

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

P

JGJ/T 282-2012

备案号 J 1432-2012

高压喷射扩大头锚杆技术规程

Technical specification for underreamed anchor by jet grouting

2012-05-16 发布

2012-11-01 实施



统一书号: 15112 · 21871
定 价: 15.00 元



中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

高压喷射扩大头锚杆技术规程

Technical specification for underreamed anchor by jet grouting

JGJ/T 282 - 2012

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 2 年 1 1 月 1 日

中国建筑工业出版社

2012 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部 公告

第 1378 号

关于发布行业标准《高压喷射扩大 头锚杆技术规程》的公告

现批准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》为行业标准，编号为 JGJ/T 282-2012，自 2012 年 11 月 1 日起实施。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2012 年 5 月 16 日

中华人民共和国行业标准

高压喷射扩大头锚杆技术规程

Technical specification for underreamed anchor by jet grouting

JGJ/T 282-2012

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

环球印刷（北京）有限公司印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：3 字数：77 千字

2012 年 9 月第一版 2012 年 9 月第一次印刷

定价：15.00 元

统一书号：15112·21871

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

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

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2010年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2010〕43号）的要求，规程编制组经广泛调查研究、认真总结实践经验，参考有关国内标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规程。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 设计；5 施工和工程质量检验；6 试验。

本规程由住房和城乡建设部负责管理，由深圳钜联锚杆技术有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送深圳钜联锚杆技术有限公司（地址：深圳市福田区莲花路香丽大厦丽梅阁4D，邮政编码：518034）。

本 规 程 主 编 单 位：深圳钜联锚杆技术有限公司

标力建设集团有限公司

本 规 程 参 编 单 位：中国水利水电科学研究院

华中科技大学

苏州市能工基础工程有限责任公司

中冶建筑研究总院有限公司

深圳市勘察研究院有限公司

广东省工程勘察院

广东省基础工程公司

武汉市人防建筑设计研究院

本规程主要起草人员：曾庆义 杨晓阳 黎克强 汪小刚

朱仁贵 陈宝弟 王玉杰 郑俊杰

施鸣升 杨 松 刘 钟 周洪涛

蒋 鹏 王 军 邵孟新 王少敏

王立明 李 宏

本规程主要审查人员：陈祥福 徐祯祥 钱力航 苏自约

顾晓鲁 王群依 李 虹 刘国楠

郭明田 刘建华 张杰青 贾建华

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	4
3 基本规定	6
4 设计	7
4.1 一般规定	7
4.2 材料	7
4.3 防腐	10
4.4 抗浮锚杆	13
4.5 基坑及边坡支护锚杆	17
4.6 锚杆结构设计计算	21
4.7 初始预应力	25
5 施工和工程质量检验	27
5.1 一般规定	27
5.2 杆体制作	28
5.3 钻孔	29
5.4 扩孔	30
5.5 杆体安放	31
5.6 注浆	31
5.7 张拉和锁定	32
5.8 工程质量检验	33
5.9 不合格锚杆处理	35
6 试验	36
6.1 一般规定	36

6.2 基本试验	36
6.3 蠕变试验	37
6.4 验收试验	38
附录 A 锚杆杆体材料力学性能	40
附录 B 支护锚杆锚固体整体稳定性验算	44
附录 C 高压喷射扩大头锚杆施工记录表	47
附录 D 锚杆基本试验曲线	49
附录 E 锚杆蠕变试验曲线	50
附录 F 锚杆验收试验曲线	51
本规程用词说明	52
引用标准名录	53
附：条文说明	55

1 总 则

1.0.1 为规范高压喷射扩大头锚杆的设计、施工，做到技术先进、安全适用、经济合理和确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于土层锚固高压喷射扩大头锚杆的设计、施工、检验与试验。

1.0.3 高压喷射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、建筑物结构类型和性质等因素，有效地利用扩大头锚杆的力学性能。

1.0.4 高压喷射扩大头锚杆的设计、施工、检验与试验，除应符合本规程的规定外，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 高压喷射扩大头锚杆 underreamed anchor by jet grouting

