 T/CECS XXXX-20XX



中国工程建设标准化协会标准

PSB精轧螺纹钢预应力

抗浮锚杆（桩）技术规程

Technical standard for prestressed anti-floating anchor(pile) of Screw-thread steel bars in Sichuan Province

（征求意见稿）

前　言

根据中国工程建设标准化协会发布的《关于印发<2021年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2021]11号）文件要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本规程。

本标准共分9章和6个附录，主要技术内容包括：总则；术语和符号；基本规定；勘察；构造与材料；设计计算；施工；试验、检验与验收；监测与维护及附录。

本标准由中国工程建设标准化协会地基基础专业委员会归口管理，由中冶成都勘察研究总院有限公司负责具体技术内容解释。标准实施过程中如有意见或建议，请寄送中冶成都勘察研究总院有限公司（通讯地址：四川省成都市锦江区三色路199号五冶大厦A区18楼；邮政编码：610023；电话：028-85951252；邮箱：jsb@mcc-yck.com）。

|  |  |
| --- | --- |
| 主编单位： | 中冶成都勘察研究总院有限公司 |
|  | 福建省建筑科学研究院有限责任公司 |
| 参编单位： |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| 主要起草人： |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 主要审查人： |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

目 次

[1 总则 1](#_Toc134952298)

[2 术语和符号 2](#_Toc134952299)

[2.1 术语 2](#_Toc134952300)

[2.2 符号 3](#_Toc134952301)

[3 基本规定 7](#_Toc134952302)

[4 勘 察 10](#_Toc134952303)

[5 构造与材料 14](#_Toc134952304)

[5.1 结构构造 14](#_Toc134952305)

[5.2 锚固系统 19](#_Toc134952306)

[5.3 材料 22](#_Toc134952307)

[5.4 防腐与防水 24](#_Toc134952308)

[6 设计计算 28](#_Toc134952309)

[6.1 一般规定 28](#_Toc134952310)

[6.2 作用与作用效应 29](#_Toc134952311)

[6.3 承载力计算 30](#_Toc134952312)

[6.4 局部受压、抗冲切验算 43](#_Toc134952313)

[6.5 稳定性和变形验算 46](#_Toc134952314)

[6.6 裂缝控制 49](#_Toc134952315)

[6.7 预应力锁定 51](#_Toc134952316)

[7 施工 53](#_Toc134952317)

[7.1 一般规定 53](#_Toc134952318)

[7.2 成孔 53](#_Toc134952319)

[7.3 杆体（钢筋笼）制作和安放 56](#_Toc134952320)

[7.4 注浆、灌注 58](#_Toc134952321)

[7.5 张拉锁定 59](#_Toc134952322)

[7.6 成品保护 60](#_Toc134952323)

[7.7 施工安全与环境保护 61](#_Toc134952324)

[8 试验、检验与验收 63](#_Toc134952325)

[8.1 一般规定 63](#_Toc134952326)

[8.2 抗浮锚杆 64](#_Toc134952327)

[8.3 抗浮桩 66](#_Toc134952328)

[8.4 验收 67](#_Toc134952329)

[9 监测与维护 68](#_Toc134952330)

[附录A 精轧螺纹钢筋质量技术指标 70](#_Toc134952331)

[附录B 锚固节点锚座承载力验算方法 71](#_Toc134952332)

[附录C 锚板强度验算方法 74](#_Toc134952333)

[附录D 预应力锚杆基本试验 78](#_Toc134952334)

[附录E 预应力锚杆试验 79](#_Toc134952335)

[附录F 抗浮锚杆施工记录 82](#_Toc134952336)

[本标准用词说明 84](#_Toc134952337)

[引用标准名录 85](#_Toc134952338)

Contents

[1 General provisions 1](#_Toc136957109)

[2 Terms and symbols 2](#_Toc136957110)

[2.1 Terms 2](#_Toc136957111)

[2.2 Symbols 3](#_Toc136957112)

[3 Basic requirements 7](#_Toc136957113)

[4 Investigation 10](#_Toc136957114)

[5 Detailing requirements and materials 14](#_Toc136957115)

[5.1 Details 14](#_Toc136957116)

[5.2 Anchorages 19](#_Toc136957117)

[5.3 Materials 22](#_Toc136957118)

[5.4 Anticorrosion and waterproofing 24](#_Toc136957119)

[6 Design 28](#_Toc136957120)

[6.1 General requirements 28](#_Toc136957121)

[6.2 Function and effect 29](#_Toc136957122)

[6.3 Calculation on bearing capacity of anchor 30](#_Toc136957123)

[6.4 Calculation of local compression and punching shear capacity 43](#_Toc136957124)

[6.5 Calculation on anti-floating stability of anchor 46](#_Toc136957125)

[6.6 Crack control 49](#_Toc136957126)

[6.7 Prestress locking 51](#_Toc136957127)

[7 Construction 53](#_Toc136957128)

[7.1 General requirements 53](#_Toc136957129)

[7.2 Drilling 53](#_Toc136957130)

[7.3 Manufacture and installation of anchor tendon 56](#_Toc136957131)

[7.4 Grouting 58](#_Toc136957132)

[7.5 Tension and lock 59](#_Toc136957133)

[7.6 Finished product protection 60](#_Toc136957134)

[7.7 Construction safety and environmental protection 61](#_Toc136957135)

[8 Test、Inspection and approval 63](#_Toc136957136)

[8.1 General Requirements 63](#_Toc136957137)

[8.2 The anti-floating anchor 64](#_Toc136957138)

[8.3 The anti-floating pile 66](#_Toc136957139)

[8.4 Approval 67](#_Toc136957140)

[9 Monitoring and maintenance 68](#_Toc136957141)

[AppendixA Screw-thread steel bars quality technical index 70](#_Toc136957142)

[AppendixB Calculation Method for Bearing Capacity of Anchorage Joint in Structural Calculation Method for Bearing Capacity of Anchorage Joint in Structural 71](#_Toc136957143)

[AppendixC Strength Calculation Method for Anchorage Head of Rebar、load bearing body 74](#_Toc136957144)

[AppendixD Basic test of prestresses anchors 78](#_Toc136957145)

[AppendixE Test of prestressed anchors 79](#_Toc136957146)

[AppendixF Record of Anti-uplift Anchor Construction 82](#_Toc136957147)

[List of quoted standards 84](#_Toc136957148)

[Addition:Explanation of provisions 85](#_Toc136957149)

# 1 总则

1.0.1 为规范精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）的工程运用，做到安全适用、经济合理、技术先进，确保质量和保护环境，制定本标准。

【条文说明】1.0.1 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）作为一种新型的预应力锚固构件，抗拔承载力大，施加预应力方便快捷，可靠性高，安全性好，可以降低工程造价，提高安全水平，符合行业技术发展的方向。采用预应力抗浮锚杆（桩）可以满足锚固体（桩身混凝土）的裂缝控制要求，很好解决了非预应力抗浮锚杆（桩）抗拔承载力普遍偏低和锚固体（桩身混凝土）出现裂缝或裂缝偏大的问题。根据国内外资料表明，相对于重复加载而言，能有效提高抗浮构件耐久性和寿命，如锚固段带扩体，抵抗重复荷载的能力会进一步增强，本标准也是主要推荐采用预应力扩体抗浮构件。

1.0.2 本标准适用于精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）的勘察、设计、施工、试验、检验。

1.0.3 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）工程应综合考虑场地周边环境、工程地质与水文地质条件等，坚持因地制宜、节约资源、合理选择设计与施工参数、强化质量控制与管理、信息化施工。

1.0.4 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）除符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2 术语和符号

## 2.1 术语

**2.1.1** 精轧螺纹钢筋 screw-thread steel bars

精轧螺纹钢筋又称预应力螺纹钢筋，其代号为“PSB”，P、S、B分别为Prestressing、Screw、Bars的英文首字母。

【条文说明】2.1.1 精轧螺纹钢筋通常以屈服强度划分级别，以“PSB”加上规定屈服强度最小值表示，例如：PSB830表示屈服强度最小值为830MPa的钢筋。本标准的精轧螺纹钢筋特指采用后张法施加预应力的螺纹钢筋。

**2.1.2** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆 prestressed anti-floating anchor of screw-thread steel bars

配置精轧螺纹钢筋并经过张拉建立预加应力的抗浮锚杆。

【条文说明】2.1.2 锚杆锚固段可为等直径体或扩径体，扩径体成孔可采用高压旋喷或机械扩孔，杆体配置单根精轧螺纹钢筋，承载板或承载体以及张拉端锚具，孔内注浆凝固后，施加预应力形成的后张法预应力抗浮锚杆，能有效减少锚杆变形，控制锚固体裂缝宽度。依据国内外研究资料表明，锚固段具有扩大体的锚杆，抵抗重复荷载的能力更强。通常锚杆锚固段宜优先考虑带扩大体。

**2.1.3** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮桩 prestressed anti-floating pile of screw-thread steel bars

配置精轧螺纹钢筋并经过张拉建立预加应力的抗浮桩。

【条文说明】2.1.3 抗浮桩也为抗拔桩，桩体和精轧螺纹钢筋共同承受拉力，成孔采用旋挖、长螺旋等方式浇筑混凝土形成锚固体，由精轧螺纹钢筋、承载板或承载体等组成的后张法预应力抗拔桩。

2.1.4 承载板 laod bearing plate

设置于锚杆锚固体底部或抗浮桩底部相应位置，将筋体张拉时的拉力转化为作用在锚固体或桩身上压力的构件。

2.1.5 缓粘结剂 slow bonder

按设定时间固化的缓凝粘合剂以及高韧性护套制备而成的缓粘结材料。

【条文说明】2.1.5 通过缓粘结剂的固化是让精轧螺纹钢筋与锚固体（桩身混凝土）之间从无粘结逐渐过渡到有粘结的过程。

**2.1.6** 预应力损失 prestressing loss

精轧螺纹钢筋张拉过程中和张拉锁定后，由于材料特性、结构状态和张拉工艺等因素引起的预应力筋应力降低的现象。

**2.1.7** 蠕变试验 creep test

确定抗浮构件在不同加荷等级的恒定荷载作用下位移随时间变化规律的试验。

**2.1.8** 持有荷载试验 load retention test

为检验工程锚杆预应力张拉锁定的施工控制过程以及锁定力与设计要求符合程度的锚杆试验。

**2.1.9** 锁定力 locked-off load

精轧螺纹钢筋张拉锁定完成时，作用于锚具位置的预加力。

**2.2 符号**

|  |
| --- |
| **2.2.1** 材料性能和抗力 —土体的粘聚力； *φ′*—土体的有效内摩擦角； —钢筋的弹性模量； —锚固体与锚孔孔壁岩土的极限粘结强度标准值； —钢筋与水泥浆或水泥砂浆的极限粘结强度标准值；  —钢筋与水泥浆或水泥砂浆扩大头的极限粘结强度标准值； —钢筋的抗拉强度设计值； —钢筋的屈服强度标准值； —锚固体轴心抗压强度设计值； —锚固体轴心抗拉强度标准值； —结构自重及标准组合下传到抗水板或基础上的压重；—被动土压力系数； —锚杆的轴向刚度系数； —扩大头端前土体对扩大头的抗力强度值； —抗浮桩抗拔极限承载力标准值； —抗浮桩抗拔承载力特征值； —土体的容重； —锚杆抗拔承载力特征值；  —锚杆抗拔极限承载力标准值； —计算单元假定破裂体内岩土体的有效自重标准值；W—桩群与桩间土组成的实体浮重度计算的自重标准值。**2.2.2**  作用和作用效应 —锚杆抗拔安全系数； —抗浮稳定安全系数； —土体的主动土压力系数； —静止土压力系数； —锚杆轴向拉力标准值； —锚杆轴向拉力设计值； —地下水浮力标准值； —重要性系数； —分项系数。**2.2.3** 几何参数—半锥角；—边锚破裂角；—锚固体横截面面积； —锚杆的承载板与锚固体横截面净接触面积； —锚杆的承载板与锚固体横截面接触面积；—钢筋的截面面积； —抗浮锚杆根数； —钢筋直径； —锚杆非扩大头直径； —锚杆扩大头直径； —扩大头上覆土体的厚度； —锚杆布置的纵向、横向间距； —锚杆扩大头长度； —锚杆锚固段长度；—钢筋在锚固体中的锚固长度； —钢筋的变形计算长度； —钢筋的自由拉伸长度。 —桩群与桩间土组成的实体外围周长。**2.2.4** 计算系数 *η*—有侧限锚固体抗压强度增大系数；*ξ*—扩大头向上位移时反映土的挤密效应的侧压力系数； —扩大头长度对粘结强度的影响系数； —锚固段长度对极限粘结强度的影响系数。 |

# 3 基本规定

3.0.1 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）的勘察等级、防水等级的划分应分别按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021和《地下工程防水技术规范》GB50108执行。

3.0.2 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）的安全等级应根据构件破坏可能产生后果的严重性进行划分，且不低于上部建（构）筑物安全等级。重要性系数γ0不应小于表3.0.2的规定。

表3.0.2 安全等级和重要性系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 安全等级 | 破坏后果 | 重要性系数*γ*0 |
| 一级 | 很严重 | 1.10 |
| 二级 | 严重 | 1.05 |
| 三级 | 不严重 | 1.00 |

【条文说明】3.0.2 本标准表3.0.2依据《工程结构通用规范》GB55001表2.2.1和表3.1.12取值，考虑到与现行行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476表3.0.3协调，将设计等级二级、三级的重要性系数进行了调整。本表按建筑结构破坏后果的严重性统一划分为三个安全等级。

3.0.3 承载能力极限状态设计应符合式（3.0.3-1）的要求；正常使用极限状态设计应符合式（3.0.3-2）的要求：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （3.0.3-1） |
|  | （3.0.3-2） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | C | —————————— | 重要性系数，按本标准表3.0.2采用；作用组合的效应（变形）设计值；抗力设计值；设计对变形规定的相应限值。 |

3.0.4 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）设计时，所采用的作用效应组合与相应的抗力限值应符合下列规定：

1 抗浮稳定性验算作用效应应按承载能力极限状态下作用的基本组合，其分项系数为1.0；

2 计算抗浮锚杆（桩）内力，确定锚杆（桩）的长度和直径、地下结构底板厚度和配筋及验算材料强度时，作用效应应按承载能力极限状态下作用的基本组合，相应的分项系数不小于1.3；

3 按单根锚杆（桩）构件承载力确定锚杆（桩）数量时，传至地下结构底板底面上的作用效应应按正常使用极限状态下作用的标准组合，相应的抗力应采用单根抗浮锚杆（桩）承载力特征值；

4 计算抗浮锚杆（桩）变形时，作用效应应按正常使用极限状态下作用的标准组合；

5 当需要验算抗浮锚杆（桩）的裂缝宽度时，作用效应应按正常使用极限状态作用的标准组合，相应的分项系数为1.0。

【条文说明】3.0.4 因勘察单位提供的抗浮设防水位是定值，所以依据现行国家标准《工程结构通用规范》GB55001计算抗浮锚杆（桩）内力，确定锚杆（桩）长度和直径、地下结构底板厚度和配筋及验算材料强度时，按恒定荷载考虑，相应的分项系数不小于1.3。

3.0.5 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）设计内容应包括锚杆（桩）的选型、结构计算和构造设计、耐久性设计、裂缝验算、局部受压承载力及抗浮稳定性验算，并对施工、试验、检测、验收、监测和维护等提出要求。

3.0.6 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）应根据上部建（构）筑物荷载特征、地下结构形式、地下水控制条件和场地周边情况等，按施工、使用阶段的最不利工况分别进行整体与局部抗浮稳定性验算。

3.0.7 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）的设计工作年限不应低于上部建（构）筑物的设计工作年限，其耐久性应满足设计工作年限的要求。

