



T/CECS 1724-2024

中国工程建设标准化协会标准

变直径钢筋笼扩大头锚杆 技术规程

Technical specification for underreamed anchor equipped with
expandable reinforced cage



中国建筑工业出版社

中国工程建设标准化协会标准

变直径钢筋笼扩大头锚杆
技术规程

Technical specification for underreamed anchor equipped with
expandable reinforced cage

T/CECS 1724 - 2024

主编单位：江苏景源万河环境科技有限公司

东 南 大 学

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 2 5 年 3 月 1 日

中国建筑工业出版社

2024 北 京

中国工程建设标准化协会标准
变直径钢筋笼扩大头锚杆
技术规程

Technical specification for underreamed anchor equipped with
expandable reinforced cage

T/CECS 1724 - 2024

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京海淀三里河路9号）
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本：850毫米×1168毫米 1/32 印张：2¼ 字数：58千字

2025年2月第一版 2025年2月第一次印刷

印数：1—800册

定价：**45.00元**

统一书号：15112·44167

版权所有 翻印必究

如有质量问题，可与本社读者服务中心联系

电话：(010)58337283（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

中国工程建设标准化协会公告

第 2156 号

关于发布《变直径钢筋笼扩大头锚杆技术规程》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2020〕23号）的要求，由江苏景源万河环境科技有限公司、东南大学等单位编制的《变直径钢筋笼扩大头锚杆技术规程》，经本协会地基基础专业委员会组织审查，现批准发布，编号为T/CECS 1724-2024，自2025年3月1日起施行。

中国工程建设标准化协会
二〇二四年十月十日

前 言

《变直径钢筋笼扩大头锚杆技术规程》(以下简称规程)是根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2020〕23号)的要求进行编制。规程编制组经过深入调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内外标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规程。

本规程共分7章和3个附录,主要技术内容包括:总则、术语和符号、基本规定、材料与组件、设计与计算、施工、试验质量检验等。

请注意本规程的某些内容涉及“一种锚杆或桩基用变直径钢筋笼及其应用”(ZL201710316124.4)、“一种克服抗浮固定直径锚头或扩大头锚杆体系变形的工法”(ZL201710363883.6)的专利。涉及专利的具体技术问题,使用者可直接与本规程主编单位及专利人(江苏景源万河环境科技有限公司)协商处理。除此之外,部分内容仍可能直接或间接涉及专利,本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程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,由江苏景源万河环境科技有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中,如有意见建议,请反馈给江苏景源万河环境科技有限公司(地址:江苏省南京市浦口区浦口大道1号新城总部大厦909、910室;邮编:211800;邮箱:jywhdeepower@hotmail.com;电话:025-58888376)。

主 编 单 位: 江苏景源万河环境科技有限公司
东南大学

参编单位：河海大学

江苏交水建智能装备研究院有限公司
东南大学建筑设计研究院有限公司
南京大学建筑规划设计研究院有限公司
江苏省公共工程建设中心
中铁建苏州设计研究院有限公司
江苏兴力工程管理有限公司
宁波天大工程设计有限公司
南京金宸建筑设计有限公司
浙江省水文地质工程地质大队
中国建筑标准设计研究院有限公司
中铁建恒诚实业有限公司
深圳市建筑设计研究总院有限公司
深圳市前海蛇口自贸投资发展有限公司
浙江宁工检测科技有限公司
中国能源建设集团江苏省电力设计院有限公司
广东居安建筑工程施工图审查中心有限公司
建研地基基础工程有限责任公司
福建省建筑科学研究院有限责任公司
吉林省交通科学研究所
江苏地力建设科技集团有限公司
中国电子工程设计院股份有限公司
中铁合肥建筑市政工程设计研究院有限公司
常州华夏建设工程质量检测有限公司
南京东大自平衡桩基检测有限公司
苏州三品交通建设工程有限公司

主要起草人：戴国亮 王林 黄挺 郭庆
王军 刘松梅 许巍 王卫国
林波 戴阳 向清莲 袁杰

许 晶	朱建民	邬一鹏	吴 燕
冷 斌	张伟玉	穆腾飞	沈晓武
郭 晶	王 勇	廖述江	江 山
沈孝杰	沈 涛	葛小丰	吉春明
胡江登	李焕军	盛志强	施 峰
李舰航	郑少莹	韩合军	胡泓一
黄正荣	陶 峰	缪国军	向拥军
主要审查人：柳建国	白晓红	卢建峰	梁发云
唐德高	王志华	朱 强	

目 次

1	总则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	基本规定	(6)
4	材料与组件	(8)
4.1	杆体	(8)
4.2	钢筋笼	(8)
4.3	锚具	(9)
4.4	注浆材料	(9)
4.5	其他材料	(10)
5	设计与计算	(11)
5.1	一般规定	(11)
5.2	锚杆选型	(11)
5.3	锚杆抗拔承载力计算	(12)
5.4	锚固体稳定性验算	(16)
5.5	抗浮锚杆	(18)
5.6	基坑与边坡支护	(19)
5.7	防腐设计	(22)
6	施工	(24)
6.1	一般规定	(24)
6.2	成孔	(25)
6.3	制作与安装	(26)
6.4	注浆	(27)
6.5	张拉和锁定	(27)
7	试验与质量检验	(29)

7.1 一般规定	(29)
7.2 试验	(29)
7.3 质量检验	(30)
附录 A 锚杆杆体材料力学性能	(32)
附录 B 钢筋笼常用规格型号	(37)
附录 C 抗浮锚杆防腐构造	(38)
用词说明	(41)
引用标准名录	(42)
附：条文说明	(43)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Basic requirements	(6)
4	Materials and components	(8)
4.1	Anchor tendon	(8)
4.2	Steel cage	(8)
4.3	Anchorage	(9)
4.4	Grouting material	(9)
4.5	Other materials	(10)
5	Design and calculation	(11)
5.1	General requirements	(11)
5.2	Lectotype of anchor	(11)
5.3	Analysis of anchor pullout capacity	(12)
5.4	Stability analysis of anchorage body	(16)
5.5	Anti-floating anchor	(18)
5.6	Anchor for foundation pit and slope	(19)
5.7	Anti-corrosion	(22)
6	Construcion	(24)
6.1	General requirements	(24)
6.2	Drilling	(25)
6.3	Assembly and placement	(26)
6.4	Grouting	(27)
6.5	Tension and lock	(27)
7	Experiment and quality inspection	(29)

7.1	General requirements	(29)
7.2	Experiment	(29)
7.3	Quality inspection	(30)
Appendix A	Mechanical properties of anchor tendon material	(32)
Appendix B	Specifications of reinforcement cage and accessories	(37)
Appendix C	Anti-corrosion design of anti-floating anchor	(38)
	Explanation of wording	(41)
	List of quoted standards	(42)
	Addition; Explanation of provisons	(43)

1 总 则

1.0.1 为规范变直径钢筋笼扩大头锚杆的工程应用，做到安全适用、技术先进、保护环境、保证质量，制定本技术规程。

1.0.2 本规程适用于变直径钢筋笼扩大头锚杆的设计、施工及质量检验等。

1.0.3 变直径钢筋笼扩大头锚杆的设计与施工，应综合考虑场地周边环境、工程地质和水文地质条件、建（构）筑物结构类型和功能要求等因素，结合地方经验，因地制宜、精心设计、精细施工，加强质量控制。

1.0.4 变直径钢筋笼扩大头锚杆的设计、施工及质量检验，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准及现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 变直径钢筋笼扩大头锚杆 underreamed anchor equipped with expandable reinforcement cage

变直径钢筋笼扩大头锚杆由普通段和扩体段组成,其中扩体段采用变直径钢筋笼,形成底部直径较大的圆柱状注浆体,简称锚杆。

2.1.2 变直径钢筋笼 expandable reinforcement cage

变直径钢筋笼设置在扩体段内部,由竖筋、螺旋箍筋、动力弹簧、活络和承压板等部件组成,螺旋箍筋应为连续不间断的箍筋。置入锚孔前,变直径钢筋笼呈约束状态,置入锚孔后,通过释放机制可令变直径钢筋笼呈扩张状态,简称钢筋笼。

2.1.3 杆体 anchor tendon

由锚筋与护套、定位架、注浆管、排气管等零部件的若干部分组装而成的杆件。

2.1.4 自由段 free anchor length

锚杆中位于锚头与锚固段近锚头端之间的那部分。

2.1.5 锚固段 fixed anchor length

锚杆中通过固结体将拉力传递给周围岩土体的部分。

2.1.6 注浆体 grouting body

水泥浆、水泥砂浆、细石混凝土等胶结材料凝固后位于稳定岩土体中用于为锚杆提供抗拔承载力的那部分固结体。

2.1.7 锚杆倾角 angle of anchor

锚杆轴线与水平面之间的夹角。

2.1.8 张拉锁定值 lock-off load

锚杆杆体张拉后锁定完成时的拉力值。

2.1.9 锚杆抗拔力极限值 ultimate bearing capacity

锚杆在轴向拉力作用下达到破坏状态前或出现超容许位移变形时所对应的最大拉力值。

2.1.10 锚杆抗拔力特征值 designed bearing capacity

锚杆极限抗拔力标准值除以抗拔安全系数后的值。

2.1.11 锚固体整体稳定性 overall stability of anchorage body

局部或全部区域内所有锚杆同时受力达到抗拔力特征值时，锚固体整体保持稳定的能力。

2.2 符 号

2.2.1 作用与作用效应

F_l ——局部荷载设计值或集中反力设计值；

F_f ——地下水浮力标准值；

G ——结构自重及其他永久荷载标准值之和；

N_k ——锚杆的拉力标准值；

W ——基础下抗浮锚杆范围内总的土体重量；

W' ——锚杆与四周相邻锚杆间距的中心线所围成范围内土体按浮重度计算的土体自重标准值。

2.2.2 抗力与材料性能

F_m ——整根钢绞线的最大力；

F_{py} ——整根钢绞线的设计力；

f_{ck} ——浆体轴心抗压强度标准值；

f_{ptk} 、 f_{py} ——钢筋、钢绞线的抗拉强度标准值、设计值；

f_{yk} 、 f_y ——钢筋、钢绞线的抗拉强度标准值、设计值；

f_{mg1} 、 f_{mg2} ——锚杆普通锚固段注浆体与岩土层间的摩阻强度标准值、扩体锚固段注浆体与岩土层间的摩阻强度标准值；

f_{rk} ——岩石饱和单轴抗压强度标准值；

p_D ——扩体锚固段前端土体对扩体段的抗力强度值；

- R_{ct} ——注浆体受压承载力标准值；
 T_{ak} ——锚杆抗拔力特征值；
 T_{uk} ——锚杆抗拔力极限值；
 $\sigma_{pc,m}$ ——计算截面周长上两个方向混凝土有效预压应力按长度的加权平均值；
 c ——土体的黏聚力；
 e ——孔隙比；
 E_s ——锚杆杆体弹性模量；
 I_L ——黏性土的液性指数；
 N ——标准贯入击数；
 $N_{63.5}$ ——重型圆锥动力触探击数；
 γ ——扩体段上覆土体的重度；
 γ' ——土体浮容重；
 φ ——土体的内摩擦角。

