系统，以及用于长期维护检修的设施。

8.3.23 排水减压法可分为室外降水井减压法和室内集水井排水减压法。当地下结构基底土层和回填肥槽透水性较好、外挑底板不阻碍布井、地下结构埋深不超过 10m 时，可采用室外降水井减压法；当地下结构基底土层和回填肥槽透水性较差、且埋深较大时，宜采用室内集水井排水减压法。

8.3.24 排水减压法设计应符合下列规定：

- 1 降排水的限压水位应根据抗浮稳定性验算确定；
- 2 降排水宜采用自动化抽水控制系统；

3 设计文件中应明确降排水系统的长期运行维护要求。

8.3.25 室外降水井减压法设计尚应满足下列要求：

1 降水井应按照永久性自流深井要求进行设计，降水井宜沿地下结构外围布置，井间距宜为 30m ~ 50m，降水井数量应根据地下室涌水量和最大降雨量计算；

2 深井成孔外径宜为 800mm，井深低于底板不宜少于 5m，井体可采用钢管并外包 3 层滤网，井管外填碎石与石英砂混合滤层（图 8.3.25）；

3 宜设置 2 台深井泵，深井泵的扬程与流量应满足排水要求。深井、雨水井应与邻近的地下排水管网相连，深井盖板宜设置观察孔。

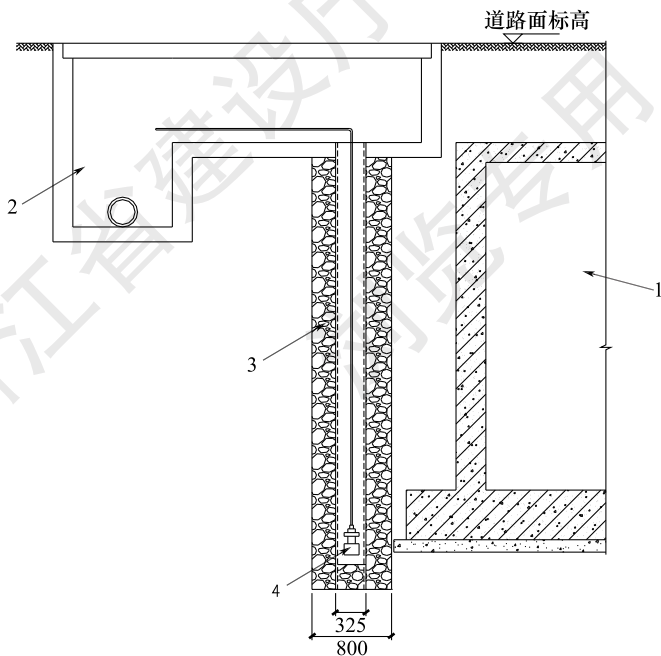


图 8.3.25 室外降水井示意图

1—地下车库；2—集水井；3—碎石填料过滤层；4—深井泵

8.3.26 室内集水井减压法设计应符合下列规定：

1 集水井的数量可按地下结构单层面积估算，1 层地下室按 1 座/2500m² ~ 3000m² 布置，2 层地下室按 1 座/2000m² ~ 2500m² 布置，3 层地下室按 1 座/1500m² ~ 2000m² 布置。

2 以地下涌水量占主导的地下结构，集水井宜按平面均匀布置；以雨水渗透汇集量占主导的地下结构，集水井宜沿外墙布置。

3 集水井由钢筋混凝土结构层和滤水层、导水管构成（图 8.3.26），井内潜水泵数量、扬程和流量应满足排水要求。

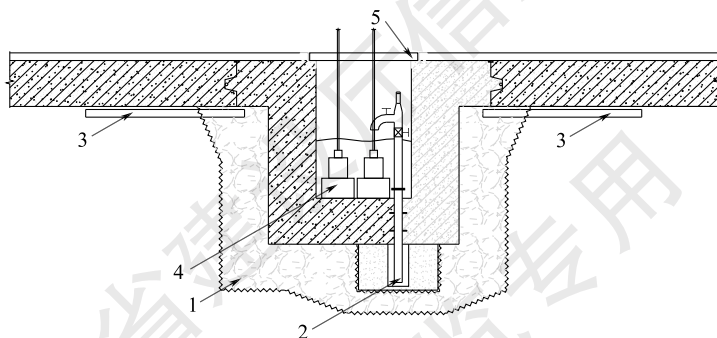


图 8.3.26 室内集水井示意图

1—滤水层；2—出水管；3—导水管；4—抽水泵；5—盖板

8.4 抗浮加固施工

8.4.1 抗浮加固施工前应编制专项施工方案，经审批后实施。抗浮加固施工尚应满足现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的相关要求。

8.4.2 开工前应建立完整的地下结构变形施工监测系统，做好可靠的降水排水系统，完善垂直运输和地下施工作业所需的消防、动力照明、通风、除尘、降噪、泥浆排放或脱水处理设施，完善地下安全文明施工所需的一系列防范措施，并针对工程风险

与施工危险源部署有效的应急预案。

8.4.3 抗浮加固施工前应对地下结构的装饰面、机电管线做好成品保护。

8.4.4 抗拔桩、抗浮锚杆施工前应进行试验性施工和相应的检验。

8.4.5 抗浮加固应采用信息化施工，加强监测，及时反馈，必要时应调整施工方案或采取其他应急措施。

8.4.6 抗拔桩与抗浮锚杆施工、排水减压设施施工尚应满足本规程第7章相关要求。

8.4.7 压重法施工应满足下列要求：

1 压重施工时应控制好加载位置，填筑时不得损害关联结构或构件；

2 地下结构顶部压重材料分层填筑施工时，不得超填和采用重型机械碾压；

3 地下结构外侧压重填料宜与肥槽一并填筑；

4 临时性压重材料卸载前，应经设计单位确认。

8.4.8 小口径钻孔灌注桩（扩底）施工应符合下列规定：

1 钻孔灌注桩施工应满足现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的要求；

2 地下室内应采用小型钻孔桩机、扩底钻和配套导管进行施工，不宜采用冲击成孔桩机；

3 钢筋笼的分节应满足施工空间的要求，并应采取可靠措施保证钢筋笼分节连接质量；

4 钻孔应控制泥浆比重，规范两次清孔，控制沉渣厚度不大于 50mm，控制水下混凝土浇灌质量，并应对桩上段 6m 范围振捣致密；

5 宜采取减小泥浆排放、现场泥浆固化处理的措施。

8.4.9 树根桩（扩底）施工应符合下列规定：

1 宜采用工程地质勘察钻机成孔扩底并自造泥浆护壁，在

砂性土地层中应采用加黏土块等增加泥浆粘稠度的措施。

2 钻孔扩底结束应立即注入水泥浆，水泥浆体积不应小于成孔设计体积的 70%。

3 钢筋笼宜整根吊放。对于分节吊放的钢筋笼，节间钢筋采用双面焊时，焊接长度不得小于 5 倍钢筋直径；采用单面焊时，焊接长度不得小于 10 倍钢筋直径。

4 当采用碎石和细石填料时，粒径不宜大于 13mm，投入量不应小于计算桩孔体积的 90%。

5 施工时应防止出现窜孔和浆液沿砂层大量流失的现象，树根桩的额定注浆量不宜超过按桩身体积的 3 倍，当注浆量达到额定注浆量时应采取二次注浆工艺。

6 当采用二次注浆工艺时，泵的最大工作压力不宜低于 4.0MPa，且待第一次注浆的浆液初凝后，方可进行第二次注浆。浆液的初凝时间应根据水泥品种和外加剂掺量确定，且宜为 45min ~ 100min。第二次注浆压力宜为 1.0MPa ~ 3.0MPa。

7 钻杆拔完后应立即补充碎石，并应对桩上段 3m 范围补充注浆、振捣致密。

8.4.10 锚杆静压桩施工除应满足现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的相关要求外，尚应满足下列要求：

1 施工前应该判断土层的可穿透性，当存在较厚的塘渣填层、块石填层、密实砂层、砾石碎（卵）石层时，应采取可靠的引孔措施；当可能存在的地下障碍物时，应预备有效的清障措施。