3.0.8 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）的设计和施工应具有岩土工程勘察、工程场地和环境条件、建（构）筑物设计施工条件等资料，资料内容应符合下列要求：

1 各岩土层的工程特性指标、地下水的埋藏条件、锚固地层的结构和稳定性、施工方法在锚固地层的适应性、地下水土介质的腐蚀性等岩土工程条件；

2 场地的地下交通设施、地下管线、地下构筑物分布和埋深及水、电、材料供应条件等工程场地和施工条件；

3 建（构）筑物的平面布置图、基础或地下室的平面图和剖面图、基坑和边坡开挖图及上部结构荷载和荷载效应等；

4 施工机械的设备条件、动力条件、进出场及现场运行条件、上部结构基础施工方案及要求等。

3.0.9 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）施工前，宜在有代表性的位置或区域进行试验性施工及检测，以验证设计及施工参数；施工完成后，应进行验收试验。

3.0.10 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）的监测和维护应符合国家现行标准的有关规定。

# 4 勘 察

4.0.1 场地岩土工程勘察应满足抗浮设计要求。当不满足抗浮设计要求时，应进行抗浮工程专项勘察。

【条文说明】4.0.1 由于岩土工程勘察和抗浮工程所需工程地质、水文地质的成果资料的侧重点有所不同，岩土工程勘察与抗浮工程勘察联合开展时，勘察成果应提供包括抗浮设计和施工所需要的资料。当拟建场地水文地质条件复杂且研究资料不够充分时，应进行抗浮工程专项勘察，不能由岩土工程勘察完全替代。

4.0.2 抗浮工程专项勘察应采用针对性的技术手段查明场地水文地质及环境特征，分析和评价岩土体的腐蚀性、渗透性和地下水动态变化规律，提供抗浮设防水位建议值及抗浮设计与施工所需的参数。

【条文说明】**4.0.2** 本条明确了抗浮工程专项勘察的基本内容要求。由于地下水对基础工程和环境的影响问题越来越突出，如地下水造成地下室底板、墙柱开裂，地下室隆起等质量安全问题频出，大量工程经验表明，地下水对工程建设的安全与造价产生极大影响。因此，专项勘察更要求查明与工程有关的水文地质条件，为抗浮设计和施工提供必要的水文地质资料。

4.0.3 抗浮设防水位应根据地形地貌、岩土层的渗透性、地下水位观测资料、地下水补给和排泄条件、地下水位变化幅度等因素的基础上，并结合地方工程经验和区域行政管理有关规定综合分析确定。

【条文说明】4.0.3 抗浮工程的专项勘察应重点查明拟建场地水文地质条件和地下水动态变化规律，为抗浮设计提供依据。同时，应充分利用既有水文地质观测资料，综合考虑拟建场地、工程特点和抗浮设计要求确定抗浮设防水位。

**4.0.4** 抗浮工程的岩土工程勘察勘探点的布置应符合下列规定：

**1** 根据场地岩土工程条件及地下结构埋置深度，结合主体建筑勘察要求布置勘探点，其间距宜为15m～30m；

**2** 当抗浮锚杆（桩）穿过范围存在软弱土层、膨胀岩土、岩溶、半成岩、填筑体等地层，或可能会造成抗浮锚杆（桩）施工困难的地层及暗沟、暗塘等异常地段，应适当加密勘探点。

【条文说明】4.0.4 根据现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021，抗浮锚杆（桩）穿过范围存在软弱土层、膨胀土等，或施工困难的地层，以及暗沟、暗塘等异常地段，均属于复杂地段，应加密勘探点。

**4.0.5** 勘探深度应符合下列规定：

**1** 勘探控制孔深度应大于基底以下拟选用抗浮锚杆（桩）预估设计长度的1.2倍；

**2** 多层含水层应进入预估抗浮锚杆（桩）底端以下含水层不少于3m，承压水层进入深度不应少于2m；

**3** 抗浮锚杆（桩）预估设计长度内存在有较厚软土、黏性土、粉土或砂土层时，应适当加深勘探深度。

【条文说明】4.0.5 勘探孔深度应满足测量地下水位和进行相应水文地质试验的要求，同时应满足为抗浮锚杆（桩）设计提供参数和施工的要求。当仅测量地下水时，勘探孔深度应至含水层顶面以下一定深度；当需要进行水文地质试验时，其深度和试验要求应符合现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB50027的规定。

**4.0.6** 水文地质条件勘察应符合下列规定：

1 应测量地下水的初见水位和稳定水位，并调查水位变化幅度；

2 多层含水层对抗浮有影响时，应分层测量水位；

3 当基底以下存在承压水时，应测量水头高度；

4 查明场地暗塘、暗沟的位置、范围、规模、水位埋深和场地附近所分布的河流、湖泊、水塘等地表水体及与地下水的水力联系；

5 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。

4.0.7 勘察成果应包括下列主要内容；

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和利用；

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 提供抗浮工程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，提出抗浮治理措施建议。

【条文说明】4.0.7 抗浮工程勘察主要目的是查明地下水位及其变化规律，为抗浮设防水位确定提供依据。由于地下水位变化影响因素复杂，工程建成使用期内地下水位变化影响因素无法预测，因此勘察报告进行抗浮设防水位建议时，要充分考虑现状地下水位变化影响因素和变化趋势，同时要分析场地附近工程建设对地下水位的影响。近年来，城市工程建设规模较大，基坑降水引起地下水位下降， 因此， 要考虑若干年后地下水位恢复对建筑物的影响。

**4.0.8** 水土介质对抗浮锚杆（桩）的腐蚀性评价，可根据环境类型、抗浮锚杆（桩）所处地层的渗透性、地下水位变化特征和地层介质中腐蚀成份含量按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021分为微、弱、中、强四个腐蚀等级。

**【条文说明】4.0.8** 岩土工程勘察报告是工程设计施工的依据，是地层水土介质对抗浮锚杆（桩）腐蚀性评价的依据。

**4.0.9** 抗浮设防水位的确定除按本标准4.0.3执行外，尚应符合国家现行标准《岩土工程勘察规范》GB50021、《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T72和《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476的有关规定。

# 5 构造与材料

## 5.1 结构构造

**5.1.1** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆按受力状态分为压力型锚杆和拉压型锚杆。按锚固体形态分为扩大头锚杆和等直径锚杆。

**5.1.2** 压力型锚杆基本结构和构造如下图5.1.2：



（a）压力型扩大头锚杆 （b）压力型等直径锚杆

图5.1.2 压力型锚杆结构简图

1-精轧螺纹钢筋；2-锚固体；3-固定端锚具；4-锚墩；5-张拉端锚具

6-锚定端锚具；7-垫层；8-基础或抗水板

**5.1.3** 拉压型锚杆基本结构（图5.1.3）和构造应符合下列规定：



（a） 拉压型扩大头锚杆 （b） 拉压型等直径锚杆

图5.1.3 拉压型锚杆结构简图

1-精轧螺纹钢筋；2-锚固体；3-承载体；4-锚墩；5-张拉端锚具6-锚定端锚具；

7-垫层；8-基础或抗水板；9-柔性密封环

**1**  在扩大头段或等直径底部设置承载体，间距不宜小于1.5m，数量不宜少于2个；

**2** 柔性密封环和承载体应与筋体连接牢固。

【条文说明】5.1.2～5.1.3 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆类型主要为压力型和拉压型。锚板、锚具、承载板或承载体与筋体组成一个受力整体，如果锚杆承载力要求高，在土层中锚固体长度超过12m仍无法满足抗拔承载力要求时，宜采用扩大头锚杆。当锚杆安全等级为一级时，应采用压力型锚杆；当锚杆安全等级为二、三级，且采用细石混凝土、水泥浆或水泥砂浆作为锚固体的轴心抗拉强度标准值能通过试验确定时，可采用拉压型锚杆。

表1 不同类型抗浮锚杆的工作特性与适用条件

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 锚杆类型 | 锚杆工作特性与适用条件 |
| 1 | 等直径锚杆 | 锚固地层为中硬岩、砂卵石或可塑～硬塑黏性土；单根抗拔承载力特征值普遍为270kN～400kN； |
| 2 | 扩大头锚杆 | 锚固地层为基岩、砂卵石或黏性土；单根抗拔承载力特征值普遍为560kN～900kN； |

压力型扩大头抗浮锚杆的套管加防腐涂层设置于锚杆全长，锚杆扩大头段锚固体处于受压状态锚固体。

拉压型扩大头抗浮锚杆的套管加防腐涂层设置于锚杆非扩大头段或筋体自由拉伸段，锚杆非扩大头段或筋体自由拉伸段末端锚固体处于受压状态，锚杆扩大头段或筋体黏结段锚固体处于受拉状态。

**5.1.4** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮桩为压力型抗浮桩，基本结构和构造如下图5.1.4：



图5.1.4 压力型抗浮桩

1-精轧螺纹钢筋；2-桩体；3-固定端锚具；4-钢筋笼；5-张拉端锚具

6-锚定端锚具；7-垫层；8-基础或抗水板

5.1.5 抗浮锚杆（桩）形式应根据安全等级、地下结构底板变形控制要求、锚固地层条件、施工可行性及其适用条件按表5.1.5确定。

表5.1.5 锚杆（桩）类型的选择

|  |  |
| --- | --- |
| 锚杆（桩）类型 | 锚杆（桩）工作特性与适用条件 |
| 压力型 | 等直径锚杆 | 锚固地层为硬岩、中硬岩或非软土层，安全等级为一级的抗浮工程；单根锚杆抗拔承载力特征值不大于400kN |
| 扩大头锚杆 | 锚固地层为岩层或土层，安全等级为一级的抗浮工程；单根锚杆抗拔承载力特征值宜为550kN～900kN |
| 抗浮桩 | 锚固地层为岩层或土层，抗浮力大，单根抗浮桩抗拔承载力特征值一般大于1000kN |
| 拉压型 | 等直径锚杆 | 锚固地层为硬岩、中硬岩或非软土层，竖向位移控制要求不严格；单根锚杆抗拔承载力特征值宜为150kN～350kN |
| 扩大头锚杆 | 锚固地层为岩层或土层，竖向位移控制要求不严格；单根锚杆抗拔承载力特征值不宜大于600kN |

5.1.6 锚杆的锚固段不得设置在未经处理的软弱土、有机质土、液限大于50%或相对密实度小于0.33的地层中。

**5.1.7**  全长等直径锚杆锚固体直径宜为200mm～500mm；扩大头锚杆锚固体非扩大头段直径宜为200mm～300mm，扩大头段直径宜为400mm～600mm。抗浮桩直径不宜小于500mm，桩芯间距不宜小于3倍桩身直径。

**5.1.8** 全长等直径抗浮锚杆在土层中的锚固段长度宜为6.0m～12.0m，在岩层中的锚固段长度宜为3.0m～8.0m，锚杆间距不小于1.5m。当计算锚固段长度在土层中超过12m或岩层中超过8m时，应扩大锚固段直径或进行二次压力注浆等措施。

**5.1.9** 扩大头抗浮锚杆的总长度不宜小于7m，扩大头长度不宜小于2m，锚杆间距不应小于2.0m，扩大头的水平净距不应小于1.5m，扩大头最小埋深不应小于4m。

**5.1.10** 压力型锚杆（桩）的筋体全长可采用无粘结形式或涂抹缓粘结剂，拉压型锚杆的筋体自由段可采用无粘结形式或涂抹缓粘结剂。无粘结形式为在筋体外设置套管并充填防腐涂层材料，筋体自由段不宜小于4m。采用涂抹缓粘结剂时，应注意施工工期与缓粘结剂工作时间的相互协调。

【条文说明】5.1.10 缓粘结预应力技术是由高强度预应力钢筋、按设定时间固化的缓凝粘合剂以及高韧性护套经现代化生产工艺制备而成的缓粘结预应力钢筋。再加上制作及工程施工的粘合剂具有特定流动性、预应力钢筋在粘合剂层内可以滑动；在工程施工完成后粘合剂逐渐固化，将预应力钢筋和护套粘结，而使整体缓粘结预应力钢筋与混凝土之间形成“有粘结”效果，减少预应力损失。

缓粘结预应力是较有粘结预应力和无粘结预应力之后迅猛发展的一种新型预应力技术，其秉承无粘结预应力技术便宜的施工优点，克服有粘结预应力技术施工工艺复杂，预应力节点使用条件受限的弊端，良好的结构性能优于有粘结预应力。

所以施工中必须保证预应力筋的有效锚固，注浆体满足强度后及时张拉、锚固、封锚，以防错过粘合剂固化时间。

5.1.11 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆中钢筋保护层厚度不宜小于20mm；精轧螺纹钢筋预应力抗浮桩中钢筋保护层厚度不宜小于50mm。精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）中筋体张拉端端部的保护层厚度不宜小于50mm，三a、三b类环境时不宜小于80mm。

5.1.12 精轧螺纹钢筋预应力抗浮桩中精轧螺纹钢筋筋宜沿桩周均匀布置，净距不宜小于60mm。

【条文说明】5.1.12 设置套管的精轧螺纹钢筋要放大套管之间的间距，以免振捣棒振捣时碰到套管而损坏套管，产生漏浆现象，导致无法张拉。设置缓粘结剂的螺纹钢筋构造与套管预应力不同，由于高密度聚乙稀材料的外保护套的保护作用，振捣棒振捣不会损伤钢筋，而且可使设置缓粘结钢筋周边混凝土更加密实。

## 5.2 锚固系统

**5.2.1** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）采用的锚具、连接器应满足现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T14370及现行行业标准《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。

【条文说明】5.2.1 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370和《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85是预应力工程界关于锚具最重要的两个标准，精轧螺纹钢筋抗浮锚杆相关锚具应符合这两个标准的要求。

5.2.2 精轧螺纹钢筋应采用单孔锚具锚固，张拉端、锚定端和固定端宜采用挤压锚具。

5.2.3 挤压锚具系统（图5.2.3）应由锚头、承压板（承载板、锚定板）和螺旋钢筋组成。挤压锚具应将套筒等组装在钢筋端部经挤压而成，锚头与承压板（承载板、锚定板）应连接牢固。



（a）张拉端 （b）锚定端

图5.2.3-1 抗浮锚杆张拉锚定端构造示意图

1-锚头；2-承压板；3-锚定板；4-螺旋钢筋；5-锚墩；

6-精轧螺纹钢筋；7-垫层；8-基础或抗水板

 

（a）张拉端 （b）锚定端

图5.2.3-2 抗浮桩张拉锚定端构造示意图

1-锚头；2-承压板；3-锚定板；4-桩身混凝土；5-钢筋笼；

6-精轧螺纹钢筋；7-垫层；8-基础或抗水板



图5.2.3-3 抗浮锚杆（桩）固定端构造示意图

1-锚头；2-承载板；3-螺旋钢筋；4-锚固体（桩身混凝土）；5-精轧螺纹钢筋

**1**  固定端的锚头应置于承载板下方，数量不应少于2个；

**2** 抗浮锚杆锚固体张拉端底部满足抗压强度时，可不设置螺旋筋。抗浮桩张拉端置于桩身上；

**3** 承载板形状宜为圆形，承压板及锚定板形状宜为正方形或圆形，边长或直径不宜小于150mm，厚度不应小于20mm。

**5.2.4** 精轧螺纹钢筋锚杆（桩）的张拉端可施加在基础垫层（桩身）上。当地基土和基础垫层强度不满足要求时，应在基础垫层下设置锚墩，也可将张拉端设置于在基础或抗水板预留的张拉槽内（图5.2.4）。



（a）抗浮锚杆张拉端 （b）抗浮桩张拉端

图5.2.4 抗浮锚杆（桩）张拉端置于基础或抗水板内示意图

1-锚头；2-承压板；3-精轧螺纹钢筋；4-微膨胀细石混凝土；5-张拉槽

【条文说明】5.2.4 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）的张拉端锚具很重要，是保证抗浮锚杆（桩）具备预应力的必要条件，同时在抗水板和锚孔交界处预留凹槽，将防水层在此处下凹，配置螺旋筋，必要时设置井字型受力筋，并浇筑混凝土形成锚墩；若锚墩强度不足以承受预应力锁定力时，张拉端锚具也可置于基础或抗水板的张拉槽内，其中承压板位于基础或抗水板上层受力筋之上。