2.2.3 几何参数

- a, b ——锚杆两个方向上的间距；
 A_s ——截面面积；
 A_m ——浆体受压净面积；
 d ——钢筋直径；
 D_1 ——锚杆钻孔直径；
 D_2 ——锚杆扩体段直径；
 D_n ——钢绞线公称直径；
 H ——锚杆长度；
 h ——扩体段上覆土体的厚度；
 h_0 ——截面有效高度；
 h_1 ——锚杆锚头中点至基坑底面的距离；
 h_2 ——净土压力零点（主动土压力等于被动土压力）到基坑底面的深度；
 L_c ——锚杆杆体的变形计算长度；

L_D 、 L_d 、 L_f ——锚杆的扩体锚固段长度、非扩体锚固段长度、自由段长度；

L_l ——锚杆杆体与注浆体的粘结长度；

u_m ——计算截面的周长；

β_s ——局部荷载或集中反力作用面积为矩形时的长边与短边尺寸的比值。

2.2.4 计算系数

K ——锚杆抗拔安全系数，即锚固段注浆体与地层的抗拔安全系数；

K_a 、 K_p 、 K_0 ——土体的主动土压力系数、被动土压力系数、静止土压力系数；

K_f ——抗浮稳定安全系数，应满足国家现行有关标准的规定。

K_s ——锚杆杆体与注浆体的粘结安全系数；

K_T ——锚杆的轴向刚度系数；

K_t ——锚杆杆体的抗拉断综合安全系数；

α_s ——柱位置影响系数；

β_h ——截面高度影响系数；

ξ ——扩体段向前位移时反映土的挤密效应的侧压力系数；

η ——浆体强度侧限增大系数；

η_1 ——局部荷载或集中反力作用面积形状的影响系数；

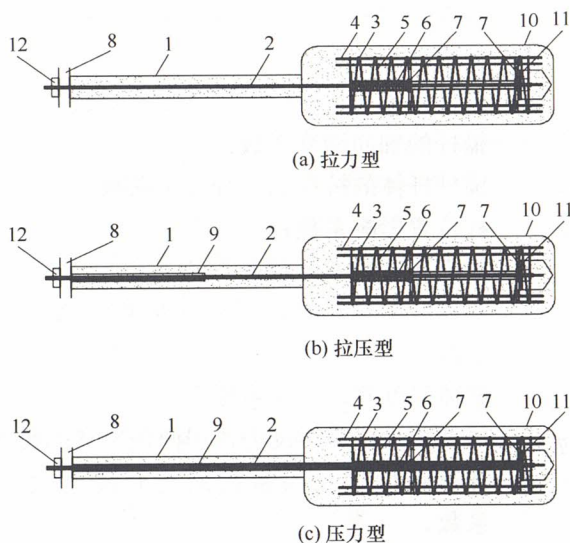
η_2 ——计算截面周长与板截面有效高度之比的影响系数。

3 基本规定

3.0.1 变直径钢筋笼扩大头锚杆可适用于结构抗浮、基坑支护、边坡支护、光伏工程等岩土锚固工程。

3.0.2 锚杆的扩体锚固段不应设在有机质土、淤泥或淤泥质土及未经压实或改良的回填土中。

3.0.3 锚杆按不同受力形式可分为拉力型、拉压型和压力型(图 3.0.3)。



- 1—普通段；2—杆体；3—变直径钢筋笼；4—竖筋；
 5—螺旋箍筋；6—动力弹簧；7—活络；
 8—锚座；9—套管；10—扩体段；11—承压板；12—锚具

图 3.0.3 变直径钢筋笼扩大头锚杆

- 3.0.4** 锚杆的设计工作年限应满足地基基础工程的需要。
- 3.0.5** 锚杆设计和施工前，应具备岩土工程勘察资料、上部结构与地基基础设计文件、拟建场地环境条件与施工条件等资料。
- 3.0.6** 锚杆及钢筋笼材料强度应符合设计要求及国家现行有关标准的规定。
- 3.0.7** 锚杆应根据其设计工作年限和地层水土的腐蚀性进行防腐设计。
- 3.0.8** 锚杆设计时，所采用的作用效应组合应符合所锚固主体结构的设计要求。
- 3.0.9** 锚杆施工前，应根据设计文件、地质条件、环境条件、施工方法及技术参数等编制专项施工方案。
- 3.0.10** 锚杆施工前，应通过抗拔试验确定其极限承载力，试验方法应符合现行协会标准《岩土锚杆（索）技术规程》CECS 22的有关规定。
- 3.0.11** 锚杆施工完成后，应进行锚杆的抗拔承载力和锚杆质量检验，并宜在其施工及使用期间进行工程监测。

4 材料与组件

4.1 杆 体

4.1.1 锚杆杆体的钢筋宜采用预应力混凝土用螺纹钢筋、热处理钢筋、环氧涂层钢筋及普通螺纹钢筋，其力学性能指标应符合本规程附录 A 的规定。

4.1.2 锚杆预应力钢筋宜采用预应力螺纹钢筋；当锚杆极限承载力小于 200kN，且其长度小于 20.0m 时，可采用普通钢筋。

4.1.3 预应力锚杆杆体材料可采用钢绞线、环氧涂层钢绞线、无粘结钢绞线，钢绞线的质量与性能应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的规定。

4.1.4 预应力锚杆杆体材料可采用纤维增强复合（FRP）材料，且其质量与性能应符合现行国家标准《纤维增强复合材料工程应用技术标准》GB 50608 的有关规定。

4.1.5 锚杆连接部件的承载力不应低于其杆体极限抗拉设计值。

4.2 钢 筋 笼

4.2.1 钢筋笼的型号、尺寸应与锚杆设计参数相匹配，并宜按本规程附录 B 的规定选用。

4.2.2 钢筋笼的竖筋应采用热轧带肋钢筋，其质量与性能应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢》GB 1499 的有关规定。

4.2.3 钢筋笼的螺旋箍筋应采用连续不间断的钢丝绳或纤维增强复合（FRP）材料，钢丝绳的质量与性能应符合现行国家标准《钢丝绳通用技术条件》GB/T 20118 的有关规定。

4.2.4 钢筋笼的承压板宜由钢板制作，且其宜具有与锚杆所受最大拉力相适应的力学性能并满足与锚具及锚座的连接构造要

求；钢板的质量与性能应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《优质碳素结构钢》GB/T 699、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定。承压板规格可按照本规程附录 B 的规定选用。

4.2.5 竖筋、螺旋箍筋和承压板可采用纤维增强复合（FRP）材料，FRP 材料的质量与性能应符合现行国家标准《纤维增强复合材料工程应用技术标准》GB 50608 的有关规定。

4.3 锚 具

4.3.1 锚杆的锚具，应符合下列规定：

1 预应力筋用锚具、夹具和连接器的质量与性能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；

2 预应力锚具的锚固力不应小于预应力杆体极限抗拉力的 95%，且当实测其极限抗拉力时，杆体总应变值不应小于 2%；

4.3.2 锚杆锚头与外部承载构件的梁、板、台座的连接，以及相关结构的尺寸和配筋应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。锚杆顶部和底板及格构梁等结构的锚固方式可选用法兰螺母或螺母套件（螺母+钢板+螺旋弹簧、螺母+钢板+螺母）等。

4.4 注浆材料

4.4.1 水泥基灌注材料宜采用普通硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥，其质量与性能应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定；当对锚杆有防腐要求时，可采用抗硫酸盐水泥，但不宜采用高铝水泥。

4.4.2 合成树脂系注浆材料，应符合下列规定：

1 应满足锚固体强度和耐久性的要求；

2 材料的胶凝时间、养护时间、黏度及储存期应满足施工要求。

4.4.3 注浆材料中使用的外加剂，应符合国家现行有关标准的规定。

4.5 其他材料

4.5.1 锚杆自由段应设置不透水的隔离套管，隔离套管材料应符合现行协会标准《岩土锚杆（索）技术规程》CECS 22 的有关规定。套管内应充填防腐润滑油脂。当采用热缩管时，锚杆杆体应设置防腐涂层。

4.5.2 锚杆锚固段和自由段设置的杆体定位器应采用钢、塑料材料制成，不得采用木质材料。定位器的形状和大小不得阻碍注浆浆液的自由流动。

4.5.3 注浆管应具有足够的内径和耐压能力，注浆性能应满足施工要求。

5 设计与计算

5.1 一般规定

5.1.1 锚杆的选型应根据工程要求、锚固地层性质、锚杆承载力、施工条件与施工方法等综合确定。

5.1.2 锚杆的设计，应包括下列内容：

- 1 锚杆的选型、抗拔承载力及初始预应力；
- 2 锚杆的筋体、锚具、胶凝材料的类型
- 3 锚固扩体段的设计长度、直径、空间布置、浆体材料及强度等设计参数及构造要求；
- 4 锚杆的防腐要求；
- 5 锚杆的钻孔、下锚、注浆、张拉、锁定等施工要求；
- 6 锚杆的质量检验要求等。

5.1.3 锚杆的钻孔直径应满足锚杆抗拔承载力和防腐要求。

5.1.4 锚杆布置应根据荷载情况、场地岩土工程条件、结构受力及变形要求等综合确定。

5.1.5 锚杆的轴向拉力可按国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《建筑边坡工程技术规范》GB 50330、《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120、《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 的有关规定确定。