2 当桩身采用钢筋混凝土方桩时，接头应采用钢板桩帽焊接接桩；桩节接合面不平时，严禁垫塞钢楔片，应采用硫磺胶泥垫平再焊接。

3 当桩身采用钢管桩时，钢管节连接口宜设内衬板，并采用全熔透坡口焊连接。

4 压桩施工时，应跟踪监测所在承台的上抬位移，控制终

压桩力，避免承台和结构受损。

5 终压桩力与压入深度应满足设计要求。

6 深厚软土地基补桩施工时，应采取持荷等控制附加沉降的措施。

8.4.11 预应力锚杆静压混凝土方桩施工除应符合本规程第 8.4.10 条的规定外，尚应满足下列要求：

1 锚杆静压成桩时，应及时清孔，及时安装预应力索（筋），并应保证预应力索（筋）处于垂挂状态；

2 预应力索（筋）底部的锚固注浆前应排除孔内积水，注浆后养护时间不少于 15 天；

3 预应力孔道注浆与垂直张拉锁定应作为同一道工序施工，并应在水泥浆初凝前进行二次张拉补足预应力。

8.4.12 水泥土锚杆静压复合钢管桩的施工应满足下列要求：

1 水泥土锚杆静压复合钢管桩施工可按下列步骤进行：

1) 锚杆静压钢管桩跳打施工，直至扩径段以上 1m ~ 2m 处暂停，清理钢管内全部土塞；

2) 高压旋喷扩径段施工；

3) 钢管桩迅速跟进施工，将钢管分节压入水泥土桩至设计标高，并满足“双控”要求；

4) 及时清理桩孔，持荷加载，混凝土灌芯后张拉锁定封桩。

2 旋喷桩宜按双重管、三重管法施工，禁止采用单重管法。施工工艺参数应根据土质条件、加固要求估算，并通过试桩确定。现场应采取减小泥浆排放、现场泥浆固化处理的措施。

9 检验与验收

9.1 一般规定

9.1.1 地下结构抗浮检验与验收除应符合设计要求和本规程的规定外，尚应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 和《地下防水工程质量验收规范》GB 50208 的规定。

9.1.2 地下结构抗浮构件和排水减压设施应按地基基础工程的分项工程进行检验和验收。既有地下结构抗浮加固尚应按现行国家标准《建筑结构加固工程质量验收规范》GB 50550 的要求进行检验和验收。

9.1.3 地下结构抗浮应在施工过程中及时进行质量检查、隐蔽工程验收和检验批验收，隐蔽工程验收应有详细的文字记录和必要的图像资料。

9.1.4 集水坑、盲沟及反滤层的土方施工、基坑底的处理、导水管穿越坑壁的处理应进行隐蔽验收，并应符合国家现行有关标准及设计要求。

9.1.5 原材料和预制产品进场检验应符合下列规定：

1 砂、石等材料质量检验项目、批量和检验方法应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定；

2 钢材、水泥、连接件等产品质量检验应包括出厂合格证检查、现场抽检试验报告检查；

3 预制构件截面几何尺寸检测方法、允许偏差值及质量评定可按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《建筑地基基础施工质量验收标准》GB 50202 的有关规定执行。

9.1.6 降排水设备应符合国家现行相关产品标准的规定，并具有出厂合格证书或质量认证书。

9.2 抗拔桩检验

9.2.1 抗拔桩检验除应符合本节规定外，尚应符合国家现行标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 和《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定。

9.2.2 后注浆抗拔桩施工完成后应提供水泥材质检验报告、压力表检定证书、试注浆记录、设计工艺参数、作业记录和特殊情况处理记录等资料；承载力检测应在后注浆完成 20 天后进行，掺入早强剂时可于注浆完成 15 天后进行检测。注浆量及注浆压力应满足设计要求。

9.2.3 缓粘结预应力抗拔灌注桩施工前应对预应力筋、锚具、注浆材料等进行材质、规格及力学性能检验，并应符合下列规定：

1 缓粘结预应力钢绞线进场时，应按现行行业标准《缓粘结预应力钢绞线》JG/T 369 的规定进行钢绞线、缓凝粘合剂、护套质量的检验。

2 缓粘结预应力钢绞线所用锚具应和锚垫板、局部加强钢筋配套使用，锚具和连接器进场时，应按现行行业标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85 的有关规定进行性能检验。

3 缓粘结预应力筋每个检验批量不宜大于 60t，锚具每个检验批量不宜超过 2000 套。经产品认证符合要求的缓粘结预应力

产品，其检验批量可扩大一倍。在同一工程中，同一厂家、同一品种、同一规格的产品连续三次进场检验均一次检验合格时，其后的检验批量可扩大一倍。

4 缓粘结预应力抗拔灌注桩的张拉控制应力和锁定力应满足设计要求，并按主控项目进行验收。

9.2.4 混凝土预制桩施工前的检验应符合下列规定：

- 1 施工前应检验成品桩的外观、尺寸及强度；
- 2 静压法施工前应检验桩机压力表，压桩过程中应检查压桩力，记录并提供与压入深度相对应的压桩力情况表、终压力及桩顶标高。

9.2.5 混凝土预制桩施工前与过程中的检验应符合下列规定：

- 1 施工中应检查桩身垂直度、桩顶完整性、接桩间歇时间等；
- 2 对于焊接桩，应对 10% 的焊缝进行探伤检查，同一工程探伤抽样检验不得少于 5 个接头；
- 3 锤击沉桩时，应检查锤击数，并记录每米进尺锤击数、总锤击数和最后三阵贯入度。

9.2.6 预应力锚杆静压混凝土方桩的检验除应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 采用压力表读数方法对预应力锚杆静压混凝土方桩的预加力进行检验；
- 2 采用抗拔静载荷试验进行抗拔承载力检验。

9.2.7 水泥土锚杆静压复合钢管桩的检验应符合下列规定：

- 1 锚杆静压复合钢管桩的钢管桩检验应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 关于锚杆静压桩的规定；
- 2 桩的水泥土部分的检验应符合现行国家标准《建筑地基

基础工程施工质量验收标准》GB 50202 关于高压喷射注浆复合地基的规定。

9.2.8 抗拔桩施工完成后应按本规程附录 E 进行抗拔承载力检验。

9.3 抗浮锚杆检验

9.3.1 抗浮锚杆施工前应对钢筋、钢绞线、焊接材料、锚头、压浆材料等的材质、规格与力学性能进行检验。筋体安装前应检查其防护层的完整性，并应对破损处进行修补。

9.3.2 施工中应对抗浮锚杆位置、钻孔直径和深度、筋体插入长度、注浆配比、压力及注浆量记录等进行检查。

9.3.3 抗浮锚杆质量检验与验收标准应符合现行行业标准《抗浮锚杆技术规程》YB/T 4659 的有关规定。自锁式扩孔岩石锚杆的质量检验标准尚应符合表 9.3.3 的规定。

表 9.3.3 自锁式扩孔岩石锚杆质量检验与验收标准

检验级别	序号	检验项目	允许偏差或允许值		检查方法
一般项目	1	孔深（mm）	+ 250		钢尺量
	2	扩孔直径 72 ~ 120（mm）	+ 5 0		测孔仪 测量
	3	扩孔直径 大于 120（mm）	+ 8 0		
	4	筋体插入长度	预应力 抗浮锚杆	不小于设计 长度的 95%	钢尺量
		非预应力 抗浮锚杆	不小于设计 长度的 98%		

9.3.4 全长粘结型抗浮锚杆锚固质量检测应包括锚杆杆体长度及锚固密实度检测，非全长粘结型锚杆锚固质量检测应包括锚杆

杆体长度及锚固段锚固密实度检测。抽样率不宜少于锚杆总数的10%且每批不少于20根。关键部位或关键功能的锚杆宜全数检测。

9.3.5 抗浮锚杆施工完成后应按本规程附录F进行抗拔承载力检验。预应力锚杆尚应随机抽取不小于总数的10%进行超张拉检验，张拉力不应小于设计值的1.2倍，锁定值检验应按本规程附录F执行。

9.4 排水减压设施检验

9.4.1 降水井施工完成后应进行试抽水，检验成井质量和降水效果。

9.4.2 过滤层、反滤层在施工中应对滤料级配进行检测，每层滤层取样不少于3组，滤层级配应连续，与设计级配的特征粒径相差不得超过10%。

9.4.3 导水管的位置和标高应符合设计要求。

9.4.4 排水减压设施的质量检验标准尚应符合表9.4.4的规定。

表 9.4.4 排水减压设施质量检验与验收

检验级别	序号	检验项目	控制标准	检查方法
主控项目	1	导水管数量	达到设计要求	观察，全数检查
	2	反滤层、过滤层	排水通畅，无堵塞	观察出水口排水，全数检查
	3	水泵数量、启动水位、停泵水位等	达到设计要求	观察水泵数量，检查水泵安装记录
	4	滤网材质、规格型号等	符合设计和产品要求	检查出厂合格证书等证明文件、进场材料抽检记录
	5	盲沟数量	达到设计要求	观察，全数检查