**5.2.5** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）中张拉端布置应考虑锚具、张拉设备尺寸和局部受压要求。

**5.2.6** 锚定端的筋体与锚定板应连接牢靠，基础或抗水板厚度应满足抗冲切承载力验算要求。当基础垫层和锚墩作为反力支座组成部分时，应进行承载力验算，锚墩混凝土等级不应低于C30。

【条文说明】5.2.6 锚定端的精轧螺纹钢筋与锚定板应通过挤压锚具或焊接牢靠，锚定板应可靠地锚固在混凝土中，锚定板尺寸应通过计算确定。

5.2.7 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆中筋体固定端端部距锚杆底部不宜小于300mm；精轧螺纹钢筋预应力抗浮桩中筋体固定端端部距桩端不宜小于800mm。

【条文说明】5.2.7 根据工程经验，抗浮锚杆（桩）在施工过程中，孔底一般会有沉渣，即使采取清孔措施亦不能完全消除，故在水泥浆灌注或混凝土浇筑时，杆体或桩身底部浇筑质量相对较弱，难以有效锚固预应力筋固定端，张拉时常出现固定端向上窜动现象。为了保证预应力锚固与张拉效果，预应力筋固定端端部宜距离锚杆（桩）底部一定距离，当锚杆（桩）长度较短，施工质量控制可靠时，可取低值。

## 5.3 材料

**5.3.1** 精轧螺纹钢筋应符合下列规定：

**1** 力学特性应符合表5.3.1的规定，其他质量技术指标应符合本标准附录A的有关规定；

表5.3.1 精轧螺纹钢筋力学特性

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 级别 | 屈服强度标准值*f*pyk (MPa) | 抗拉强度设计值*f*py (MPa) | 极限强度标准值*f*ptk (MPa) | 断后伸长率*A* (%) | 最大力下总伸长率*A*gt (%) | 应力松弛性能 |
| 初始应力 | 1000h后应力松弛率*V*t (%) |
| 不小于 |
| PSB785 | 785 | 650 | 980 | 8 | 4.5 | 0.7*f*ptk | ≤4.0 |
| PSB830 | 830 | 690 | 1030 | 7 |
| PSB930 | 930 | 770 | 1080 | 7 |
| PSB1080 | 1080 | 900 | 1230 | 6 |
| PSB1200 | 1200 | 1000 | 1330 | 6 |

**2** 连接强度不应小于母材强度；

**3** 应采用机械连接，并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，严禁焊接。

**5.3.2** 锚固体（桩身混凝土）材料应符合下列规定：

**1** 抗浮锚杆锚固体宜为细石混凝土，抗浮桩身混凝土宜为微膨胀混凝土，其强度等级不应低于C40；当锚杆锚固体为水泥浆或水泥砂浆时，其强度等级不应低于40MPa；

**2** 一般环境下，宜采用普通硅酸盐水泥，其质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB175的有关规定；有防腐要求时应符合本标准第5.4节的规定，不得采用高铝水泥；

**3** 砂的含泥量按重量计不得大于3%，砂中云母、有机物、硫化物和硫酸物等有害物质的含量按重量计不得大于1%；

**4** 拌合用水的水质应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ63的有关规定，拌合水中的酸、有机物和盐类等对水泥浆体和杆体有害的物质含量不得超标，不得影响水泥正常凝结和硬化；

**5** 细石混凝土粗骨料应选用卵石或碎石，最大粒径不宜大于10mm，使用碱性速凝剂时不得使用含有活性二氧化硅的石料；

**6** 水泥砂浆应一次灌注，砂最大粒径应小于2.5mm；

**7** 砂、外加剂性能应符合现行国家标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准JGJ52和《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119的有关规定。

【条文说明】5.3.2 推荐使用普通硅酸盐水泥，对于硫酸盐腐蚀地层和地下水环境，可采用抗硫酸盐水泥；有早强要求时，宜采用早强硅酸盐水泥；由于铝酸盐水泥水化热高，硬化快，不利于稳定灌浆，浆体易开裂，不利于抗腐蚀要求，故只可用于短期试验锚杆。采用微膨胀混凝土时，不得使用铝粉，混凝土强度等级不应小于C40。

根据现行行业标准《混凝土拌和用水标准》JGJ63：水的PH值不得小于5.0，不溶物<2000mg/l，可溶物<2000mg/l，氯化物（以Cl-离子计）<350mg/l，硫酸盐（以SO42-离子计）<600ml/l，硫化物（以S2-离子计）<100ml/l，使用待拌检验水与蒸馏水配置的浆体28d抗压强度比不得低于90%。

外加剂使用时必须慎重，应充分考虑地层和地下水成分，以及水泥特性及其适应性。水泥浆中氯化物、硫酸盐、硝酸盐总量不得超过外加剂重量的0.1%。采用外加剂还必须通过试验确认，不得影响浆体强度和粘结性能，以及杆体的耐久性。同时使用两种以上外加剂时，应进行外加剂兼容性试验。

**5.3.3** 套管、柔性密封环构造应符合下列要求：

**1** 应满足工程要求的物理及化学性能；

**2** 柔性密封环设置在波纹套管内部与锚杆杆体外圆周面之间的间隙内；

**3** 应具有足够的强度和柔韧性，在加工和安装的过程中不易损坏；

**4** 应具有防水性和化学稳定性，对杆体材料无不良影响；

**5** 应具有防腐蚀性，与筋体防腐涂层接触无不良反应；

**6** 不影响筋体的自由变形。

**5.3.4** 承压板、承载板、锚定板和承载体应符合下列规定：

**1** 承压板、承载板及锚定板应采用钢板制作，且应满足结构物的连结构造要求；

**2** 承载体应采用铸铁或钢材制作；

**3** 承载板和承载体的形状和大小不得影响锚固体材料的自由流动。

**5.3.5** 注浆管应符合下列规定：

**1** 应有满足浆体压至钻孔的底部要求的内径；

**2**  一次注浆和填充灌浆的注浆管应能承受不小于1MPa的压力，重复高压注浆管应能承受不小于1.2倍最大注浆压力；

**3** 注浆管接头应连接牢固和密封。

**5.3.6** 锚杆材料和部件应满足锚杆设计和稳定性要求，不同材料间不得产生不良的化学反应。

## 5.4 防腐与防水

**5.4.1** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆防腐应符合表5.4.1的要求。

表5.4.1 抗浮锚杆防腐技术要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 防腐等级 | 锚杆类型 | 锚头区域 | 筋体自由拉伸段 | 黏结段/承载板 |
| Ⅰ级 | 压力型 | 套管延伸至锚具底，过渡管内注入防腐涂层材料 | 套管内注防腐涂层材料、管外注浆，或双层套管 | 锚具敷涂防腐涂层材料，注浆 |
| 拉压型 | 套管延伸至锚具底，套管内注入防腐涂层材料，或套管内锁定后注浆 | 内、外套管内预注防腐涂层材料，或套管内注防腐涂层 | 套管内预注浆，管外现场注浆 |
| Ⅱ级 | 压力型 | 套管延伸至锚具底，套管内注入防腐涂层材料 | 套管内注防腐涂层材料 | 锚具敷涂防腐涂层材料，注浆或置于锚固体中 |
| 拉压型 | 套管延伸至锚具底，套管内注防腐涂层材料 | 设置套管、管内注防腐涂层材料 | 套管内外注浆，管外注浆或置于锚固体中，或敷涂防腐涂层材料后注浆或置于锚固体中 |
| Ⅲ级 | 压力型 | 套管延伸至锚具底，套管内注入防腐涂层材料 | 套管内注防腐涂层材料 | 锚具注浆置于锚固体中 |
| 拉压型 | 套管延伸至锚具底，套管内注防腐涂层材料 | 设置套管、管内注防腐涂层材料 | 锚具注浆置于锚固体中 |

**5.4.2** 锚杆的防腐等级应根据地下水土介质的腐蚀等级和锚杆设计工作年限确定。强或中等腐蚀环境中的锚杆应采用Ⅰ级防腐构造；弱腐蚀环境中的锚杆采用的防腐构造不应低于Ⅱ级；微腐蚀环境中的锚杆采用的防腐构造不应低于Ⅲ级。

**5.4.3** 地下水土对混凝土类材料有腐蚀性时，锚固体应根据地层介质中腐蚀成分的类别按现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046的规定采用能抗腐蚀的混凝土、水泥或掺入耐腐蚀材料。

**5.4.4** 防腐涂层的材料和厚度应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046和《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212的有关规定。

**5.4.5** 防腐涂层材料所用的缓粘结剂应符合下列规定：

1 应根据使用要求选用不同的配比，使用期限应结合使用环境的温度、湿度综合确定，应具有型式检验报告。

2 施工前应对缓粘结剂的摩擦性能、抗拉、抗压强度及抗腐蚀性能进行性能检测，符合要求后方可使用。

【条文说明】5.4.5 缓粘结剂分为两种，一种为热固型，一种为湿气型。《大直径缓粘结预应力钢绞线》T/CECS 10097标准中对热固型缓凝粘合剂做了详细规定。《湿气固化型缓粘结预应力筋用粘合剂》T/CECS 10116对湿气型缓凝粘合剂做了详细规定。

**5.4.6** 水泥品种选用宜符合下表规定：

表5.4.6 不同环境类别可选用的水泥品种

|  |  |
| --- | --- |
| 环境类别及防腐等级 | 可选用的硅酸盐类水泥品种 |
| （1）一般环境中锚杆II级及III级防腐 | P·O、P·I、P·II、P·S |
| （2）化学腐蚀环境 | P·MSR、P·HSR、P·O\* |
| （3）除（1）、（2）外的其余情况 | P·O、P·I、P·II |

注：**1** 《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476规定：一般环境指无冻融、氯化物和其它化学腐蚀物质作用，腐蚀机理为防护层混凝土碳化引起钢筋锈蚀；化学腐蚀环境腐蚀机理为硫酸盐等化学物质对混凝土的腐蚀；

**2** 《通用硅酸盐水泥》GB 175规定通用硅酸盐水泥代号分别为：P·O—普通硅酸盐水泥，P·I、P·II—硅酸盐水泥，P·S—矿渣硅酸盐水泥；《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB748规定，抗硫酸盐硅酸盐水泥代号分别为：P·MSR—中抗硫酸盐硅酸盐水泥，P·HSR—高抗硫酸盐硅酸盐水泥；

**3** 《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046规定：中、高抗硫酸盐硅酸盐水泥分别适用于硫酸根离子含量不大于2500 mg/L及8 000 mg/L液态介质环境；

**4** 氯盐环境不宜使用抗硫酸盐硅酸盐水泥；硫酸盐环境中宜使用抗硫酸盐硅酸盐水泥；表中\*表示硫酸盐环境中使用P.O水泥时应加入适量的抗硫酸盐外加剂；

**5** 选用火山灰质硅酸盐水泥拌制砂浆时，宜通过可泵性试验确定配合比。

5.4.7 精轧螺纹钢筋预应力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，防水材料应符合现行国标《地下工程防水技术规范》GB 50108的规定。防水材料应与地下结构防水层可靠连接并符合表5.4.7的要求。

表5.4.7 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆与地下结构

连接部位防水要求

|  |  |
| --- | --- |
| 防水措施 | 1、连接部位全长连续紧密缠绕遇水膨胀止水条；2、底板顶补充防水或防渗措施。 |
| 防水等级 | 一级 | 应采用2道防水措施 |
| 二级 | 应采用1道～2道防水措施 |
| 三级 | 宜采用1道～2道防水措施 |

5.4.8 精轧螺纹钢筋预应力抗浮桩的防腐设计、与地下结构底板连接部位的防水要求，按照国家行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94的相关规定执行。

**5.4.9**  地下室侧壁肥槽回填前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，土料分层夯填压实系数不小于0.94。

# 6 设计计算

## 6.1 一般规定

**6.1.1** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）设计应符合下列规定：

**1** 进行整体抗浮和局部抗浮稳定性验算；

**2**  进行抗拔承载力计算；

**3** 进行锚座、锚定板、承载板承载力计算；

**4** 固定端锚固区局部受压承载力验算和桩锚固的基础结构抗冲切验算；

**5** 对变形、裂缝控制有要求时，应进行变形、裂缝验算；压力型抗浮锚杆（桩）可不进行裂缝计算；

**6** 进行群锚（桩）效应稳定性验算；

**7** 进行抗浮锚杆（桩）的防腐设计。

【条文说明】6.1.1 为了避免与现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007等地基基础相关标准中关于“变形”概念和分类混淆，本标准所指“变形”是针对因抗浮工程中抗浮锚杆（桩）满足其抗浮要求，并与上部结构共同承担结构荷载相协调，以及满足建筑使用功能的变形，不同于地基基础相关标准中满足地基基础承载力的变形，同时强调抗浮设计也应该进行变形控制。

**6.1.2** 抗浮锚杆（桩）应综合考虑锚杆（桩）长度范围内岩土情况、主体结构荷载分布以及基础或抗水板变形要求，采用均匀布置或非均匀布置方式。

6.1.3 当考虑地震作用验算桩身抗拔承载力时，应根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011和《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002的规定，对作用于桩顶的地震作用效应进行调整。

**6.1.4** 承载板、承压板及锚定板的承载力应通过试验确定。缺乏试验资料时，也可按本标准附录C的有关规定验算确定。

**6.1.5** 抗浮锚杆（桩）布设在抗水板上时，板厚不应小于400mm。

【条文说明】6.1.5 本条文规定主要是为了满足建筑地下结构局部抗浮稳定性分析要求。从四川省内普遍抗浮失事案例分析，大多数采用独立基础加抗水板方式。抗水板较薄时其刚度亦较小，承载水浮力时抗浮锚杆承受的抗拔承载力严重不均匀，采用均匀布置锚杆的方式时，板中间位置的锚杆受力往往超过设计抗拔承载力而失效并导致事故的发生。同时，板较薄时筋体锚入板中的直锚段亦较小，当水浮力较大时，容易导致与筋体连接处的板产生破环。若采取在抗水板中设置暗梁等措施，或通过有限元分析计算确保安全的情况下，可适当减少抗水板厚度，但厚度最小不能少于400mm。如抗浮锚杆在抗水板上施加预应力时，应适当加厚抗水板厚度。

6.1.6 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）应根据设计使用年限、环境类别以及水土对材料、构件的腐蚀性评价进行耐久性设计，并对锚杆锚固体（桩身混凝土）的裂缝控制等级进行判定，对其正截面的抗裂及裂缝宽度控制进行设计计算。

6.1.7 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）施加的锁定力，应综合考虑局部抗压要求和裂缝控制要求。

## 6.2 作用与作用效应

6.2.1 锚杆轴向拉力标准值按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.2.1） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中: | *n* | ———————— | 锚杆轴向拉力标准值（kN）；地下水浮力作用标准值（kN）；结构自重及标准组合下传到抗浮板或基础上的压重（kN），应按最不利原则取值；计算区域抗浮锚杆根数。 |

【条文说明】6.2.1 抗浮设计时，结构自重及传到抗浮板（底板）上的压重对结构有利，应取下限值。其中，压重不考虑可移动的荷载。

**6.2.2** 锚杆轴向拉力设计值按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.2.2） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | ———— | 锚杆轴向拉力设计值（kN）；分项系数，取值不应小于1.3。 |