5.1.6 锚杆的极限抗拔承载力，应根据现场基本试验确定。

5.2 锚杆选型

5.2.1 土层锚杆的扩体段直径应根据土质和施工工艺参数，并通过现场试验或试验性施工验证试验确定。当无试验资料时，可按表 5.2.1 的规定选用。

表 5.2.1 锚杆扩体段直径参考值

土质		扩体段直径 D_2 (m)		
		水泥浆扩孔	水和水泥浆扩孔	水和水泥浆复喷扩孔
黏性土	$0.5 \leq I_L < 0.75$	0.4~0.7	0.6~0.9	0.7~1.1
	$0.25 \leq I_L < 0.5$	—	0.5~0.8	0.6~1.0
	$0 \leq I_L < 0.25$	—	0.4~0.7	0.45~0.9
砂土	$0 < N < 10$	0.6~1.0	1.0~1.4	1.1~1.6
	$11 < N < 20$	0.5~0.9	0.9~1.3	1.0~1.5
	$21 < N < 30$	0.4~0.8	0.8~1.2	0.9~1.4
砾砂	$N < 30$	0.4~0.9	0.6~1.0	0.7~1.2

注：1 I_L 为黏性土液性指数， N 为标准贯入锤击数；

2 扩孔压力为（25~30）MPa；喷嘴移动速度为（10~25）cm/min；转速为（5~15）r/min；

3 风化岩层可按相应的土类参数取值。

5.2.2 变直径钢筋笼锚杆选型应根据扩体段设计孔径要求，并宜按表 5.2.2 的规定选用。

表 5.2.2 变直径钢筋笼锚杆选型

普通段孔径 (mm)	扩体段孔径 (mm)	变直径钢筋笼 初始直径/展开直径 (mm)	锚杆杆体主筋选择 (mm)
150	≤ 600	130/280	1 根钢筋，直径 25/32
200	≤ 750	150/350	1 根钢筋，直径 25/32/36/40
250	≤ 800	200/350 或 200/450	1 根钢筋，直径 32/36/40
250	≤ 750	200/350	2 根或 3 根钢筋，直径不大于 32
250	≤ 800	200/350 或 200/450	2 根或 3 根钢筋，直径不大于 32

5.3 锚杆抗拔承载力计算

5.3.1 锚杆的抗拔力极限值，可按式估算：

$$T_{uk} = \pi[D_1 L_d f_{mg1} + D_2 L_D f_{mg2} + (D_2^2 - D_1^2) p_D / 4] \quad (5.3.1)$$

式中： T_{uk} ——锚杆抗拔力极限值 (kN)；

D_1 ——锚杆钻孔直径 (m)；

D_2 ——锚杆扩体段直径 (m)；

L_d ——锚杆普通锚固段的计算长度 (m)。对非预应力锚杆，取实际长度减去两倍扩体段直径；对预应力锚杆取 $L_d=0$ ；

L_D ——扩体锚固段长度 (m)；

f_{mg1} ——锚杆普通锚固段注浆体与岩土层间的摩阻强度标准值 (kPa)，通过试验确定；无试验资料时，可按表 5.3.1 的规定取值；

f_{mg2} ——扩体锚固段注浆体与岩土层间的摩阻强度标准值 (kPa)，通过试验确定；无试验资料时，可按表 5.3.1 取值；

p_D ——扩体锚固段前端面土体对扩体段的抗力强度值 (kPa)。

表 5.3.1 注浆体与岩土层间的极限摩阻强度标准值 (f_{mg1} , f_{mg2})

土质	土的状态	摩阻强度标准值 (kPa)
淤泥质土	—	16~20
黏性土	$I_L > 1$	16~20
	$0.75 < I_L \leq 1$	30~40
	$0.50 < I_L \leq 0.75$	40~53
	$0.25 < I_L \leq 0.50$	53~65
	$0 < I_L \leq 0.25$	65~73
	$I_L < 0$	73~90
粉土	$e > 0.90$	22~44
	$0.75 < e \leq 0.90$	44~64
	$e < 0.75$	64~100

续表 5.3.1

土质	土的状态	摩阻强度标准值 (kPa)
粉细砂	稍密	22~42
	中密	42~63
	密实	63~85
中砂	稍密	54~74
	中密	74~90
	密实	90~120
粗砂	稍密	80~120
	中密	100~130
	密实	120~150
砾砂	中密、密实	140~180
全风化软质岩	$30 < N \leq 50$	80~100
全风化硬质岩	$30 < N \leq 50$	120~140
强风化软质岩	$N_{63.5} > 10$	140~200
强风化硬质岩	$N_{63.5} > 10$	160~240
极软岩	$f_{rk} \leq 5\text{MPa}$	210~280
软岩	$5\text{MPa} \leq f_{rk} < 15\text{MPa}$	280~600
较软岩	$15\text{MPa} \leq f_{rk} < 30\text{MPa}$	600~9600

注: I_L 为黏性土的液性指数; e 为粉土的孔隙比; N 为标准贯入击数; $N_{63.5}$ 为重型圆锥动力触探击数; 全风化、强风化软质岩和全风化、强风化硬质岩系指其母岩分别为 $f_{rk} \leq 15\text{MPa}$ 、 $f_{rk} > 30\text{MPa}$ 的岩石。

5.3.2 扩体段前端面土体对扩体段的抗力强度值, 对竖直锚杆应按式 (5.3.2-1) 计算; 对水平或倾斜向锚杆应按式 (5.3.2-2) 计算:

$$p_D = [(K_0 - \xi)K_p \gamma h + 2c\sqrt{K_p}]/(1 - \xi K_p) \quad (5.3.2-1)$$

$$p_D = [(1 - \xi)K_0 K_p \gamma h + 2c\sqrt{K_p}]/(1 - \xi K_p) \quad (5.3.2-2)$$

式中： γ ——扩体段上覆土体的重度 (kN/m^3)；
 h ——扩体段上覆土体的厚度 (m)；
 K_0 ——扩体段端前土体的静止土压力系数，可由试验确定；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)；
 K_p ——扩体段端前土体的被动土压力系数；
 c ——扩体段端前土体的黏聚力 (kPa)；
 ξ ——扩体段向前位移时反映土的挤密效应的侧压力系数，对非预应力锚杆可取 $\xi = (0.50 \sim 0.90)K_a$ ，对预应力锚杆可取 $\xi = (0.85 \sim 0.95)K_a$ ， K_a 为主动土压力系数。

5.3.3 锚杆抗拔力特征值，应按下式计算确定：

$$T_{ak} = T_{uk}/K > N_k \quad (5.3.3)$$

式中： T_{ak} ——锚杆抗拔力特征值 (kN)；
 T_{uk} ——锚杆抗拔力极限值 (kN)；
 K ——锚杆抗拔安全系数，可按现行行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282 的规定取值；
 N_k ——荷载效应标准组合计算的锚杆拉力标准值 (kN)。

5.3.4 锚杆杆体的截面面积，应满足下列公式要求：

$$A_s \geq K_t T_{ak}/f_y \quad (5.3.4-1)$$

$$A_s \geq K_t T_{ak}/f_{py} \quad (5.3.4-2)$$

式中： K_t ——锚杆杆体的抗拉断综合安全系数，对于抗浮锚杆，取 $K_t = 2$ ；对于基坑及边坡支护锚杆中的临时性锚杆取 $K_t = 1.1 \sim 1.2$ ，永久性锚杆取 $K_t = 1.5 \sim 1.6$ ；其中，Ⅰ级防腐应取上限值，Ⅱ级防腐应取中值，Ⅲ级防腐应取下限值；

T_{ak} ——锚杆的抗拔力特征值 (kN)；

f_y 、 f_{py} ——预应力混凝土用螺纹钢筋和普通热轧钢筋的抗拉强度设计值、热处理钢筋的抗拉强度设计值 (kPa)。

5.3.5 压力型锚杆注浆体受压承载力，应按下列公式计算确定：

$$N_k \leq R_{ck}/2 \quad (5.3.5-1)$$

$$R_{ck} = \eta f_{ck} A_{ln} \quad (5.3.5-2)$$

式中： R_{ct} ——注浆体受压承载力标准值 (kN)；

η ——浆体强度侧限增大系数，可按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 规定中混凝土局部受压时的强度提高系数取值；

f_{ck} ——浆体轴心抗压强度标准值 (MPa)，可按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 规定中混凝土轴心抗压强度标准值取值；

A_{ln} ——浆体受压净面积 (m^2)。

5.4 锚固体稳定性验算

5.4.1 土层抗浮锚杆稳定性验算，应符合下列规定：

1 锚固体稳定性验算应根据各不同长度的锚杆分别进行局部稳定性验算；

2 当所有局部稳定性验算均满足要求时，应视为整体稳定性满足要求；

3 对于不同长度的锚杆，应分别选取间距最小的进行局部稳定性验算，且其长度及其与相邻锚杆的间距应满足下列公式要求：

$$W' \geq 1.05 N_k \quad (5.4.1-1)$$

$$W' = \gamma' ab [H - 0.289(a + b)] \quad (5.4.1-2)$$

式中： W' ——锚杆与四周相邻锚杆间距的中心线所围成范围 (图 5.4.1) 内土体按浮重度计算的土体自重标准值 (kN)；

- N_k ——锚杆的拉力标准值 (kN);
 γ' ——土体浮重度 (kN/m³);
 a 、 b ——锚杆两个方向上的间距 (m);
 H ——锚杆长度 (m)。

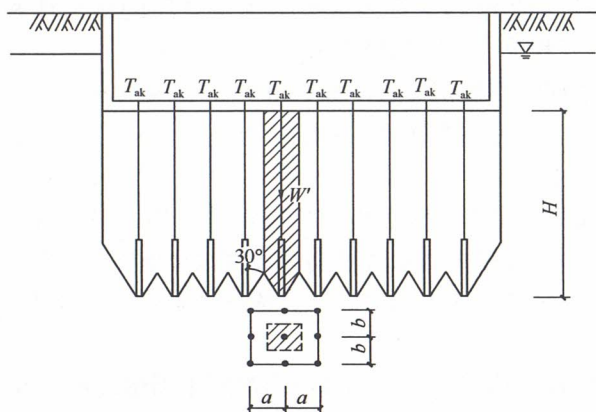


图 5.4.1 抗浮锚杆固体整体稳定计算示意图

5.4.2 抗浮锚杆应进行整体抗浮稳定验算，其抗浮稳定安全系数可按下式计算确定：

$$K_f = (W + G) / F_f \quad (5.4.2)$$

式中： W ——基础下抗浮锚杆范围内总的土体重量，计算时采用浮重度 (kN)；

G ——结构自重及其他永久荷载标准值之和 (kN)；

F_f ——地下水浮力标准值 (kN)；

K_f ——抗浮稳定安全系数，应按现行行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282 的规定取值。