采用高压流体在锚孔底部按设计长度对土体进行喷射切割扩孔并灌注水泥浆或水泥砂浆,形成直径较大的圆柱状注浆体的锚杆。

2.1.2 锚头 anchor head

锚杆杆体出露在锚孔孔口以外连接外部承载构件的外端头及其连接件。

2.1.3 锚杆杆体 anchor tendon

连接外部承载构件和注浆体并传递拉力的杆件。

2.1.4 自由段 free anchor length

杆体不与注浆体和地层粘结,能自由变形的部分。

2.1.5 锚固段 fixed anchor length

杆体锚固于注浆体实现力的传递的部分。

2.1.6 注浆体 grouting body

由灌注于锚孔内的水泥浆或水泥砂浆凝结而成的固结体。

2.1.7 锚固体 anchorage body

锚固段注浆体与嵌固注浆体的土体所组成的受力共同体。

2.1.8 永久性锚杆 permanent anchor

设计使用期超过2年的锚杆。

2.1.9 临时性锚杆 temporary anchor

设计使用期不超过2年的锚杆。

2.1.10 预应力锚杆 prestressed anchor

施加预应力以期获得较小的工后变形的锚杆。

2.1.11 非预应力锚杆 non-prestressed anchor

不施加预应力的锚杆。

2.1.12 位移控制锚杆 controlled displacement anchor

扩大头深埋于不受基坑边坡开挖影响的稳定地层中、从锚头到扩大头或承载体之间全长为自由段、工作位移主要由自由段杆体的弹性性能控制的锚杆。

2.1.13 可回收锚杆 (又称可拆芯锚杆) removable anchor

在达到设计使用期后可从地层中收回杆体的锚杆。

2.1.14 回转型锚杆 (又称U形锚杆) U-shape anchor

杆体绕承载体回转,使其两个端头同时出露并锁定的锚杆。

2.1.15 抗浮锚杆 anti-floating anchor

设置于建(构)筑物基础底部,用以抵抗地下水对建(构)筑物基础上浮力的锚杆。

2.1.16 锚杆倾角 angle of anchor

锚杆轴线与水平面之间的夹角。

2.1.17 承载体 load bearing body

在回转型锚杆中,作为杆体回转支点并直接承受杆体压力的部件。

2.1.18 合页夹形承载体 hinge shape bearing plate

置于锚孔扩大头后可使其两翼张开增大承压面积的承载体。

2.1.19 张拉锁定值 lock-off load

锚杆杆体张拉后锁定完成时的拉力值。

2.1.20 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不适于继续受力的变形时所对应的最大拉力值。

2.1.21 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。

2.1.22 锚杆基本试验 basic test

为确认锚杆设计参数和施工工艺,在工程锚杆正式施工前进行的现场锚杆极限抗拔力试验。

2.1.23 锚杆验收试验 acceptance test

为确认工程锚杆是否符合设计要求,在工程锚杆施工后进行的锚杆抗拔力试验。

2.1.24 锚杆蠕变试验 creep test

确定锚杆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。

2.1.25 锚杆位移 anchor displacement

锚杆试验时锚头处测得的沿锚杆轴线方向的位移。

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

全部或任一局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

A_s ——锚杆杆体的截面面积;

c ——土体的黏聚力;

D_1 ——锚杆钻孔直径;

D_2 ——锚杆扩大头直径;

E_s ——锚杆杆体弹性模量;

F_m ——整根钢绞线所能承受的最大力;

F_{py} ——整根钢绞线的设计力;

f_{pk} 、 f_{py} ——钢绞线和热处理钢筋的抗拉强度标准值、设计值;

f_{yk} 、 f_y ——预应力混凝土用螺纹钢筋和普通热轧钢筋的抗拉强度标准值、设计值;

f_{mg} ——锚固段注浆体与地层的摩阻强度标准值;

f_{ms} ——锚固段注浆体与锚杆杆体的粘结强度标准值;

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 ——抗浮锚杆稳定安全系数;

K_s ——锚杆杆体与注浆体的粘结安全系数;

K_t ——锚杆杆体的抗拉断综合安全系数;

k_T ——锚杆杆体的轴向刚度系数;

L_c ——锚杆杆体的变形计算长度;

L_D 、 L_d 、 L_f ——锚杆的扩大头长度、非扩大头锚固段长度、自由段长度;

N_k ——锚杆拉力标准值;

P ——锚杆试验时对锚杆施加的荷载值;

p_D ——扩大头前端土体对扩大头的抗力强度值;

S 、 S_e 、 S_p ——锚杆的总位移、弹性位移、塑性位移;

T_{ak} ——锚杆抗拔力特征值;

T_{uk} ——锚杆抗拔力极限值;

α ——锚杆倾角;

ζ ——当锚杆采用2根或2根以上钢筋或钢绞线时,钢筋或钢绞线与注浆体的粘结强度降低系数;

ξ ——锚杆在拉力作用下扩大头向前位移时反映土的挤密效应的侧压力系数;

ϕ ——扩大头长度对钢筋或钢绞线与扩大头注浆体粘结强度的影响系数;

φ 、 φ' ——土体的内摩擦角、有效内摩擦角。

3 基本规定

3.0.1 高压喷射扩大头锚杆的设计使用年限应与所服务的建(构)筑物的设计使用年限相同,防腐保护等级和构造应符合本规程第4.3节的规定。

3.0.2 高压喷射扩大头锚杆的监测和维护管理应符合所服务的建(构)筑物的相关要求。

3.0.3 锚杆的扩大头不应设在下列地层中:

- 1 有机质土;
- 2 淤泥或淤泥质土;
- 3 未经压实或改良的填土。

3.0.4 高压喷射扩大头锚杆的设计和施工应在搜集岩土工程勘察、工程场地和环境条件、主体建(构)筑物设计施工条件等方面资料的基础上进行,主要工作内容应符合下列规定:

1 搜集地层岩土的工程特性指标、地下水的分布状况、锚固地层的地层结构和整体稳定性、锚固地层对施工方法的适应性、地下水的腐蚀性等岩土工程条件;

2 搜集邻近场地的交通设施、地下管线、地下构筑物分布和埋深、相邻建(构)筑物现状、基础形式和埋深,以及水、电、材料供应条件等工程场地和环境条件资料;

3 搜集拟建建(构)筑物的平面布置图、基础或地下室的平面图和剖面图、基坑开挖图等资料;

4 搜集施工机械的设备条件、动力条件、施工机械的进出场及现场运行条件、建(构)筑物基础施工条件或方案等有关施工资料。

3.0.5 锚杆设计时,所采用的作用效应组合应符合所服务的建(构)筑物的相关要求。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 高压喷射扩大头锚杆的抗拔安全系数以及锚杆杆体与注浆体之间的粘结安全系数,应根据锚杆破坏的危害程度和锚杆的使用年限,按表4.1.1确定。