续表 9.4.4

检验级别	序号	检验项目		控制标准	检查方法
一般项目	1	导水管	位置 (mm)	允许偏差 ± 15	水准仪或尺量
			标高 (mm)	允许偏差 ± 15	水准仪或尺量
	2	反滤层、过滤层	长度 (mm)	允许偏差 ± 20	尺量, 全数检查
			宽度 (mm)	允许偏差 ± 15	尺量, 全数检查
	3	盲沟、截水沟、排水沟	位置 (mm)	允许偏差 ± 50	尺量, 每 50m 抽测 1 处
			断面尺寸 (mm)	允许偏差 ± 20	尺量, 每 20m 抽测 3 处
			沟底纵坡	$\pm 1\%$	尺量, 每 20m 抽测 1 处
			沟底高程 (mm)	允许偏差 ± 50	水准仪, 每 20m 抽测 1 处
			表面平整度 (mm)	允许偏差 ± 20	尺量, 每 20m 抽测 3 处
	4	降水井	位置 (mm)	允许偏差 ± 50	尺量, 全数检查
			深度 (mm)	允许偏差 ± 200	尺量, 全数检查

9.5 验 收

9.5.1 地下结构抗浮验收应在施工单位自检合格的基础上进行。

9.5.2 参加施工质量检验的各方人员应具备相应的资格。

9.5.3 地下结构抗浮施工质量验收合格应符合下列规定：

- 1 符合勘察、设计文件的要求；
- 2 符合本规程和相关专业验收标准的规定。

9.5.4 地下结构抗浮验收应提供下列技术文件：

- 1 岩土工程勘察报告；
- 2 施工图设计文件及设计变更文件；
- 3 专项施工方案；

- 4 原材料和设备的出厂合格证明文件；
- 5 原材料进场检验、试验报告与设备调试记录；
- 6 相关施工试验、检验报告及见证检测报告；
- 7 施工记录、隐蔽工程验收记录；
- 8 分项及相关分部工程质量验收记录及相关质量评估报告；
- 9 监测方案、监测记录及报表等监测资料（如有）；
- 10 既有地下结构抗浮加固尚应包括相关勘探、检测和鉴定报告；
- 11 新技术论证资料（如有）；
- 12 竣工图及验收报告。

附录 A 地下水类型与岩土体渗透等级

A.0.1 地下水类型宜按表 A.0.1 划分。

表 A.0.1 地下水类型划分

地下水类型	特征	
包气带水	孔隙水	包括非孔隙水饱和带水、毛细水、上层滞水等
	裂隙水	岩体裂隙带垂直入渗过程中的水
	岩溶水	溶隙和溶洞带垂直入渗过程中的水
潜水	孔隙水	存在于土的孔隙中，分布范围较大的，有统一水面的无压地下水
	裂隙水	存在于岩体裂隙中，范围较大的，有统一水面的无压地下水
	岩溶水	存在于溶隙和溶洞中，分布范围较大的，有统一水面的无压地下水
承压水	孔隙水	存在于土的孔隙中，分布范围较大的，有压地下水
	裂隙水	存在于岩体裂隙中的有压地下水
	岩溶水	存在于溶隙和溶洞中的有压地下水

A.0.2 岩土体渗透性等级宜按表 A.0.2-1 和表 A.0.2-2 划分。

表 A.0.2-1 岩体渗透性等级

等级	透水率 q (L_u)	岩体特性
极微透水	$q \leq 0.1$	完整，裂隙等价张开度 $< 0.025\text{mm}$
微透水	$0.1 \leq q < 1$	裂隙等价张开度 $0.025\text{mm} \sim 0.05\text{mm}$
弱透水	$1 \leq q < 10$	裂隙等价张开度 $0.05\text{mm} \sim 0.1\text{mm}$
中等透水	$10 \leq q < 100$	裂隙等价张开度 $0.1\text{mm} \sim 0.5\text{mm}$
强透水	$q \geq 1$	裂隙等价张开度 $0.5\text{mm} \sim 2.5\text{mm}$
极强透水		裂隙等价张开度 $> 2.5\text{mm}$ ，连通孔洞

注： L_u 为透水率吕荣值，是指1Mpa压力下每米试段的平均压入量，以L/min计。

表 A.0.2-2 土体渗透性等级

等级	渗透系数 k (cm/s)	土类
极微透水	$k \leq 10^{-6}$	黏性土
微透水	$10^{-6} \leq k < 10^{-5}$	黏性土 ~ 粉土
弱透水	$10^{-5} \leq k < 10^{-4}$	粉土, 含细粒土砂
中等透水	$10^{-4} \leq k < 10^{-2}$	砂, 含砂砾石
强透水	$10^{-2} \leq k < 1$	砾石, 卵石
极强透水	$k \geq 1$	均匀的漂砾

附录 B 水文地质参数试验要点

B.1 试验方法选择及基本要求

B.1.1 水文地质试验方法选择应符合下列规定：

- 1 基岩的渗透性测定宜采用钻孔压水试验；
- 2 土层渗透性测定宜采用钻孔抽水试验，当孔内地下水位埋深较深时可采用自由振荡法试验，含水量可采用提水试验，孔内无地下水时可采用注水试验；
- 3 承压含水层渗透性测定可采用放水试验，当其水位低于地面时可采用抽水试验；
- 4 水文地质条件复杂的场区可采用多孔抽水试验；
- 5 强透水断层破碎带、软弱夹层应做专门的渗透试验和渗透变形试验；
- 6 强烈渗透或集中渗透带的渗流特性、实际流速和连通情况可根据需要采用钻孔压水试验结合进行地下水示踪试验（连通试验）。

B.1.2 钻孔压水试验应按 0.3MPa、0.6MPa 和 1.0MPa 三级压力分五阶段进行。

B.1.3 抽水试验应符合下列规定：

- 1 抽水试验方法可按表 B.1.3 选用，水位量测应采用同一方法和仪器。

表 B.1.3 抽水试验方法和适用范围

试验方法	适用范围
钻孔或探井简易抽水	粗略估算弱含水层的渗透系数

续表 B. 1. 3

试验方法	适用范围
不带观测孔抽水	初步测定含水层的渗透系数
带观测孔抽水	较准确测定含水层的渗透系数

2 抽水试验孔过滤器骨架管的内径，对松散地层宜大于 200mm，填砾过滤器的滤料厚度应根据含水层的岩性合理确定，宜为 75mm ~ 150mm；基岩地层不安装过滤器骨架管的抽水试验孔井径，不宜小于 150mm。

3 抽水试验宜采用三次降深，最大降深应接近工程设计所需的地下水位降深标高。

4 抽水结束后应量测恢复水位。

B. 1. 4 渗水试验和注水试验可在试坑或钻孔中进行。对砂土和粉土可采用试坑单环法，对黏性土可采用试坑双环法，试验深度较大时可采用钻孔法。

B. 1. 5 压水试验应根据工程要求，结合工程地质测绘和钻探资料，确定试验孔位和按岩层的渗透特性划分试验段，并按需要确定试验的起始压力、最大压力和压力级数。

B. 2 同位素流速测井野外试验

B. 2. 1 测井断面宜布置在山前冲洪积倾斜平原具有一定代表性的地带。

B. 2. 2 流速测井试验之前，应对待测地段的水文地质条件和既有井的井径、井深、滤水管类型及填料特性、地层岩性和使用情况等进行调查。

B. 2. 3 同位素流速测井孔径宜为 50mm ~ 300mm。试验时应测定钻孔位置、测量井径、井深、水位埋深等，并填写流速测井调查表 B. 2. 3。

表 B.2.3 抽水试验方法和适用范围

井孔编号		井深 (m)	水位 埋深 (m)	滤水管 内径 (mm)	滤水管 外径 (mm)	井径 (mm)	滤水管 类型	含水层 岩性	水层 厚度 (m)	见岩 情况
室内	野外									

