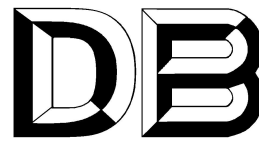


北京市地方标准



编号：DB11/T XXXX-2027

备案号：JXXXX-2027

建筑工程抗浮设计标准

Design standard for building engineering against uplift

(征求意见稿)

2027-xx-xx 发布

2027-xx-xx 实施

北京市规划和自然资源委员会

北京市市场监督管理局

联合发布

北京市地方标准

建筑工程抗浮设计标准

Design standard for building engineering against uplift

DB11/T xxxx—20xx

主编单位：XXXXXX

XXXXXX

批准部门：北京市规划和自然资源委员会

北京市市场监督管理局

实施日期：20xx 年 xx 月 xx 日

20xx 北京

前 言

按照北京市市场监督管理局关于印发《2026 年北京市地方标准制修订项目计划（第一批）》的通知（京市监函〔2026〕14 号）的要求，编制组在广泛调查研究、认真总结实践经验、吸取科研成果以及广泛征求意见的基础上，完成本标准的编制工作。

本标准共分 11 章，主要内容包括：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 工程抗浮勘察；5. 抗浮稳定与设计；6. 压重法；7. 抗浮桩法；8. 锚杆法；9. 限压法；10. 既有建筑抗浮；11. 监测与维护。

本标准由北京市规划和自然资源委员会和北京市市场监督管理局共同负责管理，北京市规划和自然资源委员会归口、组织实施，并负责组织编制单位对具体内容进行解释，北京市规划和自然资源标准化中心负责日常管理。

本标准执行过程中如有意见和建议，请寄送至北京市规划和自然资源标准化中心，以供今后修订时参考（地址：北京市通州区承安路 1 号院；电话：55595000；邮箱：bjbb@ghzrzyw.beijing.gov.cn）。

本标准主编单位：XXXXXX

XXXXXX

本标准参编单位：XXXXXX

XXXXXX

XXXXXX

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

目 次

1 总 则	1
2 术语和符号	2
2.1 术 语	2
2.2 符 号	2
3 基本规定	5
4 工程抗浮勘察	8
4.1 一般规定	8
4.2 新建建筑	8
4.3 既有建筑	9
4.4 成果要求	10
5 抗浮稳定与设计	12
5.1 一般规定	12
5.2 浮力与抗浮力	13
5.3 抗水板	13
6 压重法	15
6.1 一般规定	15
6.2 设计	15
6.3 检测要求	17
7 抗浮桩法	18
7.1 一般规定	18
7.2 设计	19
7.3 检测要求	22
8 锚杆法	24
8.1 一般规定	24
8.2 设计	24
8.3 检测要求	31
8.4 张拉与锁定要求	31
9 限压法	32

9.1 一般规定	32
9.2 设计	32
9.3 检测要求	34
10 既有建筑抗浮	35
10.1 一般规定	35
10.2 抗浮加固设计	35
11 监测与维护	40
附录 A 抗浮设计专篇（样例）	42
附录 B 抗浮锚杆基本试验与验收试验要点	47
附录 C 锚杆防腐技术要求	50
附录 D 锚固板强度验算方法	51
附录 E 既有建筑桩基础(锚杆)承载力持载再循环试验要点	53
本规程用词说明	54
引用标准名录	55

CONTENTS

1 General Provisions	1
2 Terms and Symbols	2
2.1 Terms	2
2.2 Symbols	2
3 Basic Requirements	5
4 Engineering Anti-uplift Investigation	8
4.1 General Requirements	8
4.2 New Buildings	8
4.3 Existing Buildings	9
4.4 Deliverables	10
5 Anti-uplift Stability and Design	12
5.1 General Requirements	12
5.2 Uplift Force and Anti-uplift Resistance	13
5.3 Slab against Uplift	13
6 Counterweight Method	15
6.1 General Requirements	15
6.2 Design	15
6.3 Testing Requirements	17
7 Anti-uplift Pile Method	18
7.1 General Requirements	18
7.2 Design	19
7.3 Testing Requirements	22
8 Anchor Method	24
8.1 General Requirements	24
8.2 Design	24
8.3 Testing Requirements	31
8.4 Tensioning and Lock-off Requirements	31
9 Pressure-limiting Method	32

9.1 General Requirements	32
9.2 Design	32
9.3 Testing Requirements	34
10 Anti-uplift of Existing Buildings	35
10.1 General Requirements	35
10.2 Anti-uplift Strengthening Design	35
11 Monitoring and Maintenance	40
Appendix A Anti-uplift Design Report (Sample)	42
Appendix B Key Points for Basic and Acceptance Tests of Anti-uplift Anchors	47
Appendix C Technical Requirements for Anti-corrosion of Anchors	50
Appendix D Calculation Method for Strength of Anchor Plates	51
Appendix E Key Points for Sustained Load Cyclic Re-testing of Bearing Capacity of Existing Building Pile Foundations (Anchors)	53
Explanation of Wording in This Standard	54
List of Quoted Standards	55

1 总 则

1.0.1 为规范建筑工程抗浮设计工作，做到安全适用、技术先进、经济合理，保障质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于北京市行政区域内的新建、扩建、改建建筑与既有建筑的抗浮设计、监测和维护。

1.0.3 建筑工程抗浮设计除应符合本标准外，尚应符合国家及北京市现行有关标准的规定。

征求意见稿

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 浮力 uplift pressure

静水压力、渗流水压力及承压水压力等对建筑结构产生的竖向作用力。

2.1.2 抗浮措施 measures against uplift

为确保建筑结构抗浮稳定所采取的工程技术方法。

2.1.3 抗浮构件 member against uplift

为满足地下结构抗浮稳定要求而附加设置的抗浮桩、抗浮锚杆以及能提供抗浮力的地下连续墙或围护桩等支护结构。

2.1.4 抗水板 slab against uplift

为保证建筑工程使用功能而设置的具有抗浮传力、防水防渗功能的结构板。

2.1.5 抗浮桩 pile against uplift

设置在地基中与结构底板共同承担地下水浮力或上部结构荷载的桩。

2.1.6 抗浮锚杆 anchor against uplift

设置在地基中与结构底板共同承担地下水浮力的锚杆。

2.1.7 复合桩 composite piles

采用水平或者竖向刀具搅拌土体，并注入固化浆液与土体搅拌形成水泥土外桩，在浆液初凝前植入预制芯桩，形成加固土体与预制芯桩共同受力的桩。

2.1.8 限压措施 measures to limit uplift pressure

为满足地下结构抗浮稳定和抗浮承载力要求而设置的泄压井、排水盲沟、排水廊道等降低水压力的措施。

2.1.9 抗浮加固 strengthening against uplift

为满足既有地下结构的抗浮稳定性及抗浮承载力、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

$N_{\max}$ ——荷载效应基本组合下最大的桩顶轴向拉力设计值

N_{tk} ——抗浮锚杆所受轴向拉力标准值

N_{wk} ——浮力标准值

S_d ——荷载基本组合的效应设计值
 γ_i ——结构自重及可用于抗浮的压重的组合系数
 γ_Q ——浮力的分项系数

2.2.2 抗力和材料性能

f_{ms} ——锚固段浆体与筋体间极限粘结强度标准值
 f_{rbk} ——锚固体与岩层间极限粘结强度标准值
 f_{sik} ——锚固体与第 i 层土层间极限粘结强度标准值
 G_k ——结构自重及抗浮压重标准组合的效应设计值
 G_{ki} ——结构自重及可用于抗浮的压重的标准值
 K ——安全系数
 K_0 ——扩体上覆土体的静止土压力系数
 K_b ——锚固段浆体与筋体之间锚固长度安全系数
 K_w ——抗浮稳定安全系数
 R_d ——抗浮构件抗力的设计值
 R_t ——抗浮构件抗拔力标准值
 R_{ta} ——单桩（根锚杆）抗拔承载力标准值
 q_{si} ——桩侧阻力标准值
 T ——抗浮构件抗拔力
 T_{uk} ——单根锚杆（桩）极限抗拔承载力标准值
 T_{uki} ——各单元锚杆极限抗拔承载力标准值
 α_s ——桩侧注浆量经验系数
 β_{si} ——后注浆侧阻力增强系数
 γ'_m ——破坏体内岩土体平均浮重度标准值
 γ_G ——结构自重及抗浮压重的分项系数
 λ_i ——抗拔系数

2.2.3 几何参数

A_c ——浆体受压净面积
 h ——扩体上覆土体的厚度
 l_m ——有效锚固长度

u_i ——破坏表面桩身周长

征求意见稿

3 基本规定

- 3.0.1 建筑工程抗浮设计应基于场地工程地质与水文地质条件、荷载分布与结构刚度特征、建筑功能要求、环境条件和施工条件等因素综合确定。
- 3.0.2 建筑工程在施工和使用期间均应满足整体和局部的抗浮稳定要求。
- 3.0.3 抗浮构件的设计工作年限和耐久性年限不应少于建筑结构的设计工作年限。
- 3.0.4 建筑工程抗浮应根据工程地质和水文地质条件的复杂程度、使用功能要求等划分为三个设计等级，并按表 3.0.4 确定。

表 3.0.4 建筑工程抗浮设计等级

设计等级	建筑和地基类型
甲级	重要的工业与民用建筑工程； 对原有工程抗浮影响较大的接建建筑工程； 抗浮失效危害严重的工程； 对变形、渗漏及室内环境等有特殊要求的工程； 单建式地下建筑，包括单建式人民防空工程； 场地、地基条件和工程水文地质条件复杂的工程； 设计地坪低于防洪设防水位或存在浸水淹没可能的工程。
乙级	除甲级和丙级外的工业与民用建筑物
丙级	场地工程地质和水文地质条件简单，且荷载分布均匀的工程； 抗浮失效对工程安全危害不严重的工程； 无特殊要求的临时性地下工程。

3.0.5 建筑结构和构件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应力达到材料强度极限；
 - 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。

3.0.6 建筑工程抗浮设计应包括以下内容，并按附录 A 编制抗浮设计专篇：

- 1 抗浮稳定性验算；
- 2 抗浮措施选择；
- 3 抗浮构件计算或验算；
- 4 耐久性设计和构造设计；
- 5 抗浮构件性能试验；
- 6 施工及质量验收标准；
- 7 监测与维护等要求。

3.0.7 结构和构件抗浮验算应包括以下内容：

- 1 抗浮结构及构件的整体和局部稳定性验算；
- 2 抗浮构件的受拉承载力、抗拔承载力及筋材受拉承载力计算；
- 3 有变形、裂缝控制要求的基础底板和抗浮构件的变形、裂缝验算；
- 4 基础底板的受冲切、受弯、受剪及局部受压承载力验算；
- 5 抗浮桩受压工况的受压承载力验算。

3.0.8 建筑工程使用期的抗浮设计控制条件应综合考虑各因素条件，按最不利组合工况确定。设计计算不满足要求时，应根据影响设计计算的因素采取相应的抗浮措施。

3.0.9 建筑工程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。

3.0.10 抗浮措施应满足抗浮设计要求，尚应确保地基土满足承载力及变形控制要求，并应兼顾裙房或纯地下车库与主楼之间差异沉降控制。

3.0.11 采用抗浮锚杆或抗浮桩时，应进行基础底板与抗浮构件的协同工作分析，确保底板刚度和承载力满足抗浮构件受力均匀的要求。

3.0.12 对于需抗浮治理的既有建筑，当出现以下情况时应委托岩土工程勘察单位重新进行抗浮勘察：

- 1 无有效岩土工程勘察报告；
- 2 原岩土工程勘察报告不能满足设计要求；
- 3 地下水位实测值高于原抗浮设防水位；

4 除以上情况外，设计人要求进行补充抗浮勘察的情况。

3.0.13 既有建筑抗浮治理设计前，应先进行检测与鉴定，并依据鉴定报告进行设计，抗浮检测鉴定范围可根据结构抗浮体系构成和工程实际需求确定。

3.0.14 既有建筑抗浮检测鉴定应准确反映结构、基础、抗浮构件的现状、承载能力、变形的分析和评价，以及压重、肥槽回填土的状态。

3.0.15 基坑肥槽回填前应清除基坑内有机杂物及被浸泡的土体，并应采用分层夯实的黏性土、灰土或浇筑预拌流态固化土、素混凝土等弱透水材料进行回填，严禁采用级配砂石、碎石等透水材料。采用分层夯实材料时，压实系数不小于 0.94。