6.2.3 抗浮桩轴向拉力应符合下列要求：

1 荷载效应标准组合，轴心拉力作用下：

 （6.2.3-1）

2 地震作用效应和荷载效应标准组合，轴心拉力作用下：

 （6.2.3-2）

式中 —荷载效应标准组合轴向拉力值(kN)；

Qtk—抗浮桩抗拔承载力特征值(kN)。

## 6.3 承载力计算

**6.3.1** 锚杆轴向拉力标准值应满足式（6.3.1）要求：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.3.1） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | —— | 锚杆抗拔承载力特征值（kN）。 |

【条文说明】6.3.1 锚杆轴向拉力标准值不大于锚杆抗拔承载力特征值是基于安全要求。

**6.3.2** 锚杆的抗拔承载力特征值可按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.3.2） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中: | *T*ak*K* | —————— | 锚杆抗拔承载力特征值（kN)；锚杆抗拔极限承载力标准值（kN)；锚杆抗拔安全系数，取*K*＝2，蠕变明显地层中不宜小于3。 |

**6.3.3** 锚杆的抗拔极限承载力标准值应根据现场基本试验确定。

**6.3.4** 全长等直径锚杆初步设计时，抗拔极限承载力标准值可按下式估算。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6.3.4) |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中: | *T*uk*l*d*D**f*mg | ———————————— | 锚杆抗拔极限承载力标准值（kN)；锚杆锚固段长度（m）； 锚杆钻孔直径（m）；锚固段长度对极限粘结强度的影响系数，可按表6.3.4-1取值； 锚固体与锚孔孔壁岩土的极限粘结强度标准值（kPa），按勘察报告取值，或者通过试验确定；无试验资料时，可按本标准表6.3.4-2、6.3.4-3取值。 |

表6.3.4-1 锚固段长度对粘结强度的影响系数建议值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 锚固地层 | 土层 | 岩石 |
| 锚固段长度（m） | 13～16 | 10～13 | 10 | 10～6 | 9～12 | 6～9 | 6 | 6～4 |
| 值 | 0.8～0.6 | 1.0～0.8 | 1.0 | 1.0～1.3 | 0.8～0.6 | 1.0～0.8 | 1.0 | 1.0～1.3 |

注：锚固段长度位于表格数值之间的采用内插法确定。

表6.3.4-2 锚固体与土层极限粘结强度标准值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 土 质 | 土的状态 | 极限粘结强度标准值*f*mg（kPa） |
| 淤泥质土 | — | 16～20 |
| 黏性土 | IL＞10.75＜IL10.50＜IL≤0.750.25＜IL≤0.500＜IL≤0.25IL＜0 | 15～3020～4030～5040～6550～7060～90 |
| 粉土 | e＞0.900.75＜e≤0.90e＜0.75 | 20～5040～7060～100 |
| 粉细砂 | 稍密中密密实 | 22～4030～7060～90 |
| 中砂 | 稍密中密密实 | 50～8070～9080～120 |
| 粗砂 | 稍密中密密实 | 80～120100～130120～150 |
| 砾砂 | 中密、密实 | 140～180 |
| 碎石土 | 稍密 | 120～160 |
| 中密 | 160～220 |
| 密实 | 220～300 |

注：1 *I*L为黏性土的液性指数，*e*为粉土的孔隙比；

2 仅适用于初步设计，施工时应通过试验检验。

表6.3.4-3 锚固体与岩石极限粘结强度标准值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 岩石类别 | 岩石天然单轴抗压强度标准值*f*tk(MPa) | 锚固体与岩石间极限粘结强度标准值*f*mg(kPa) |
| 极软岩 | *f*tk≤5 | 200~300 |
| 软岩 | 5＜*f*tk≤15 | 300~600 |
| 较软岩 | 15＜*f*tk ≤30 | 600~1000 |
| 较硬岩 | 30＜*f*tk≤60 | 1000~1500 |
| 坚硬岩 | *f*tk＞60 | 1500~2400 |

注：1 仅适用于初步设计，施工时应通过试验检验；

2 岩体结构面发育时，粘结强度取表中下限值；

3 表中数据适用于中风化及微风化岩层，全风化和强风化参照所风化成的相应土类取值。

**6.3.5**  拉压型全长等直径锚杆初步设计时，锚杆抗拔极限承载力标准值应按下式估算，锚固段长度应取式（6.3.4）和式（6.3.5）计算值的较大值。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.3.5） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中: | *d* | ———————— | 锚杆抗拔极限承载力标准值（kN)；筋体在锚固体中的锚固长度（m）；钢筋直径（mm）；钢筋与水泥浆或水泥砂浆极限粘结强度标准值（MPa），宜通过试验确定；当无试验资料时，可按本地经验初定。 |

【条文说明】6.3.5 各标准建议的注浆锚杆锚筋与固结体之间界面粘结强度值差异很大，如《岩土锚杆（索）技术规程》CECS 22：2005建议浆体（强度等级M25~M40的水泥砂浆及水泥浆）与钢绞线粘结强度标准值3.0MPa~4.0MPa，与螺纹钢筋的为2.0MPa~3.0MPa；GB50330－2013建议水泥砂浆（强度等级M25~M35）与钢绞线粘结强度设计值2.75MPa~3.4MPa，与螺纹钢筋的2.1MPa~2.7MPa；GB50086－2015建议永久锚杆浆体（强度等级M25~M40）与钢绞线及普通钢筋粘结强度设计值0.8MPa~1.0MPa，与螺纹钢筋的1.2MPa~1.6MPa；英标BS 8081：2015建议不同外形的锚筋粘结强度分别为1.0MPa~5.0MPa。对国内外各标准的规定或建议可总结如下：（1）都认为粘结强度与锚筋外形有关，但有的标准认为螺纹钢筋比钢绞线的粘结强度高，有的则正好相反；有的标准认为普通钢筋与钢绞线的粘结强度基本相同，有的认为不同；（2）都认为粘结强度随着浆体强度提高（不超过40MPa时）而明显提高；（3）都没有提及粘结强度与地质条件、锚筋安装质量、成锚条件等因素有关。国内标准均没有提及标准中建议值的来源，英标BS 8081则指出，锚杆的不少经验都是来源于混凝土，浆筋粘结强度亦如此。另外，从《混凝土结构设计规范》GB50010－2010中对锚筋锚固长度（长度较短时）的规定可以推算出，混凝土与钢筋粘结强度大致为2.0MPa~3.0MPa，与钢绞线大致为1.5MPa~2.5MPa。

然而，锚杆与常规混凝土构件有很大不同：（1）常规混凝土构件浇灌时工作环境通常较好，混凝土干净无杂质，能够振捣密实，坍落度及水灰比较小且可控，能够养护良好，故可获得较高及稳定的强度；而锚杆在钻孔内灌浆时的工作环境较差，孔内积水、泥土或岩屑等杂质很难排除干净，土层钻孔内有时还会存留有泥浆，浆体中难免夹有泥土岩屑等杂质，洗孔不干净时浆体甚至可能局部为水泥土，水灰比为了容易泵送通常比较大，且可能还被孔内积水在不同程度上稀释，钻孔、下锚（即杆体安装）、注浆等主要工序均在隐蔽状态下进行难以保证质量，又无法振捣，浆体养护条件也不好，这些不良因素导致浆体实际强度较低且变异性较大；（2）常规混凝土构件中的钢筋通常处于干净干燥状态，而锚筋置放到孔洞中时表面通常粘附着水、泥、粉屑等杂质，注浆时很难被置换干净，可能导致锚筋表面局部附着泥渣或泥皮而降低粘结强度；孔壁松软时锚筋甚至会陷入孔壁，或因钻孔不直、下锚偏斜及钢绞线弹性弯曲等原因紧贴孔壁，导致局部无浆液包裹；（3）钢筋混凝土构件中通常配有横向钢筋，限制了径向裂缝的发展，提高了粘结强度；而锚杆中没有横向配筋；（4）常规混凝土构件中混凝土可为钢筋提供适当的保护层厚度及钢筋净间距，而对锚筋较难做到，等等，这些因素导致了锚筋与浆体的粘结强度远低于常规混凝土构件中钢筋与混凝土的。总之，锚杆的实际工作环境要恶劣及复杂得多，成果与基于混凝土的经验有较大差别。

实际上，浆体强度对粘结强度的影响几乎无法现场验证。测试粘结强度时，应该先钻取浆体实际芯样制作试件测试抗压强度，但浆体在钻孔内难以取出、体形小难以制取试件，实际强度测试数据极少。工程中均采用浆体试块替代实际芯样，通过试块抗压强度来推算浆体

实际强度，但两者是否一致、是否与设计强度一致不能肯定。锚杆浆体试块制作环境与常规混凝土构件施工环境相仿，而锚杆浆体实际形成时受钻孔内各不良因素干扰，工作环境比试块的要恶劣及复杂得多，浆体实际强度显然更低，低多少业界并不清楚，例如对浆体强度影响重大的水灰比，浆液制备时可按设计值，但灌注到钻孔后，不可避免地要受钻孔内积水的稀释作用，实际值是多少不可确知；且由于每个钻孔内不良因素的干扰程度不可确知，导致每孔浆体实际强度的变异程度也不可确知；浆体强度随养护时间而增长的程度也不可确知；除了刻意而为的专项试验，工程中不太可能去开挖出浆体取样实测，故浆体实际强度是多少、能不能与设计强度相一致不知道，也就评估不出浆体强度对粘结强度的影响。不仅浆体，水泥土等其它材料固结体强度对粘结强度的影响同样无法验证。进一步的，钢筋外形因素对粘结强度的影响也无法验证。根据混凝土的经验，浆筋粘结强度取决于锚筋外形因素+浆体因素，两者同时产生影响，有一个明确之后才能推算出另一个的作用，但因为锚杆浆体强度对粘结强度的影响无法验证、不能确知，锚筋外形对粘结强度的影响也就无法验证、不能确知。

故混凝土与钢筋粘结强度的经验不完全适用于锚杆，锚杆浆筋粘结强度只能通过现场制作锚杆、现场荷载试验获得。编制组主要根据在深圳地区进行的3项锚杆工程60余组土层锚杆足尺试验及重庆大学80余个岩层锚杆缩尺试验成果等相关经验，得到以下结论及建议：

**1** 浆筋粘结强度与岩土体性状（含水量、重度、强度、液塑限、孔隙比等）基本无关，与清孔质量相关，锚筋粘结长度3.0m~6.0m时浆筋粘结强度标准值为0.66MPa~0.74MPa，远低于基于钢筋混凝土的经验值，主要原因即受钻孔内泥、水影响所致，孔内及杆体洁净、无积水时强度高；相对于土层锚杆，岩层锚杆孔内比较洁净，粘结强度相对较高；

**2** 浆筋粘结强度与成孔及注浆工艺等因素基本无关，与下锚工艺相关，采用在套管内下锚及边拔套管边注浆工艺时，因杆体相对洁净，粘结强度会有较大提高；

**3** 现场试验验证不出浆筋粘结强度与浆体设计强度等级的对应关系，无法定量验证受浆体实际强度的影响程度，但定性证实了浆体实际强度越高则粘结强度越高，且推论出在浆体常规设计强度范围内（20MPa~40MPa）粘结强度差异不大；锚筋外形对浆筋粘结强度的影响程度亦无法验证，但推论出带肋钢筋、螺纹钢筋及钢绞线的粘结强度差异不大。故从工程实用角度，本标准建议不需考虑浆体强度等级及锚筋外形对浆筋粘结强度的影响；

**4** 锚筋粘结长度在8.0m以内时，浆筋粘结强度的发挥程度随着锚筋粘结长度的增加而略有下降。粘结长度不超过8.0m的土层锚杆发生锚筋拔脱破坏的风险较高；

**5** 试验结果表明，浆筋粘结强度与单根锚杆中的锚筋数量基本无关。但该结论与一些技术标准的建议有些不同，如GB50330－2013认为：（1）当采用2根钢筋点焊成束做法时，粘结强度应乘0.85折减系数；（2）当采用3根钢筋点焊成束做法时，粘结强度应乘0.7折减系数；（3）成束钢筋的根数不应超过3根，钢筋截面总面积不应超过锚孔面积的20%；（4）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。编制组分析认为，多根锚筋筋体成束时，可能会发生浆体不密实、与锚筋之间的粘结不够充分等现象，从而可能会影响锚固性能，故粘结强度可按GB50330－2013的规定适当折减。

故本标准建议：锚固体为强度等级20MPa~40MPa的浆体，土层中浆筋粘结强度可取0.5MPa~1.0MPa，砂卵石层中浆筋粘结强度可取1.2MPa~1.8MPa，岩层中可取0.8MPa~3.0MPa，岩土混层锚杆取值则应介于两者之间；浆体强度高、钻孔及锚筋洁净、孔内无积水时取高值，反之取低值。

**6.3.6** 扩大头锚杆抗拔极限承载力标准值可按下图（6.3.6）和式（6.3.6）估算。



图6.3.6 扩大头锚杆受力机理示意图

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.3.6） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中: | *T*uk*D*1*D*2*L*e*L*D*f*mg*P*D | —————————————— | 锚杆抗拔极限承载力标准值（kN)；锚杆非扩大头直径（m）；锚杆扩大头直径（m）；非扩大头长度（m）；扩大头长度（m）；锚固体与锚孔孔壁岩土的极限粘结强度标准值（kPa），按勘察报告取值，或者通过试验确定；无试验资料时，可按本标准表5.3.6-2、5.3.6-3取值；扩大头端上覆土体对扩大头的抗力强度值（kPa），可按本地经验初定。 |

【条文说明】6.3.6 本标准建议锚杆扩大头端上覆土体对扩大头的抗力强度值按下表选取：

表1 扩大头端上覆土体对扩大头的抗力强度值（kPa，经验值）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 岩土类别 | 岩土性状 | 端阻强度标准值 |
| 素填土 | － | 100~600 |
| 淤泥质土 | 软塑 | 100~300 |
| 黏性土 | 软塑 | 200~400 |
| 可塑 | 0.50<*I*L≤0.75 | 300~700 |
| 0.25<*I*L≤0.50 | 650~1200 |
| 硬塑 | 900 - 1300 |
| 坚硬 | 1100~1400 |
| 粉土 | 稍密 | 250~600 |
| 中密 | 500~700 |
| 密实 | 600~1000 |
| 砂土 | 松散 | 200~500 |
| 稍密 | 450~900 |
| 中密 | 700~1200 |
| 密实 | 900~2000 |
| 碎石土 | 松散 | 300~1000 |
| 稍密 | 900~1500 |
| 中密 | 1200~2200 |
| 密实 | 1400~3000 |
| 花岗岩残积土 | 可塑 | 0.5<*I*L≤0.75 | 350~900 |
| 0.25<*I*L≤0.5 | 700~1400 |
| 硬塑 | 1100 - 1600 |
| 坚硬 | 1200~1900 |
| 岩体 | 极软岩 | 800~1800 |
| 软岩 | 1200~2400 |
| 较软岩 | － |
| 较硬岩 | － |
| 坚硬岩 | － |

注：**1** 高压旋喷扩体及机械扩体工艺形成的扩体锚固段端阻强度宜取中低值；

**2** 压力型锚杆可取中高值，拉压型锚杆宜取中低值。

本标准建议：（1）高压旋喷扩体及机械扩体工艺形成的扩大体锚固段前端面与岩土体容易局部接触不良，端阻强度取表1中的中低值；（2）压力型扩大头锚杆在较软土层中，可能会在扩大体段前端面发生土体沿某个锥面的剪切破坏，此时非扩大头段的界面可能不发生破坏，故初步设计时在软弱地层中非扩大头段与岩土体间的粘结强度取0。另外，考虑锚固段有效长度时，应取非扩大头段与扩大头段长度之和。