表4.1.1 锚杆安全系数

等级	锚杆破坏的危害程度	锚杆抗拔安全系数 K		杆体与注浆体粘结安全系数 K_s	
		临时锚杆	永久锚杆	临时锚杆	永久锚杆
I	危害大,且会造成公共安全问题	2.0	2.2	1.8	2.0
II	危害较大,但不造成公共安全问题	1.8	2.0	1.6	1.8
III	危害较轻,且不造成公共安全问题	1.6	2.0	1.4	1.6

4.1.2 锚杆的抗拔力极限值应根据现场基本试验确定。

4.1.3 设计文件应规定扩大头的设计长度、直径和施工工艺参数,应规定锚杆抗拔力特征值和张拉锁定值,并应规定锚杆的防腐等级。

4.1.4 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《混凝土结构设计规范》GB 50010和《建筑地基基础设计规范》GB 50007的规定。

4.2 材料

4.2.1 高压喷射扩大头锚杆杆体采用的钢绞线应符合下列规定:

1 用于制作预应力锚杆杆体的钢绞线、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 的规定；预应力钢绞线的抗拉强度标准值 f_{ptk} 、抗拉强度设计值 f_{py} 或整根钢绞线的设计力 F_{py} 应按本规程附录 A 表 A.0.1~表 A.0.3 的规定取值；

2 可回收锚杆和回转型锚杆杆体可采用无粘结钢绞线；

3 预应力钢绞线不应有接头。

4.2.2 高压喷射扩大头锚杆杆体采用的钢筋应符合下列规定：

1 锚杆抗拔力较大时宜采用预应力混凝土用螺纹钢筋或热处理钢筋。预应力混凝土用螺纹钢筋和热处理钢筋的力学性能指标应按本规程附录 A 表 A.0.4 和表 A.0.5 的规定取值；

2 锚杆抗拔力较小时可采用 HRB400 级或 HRB335 级钢筋。钢筋抗拉强度标准值 f_{yk} 和设计值 f_y 应按本规程附录 A 表 A.0.6 的规定取值；

3 锚杆杆体的连接应能承受杆体的极限抗拉力。

4.2.3 注浆材料采用的水泥应符合下列规定：

1 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》GB 175 的规定；有防腐要求时可采用抗硫酸盐水泥，不宜采用高铝水泥；

2 应采用强度等级不低于 42.5 的水泥。

4.2.4 注浆材料所采用的水应符合下列规定：

1 拌合用水宜采用饮用水；当采用其他水源时，应经过试验确认对水泥浆体和杆体材料无害；

2 拌合用水的水质应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63，拌合水中酸、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。

4.2.5 注浆材料所采用的细骨料应符合下列规定：

1 采用水泥砂浆时，应选用最大颗粒小于 2.0mm 的砂；

2 砂的含泥量按重量计不得大于 3%；砂中云母、有机质、硫化物和硫酸盐等有害物质的含量，按总重量计不得大于 1%。

4.2.6 可回收锚杆和回转型锚杆可采用合页夹形承载体、网筋注浆复合承载体、高分子聚酯纤维增强模塑料承载体或钢板承载体。锚杆施工前，对承载体应进行基本试验，承载体的承载能力应符合本规程表 4.1.1 锚杆抗拔安全系数的要求。

4.2.7 锚具应符合下列规定：

1 预应力筋用锚具、夹具和连接器的性能，均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%，且实测达到极限抗拉力时的杆体总应变值不应小于 2%。

4.2.8 承压板和承载构件应符合下列规定：

1 承压板和承载构件的强度和构造必须满足锚杆极限抗拔力要求，以及锚具和结构物的连接构造要求；

2 承压板宜由钢板制作。

4.2.9 锚杆自由段应设置杆体隔离套管，套管内应充填防腐润滑油脂。套管材料应符合下列规定：

1 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；

2 应具有防水性和化学稳定性，对杆体材料无不良影响；

3 应具有防腐蚀性，与水泥浆和防腐润滑油脂接触无不良反应；

4 不影响杆体的弹性变形。

4.2.10 杆体自由段隔离套管内所充填的防腐润滑油脂和无粘结钢绞线的防腐材料应满足现行行业标准《无粘结预应力筋专用防腐润滑脂》JG/T 3007 的技术要求。防腐材料在锚杆的设计使用期限内，应符合下列规定：

1 应保持防腐性能和物理稳定性；

2 应具有防水性和化学稳定性，不得与周围介质和相邻材料发生不良反应；

3 不得对锚杆自由段的变形产生限制和不良影响；

4 在规定的工作温度内和张拉过程中，不得开裂、变脆或

成为流体。

4.2.11 锚杆锚固段和自由段设置的杆体定位器应采用钢、塑料或其他对杆体无害的材料制成，不得采用木质材料。定位器的形状和大小不得影响注浆浆液的自由流动。

4.2.12 注浆管应具有足够的内径和耐压能力，能保证浆液压至钻孔的底部，并满足施工工艺参数的要求。

4.3 防 腐

4.3.1 地层介质对锚杆的腐蚀性评价，可根据环境类型、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按照现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 分为微、弱、中、强四个腐蚀等级。抗浮锚杆和其他长期处于最低地下水位以下的锚杆可按长期浸水处理，边坡和基坑支护锚杆应按干湿交替处理。