3.0.16 施工期间应对各关键时间点提出抗浮稳定验算要求，提出不同阶段的稳定控制指标及技术要求。

3.0.17 施工期间应实施地下水位控制措施，确保施工期间结构抗浮稳定满足要求；针对地下水位快速上升等特殊情况应制定专项应急处理方案，避免水位突然上升影响抗浮稳定。

3.0.18 未经技术鉴定和设计许可，不得改变建筑结构及抗浮构件的使用条件、性能和用途。

3.0.19 建筑工程抗浮采用新方法、新技术、新工艺或新材料时，应通过试验或专项研究验证其安全性。

4 工程抗浮勘察

4.1 一般规定

4.1.1 当建筑工程存在抗浮需求时，应在岩土工程勘察中开展工程抗浮勘察相关工作，抗浮勘察成果应纳入岩土工程勘察报告。

4.1.2 工程抗浮勘察应开展下列工作：

- 1 搜集气象、水文、工程地质、水文地质、相关建设及规划资料；
- 2 开展工程水文地质调查与测绘，勘探和测试；
- 3 查明地下水赋存、补给、径流、排泄条件及水位动态变化规律；
- 4 分析水文地质条件，提出抗浮设防水位建议值，并提供建筑工程抗浮设计与施工所需的相关参数。

4.1.3 工程抗浮勘察应在室内试验或现场测试基础上，结合地区经验确定抗浮设计、抗浮加固设计等需要的岩土参数，也可通过现场试验确定。

4.1.4 抗浮构件相关的土水腐蚀性评价，应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

4.2 新建建筑

4.2.1 新建建筑工程抗浮勘察宜重点搜集下列资料：

- 1 降水量、蒸发量，尤其是降水量的时空分布及多年变化；
- 2 降水下垫面的入渗条件资料；
- 3 地表河道、湖泊等分布、流量、地层及设计信息；
- 4 地表水的常年水位、洪水位；
- 5 地表水入渗补给地下水情况
- 6 地形地貌的历史变化情况；
- 7 场地周边工程建设；
- 8 地下水涵养保护及开发利用规划；
- 9 不同层位地下水多年监测数据；
- 10 场地周边已有建筑工程的抗浮设防水位及抗浮措施等工程经验。

4.2.2 缺乏地下水水位长期观测资料时，勘察期间宜布设专门的地下水观测孔，对影响建筑结构抗浮的各层地下水进行分层监测。

4.2.3 抗浮勘察的勘探钻孔、抽水试验井、监测井等应在取样、测试和试验等相

关工作完成后回填，对揭穿承压水顶板的钻孔等，应采取隔水的措施。回填材料及方法应满足《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T87 及《机井技术规范》GB/T50625 要求。

4.2.4 建筑工程基础底板底面以下存在承压含水层，且该承压水水头远期最高值对基底水压力产生的影响大于按《建筑与市政工程抗浮勘察标准》DB11/T 2241 确定的潜水远期最高水位时，抗浮设防水位应取按承压水水头计算的基底水压力所对应的水头高度与潜水远期最高水位的高值。

4.2.5 当场地施工期具备产生水盆效应的条件或地下水水位可能超过基底时，应提出施工期间保持干槽作业、肥槽回填处理、施工期地表防排水措施设置、以及根据结构、覆土等荷载的变化动态调整地下水控制措施的要求。

4.3 既有建筑

4.3.1 既有建筑抗浮勘察宜重点搜集下列资料：

- 1 既有建筑加固改造等措施对抗浮设防勘察的工作要求；
- 2 既有建筑及周边已有抗浮设防水位及抗浮措施等工程经验；
- 3 周边场地现状地下水水位情况；
- 4 基坑支护和地下水控制设计施工资料；
- 5 基坑肥槽回填、防排水设施的施工记录与检验验收资料；
- 6 使用期间的地下水位监测记录；
- 7 工程周边地下管线、相邻建筑物及环境条件等影响水文地质条件的相关资料。

4.3.2 既有建筑抗浮勘察现场调查宜包括下列内容：

- 1 原有抗浮措施运行情况；
- 2 基坑肥槽回填土的填筑材料、回填范围、压实情况及肥槽区域有无明显沉降变形；
- 3 建筑周边地形地貌改变情况及邻近水体河流、水库、湿地等的水位状况；
- 4 周围地表水河道断面、水位及衬砌情况；
- 5 建筑周边工程建设活动对场地水文地质条件的影响；
- 6 给水、排水管线等的运行情况。

4.3.3 既有建筑抗浮勘察应结合拟实施的改造、加固等方案，开展针对性勘探、测试与试验，并评估拟采取的勘察技术工作对既有抗浮措施的潜在影响。

4.3.4 排水泄压等设计所需水文地质参数及测试方法宜根据《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476 规定确定。

4.3.5 抗浮勘察宜结合既有建筑基底所在层位，分层布置地下水监测井；当需要进行长期监测时，应符合现行行业标准《城市地下水动态观测规程》CJJ76 的规定。

4.3.6 在满足《建筑与市政工程抗浮勘察标准》DB11/T 2241 要求的基础上，既有建筑抗浮设防水位应综合考虑以下因素确定：

- 1 肥槽回填材料和渗透性；
- 2 基坑地下水控制措施；
- 3 既有建构筑物及市政工程的建设对地下水流场的影响；
- 4 其他改变既有建筑场地流场条件的情况。

4.3.7 既有建（构）物周边建筑地下结构分布条件及场地水文地质条件复杂时，可采用数值模拟方法确定抗浮设防水位。

4.4 成果要求

4.4.1 岩土工程勘察报告中涉及抗浮章节应包括报告正文和相应的附图、附件。

4.4.2 报告正文宜包含下列内容：

- 1 场地地下水类型、含水层与隔水层的分布特征；
- 2 勘察期间实测的各层地下水初见水位或水头和稳定水位或水头，场地近 3~5 年地下水水位及历史最高水位；
- 3 地下水的补给、径流、排泄条件，及其与地表水体的水力联系；
- 4 地下水动态变化规律及主要影响因素；
- 5 抗浮设防水位的建议值；当场地条件、设计条件等差异显著时，宜分区、分段提供抗浮设防水位的建议值；
- 6 既有建筑的地下水控制措施和肥槽评价；
- 7 新建建筑肥槽回填材料和质量要求；
- 8 抗浮措施方案建议，以及抗浮设计和施工所需的相关参数；
- 9 施工期及运营期地下水位监测建议。

4.4.3 抗浮勘察成果附图应包含以下内容：

- 1 工程地质剖面图、水文地质剖面图；
- 2 必要时，提供地下水位、水头等值线图、抗浮设防水位分区、分段图等图件。

4.4.4 抗浮勘察成果附件宜包含以下内容：

- 1 岩、土、水试验分析成果；
- 2 地下水监测数据等。

征求意见稿

5 抗浮稳定与设计

5.1 一般规定

5.1.1 抗浮稳定验算应符合下列公式的规定：

$$G_k + R_t \geq k_w N_{wk} \quad (5.1.1-1)$$

$$G_k = \sum \psi_{ki} G_{ki} \quad (5.1.1-2)$$

式中： G_k ——结构自重及其他压重材料重量标准组合的效应设计值；

G_{ki} ——结构自重及其他压重材料重量的标准值（kN）；

N_{wk} ——浮力标准值（kN）；

R_t ——抗浮构件抗拔力标准值（kN）；

ψ_{ki} ——结构自重及其他压重材料重量的组合值系数，取值按第 5.2.3 条规定；

k_w ——抗浮稳定安全系数，按表 5.1.1 取值。

表 5.1.1 抗浮稳定安全系数 k_w

分类		k_w
新建建筑及 既有建筑抗浮治理	重大工程	1.20
	其他工程	1.10
既有建筑抗浮稳定验算		1.05

5.1.2 对于承载能力极限状态，应按荷载的基本组合计算效应设计值，并按下列公式进行抗浮构件设计：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (5.1.2-1)$$

$$S_d = \gamma_Q N_{wk} - \gamma_G G_k \quad (5.1.2-2)$$

式中： S_d ——荷载基本组合的效应设计值；

R_d ——抗浮构件抗力的设计值；

γ_Q ——浮力的分项系数，取 1.30；

γ_G ——结构自重及其他压重材料重量的分项系数，取不大于 1.0；

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。

5.1.3 对于正常使用极限状态，应按荷载的标准组合计算效应设计值，并按以下公式进行抗浮构件设计：

$$S_d \leq C \quad (5.1.3)$$

式中： S_d ——按荷载标准组合计算的抗浮构件的效应设计值，包括裂缝宽度、变

形、应力水平等；

C ——正常使用要求所规定的裂缝宽度、变形、应力水平等的限值。

5.1.4 针对不同阶段应根据考虑了实际采用的降水、排水、隔水等措施的最不利水浮力进行抗浮稳定验算。

5.1.5 仅局部不满足抗浮稳定要求时，可利用抗水板、基础、局部加强的结构构件抵抗水压力。

5.1.6 抗浮稳定验算不满足要求时，应根据工程条件选用压重法、抗浮锚杆法、抗浮桩法、限压法等一种或多种措施，也可采用经论证的其他措施。当单一措施难以满足要求时，宜采用组合措施。

5.2 浮力与抗浮力

5.2.1 建筑受到的浮力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，根据抗浮设防水位确定，抗浮设防水位的计算方法按本标准 4.2.4 条。

5.2.2 抗浮力应包括以下内容：

- 1 结构自重和其他压重材料重量，具体按第 6.1.2 条规定；
- 2 建筑楼面、屋面做法、永久堆积物重量；
- 3 建筑内部的固定设备重量；
- 4 由结构整体作用提供的抗浮力；
- 5 地下室外墙与回填土之间的侧壁摩阻力；
- 6 抗浮构件的抗拔力。

5.2.3 抗浮力组合值系数按表 5.2.3 取值，主体结构承载提供的抗浮力组合值系数应按抗浮力来源的类型确定。

表 5.2.3 抗浮力组合值系数 ψ_{ki}

抗浮力类型		ψ_{ki}
G_k	结构自重和其他压重材料重量	1.00
	建筑楼面、屋面做法、隔墙、永久堆积重量	0.95
	建筑内部固定设备物重量	0.60
R_{ta}	抗浮构件的抗拔力	1.00

5.3 抗水板

5.3.1 为满足建筑使用功能及结构抗浮要求，采用独立基础、条形基础以及独

立承台桩基础等非封闭基础时，应设置抗水板抵抗水压力。抗水板可采用板式或梁板式结构。

5.3.2 抗水板不宜承担地基反力。

5.3.3 作用在抗水板上的荷载有：地下水压力、人防荷载、抗水板自重及直接作用在抗水板上部的其他荷载等。

5.3.4 抗水板设计应符合下列规定：

- 1 抗水板应支承在基础或主体结构上，基础与抗水板可分别计算，基础计算应考虑抗水板的影响；
- 2 抗水板与抗浮构件联合使用时，应将抗浮构件反力作为荷载与水浮力、自重及其它压重材料重量等荷载组合，进行抗水板设计。
- 3 抗水板垫层下可设置软垫层，软垫层应符合下列规定：
 - 1) 软垫层厚度不宜小于基础边缘计算沉降量和 50mm 的较大值；
 - 2) 抗水板范围内宜全部设置。