B.2.4 测井试验应符合下列规定：

1 根据含水层岩性，宜每2m划分1个测段，多个含水层或含水层厚度很大时可选择多个测段；

2 根据所采用的放射性同位素出厂时的放射性强度，用放射性同位素衰减公式计算对应测段的投放量，用投源器投放到待测的测段，并用搅拌器上下拉动使示踪剂均匀分布；

3 每0.5m一个测点，每个测段5个测点，逐点用探测器测量放射性计数率随时间的变化，每个测点观测5次以上读数，示踪剂投放前应测定环境放射性计数率；

4 绘 $t - \lg N$ 半对数曲线，当 $t - \lg N$ 曲线上测点位于同一直线并随时间递减时测试数据有效；

5 测段流速测试完成后采用定向瞄准探测器测定流向，每旋转45°测一次，对于疑似流向的方位每10°加密读数，极坐标上点绘玫瑰图的最大计数率方位即是地下水流向；

6 含水层渗透流速计算应采用有效测试数据，由 $t - \lg N$ 曲线斜率计算平均渗透流速，或逐一计算渗透流速，以及各测点平均渗透流速；

7 测井所在位置的单宽流量获取，当整个含水层厚度上都有测点资料时，流速乘以对应的深度，当有的深度上缺少有效数据时，取岩性相同测点的流速平均值乘以深度；

8 地下水侧向补给量计算应符合下列规定：

- 1) 根据野外测定地下水流向和水文地质特征确定近似垂直于地下水流向的过水断面；
- 2) 根据断面通过地带孔隙水系统特征确定测井渗透流速和流向所能表征的断面长度；
- 3) 计算不同过水断面的侧向流量，并计算整个地带地下水的侧向补给量。

B.3 压水试验

B.3.1 压水试验应随钻孔的加深自上而下采用单栓塞分段隔离进行。岩石完整、孔壁稳定的孔段，或有必要单独进行试验的孔段，可采用双栓塞分段。

B.3.2 试验段长度宜为 5m，含断层破碎带、裂隙密集带灯孔段，应根据具体情况确定时段长度。相邻试段应相互衔接，可少量重叠，不能漏段。

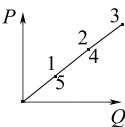
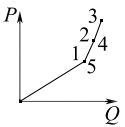
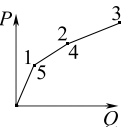
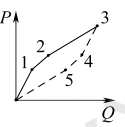
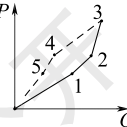
B.3.3 稳定压力下每 1min ~ 2min 测读一次压入流量，当流量无持续增大趋势且 5 次读数中最大值与最小值之差小于 10%，或最大值与最小值之差小于 1L/min 时，取最终值为计算值。

B.3.4 试验资料整理包括校核原始记录、绘制 $p-Q$ 曲线、确定 $p-Q$ 曲线类型和计算试验段透水率等内容。

B.3.5 绘制 $p-Q$ 曲线应采用统一比例尺，纵坐标（ p 轴）1mm 代表 0.01Mpa，横坐标（ Q 轴）1mm 代表 1L/min。图上各点位应标明序号，并依次升压阶段用实线、降压阶段用虚线相连。

B.3.6 试验 $p-Q$ 曲线类型应根据升压阶段 $p-Q$ 曲线的形状以及降压阶段 $p-Q$ 曲线之间的关系确定。 $p-Q$ 曲线类型划分及曲线特点宜按表 B.3.6 确定。

表 B.3.6 $p-Q$ 曲线类型及曲线特点

类型	A (层流) 型	B (紊流) 型	C (扩张) 型	D (冲蚀) 型	E (重填) 型
$p-Q$ 曲线					
曲线特点	升压曲线为过原点的直线, 降压曲线与升压曲线基本重合	升压曲线凸向 Q 轴, 降压曲线与升压曲线基本重合	升压曲线凸向 p 轴, 降压曲线与升压曲线基本重合	升压曲线凸向 p 轴, 降压曲线与升压曲线不重合, 呈顺时针环状	升压曲线凸向 Q 轴, 降压曲线与升压曲线不重合, 呈逆时针环状

注: 曲线中第4点与第2点、第5点与第1点的流量值绝对差小于 $1\text{L}/\text{min}$ 或相对差小于 5% 为基本重合。

B.3.7 试验段透水率采用第三阶段的压力值 (p) 和流量值 (Q) 按下式计算:

$$q = Q / (pL) \quad (\text{B.3.7})$$

式中: q ——透水率 (吕荣值 Lu);

Q ——压入流量 (L/min);

p ——作用于试段内的全压力 (MPa);

L ——试段长度 (m)。

B.3.8 岩土体渗透系数确定应符合下列规定:

1 试段位于地下水位以下、透水性较小 ($q < 10\text{Lu}$)、 $p-Q$ 曲线为 A (层流) 型时, 渗透系数可按下式计算:

$$k = \frac{Q'_3}{2\pi \cdot H' \cdot l} \ln \frac{L}{r_0} \quad (\text{B.3.8})$$

式中: Q'_3 ——压入流量 ($\text{m}^3/\text{天}$);

H' ——试验水头 (m);

L ——试段长度 (m);

r_0 ——钻孔半径 (m)。

2 试段位于地下水水位以下、透水性较小、 $p-Q$ 曲线为 B (紊流) 型时, 渗透系数可根据第一阶段换算成水头值的压力和流量用式 (B.3.8) 近似计算。

3 渗透性较大时, 宜采用其他水文地质试验方法测定渗透系数。

B.4 抽水试验

B.4.1 抽水试验可采用单孔稳定流抽水试验, 同一场区内的抽水试验孔数不应少于 3 个。

B.4.2 抽水试验孔可利用查明岩土体与其水文地质边界间的水力联系勘探孔, 同一个场区内抽水试验组数不得少于两组, 在两个抽水试验孔间宜布设 2 个~3 个观测孔, 并应符合下列规定:

1 孔径应满足抽水设备、出水量及水位降深的要求, 且应一径到底;

2 孔的垂直度允许偏差 100m 深度内不宜大于 1° ;

3 试验前应对试验孔进行清洗, 清洗液应为清水, 禁止使用泥浆或将泥块投入孔内造浆。

B.4.3 抽水前应每 30min 观测一次静止水位, 2h 内变幅不大于 20mm 且无变化趋势为稳定。

B.4.4 抽水试验降深应符合下列规定:

1 同一层 (段) 含水层试验应进行三次降深, 测压管内测得各次降深间的差值宜相等;

2 单孔抽水试验的最小降深 S_1 不应小于 0.5m, 多孔抽水试验最小降深值 S_1 应保证最远的观测孔水位降深不小于 100mm, 或相邻观测孔的降深差不小于 200mm;

3 抽水试验的降深顺序, 对于松散层中的孔隙含水层宜从小到大循序渐进, 对于基岩裂隙含水层以及粗颗粒的松散层宜从大到小进行。

B.4.5 稳定流抽水试验观测应符合下列规定:

1 抽水开始后的第 5min、10min、15min、20min、30min、40min、50min、60min 宜各观测一次动水位和出水量，以后每隔 30min 观测一次；

2 水位和水量的稳定延续时间，单孔抽水试验不应少于 4h，多孔抽水试验最远观测孔的水位稳定时间不应少于 8h。

B.4.6 抽水试验结束后应立即观测恢复水位，观测时间为 1min、3min、5min、10min、15min、30min，以后每隔 30min 观测一次，直至恢复静水位为止。

B.4.7 潜水含水层单孔完整井（图 B.4.7）的渗透系数应根据试验结果按下式计算：

$$k = \frac{0.732Q}{(2H - S) S} \lg \frac{R}{r_0} \quad (\text{B.4.7})$$

式中：Q——涌水量（m³/天）；

S——水位降深（m）；

R——影响半径（m）；

r₀——钻孔半径（m）；

H——含水层厚度（m）。

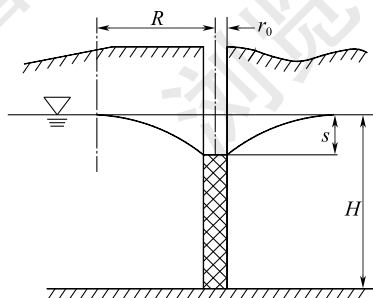


图 B.4.7 潜水含水层单孔完整井渗透系数计算示意图

B.4.8 按涌水量计算渗透系数时，宜根据恢复水位资料按下列公式计算，并将计算结果与按式（B.4.7）抽水试验计算的结果

相互对比：

$$T = \frac{0.183Q}{i} \quad (\text{B. 4. 8-1})$$

$$k = \frac{T}{H} \quad (\text{B. 4. 8-2})$$

式中： T ——导水系数（ m^2/h ）；
 Q ——涌水量（ $\text{m}^3/\text{天}$ ）；
 i —— $S' - (1 + t_p/t')$ 关系曲线的斜率，其中 S' 为剩余降深（ m ）， t_p 为抽水延续时间（ h ）， t' 为水位恢复时间（ h ）。