4.3.2 强或中等腐蚀环境中的永久性锚杆和强腐蚀环境中的临时性锚杆应采用Ⅰ级防腐构造；弱腐蚀环境中的永久性锚杆和中等腐蚀环境中的临时性锚杆应采用Ⅱ级防腐构造；微腐蚀环境中的永久性锚杆和弱腐蚀环境中的临时性锚杆应采用Ⅲ级防腐构造。微腐蚀环境的临时性锚杆可不采取专门的防腐构造。

4.3.3 锚杆Ⅰ级防腐构造（图 4.3.3）应符合下列规定：

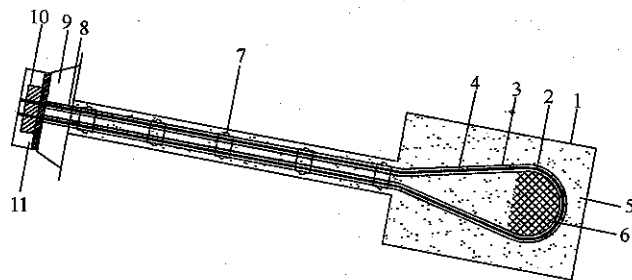


图 4.3.3 Ⅰ级防腐锚杆构造

1—扩大头；2—锚杆杆体；3—套管；4—防腐油脂；5—注浆体；6—承载体；
7—杆体定位器；8—水密性构造；9—承载构件；10—锚具；11—锚具罩

1 杆体应全部用套管或防腐涂层密封保护，应与地层介质完全隔离；杆体与套管的间隙应充填防腐油脂，必要时可采用双重套管密封保护；

2 杆体套管或防腐涂层应延伸进入过渡管或外部承载构件并应采用水密性接缝或构造；

3 锚头应采用锚具罩封闭保护；锚具罩应采用钢材或塑料制作，锚具罩应完全罩住锚具、垫板和杆体尾端，与混凝土支承面的接缝应采用水密性接缝。

4.3.4 锚杆Ⅱ级防腐构造应符合下列规定：

1 预应力锚杆（图 4.3.4-1），杆体自由段应采用套管密封保护与地层介质隔离，杆体与套管的间隙应充填防腐油脂；扩大头段依靠注浆体保护，保护层厚度不应小于 100mm；自由段套管应延伸进入过渡管或承载构件并应采用水密性接缝或构造；自由段套管与扩大头段注浆体的搭接长度不应小于 300mm。

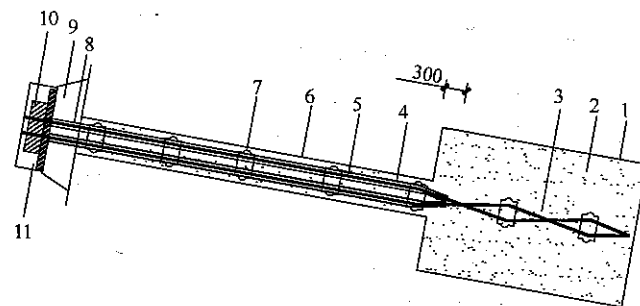


图 4.3.4-1 Ⅱ级防腐预应力锚杆构造

1—扩大头；2—注浆体；3—锚杆杆体；4—套管；5—防腐油脂；6—自由段；
7—杆体定位器；8—水密性构造；9—承载构件；10—锚具；11—锚具罩

2 非预应力锚杆（图 4.3.4-2），扩大头段杆体依靠注浆体保护，保护层厚度不应小于 100mm；非扩大头段杆体应采用防腐涂层保护，且注浆体保护层厚度不应小于 20mm；防腐涂层应

进入承载构件并应采用水密性接缝或构造；防腐涂层进入扩大头的搭接长度不应小于 300mm。

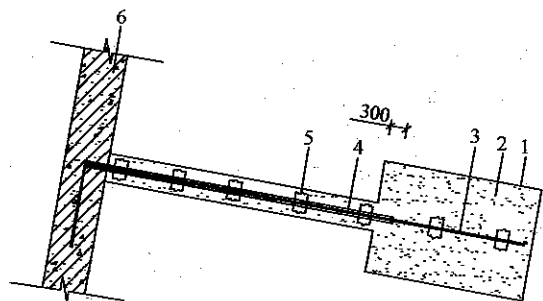


图 4.3.4-2 II 级防腐非预应力锚杆构造

1—扩大头；2—注浆体；3—锚杆杆体；

4—杆体防腐涂层；5—杆体定位器；6—承载构件

4.3.5 锚杆Ⅲ级防腐构造应符合下列规定：

1 锚头位于地面或坡面的锚杆，锚头至地下水位变幅最低点和冻融最深点以下 2m 范围内的锚杆杆体，应采用内充防腐油脂的套管密封保护，或采用防腐涂层保护；套管或防腐涂层应延伸进入过渡管或外部承载构件并采用水密性接缝或构造；

2 锚头位于地下室底板的锚杆，锚头至地下室底板底面以下 2m 范围内的锚杆杆体，应采用内充防腐油脂的套管密封保护，或采用防腐涂层保护；套管或防腐涂层应延伸进入过渡管或底板混凝土并应采用水密性接缝或构造。

4.3.6 扩大头注浆体应针对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规范》GB 50046 的规定采用能抗耐地层介质腐蚀的水泥或掺入耐腐蚀材料。