**6.3.7** 拉压型锚杆扩大头长度除符合本标准第6.3.6条外，尚应符合按下式计算的锚固体与筋体的粘结强度安全要求。

 （6.3.7）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | —————   | 锚杆抗拔极限承载力标准值（kN）；锚杆扩大头长度（m），当筋体自由段护套管或防腐涂层进入到扩大头内时，应取实际扩大头长度减去搭接长度；钢筋直径（mm）；钢筋与水泥浆或水泥砂浆扩大头的极限粘结强度标准值（MPa），宜通过试验确定；当无试验资料时，水泥浆或水泥砂浆扩大头粘结强度标准值取1.8MPa；扩大头长度对粘结强度的影响系数，应由试验确定。无试验资料时，可按表6.3.7取值； |

 表6.3.7 扩大头长度对粘结强度的影响系数建议值

|  |  |
| --- | --- |
| 锚固地层 | 土 层 |
| 扩大头长度（m） | 2～3 | 3～4 | 4～5 | 5～6 |
| 粘结强度影响系数 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 |

【条文说明】6.3.7 由于扩大头的特点，杆体有明显的抛物线形下坠，所以水泥浆或水泥砂浆扩大头的极限粘结强度标准值在参考《岩土锚杆（索）技术规程》CECS22:2005第7.5.1-3条的基础上，降低40%得来，适用于水灰比为0.4～0.6的水泥浆或水泥砂浆（水泥强度等级不低于42.5）。

**6.3.8** 锚杆筋体钢筋截面面积分别按下列公式计算，并取其中较大值：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.3.8-1） |
|  | （6.3.8-2） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *A*s | ———————————— | 钢筋的截面面积（mm2）；重要性系数；锚杆轴向拉力设计值（N）；锚杆抗拔承载力特征值（N)；钢筋的抗拉强度设计值（MPa），按本标准表5.3.1取值；钢筋的屈服强度标准值（MPa），按本标准表5.3.1取值。 |

【条文说明】6.3.8 式（6.3.8-1）按照基本组合计算配筋。式（6.3.8-2）充分考虑了锚杆承载力检测阶段钢筋应力情况，一是钢筋应力值不超过0.9fpyk；二是验收试验最大加载值取锚杆抗拔承载力特征值的2倍。因此，钢筋筋体截面面积按式（6.3.8-1）和式（6.3.8-2）计算结果取较大值。

6.3.9 抗浮桩抗拔承载力特征值应按下式确定：

 （6.3.9）

式中: Qtk—抗浮桩抗拔承载力特征值(kN)；

Quk—抗浮桩抗拔极限承载力标准值(kN)。

6.3.10 抗浮桩承载力和设计参数应通过性能试验确定。初步设计时，抗浮桩极限承载力标准值确定应符合下列规定：

1 群桩呈非整体破坏时，单根抗浮桩极限承载力标准值可按下式计算：

 （6.3.10-1）

式中: Quk—抗浮桩抗拔极限承载力标准值(kN)；

qsik—桩侧表面第i层土极限粘结强度标准值(kPa)，无试验资料时可按表6.3.10-1取值；

λi—抗拔系数，可按表6.3.10-2取值；

li— 第i层土内的桩长 (m ) ；

d— 桩身直径 (m ) 。

表6.3.10-1桩侧土极限粘结强度标准值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 土的名称 | 岩土状态 | 泥浆护壁钻（冲）孔桩 | 干作业钻孔桩 |
| 填土 | 20～28 | 20～28 |
| 淤泥 | 12～18 | 12～18 |
| 淤泥质土 | 20～28 | 20～28 |
| 黏性土 | 流塑 | IL＞1 | 21～38 | 21～38 |
| 软塑 | 0.75＜IL≤1 | 38～53 | 38～53 |
| 可塑 | 0.50＜IL≤0.75 | 53～68 | 53～66 |
| 硬可塑 | 0.25＜IL≤0.50 | 68～84 | 66～82 |
| 硬塑 | 0＜IL≤0.25 | 84～96 | 82～94 |
| 坚硬 | IL≤0 | 96～102 | 94～104 |
| 红黏土 | 0.7＜aw≤1 | 12～30 | 12～30 |
| 0.5＜aw≤0.7 | 30～70 | 30～70 |
| 粉土 | 稍密 | e＞0.9 | 24～42 | 24～42 |
| 中密 | 0.75≤e≤0.9 | 42～62 | 42～62 |
| 密实 | e＜0.75 | 62～82 | 62～82 |
| 粉细砂 | 稍密 | 10＜N≤15 | 22～46 | 22～46 |
| 中密 | 15＜N≤30 | 46～64 | 46～64 |
| 密实 | N＞30 | 64～86 | 64～86 |
| 中砂 | 中密 | 15＜N≤30 | 53～72 | 53～72 |
| 密实 | N＞30 | 72～94 | 72～94 |
| 粗砂 | 中密 | 15＜N≤30 | 74～95 | 76～98 |
| 密实 | N＞30 | 95～116 | 98～120 |
| 砾砂 | 稍密 | 5＜N63.5≤15 | 50～90 | 60～100 |
| 中密（密实） | N63.5＞15 | 116～130 | 112～130 |
| 圆砾、角砾 | 中密、密实 | N63.5＞10 | 135～150 | 135～150 |
| 碎石、卵石 | 中密、密实 | N63.5＞10 | 140～170 | 150～170 |
| 全风化软质岩 | 30＜N≤50 | 80～100 | 80～100 |
| 全风化硬质岩 | 30＜N≤50 | 120～140 | 120～150 |
| 强风化软质岩 | N63.5＞10 | 140～200 | 140～220 |
| 强风化硬质岩 | N63.5＞10 | 160～240 | 160～260 |

注：当采用后注浆技术时，表中值可乘以1.2～1.4的系数；粘性土取低值，砂性土取高值。

表6.3.10-2 抗拔系数λi

|  |  |
| --- | --- |
| 土类 | λi值 |
| 砂土 | 0.40～0.60 |
| 黏性土、粉土 | 0.50～0.70 |
| 全风化、强风化岩 | 0.70～0.80 |
| 中等风化、微风化岩 | 0.80～0.90 |

注：1桩长径比小于20时，λi取小值；长径比大于10时，可取大值；

2 砂土、粉土密度较小、黏性土状态较软者，λi取小值，反之取大值；

3 风化程度较强取小值，反之取大值；

4 表中λi值在有充分试验依据的条件下，可根据地区经验作适当调整；

5 灌注桩采用后注浆技术时，抗拔系数可适当提高。

2 群桩呈整体破坏时，单根抗浮桩极限承载力标准值应按下式计算：

 （6.3.10-2）

式中: Quk—单根抗浮桩极限承载力标准值 (kN)；

—桩群与桩间土组成的实体外围周长(m)；

W—桩群与桩间土组成的实体浮重度计算的自重标准值(kN )；

n—桩数量。

3 抗浮桩长度范围内存在液化土层时，液化土层极限侧阻力标准值应乘以表6.3.10-3的折减系数。

表6.3.10-3 土层液化折减系数*ψl*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| λN=N/Ncr | 地下结构底板算起的液化土层深度dL（m） | ψL |
| λN≤0.6 | dL≤10 | 0.0 |
| 10＜dL≤20 | 1/3 |
| 0.6＜λN≤0.8 | dL≤10 | 1/3 |
| 10＜dL≤20 | 2/3 |
| 0.8＜λN≤1.0 | dL≤10 | 2/3 |
| 10＜dL≤20 | 1.0 |

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

2 Ncr、λN 按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94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2/3～1.0；桩间土标贯击数达到Ncr时，取ψL=1.0。

6.3.11 抗浮桩正截面受拉承载力应符合下式规定：

 （6.3.11）

式中 —荷载效应基本组合下轴向拉力设计值(kN)；

—精轧螺纹钢筋的抗拉强度设计值，应按本标准表5.3.1进行取值；

As—精轧螺纹钢筋的截面面积。

## 6.4 局部受压、抗冲切验算

**6.4.1** 压力型锚杆底部固定端、锚杆顶部张拉端的局部受压承载力应按下式验算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.4.1） |
| 式中: | *A*pn*f*ck | ——— | 锚固体底部的承载板与锚固体横截面净接触面积（m2）；即锚固体底部的承载板与锚固体横截面接触面积中扣除钢筋孔洞横截面之后的面积；有侧限锚固体强度增大系数，由试验确定；锚固体边长为70.7mm的立方体抗压强度标准值（MPa），水泥浆体抗压强度应通过试验确定。无试验资料时，可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010和《砌体结构设计规范》GB50003有关规定计算。 |

【条文说明】6.4.1 压力型锚杆应对端部锚固体受压承载力进行验算，以保证锚固体直径与钢筋直径匹配。由于承载板面积小于锚固段灌浆体横截面积，灌浆体工作时实际上呈现局部受压，本条的计算公式参考了国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010（2015年版）局部受压混凝土承载力计算公式。应当说明，锚杆锚固段灌浆体是在有侧限条件下工作的。无侧限灌浆体的抗压强度只适用于其基本质量考核，远不能反映锚杆工作时灌浆体的准确强度。根据英国A.D.Bar-ley等人所进行的模拟灌浆体在密实-很密实砂或软弱岩体的侧限环境中加荷试验表明，无侧限状态下抗压强度仅为40MPa～70MPa的灌浆体，在有侧限条件下达到了200 MPa～800 MPa的压应力。有侧限的灌浆体的抗压强度增大系数与灌浆体周边的岩土弹模有关，应通过试验确定。为便于工程应用，本标准建议了的经验值，见下表1所见。

表1 锚固体与岩土的浆体强度侧限增大系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 岩土层种类 | 岩土的状态或密实度 | 浆体强度侧限增大系数 |
| 黏性土 | 可塑硬塑坚硬 | 1.3～1.91.9～2.42.4～2.9 |
| 粉土 | 稍密中密密实 | 1.0～1.41.4～2.12.1～3.2 |
| 粉细砂 | 稍密中密密实 | 1.0～1.11.1～1.71.7～2.2 |
| 中砂 | 稍密中密密实 | 1.4～1.91.9～2.32.3～3.1 |
| 粗砂 | 稍密中密密实 | 2.5～3.23.2～4.24.2～5.5 |
| 砾砂 | 中密密实 | 3.2～4.24.2～5.5 |
| 碎石土 | 稍密 | 3.2～3.4 |
| 中密 | 3.4～4.7 |
| 密实 | 4.7～6.4 |
| 岩石 | 极软岩 | 2.9～3.9 |
| 软岩 | 3.9～5.9 |
| 较软岩 | 5.9～6.6 |
| 较硬岩 | 6.6～8.8 |
| 坚硬岩 | 8.8～11.0 |

注：1 表中数据适用于常压灌浆，土层中采用二次简易高压注浆时有一定提高，采用分段高压劈裂灌浆时可明显提高；

2 采用泥浆护壁成孔工艺时，数据应适当折减；

3 采用套管护壁成孔且灌浆时钻孔内无积水时，数据可取高值；

4 砂土中细粒含量超过总质量的30%时，数据应适当折减；

5 对有机质含量为5%～10%的有机质土，数据应适当折减。

6.4.2 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）在结构底板上锚固时，应对底板的抗冲切承载力进行验算，计算方法可按本标准附录B的有关规定验算确定。

## 6.5 稳定性和变形验算

**6.5.1** 抗浮锚杆整体稳定性应符合式（6.5.1-1）的规定。当锚杆布置较密时，尚应按图（6.5.1）和式（6.5.1-2）进行群锚效应稳定性验算。

 

图6.5.1 锚杆群锚效应稳定验算简图

1－结构物；2－岩土体；3－假定破裂面；4－锚杆；
*α*—假定破裂体的半锥角（°），取锥尖范围内岩土体平均内摩擦角，
宜取30°~45°，小于30°时取30°；*β*—边锚破裂角，取值不大于*α*；
L—锚杆布置间距（m）

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.5.1-1） |
|  | （6.5.1-2） |
| 式中： |  | —————— | 验算区域抗浮锚杆根数；锚杆抗拔承载力特征值（kN）；抗浮稳定安全系数，安全等级为一级时取1.15、二级时取1.10、三级时取1.05； |
|  | *R*k | —— | 岩体抗拉力标准值（kN），可按6.5.2条规定执行；当锚固体位于土层时，*R*k取0； |
| *W*k | —— | 计算单元假定破裂体内岩土体的有效自重标准值（kN）。 |

【条文说明】6.5.1 根据现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003-2021第2.2.2条第3款、《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011第3.0.5条第3款的规定：计算基础抗浮稳定时，作用效应应按承载能力极限状态下作用的基本组合，但其分项系数均为1.0。

抗浮稳定按承载力能极限状态设计时，作用基本组合效应设计值Sd 取水浮力设计值（分项系数为1.0）；抗力设计值Rd取结构自重、抗浮板上压重、抗浮锚杆抗拔承载力之和，当验算群锚效应稳定性时，抗力设计值Rd取结构自重、抗浮板上压重、假定破裂体内岩土体的有效自重之和。

**6.5.2** 岩体抗拉力标准值*R*lk可按下式估算：

 （6.5.2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中：*A*w | — | 计算单元面积（m2）； |
|  *f*lk | — | 岩体抗拉强度标准值（kPa），可由试验确定，也可按本地经验取值； |
| *K*Rl | — | 岩体抗拉力分项安全系数，可取2.50。 |

【条文说明】6.5.2 如何计取岩体抗拉力，业界尚缺少相关经验。一般认为，岩土体的抗拉强度与粘聚力*c*正相关，但研究成果同样很少，有限的研究成果表明岩石的抗拉强度约为0.6*c*~0.9*c*。本标准建议按下表取值，表中数值系以《工程岩体分级标准》GB/T50218-2014中提供的岩体抗剪断峰值强度粘聚力*c*值的一半为基础根据试算结果向下进行了适当调整。试算结果表明，V级岩层锚杆及土层锚杆因长度较长，假定破裂面内岩土体浮重力较大，计取岩土体抗拉强度与否几乎不对设计计算产生实质性影响；

表2 岩体抗拉强度标准值（经验值）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 岩体基本质量级别 | Ⅱ | Ⅲ | Ⅳ | Ⅴ |
| 岩体抗拉强度*f*lk（kPa） | 900~700 | 700~250 | 250~100 | 100~0 |

注：**1** 岩体水平层理发育时岩体抗拉强度应取表中较低值，极软岩、极破碎岩及土层宜取0；

**2** 编制组尚缺少岩体基本质量级别为I级时的经验数据。

**3** 考虑到岩体抗拉强度的变异性大且经验不多，式9.2.4中设置了较大的抗拉力分项安全系数2.50；

**4** 特别重要工程指对底板上浮变形敏感的重要工程，如地下室底板上放置了对变形敏感的高精度仪器的医院等；

**5** 锚固段长度超过了有效长度后有效抗力迅速减弱，稳定破坏模式可能不再如图9.2.3所示，故本标准规定了锚杆抗浮计算长度上限；

**6** 采用其它抗浮稳定验算模型时，也宜按式（9.2.3）~式（9.2.4）计入锚杆底端岩体的抗拉力；

**7** 岩层爆破开挖时通常会对基底岩层造成松动，选用岩体抗拉强度时应加以考虑。

**6.5.3** 锚杆变形计算应根据锚杆的使用工况、锚杆刚度和锚杆预应力锁定值，结合锚杆对应的建（构）筑物的具体受力条件，按相应的力学公式或数值分析方法计算。

【条文说明】6.5.3 锚杆变形的允许值不能统一规定，应针对具体工程根据使用要求和受力体系结构计算确定。结构安全和使用要求对锚杆变形有限制的工程项目，应以限制值作为锚杆变形的容许值。结构安全和使用要求对锚杆变形没有明确限制的，可不必专门规定锚杆变形的允许值，以发挥锚杆柔性受力的特点，使整个受力体系的协调性更好，各部件受力更加协调均衡。