5.4.3 边坡与基坑支护采用的锚杆除应满足支护体系结构计算要求外，其锚固体的整体稳定性尚应按照圆弧滑动法或Kranz方法进行验算，且永久性工程的稳定安全系数不应小于 1.5；对于存在不利结构面的岩土体，尚应按沿结构面滑移进行验算。

5.5 抗浮锚杆

5.5.1 抗浮锚杆宜采用压力型锚杆。

5.5.2 锚杆的防水等级及构造应满足建（构）筑物防水设防的要求；锚杆的防腐构造等级应根据地层介质的腐蚀性和锚杆类别，按本规程第 5.7 节的规定采用。

5.5.3 锚杆防腐保护等级Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级的分级，可按现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086 规定执行。

5.5.4 腐蚀环境中的永久性锚杆杆体应采用Ⅰ级防腐保护构造设计；非腐蚀环境中的永久性锚杆及腐蚀环境中的临时性锚杆杆体应采用Ⅱ级防腐保护构造设计。锚杆的防腐保护构造设计宜按本规程附录 C 的规定采用。

5.5.5 锚杆杆体材料可采用预应力混凝土用螺纹钢筋或钢绞线。钢筋伸入混凝土梁板内的锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定；钢筋伸入混凝土内的垂直长度不应小于基础梁高度或板厚度的一半，且不应小于 300mm。

5.5.6 抗浮锚杆的平面布置，应根据浮力大小的区域变化和底板结构形式确定，抗浮锚杆可采用集中布置和分散布置，并应符合下列规定：

- 1 锚固体体系承载力合力作用点宜与上部抗浮荷载作用点重合；
- 2 锚杆间距不应小于 2.0m；
- 3 扩体段长度不宜小于 2.0m。

5.5.7 抗浮锚杆与底板的锚固形式，可按表 5.5.7 的规定采用。

表 5.5.7 锚固形式选择

底板厚度 (mm)	锚固形式
$400 \leq h < 500$	法兰螺母
$500 \leq h$	法兰螺母、套件（螺母+钢板+螺旋弹簧、螺母+钢板+螺母）

注：可以根据工程需要选择其他符合相关规范的锚固形式。

5.5.8 抗浮锚杆与地下室底板连接强度除应满足锚杆锚固端底板抗冲切要求外，尚应按下列公式计算：

$$F_1 \leq (0.7\beta_h f_t + 0.25\sigma_{pc,m})\eta\mu_m h_0 \quad (5.5.8-1)$$

$$\eta_1 = 0.4 + 1.2/\beta_s \quad (5.5.8-2)$$

$$\eta_2 = 0.5 + \alpha_s h_0 / 4\mu_m \quad (5.5.8-3)$$

式中： F_1 ——局部荷载设计值或集中反力设计值；

β_h ——截面高度影响系数：当 h 不大于 800mm 时，取值为 1；当 h 不小于 2000mm 时，取值为 0.9，其间按线性内插法取用；

$\sigma_{pc,m}$ ——计算截面周长上两个方向混凝土有效预压应力按长度的加权平均值，其值宜控制在 $1.0\text{N/mm}^2 \sim 3.5\text{N/mm}^2$ 范围内；

μ_m ——计算截面的周长，取距离局部荷载或集中反力作用面积周边 $h_0/2$ 处板垂直截面的最不利周长计算截面的周长；

h_0 ——截面有效高度，取两个方向配筋的有效高度平均值，可按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定取值；

η ——可按 η_1 、 η_2 计算中，取其较小值；

η_1 ——局部荷载或集中反力作用面积形状的影响系数；

η_2 ——计算截面周长与板截面有效高度之比的影响系数；

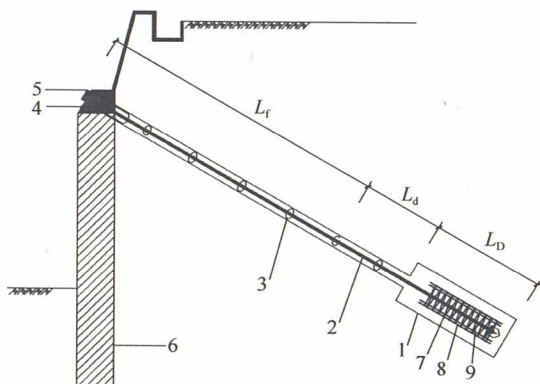
β_s ——局部荷载或集中反力作用面积为矩形时的长边与短边尺寸的比值，其值不宜大于 4；当小于 2 时取 2；对圆形冲切面取 2；

α_s ——柱位置影响系数：中柱取 40；边柱取 30；角柱取 20。

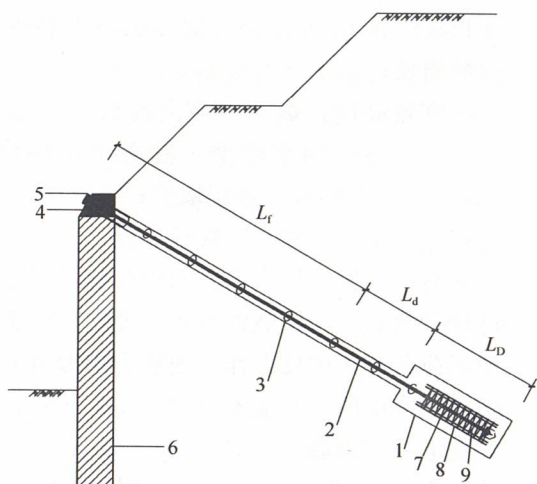
5.6 基坑与边坡支护

5.6.1 锚杆可适用于基坑及边坡支护锚拉排桩、锚拉地下连续墙，或与其他支护结构联合使用。

5.6.2 永久性锚杆可根据使用要求和地质条件, 选用非预应力锚杆或预应力锚杆(图 5.6.2)。



(a) 基坑支护锚杆



(b) 边坡支护锚杆

1—锚杆扩体段; 2—锚杆杆体; 3—杆体定位器; 4—过渡管;
5—锚头; 6—支护结构; 7—变直径钢筋笼; 8—竖筋; 9—螺旋箍筋;
 L_f —自由段; L_d —非扩体段锚固段; L_D —扩体段

图 5.6.2 支护锚杆结构示意图

5.6.3 锚杆自由段长度的确定，应符合下列规定：

1 应按穿过潜在破裂面之后不小于锚孔孔口到基坑底距离的要求来确定。

2 可按式 (5.6.3) 计算 (图 5.6.3)，且不宜小于 10.0m。

$$L_f = \frac{(h_1 + h_2) \sin\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)}{\sin\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} + \alpha\right)} + h_1 \quad (5.6.3)$$

式中： L_f ——锚杆自由段长度；

h_1 ——锚杆锚头中点至基坑底面的距离 (m)；

h_2 ——净土压力零点 (主动土压力等于被动土压力) 到基坑底面的深度 (m)；

φ ——土体的内摩擦角 ($^\circ$)；对非均质土，可取净土压力零点至地面各土层的厚度加权平均值。

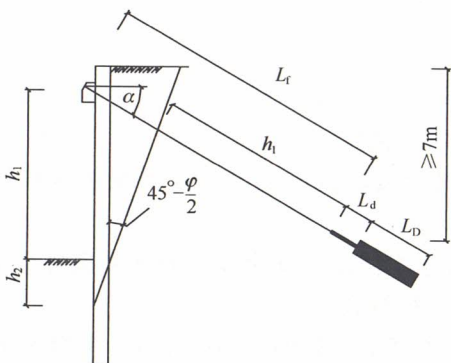


图 5.6.3 锚杆自由段长度计算简图

3 当扩体段前端有软土时，锚杆自由段长度应穿过软土层。

5.6.4 锚杆的倾角宜为 $15^\circ \sim 45^\circ$ ，倾倒型边坡锚杆宜与竖向支护结构面垂直。

5.6.5 锚杆的扩体锚固段长度应按本规程第 5.3.1 条的规定计

算确定；锚固段总长（含扩体锚固段长度）宜为 6.0m~10.0m，非扩体锚固段长度宜为 1.0m~4.0m。

5.6.6 锚杆间距应符合下列规定：

- 1 水平间距不应小于 1.8m，竖向间距不应小于 3.0m；
- 2 扩体段的水平净距不应小于扩体段直径的 1 倍，且不应小于 1.0m；竖向净距不应小于扩体段直径的 2 倍。

5.6.7 基坑和边坡支护锚杆预应力锚杆的初始预应力应根据地层条件和支护结构变形要求确定，并宜取拉力设计值的 60%~85%。

5.7 防腐设计

5.7.1 锚杆的防腐保护等级和构造措施，应根据锚杆的设计使用年限和所处环境类别确定。

5.7.2 当场地岩土层存在下列情况之一时，应判定场地岩土层具有腐蚀性：

- 1 pH 小于 4.5；
- 2 电阻率小于 $2000\Omega \cdot \text{cm}$ ；
- 3 检测出硫化物；
- 4 检测出杂散电流，或出现对水泥浆体和混凝土的化学腐蚀。

5.7.3 当锚杆正常使用期间出现防腐体系破坏或失效时，应对锚杆的防腐采取补救措施。

5.7.4 岩土层介质对锚杆的腐蚀性评价，可根据所处环境类型、锚杆所处地层的渗透性、地下水位变化状态和地层介质中腐蚀成分的含量等，按现行国家标《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定进行评价。

5.7.5 锚杆杆体所用防腐材料宜采用专用防腐油脂，且宜符合现行行业标准《无粘结预应力筋用防腐润滑脂》JG/T 430 的有关规定。

5.7.6 锚杆施工及正常使用期间，锚杆所采用的防腐材料与杆体构造在允许工作温度范围内和张拉过程中，不得出现损坏、开裂、变脆或成为流体等质量缺陷。

6 施 工

6.1 一 般 规 定

6.1.1 锚杆施工前，应编制专项施工方案。专项施工方案应包括下列内容：

- 1 岩土工程勘察资料与设计要求；
- 2 工程场地及周边环境条件；
- 3 锚杆的场地布置、施工工艺及施工技术参数；
- 4 锚杆张拉和锁定要求；
- 5 施工质量检验要求等。

6.1.2 锚杆施工所用材料的品种、规格、性能和施工设备的技术性能应符合国家现行有关标准、设计文件和专项施工方案的要求。

6.1.3 锚杆施工应根据设计要求和钻孔所在地质条件开展现场工艺试验，确定施工工艺参数、扩体段直径，复核锚杆抗拔承载力。

6.1.4 锚杆施工钻机宜具有自动监测记录钻头钻进和提升速度、钻头深度以及扩孔过程中水或浆的压力和流量的功能，并宜对锚杆施工过程进行全程监测。

6.1.5 锚杆施工用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

6.1.6 抗浮锚杆与地下结构底板连接部位的防水等级不应低于地下结构防水等级，并应符合现行行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 的有关规定。