4.3.7 永久性锚杆锚头防腐保护应符合下列规定：

1 预应力锚杆在预应力张拉作业完成后，应及时进行保护；

2 需调整拉力的锚杆，应采用可调节拉力的锚具，锚具和

承压板应采用锚具罩封闭，锚具罩内应填充防腐油脂；

3 不需调整拉力的锚杆，锚具和承压板可采用混凝土封闭，封锚混凝土保护层最小厚度不应小于 50mm，封锚混凝土与承载构件之间应设置锚筋或钢丝网。

4.3.8 临时性锚杆锚头防腐保护应符合下列规定：

1 在腐蚀环境中，锚具和承压板应装设锚具罩，锚具罩内应充填防腐油脂；

2 在非腐蚀环境中，外露锚具和承压板可采用防腐涂层保护。

4.3.9 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规范》GB 50046 的规定。

4.3.10 在正常使用期间若锚杆防腐体系发生破坏或失效，应及时采取有效的修补措施。

4.4 抗浮锚杆

4.4.1 抗浮锚杆可根据建（构）筑物结构和荷载特点采用非预应力锚杆或预应力锚杆，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 4.3.1 条和第 4.3.2 条的规定采用。

4.4.2 I 级防腐等级的抗浮锚杆，可采用回转型预应力钢绞线锚杆（图 4.4.2），钢绞线应采用无粘结钢绞线或有外套保护管的无粘结钢绞线。

4.4.3 II 级防腐等级的抗浮锚杆，可采用非预应力钢筋锚杆（图 4.4.3-1）或预应力钢绞线锚杆（图 4.4.3-2）。

4.4.4 III 级防腐等级的抗浮锚杆，可采用非预应力钢筋锚杆（图 4.4.4-1）或预应力钢绞线锚杆（图 4.4.4-2）。

4.4.5 非预应力钢筋锚杆杆体材料可采用普通螺纹钢筋或预应力混凝土用螺纹钢筋。钢筋伸入混凝土梁板内的锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的要求，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，

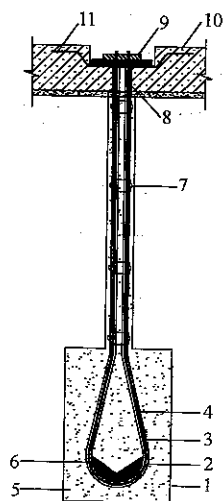
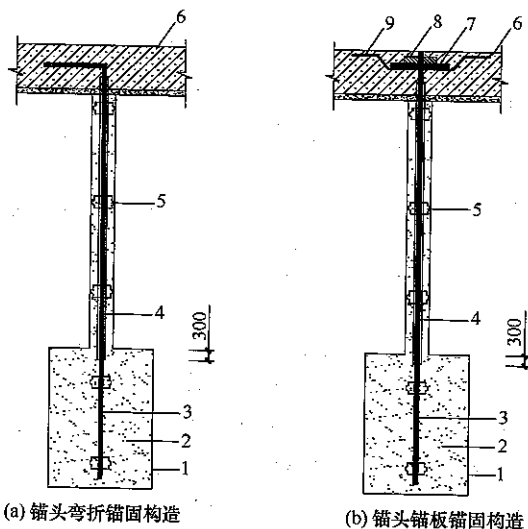


图 4.4.2 I 级防腐抗浮预应力钢绞线锚杆构造
1—扩大头；2—锚杆杆体；3—套管；4—防腐油脂；5—注浆体；6—合页夹形承载体；7—杆体定位器；8—水密性构造；9—锚具；10—地下室底板；11—附加筋



(a) 锚头弯折锚固构造

(b) 锚头锚板锚固构造

图 4.4.3-1 II 级防腐抗浮非预应力钢筋锚杆构造
1—扩大头；2—注浆体；3—锚杆杆体；4—杆体防腐涂层；5—杆体定位器；6—地下室底板；7—锚板；8—锚具；9—附加筋

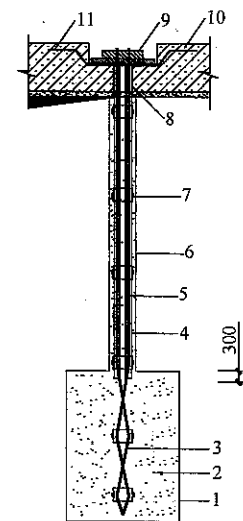


图 4.4.3-2 II 级防腐抗浮预应力钢绞线锚杆构造
1—扩大头；2—注浆体；3—锚杆杆体；4—套管；5—防腐油脂；6—自由段；7—杆体定位器；8—水密性构造；9—锚具；10—地下室底板；11—附加筋

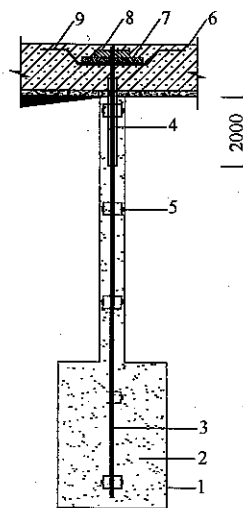


图 4.4.4-1 III 级防腐抗浮非预应力钢筋锚杆构造
1—扩大头；2—注浆体；3—锚杆杆体；4—杆体防腐涂层；5—杆体定位器；6—地下室底板；7—锚板；8—锚具；9—附加筋