基本试验中已包含了判断锚杆是否破坏的变形准则，本条所述锚杆变形的允许值只是针对使用要求和外部构件需要的一个限制性指标。

**6.5.4** 锚杆的轴向刚度系数应由试验确定。当无试验资料时，可按下式估算：

 （6.5.4）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *k*T*A*s*E*s*L*c*L*f | —————————— | 锚杆的轴向刚度系数（kN/m）；钢筋的截面面积（m2）；钢筋的弹性模量（kN/m2）；钢筋的变形计算长度（m）；压力型锚杆可取*L*c=*L*f；钢筋的自由拉伸长度（m）。 |

**6.5.5** 当主体结构对抗浮锚杆变形有要求时，抗浮锚杆变形不应大于相关主体结构构件变形限值。

## 6.6 裂缝控制

**6.6.1** 拉压型抗浮锚杆（桩）正截面的受力裂缝控制等级划分和要求应符合表6.6.1的规定。

**表6.6.1 抗浮锚杆截面裂缝控制等级**

|  |  |
| --- | --- |
| 裂缝控制等级 | 要 求 |
| 一级 | 严格要求不出现裂缝，按荷载标准组合计算时，锚固体不应产生拉应力 |
| 二级 | 一般要求不出现裂缝，按荷载标准组合计算时，锚固体拉应力不应大于锚固体的抗拉强度标准值 |
| 三级 | 允许出现裂缝，裂缝控制可按钢筋应力控制设计, 也可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010计算 |

注：裂缝控制等级一、二、三级可分别对应抗浮锚杆（桩）安全等级一、二、三级。

**6.6.2** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）应根据环境类别，按表6.6.2选用相应的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值*ꞷ*lim：

表6.6.2 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 环境类别 | 裂缝控制等级 | 裂缝宽度*ꞷ*lim（mm） |
| 一类 | 三级 | 0.20 |
| 二a类 | 0.10 |
| 二b类 | 二级 | — |
| 三a类、三b类 | 一级 | — |

**6.6.3**  拉压型抗浮锚杆（桩）锚固体（桩身混凝土）裂缝控制验算应符合下列规定：

1 裂缝控制等级为一级时，按不出现裂缝进行设计，在荷载效应标准组合下锚固体（桩身混凝土）中不应产生拉应力，并应满足下式要求：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|   |

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.6.3-1） |

 |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *L*f*L*m | ———————— | 荷载效应标准组合下正截面法向应力（kPa）；扣除全部应力损失后，锚固体（桩身混凝土）有效预压应力（kPa）。锚杆杆体的变形计算长度（m）；可取*L*c=*L*f～（*L*f+*L*m）；锚杆杆体的自由段长度（m）；锚杆杆体与锚固体的粘结长度（m）。 |

2 裂缝控制等级为二级时，按裂缝控制进行设计，在荷载效应标准组合下锚固体（桩身混凝土）中拉应力不应大于锚固体（桩身混凝土）轴心受拉强度标准值，并应满足下式要求：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.6.3-2） |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|   | 3 裂缝控制等级为三级时，可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010进行裂缝宽度验算，或按控制钢筋应力的方法进行裂缝控制。 |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | —————— | 荷载效应标准组合下正截面法向应力（kPa）；扣除全部应力损失后，锚固体的有效预压应力（kPa）；锚固体轴心抗拉强度标准值（kPa）。对于水泥浆或水泥砂浆的抗拉强度应通过试验确定。无试验资料时，可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010和《砌体结构设计规范》GB50003有关规定计算。 |

6.6.4 荷载标准组合或准永久组合并考虑长期作用影响的最大裂缝宽度按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的有关规定计算**。**

## 6.7 预应力锁定

**6.7.1** 精轧螺纹钢筋抗浮锚杆（桩）的预应力锁定力应根据建筑物工作条件下地下水位变幅、地基承载力、锚头承载结构状况、预应力损失和基础结构变形控制要求等确定。

**【条文说明】6.7.1** 各个工程的地下水变幅与所需抗浮力之比值相差很大，很难有一个统一的范围，锚杆的预应力锁定力应根据具体工程情况确定，本条不作具体规定；预应力损失计算应按《混凝土结构设计规范》GB50010有关规定执行。

**6.7.2** 精轧螺纹钢筋抗浮锚杆（桩）预应力锁定力的确定应考虑锚杆受力变形及其对基础底板抗裂的影响，锁定力应符合下列要求：

**1** 对于地层及被锚固结构位移控制要求较高的工程，锁定力不宜小于锚杆抗拔承载力特征值的0.85倍；

**2**  对于地层及被锚固结构位移控制要求较低的工程，锁定力宜为锚杆抗拔承载力特征值的0.70倍～0.85倍。

**【条文说明】6.7.2** 根据被锚固结构容许变形（位移）的程度及高应力低强度围岩流变特征，本条对预应力锚杆张拉后的锁定值做出了规定。

**6.7.3** 抗浮锚杆（桩）的精轧螺纹钢筋的张拉控制应力*σ*con不应大于其屈服强度标准值的0.75倍。

**【条文说明】6.7.3** 锚杆预应力筋体的受拉承载力设计值应不小于锚杆的拉力设计值，此外预应力锚杆是一种后张法预应力构件，其预应力筋张拉控制应力*σ*con应比地上预应力钢筋混凝土结构有明显的降低，原因是预应力锚杆埋设在岩土层中，工作条件十分恶劣，应力腐蚀风险加大。此外，预应力筋采用较小的张拉控制应力*σ*con，对降低锚杆的预应力损失，也是有利的。

**6.7.4** 预应力锁定时锚固体（桩身混凝土）与锚座抗压强度不应低于设计强度的80%。

# 7 施工

## 7.1 一般规定

**7.1.1** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）施工前应查明施工可能涉及影响范围内的地下管线、埋藏物以及相邻建（构）筑物基础等情况。

**7.1.2** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）施工前应根据设计文件、现场地质条件和环境条件等编制专项施工方案，经审批后实施。

**7.1.3** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）施工应具有下列条件：

 **1** 场地岩土工程勘察报告，施工图及图纸会审纪要，施工方案或专项施工方案；

**2**  施工机械及其配套设备的技术性能资料，原材料及其制品质检报告和工艺试验资料；

**3**  地下水丰富的卵石地层，当地下水影响锚固体施工质量时，应降低地下水位或采取其他可靠措施，确保施工质量。

**7.1.4** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）的施工除应按本规程的规定执行外，还应符合国家及行业相关标准、规范的规定。

## 7.2 成孔

**7.2.1** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆的钻孔应符合下列规定：

**1** 钻孔前，应根据设计要求和地层条件，定出孔位并做出标记；

**2** 钻机就位前应对锚杆位置进行复核，钻机定位应准确、水平、垂直和稳固；

**3** 在土层中宜采用高压旋喷扩孔工艺，在基岩地层中宜采用机械扩孔工艺；

**4** 钻孔垂直度允许偏差宜小于1%，孔位允许偏差应为±50mm；

**5** 锚杆孔距误差不应大于100mm，钻头直径最小不应小于设计钻孔直径3mm；

**6** 钻孔深度宜超过设计锚杆长度0.1～0.3m，沉渣较薄时取小值，较厚时取大值。

**7.2.2** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆的成孔除稳定地层中可采用普通钻孔外，出现下列情形应采用套管护壁钻孔：

**1** 不稳定地层；

**2** 受扰动易出现涌砂流土的地层；

**3** 易塌孔的砂层；

**4** 易缩颈的淤泥等软土地层。

**7.2.2** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆采用套管护壁钻孔，对后续杆体安放有利，因此，除土层稳定的竖向锚杆以外，均推荐采用套管护壁钻孔；对回转型锚杆，因杆体安放时对孔壁有挤压作用，应采用套管护壁钻孔。

**7.2.3** 锚杆扩孔工艺、扩大头段分布形式及施工机械设备应根据地质条件、设计要求以及场地条件等选择，并根据现场扩孔工艺试验确定适合的施工参数。

**7.2.4** 扩大头抗浮锚杆的高压旋喷扩孔工艺尚宜符合下列规定：

**1** 施工机械宜具有自动记录功能；

**2** 输送扩孔介质的管路不宜大于50m；

**3** 旋喷介质宜选用水或水泥浆，浆液水灰比应按工艺和设备要求确定，宜取0.8～1.2；

**4**  喷嘴旋转及行进速率、喷射压力、喷射遍数及顺序等施工参数，应能使扩体段固结体均匀连续，且强度及最小直径符合设计要求；

**5** 分段提升时上下段搭接长度不应小于100mm；

**6** 扩孔的喷射压力不应小于20MPa，喷嘴给进或提升速度可取（10～15）cm/min，喷嘴转速可取（5～15）r/min；

**7** 采用水泥浆液扩孔工艺时，应上下往返扩孔两遍；采用清水扩孔工艺时，应采用水泥浆液扩孔一遍；

**8** 在扩孔过程中出现压力骤然下降或上升时，应查明原因并及时采取措施。

**【条文说明】7.2.4** 扩大头抗浮锚杆在扩孔施工过程中，压力骤降或骤升都属于不正常情况，应立即停止作业，查明原因，排除故障，恢复正常后才能恢复扩孔作业。

**7.2.5** 扩大头抗浮锚杆的机械扩体工艺尚宜符合下列规定：

**1** 扩体钻具使用前应在地面进行调试；

**2** 扩体时机、铰刀旋转及行进速率、扩体遍数、辅助注浆等施工参数及措施，应能使扩体段固结体均匀连续，且强度及直径符合设计要求；

**3** 锚杆应先进行扩体施工，再按注浆锚杆工艺形成浆体芯。

**7.2.6** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆的钻孔及扩体过程中遇到异常情况时应及时查明原因并采取相应措施。

**7.2.7** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆钻孔完成后应清孔，将孔内残渣和泥浆清洗干净。清孔可采用清水、高压风或气水排渣法。

7.2.8 精轧螺纹钢筋预应力抗浮桩的成孔施工宜符合下列规定：

1 旋挖钻成孔应符合下列规定：

1. 应采用跳挖方式，钻斗倒出的土距桩孔口的最小距离应大于6m，并应及时清除；
2. 钻孔达到设计深度时，应采用清孔钻头进行清孔，并应做好记录；

2 长螺旋钻孔应符合下列规定：

1. 开孔时下钻速度应缓慢，过程中不宜反转或提升钻杆；
2. 钻进过程中遇卡钻、钻机摇晃或偏斜时，应采取相应措施处理后继续作业；
3. 泵入混凝土后应停顿10s～20s再缓慢提升钻杆，并确保管内有一定高度的混凝土；
4. 混凝土压灌结束后，应采用插筋器立即将锚筋插至设计深度。

3 冲击成孔应符合下列规定：

1. 开孔应低锤密击，高低冲程交替冲击钻进，入岩后采用大冲程低频率冲击；
2. 每钻进300mm～500mm应清孔取样一次并应做记录，每钻进4m～5m应验孔一次；
3. 宜采用泥浆循环或抽渣筒等排渣，抽渣筒排渣应及时补给泥浆；
4. 遇有塌孔、护筒周围冒浆或失稳等情况时，宜采取填料造壁后方可继续施工。

**7.2.9** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮桩旋挖成孔的钢筋笼下放前应清孔，吊装完毕后应二次清孔，并经孔位、孔径、垂直度、孔深、沉渣厚度等检验合格后立即灌注混凝土。

**7.2.10** 当地下水影响抗浮锚杆锚固体的施工质量时，应采取降低地下水位或其他可靠措施确保施工质量。

## 7.3 杆体（钢筋笼）制作和安放

**7.3.1** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆杆体的制作应符合下列规定：

**1** 精轧螺纹钢下料宜采用工厂定制，不具备条件时可采用砂轮锯切割下料，严禁采用电焊或气割；

**2** 在钢筋搬运安装时，应避免碰伤螺纹；

**3** 制作前钢筋应平直、除锈；

**4**  杆体制作时应按设计要求进行防腐处理；

**5** 注浆管应与杆体绑扎牢固，绑扎材料不宜采用镀锌材料；

**6**  在锚固段长度范围，杆体不得有影响与锚固体有效粘结和影响锚杆使用寿命的有害物质，锚固体保护层厚度应满足设计要求。

**7.3.2** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆杆体的存放应符合下列规定：

**1** 杆体制作完成后应及时使用，不宜长期存放；

**2** 制作完成的杆体宜存放于干燥清洁的场所，应避免阳光照晒或油渍溅落在杆体上；

**3** 制作完成的杆体应单层平放，不得叠层堆放，应避免堆压损伤或碰撞损伤；

**4** 对存放时间较长的杆体，在使用前应进行严格检查。

**7.3.3** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆杆体的安放应符合下列规定：

**1** 在杆体放入钻孔前，应检查杆体的组装质量，安装连接应牢固，杆体防腐应符合设计图纸的规定；

**2** 安放杆体时，应防止扭压和弯曲，杆体放入孔内应与钻孔垂直度保持一致；

**3** 安放杆体时，不得损坏防腐层，不得影响正常的注浆作业。

**【条文说明】7.3.1～7.3.3** 本条规定了抗浮锚杆杆体制作和安装的技术措施及要求，钢筋表面除锈质量等级主要参考现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB/T50046确定。安放钢筋时应顺着钻孔方向，弯度不宜太大，以防止扭压、弯曲。

7.3.4 精轧螺纹钢筋预应力抗浮桩的钢筋笼制作和安放质量应符合下列规定：

1 钢筋笼的材质、尺寸应符合设计要求；

2 钢筋笼底部固定端应严格按设计要求位置进行安装，精轧螺纹钢筋平面分布应对称、均匀，竖向应平滑、顺直，并与钢筋绑扎牢固；

3 分段制作的钢筋笼连接应符合国家现行标准《预应力混凝土用螺纹钢筋》GBT 20065、《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 和《钢筋焊接及验收规程》JGJ18 的规定；

4 桩顶超灌部位应对精轧螺纹钢筋安装硬质PVC套管进行保护，管内孔隙采用发泡胶填充，端部采用止水胶带缠绕密封；

5 搬运和吊装钢筋笼应防止变形，安放应对准孔位；

6 钢筋笼应沉放到孔底，下笼受阻时不得撞笼、墩笼、扭笼，就位后应立即固定。

## 7.4 注浆、灌注

**7.4.1** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆的浆液制备和注浆应符合下列规定：

**1** 对锚孔的首次注浆，宜选用水灰比为0.5～0.55的纯水泥浆或灰砂比为1:0.5～1:1的水泥砂浆，对改善注浆料性能有特殊要求时，可加入经试验确定参量的外加剂或外掺料；

**2**  注浆管宜与杆体同时放入孔内，注浆管出浆口宜插入距孔底100mm～300mm处；

**3** 浆液自下而上连续灌注，对采用碎石填充后灌浆的锚杆，锚杆上段3m范围内应采取可靠措施灌注密实，或初凝前多次反复注浆；

**4** 当孔口溢出的浆液与注入浆液颜色和浓度一致时，可停止注浆，并根据浆液沉淀情况选用二次或多次补注浆；

**5** 灌浆应饱满密实，灌浆方法和压力应满足设计要求。

**6**  注浆浆液应搅拌均匀，随拌随用并应在初凝前用完，应采取防止石块、杂物混入浆液的措施。

7 混凝土灌注应在成孔质量检查合格后进行。混凝土配合比或外加剂应通过试验确定，混凝土坍落度宜为180～220mm，粗骨料最大粒径不宜大于10mm。

**【条文说明】7.4.1**  注浆浆液不能过稀，以确保能将泥浆和较稀的水泥浆置换出来，形成强度较高的锚固体。有条件进行水泥砂浆注浆时，砂浆的水灰比在满足可注性的条件下应尽量小，具体根据注浆设备性能确定。

**7.4.2** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮桩的桩身混凝土浇筑应符合下列规定：

**1** 混凝土灌注应在成孔质量检查合格后进行。混凝土配合比或外加剂应通过试验确定，混凝土坍落度宜为180～220mm，粗骨料最大粒径不宜大于30mm；

2 直径大于1m或单桩混凝土量超过25m3的桩，每根桩桩身混凝土应留有1组试件；直径不大于1m的桩或单桩混凝土量不超过25m3的桩，每个灌注台班不得少于1组；每组试件应留3件。