6.1.7 锚杆工程各工序的施工，应在前一道工序质量检查合格后进行。锚杆施工完成后，应对锚杆成品采取保护措施。

6.1.8 锚杆施工中应采取控制振动、噪声、扬尘、废水、废弃物及有毒有害物质对工程场地、周边环境和人身健康的危害的措施。

6.2 成 孔

6.2.1 锚杆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，确定出孔位并作出标记；

2 钻头直径不应小于设计钻孔直径 3mm；锚杆水平、垂直方向的孔距允许偏差为 100mm；

3 钻孔角度允许偏差为 2° ；

4 锚杆钻孔的深度不应小于设计长度，且不宜大于设计长度 500mm。

6.2.2 当场地岩土层存在下列情况时，宜采用套管护壁钻孔：

1 不稳定地层；

2 受扰动易出现涌砂流土的粉土；

3 易塌孔的砂层；

4 易缩颈的淤泥等软土地层。

6.2.3 采用高压旋喷施工的扩大头锚杆，应符合现行行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282 的规定。

6.2.4 锚杆扩孔时，其施工工艺参数应根据岩土土质条件和扩体段设计直径，并通过试验确定。

6.2.5 当采用水泥浆液高压旋喷钻孔时，浆体的水灰比应按施工工艺和设备要求确定，宜为 1.0~1.5。

6.2.6 扩孔的喷射压力不应小于 20MPa，喷嘴提升速度可取 (10~25)cm/min，喷嘴转速可取 (5~15)r/min。

6.2.7 当使用干钻扩孔时，扩孔钻展开直径应比扩大头直径大 3mm；收缩时，扩孔钻直径不应大于非扩大头段直径的 90%。

6.2.8 钻孔完成后，应清孔并将孔内残渣和泥浆清洗干净。清

孔可采用清水、浆液或高压风。

6.3 制作与安装

6.3.1 锚杆杆体的制作，应符合下列规定：

- 1 杆体制作前，应对钢筋调直、除锈；
- 2 普通螺纹钢筋接长可采用焊接或机械连接；当采用双面焊接时，焊缝长度不应小于5倍钢筋直径；预应力混凝土用螺纹钢筋接长应采用专用连接器；
- 3 沿杆体轴线方向每隔1.0m~2.0m应设置一个杆体定位器，注浆管应采用非镀锌材料与杆体绑扎牢固；
- 4 当锚杆的杆体采用预应力混凝土用螺纹钢筋时，杆体不得进行焊接操作。

6.3.2 锚杆杆体的储存，应符合下列规定：

- 1 杆体不得露天存放，宜存放在干燥清洁的场所；
- 2 当杆体存放环境相对湿度超过85%时，对外露部分应进行防潮处理。

6.3.3 变直径钢筋笼的制作，应符合下列规定：

- 1 构件表面应光洁，无毛刺、结疤、裂纹缺陷及机械损伤；
- 2 焊接连接点表面不得有裂纹、孔穴、固体类夹渣、未熔合和未焊透等质量缺陷，且焊渣应清理干净，焊接点应饱满；
- 3 变直径钢筋笼的展开应灵活可靠，不应有卡滞，且应达到设计要求的直径。

6.3.4 锚杆安装前，应完成杆体与变直径钢筋笼的装配，锚杆骨架体系连接应符合设计要求。

6.3.5 锚杆杆体安装，应符合下列规定：

- 1 杆体放入锚孔前，杆体的尺寸、质量应满足设计要求；
- 2 杆体安装时，应采取防止扭结和弯曲的措施；注浆管宜绑扎到杆体一同放入锚孔，注浆管到孔底的距离不应大于300mm；

- 3 安装杆体时,不得损坏防腐层,且不得影响正常的注浆;
 - 4 锚杆杆体插入孔内的深度不应小于设计长度;
 - 5 杆体放入孔内应与钻孔角度保持一致,杆体角度允许偏差为 2%;
 - 6 杆体安装后,不得敲击和悬挂重物。
- 6.3.6 当锚杆体系安放到位,拉出锁定插销,打开变直径钢筋笼。

6.4 注 浆

6.4.1 锚杆注浆应符合下列规定:

- 1 注浆管的出浆口至孔底的距离不应大于 300mm,浆液应自下而上连续灌注;
- 2 注浆额定压力应能满足注浆要求,且采用的注浆管应在 1h 内完成单根锚杆的连续注浆;
- 3 当孔口溢出浆液与注入浆液状态一致时,方可停止注浆;
- 4 注浆后,不得敲击和悬挂重物。

6.4.2 当遇软弱岩层或土层时,可进行二次高压劈裂注浆。

6.5 张拉和锁定

6.5.1 预应力锚杆的张拉和锁定,应符合下列规定:

- 1 锚杆台座的承压面应平整,并与锚杆轴线方向垂直;
- 2 锚杆张拉前,应对张拉设备进行标定;
- 3 锚杆张拉应在同批次锚杆验收试验合格后进行,且张拉台座的抗压强度值应满足设计要求;
- 4 杆体为钢绞线的锚杆张拉前,应按设计抗拔力特征值 T_{ak} 的 10% ~ 20% 对锚杆预张拉 (1 ~ 2) 次;
- 5 压力型锚杆张拉宜在锚固体强度大于 30MPa,且其达到设计强度的 80% 后进行。

6.5.2 锚杆张拉控制应力宜为 $1.10T_{ak} \sim 1.25T_{ak}$,且不宜超过

0.65 倍钢筋或钢绞线的强度标准值；对砂性土层应持荷 10min，对黏性土层应持荷 15min，其后卸荷至设计要求的张拉锁定值进行锁定。

6.5.3 锚杆张拉荷载的分级和位移观测时间，应按表 6.5.3 的规定采用。

表 6.5.3 锚杆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)
$0.10T_{ak}$	1	不大于 100
$0.50T_{ak}$	1	
$0.75T_{ak}$	1	
$1.00T_{ak}$	1	不大于 50
$1.25T_{ak}$	15	

6.5.4 预应力锚杆锁定时间的确定，应考虑现场条件和后续主体结构施工对预应力值的影响。

6.5.5 预留注浆管对锚头和锚杆自由段间的空隙应进行补浆，注浆管应插到预留钢管底部，注浆应饱满。

6.5.6 锚杆施工完毕后，应对其张拉力和外观进行质量检验，复查合格后方可切割锚具外超长部分高强度螺纹钢筋；且锚头部分涂防腐剂后，进行封锚。

7 试验与质量检验

7.1 一般规定

7.1.1 锚杆施工前应对杆体、钢筋笼、锚具、注浆材料、机械设备等进行检验。

7.1.2 锚杆施工中，应按设计要求和专项施工方案，对锚杆位置，钻孔直径、长度及角度，锚杆杆体长度，注浆配比、注浆压力及注浆量等进行质量检验。

7.1.3 锚杆施工所用材料、半成品和成品进场时，应对其规格、型号、外观和质量证明文件进行检查，并宜按国家现行有关标准的规定对其进行进场检验。

7.2 试 验

7.2.1 锚杆试验应包括基本试验、验收试验、蠕变试验和持有荷载试验。

7.2.2 锚杆基本试验数量不应少于 3 根；锚杆验收试验数量不应少于同类型锚杆总数的 5%，且不应少于 5 根。

7.2.3 试验锚杆达到 28d 龄期或浆体强度达到设计强度的 80% 后，应按现行行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282 的规定对其进行抗拔承载力基本试验。

7.2.4 锚杆的抗拔承载力验收试验应按现行行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282 的规定进行。

7.2.5 工程锚杆达到 28d 龄期或浆体强度达到设计强度的 80% 后，应进行抗拔承载力验收试验。当扩体段直径和长度的检测结果与抗拔力验收试验的检测结果不符时，应采用抗拔承载力力验收试验作为判定标准。

7.3 质量检验

7.3.1 锚杆施工质量检验应包括施工前检验、施工中检验和竣工检验。

7.3.2 锚杆施工质量检验所使用的仪器设备，应在检定或校准有效期内。

7.3.3 锚杆材料与组件的质量检验，应包括下列内容：

- 1 材料与组件的质量证明文件；
- 2 材料与组件的进场检验报告；
- 3 锚杆浆体试块强度检验报告；
- 4 变直径钢筋笼的型式检验合格报告。

7.3.4 锚杆注浆应进行浆体强度检验，且其检验用的试块数量每 30 根锚杆不应少于一组，每组试块的数量不应少于 6 个。

7.3.5 锚杆应进行抗拔承载力质量检验，检验数量不应少于锚杆总数的 5%，且同一土层中的锚杆检验数量不应少于 3 根。

7.3.6 锚杆施工质量的检验标准，应符合表 7.3.6 的规定。

表 7.3.6 锚杆质量检验标准

序号	检验项目	允许偏差或允许值	检验方法
1	抗拔力特征值 (kN)	设计要求	按本规程第 7.2 节的规定执行
2	注浆体强度 (MPa)	设计要求	试样送检
3	锚杆总长度 (mm)	不小于设计长度	用钢尺量
4	钻孔深度 (mm)	不小于设计长度	测量锚杆长度
5	钢筋笼长度 (mm)	±30	用钢尺量
6	承压板直径 (mm)	±3	用卡尺量
7	承压板厚度 (mm)	±3	用卡尺量
8	竖筋直径 (mm)	±0.5	用卡尺量
9	箍筋直径 (mm)	±0.5	用卡尺量

续表 7.3.6

序号	检验项目	允许偏差或允许值	检验方法
10	锚孔注浆	孔口全断面返纯浆液	扒开孔口观察
11	锚杆位置 (mm)	100	用钢尺量
12	杆体角度 (°)	±2	测斜仪
13	钻孔直径	≥1.0 倍设计直径	测量钻头直径
14	防腐涂层	无砂眼、无缺陷	目测
15	隔离管	完全封闭、无破损	目测
16	防腐油脂	全面覆盖杆体表面 且充填饱满	目测、手捏

附录 A 锚杆杆体材料力学性能

A.0.1 预应力混凝土用螺纹钢筋的力学特性，应符合表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 预应力混凝土用螺纹钢筋力学特性