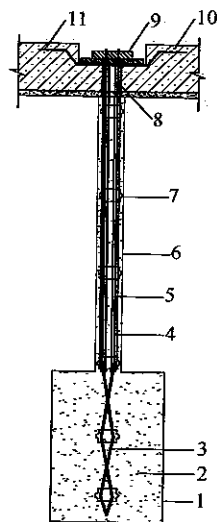


图 4.4.4-2 Ⅲ级防腐抗浮预应力钢绞线锚杆构造

1—扩大头；2—注浆体；3—锚杆杆体；4—套管；5—防腐油脂；6—自由段；
7—杆体定位器；8—水密性构造；9—锚具；10—地下室底板；11—附加筋

且不应小于 300mm。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。

4.4.6 预应力锚杆的锚头可采用混凝土封闭，封闭应符合底板结构的防水要求。

4.4.7 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，并可考虑减小底板（梁）弯矩和厚度的要求。

4.4.8 抗浮锚杆的长度不宜小于 6m，扩大头长度不宜小于 2m，锚杆间距不应小于 2m。锚杆长度和间距应满足锚固体整体稳定性要求。

4.4.9 地下室整体和任一局部区域抗浮锚杆的抗拔力均应满足抵抗浮力的要求，其根数 n 按式 (4.4.9-1) 计算：

$$n \geq \frac{F_w - W}{T_{ak}} \quad (4.4.9-1)$$

式中： F_w ——作用于地下室整体或某一局部区域的浮力 (kN)；
 W ——地下室整体或某一局部区域内抵抗浮力的建筑物总重量 (不包括活荷载) (kN)；
 T_{ak} ——单根抗浮锚杆的抗拔力特征值 (kN)。

地下室整体和任一局部区域锚固体还均应满足锚固体整体稳定性要求，可按式 (4.4.9-2) 验算：

$$K_F = \frac{W' + W}{F_w} \geq 1.05 \quad (4.4.9-2)$$

式中： K_F ——抗浮稳定安全系数；

W' ——地下室整体或某一局部区域内锚固范围土体的有效重量 (kN)。锚固范围的深度可按锚杆底部破裂面以上范围计算，破裂角可取 30° ；平面范围可按地下室周边锚杆的包络面积计算，或取该局部区域周边锚杆与相邻锚杆的中分线 (图 4.4.9)。

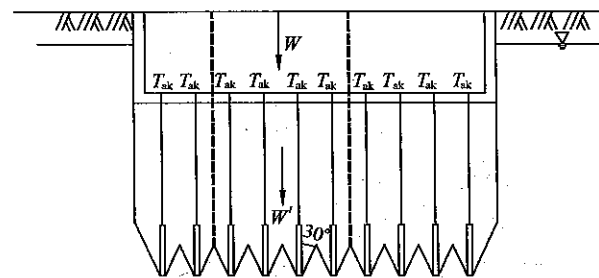


图 4.4.9 抗浮锚杆锚固体整体稳定计算示意图

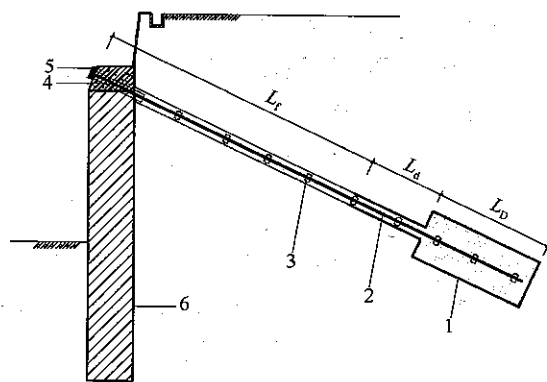
4.5 基坑及边坡支护锚杆

4.5.1 高压喷射扩大头锚杆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。

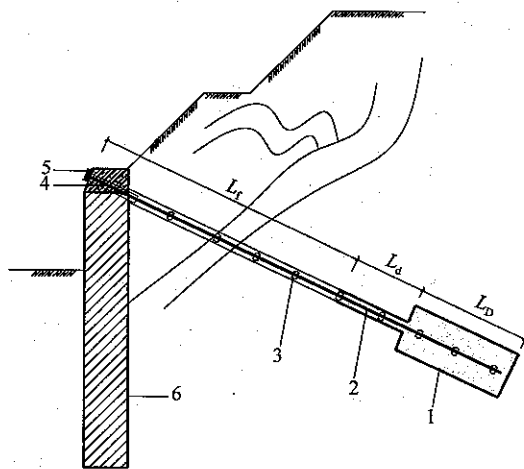
4.5.2 锚杆扩大头应设置于具有一定埋深的稍密或稍密以上的碎石土、砂土、粉土以及可塑或可塑状态以上的黏性土中。

4.5.3 锚杆的布置应避免对相邻建（构）筑物的基础产生不良影响。

4.5.4 临时性锚杆应采用预应力钢绞线锚杆；永久性锚杆根据使用要求和地质条件，可选用非预应力锚杆或预应力锚杆（图 4.5.4）。



(a) 基坑支护锚杆



(b) 边坡支护锚杆

图 4.5.4 支护锚杆结构示意图

1—扩大头；2—锚杆杆体；3—杆体定位器；4—过渡管；5—锚头；6—支护桩；
 L_f —自由段； L_d —非扩大头锚固段； L_D —扩大头段

4.5.5 锚杆的倾角不宜小于 20° ，且不应大于 45° 。

4.5.6 锚杆自由段的长度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，可按式 (4.5.6) 计算（图 4.5.6），且不应小于 10m；当扩大头前端有软土时，锚杆自由段长度还应完全穿过软土层。

$$L_f = \frac{(h_1 + h_2) \sin\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)}{\sin\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} + \alpha\right)} + h_1 \quad (4.5.6)$$