7.4.3 当钢筋笼采用后插法时，混凝土浇筑完成后，应立即将钢筋笼插至设计深度。钢筋笼插设宜采用专用插筋器。

## 7.5 张拉锁定

**7.5.1** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）的张拉和锁定应符合下列规定：

**1** 张拉前应对张拉设备进行校准和标定，承压面应平整，并应与锚杆轴线方向垂直；

**2** 应在同批次抗浮锚杆（桩）验收试验合格后张拉；

**3** 应采用与钢筋匹配成套的螺母锚具；

**4** 张拉时锚固体（桩身混凝土）与锚座混凝土抗压强度应符合设计要求；

**5**  正式张拉前宜取10%～20%的抗拔承载力特征值对锚杆（桩）循环预张拉1次～2次；

**6** 抗浮桩的张拉应对称、均衡；抗浮锚杆张拉过程中禁止扰动杆体、千斤顶或其他锚夹具；

**7**  张拉过程中应完整记录荷载与变形，张拉完成后应及时封闭锚头。

**7.5.2** 锚杆（桩）张拉至1.00*～*1.20倍抗拔承载力特征值时，对岩层、砂性土层应持荷10min，对黏性土层应持荷15min后卸荷至设计要求的锁定荷载进行锁定。张拉荷载的分级和位移观测时间应按表7.5.2的规定。

表7.5.2 锚杆（桩）张拉荷载分级和位移观测时间

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 荷 载 分 级 | 位移观测时间（min） | 加荷速率（kN/min） |
| 岩层、砂性土层 | 黏性土层 |
| 0.10*T*ak～0.20*T*ak | 2 | 2 | 不大于100 |
| 0.50*T*ak | 5 | 5 |
| 0.75*T*ak | 5 | 5 |
| 1.00*T*ak | 5 | 10 | 不大于50 |
| 1.10*T*ak～1.20*T*ak | 10 | 15 |

注：*T*ak—锚杆抗拔承载力特征值。

**【条文说明】7.5.2** 锁定时，为了达到设计要求的张拉锁定值，锁定荷载应高于张拉锁定值，根据经验一般可取张拉锁定值的1.10倍～1.15倍，必要时可采用拉力传感器和油压千斤顶现场对比测试确定。

## 7.6 成品保护

**7.6.1** 对精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）的成品应及时有效地进行保护。

**7.6.2** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆（桩）的成品保护宜采取如下措施：

**1** 指派专人进行日常检查和维护；

**2** 严禁对精轧螺纹钢筋及其配套部件进行点焊、焊接和气割等作业；

**3** 定期对精轧螺纹钢筋检查，筋体严禁弯曲或弯折，不得损伤螺纹；

**4** 任何机械不宜进入锚杆保护区域，不得对锚杆碰撞、碾压及拖拽；

**5** 抗浮构件应分区并且按照顺序进行施工，禁止遍地开花；

**6**  锚杆、锚筋锁定后不得碰撞锚头及杆体；

**7** 结构底板施工过程中禁止对钢筋进行焊接和火焰切割工作。

**7.6.3** 杆体安装前应检查防腐层完整性，发现防腐层缺陷应进行修补至复检合格，无法修补时不得使用。

## 7.7 施工安全与环境保护

**7.7.1**  抗浮锚杆（桩）施工安全应符合下列要求：

**1**  施工作业面应平整，周边有边坡时应事先确认边坡稳定，地下水位较高场地应做好降水、隔水作业，地层软弱场地应做好地基处理工作，保证作业场地安全；

**2**  机械设备应安放平稳；作业前应检查机械设备，确认各部件完好、正常、可靠；使用前应进行试运转；使用过程中如出现异常情况应立即停机检查，排除故障后方可使用；作业完毕后应切断电源；

**3** 预应力张拉作业区应设置明显的警戒标志，张拉区的竖向上、下位置严禁其他人员同时作业；

**4** 施工区域应避免人员及机械穿行；

**5** 恶劣天气作业时应采取相应的安全措施；

**6** 易燃易爆物品及危险化学品等材料，采购、运输、存放、发放、使用、回收、处理等均应严格控制管理。

**7.7.2** 抗浮锚杆（桩）施工环境保护应符合下列要求：

**1** 应选择对周边环境及地层扰动小的施工方法；

**2** 施工现场应采取降噪、隔音措施；

**3** 施工中应控制扬尘，并采取封闭、遮盖、降尘等措施；

**4** 施工作业产生的泥浆、污水等，未经处理不得直接排放；

**5** 完工后应对搅拌台、水泥堆放场等进行清理；

**6** 施工现场禁止焚烧各类废弃物。

**【条文说明】7.7.2**  抗浮锚杆（桩）的设置应充分考虑建构筑物、地下管廊及管线等周边环境的形式及空间分布情况，不得损坏，并应尽量避免对其造成不利影响。一般认为，抗浮构件的应力影响范围约为6倍锚固体直径，通常按1.5m控制即可。

# 8 试验、检验与验收

## 8.1 一般规定

**8.1.1** 精轧螺纹钢筋预应力抗浮锚杆试验分为基本试验、验收试验、蠕变试验和持有荷载试验。精轧螺纹钢筋预应力抗浮桩试验分为工程前试桩试验、验收试验和持有荷载试验。

8.1.2 抗浮锚杆施工前应进行基本试验，基本试验的地层条件、锚杆杆体和参数、施工工艺应与工程抗浮锚杆相同，检测数量不应少于3根。抗浮桩设计施工前可通过工程前试桩试验确定单桩抗拔极限承载力，同类型抗浮桩试验数量不应少于3根。

8.1.3 抗浮锚杆施工完成后应进行验收试验，试验检测数量不应少于同类型锚杆总数的5%且不应少于5根。抗浮桩施工完成后应进行验收试验，单位工程验收试验检测桩数量不应少于同条件下总桩数的1%，且不应少于3根，当总桩数少于50根时，检测数量不应少于2根。验收试验应在基础或抗水板混凝土浇筑及锚杆（桩）张拉锁定前进行。

8.1.4 塑性指数大于17的土层抗浮构件、强风化泥岩或节理裂缝发育张开且充填有黏性土的岩层中的抗浮锚杆应进行蠕变试验，检测数量不应少于3根。

8.1.5 抗浮锚杆（桩）锁定后应进行持有荷载试验，持有荷载试验检测数量不应少于同类型构件总数的5%且不应少于5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。

**8.1.6** 桩身完整性检测应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的相关要求，工程前试桩试验和验收试验的抗浮桩应进行桩身完整性检测。

**8.1.7**  锚杆（桩）试验最大试验荷载不应超过钢筋屈服强度标准值的0.9倍。

**8.1.8** 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和量程。

**8.1.9**  试验用加载装置（千斤顶、油泵）的额定压力应满足最大试验荷载的要求。

**8.1.10** 试验应在锚固体（桩身混凝土）强度达到设计强度90%后方可进行。

## 8.2 抗浮锚杆

**8.2.1**  抗浮锚杆原材料的质量检验应包括下列内容：

**1**  原材料的出厂合格证；

**2**  材料现场抽检试验报告；

**3** 固结体强度等级检验报告。

**8.2.2** 抗浮锚杆的试验应符合本标准附录D、附录E的规定。

**8.2.3**  抗浮锚杆的质量检验应符合表8.2.3的规定。主控项目的质量经抽样检验应全部合格，一般项目的质量经抽样检验合格点率不应低于80%。

表8.2.3 锚杆工程质量检验标准

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 序号 | 检查项目 | 允许偏差或允许值 | 检查方法 |
| 主控项目 | 1 | 锚杆杆体长度/mm | +100，-30 | 用钢尺量 |
| 2 | 锚杆抗拔承载力特征值（kN） | 达到设计要求 | 现场抗拔试验 |
| 3 | 锚杆锁定力（kN） | ±10%预应力锁定值 | 测力计量测 |
| 4 | 锚头及锚固结构变形 | 小于设计变形预警值 | 现场量测，抗拔试验 |
| 5 | 扩大头长度（mm）（如有） | ±100 | 钻机自动监测记录或现场监测 |
| 6 | 扩大头直径（mm）（如有） | ≥1.0倍设计直径 | 钻机自动监测记录或现场监测 |
| 一般项目 | 1 | 锚杆位置/mm | ±100 | 用钢尺量 |
| 2 | 锚孔直径/mm | ±10 | 用卡尺量 |
| 3 | 浆体强度 | 达到设计要求 | 试样送检 |
| 4 | 注浆量 | 不小于理论计算浆量 | 检查计量数据 |
| 5 | 钻孔垂直度 | 钻孔倾斜度应≤2% | 测斜仪等 |
| 6 | 锚杆杆体插入长度 | 不小于设计长度的95% | 用钢尺量 |

**8.2.4** 扩大头锚杆的扩大体直径的检验可采用下列方法：

**1**  有条件时可在相同地质单元或土层中进行扩孔试验，通过现场量测和现场开挖量测；

**2** 在正式施工前，应在锚杆设计位置进行试验性施工，计算水泥浆灌浆量，通过灌浆量计算扩大头直径。

**【条文说明】8.2.4** 扩大头直径的现场开挖量测可在较浅的相同地质单元或土层中进行。扩大头直径的试验检验除本条规定的两种方法之外，有条件时还可以采用其他可靠的方法。

**8.2.5**  当抗浮锚杆验收试验出现不合格锚杆时，应二次扩大抽样范围并加倍检测。二次检验结果仍不合格时，应按废弃或降低标准使用，处理后再按验收标准进行检验。

## 8.3 抗浮桩

8.3.1 抗浮桩检验应符合国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB50007、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB50202、《建筑桩基技术规范》JGJ94、《建筑基桩检测技术规范》JGJ106和《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300的规定。

8.3.2 抗浮桩施工后应进行桩顶标高、桩位偏差和桩身完整性检验。桩身完整性检验可采用低应变法、声波透射法等，检测开始时间宜根据国家现行标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ106确定。

【条文说明】8.3.2 桩身质量与基桩承载力密切相关，桩身质量有时会严重影响基桩承载力，桩身质量检测抽样率较高，费用较低，通过检测可减少桩基安全隐患，并可为判定基桩承载力提供参考。

8.3.3 抗浮桩施工前的检查应包括下列内容：

1 原材料检验报告、试件留置数量及制作养护方法记录和混凝土抗压强度试验报告；

2 锚筋制作质量报告、混凝土配合比和坍落度及成孔记录与检测报告；

3 钢筋材质、主筋间距、长度、钢筋的连接等检测记录。

【条文说明】8.3.3 抗浮桩对锚筋的质量控制更为严格。由于大多数工程锚筋都是分节吊入桩孔，在孔口进行锚筋的连接，连接质量不易保证，应重点进行监控和检测。对于扩底抗浮桩，其扩底形状是否满足设计要求，是影响抗浮承载力的决定性因素，因此将扩底桩成孔质量的检测比例提高至25%，设计人员还可根据项目的具体情况进一步提高检测比例。

8.3.4 抗浮桩检验还应符合国家现行标准的相关规定。

## 8.4 验收

**8.4.1** 抗浮工程验收应在施工单位自检合格后进行。

**8.4.2** 抗浮工程验收应提交下列资料：

**1** 勘察及抗浮构件设计文件，抗浮构件施工方案；

**2** 原材料出厂合格证书、材料现场抽检试验报告、固结体抗压强度等级试验报告；

**3** 按本标准附录F内容和格式提供的抗浮工程施工记录；

4 隐蔽工程检查验收记录；

**5** 设计变更报告，重大问题处理文件；

**6** 检测试验报告及见证取样文件；

**7**  竣工图，其他必须提供的文件或记录。

# 9 监测与维护

9.0.1 抗浮锚杆和抗浮桩工程应由设计人提出监测要求，正式施工前由有资质的监测单位编制监测方案，审查通过后实施。

9.0.2 监测方案内容应包括工程简介、监测项目、监测目的、监测仪器和方法、监测点平面布置、监测频率和监测项目控制标准。

9.0.3 主要监测项目应为地下水水位及抗浮结构相关区域变形，有条件可监测抗浮结构承载力、杆体应力及腐蚀状况。

9.0.4 抗浮锚杆和抗浮桩应进行长期监测，监测频率及时间应符合主体结构监测要求。

9.0.5 应在有代表性区域设置地下水观测井观测地下水位，观测频率及时间按设计要求。

9.0.6 监测可与主体结构变形观测同时进行。

9.0.7 监测数据和分析结果应及时反馈给工程相关各方。

9.0.8 当监测结果出现下列情况之一时，监测方应及时发出警报：

1 地下水水位超过设计要求；

2 抗浮结构部位的变形明显增大。

【条文说明】9.0.1～9.0.8 当前国内抗浮结构工程中，无论是预应力锚杆（桩）还是非预应力锚杆（桩），都鲜有进行监测并维护的工程案例。究其原因有：1）我国抗浮锚杆工程（抗拔桩工程亦如此）大力发展的年限还短、工程管理不够完善、经验还不够丰富、对监测与维护的重要性认识不足；2）由于抗浮锚杆锚固于地下结构底板内部或顶部，在建构筑物投入政策使用后，监测与维护的可操作性大大降低；3）一般监测与维护需要贯穿整个设计基准期，实际中更难实现。但从工程的长期性、安全性来看，无论是预应力锚杆（桩）的预应力损失状况、非预应力锚杆永久变形幅度、锚杆腐蚀程度、环境变化以及建筑使用功能转变等因素都需要通过对抗浮猫狗那监测来实现，并对锚杆承载能力与耐久性进行评估后进行相应维护。相信随着抗浮锚杆在我国抗浮工程中的不断推广应用、对抗浮锚杆（桩）的工作特点的认识不断加深、先进自动监测与维护技术的持续发展，抗浮锚杆（桩）的监测与维护定会逐步被工程界接受且操作简单、成本低廉。

9.0.9 抗浮锚杆和抗浮桩的监测和维护结果应及时反馈给设计、工程管理部门、产权单位及使用单位。

# 附录A 精轧螺纹钢筋质量技术指标

**A.0.1** 钢筋表面不得有横向裂纹、结疤和折叠，允许有不影响钢筋力学性能和连接的其他缺陷

**A.0.2** 钢筋的化学成分中，硫、磷含量不大于0.035%，生产厂应进行化学成分和合金元素的选择，以保证经过不同方法加工的成品钢筋能满足本标准表3.0.12规定的力学性能要求。

**A.0.3** 钢筋的成品化学成分允许偏差应符合现行国家标准《钢的成品化学成分允许偏差》GB/T 222的有关规定。

**A.0.4** 精轧螺纹钢筋的公称直径范围为15mm～75mm，本标准推荐使用的钢筋公称直径为32mm、36mm、40 mm、50 mm、75 mm。钢筋的公称截面面积与理论重量见表A.0.5。

 表A.0.4 精轧螺纹钢筋公称截面面积与理论重量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 公称直径（mm） | 公称截面面积（mm2） | 有效截面系数 | 理论截面面积（mm2） | 理论重量（kg/m） |
| 18 | 255 | 0.95 | 268.4 | 2.11 |
| 25 | 491 | 0.94 | 522.3 | 4.10 |
| 32 | 804 | 0.95 | 846.3 | 6.65 |
| 36 | 1018 | 0.95 | 1071.6 | 8.41 |
| 40 | 1257 | 0.95 | 1323.2 | 10.34 |
| 50 | 1963 | 0.95 | 2066.3 | 16.28 |
| 75 | 4418 | 0.94 | 4700 | 36.90 |