B. 4. 9 影响半径可按表 B. 4. 9 中相关公式计算确定。

表 B. 4. 9 影响半径计算公式

试验类型	公式	适用条件
多孔抽水	$\lg R = \frac{S_1 \lg r_2 - S_2 \lg r_1}{S_1 - S_2}$	承压水： 两个观测孔
	$\lg R = \frac{S_1 (2H - S_1) \lg r_2 - S_2 (2H - S_2) \lg r_1}{(S_1 - S_2) (2H - S_1 - S_2)}$	承压水： 两个观测孔
单孔抽水	$R = 3000S \sqrt{k}$	承压水； 概略计算
	$R = 600S \sqrt{H \cdot k}$	潜水； 概略计算
	$R = \sqrt{\frac{12t}{\mu}} \sqrt{\frac{Q \cdot k}{\pi}}$	潜水： 完整孔
	$R = 2 \sqrt{\frac{H \cdot k \cdot t}{\mu}}$	潜水： 非完整孔
	$R = \frac{Q}{2k \cdot H \cdot \lambda}$	承压水； 概略计算

注： S_1 、 S_2 为各观测孔水位降深（ m ）； r_1 、 r_2 为各观测孔至抽水孔的距离（ m ）；
 t 为时间（ 天 ）； k 为渗透系数（ $\text{m}/\text{天}$ ）； Q 为涌水量（ $\text{m}^3/\text{天}$ ）。

附录 C 抗浮监测

C.1 基本要求

C.1.1 抗浮监测方案内容应包括监测项目、测点布置和数量、监测仪表与设施、监测频率、监测数据整理与反馈、监测控制标准和预警值及应急处理措施。

C.1.2 抗浮监测项目应根据工程抗浮设计等级、抗浮构件类型、地下水特点、施工工艺及变形控制要求等按表 C.1.2 确定。

表 C.1.2 工程抗浮监测项目

检测项目	测点位置	工程抗浮设计等级		
		甲级	乙级	丙级
地下水水位	地下室范围及周边肥槽	应测	应测	宜测
地下室底板竖向变形	地下室底板范围	应测	应测	宜测
地下室底板裂缝、渗漏	地下室底板范围	应测	应测	宜测
基础、底层柱变形	基础顶面、柱面	应测	宜测	可测
抗浮锚杆应力、应变	锚杆杆筋	应测	宜测	可测
抗拔桩应力、应变	主筋、混凝土	宜测	宜测	可测

C.1.3 监测点的布置应能反映监测对象的实际状态及其变化趋势，监测点应布置在监测对象受力及变形关键点和特征点上，并应满足对监测对象的监控要求。

C.1.4 抗浮监测遇到有下列情况应报警处理：

- 1 抗浮构件出现裂缝或已有裂缝有新发展；
- 2 抗拔桩或锚杆出现应力骤增、松弛或拔出的迹象；
- 3 抗拔桩或锚杆抗拔力监测值达到设计值；

4 地下水水位达到抗浮设防水位。

C.1.5 抗浮工程的监测和维护数据应及时反馈设计、工程管理部门、建设单位及物业管理单位。

C.2 地下水位监测

C.2.1 地下水位监测可采用钻孔内设置水位管或设置观测井，通过水位计进行量测，宜采用地下水自动监测仪。

C.2.2 地下水位量测精度不宜低于 10mm。

C.2.3 地下水位监测装置，地下室每 500m² 不少于 1 个，地下室周边外围每 100m 不少于 1 个。采用排水减压法抗浮时，地下水位监测装置的布置应满足设计要求。

C.2.4 地下水位监测时间及频率应符合下列规定：

1 监测时间应包含施工期全过程及使用期不少于 2 年，采用排水减压法抗浮时，应全寿命期监测；

2 施工期监测频率宜为 2 次/天至 4 次/天，使用期监测频率宜为 1 次/5 ~ 10 天，当地下水位急剧变化或遇有暴雨及持续降雨时，应加密监测。

C.3 变形与裂缝监测

C.3.1 变形监测应符合国家现行标准《工程测量规范》GB 50026 和《建筑变形测量规范》JGJ 8 的规定。

C.3.2 基础、底层柱变形监测点的布置应符合下列规定：

1 建筑四角、沿外墙每 10m ~ 15m 处或每隔 2 根 ~ 3 根柱的柱基或柱子上，且每侧外墙不应少于 3 个监测点；

2 不同地基或基础的分界处；

3 不同结构的分界处；

4 变形缝、抗震缝或严重开裂处的两侧；

5 新、旧建筑或高低建筑交接处的两侧。

C.3.3 基础、底层柱变形监测时间及频率应符合下列规定：

1 监测时间应包含施工期全过程及使用期不少于 2 年；采用排水减压法抗浮时，应全寿命期监测。

2 施工期在基坑降水和基坑土开挖过程中应每天观测 1 次。地下室底板浇筑完 10 天后，可每 2~3 天观测 1 次，直至地下室顶板完工及其上部覆土回填完成。此后可根据施工期加荷情况每加高 1~5 层观测 1 次。施工过程中若暂停工，在停工时及重新开工时应各观测一次，停工期间每 2~3 个月观测 1 次。

3 使用期监测频率宜为 2~3 次/年，直至稳定为止；采用排水减压法抗浮时，排水减压实施两年内应每半年观测 1~2 次，此后每年观测 1 次。

C.3.4 地下室底板的变形和裂缝应全数观测，观测周期根据变形和裂缝变化速度确定。开始时可每半月观测 1 次，以后每月测 1 次。当发现裂缝加大时，应及时增加观测次数。

C.3.5 裂缝观测应测定建筑上的裂缝分布位置和裂缝的走向、长度、宽度及其变化情况。

C.4 抗浮构件应力监测

C.4.1 抗浮构件应力监测点应符合下列规定：

1 同类型构件监测点数不应少于 3 个，预估抗浮变形最大部位应有监测点；

2 抗拔桩或抗浮锚杆的监测数量不应少于总数的 5% 且不应少于 5 根。

C.4.2 抗浮构件应力监测时间和频率应符合下列规定：

1 监测应与水位观测同步进行；

2 测力计或应力计安装后宜 10 天内每天量测一次，之后 20 天每 3 天量测一次，随后每 30 天一次，当地下水位急剧变化或遇有暴雨及持续降雨时，应加密监测；

3 投入使用后，监测不应少于 3 年。

附录 D 混凝土抗浮构件工作环境类别

D.0.1 混凝土抗浮构件暴露环境类别宜按表 D.0.1 划分。

表 D.0.1 混凝土抗浮构件的暴露环境类别

环境类别	条件
一	室内环境； 无侵蚀性静水浸没环境；
二 a	室内潮湿环境； 非严寒和非寒冷地区与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境； 寒冷和严寒地区的冰冻线以下与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境；
二 b	干湿交替环境； 水位频繁变动环境； 寒冷和严寒地区的冰冻线以上与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境；
三 a	寒冷和严寒地区冬季水位变动区环境； 海风环境； 水、土介质对抗浮构件的腐蚀性等级为弱腐蚀性的环境；
三 b	盐渍土环境； 海岸环境； 水、土介质对抗浮构件的腐蚀性等级为中腐蚀性的环境；
四	海水环境；
五	受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境； 水、土介质对抗浮构件的腐蚀性等级为强腐蚀性的环境；

注：1 暴露环境是混凝土结构表面所处的环境；
2 室内潮湿环境是构件表面经常处于结露或湿润状态的环境；
3 寒冷和严寒地区的划分应符合现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的有关规定；
4 海岸环境和海风环境宜根据当地情况，由调查研究和工程经验确定；
5 水、土介质对抗浮构件的腐蚀性等级的划分应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

附录 E 抗拔桩试验

E.1 基本要求

E.1.1 为设计提供依据的试验桩，应加载至桩侧岩土阻力达到极限状态或桩身材料达到设计强度。工程桩验收检测时，试验最大荷载不宜小于单桩竖向抗拔承载力特征值的 2.0 倍。当抗拔承载力受抗裂条件控制时，可按设计要求确定试验最大荷载值。

E.1.2 工程桩验收检测时，试验桩数量不应少于总桩数的 1% 且不应少于 3 根；对于重要工程或缺乏经验的地层，试验桩数不应少于 5 根。

E.1.3 受检抗拔桩受力状态、应与设计工况、实际工作条件相近，并应符合下列规定：

- 1 试桩桩身钢筋伸出桩顶长度不宜少于 $40d + 500\text{mm}$ (d 为钢筋直径)；
- 2 试桩顶部露出地面高度不宜小于 300mm；
- 3 灌注桩的混凝土强度达到设计强度的 90% 方可进行试验；
- 4 试验前应对试验桩进行低应变检测；
- 5 桩的配筋应满足在试验最大荷载下的裂缝宽度控制条件。

E.1.4 测试桩侧抗拔侧阻力和桩端上拔位移时，桩身内传感器、桩端位移杆的埋设应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的规定。