5.3.5 抗水板混凝土强度等级不应低于 C30，厚度不应小于 250mm，受力钢筋最小配筋率不应小于 0.15%。

5.3.6 抗水板钢筋伸入支承构件的长度应满足锚固要求。

5.3.7 人防工程底板增设抗浮叠合层时，叠合层与人防底板之间应增设拉结筋可靠拉结。

6 压重法

6.1 一般规定

- 6.1.1 压重抗浮法分为全部区域压重抗浮、局部区域压重抗浮、分区域采用压重和其他方式抗浮以及整体上压重与其他方式联合抗浮等。
- 6.1.2 抗浮压重荷载，包括基础底板上、结构顶板上及外挑结构上的填筑材料自重等。
- 6.1.3 压重材料应具有稳定性，以及与结构设计年限相匹配的耐久性。
- 6.1.4 压重材料应均匀布置，避免局部集中堆放造成结构受力不均，引发局部应力集中或变形开裂。
- 6.1.5 采用压重抗浮法时建筑结构应满足结构构件承载控制要求、地基承载力控制要求，以及总沉降及差异沉降变形控制要求。
- 6.1.6 针对压重填筑材料，应明确建筑物使用期间维护要求。
- 6.1.7 人防工程顶板覆土厚度应同时满足人防工程最小防护厚度等相关要求。

6.2 设计

- 6.2.1 压重抗浮法设计应包括下列内容：
- 1 工程抗浮设计等级和抗浮安全系数确定；
 - 2 使用期间抗浮稳定性验算和分析；
 - 3 抗浮结构及构件布置、承载力和沉降变形计算及其控制标准；
 - 4 构件、压重材料的选用及其技术指标、质量控制要求；
 - 5 检测、监测及维护要求。
- 6.2.2 压重抗浮法构件设计应符合下列规定：
- 1 压重荷载大小和位置应通过抗浮稳定性验算确定；
 - 2 室内压重体不应影响建筑的使用功能，并兼顾后续改造的可能；
 - 3 采用结构或构件压重、结构底板外挑增重时，结构或构件应满足结构设计的强度、刚度及变形控制要求。
- 6.2.3 填筑材料应符合下列规定：
- 1 可结合当地材料供应条件选用土、砂石、普通混凝土或重型混凝土材料以及工业废料、再生料等。
 - 2 工业废料、再生料的放射性应符合表 6.2.3-1 的规定。

表 6.2.3-1 工程回填用材料的放射性限量

测定项目	限量
内照射指数 (I_{Ra})	≤ 1.0
外照射指数 (I_{γ})	≤ 1.0

3 工业废料、再生料的重金属浸出毒性应符合表 6.2.3-2 的规定。

表 6.2.3-2 浸出毒性鉴别标准值

危害成分项目	浸出液中危害成分浓度限制(mg/L)
铜 (以总铜计)	100
锌 (以总锌计)	100
镉 (以总镉计)	1
铅 (以总铅计)	5
总铬	15
铬 (六价)	5
烷基汞	不得检出
汞 (以总汞计)	0.1
铍 (以总铍计)	0.02
钡 (以总钡计)	100
镍 (以总镍计)	5
总银	5
砷 (以总砷计)	5
硒 (以总硒计)	1
无机氟化物 (不包括氟化钙)	100
氰化物 (以 CN 计)	5

4 采用钢渣作为回填材料时, 应符合表 6.2.3-3 的规定。

表 6.2.3-3 工程回填用钢渣的技术要求

项目	技术要求
粉化率测定值的波动上限/%	≤ 5.00
浸水膨胀率/%	≤ 2.00
最大粒径/mm	≤ 90

金属铁含量/%	≤ 2.00
---------	-------------

5 采用钢渣等可能存在膨胀特性的材料作为回填材料时，宜采取可释放填筑材料变形的回填构造措施，避免填筑材料变形影响建筑正常使用。

6 根据压重材料选择的不同和工程要求，可设置疏干层和集水坑。

7 工业废料、再生料作为压重填筑材料时，应通过专项论证后采用。

8 不同压重填筑材料重度可按表 6.2.3-4 取用。

表 6.2.3-4 抗浮计算中不同填筑材料重度建议值

材料属性	重度值 (kN/m ³)
填土	16
普通混凝土	22
其他	按设计要求

9 外挑底板上的压重材料宜选择同一种材料。选择不同材料回填时，材料之间应有相似的材料属性和力学性能。

10 采用铁块、混凝土块、砂袋等块体或袋装材料压重时，应明确其永久堆放要求，并对堆砌结构的稳定性进行验算。

6.3 检测要求

6.3.1 采用填筑材料作为抗浮措施时，应对填筑材料的填筑范围和填筑厚度进行检测，并作为压重法抗浮措施验收的依据。

6.3.2 采用填筑材料作为抗浮措施时，应对填筑材料的重度进行检测。

7 抗浮桩法

7.1 一般规定

7.1.1 抗浮桩可选用灌注桩或复合桩。灌注桩宜选用长螺旋钻孔压灌桩或桩侧后注浆钻孔灌注桩，复合桩宜选用劲性复合桩或链式切削搅拌植桩。

7.1.2 抗浮桩应进行下列计算：

- 1 单桩竖向抗拔承载力及群桩抗拔承载力计算；
- 2 桩身受拉承载力计算；
- 3 桩身裂缝宽度计算和桩身抗裂验算；
- 4 抗浮桩设计除满足抗浮水位工况外，尚应满足常水位工况下承担竖向荷载的承载力与变形要求；
- 5 主楼采用变刚度调平设计时，应考虑主楼周边抗浮桩布置对差异沉降的影响，进行地基基础协同作用计算。

7.1.3 单桩竖向抗拔承载力应通过单桩竖向抗拔静载荷试验确定，同一条件下试验桩数量不少于 3 根，试验应采用慢速维持荷载法。

7.1.4 灌注桩桩身混凝土强度等级不应低于 C25，预应力灌注桩桩身混凝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。

7.1.5 钢筋混凝土桩桩身混凝土裂缝控制和验算应符合下列要求：

- 1 对于受长期或经常出现水平力或拔力的桩，应验算桩身的裂缝宽度，其最大裂缝宽度不得超过 0.25mm。
- 2 对于处于腐蚀介质环境中不允许桩身开裂以及施加预应力的桩应进行桩身混凝土的抗裂验算。
- 3 复合预制桩桩身承载力及裂缝控制应按内芯进行验算；
- 4 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；
- 5 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。

7.1.6 抗拔预制桩上、下段连接应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；抗拔桩采用机械连接时，每根桩的接头数量不宜超过 3 个；采用焊接连接时应采用单节抗拔；桩的接头处抗弯性

能不应低于桩身的抗弯性能，接头处抗拉强度不应低于桩身抗拉强度。

7.2 设计

7.2.1 初步设计时，灌注桩单桩竖向抗拔承载力标准值确定应符合下列规定：

1 单桩或群桩呈非整体破坏时，单桩竖向抗拔承载力标准值可按下式计算：

$$R_{ta} = \sum \lambda_i q_{si} u_i l_i \quad (7.2.1-1)$$

式中： R_{ta} ——单桩竖向抗拔承载力标准值（kN）；

u_i ——破坏表面桩身周长（m），对于等直径桩 $u_i = \pi d$ ；对于扩底桩按表 7.2.1 取值；

λ_i ——抗拔系数，对于黏性土和粉土， λ_i 取 0.70~0.80；对于砂土， λ_i 取 0.40~0.60；桩长 l 与桩径 d 之比小于 20 时， λ_i 取小值。

表 7.2.1 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：1 l_i 对于软土取低值、砾石取高值； l_i 取值按内摩擦角增大而增加；

2 D 为桩端扩底直径。

2 群桩呈整体破坏时，单桩竖向抗拔承载力标准值可按下式计算：

$$R_{gta} = \frac{1}{n} u_l \sum \lambda_i q_{si} l_i \quad (7.2.1-2)$$

式中： u_l ——桩群外围周长（m）

n ——桩群中桩的数量。

7.2.2 后注浆钻孔灌注桩的单桩竖向抗拔承载力标准值，可按下式估算：

$$R_{ta} = u_i \sum \psi_{sj} q_{sj} l_j + u_i \sum \beta_{si} \psi_{si} q_{si} l_{gi} \quad (7.2.2)$$

式中： l_j ——后注浆非竖向增强段第 j 层土厚度（m）；

l_{gi} ——后注浆竖向增强段内第 i 层土厚度（m）：当仅为桩端后注浆时，竖向增强段为桩端以上 12m；当桩端、桩侧同时后注浆时，竖向增强段为桩端以上与桩侧注浆断面以上 12m 之和，重叠部分扣除；

q_{sj} 、 q_{si} ——分别为后注浆非竖向增强段第 j 层土侧阻力标准值、竖向增强段第 i 层土侧阻力标准值（kPa）；

β_{si} ——后注浆侧阻力增强系数，按表 7.2.2 取值；

ψ_{sj} 、 ψ_{si} ——大直径桩侧阻尺寸效应系数，当桩径 d 小于 800mm 时， $\psi_{sj}=\psi_{si}=1$

表 7.2.2 后注浆侧阻力增强系数 β_{si}

土层名称	黏性土、粉土	粉砂、细砂	中砂	粗砂、砾砂	砾石、卵石
β_{si}	1.4~1.8	1.6~2.0	1.7~2.1	1.9~2.5	2.2~3.0

7.2.3 灌注桩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。后注浆装置等参数设计应符合下列规定：