**A.0.5** 钢筋的弹性模量*E*s可按表A.0.5采用。

 表A.0.5 钢筋的弹性模量（×105N/mm2）

|  |  |
| --- | --- |
| 牌号或种类 | 弹性模量*E*s |
| HRB335、HRB400、HRB500、HRBF400HRB500、RRB400精轧螺纹钢筋 | 2.00 |

# 附录B 锚固节点锚座承载力验算方法

**C.0.1** 锚座在锚定板压力作用下受冲切承载力验算应符合下列规定（图C.0.1）：



（a）冲切破坏锥体立面示意图 （b）圆形板 （c）方形板

图C.0.1 锚座受冲切承载力计算简图

1－锚定板；2－锚头；3－精轧螺纹钢筋； 4－定位螺母； 5－锚座；6－冲切破坏锥体的斜截面；7－计算截面； 8－冲切破坏锥体底面线；9－计算截面的周长

1 锚座混凝土不配置箍筋或弯起钢筋时，受冲切承载力可按下式验算：

 （C.0.1-1）

对于圆形板 *u*m=（*2R+h*0）π （C.0.1-2）

对于方形板  *u*m=4（*a+h*0） （C.0.1-3）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中：*T*d | — | 作用于板的集中力设计值（kN），宜取1.1 *N*d与1.5Tak中的较大值，其中 *N*d =1.35Nak； |
| *p*sk | — | 作用于冲切破坏锥体底面单位面积的地基反力标准值（kPa），用于抗浮锚杆时为单位面积的水浮力标准值； |
| *A*bt | — | 冲切破坏锥体底面线围成的底面面积（m2）； |
| *β*h | — | 截面高度影响系数；当截面高度*h*不大于0.8m时*β*h取1.0，当*h*不小于2.0m时*β*h取0.9，其间按线性内插法取值； |
| *f*t | — | 混凝土轴心抗拉强度设计值（kPa）； |
| *u*m | — | 计算截面的周长（m），取距离板边缘*h*0/2处的锚座底面垂直截面的最不利周长； |
| *R* | — | 圆形锚固板外半径（m）； |
| *a* | — | 方形锚固板边长（m）； |
| *h*0 | — | 截面有效高度（m）。 |

2 锚座受冲切承载力不满足第1款规定且板厚受到限制时，可配置箍筋或弯起钢筋并按《混凝土结构设计规范》GB50010第6.5.3条式（6.5.3-1）、式（6.5.3-2）验算。

**C.0.2** 锚座在锚定板压力作用下局部受压承载力验算可符合下列规定：

1 板下混凝土不配置间接钢筋时，混凝土局部受压承载力可按下式验算：

 （C.0.2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中：*A*b | — | 局部受压计算底面积（m2）； |
| *A*l*A*ln | ——  | 混凝土局部受压面积（m2）；混凝土局部受压净面积（m2），即在混凝土局部受压面积中扣除板下锚筋（锚固板）或穿筋孔（锚垫板）截面积后的面积； |
| *f*c |  | 混凝土轴心抗压强度设计值（kPa）。 |

2 板底混凝土局部受压承载力不满足第1款规定时，可按《混凝土结构设计规范》GB50010第6.6.3条规定配置方格网式或螺旋式间接钢筋并进行验算。

# 附录C 锚板强度验算方法

**D.0.1** 锚板应进行抗拉强度验算，并宜符合下式：

  （D.0.1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中：*M*  | — | 锚板弯矩设计值（N·mm），可按D.0.2条及D.0.3条计算； |
| *W* | — | 锚板的截面模量（mm3）； |
| *f*  | — | 锚板钢材抗拉强度设计值（MPa），取值应执行《钢结构设计标准》GB50017有关规定。 |

**D.0.2** 环形锚板弯矩M和截面受拉弹性抵抗矩W可根据下列公式（图D.0.2）计算：

 

 图D.0.2 环形锚板弯矩计算简图

1－环形锚板；2－六角螺母；3－锚筋

  （D.0.2-1）  （D.0.2-2）

 （D.0.2-3）

*r*1= 0.5*s*n－*δ*1 （D.0.2-4）

*r* = 0.5*d*＋*h*n＋*δ*2＋*δ*3 （D.0.2-5）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中：*p*d | — | 锚板单位反力设计值（MPa）； |
| *t* | — | 锚板厚度（mm）； |
| *R* | — | 锚板外半径（mm）； |
| *r*1  | — | 锚板应力控制点半径（mm）； |
| *s*n | — | 六角形螺母对边宽度（mm）； |
| *δ*1 | — | 螺母倒角尺寸（mm），应按螺母规格取值，也可按2mm初定。 |
| *d*  | — | 锚筋直径（mm）； |
| *f*py | — | 精轧螺纹钢筋强度设计值（MPa）； |
| *r* | — | 锚板内半径（mm）； |
| *h*n | — | 精轧螺纹钢筋的螺纹高度，按《预应力混凝土用螺纹钢筋》GB20065表2确定； |
| *δ*2 | — | 螺纹高允许正偏差（mm），按《预应力混凝土用螺纹钢筋》GB20065表2确定； |
| *δ*3 | — | 锚固板孔壁与锚筋外皮之间空隙（mm），宜取0.75mm。 |

**D.0.3** 方形锚板弯矩*M*可按下列公式计算（图D.0.3），*W*可按式（D.0.2-2）计算：



图D.0.3 方形锚板弯矩计算简图

1－方形锚固板；2－六角螺母；3－锚筋；

4－内接圆；5－内接圆外的角部；

 （D.0.3-1）

 （D.0.3-2）

 （D.0.3-3）

 （D.0.3-4）

 （D.0.3-5）

 （D.0.3-6）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中：*M*1 | —— | 锚板内接圆内的弯矩（N·mm）； |
| *M*2 | —— | 锚板内接圆外四个角部的弯矩（N·mm）； |
| *a* | —— | 方形锚板边长（mm）； |
| *S*1 | —— | 锚板内接圆外四个角部面积（mm2）； |
| *l*s | —— | 锚板内接圆外角部形心至螺栓中心的矩离（mm）。 |

**D.0.4** Pd不大于锚筋设计承载力且锚板直径及厚度不小于下表规定时，可不验算锚板强度：

表D.0.4 锚板最小直径及最小厚度（mm）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 钢筋代号 | PSB785 | PSB930 | PSB1080 |
| *d*（mm） | 32 | 36 | 40 | 32 | 36 | 40 | 32 | 36 | 40 |
| 锚板直径 | 3.2*d* | 3.2*d* | 3.2*d* | 3.4*d* | 3.4*d* | 3.4*d* | 3.6*d* | 3.6*d* | 3.6*d* |
| 锚板钢级 | Q355 | 28 | 32 | 38 | 34 | 38 | 44 | 38 | 44 | 50 |
| Q390 | 26 | 30 | 36 | 32 | 38 | 42 | 36 | 40 | 48 |

注：锚板是指本标准所提及的承载板、承压板及锚定板。

# 附录D 预应力锚杆基本试验

**D.0.1** 锚杆基本试验应采用多循坏张拉方式，其加载、持荷和卸荷方式（图D.0.1）的起始荷载宜为最大试验荷载***T*p**的0.1倍，各级持荷时间宜为15min。



图D.0.1 锚杆基本试验多循环张拉试验的加荷模式（黏性土中）

*T*p — 最大试验荷载

**D.0.2** 锚杆基本试验结果应整理绘制荷载-位移、荷载-弹性位移、荷载-塑性位移曲线图（图D.0.2）。



图D.0.2 锚杆基本试验荷载-弹性位移、荷载-塑性位移曲线

# 附录E 预应力锚杆试验

Ⅰ 基 本 试 验

**8.2.1**  锚杆基本试验宜采用多循环加载方式，其加载、持荷、卸荷方法应符合下列规定：

**1**  基本试验最大试验荷载*T*p应加载至破坏或预估抗拔极限承载力标准值，预加的初始荷载应取最大试验荷载的0.1倍，分5级～8级加载。在土层和岩层中的锚杆每级持荷时间宜为15min。基本试验的加载、持荷和卸荷方式应符合本标准附录D.0.1条的要求；

**2**  试验中的加载速度宜为50kN/min～100 kN/min；卸荷速度宜为100 kN/min～200 kN/min。

**8.2.2**  锚杆基本试验出现下列情况之一时，应判定锚杆破坏：

**1** 后一级荷载产生的锚头位移增量达到或超过前一级荷载产生位移增量的2倍；

**2** 锚头位移持续增长；

**3** 锚杆杆体破坏、杆体从锚固体中拔出或锚固体拔出。

**8.2.3** 基本试验结果宜按荷载等级与对应的锚头位移列表整理绘制锚杆荷载-位移（N-）曲线、荷载-弹性位移（N-）曲线，荷载-塑性位移（N-）曲线。

**8.2.4** 锚杆受拉极限承载力取破坏荷载的前一级荷载，在最大试验荷载下锚杆未达到破坏标准时，锚杆受拉极限承载力取最大试验荷载。

**8.2.5**  每组锚杆极限承载力的最大差值不大于30%时，应取最小值作为锚杆的极限承载力标准值，当最大差值大于30%时，应增加试验锚杆数量，按95%保证概率计算锚杆的受拉极限承载力标准值。

Ⅲ 蠕 变 试 验

**8.3.1** 锚杆蠕变试验加载等级与观测时间应满足表8.2.6的规定。在观测时间内荷载应保持恒定。

表8.2.6 锚杆蠕变试验加载等级与观测时间表

|  |  |
| --- | --- |
| 加载等级 | 观测时间（min） |
| 0.25Nd | 10 |
| 0.50Nd | 30 |
| 0.75Nd | 60 |
| 1.00Nd | 120 |
| 1.10Nd | 240 |
| 1.20Nd | 360 |

**8.3.2**  每级荷载应按持荷时间间隔1、2、3、4、5、10、15、20、30、45、60、75、90、120、150、180、210、240、270、300、330、360min记录蠕变量。

**8.3.3** 试验结果按荷载-时间-蠕变量关系进行整理，蠕变率应按下式计算。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （8.3.3） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *S*1*S*2 | ———— | *t*1时所测得的蠕变量；*t*2时所测得的蠕变量。 |

**8.3.4**  锚杆在最大试验荷载作用下的蠕变率不应大于2.0mm/对数周期。

Ⅳ 验 收 试 验

**8.4.1** 抗浮锚杆宜进行多循环加载试验。

**8.4.2** 锚杆验收试验应由业主委托第三方负责实施。

**8.4.3** 锚杆多循环加载试验应符合下列规定：

**1**  最大试验荷载应取锚杆抗拔承载力特征值的2倍；

**2** 加荷级数不宜小于5级，加载速度宜为50 kN/min～100 kN/min，卸荷速度宜为100 kN/min～200 kN/min；

**3** 每级荷载10min的持荷时间内，按持荷1、3、5、10min测读一次锚杆位移值。

**8.4.4** 锚杆多循环加载试验结果的整理与判定应符合下列规定：

**1** 试验结果应绘制出荷载-位移（N-）曲线、荷载-弹性位移（N-）曲线，荷载-塑性位移（N-）曲线；

**2**  验收合格标准：

1. 最大试验荷载作用下，在规定的持荷时间内锚杆的位移增量应小于1.0mm；不能满足时，应增加持荷时间至60min时，锚杆累计位移增量应小于2.0mm；
2. 压力型锚杆的单元锚杆在最大试验荷载作用下所测得的弹性位移应大于锚杆自由杆体长度理论弹性伸长值的90%，且应小于锚杆自由杆体长度理论弹性伸长值的110%；
3. 拉压型锚杆的单元锚杆在最大试验荷载作用下，所测得的弹性位移应大于锚杆自由杆体长度理论弹性伸长值的90%，且应小于自由杆体长度与1/3锚固段之和的理论弹性伸长值。

Ⅳ 持 有 荷 载 试 验

**8.5.1** 锚杆持有荷载验收试验用于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。

**8.5.2** 持有荷载验收试验的锚杆应随机抽取，对质量有疑问的锚杆应抽样检验。

**8.5.3** 锚杆持有荷载试验应按国家现行标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476和《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T401相关规定执行。

# 附录F 抗浮锚杆施工记录

**F.0.1** 抗浮锚杆施工应按表F.0.1进行记录。

表F.0.1 抗浮锚杆钻孔施工记录表

工程名称： 施工单位： 钻孔日期：

设计孔深： 设计孔径： 钻机型号：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 锚杆编号 | 地层类别 | 钻孔直径/mm | 钻孔时间/mm） | 钻孔深度/m | 套管外径/mm | 套管长度/m | 钻孔倾角（°） | 备注 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 注：1备注栏记录钻孔过程中的异常情况，如塌孔、缩径、地下水情况及相应的处理办法。2进行压水试验的钻孔应记录压水试验结果和相应的处理方法。 |

技术负责人： 工长： 质检员： 记录员：

**E.0.2** 抗浮锚杆注浆应按表E.0.2进行施工记录。

表E.0.2 抗浮锚杆注浆施工记录表

工程名称： 施工单位：

设计浆量： 注浆设备： 注浆日期：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 锚杆编号 | 地层类别 | 注浆部位 | 注浆材料和配合比 | 注浆开始时间 | 注浆终止时间 | 注浆压力（MPa） | 注浆量（L） | 备注 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 注：注浆材料和配合比包括外加剂的名称和掺量 |

技术负责人： 工长： 质检员： 记录员：

**E.0.3** 抗浮锚杆张拉与锁定应按表E.0.3进行施工记录。

表E.0.3 锚杆张拉与锁定施工记录表

工程名称： 施工单位：

张拉日期： 锚具型号： 张拉设备：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 锚杆编号 | 张拉锁定值 | 油压表读数（MPa） | 测定时间（min） | 位移读数（mm） | 位移增量（mm） | 备注 |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

技术负责人： 工长： 质检员： 记录员：

**本标准用词说明**

1 为便于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：

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

1 《建筑地基基础设计规范》GB 50007

2《混凝土结构设计规范》GB 50010

3 《钢结构设计规范》GB50017

4 《岩土工程勘察规范》GB 50021

5 《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046

6 《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086

7 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330

8 《建筑边坡工程施工质量验收标准》GB/T 51351

9 《工程结构通用规范》GB 55001

10 《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003

11 《工程勘察通用规范》GB55017

12 《通用硅酸盐水泥》GB 175

13《钢丝分类及术语》GB/T 341

14 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370

15 《预应力混凝土用螺纹钢筋》GB/T 20065

16 《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106

17 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120

18 《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282

19 《预应力混凝土结构设计规范》JGJ 369

20 《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T 401

21 《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476

22 《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ 107

23 《钢筋锚板应用技术规程》JGJ 256

24 《岩土锚杆（索）技术规程》CECS 22

25 《笼芯囊锚杆技术规程》T/CECS 889

26 《岩土锚固技术标准》SJG73

27 《岩土锚固技术标准》SJG 73

28 《抗浮锚杆技术规程》YB/T 4659

制定说明

本规程在制定过程中，编制组参考国家现行相关标准，深入调查研究，总结国内抗浮锚杆工程实践经验，在广泛征求意见的基础上，制订本标准。

为便于广大设计、施工、科研和学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。