E.1.5 检测报告应包括下列内容：

- 1 委托方名称，工程名称、地点，建设、勘察、设计、监理和施工单位，基础、结构形式，层数，设计要求，检测目的，

检测依据，检测数量，检测日期；

2 地基条件描述，受检桩桩位附近的代表性地质柱状图；

3 受检桩的桩型、尺寸、桩号、桩位、孔径及配筋、桩顶标高和相关施工记录；

4 检测方法，检测仪器设备，加、卸载方法和检测过程叙述；

5 受检桩的检测数据，实测与计算分析曲线、表格和汇总结果；

6 承载力判定依据和受检桩的承载力检测值，并评价单桩承载力是否满足设计要求，及其他与检测内容相应的检测结论；

7 当进行抗拔侧阻力测试时，尚应包括传感器类型、安装位置、轴力计算方法、各级荷载下的桩身轴力曲线，各土层的抗拔极限侧阻力。

E.2 设备仪器及其安装

E.2.1 抗拔桩应采用液压千斤顶加荷。千斤顶和油泵的额定压力必须大于试验压力，且试验前应进行标定，加荷反力装置的承载力和刚度应满足试验最大荷载的要求。

E.2.2 计量仪表（测力计、位移计和计时表等）应满足测试要求的精度。位移量宜采用百分表或电子位移计测量，大直径桩应在其两个正交直径方向对称安置4个位移测试仪表，中、小直径桩宜安置2个或3个位移测试仪表。

E.2.3 试验设备装置应包括加荷装置与量测装置（图 E.2.3）。

E.2.4 当采用两台或两台以上千斤顶加荷时应并联同步工作且型号、规格应相同，千斤顶的合力中心应与受检桩的横截面形心重合。

E.2.5 试验反力系统宜采用反力桩提供支座反力，并应符合下列规定：

1 反力架的承载力应具有1.2倍的安全系数；

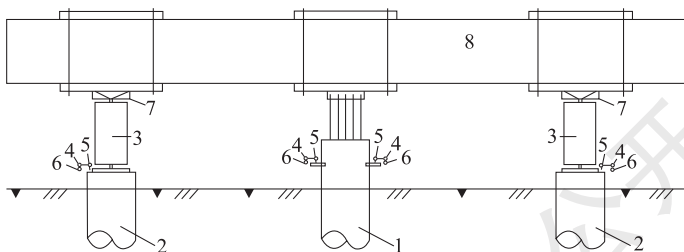


图 E. 2. 3 单桩竖向抗拔静载荷试验示意图

- 1—试桩；2—锚桩；3—液压千斤顶；4—表座；
5—测微表；6—基准梁；7—球铰；8—反力梁

2 采用反力桩提供支座反力时，桩顶面应平整并具有足够的强度；

3 采用地基提供反力时，施加于地基的压应力不宜超过地基承载力特征值的 1.5 倍；

4 反力梁的支点重心应与支座中心重合。

E. 2. 6 荷载测量及其仪器应符合本下列规定：

1 荷载可用放置在千斤顶上的荷载传感器直接测定；

2 当通过并联于千斤顶油路的压力表或压力传感器测定油压换算荷载时，应根据千斤顶率定曲线进行换算；

3 荷载传感器、压力传感器或压力表的准确度应优于或等于 0.5 级，试验用压力表、油泵、油管在最大加荷时的压力不应超过规定工作压力的 80%。

E. 2. 7 位移测量及其仪器的性能和安装应符合下列规定：

1 位移测量点宜设置在桩顶以下不小于 1 倍桩径的桩身上，不得设置在受拉钢筋上；对于大直径灌注桩，可设置在钢筋笼内侧的桩顶面混凝土上；

2 测量宜采用大量程的位移传感器或百分表；

3 测量误差不得大于 0.1% FS，分度值/分辨力应优于或等于 0.01mm；

4 直径或边宽大于 500mm 的桩，应在其两个方向对称安置 4 个位移测试仪表，直径或边宽小于或等于 500mm 的桩，可对称安置 2 个位移测试仪表；

5 基准梁应具有足够的刚度，梁的一端应固定在基准桩上，另一端应简支于基准上；

6 固定和支撑位移计（百分表）的夹具及基准梁不得受气温、振动及其他外界因素的影响，当基准梁暴露在阳光下时，应采取遮挡措施。

E.2.8 试桩、支座、锚桩和基准桩之间的中心距离，应符合表 E.2.8 和下列规定：

1 当试桩或锚桩为扩底桩或多支盘桩时，试桩与锚桩的中心距不应小于 2 倍扩大端直径；

2 软弱场地压重平台堆载重量较大时，宜增加支墩边与基准桩、试桩之间的距离，并在试验过程中观测基准桩的竖向位移。

表 E.2.8 试桩、铺板（或压重平台支墩边）和基准桩之间的中心距离

反力装置	距离		
	试桩中心与锚桩中心 (或压重平台支墩边)	试桩中心与 基准桩中心	基准桩中心与锚桩中心 (或压重平台支墩边)
锚桩横梁	$\geq 4(3)D$ 且 $>2.0\text{m}$	$\geq 4(3)D$ 且 $>2.0\text{m}$	$\geq 4(3)D$ 且 $>2.0\text{m}$
压重平台	$\geq 4(3)D$ 且 $>2.0\text{m}$	$\geq 4(3)D$ 且 $>2.0\text{m}$	$\geq 4(3)D$ 且 $>2.0\text{m}$
地锚装置	$\geq 4D$ 且 $>2.0\text{m}$	$\geq 4(3)D$ 且 $>2.0\text{m}$	$\geq 4D$ 且 $>2.0\text{m}$

注：1 D 为试桩、锚桩或地锚的设计直径或边宽，取其较大者；
2 括号内数值可用于工程桩验收检测时多排设计桩中心距离小于 $4D$ 或压重平台支墩下 2 倍~3 倍宽影响范围内地基土已进行加固的情况；
3 对扩底抗拔桩，最小间距应适当加大。

E.3 现场测试

E.3.1 有接头的预制桩在拔桩试验前应复核接头强度。

E.3.2 抗拔静载试验应采用慢速维持荷载法，设计有要求时可采用多循环加卸载方法或恒载法。

E.3.3 慢速维持荷载法加荷、卸载及量测时间应符合下列规定：

1 加荷应逐级等量分级，分级荷载宜为试验最大荷载的 $1/10$ ，第一级加荷量可取分级荷载的 2 倍；

2 卸载应逐级等量分级，每级卸载量宜取加荷时分级荷载的 2 倍；

3 加荷、卸载应使荷载传递均匀、连续、无冲击，且每级荷载在维持过程中的变化幅度不得超过分级荷载的 $\pm 10\%$ ；

4 每级荷载施加后应分别按第 5min、15min、30min、45min、60min 测读桩顶位移量，以后每隔 30min 测读一次桩顶位移量；

5 从分级荷载施加后的第 30min 开始，按 1.5h 连续三次每 30min 位移观测值计算的桩顶位移量不得超过 0.1mm 并连续出现两次，或按间隔时间继续观测直至位移增量在 2h 内小于 2.0mm，方可施加下一级荷载；

6 卸载时每级荷载应维持 1h，分别按第 15min、30min、60min 测读桩顶位移量后，可卸下一级荷载，卸载至零后应测读桩顶残余沉降量，维持时间不得少于 3h，测读时间分别为第 15min、30min，以后每隔 30min 测读一次桩顶残余位移量。

E.3.4 采用多循环加卸载法时，试验加荷等级与位移观测间隔时间应按表 E.3.4 确定：

表 E.3.4 循环加荷等级与位移观测间隔时间

循环数	加荷标准								
	加载量								
	预计最大试验荷载 (%)								
第一循环	10	—	—	—	30	—	—	—	10
第二循环	10	30	—	—	50	—	—	30	10
第三循环	10	30	50	—	70	—	50	30	10
第四循环	10	30	50	70	80	70	50	30	10
第五循环	10	30	50	80	90	80	50	30	10
第六循环	10	30	50	90	100	90	50	30	10
观测总时间 (min)	5	5	5	5	10	5	5	5	5

注：在每级加荷等级观测时间内，测读桩锚头位移不应少于 3 次。

E.3.5 当试验出现下列情况之一时，可终止加荷：

- 1 桩头位移不收敛，在某级荷载作用下，桩顶位移量大于前一级位移量的 5 倍；
- 2 位移量陡增且总位移量超过 80mm；
- 3 钢筋应力达到钢筋强度标准值，或钢筋拉断；
- 4 达到桩身设计抗裂要求所对应的荷载。