桩侧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：

$$G_c = \alpha_s n d \quad (7.2.3)$$

式中： G_c ——注浆量，以水泥质量计（t）；

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

n ——桩侧注浆断面数；

d ——抗浮桩设计直径（m）。

7.2.4 复合预制桩设计时，单桩竖向抗拔极限承载力应取芯桩和外桩极限承载力估算值的小值。最终的单桩竖向抗拔承载力标准值应通过单桩竖向抗拔静载试验确定。

7.2.5 灌注桩的桩身强度计算：

进行钢筋混凝土桩桩身强度验算时，钢筋混凝土轴心抗浮桩正截面受拉承载力应满足下式要求：

$$N_{\max} \leq f_y A_s + f_{py} A_{py} \quad (7.2.4)$$

式中： $N_{\max}$ ——荷载效应基本组合下最大的桩顶轴向拉力设计值（N）；

f_y ——普通钢筋抗拉强度设计值（N/mm²）；

f_{py} ——预应力纵筋抗拉强度设计值（N/mm²）；

A_s ——普通钢筋纵筋截面面积（mm²）；

A_{py} ——预应力纵筋截面面积（mm²）。

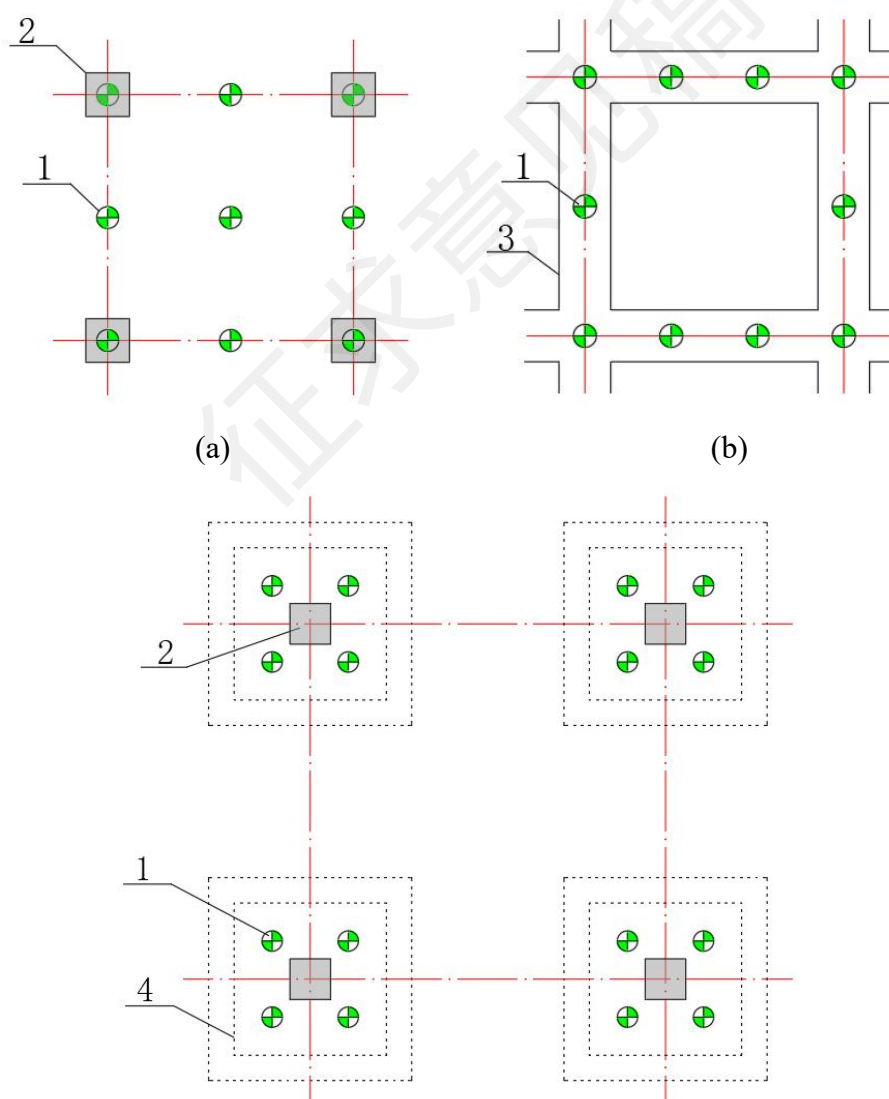
7.2.6 当进行桩身截面的抗震验算时，液化土和震陷软土中桩的配筋范围，应自桩顶至液化深度以下符合全部消除液化沉陷所要求的深度，其纵向钢筋应与桩顶部相同，箍筋应加粗加密。

7.2.7 抗浮桩的耐久性设计、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》JGJ94，复合桩设计桩身承载力及裂缝控制应按内芯进行验算。

7.2.8 抗浮桩的平面布置原则：

- 1 根据地下结构底板形式、结构荷载分布等条件综合考虑；
- 2 等间距的矩形网格排列；适用于上部结构荷载均匀分布的基础，如图 7.2.8 (a)；
- 3 基础地梁下等间距布置，适用于上部结构刚度不均匀、梁板式基础，如图 7.2.8 (b)；
- 4 柱下承台基础区域集中布置；适用于框架结构的柱下独立承台抗拔设计，或上部结构刚度不均匀、地质条件局部差异大的基础，如图 7.2.8 (c)；
- 5 抗浮桩平面布置应结合常水态工况及抗浮工况，考虑主裙楼差异沉降的影响。



(c)

图 7.2.8 抗浮桩布置图

1—抗拔桩；2—柱；3—基础地梁；4—柱下承台

7.2.9 抗拔预制桩，接头连接强度不得小于预制桩桩身强度。

7.2.10 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。

7.2.11 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。

7.2.12 桩与基础连接应符合下列规定：

- 1 当桩径小于 800mm 时，桩顶嵌入基础深度不宜小于 50mm；当桩径不小于 800mm 时，桩顶嵌入基础深度不宜小于 100mm；
- 2 桩顶应设置连接钢筋，可采用下列方式：
 - 1) 宜采用机械连接将桩身预应力钢筋与连接钢筋连接成整体并锚入基础内；
 - 2) 直接将桩身预应力钢筋锚入基础内；
- 3 当采用机械连接方式时，抗浮桩连接钢筋的根数应与桩身预应力钢筋的根数相同，钢筋直径和锚固长度应按计算确定；
- 4 当采用桩的预应力钢筋直接锚固时，预应力钢筋锚入基础内的长度，除满足计算要求外，对于抗浮桩不应小于 50 倍钢筋直径。

7.3 检测要求

7.3.1 抗拔承载力验收检测应采用单桩竖向抗拔静载试验，检测数量应符合下列规定：

- 1 检测数量不应少于同条件下总桩数的 1%，且不应少于 3 根；
- 2 当同条件下总桩数少于 50 根时，检测数量不应少于 2 根；
- 3 同一单体工程中，当采用两种或两种以上桩型时，每种桩型应按本条第 1 款、第 2 款分别确定检测数量。

7.3.2 抗浮桩桩身完整性检测，宜采用两种或两种以上的检测方法，抗浮桩检测数量应符合如下规定：

- 1 抗浮设计等级为甲级或设计使用年限为 100 年的工程桩身完整性检测数量宜为总桩数的 100%，宜按不少于总桩数 10%的比例采用声波透射法或钻芯

法检测；

2 其它桩基工程，检测数量不应少于总桩数的 20%，且不少于 10 根。

3 除符合上款规定外，每个柱下承台检测桩数不应少于 1 根。

7.3.3 复合预制桩的水泥土外桩强度检验，应在施工前通过工艺性试验桩进行。试验桩应在成桩 28d 后采用钻孔进行全桩长钻芯法试验，水泥土无侧限抗压强度不应低于 1.5MPa。应对主要土层分别取样，每种土层的芯样不宜少于 3 组。

征求意见稿

8 锚杆法

8.1 一般规定

8.1.1 抗浮锚杆应结合基础形式、正常使用工况下抗浮锚杆受力情况等条件确定平面布置方案，以确保基础受力合理、抗浮锚杆受力均匀，避免渐进破坏。在满足整体抗浮稳定要求前提下，锚杆布置尚应充分考虑局部抗浮对地下结构底板受力及变形的影响。

8.1.2 抗浮设计存在下列情形之一的，采用锚杆时，应对锚杆选型和设计方案进行专门研究和论证：

- 1 未经处理的有机质、液化、填土等软弱地基；
- 2 锚固段位于对反复荷载敏感的地层等特殊地层；
- 3 土和水腐蚀等级为强腐蚀；
- 4 地区工程经验较少；

8.1.3 岩层锚杆锚固体直径不宜小于 100mm，土层锚杆锚固体直径不宜小于 180mm，等直径锚杆及非扩体段的锚杆直径不宜大于 250mm。

8.1.4 抗浮锚杆平面中心间距，等直径锚杆不应小于锚固体直径的 8 倍，扩体锚杆同时不应小于扩体段直径的 4 倍，且均不应小于 1.5m。

8.1.5 抗浮锚杆正式施工前应进行基本试验，基本试验锚杆岩土层条件、自由段长度等锚杆参数和施工工艺与工程锚杆相同，并按本标准附录 B 进行检测。

8.1.6 锚杆进行基本试验和蠕变试验后，不宜作为工程锚杆使用。

8.2 设计

I 杆体

8.2.1 抗浮锚杆类型应根据抗浮设计等级、变形控制要求、地质条件、锚杆受力特点、施工条件及地区经验选定，锚杆类型及适用条件按表 8.2.1 确定。

表 8.2.1 锚杆类型及适用条件

锚杆类型	锚杆工作特性与适用条件
全长粘结型锚杆	1. 适用于岩层或非软土层、竖向位移控制要求不严格； 2. 土层锚杆单根锚杆抗拔承载力标准值不宜大于 240kN，岩层锚杆单根锚杆抗拔承载力标准值不宜大于 350kN； 3. 岩层锚杆长度宜为 3m~10m，土层锚杆长度宜为 7m~15m；

	4. 土层锚固体直径宜为 180~250mm，岩层锚固体直径宜为 100~200mm
压力型预应力锚杆	1. 土层锚杆单根锚杆抗拔承载力标准值不宜大于 400kN，岩石锚杆单根锚杆抗拔承载力标准值不宜大于 1000kN； 2. 腐蚀性等级中等的土层，单根锚杆抗拔承载力标准值不宜大于 300kN； 3. 岩层锚杆锚固段长度大于 10m、土层锚杆锚固段长度大于 15m 时，承载力的增加值有限； 4. 锚固体直径宜为 200~250mm
拉力型预应力锚杆	1. 适用于硬岩、中硬岩或非软土层，单根锚杆抗拔承载力标准值不大于 400kN； 2. 岩层锚杆锚固段长度大于 10m、土层锚杆锚固段长度大于 15m 时，承载力的增加值有限； 3. 土层锚固体直径宜为 180~250mm，岩层锚固体直径宜为 100~150mm
压力分散型预应力锚杆	1. 适用于软岩或腐蚀性等级中等的土层，单位长度锚固段承载力高，且蠕变量小； 2. 承载力可随锚固段长度增大而有限增加； 3. 锚固体直径宜为 200~250mm
扩体锚杆	1. 适用于土层，可施加预应力； 2. 抗拔承载力高于常规同条件等直径锚杆； 3. 等直径段锚固体直径宜为 180~250mm，扩体段锚固体直径宜为 400~600mm

8.2.2 单根抗浮锚杆抗拔承载力标准值应按下列公式确定：

$$R_{ta} = T_{uk} / K \quad (8.2.2)$$

式中： R_{ta} ——单根锚杆抗拔承载力标准值（kN）；

T_{uk} ——单根锚杆极限抗拔承载力标准值（kN）；

K ——安全系数，取 $K=2.0$ 。

8.2.3 抗浮锚杆抗拔承载力和设计参数应通过现场荷载试验确定。初步设计时呈非整体破坏时单根锚杆抗拔承载力标准值可按下列公式估算。

1 等直径岩层锚杆

$$T_{uk} = \zeta \pi D f_{rbk} l_m \quad (8.2.3-1)$$

式中： ζ ——经验系数，可取 0.8；

D ——锚杆锚固体直径（m）；

f_{fbk} ——锚固体与岩层间极限粘结强度标准值（kPa），应由试验确定；

l_m ——有效锚固长度（m）。

2 等直径土层锚杆

$$T_{\text{uk}} = \pi D \sum \zeta_i f_{\text{sik}} l_i \quad (8.2.3-2)$$

式中： D ——锚杆锚固体直径（m）；

ζ_i ——经验系数，可取 0.8；

f_{sik} ——锚固体与第 i 层土层间极限粘结强度标准值（kPa），应由试验确定；

l_i ——第 i 层土层中有效锚固长度（m）。

3 扩体锚杆

$$T_{\text{uk}} = \pi \left[D_1 \sum_{i=1}^m f_{\text{sik}} l_i + D_2 \sum_{j=1}^n f_{\text{sjk}} l_j + \frac{(D_2^2 - D_1^2) p_D}{4} \right] \quad (8.2.3-3)$$

$$p_D = \frac{(K_0 - \zeta) K_p \gamma h + 2c \sqrt{K_p}}{1 - \zeta K_p} \quad (8.2.3-4)$$

式中： D_1 ——锚杆等直径段直径（m）；

D_2 ——扩体直径（m）；

l_i ——锚杆等直径有效锚固段第 i 层土层中有效锚固长度（m）， $\sum l_i = L_{D1}$ ，

其中 L_{D1} 为锚杆等直径锚固段的计算长度（m）：对非预应力锚杆，取实际长度减去 2 倍扩体直径；对预应力锚杆取 $L_{D1}=0$ ；

l_j ——锚杆扩体段第 j 土层中锚固长度（m）， $\sum l_j = L_{D2}$ ，其中 L_{D2} 为扩体长度（m）；

p_D ——扩体上端面土体对扩体抗力的强度值（kPa）；

K_0 ——扩体上覆土体的静止土压力系数，应由试验确定；无试验资料时，可按有关地区经验取值，或取 $K_0 = 1 - \sin \varphi'$ （ φ' 为土体的有效内摩擦角）；