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（°）；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。

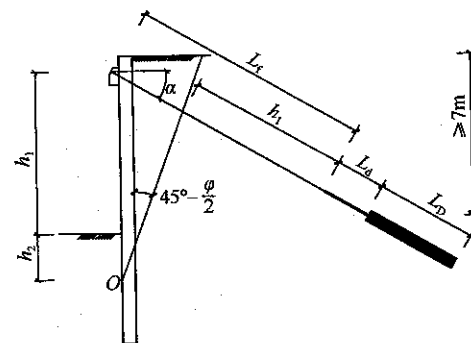


图 4.5.6 锚杆自由段长度计算简图

4.5.7 扩大头长度宜为 2m~6m，应按本规程第 4.6.5 条的规定计算确定；锚固段总长度（含扩大头长度）宜为 6m~10m，普通锚固段长度宜为 1m~4m。扩大头最小埋深不应小于 7m。

4.5.8 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 3m；
- 2 扩大头的水平净距不应小于扩大头直径的 1 倍，且不应

小于 1.0m, 竖向净距不应小于扩大头直径的 2 倍;

3 当间距较小时, 应加大锚杆长度、加大扩大头埋深, 并将扩大头合理错开布置。

4.5.9 锚杆的长度、埋深和间距应满足锚固体稳定性要求。

4.5.10 对于允许位移较小、位移控制较严格的支护工程或其关键部位, 或已建基坑及边坡支护工程出现位移过大或地面开裂等情况需进行加固时, 应按位移控制的要求设计位移控制锚杆。

4.5.11 位移控制锚杆的结构布置应符合下列规定:

1 扩大头应设置在基坑开挖影响范围以外的稳定地层之中;

2 扩大头应设置于较密实的砂土、粉土或强度较高、压缩性较低的黏性土中;

3 锚头至扩大头应全长设置为自由段。

4.5.12 位移控制锚杆扩大头的设置除应符合本规程第 4.5.5~4.5.11 条的规定以外, 尚应符合下列规定:

1 扩大头前端有软土层时, 前端面到软土的距离不应小于扩大头直径的 7 倍;

2 扩大头前端面到潜在滑裂面的距离不应小于扩大头直径的 12 倍, 扩大头的埋深不应小于扩大头直径的 15 倍;

3 基坑坡体土质条件较差时, 可将扩大头设置在基坑底高程之下。

4.5.13 位移控制锚杆应按 I 级安全等级设计, 且在计算土压力时应根据控制位移的要求和土层力学条件, 按位移与土压力的对应关系选取土压力值, 必要时可取静止土压力值。

4.5.14 张拉锁定时, 位移控制锚杆最大张拉荷载应为抗拔力特征值的 1.2 倍。

4.5.15 回转型锚杆杆体可采用无粘结钢绞线, 承载体可采用合页夹形承载体、网筋注浆复合型承载体。

4.5.16 基坑及边坡支护锚杆除抗拔力应满足支护体系结构计算的要求外, 锚杆锚固体尚应满足整体稳定性要求。锚固体整体

稳定性验算可按本规程附录 B 执行, 稳定安全系数不应小于 1.5。

4.6 锚杆结构设计计算

4.6.1 高压喷射扩大头锚杆的拉力应根据所服务的建(构)筑物的结构状况, 按照国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 和《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 确定。

4.6.2 扩大头直径应根据土质和施工工艺参数通过现场试验确定; 无试验资料时, 可按表 4.6.2 选用, 或者根据类似地质条件的施工经验选用, 施工时应通过现场试验或试验性施工验证。

表 4.6.2 高压喷射扩大头锚杆扩大头直径参考值

土 质		扩大头直径 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 (25~30) MPa; 喷嘴移动速度 (10~25) cm/min; 转速 (5~15) r/min。

4.6.3 高压喷射扩大头锚杆的抗拔力极限值与土质、扩大头埋深、扩大头尺寸和施工工艺有关, 应通过现场原位基本试验按本规程第 6.2.7 条的规定确定; 无试验资料时, 可按式 (4.6.3-1) 估算, 但实际施工时必须经过现场基本试验验证确定。

$$T_{uk} = \pi \left[D_1 L_d f_{mg1} + D_2 L_D f_{mg2} + \frac{(D_2^2 - D_1^2) p_D}{4} \right] \quad (4.6.3-1)$$

式中: T_{uk} ——锚杆抗拔力极限值 (kN);

D_1 ——锚杆钻孔直径 (m);

D_2 ——扩大头直径 (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大头直径; 对预应力锚杆取 $L_d=0$;

L_D ——扩大头长度 (m);

f_{mg1} ——锚杆普通锚固段注浆体与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 4.6.3 取值;

f_{mg2} ——扩大头注浆体与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 4.6.3 取值;

p_D ——扩大头前端面土体对扩大头的抗力强度值 (kPa)。

表 4.6.3 注浆体与土层间的极限摩阻强度标准值

土 质	土的状态	摩阻强度标准值 (kPa)
淤泥质土	—	16~20
黏性土	$I_L > 1$	18~30
	$0.75 < I_L \leq 1$	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
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