级别	屈服强度 f_y (MPa)	抗拉强度 标准值 f_y (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 (%)
	不小于					
PSB785	785	980	7	3.5	0.8 f_y	≤ 3
PSB830	830	1030	6			
PSB930	930	1080	6			
PSB1080	1080	1230	6			
PSB1200	1200	1330	6			

注：预应力混凝土用螺纹钢筋抗拉强度设计值采用表中屈服强度除以 1.2。

A.0.2 锚杆杆体用预应力主筋可按现行国家标准《弹簧钢》GB/T 1222 的有关规定进行选用，且预应力主筋的力学特性应符合表 A.0.2 的规定。

表 A.0.2 预应力主筋力学特性

钢筋种类	钢筋直径 d (mm)	抗拉强度标准值 f_{py} (MPa)	抗拉强度设计值 f_{py} (MPa)
40Si2Mn	6	1470	1040
48Si2Mn	8.2		
45Si2Cr	10		

A.0.3 普通螺纹钢筋的力学特性应符合表 A.0.3 的规定。

表 A.0.3 普通螺纹钢筋力学特性

钢筋种类		钢筋直径 d (mm)	抗拉强度标准值 f_{ptk} (MPa)	抗拉强度设计值 f_{py} (MPa)
热轧 钢筋	HRB400 (20MnSiV、 20MnSiNb、20MnTi)	6~50	400	360
	RRB400 (K20MnSi)	8~40	400	360

A.0.4 1×2 结构钢绞线的力学性能应符合表 A.0.4 的规定。

表 A.0.4 1×2 结构钢绞线力学性能

钢绞线 结构	钢绞线 公称直径 D_n (mm)	钢绞线参考 截面积 A_s (mm ²)	抗拉强度 标准值 f_{ptk} (MPa)	抗拉强度 设计值 f_{py} (MPa)	整根钢绞线 的最大力 F_m (MPa)	整根钢绞线 的设计力 F_{py} (kN)
1×2	5.00	9.82	1570	1110	15.4	10.9
			1720	1220	16.9	12.0
			1860	1320	18.3	13.0
			1960	1400	19.2	13.7
	5.80	13.2	1570	1110	20.7	14.6
			1720	1220	22.7	16.1
			1860	1320	24.6	17.5
			1960	1400	25.9	18.5
	8.00	25.1	1470	1040	36.9	26.0
			1570	1110	39.4	27.9
			1720	1220	43.2	30.6
			1860	1320	46.7	33.2
1960			1400	49.2	35.1	

续表 A.0.4

钢绞线结构	钢绞线公称直径 D_n (mm)	钢绞线参考截面面积 A_s (mm ²)	抗拉强度标准值 f_{ptk} (MPa)	抗拉强度设计值 f_{py} (MPa)	整根钢绞线的最大力 F_m (MPa)	整根钢绞线的设计力 F_{py} (kN)
1×2	10.00	39.3	1470	1040	57.8	40.7
			1570	1110	61.7	43.6
			1720	1220	67.6	47.9
			1860	1320	78.1	52.0
	12.00	56.5	1470	1040	83.1	58.6
			1570	1110	88.7	62.7
			1720	1220	97.2	68.9
			1860	1320	105.0	74.7

注：钢绞线公称直径指钢绞线外接圆直径的名义尺寸。

A.0.5 1×3 结构钢绞线的力学性能应符合表 A.0.5 的规定。

表 A.0.5 1×3 结构钢绞线力学性能

钢绞线结构	钢绞线公称直径 D_n (mm)	钢绞线参考截面面积 A_s (mm ²)	抗拉强度标准值 f_{ptk} (MPa)	抗拉强度设计值 f_{py} (MPa)	整根钢绞线的最大力 F_m (MPa)	整根钢绞线的设计力 F_{py} (kN)
1×3	6.20	19.8	1570	1110	31.1	22.0
			1720	1220	34.1	24.2
			1860	1320	36.8	26.1
			1960	1400	38.8	27.7
	6.50	21.2	1570	1110	33.3	23.5
			1720	1220	36.5	25.9
			1860	1320	39.4	28.0
			1960	1400	41.6	29.7

续表 A.0.5

钢绞线 结构	钢绞线 公称直径 D_n (mm)	钢绞线参考 截面面积 A_s (mm ²)	抗拉强度 标准值 f_{ptk} (MPa)	抗拉强度 设计值 f_{py} (MPa)	整根钢绞线 的最大力 F_m (MPa)	整根钢绞线 的设计力 F_{py} (kN)
1×3	8.60	37.7	1470	1040	55.4	39.1
			1570	1110	59.2	41.9
			1720	1220	64.8	45.9
			1860	1320	70.1	49.8
			1960	1400	73.9	52.7
	8.74	38.6	1570	1110	60.5	42.8
			1670	1180	64.5	45.7
			1860	1320	71.8	51.0
	10.80	58.9	1470	1040	86.6	61.1
			1570	1110	92.5	65.4
			1720	1220	101.0	71.6
			1860	1320	110.0	78.1
			1960	1400	115.0	82.0
	12.90	84.8	1470	1040	125.0	88.1
			1570	1110	133.0	94.0
1720			1220	146.0	103.5	
1860			1320	158.0	112.2	
1960			1400	166.0	118.4	
(1×3) I	8.74	38.5	1570	1110	60.6	42.8
			1670	1180	64.5	45.7
			1860	1320	71.8	51.0

注：(1×3) I 结构为用 3 根刻痕钢丝捻制的钢绞线。

A.0.6 1×7 结构钢绞线的力学性能应符合表 A.0.6 的规定。

表 A.0.6 1×7 结构钢绞线力学性能

钢绞线 结构	钢绞线 公称直径 D_n (mm)	钢绞线参考 截面面积 A_s (mm ²)	抗拉强度 标准值 f_{ptk} (MPa)	抗拉强度 设计值 f_{py} (MPa)	整根钢绞线 的最大力 F_m (MPa)	整根钢绞线 的设计力 F_{py} (kN)
(1×7) C	9.50	54.8	1720	1220	94.3	66.9
			1860	1320	102.0	72.4
			1960	1400	107.0	76.3
	11.10	74.2	1720	1220	128.0	90.8
			1860	1320	138.0	98.0
			1960	1400	145.0	103.4
	12.70	98.7	1720	1220	170.0	120.5
			1860	1320	184.0	130.6
			1960	1400	193.0	137.6
	15.20	140.0	1470	1040	206.0	145.2
			1570	1110	220.0	155.5
			1670	1180	234.0	165.7
			1720	1220	241.0	170.9
			1860	1320	260.0	184.6
			1960	1400	274.0	195.4
	15.70	150.0	1720	1220	266.0	188.6
			1860	1320	279.0	198.1
	17.80	191.0	1720	1220	327.0	231.8
			1860	1320	353.0	250.6
	12.70	112.0	1860	1320	208.0	147.7
	15.20	165.0	1820	1290	300.0	213.0
18.00	223.0	1720	1220	384.0	272.3	

注：(1×7)C 结构为用 7 根刻痕钢丝捻制又经模拔的钢绞线。

附录 B 钢筋笼常用规格型号

表 B 钢筋笼常用规格型号

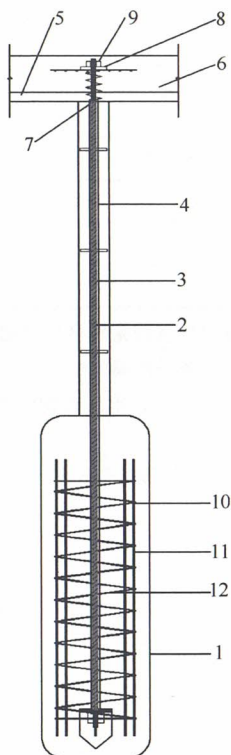
序号	规格	初始直径 (mm)	展开直径 (mm)	竖筋间隔 (mm)	螺旋箍筋 间隔 (mm)	竖筋 数量 (根)	承压板 直径 (mm)
1	MBL-130/280	130±10	280±10	100~200	100±10	6	125±3
2	MBL-150/350	150±10	350±10	100~200	100±10	8	145±3
3	MBL-200/350	200±10	350±10	100~200	100±10	8	180±3
4	MBL-200/400	200±10	400±10	100~200	100±10	8	180±3
5	MBL-200/450	200±10	450±10	100~200	100±10	8	180±3

注：1 钢筋笼配筋及承压板应与钢筋笼规格尺寸相匹配。钢筋笼的竖筋牌号为 HRB400，直径 10mm，展开距离为 100mm~200mm；螺旋箍筋材质为钢丝绳，直径为 5mm±0.5mm；承压板钢级为大于或等于 Q235 或 Q460，厚度为 18mm。

2 表 B 中未涉及的钢筋笼型号为特制型号。

附录 C 抗浮锚杆防腐构造

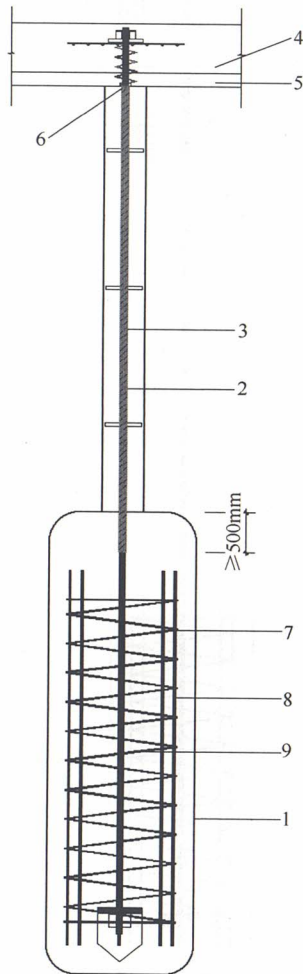
C.0.1 I级防腐等级的抗浮锚杆，杆体可采用预应力混凝土用螺纹钢筋；设计荷载较小时，可采用钢绞线（图 C.0.1）。



- 1—扩体段；2—锚杆杆体；3—防腐油脂；4—热缩管或套管；
 5—混凝土垫层；6—地下室底板；7—水密性构造；8—锚板；
 9—锚具；10—变直径钢筋笼；11—竖筋；12—螺旋箍筋
 （应为整根连续不间断的钢丝绳或其他纤维材质等）