ζ ——扩体向上位移时反映土的挤密效应的侧压力系数，应由试验确定；无试验资料时，可按有关地区经验取值，对非预应力锚杆可取 $\zeta = (0.50 \sim 0.90) K_a$ ，对预应力锚杆可取 $\zeta = (0.85 \sim 0.95) K_a$ ， K_a 为主动土压力系数。 ζ 与扩体上覆土体的强度有关，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；
 K_p ——扩体上覆土体的被动土压力系数；
 γ' ——扩体上覆土体的浮重度（ kN/m^3 ）；
 h ——扩体上覆土体的厚度（ m ）；
 c ——扩体上覆土体的黏聚力（ kPa ）。

4 分散型锚杆

$$T_{uk} = \sum T_{uki} \quad (8.2.3-4)$$

式中： T_{uki} ——各单元锚杆极限抗拔承载力标准值（ kN ）。

8.2.4 锚固段浆体与筋体间粘结长度宜按下式验算：

$$L_b \geq \frac{K_b N_{tk}}{n \pi d \xi f_{ms}} \quad (8.2.4)$$

式中： L_b ——筋体粘结段长度（ m ）；

K_b ——锚固段浆体与筋体之间锚固长度安全系数，取 $K_b=2.0$ ；

N_{tk} ——抗浮锚杆所受轴向拉力标准值（ kN ），可取 $N_{tk}=1.0R_{ta}$ ；

n ——钢筋或钢绞线根数；

d ——单根筋体直径（ m ）；

ξ ——采用 2 根或 2 根以上钢筋或钢绞线时，界面粘结强度降低系数，宜取 0.70~0.85；

f_{ms} ——锚固段浆体与筋体间极限粘结强度标准值（ kPa ），应由试验确定；涂层钢筋和涂层钢绞线应取无涂层钢筋和无涂层钢绞线粘结强度的 80%。

8.2.5 群锚呈整体破坏时，应按下式验算抗浮稳定性：

$$\frac{G_k + n(W_w + R_{mc}/2)}{N_{wk}} \geq K_w \quad (8.2.5)$$

$$W_w = \left[\pi ab \frac{a+b}{48 \tan \varphi} + ab \left(L - \frac{a+b}{4 \tan \varphi} \right) \right] \gamma'_m \quad (8.2.5)$$

$$R_{mc} = ab f_{tk}$$

式中： G_k ——建筑物结构自重及压重标准值之和（ kN ）；

W_w ——假定破坏体内按浮重度计算的岩土体自重标准值（ kN ）；

R_{mc} ——圆锥体破裂面上的岩土体极限抗拉承载力标准值（kN）；

N_{wk} ——浮力作用值（kN）；

a 、 b ——锚杆布置的纵向和横向间距（m）；

L ——锚杆总长度（m）；

φ ——锚杆端部土层的内摩擦角（°），一般可取 30°；

γ'_m ——破坏体内岩土体平均浮重度标准值（kN/m³）；

f_{tk} ——锥体破裂面岩土体平均极限抗拉强度标准值（kPa），按试验结果或工程经验取值，土层、全风化岩及强风化岩可取 0。

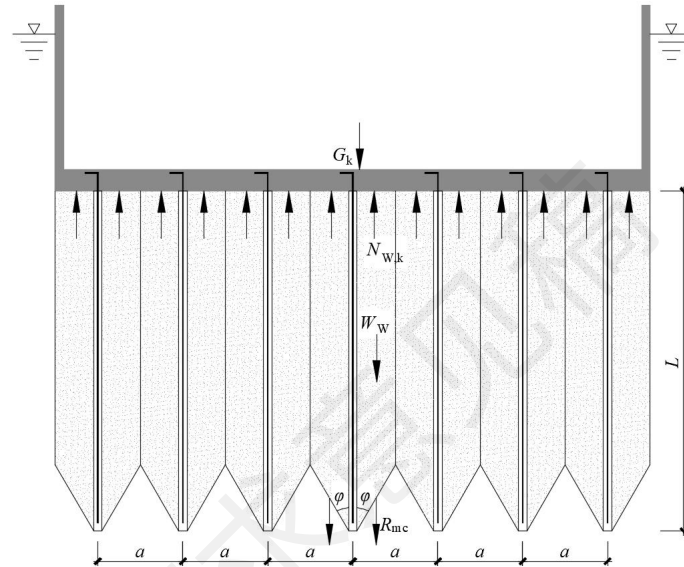


图 8.2.5 群锚效应锚杆抗拔承载模式示意

8.2.6 锚杆筋体截面面积应按下式确定：

$$A_s \geq \frac{K_t N_{tk}}{f_{yk}} \quad (8.2.6-1)$$

$$A_s \geq \frac{K_t N_{tk}}{f_{pyk}} \quad (8.2.6-2)$$

式中： A_s ——锚杆筋体截面面积（mm²）；

K_t ——锚杆筋体抗拉安全系数，取 2.0；

N_{tk} ——抗浮锚杆所受轴向拉力标准值（N）；

f_{yk} ——钢筋屈服强度标准值（N/mm²）；

f_{pyk} ——预应力筋屈服强度标准值（N/mm²）。

8.2.7 压力型锚杆注浆体受压承载力应按下式计算：

$$N_{tk} \leq \eta f_{ck} A_c / 2 \quad (8.2.7)$$

式中： 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（N/mm²），可按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 取值；

A_c ——浆体受压净面积（mm²），为承载体与浆体之间扣除套管或筋体截面积之后的接触面积。

II 材料

8.2.8 锚杆材料和部件应满足锚杆设计要求，不同材料间不能产生不良的相互影响。

8.2.9 锚杆筋体采用的钢筋应符合下列规定：

1 应根据锚杆承载力要求选用热轧带肋钢筋或预应力螺纹钢筋，其力学指标应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《预应力混凝土用螺纹钢筋》GB/T 20065 和现行行业标准《环氧树脂涂层钢筋》JG/T 502 的有关规定。

2 锚杆连接部件均应能承受杆体极限抗拉承载力。

8.2.10 锚杆筋体采用的钢绞线应符合下列规定：

1 钢绞线、环氧涂层钢绞线、无粘结钢绞线，应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的有关规定；

2 压力型锚杆宜采用无粘结钢绞线、缓粘结钢绞线或预应力螺纹钢筋；

3 除修复外，钢绞线应为连续体，不得连接。

8.2.11 锚固体水泥浆、水泥砂浆、细石混凝土强度不应低于 30MPa，并宜根据工程需要加入外加剂。

8.2.12 锚固板和钢垫板宜采用 Q235、Q355 级钢，钢垫板宜采用圆形钢板。

8.2.13 锚具应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的有关规定。

III 耐久性

8.2.14 锚杆防腐设计应依据设计使用年限、腐蚀等级等综合确定防腐等级，并采取有效的防腐构造措施。

8.2.15 腐蚀等级根据土和水对筋材腐蚀程度划分为微、弱、中、强四级，防腐等级应符合表 8.2.15 的规定。

表 8.2.15 抗浮锚杆最低防腐等级

锚杆类型	腐蚀等级			
	微	弱	中	强
全长粘结型锚杆 拉力型预应力锚杆 全长粘结型扩体锚杆 拉力型预应力扩体锚杆	Ⅱ级	Ⅰ级	*	*
压力型预应力锚杆 压力分散型预应力锚杆 压力型扩体锚杆	Ⅱ级	Ⅰ级	Ⅰ级	*

注：“*”表示该腐蚀等级的防腐措施应通过专项技术研究和论证。

8.2.16 锚杆各级防护要求应不低于本标准表 8.2.15 的要求，不同防腐等级的防腐作法应符合附录 C 要求。

8.2.17 筋体保护层厚度不应小于 25mm，且不应小于钢筋直径，锚杆的锚具、垫板及端头筋体混凝土保护层厚不应小于 50mm，筋体间净距不小于 10mm。

8.2.18 抗浮浆体防护应满足表 8.2.18 要求。

表 8.2.18 抗浮锚杆浆体防护要求

腐蚀性介质和强度等级			保护措施和要求	
SO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻ 含量 (mg/L)	≤2500	P.MSR	采用抗硫酸盐 水泥
		≤8000	P.HSR	
	腐蚀等级	弱	≥20mm	增加浆体 腐蚀裕量
		中	≥40mm	
pH 值	腐蚀等级	弱	≥20mm	增加浆体 腐蚀裕量
		中	≥40mm	
Cl ⁻	浆体掺入阻锈剂			

注：1.P.MSR 一中抗硫酸盐硅酸盐水泥，P.HSR 一高抗硫酸盐硅酸盐水泥。

2.氯化物环境下不宜使用抗硫酸盐硅酸盐水泥。

IV 锚固节点

8.2.19 非预应力抗浮锚杆与地下结构底板锚固连结可采用直锚、弯钩或机械锚固等形式。

8.2.20 直锚、弯钩和机械锚固技术要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 和《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的相关规定。

8.2.21 非预应力抗浮锚杆与地下结构底板采用锚固板锚固时，抗浮锚杆筋体应与锚固板有效连结。锚固板平面尺寸应满足混凝土底板冲切和局部受压承载力要求，锚固板厚度应符合强度要求，锚固板强度验算可依据附录 D 计算。锚固板下底板受冲切有效高度不应小于 250mm，并应将锚固板伸至地下结构底板顶面主筋位置。地下结构底板在抗浮锚杆轴向拉力作用下的受冲切承载力应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 中有关受冲切承载力计算的规定。

8.2.22 预应力锚杆与地下结构底板连结时，应采用垫板和锚夹具进行连结。垫板平面尺寸应符合混凝土底板冲切和局部受压承载力要求，垫板厚度应符合强度要求。

8.3 检测要求

8.3.1 抗浮锚杆验收检验的锚杆数量不应少于每种类型锚杆总数的 5%，且不应少于 6 根。

8.3.2 验收试验检测最大加载值应不小于抗浮锚杆抗拔承载力标准值的 2 倍。

8.3.3 土层全长粘结型抗浮锚杆应进行锚固质量检测，检测数量不少于锚杆总数的 10%，且不少于 20 根。

8.3.4 预应力锚杆应进行锁定值检测，检测数量不少于锚杆总数的 5%。

8.3.5 预应力锚杆采用缓粘结钢绞线作为筋体时，应按本工程附录 B 进行筋体有粘结和筋体无粘结的基本试验。验收试验和持荷试验按预应力锚杆执行。

8.4 张拉与锁定要求

8.4.1 预应力锚杆张拉前，应进行超张拉试验，试验数量不少于 6 根。

8.4.2 预应力锚杆初始预应力值的确定应考虑基础结构变形控制要求。

8.4.3 预应力锚杆的锁定时间应根据土层条件、结构荷载和地基基础变形完成情况综合确定，锁定工作宜在主体结构施加一定荷载后进行。

8.4.4 预应力锚杆锁定过程中，宜进行锚杆轴力监测或锁定荷载试验，轴力损失超过 8%锁定值时，应进行补张拉。

9 限压法

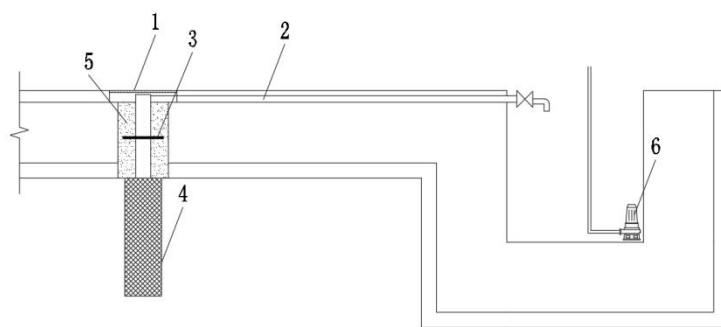
9.1 一般规定

- 9.1.1 应根据地下结构形式、性质、上覆荷载情况和抗浮设防水位等综合确定抗浮限压水位。
- 9.1.2 限压法设计宜采用自动化、智能化技术，兼顾节能和稳定的原则，设计监测系统并做好基底水压力的长期监测。
- 9.1.3 特定山区季节性高水位工程、经专项论证其它抗浮措施技术性和经济性不可行的新建工程和既有建筑抗浮加固工程，具备长期排水条件且不影响建筑使用功能时，可采用限压法技术。
- 9.1.4 限压法的设计工作年限不应低于主体结构的设计工作年限。可更换构件或设备应明确更换标准，按期更换维护。
- 9.1.5 限压法设计应满足抗浮稳定性要求，结构和构件的承载力、变形及抗浮设施的有效性应符合抗浮性能及结构设计要求，并应分析水位下降对邻近既有建筑物的影响。
- 9.1.6 限压法设计应明确外排要求，并明确抽排水途径和排放能力，避免由于实际排水量超过排水途径的排水能力而造成排水降压失效。
- 9.1.7 限压法设计应评估长期排水对周边环境及相邻建筑的影响，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。
- 9.1.8 人防工程防护区及外延一跨范围内，不得采用设置泄压装置的限压措施。