E.3.6 检测数据可按表 E.3.6 进行记录。

表 E.3.6 单桩抗拔静载试验记录

工程名称						桩号			日期			
加载级	油压 (MPa)	荷载 (kN)	测读 时间	位移（百分表）读数				本级沉降 (mm)	累计沉降 (mm)	备注		
				1号	2号	3号	4号					
检测单位：				校核：				记录：				

E. 4 数据分析与判定

E. 4. 1 数据处理应绘制上拔荷载-桩顶上拔量关系曲线和桩顶位移量-时间对数关系曲线。

E. 4. 2 单桩竖向抗拔极限荷载应按下列规定确定：

1 根据位移量随荷载变化、位移量随时间变化的特征确定时，陡变形荷载-曲线（图 E. 4. 2-1）应取陡升起始点对应的荷载值；缓变形荷载-位移曲线可取相应的位移-时间对数曲线尾部显著弯曲的前一级荷载值（图 E. 4. 2-2）。

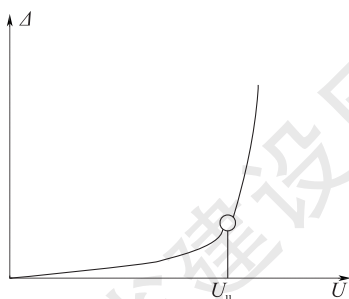


图 E. 4. 2-1 陡变形荷载-位移曲线

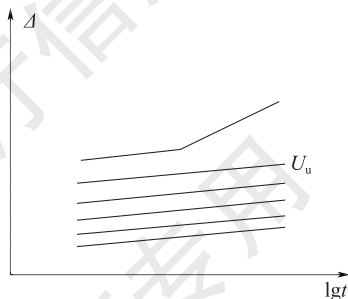


图 E. 4. 2-2 位移-时间对数曲线

2 在某级荷载下抗拔钢筋发生断裂，应取前一级荷载值。

E. 4. 3 验收检测的受检桩在最大上拔荷载作用下，未出现本规程第 E. 4. 2 条的情况时，单桩竖向抗拔极限承载力应取下列情况的较小值：

- 1 设计要求最大位移控制值对应的荷载；
- 2 试验最大荷载；
- 3 钢筋应力达到设计强度值时对应的荷载。

E. 4. 4 单桩竖向抗拔承载力特征值应按下列方法确定：

- 1 桩身配筋满足设计裂缝宽度要求时，按极限荷载值的

50% 取值；

2 当桩身不允许开裂时，取桩身开裂前一级荷载值与 50% 极限荷载值中的较低值。

浙江省建设厅信息公开
浏览专用

附录 F 抗浮锚杆试验

F.1 基本要求

F.1.1 抗浮锚杆应根据工程具体情况和检测目的，选择基本试验、蠕变试验、验收试验、锁定力试验，按表 F.1.1 选择试验方法。

表 F.1.1 试验方法及试验目的

试验方法	试验目的
基本试验	确定锚杆的极限承载力，验证锚杆设计参数和施工工艺的合理性，为锚杆设计、施工提供依据
蠕变试验	在恒定荷载作用下锚杆位移随时间变化的试验，用于掌握锚杆在软土中的蠕变变形特性
验收试验	验证工程锚杆抗拔力是否满足设计要求，为隐蔽工程提供验收依据
锁定值试验	检验锚杆预应力施工控制过程及锁定力与设计要求的符合程度

F.1.2 进行锚杆试验时，锚固段注浆体强度不应低于设计强度等级的 90%。

F.1.3 抗浮锚杆设计施工前应进行基本试验，同类型锚杆试验数量不应少于 3 根，有下列情况之一时不应少于 6 根：

- 1 新型锚杆或新工艺施工的锚杆；
- 2 锚固地层无相关应用经验。

F.1.4 抗浮锚杆施工完成后应进行验收试验。同类型锚杆试验数量不少于锚杆总数的 5% 且不少于 6 根。对有特殊要求的工程，可按设计要求增加试验数量。

F.1.5 预应力锚杆锁定后尚应进行锁定力试验，试验数量不少于锚杆数量的5%且不少于6根。对有特殊要求的工程，可按设计要求增加试验数量。

F.1.6 试验用加荷装置（千斤顶、油泵）的额定压力必须大于试验压力。试验用计量仪表（压力表、测力计、位移计）应满足测试要求的精度。

F.1.7 试验锚杆的设计参数、材料、施工工艺及参数、所处的工程地质及水文地质条件等应与工程锚杆基本一致。

F.1.8 抗浮锚杆检测报告应包括下列主要内容：

- 1 工程概况、工程地质概况和检测工作概况；
- 2 受检抗浮锚杆的锚杆孔径、锚杆长度、杆体直径、杆体材料与强度及锚杆类型；
- 3 检测仪器设备、试验加卸载方法和检测标准；
- 4 试验结果汇总表的试验结果及分析；
- 5 抗浮锚杆抗拔承载力特征值及是否满足设计要求等结论；
- 6 锚杆试验荷载 位移数据表及曲线、钻孔柱状图、抗浮锚杆编号等图表。

F.2 仪器设备及其安装

F.2.1 试验加荷应采用油压穿心千斤顶，千斤顶的作用力方向应与抗浮锚杆轴线重合。

F.2.2 抗浮锚杆抗拔试验的加荷反力装置宜选用支座横梁反力装置，并应符合下列规定：

- 1 加荷反力装置提供的反力不得小于最大试验荷载的1.2倍；
- 2 应对加荷反力装置的主要构件进行强度和变形验算；
- 3 支座产生的地基压力不宜大于地基承载力特征值的1.5倍；
- 4 抗浮锚杆中心与支座边的距离应大于或等于5倍锚杆孔

直径。

F.2.3 荷载量测可采用并联于千斤顶油路的压力表或压力传感器测定油压，并根据千斤顶率定曲线换算荷载。

F.2.4 锚头位移量测宜采用位移传感器或大量程百分表，其安装应符合下列规定：

- 1 位移测量点应选择抗浮锚杆顶部，不得选择在千斤顶上；
- 2 位移测量仪表应对称布设或均匀布设；
- 3 固定和支撑位移传感器（百分表）的夹具及基准梁应避免外界因素的影响。

F.2.5 试验仪器设备性能指标应符合下列规定：

- 1 压力传感器的测量误差不应大于 1%，压力表精度应优于或等于 0.5 级；
- 2 试验用压力表、油泵、油管在最大加荷时的压力不应超过额定工作压力的 80%；
- 3 千斤顶、压力表或压力传感器的量程不应小于试验要求的最大试验荷载的 1.2 倍，且不应大于试验要求的最大试验荷载的 2.5 倍；
- 4 位移测量仪表的测量误差不应大于 0.1% FS，分辨率应优于或等于 0.01mm。

F.3 基本试验

F.3.1 为设计提供依据的试验锚杆，宜加载至破坏。最大试验荷载可取预估破坏荷载的 1.0 ~ 1.5 倍，且不应大于 0.85 倍杆体极限抗拉强度标准值和 0.9 倍杆体屈服强度标准值的较小值。

F.3.2 基本试验的锚杆不得选用工程锚杆。

F.3.2 基本试验宜采用多循环加卸载法，预加的初始荷载宜取最大试验荷载值的 10%。每级荷载在维持过程中的变化幅度不得超过该级荷载增减量的 10%。

F.3.3 基本试验的多循环加卸载法应符合下列规定：

1 可分 5~8 级加载至最大试验荷载，宜按表 F.3.3 确定加荷或卸载的等级、测读间隔时间。

表 F.3.3 锚杆基本试验多循环加卸载等级及位移观测间隔时间

循环次数	分级荷载与最大试验荷载的百分比（%）											
	初始荷载	加荷过程						累计加荷量	卸荷过程			
第一循环	10	30	—	—	—	—	—	50	—	—	30	10
第二循环	10	30	50	—	—	—	—	60	—	—	30	10
第三循环	10	30	50	—	—	—	60	70	—	50	30	10
第四循环	10	30	50	—	—	60	70	80	—	50	30	10
第五循环	10	30	50	—	60	70	80	90	70	50	30	10
第六循环	10	30	50	60	70	80	90	100	70	50	30	10
观测时间（min）	—	5	5	5	5	5	5	≥10	5	5	5	5

2 加载初始荷载及每次循环最大加荷值时，应每 5min 测读一次锚头位移；其余荷载等级在加荷或卸载后第 0min、5min 测读锚头位移。

3 每级加荷观测时间内，当锚头位移增量对于岩石锚杆/土层锚杆分别不大于 0.05mm/0.10mm 时，可施加下一级荷载；不满足时应延长观测时间，并间隔 30min 测读锚头位移，验证 2h 内锚头位移增量对于岩石锚杆/土层锚杆分别不大于 0.50mm/1.0mm，方可施加下一级荷载。