图 C.0.1 I级防腐抗浮预应力螺纹钢筋锚杆构造

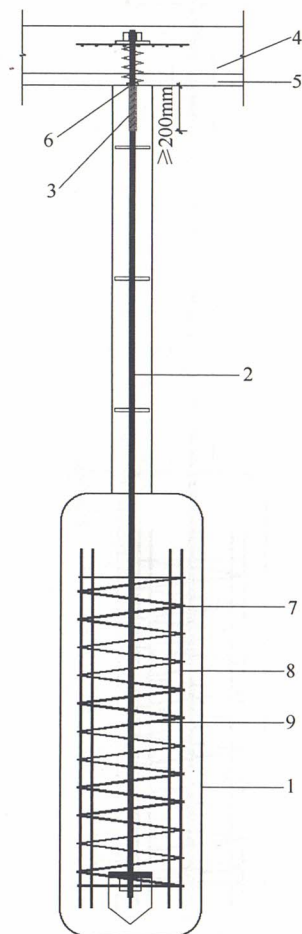
C.0.2 II级防腐等级的抗浮锚杆，杆体可采用非预应力钢筋，防腐涂层进入扩体段的搭接长度不应小于500mm（图 C.0.2）。



1—扩体段；2—锚杆杆体；3—杆体防腐涂层；4—地下室底板；5—混凝土垫层；
6—水密性构造；7—变直径钢筋笼；8—竖筋；9—螺旋箍筋（应为整根连续不间断的钢丝绳或其他纤维材质等）

图 C.0.2 II级防腐抗浮非预应力钢筋锚杆构造

C.0.3 Ⅲ级防腐等级的抗浮锚杆，杆体可采用非预应力钢筋；锚头至地下室底板底面以下 2.0m 范围内的锚杆杆体，应采用防腐涂层保护（图 C.0.3）。



1—扩体段；2—锚杆杆体；3—杆体防腐涂层；4—地下室底板；5—混凝土垫层；
6—水密性构造；7—变直径钢筋笼；8—竖筋；9—螺旋箍筋（应为整根连续不间断的钢丝绳或其他纤维材质等）

图 C.0.3 Ⅲ级防腐抗浮非预应力钢筋锚杆构造

用词说明

为便于执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 《混凝土结构设计标准》GB/T 50010
- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086
- 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
- 《纤维增强复合材料工程应用技术标准》GB 50608
- 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 《优质碳素结构钢》GB/T 699
- 《碳素结构钢》GB/T 700
- 《弹簧钢》GB/T 1222
- 《钢筋混凝土用钢》GB 1499
- 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
- 《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224
- 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370
- 《钢丝绳通用技术条件》GB/T 20118
- 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120
- 《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282
- 《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476
- 《无粘结预应力筋用防腐润滑脂》JG/T 430
- 《岩土锚杆（索）技术规程》CECS 22

中国工程建设标准化协会标准

变直径钢筋笼扩大头锚杆
技术规程

T/CECS 1724 - 2024

条文说明

制 定 说 明

《变直径钢筋笼扩大头锚杆技术规程》制定过程中，编制组进行了变直径钢筋笼扩大头锚杆设计、施工和检验的调查研究，总结了我国变直径钢筋笼扩大头锚杆工程建设的实践经验，同时参考了国内外先进技术法规、技术标准，通过大量工程实践取得了变直径钢筋笼扩大头锚杆的设计、施工和检验技术参数。

随着能源、交通、水利、城市基础设施建设快速发展，岩土锚固技术已突显重要应用前景。变直径钢筋笼扩大头锚杆在整体受力、锚固稳定性以及抗拔承载力性能等方面都有较大的提高，但现有规范尚不能为直径钢筋笼扩大头锚杆设计应用提供足够的支撑。针对现有锚杆技术的欠缺，研究变直径钢筋笼扩大头锚杆的受力破坏机制和抗拔力计算方法、分析变直径钢筋笼扩大头锚杆的预应力、防腐、耐久性。规程适用于地下室抗浮、基坑支护、边坡支护等工程中变直径钢筋笼扩大头锚杆的设计、施工和检验。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《变直径钢筋笼扩大头锚杆技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总则	(47)
2	术语和符号	(48)
2.1	术语	(48)
3	基本规定	(50)
4	材料与组件	(51)
4.1	杆体	(51)
4.2	钢筋笼	(51)
4.3	锚具	(51)
5	设计与计算	(52)
5.1	一般规定	(52)
5.2	锚杆选型	(52)
5.3	锚杆抗拔承载力计算	(53)
5.4	锚固体稳定性验算	(53)
5.5	抗浮锚杆	(53)
5.6	基坑与边坡支护	(54)
5.7	防腐设计	(55)
6	施工	(56)
6.1	一般规定	(56)
6.2	成孔	(56)
6.3	制作与安装	(56)
6.4	注浆	(57)
6.5	张拉和锁定	(57)
7	试验与质量检验	(59)
7.1	一般规定	(59)

1 总 则

1.0.1 变直径钢筋笼扩大头锚杆是一种新型岩土锚杆，在安全性、稳定性、经济性、技术性、工期、节能环保性、耐久性、便捷性以及抗拔承载力性能等方面都有显著的比较优势，自本技术发明以来，已在建筑地下室抗浮、基坑支护、公路边坡支护等领域得到众多应用，在总结已有工程经验的基础上，制定相关条文以进一步规范和指导工程应用、发挥其技术优势。

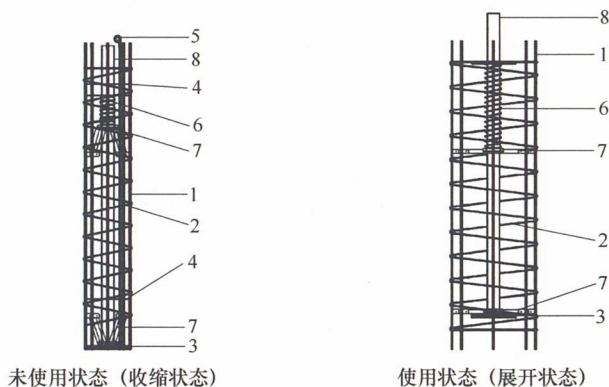
1.0.2 本规程适用于岩土层中房屋建筑、市政工程、光伏工程、边坡支护等抗浮抗拉用变直径钢筋笼扩大头锚杆的设计、施工及质量检验。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 变直径钢筋笼扩大头锚杆在扩体段内设置变直径钢筋笼，形成了钢筋笼骨架的混凝土扩大头短桩，相比素混凝土或素浆体扩大头锚杆，拉拔荷载作用下扩体段整体受力更加合理并且承载力可以得到充分发挥，显著提高扩体段承载性能与锚杆抗拔承载力。适用于砂土、黏性土、砾（碎）石、风化岩等岩土层及改良土体，可用于建筑地下室抗浮、基坑支护、边坡支护以及地质灾害治理等技术领域。

2.1.2 变直径钢筋笼直径可变，现场组装和下放施工前呈收缩状态，下放至钻孔扩体段后可展开，打开释锁销（释放锁定插销）的锁定后，钢筋笼展开，展开后的钢筋笼直径小于扩体段扩孔内径，如图 1 所示。



- 1—竖筋；2—螺旋箍筋（应为整根连续不间断的钢丝绳或其他纤维材质等）；
3—承压板；4—锁定绳；5—释锁销（释放锁定插销）；
6—动力弹簧；7—活络；8—轴向杆

图 1 变直径钢筋笼状态

2.1.3 变直径钢筋笼扩大头锚杆部件均为工厂化生产的预制产品，各部件与杆体相互匹配，可以在现场进行组装，施工操作便捷。

2.1.6 注浆体的强度是发挥变直径钢筋笼扩大头锚杆承载性能的重要因素，应选择性能满足工程需求的注浆材料。目前注浆材料研发、更新速度快，在新型注浆材料的使用之前应开展有效的试验研究，明确其固化后强度和与杆体的配合效果。

3 基本规定

3.0.3 压力型锚杆是指杆体通过设置套管使其全长无粘结，受力时锚固段处于压剪状态的锚杆，常用于甲级和乙级地下（硐）室抗浮。拉力型锚杆是指杆体与浆液全长粘结，受力时锚固段处于拉剪状态的锚杆，可用于丙级地下（硐）室抗浮、基坑与边坡支护。拉压型锚杆是指介于压力型和拉力型之间的锚杆，受力时锚固段一部分处于拉剪状态、一部分处于压剪状态。在满足裂缝验算的基础上，拉压型与拉力型可应用于不同等级的抗浮工程。

拉压型锚杆与压力型锚杆选用的套管长度不同。光伏锚杆顶部设置专用锚具，一般情况下无须设置锚座。

3.0.4 锚杆设计工作年限应与锚杆应用工程使用年限相同，即抗浮锚杆与其所锚固的主体结构设计工作年限相同；边坡锚杆与边坡设计工作年限相同；基坑锚杆应与基坑支护工程的设计工作年限相同。

3.0.5 工程地质与水文地质勘察成果，尚包括下列内容：

(1) 基坑及边坡工程应提出边壁及边坡主要破坏形式和稳定性评价，对于地质条件特别复杂的工程，宜在勘察工作期间开展变形和地下水动态监测；

(2) 抗浮工程应分析建（构）筑物所在区域环境条件、地质条件、实测水位及历史资料，结合建筑物埋深及地下水位预测，提出抗浮设防水位。对于华北和西北等处于南水北调、水源涵养区域，还应考虑未来地下水回升的影响。

4 材料与组件

4.1 杆 体

4.1.1 锚杆杆体是锚杆体系里重要的荷载传递部件，与其他结构或者部件设置可靠的连接对于有效发挥锚杆承载性能至关重要。在工程应用中应从设计、施工等方面加以重视。

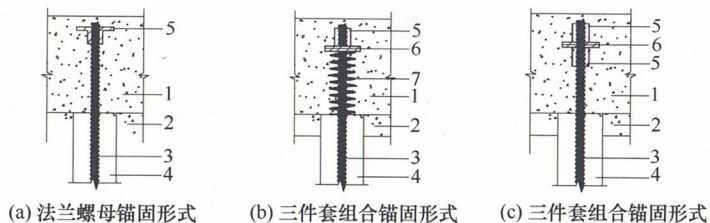
4.2 钢 筋 笼

4.2.1 钢筋笼的某些型号、尺寸、技术特征与设计参数等涉及“一种锚杆或桩基用变直径钢筋笼及其应用”（专利号：ZL201710316124.4）专利的使用。

4.2.3 钢筋笼的螺旋箍筋在锚杆扩体段注浆体承载过程中起到重要侧向约束作用，有效增强注浆体的整体性，因此应采用不间断的钢丝绳或纤维增强复合（FRP）材料。

4.3 锚 具

4.3.2 锚固方式的选择应充分考虑底板及格构梁等结构强度，尤其是设置预应力锚杆时，可适当扩大三件套中钢板尺寸，避免过大的局部应力以及渗漏水问题，锚固节点如图 2 所示。