9.2 设计

I 泄压井

- 9.2.1 室内采用泄压井排水抗浮时，应确保室内配套的排水系统能够满足泄压涌水量峰值要求。
- 9.2.2 泄压井排水抗浮宜在地下结构基底点状均匀布置，通过排水管与集水坑或出水系统相连通；井管在穿越主体结构底板处应设置止水措施（图 9.2.2）。



1—井盖；2—排水管；3—止水措施；4—过滤装置；5—封孔材料；6—水泵

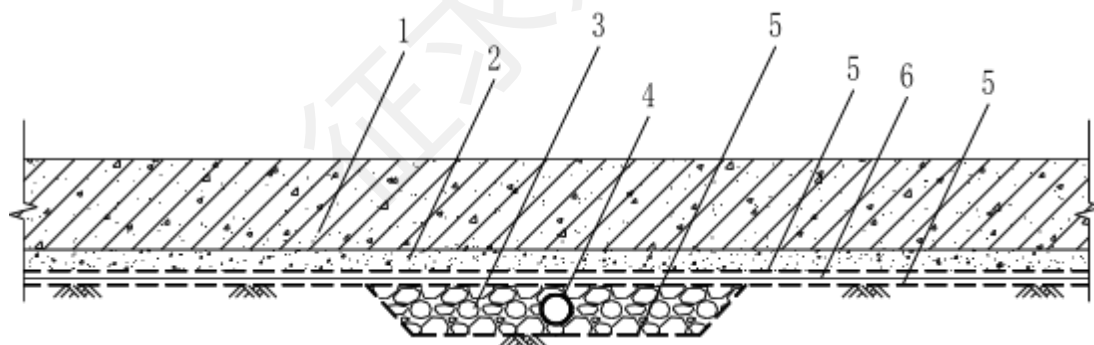
图 9.2.2 泄压井系统结构示意图

9.2.3 泄压井井管周边应设置反滤层，井管宜采用无砂混凝土管。

II 排水盲沟

9.2.4 排水层排水抗浮可选择复合排水网或碎石层，按图 9.2.4 所示与排水盲沟结合布置，并应符合下列要求：

- 1 排水层在地下结构基底下宜满铺；
- 2 排水盲沟可在地下结构基底下沿相互垂直的两个方向均匀布置，在盲沟内埋设导水管或排水管，将地下水导入排水管和集水坑中；
- 3 导水管间距不宜大于 30m，排水管间距不宜大于 40m。



1—底板；2—垫层；3—碎石层；4—导水管/排水管；5—透水土工织物；6—复合排水网或碎石层

图 9.2.4 排水盲沟结构与布置形式简图

9.2.5 排水盲沟的截面形式宜呈倒梯形，深度以基底以下 0.4m~0.5m 为宜，边坡坡率宜取 1: 0.75~1: 1.0，相互交叉的盲沟应水力联通。

9.2.6 排水管直径宜根据流量确定，且不宜小于 60mm。抽水泵的数量和功率应根据入渗流量和集水坑数量确定。

III 排水廊道

9.2.7 使用排水廊道抗浮应满足以下条件：

- 1 建筑场地位于坡地或建筑地下室两侧埋深存在一定高差；
- 2 具备自流出水条件，如周边存在河渠等天然出口，若无天然出口而采用市政管道作为出口时，应设置备用出口以防回灌。

9.2.8 排水廊道应按永久结构进行设计，在其设计使用年限内应满足设计出水要求。

9.2.9 排水廊道沿地下室周边布置，廊道内宜有通风及照明装置。

9.2.10 排水廊道侧壁和底板应设置渗水体，侧壁渗水体宜采用无砂混凝土砌块，渗水体外侧应设置反滤层，廊道底板渗水体可采用碎石滤料，滤料底部也应设置反滤层。

9.3 检测要求

9.3.1 限压法相关设备施工完成后具备条件时应进行试抽水；并验证限压系统的可靠性。

9.3.2 原材料、过滤层及监测系统等检验依据现场行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476 执行。

9.3.3 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%。

9.3.4 导水管的位置和标高应符合设计要求。

10 既有建筑抗浮

10.1 一般规定

10.1.1 对于发生上浮或因条件变化导致抗浮稳定性及抗浮构件承载力不满足要求的既有建筑，应采取抗浮治理措施。

10.1.2 既有建筑出现上浮损伤且可能产生危害时，应先采取应急处置措施，确保结构安全后再进行抗浮检测鉴定及治理工作。

10.1.3 既有建筑抗浮治理方案应依据岩土工程勘察报告、检测及鉴定结论，根据工程实际条件进行技术经济比较后综合确定。

10.1.4 既有建筑抗浮治理完成验收后应进行水位监测以及抗浮加固结构的安全性监测，应符合本标准第 11 章的有关规定。

10.1.5 既有建筑人防防护区底板增设抗浮锚杆或抗浮桩的，施工完成后应对其穿板处进行防护密闭和防渗漏专项验收。

10.2 抗浮加固设计

10.2.1 既有建筑抗浮加固范围应根据现场检测和鉴定的情况综合确定；抗浮加固设计不宜改变既有建筑的使用功能和环境条件，当不可避免时应经业主确认，并根据整体结构的检测鉴定情况进行复核。

10.2.2 既有建筑抗浮加固设计应具备下列资料：

- 1 包含抗浮水位及抗浮构件设计所需参数的场地岩土工程勘察报告；
- 2 工程周边建筑物、地下管线等环境资料；
- 3 既有建筑设计文件；
- 4 既有建筑竣工资料；
- 5 既有建筑抗浮检测鉴定报告。

10.2.3 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。既有抗浮桩、抗浮锚杆承载力检测宜在原位进行单桩竖向抗拔静载试验和锚杆的多循环基本试验，不具备条件时可采用本标准附录 E 中方法确定其抗拔承载力特征值。对既有建筑中抗浮锚杆其预应力损失和蠕变特性检测，可按本标准附录 B 中 B.3 确定其实际持有荷载，按 B.4 确定其蠕变特性。

10.2.4 基础底板抗浮加固新增混凝土强度等级及抗渗等级不应低于原设计，且

强度等级不应低于 C30，抗渗等级不应低于 P8。新旧混凝土界面处理及其粘结质量应符合《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的有关规定。

10.2.5 应考虑既有结构的承载历史及施工状态影响，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，选用符合结构实际工作情况的计算模型。

10.2.6 新增抗浮锚杆及抗浮桩的设置应考虑原有抗浮构件平面布置情况进行合理避让，宜满足本标准 8.1.3 条及《建筑工程抗浮设计标准》JGJ 476 中 7.6.3 条规定，当不满足时应考虑新旧抗浮构件间距对其承载力的影响。对于已发生破坏的原抗浮构件，不应再考虑其抗浮作用；对于未发生破坏且仍处于弹性工作阶段的原抗浮构件，可考虑其抗浮作用。

10.2.7 应采取有效措施确保抗浮治理期间建筑物抗浮稳定与工程安全，在抗浮治理施工期间及新增抗浮构件达到设计强度之前，应严格进行地下水位控制。

10.2.8 既有建筑抗浮治理时，应对原基础底板的渗漏、裂缝进行全面排查，并对渗漏、裂缝位置进行堵漏或灌缝处理。

10.2.9 当上浮建筑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。

10.2.10 既有建筑抗浮治理可选用下列一种或多种方法：

- 1 增重法；
- 2 增设锚杆法；
- 3 增设抗浮桩法；
- 4 限压法；
- 5 结构增强法；
- 6 其他抗浮加固方法。

I 增重法

10.2.11 当既有建筑抗浮力不足，并具备增重实施条件时，抗浮治理设计宜优先采用增重法，且尚应满足下列要求：

- 1 增重后地基基础、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；
- 2 增加压重材料时应满足第 6 章有关规定，同时应明确压重材料容重；
- 3 增重荷载宜位于地下结构顶部或底部，不宜影响建筑使用功能；

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 当采用含水材料时，应考虑含水率和水位波动可能导致压重荷载变化，需定期进行水位及含水率的监测。

II 增设锚杆法

10.2.12 既有建筑出现上浮破坏或结构抗浮条件发生变化，建筑抗浮力小于浮力且相差较大，同时具备新增抗浮锚杆实施条件时，宜采用增设抗浮锚杆法进行抗浮加固。

10.2.13 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，宜采用预应力抗浮锚杆，同时需满足最低抗浮水压力条件下地基承载力要求。抗浮锚杆设计应满足第 8 章有关规定。

10.2.14 增设锚杆法应与既有结构或抗浮构件联合组成抗浮体系，新增抗浮锚杆应考虑施工扰动对已有抗浮构件的影响。

10.2.15 新增抗浮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需求等多种因素，采用集中点状布置、网状布置和均匀布置等不同方式。

10.2.16 新增抗浮锚杆应考虑对现状结构基础构件以及防水的损伤情况，并应采取相应补强措施。

10.2.17 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。

10.2.18 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。

10.2.19 基础底板顶部在不影响建筑使用功能前提下宜设置疏水层及配套排水措施。疏水层应具有足够的排水能力，并应与集水设施有效衔接。

III 增设抗浮桩法

10.2.20 既有建筑出现上浮破坏或结构抗浮条件发生变化，建筑抗浮力小于浮力且相差很大，同时具备新增抗浮桩实施条件时，可采用增设抗浮桩进行抗浮加固，增设抗浮桩法设计应满足第 7 章有关规定。

10.2.21 新增抗浮桩桩型应能适应狭小空间施工要求，实际选用时还需考虑施工

机具尺寸、钢筋笼吊装、混凝土浇筑等空间要求。

10.2.22 新增抗浮桩应考虑施工扰动对既有抗浮构件的影响。

10.2.23 新增抗浮桩应考虑对现状结构基础构件以及防水的损伤情况，并应采取相应补强措施。

10.2.24 新增抗浮桩应满足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。新增抗浮桩施工应保证桩身混凝土强度等级及浇筑完整性。

10.2.25 新增抗浮桩设计时，除应满足桩基自身承载力外，尚应对筏板基础进行承载力极限状态及正常使用极限状态验算。

10.2.26 基础底板顶部在不影响建筑使用功能前提下宜设置疏水层及配套排水措施。疏水层应具有足够的排水能力，并应与集水设施有效衔接。

IV 限压法

10.2.27 地下水位受季节和地表水下渗等影响，水浮力短期变化大并超出原设计抗浮要求，同时具备满足需求的长期排水条件且不影响建筑使用功能时，可采用限压法进行抗浮治理。限压法设计应满足第 9 章有关规定。