4 当加载至最大试验荷载值，且观测时间内锚头位移增量对于岩石锚杆/土层锚杆分别不大于 0.05mm/0.10mm 时，可视试验装置情况，按每级增加预估破坏荷载的 10% 继续进行 1 次或 2 次循环。

F.3.4 锚杆试验中出现下列情况之一时可视为破坏,应终止加载:

- 1 锚固体从土层中拔出或锚杆从锚固体中拔出;
- 2 本次循环产生的单位荷载下的锚头位移增量超过上一循环产生的单位荷载下的锚头位移增量的 5 倍;
- 3 荷载无法维持稳定或锚头位移 3h 内不收敛;
- 4 已加载至最大试验荷载预估值,或完成了增加的 1~2 级荷载试验。

F.3.5 试验完成后,应根据试验数据绘制荷载-位移曲线、荷载-弹性位移曲线和荷载-塑性位移曲线。

F.3.6 锚杆极限承载力取值应符合下列规定:

- 1 单根锚杆的极限承载力取破坏荷载前一循环的最大加载值;未破坏时取设计要求的位移量对应的荷载值。
- 2 参与统计的试验锚杆,当其极差不大于平均值的 30% 时,应取平均值作为锚杆的极限承载力;当极差超过 30% 时,应增加试验数量并分析极差过大的原因,且按 95% 保证概率计算抗浮锚杆的极限承载力。

F.3.7 预应力锚杆极限承载力除应满足第 F.3.6 条要求外,尚应进行自由段长度符合性验算,并应符合下列规定:

- 1 拉力型锚杆弹性位移不应小于杆体自由段长度理论弹性伸长值的 80%,且不应大于自由段长度与 1/3 锚固段长度之和的杆体理论伸长值;
- 2 压力型锚杆弹性位移与杆体自由段长度理论弹性伸长值的差值不应超过 $\pm 20\%$ 。

F.4 蠕变试验

F.4.1 最大试验荷载值不应小于预估破坏荷载的 1.5 倍,宜加载至破坏。

F.4.2 蠕变试验宜采用分级加荷卸载法,加荷等级和观测时间

段应符合表 F.4.2 的规定，在观测时间段内荷载应保持恒定。

表 F.4.2 锚杆蠕变试验的加荷等级和观测时间段

加荷等级	观测时间段/min	
	施工期抗浮锚杆	使用期抗浮锚杆
0.25 N_t	—	10
0.50 N_t	10	30
0.75 N_t	30	60
1.00 N_t	60	120
1.20 N_t	90	240
1.50 N_t	120	360

注： N_t 为预估破坏荷载。

F.4.3 在每级荷载下应按 1min、2min、3min、4min、5min、10min、15min、20min、30min、45min、60min、75min、90min、120min、150min、180min、210min、240min、270min、300min、330min、360min 时间间隔记录蠕变量。

F.4.4 试验结果应按荷载-时间-蠕变量整理，并绘制蠕变量-时间对数 ($S - \lg t$) 曲线。蠕变率 K_c 按下式计算确定：

$$K_c = \frac{S_2 - S_1}{\lg t_2 - \lg t_1} \quad (\text{F.4.4})$$

式中： S_1 、 S_2 —— t_1 、 t_2 时刻所测得的蠕变量。

F.4.5 锚杆在最后一级荷载作用下每一对数周期的蠕变率不应大于 2.0mm。

F.5 验收试验

F.5.1 锚杆验收试验的最大试验荷载不宜小于锚杆承载力特征值的 2.0 倍，且不应大于 0.85 倍杆体极限抗拉强度标准值和 0.9 倍杆体屈服强度标准值的较小值。

F.5.2 验收试验宜采用分级加荷法，并应符合下列规定：

1 初始荷载宜取试验最大荷载的 0.10 倍, 分级加荷值宜取试验最大荷载的 0.50 倍、0.60 倍、0.70 倍、0.80 倍、0.90 倍和 1.00 倍;

2 每级荷载均宜稳定 5min ~ 10min, 并记录位移增量;

3 最后一级试验荷载应维持 10min, 10min 内锚头位移增量超过 1.0mm 时应再维持 60min, 并在 15min、20min、25min、30min、45min 和 60min 时记录锚头位移增量;

4 位移稳定后, 应卸载到试验最大荷载值的 10%, 观测 10min 并测计锚头位移。

F.5.2 在每级加荷等级观测时间内位移增量对于岩石锚杆/土层锚杆分别不大于 0.05mm/0.10mm 时, 或位移增量在 2h 内小于 2mm 时, 方可施加下一级荷载。

F.5.3 当试验出现下列情况之一时, 可终止加荷:

1 锚杆杆体破坏或从锚固体中拔出, 或锚固体从土层中拔出;

2 本级荷载作用下产生的单位荷载下锚头变形量达到前一级荷载作用下产生的单位荷载下锚头变形量的 5 倍;

3 锚头位移不收敛, 且在 2h 内未出现稳定;

4 锚头总位移量超过设计允许值或 40mm。

F.5.4 验收合格标准应符合下列规定:

1 未出现本规程第 F.5.3 条的情况;

2 拉力型锚杆弹性位移不应小于杆体自由段长度理论弹性伸长值的 80%, 且不应大于自由段长度与 1/3 锚固段长度之和的杆体理论伸长值;

3 压力型锚杆弹性位移与杆体自由段长度理论弹性伸长值的差值不超过 $\pm 20\%$;

4 在最后一级荷载作用下 1min ~ 10min 内抗浮锚杆蠕变量不大于 1mm, 或 6min ~ 60min 内抗浮锚杆蠕变量不大于 2mm。

F.6 预应力锚杆锁定值试验

F.6.1 锁定值验收检验的锚杆应随机抽样，对质量有疑问的锚杆应抽样检验。

F.6.2 锁定值验收检验锚杆的数量不应少于锚杆总数的 5%，且不得少于 6 根；对有特殊要求的工程，应按设计要求的检验数量进行检验。锚杆锁定力控制操作过程和检验应有完整记录。

F.6.3 锚杆张拉锁定宜采用整体张拉锁定，且宜采用测力仪检验锚杆锁定力。锁定过程宜符合表 F.6.3 的规定。

表 F.6.3 锚杆锁定荷载分级及变形观测控制

荷载分级	变形观测时间/min		加荷速率 /kN/min
	岩石	土层	
$0.10N_t$	5	10	不大于 100
$0.50N_t$	5	5	
$0.75N_t$	5	5	
$1.00N_t$	5	10	不大于 50
$1.05N_t \sim 1.10N_t$	10	15	
卸载至锁定荷载设计值 (N_t)	5	5	不大于 100

F.6.4 锚杆锁定过程中应测量每级荷载下锚头的变形值。锚头变形值的测量宜符合下列规定：

- 1 锚头变形测量基点应符合国家现行有关标准的规定；
- 2 在初始荷载 $0.10N_t$ 作用下变形稳定后，测量锚头变形初始值；
- 3 加荷过程中应测量锚头变形值，在恒载过程中应按 0min、5min、10min、15min 测读锚头变形值，当实测值在允许偏差范围内（-5%，+10%）时可张拉下一级荷载；
- 4 卸载至锚杆锁定值时，应测量锚头预应力筋的回缩值；
- 5 读数不应少于 3 次，当 3 次读数的最大差值符合测力仪

允许误差时，取 3 次读数的平均值作为检验基准值；

6 锚杆锁定 10min 后测定锚杆锁定值。

F.6.5 锚杆锁定值合格标准应符合下列规定：

1 在各级加荷、卸载作用下所测锚头变形值、回缩值满足设计要求；

2 实测锁定值与设计锁定值的绝对偏差不大于 10%。

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：
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：
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：
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 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《混凝土结构设计标准》GB 50010
- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 《工程测量标准》GB 50026
- 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
- 《地下工程防水技术规范》GB 50108
- 《地下防水工程质量验收规范》GB 50208
- 《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004
- 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202
- 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292
- 《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344
- 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
- 《建筑结构加固工程质量验收规范》GB 50550
- 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
- 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123
- 《抗浮锚杆技术规程》YB/T 4659
- 《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106
- 《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107
- 《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18

《预应力混凝土异型预制桩技术规程》 JGJ/T 405
《劲性复合桩技术规程》 JGJ/T 327
《缓粘结预应力混凝土结构技术规程》 JGJ 387
《缓粘结预应力钢绞线》 JG/T 369
《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》 JGJ 85
《建筑地基基础设计规范》 DB 33/T 1136
《城市地下工程施工与运行监测技术规程》 DB 33/T 1266