1—外部承载结构构件；2—外部承载结构构件垫层；3—锚杆筋体；4—锚杆浆体；
5—筋体配套螺母；6—钢板（锚固用）；7—螺旋箍筋（支撑钢板用）

图 2 锚固节点图

5 设计与计算

5.1 一般规定

5.1.3 锚杆的钻孔直径应与锚杆杆体型号相匹配，除了满足抗拔承载的要求外，尚应留有足够的注浆体保护层厚度，避免在腐蚀性地下水环境中出现锚杆的耐久性问题。

5.1.4 土层中锚杆钻孔、扩孔以及承载的过程中可能对临近建(构)筑物基础(特别是浅基础)产生影响，必要时应开展专项影响分析和工程监测。

5.1.5 相比建筑结构领域材料，岩土材料力学性能离散性较大，并且现行岩土工程勘察报告给出的岩土物理力学指标大多采用标准值，本条规定仍采用目前业界广泛使用的安全系数法。

5.2 锚杆选型

5.2.1 目前设置于岩层中的锚杆扩体段尺寸主要受钻孔施工机具的性能影响。对于强度较高、完整性较好的岩层，过大的扩体段直径并不经济有效，锚杆承载力可能受锚杆体系自身抗拉强度控制。

5.2.2 已有的工程实践表明，扩体段直径不大于 600mm 的变直径钢筋笼锚杆主要适用于护坡。采用一根钢筋作为主筋的变直径钢筋笼锚杆，当扩体段直径 $\leq 750\text{mm}$ 时抗拔力特征值 $\leq 550\text{kN}$ ；扩体段直径 $\geq 750\text{mm}$ 时变直径钢筋笼锚杆抗拔力特征值 $\leq 700\text{kN}$ 。采用 2 根或 3 根钢筋作为主筋的变直径钢筋笼锚杆，抗拔力特征值 $\leq 700\text{kN}$ 。

5.3 锚杆抗拔承载力计算

5.3.1 若岩土工程勘察报告中有摩阻强度标准值,可按勘察报告取值,若岩土工程勘察报告中无摩阻强度标准值,可按表 5.3.1 的规定取值。

5.3.2 式 (5.3.2-1) 与式 (5.3.2-2) 是针对土层扩大头锚杆顶部土体受力条件推导而来,当计算嵌入完整、高强岩层的锚杆承载力时,建议采用基于整体滑移破裂面假设的理论并特别关注杆体自身强度。根据室内试验与现场试验成果,建议对非预应力锚杆可取 $\xi = (0.85 \sim 0.90)K_a$,对预应力锚杆可取 $\xi = (0.93 \sim 0.95)K_a$ 。强度较好的黏性土和较密实的砂性土 ξ 可取上限值,对强度较低的土应 ξ 取下限值。

5.3.5 A_m 为承载体与浆体的接触面面积扣除筋体截面面积之后的面积。

5.4 锚固体稳定性验算

5.4.1 当锚杆布置短而密时,可能会出现“群锚现象”,即相邻锚杆锚固区土体主要受力范围重叠,导致群锚的抗拔力小于锚杆单独使用时抗拔力之和。在布置锚杆时应注意合理选择锚杆间距和长度。式 (5.4.1-1) N_k 为锚杆的拉力标准值,一般小于或等于拉力特征值,应加以区分,避免设计过度保守。考虑到施工期上部结构尚未建成,出于工程安全考虑,式 (5.4.1-1) 未计入上部结构的重力。对于一些特殊的工法或者情况,可根据相关规范考虑上部结构重力。

5.5 抗浮锚杆

5.5.1 采用压力型锚杆可以有效控制注浆体受拉开裂。是否采用预应力抗浮锚杆,应根据注浆体三级裂缝控制要求,并应符合现行行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 的有关规定。

预应力锚杆应综合考虑建筑物工作条件下地下水位变幅、地基承载能力和锚头承载结构状况等因素，按预期的预应力值确定的初始预应力（张拉锁定值），并按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的规定考虑预应力损失。

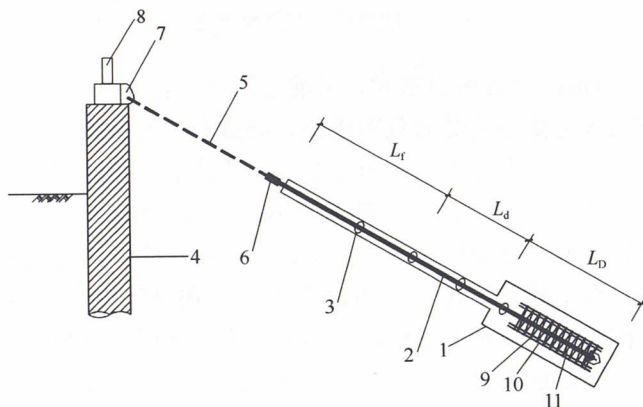
根据现场条件和工程需求，可分三种情况施加预应力，充分施加预应力、施加部分预应力、不施加预应力。

在满足裂缝控制要求时，抗浮锚杆也可采用拉力型或拉压型锚杆。

5.5.5 钢筋直径较大不宜弯折时，可采用锚板锚固在梁板混凝土内。预应力混凝土用螺纹钢筋严禁采用焊接接长，其杆体定位器严禁采用焊接安装。

5.6 基坑及边坡支护

5.6.2 光伏工程锚杆的结构布置，如图 3 所示。



1—锚杆扩大头；2—锚杆杆体；3—杆体定位器；4—边桩；5—斜拉杆；
6—锚杆与斜拉杆连接装置；7—斜拉杆与边桩连接装置；8—柔性支架装置；
9—变直径钢筋笼；10—竖筋；11—螺旋箍筋； L_f —自由段；

L_d —非扩大头锚固段； L_D —扩大头段

图 3 光伏工程锚杆

5.6.3 在光伏工程中，锚杆自由段应穿过软、不稳定土层，扩体锚固段应布置在土层质量好、稳定地层中。

5.6.6 当间距较小时，应加大锚杆长度、加大扩体段埋深，并将扩体段合理错开布置。

5.7 防腐设计

5.7.3 在正常使用期间若关键部位锚杆防腐体系发生破坏或失效，应及时按位移控制要求补设锚杆，锚杆宜选用预应力锚杆以减少自身变形，补设锚杆应能够满足锚固段土体的工后位移限值。

6 施 工

6.1 一 般 规 定

6.1.3 扩体段成孔质量影响后续变直径钢筋笼展开施工，较差的成孔质量可能导致变直径钢筋笼展开困难或者注浆体保护层厚度不足。因此应在正式施工前开展试验性施工，通过可靠的施工质量检验方法明确合适的扩孔施工机具。

本条涉及“一种克服抗浮固定直径锚头或扩大头锚杆体系变形的工法”（专利号：ZL201710363883.6）的专利使用。

6.2 成 孔

6.2.2 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；对于回转型锚杆，因杆体安放时对孔壁有挤压作用，应采用套管护壁钻孔。

也可采用土体改良后达到稳定地层条件再直接钻杆钻孔，包括高压旋喷钻孔和非高压旋喷的机械钻孔。

6.2.6 有工期要求时，可采用同强度等级的早强水泥，但不推荐掺入速凝剂、早强剂等外加剂。连接高压注浆泵和钻机的输送高压喷射液体的高压管的长度不宜大于50m，以免产生过大的压力损失。高压喷射扩孔应由上而下或由下而上进行，并注意扩孔效果一致性。高压喷射扩孔浆液可采用水或水泥浆。采用清水扩孔工艺时，最后还应采用水泥浆液扩孔一遍；采用水泥浆液扩孔工艺时，应至少上下往返扩孔两遍。

6.3 制 作 与 安 装

6.3.1 锚杆所用的精轧螺纹钢和钢绞线不得采用电弧切割、电

焊等方式进行加工操作。普通螺纹钢筋接长可采用帮条焊。避免钢绞线发生刮擦、碰撞、锤击等机械损害。

6.3.3 锚杆扩体段是提供锚杆抗力的主要部位，受力状态相对复杂。钢筋笼作为扩体段内的核心承载部件，其制作质量应严格控制；在下放作业时可采用护罩对钢筋笼进行保护，护罩的材质可以是铁皮或纤维材质。

6.3.5 对于泥浆护壁的钻孔，当锚杆扩孔完成后应立即取出喷管并将锚杆杆体放入锚孔到设计深度。采用套管护壁钻孔时，应在杆体放入钻孔到设计深度后再将套管拔出。

6.3.6 工程施工中已经有相对成熟的间接或者直接观察的方式，对钢筋笼打开效果进行测量。

6.4 注 浆

6.4.1 下锚完成后应立即进行锚孔注浆。为保证将孔底的泥浆和水泥浆置换出来，注浆管的出浆口应插入孔底并保持连续灌注。

6.5 张拉和锁定

6.5.1 锚杆张拉和锁定是锚杆施工的最后一道工序，对台座、锚具的检查控制是十分必要的。由于扩大头锚杆的自由段一般较长，应重视在正式张拉前取 10%~20% 抗拔力特征值进行的预张拉。为调平摆正自由段，必要时还可以在预张拉过程卸下千斤顶重新安装夹片。基坑支护预应力锚杆的锁定，应在该层锚杆孔口高程以下土方开挖之前完成。

6.5.2 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。

对于抗浮锚杆预应力按照以下原则施加：

(1) 杆体通长加套管后，锚杆受力时锚固浆体是受压的，可不施加预应力；

(2) 为改善杆体变形，锚杆总变形量宜控制在 20mm 以内，可施加预应力，预应力锁定值不宜小于特征值的 30%。

6.5.4 在主体结构施工期间，结构竖向荷载（包括建筑物的自重、上覆土重以及其他恒载）的增加对预应力锚杆的锁定是有影响的，设计时应充分考虑，确定合理的锁定时间和张拉锁定值。

7 试验与质量检验

7.1 一般规定

7.1.2 扩体段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，通过探孔器和电子测量仪等设备进行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，计量水泥浆灌浆量和细石混凝土的用量，通过灌浆量计算扩体段直径；

(3) 在施工中应对每一根工程锚杆现场实时计量水泥浆灌浆量并通过灌浆量计算扩体段直径。



1 5 1 1 2 4 4 1 6 7

统一书号：15112·44167

定价：45.00 元