10.2.28 限压法可分为室外降水减压法和室内排水减压法，在条件允许的情况下宜优先采用室外降水减压法。当既有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，可采用室内排水减压法。

10.2.29 采用限压法时，既有基础底板应根据减压后控制水位进行承载力及变形计算。

V 结构增强法

10.2.30 既有建筑整体抗浮满足、局部结构抗浮承载力不足时，抗浮加固可采用结构增强法。结构增强法可考虑对结构底板进行增强，或考虑结构底板及上部结构共同作用，同时增强底板及上部结构刚度及承载力。

10.2.31 底板增强设计应符合下列规定：

- 1 加固设计应满足现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的有关规定。

- 2 新增钢筋混凝土叠合板厚度不宜小于 100mm，既有底板防水作用失效时，

新增板厚度不宜小于 250mm；新增叠合板配筋应根据底板受力计算结果确定。

10.2.32 当结构增强法考虑底板及上部结构共同作用时，应采用地基基础与上部结构协同分析方法。

征求意见稿

11 监测与维护

11.0.1 监测应结合北京地区水文地质特征、季节性气候影响及周边工程活动情况，抗浮监测包含施工期和使用期。

11.0.2 施工期应对与抗浮稳定密切相关的各含水层地下水位进行系统监测；当遭遇降雨、管网渗漏等可能引发水位快速上升的情形时，监测频次应加密。

11.0.3 施工期当拟建建筑周边存在地下管线时，应重点监测管线破损渗漏等情况，及时评估其对地下水位的影响程度并采取措施。

11.0.4 具备实施条件的新建建筑、既有建筑治理宜结合场地工程地质和水文地质条件设置水位长期监测井。

1 勘察单位在工程项目勘察报告中应设置章节提出与工程抗浮相关的地下水长期监测井的深度、地下水分层观测的建议。

2 设计单位根据场地情况，明确地下水长期监测井的数量、位置、报警水位。

11.0.5 监测项目及周期应按表 11.0.5 确定。

表 11.0.5 监测项目及周期

抗浮类型/等级		监测项目			监测周期
		地下水水位	底板竖向变形	底板裂缝及渗漏	
新建建筑	甲级	应测	应测	/	设置地下水长期监测井的工程水位监测年限与建筑设计工作年限一致；其他工程 and 项目不少于 2 年
	乙级	应测	宜测	/	不少于 2 年
	丙级	宜测	可测	/	不少于 1 年
既有建筑	已发生上浮	应测	应测	应测	不少于 2 年
	改造加固	应测	宜测	宜测	不少于 1 年

11.0.6 监测频率符合下列规定：

1 使用期监测频率宜按每年 6 月-10 月为丰水期 1 次/5 天，其他时间 1 次/10 天。

2 遭遇流域生态补水、地下水位骤变或持续强降水时，应加密监测，频率宜为 1 次/6 小时。

3 在永定河、潮白河、温榆河、北运河、蓟运河、大石河、拒马河、妫水河等北京市主干河道沿线，山前冲洪扇扇顶和扇中部位可根据情况适当加密。

11.0.7 基础、底层柱的变形监测点布置按抗浮分区确定；裂缝观测应测定分布位置、走向、长度、宽度及其变化情况。

11.0.8 限压法及长期监测井应在工作年限内进行维护。维护措施按《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 执行。

征求意见稿

附录 A 抗浮设计专篇（样例）

抗浮设计专篇主要内容建议如下：

1 设计依据

1.1 目的：明确本工程抗浮设计的各项要求，确保地下结构在施工期间及使用期间的抗浮稳定性。

1.2 主要依据：

《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003-2021

《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011

《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476-2019

《北京地区建筑地基基础勘察设计规范》（2016 年版）DBJ 11-501-2009

《建筑与市政工程抗浮勘察标准》（DB11/T 2241-2024）

本工程岩土工程详细勘察报告（报告名称： ，编制单位： 工程
编号：编制日期： ）。

1.3 抗浮设计概况

建筑±0.000 标高对应的绝对标高。

地下工程概况：地下室层数、结构形式、埋深、底板标高、用途等。

需采取抗浮措施的区域。

抗浮工程设计等级：甲/乙/丙（可按建筑区域确定）

抗浮安全稳定系数：

2 工程地质与水文地质条件

2.1 工程地质条件

工程地质简介

2.2 水文地质条件

1) 场地地下水类型（潜水、承压水）、补给排泄条件、年变化幅度；

2) 与抗浮相关的结论与建议（含抗浮设防水位）；

3) 设置地下水监测井的建议。

3 土水腐蚀性评价

各岩土层地下水腐蚀性评价。

4 建筑及结构抗浮条件

4.1 建筑结构自重

1) 结构自重（包括梁、板、柱、墙及基础底板）

抗浮计算时所采取的容重

2) 地下室顶板覆土

抗浮计算时所采取的容重。

3) 其它有效荷载

抗浮计算时所采取的容重

4.2 相关说明

1) 作为抗浮配重的地下室顶板覆土或其它有效荷载，其自重标准值应以铭牌标示重量、体积或容重。

2) 第 4.1 条作为抗浮配重的建筑结构构件或覆土等，在施工期和使用期不可调整，如需调整，应进行抗浮验算，必要时采取相关措施。

5 抗浮措施

5.1 抗浮技术方案

阐述本工程采用的抗浮技术方案（如压重法、锚桩法、锚杆法、主动抗浮法等）。（注：采用联合抗浮法，应说明各部分的协同工作关系）

5.2 抗浮措施设计

1) 压重法（如采用）

① 压重材料（如素混凝土、钢渣混凝土、素填土、级配砂石等）及其容重要求。

② 压重范围、厚度、密实度等。

③ 材料要求，如钢渣混凝土需明确氧化钙、氧化镁等含量。

2) 锚杆法（如采用）：

① 锚杆类型、材料、直径、纵筋数量与规格、长度、布置间距；

② 抗拔承载力标准值；

③ 与底板/承台的连接构造（锚固长度、节点大样索引）；

④ 防腐、防水措施要求。

3) 锚桩法（如采用）：

① 抗浮桩类型、材料、直径、纵筋数量与规格、长度、布置间距；

- ② 抗拔承载力标准值；
- ③ 与底板/承台的连接构造；
- ④ 防水措施要求。

4) 主动抗浮（如采用，全专业设计）：

- ① 主动抗浮类型；
- ② 盲沟、集水井、排水管网的布置、材料、坡度。
- ③ 自动启停排水泵的型号、流量、扬程、数量及控制水位。
- ④ 应急备用电源与报警系统要求。

6 施工技术要求

6.1 一般规定

- 1) 抗浮工程施工单位资质要求。
- 2) 施工期地下水水位控制标高
- 3) 施工前应进行基本试验。
- 4) 肥槽回填要求。

6.2 压重法（散体材料，如采用）

- 1) 分层压实要求
- 2) 分层检测要求

6.3 锚杆法（如采用）

- 1) 成孔工艺、垂直度、孔径、孔深允许偏差。
- 2) 清孔、杆体制作与安装、注浆工艺要求。
- 3) 关键工序：注浆压力、水泥浆配比、注浆量等。
- 4) 防腐施工措施。

6.4 锚桩法（如采用）

- 1) 成孔工艺（长螺旋、旋挖、跟管钻进等）、垂直度、孔径、孔深允许偏差。
- 2) 清孔、钢筋笼制作与安装、灌注（后压浆）工艺要求。
- 3) 关键工序：塌孔控制、充盈系数等。
- 4) 如兼用抗压，需满足抗压桩施工要求。

6.5 主动抗浮系统施工（如采用，全专业设计）

- 1) 沟、管、井的施工顺序、材料连接、防堵塞措施。
- 2) 排水泵安装与调试要求。

7 试验与检测要求

7.1 基本试验

- 1) 确定抗浮锚杆/抗浮桩极限抗拔承载力，明确数量要求。
- 2) 明确检测方法、加载等级、结果判定依据。
- 3) 由设计单位根据土层情况指定位置。

7.2 验收试验

- 1) 检验抗浮锚杆/抗浮桩的抗拔承载力是否满足设计要求，抽检比例。
- 2) 明确检测方法、结果判定依据。
- 3) 验收试验的受检桩/受检锚杆选择，宜符合下列规定：
 - ① 设计方认为重要的
 - ② 施工质量有疑问的；
 - ③ 局部地基条件出现异常的；
 - ④ 除本条第 1~3 款指定的受检桩外，其余且宜均匀或随机选择。

7.3 其它试验

包括持有荷载试验、蠕变试验等试验，明确加载等级、结果判定依据等。

8 长期地下水监测井要求

1) 设置地下水位长期监测井数量，各监测井技术参数：编号，具体位置，监测 XX 层地下水，井深需进入**层不少于*m。

2) 监测井平面定位详见建筑总平面图。

3) 监测井具体要求按照《建设工程地下水监测井建设运营技术指南》执行。

9 使用期监测与维护要求

1) 长期监测建议：建议在代表性位置设置地下水位长期观测孔和抗浮构件应力监测点（如有需要）。

2) 地下室周边防止大量积水。

3) 特殊情况处理：如遇极端天气、周边施工等可能引起水位剧变的情况，应加强巡查。

- 4) 主动抗浮日常维护（如采用，全专业设计）
排水系统的定期检查、清淤、水泵维护。
严禁擅自封堵或破坏泄水减压装置。

征求意见稿

附录 B 抗浮锚杆基本试验与验收试验要点

B.1 基本试验

B.1.1 抗浮锚杆应通过基本试验确定其极限抗拔承载力，基本试验锚杆顶标高、锚固段长度及自由段长度应与工程锚杆一致，并应采用多循环加卸载试验方法。

B.1.2 同类型抗浮锚杆基本试验数量不少于 6 根。杆体材料采用缓粘结钢绞线时，尚应确定钢绞线粘结后岩土阻力是否能够达到设计要求。

B.1.3 试验用压力表、测力计、位移计等应满足测试要求的精度，加载反力装置选用支座横梁方式，且支座边与锚杆中心的距离不应小于 2.0m。

B.1.4 基本试验应采用分级多循环试验方法，基本试验的加荷卸荷、稳定时间、稳定标准应符合现行规范《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476 的要求。

B.1.5 出现下列情况之一时，可判定锚杆破坏并终止加载：

- 1 锚杆筋体断裂或从锚固体中拔出；
- 2 荷载无法维持稳定或锚头位移 6h 内不收敛；
- 3 后一级荷载产生的位移增量达到或超过前一级的 5 倍；
- 4 非预应力锚杆锚头累计总位移量大于 60mm。

B.1.6 加载至最大加载值后如未出现第 B.1.5 条规定的终止加载情况，如条件具备，则应继续分级加载进行下一循环试验直至破坏。

B.1.7 预应力锚杆、缓粘结锚杆应进行自由段长度符合性验算，最大加载时锚杆弹性位移不应超过杆体自由段长度理论弹性伸长值的 $\pm 20\%$ 。

B.1.8 抗浮锚杆极限抗拔承载力取值应符合下列规定：

- 1 对于预应力锚杆，当自由段长度符合性验算通过时，如达到了第 B.1.5 条 1~3 款规定的破坏标准，取破坏荷载的前一级荷载，否则可取最大试验荷载；
- 2 对于非预应力锚杆，取第 B.1.5 条 1~3 款规定的破坏荷载的前一级荷载与锚头位移 $s=30\text{mm}$ 对应荷载的前一级荷载之间的小值。

B.1.9 对参加统计的试验锚杆，当极差不超过平均值的 30% 时，可取最小值为该工程锚杆极限承载力标准值；当极差超过平均值的 30% 时，应分析原因，结合施工工艺、地基条件等工程具体情况综合确定。

B.2 验收试验

B.2.1 验收试验的锚杆数量不少于锚杆总数的 5%。

B.2.2 锚杆验收试验最大加载不低于锚杆设计承载力特征值的 2.0 倍。

B.2.3 验收试验的加荷、持荷、卸荷和稳定时间应符合现行规范《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476 的要求。

B.2.4 验收试验最后一级荷载作用下第 1min~10min 锚头位移增量不应大于 1mm；当超过时，第 6min~60min 内锚头位移增量不大于 2mm。

B.2.5 预应力锚杆、缓粘结锚杆应进行自由段长度符合性验算，最大加载时锚杆弹性位移不应超过杆体自由段长度理论弹性伸长值的 $\pm 20\%$ 。

B.2.6 非预应力锚杆验收试验锚头总位移量小于 30mm，且未超过设计允许值。

B.3 持有荷载试验

B.3.1 持有荷载试验用于检验锚杆锁定力。持有荷载试验的锚杆数量不少于锚杆总数的 5%，且不少于 5 根。

B.3.2 最大试验荷载宜为设计锁定荷载的 1.2 倍。

B.3.3 试验应分级加载。分级荷载宜为设计锁定荷载的 0.6、0.7、0.8、0.85、0.9、0.95、1.0、1.05、1.1、1.15 及 1.2 倍。

B.3.4 每级荷载持载时间宜为 2min。

B.3.5 判断锚头（锚夹具或垫板）有明显松动后宜再加载 2 级后停止加载，否则应一直加载到最大试验荷载。

B.3.6 卸载过程中宜重新锁定。

B.3.7 应取锚头明显松动时的前一级荷载为锚杆持有荷载。

B.4 蠕变试验

B.4.1 蠕变试验用于确定锚杆的荷载变形随时间变化特性，蠕变试验数量不少于 6 根。

B.4.2 蠕变试验的最大加载及加荷分级应符合现行规范《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476 的要求。

B.4.3 蠕变试验每级观测时间不少于 120min，按第 5min、15 min、30 min、45 min、60min 测读锚头位移量，以后每隔 30min 测读一次锚头位移量。总观测时间不超过 360min。

B.4.4 应按荷载-时间-蠕变量整理，蠕变系数由下式计算：

$$K_c = \frac{s_2 - s_1}{\lg t_2 - \lg t_1}$$

式中： s_1 —— t_1 时所测得的蠕变量（mm）；

s_2 —— t_2 时所测得的蠕变量（mm）。

t_2 、 t_1 ——计算时间对数周期的终、始时刻（min）。

B.4.5 计算锚杆在每级荷载作用下第 90min~120min 的蠕变系数，若不大于 2.0mm，可判定为蠕变合格并施加下一级荷载；否则应延长蠕变观测时间并每 30min 测读一次计算蠕变系数，若在总观测时间内不大于 2.0mm，可判定为蠕变合格。

征求意见稿

附录 C 锚杆防腐技术要求

防腐 保护 等级	锚杆 类型	锚杆及锚具防护要求				
		杆体材料	锚头	自由段	粘结段及承载体	保护层
II	全长 粘结 型锚 杆	热轧带肋 钢筋	采用混凝土封闭；环 氧涂层伸入长度 120mm	/	环氧涂层厚度 ≥ 220 μ m	水泥浆 厚度不 应小于 25mm ，锚杆 的锚 具、承 压板及 端头筋 体保护 层厚度 不应小 于 50mm
			采用混凝土封闭；波 纹管内浆体深入长度 40mm	/	波纹管	
		预应力螺 纹钢筋	采用混凝土封闭；全 长环氧涂层	/	环氧涂层厚度 ≥ 220 μ m	
			波纹管内浆体深入长 度 40mm	/	采用注入水泥浆 的波纹管	
	拉力 型预 应力 锚杆	无粘结钢 绞线	采用混凝土封闭	采用内充润 滑脂的套管	环氧涂层厚度 ≥ 220μm	
		预应力螺 纹钢筋	采用混凝土封闭	采用内充润 滑脂的套管	环氧涂层厚度 ≥ 220μm	
	压力 型预 应力 锚杆	无粘结钢 绞线	采用混凝土封闭	采用内充润 滑脂的套管	承载体外涂防腐 涂料	
		预应力螺 纹钢筋	采用混凝土封闭	采用内充润 滑脂的套管	承载体外涂防腐 涂料	
I	全长 粘结 型锚 杆	热轧带肋 钢筋	环氧涂层伸入长度 120mm；波纹管内 浆体深入长度 40mm	/	环氧涂层厚度 ≥ 220 μ m；波纹 管	
		预应力螺 纹钢筋	全长环氧涂层；波纹 管内浆体深入长度 40mm	/	环氧涂层厚度 ≥ 220 μ m；波纹 管	
	拉力 型预 应力 锚杆	无粘结钢 绞线	采用混凝土封闭	采用内充润 滑脂的套管	环氧涂层厚度 ≥ 220 μ m；采用 注入水泥浆的波 纹管	
		预应力螺 纹钢筋	采用混凝土封闭	采用内充润 滑脂的套管	环氧涂层厚度 ≥ 220 μ m；采用 注入水泥浆的波 纹管	
	压力 型预 应力 锚杆	无粘结钢 绞线	同等级 II			
		预应力螺 纹钢筋				

附录 D 锚固板强度验算方法

D.0.1 抗弯强度验算应符合下列规定：

$$1.1M/W \leq f \quad (\text{D.0.1})$$

式中： M ——弯矩设计值（ $\text{N}\cdot\text{mm}$ ）；

W ——截面受拉弹性抵抗矩（ mm^3 ）；

f ——钢材抗拉强度设计值（ N/mm^2 ），按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 取值。

D.0.2 截面受拉弹性抵抗矩 W 可按下列公式（图 D.0.2）计算：

$$W = \pi r_1^2 t^2 / 3 \quad (\text{D.0.2})$$

式中： r_1 ——应力控制点半径（ mm ），取值不宜大于锁定螺母或锚具与垫板实际接触面半径；

t ——垫板或锚固板厚度（ mm ）。

D.0.3 方形锚固板弯矩 M 可按下列公式计算：

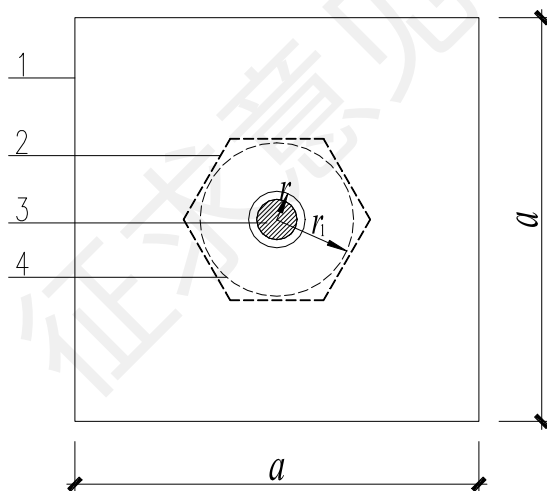


图 D.0.3 方形锚固板弯矩计算简图

1—方形锚固板；2—六角螺母；3—锚筋；4—应力控制点

$$M = 2\pi(a^3/24 - a^2r_1/8 + r_1^3/6) + 0.21a^2(0.55a - r_1)N_{td}/(a^2 - \pi r^2) \quad (\text{D.0.3})$$

式中： N_{td} ——抗浮锚杆上拔作用力设计值（ N ），可取 1.35 倍 R_{ta} ；

a ——方形垫板或锚固板的边长（ mm ）；

r ——垫板或锚固板内半径（ mm ）。

D.0.4 圆形锚固板弯矩 M 可按下列公式计算

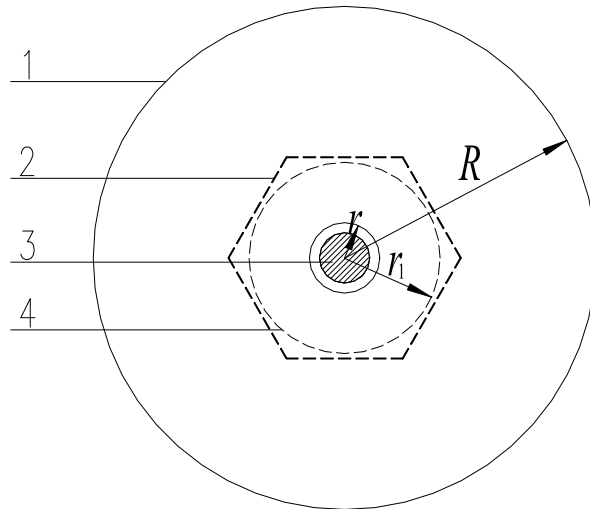


图 D.0.4 圆形锚固板弯矩计算简图

1—圆形锚固板；2—六角螺母；3—锚筋；4—应力控制点

$$M=2(R^3/3-R^2r_1/2+r_1^3/6)N_{td}/(R^2-r^2) \quad (D.0.4)$$

式中：R——圆形钢垫板或锚固板外半径（mm）。

附录 E 既有建筑桩基础(锚杆)承载力持载再循环试验要点

E.0.1 本试验要点适用于测定既有建筑桩基础和锚杆的承载力。试验前，应计算构件使用周期内已承担过的最大上拔荷载作为实际使用荷载。试验数量不宜少于 6 根。

E.0.2 试验桩(锚杆)应在与原建筑物地基条件相同的场地，并应尽量靠近既有建筑物，按原设计的尺寸、长度、施工工艺制作。开始试验的时间：在砂土和黏性土中不得少于 15 天；对于饱和软黏土不得少于 25 天；应在桩身材料或杆体材料达到设计强度后，方能进行。

E.0.3 加载反力装置，试桩、锚桩和基准桩之间的中心距离，加载分级，稳定标准，终止加载条件，卸载观测应按现行国家标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106、《抗浮锚杆技术规程》YB/T4659 的规定执行。试验加荷至实际使用荷载时，应进行持载。持载时，应继续进行上拔变形观测。持载时间不宜少于 24 小时。

E.0.4 按上述方法进行不少于 3 次的循环试验。

E.0.5 试验使用的荷载稳压设备稳压偏差允许值不应大于施加荷载的 $\pm 1\%$ ；观测仪表 24 小时的漂移值不应大于 0.2mm。

E.0.6 在加载及持载过程中若符合 E.0.3 条中终止加载条件，试验结束并按标准确定极限承载力。若参加统计的试验构件极差不超过平均值的 30%时，取平均值作为构件的极限承载力。若参加统计的试验构件极差超过平均值的 30%时，宜判定全部抗浮构件已失效。

E.0.7 在最后一个循环加载至实际使用荷载后，未达到标准规定的终止加载条件，宜继续分级加载，直至试验构件破坏。

E.0.8 再加荷的竖向抗拔承载力标准值，应按允许变形对应的荷载确定。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，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用词，采用“可”。

2 本标准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

《混凝土结构设计标准》（2024 年版）GB/T 50010

《钢结构设计标准》GB 50017

《岩土工程勘察规范》GB 50021

《混凝土结构加固设计规范》GB 50367

《机井技术规范》GB/T 50625

《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370

《预应力混凝土用螺纹钢筋》GB/T 20065

《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224

《城市地下水动态观测规程》CJJ 76

《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87

《建筑桩基技术规范》JGJ 94

《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106

《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256

《缓粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 387

《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 4376

《环氧树脂涂层钢筋》JG/T 502

《抗浮锚杆技术规程》YB/T 4659

《建筑与市政工程抗浮勘察标准》DB 11/T 2241