注: I_L 为黏性土的液性指数, e 为粉土的孔隙比。

扩大头前端面土体对扩大头的抗力强度值, 对竖直锚杆应按式 (4.6.3-2) 计算; 对水平或倾斜向锚杆应按式 (4.6.3-3) 计算:

$$p_D = \frac{(K_0 - \xi)K_p \gamma h + 2c\sqrt{K_p}}{1 - \xi K_p} \quad (4.6.3-2)$$

$$p_D = \frac{(1 - \xi)K_0 K_p \gamma h + 2c\sqrt{K_p}}{1 - \xi K_p} \quad (4.6.3-3)$$

式中: γ ——扩大头上覆土体的重度 (kN/m³);

h ——扩大头上覆土体的厚度 (m);

K_0 ——扩大头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 $K_0 = 1 - \sin\phi'$ (ϕ' 为土体的有效内摩擦角);

K_p ——扩大头端前土体的被动土压力系数;

c ——扩大头端前土体的黏聚力 (kPa);

ξ ——扩大头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。 ξ 与扩大头端前土体的强度有关, 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。

4.6.4 锚杆抗拔力特征值应按式确定:

$$T_{ak} = \frac{T_{uk}}{K} \geq N_k \quad (4.6.4)$$

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, 按本规程表 4.1.1 取值;

N_k ——荷载效应标准组合计算的锚杆拉力标准值 (kN)。

4.6.5 扩大头长度尚应符合注浆体与杆体间的粘结强度安全要求, 应按式计算:

$$L_D \geq \frac{K_s T_{ak}}{\pi d \zeta f_{ms} \psi} \quad (4.6.5)$$

式中: K_s ——杆体与注浆体的粘结安全系数, 按本规程表 4.1.1 取值;

T_{ak} ——锚杆抗拔力特征值 (kN);

L_D ——锚杆扩大头的长度 (m), 当杆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;

d ——杆体钢筋直径或单根钢绞线的直径 (mm);

f_{ms} ——杆体与扩大头注浆体的极限粘结强度标准值 (MPa), 通过试验确定; 当无试验资料时, 可按本规程表 4.6.5 取值;

ζ ——采用 2 根或 2 根以上钢筋或钢绞线时, 粘结强度降低系数, 竖直锚杆取 0.6~0.85; 水平或倾斜向锚杆取 1.0;

ψ ——扩大头长度对粘结强度的影响系数, 按第 4.6.6 条取值;

n ——钢筋的根数或钢绞线股数。

表 4.6.5 杆体与注浆体的极限粘结强度标准值

粘结材料	粘结强度标准值 f_{ms} (MPa)
水泥浆或水泥砂浆注浆体与螺纹钢筋	1.2~1.8
水泥浆或水泥砂浆注浆体与钢绞线	1.8~2.4

注: 水泥强度等级不低于 42.5, 水灰比 0.4~0.6。

4.6.6 扩大头长度对粘结强度的影响系数 ψ , 应由试验确定; 无试验资料时, 可按表 4.6.6 取值。

表 4.6.6 扩大头长度对粘结强度的影响系数 ψ 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 ψ	1.6	1.5	1.4	1.3

4.6.7 扩大头长度不能满足第 4.6.5 条规定或采用无粘结杆体

时, 可在扩大头长度范围内杆体上设置一个或多个承载体。承载体的承载力和数量应通过锚杆基本试验确定, 其安全系数不应小于表 4.1.1 中锚杆抗拔安全系数 K 。

4.6.8 锚杆杆体的截面面积应符合下列公式规定:

$$A_s \geq \frac{K_t T_{ak}}{f_y} \quad (4.6.8-1)$$

$$A_s \geq \frac{K_t T_{ak}}{f_{py}} \quad (4.6.8-2)$$

式中: K_t ——锚杆杆体的抗拉断综合安全系数, 应根据锚杆的使用期限和防腐等级确定, 临时性锚杆取 $K_t=1.1\sim1.2$, 永久性锚杆取 $K_t=1.5\sim1.6$ (其中, 一级防腐应取上限值, 二级防腐应取中值, 三级防腐和三级以下应取下限值);

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、钢绞线和热处理钢筋的抗拉强度设计值 (kPa)。

4.6.9 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:

$$k_T = \frac{A_s E_s}{L_c} \quad (4.6.9)$$

式中: k_T ——锚杆的轴向刚度系数 (kN/m);

A_s ——锚杆杆体的截面面积 (m²);

E_s ——锚杆杆体的弹性模量 (kN/m²);

L_c ——锚杆杆体的变形计算长度(m), 可取 $L_c=L_f+L_l+L_d$ 。

4.7 初始预应力

4.7.1 高压喷射扩大头锚杆用于建筑物抗浮的预应力锚杆时, 其初始预应力 (张拉锁定值) 应根据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。

4.7.2 高压喷射扩大头锚杆用于基坑和边坡支护的预应力锚杆时，其初始预应力应根据地层条件和支护结构变形要求确定，宜取抗拔力特征值的 60%~85%。

5 施工和工程质量检验

5.1 一般规定

5.1.1 高压喷射扩大头锚杆施工所用的原材料和施工设备的主要技术性能应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 和设计要求。

5.1.2 施工前应根据设计要求和地质条件进行现场工艺试验，调整和确定合适的工艺参数，检验扩大头直径和锚杆抗拔力。

5.1.3 扩大头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，计量水泥浆灌浆量，通过灌浆量计算扩大头直径；

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大头直径。

5.1.4 扩大头的位置和长度应根据达到设计要求的高压喷射压力和提升速度的起始和终止位置计算。

5.1.5 高压喷射扩大头锚杆施工采用的钻机应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，在施工过程中应对每一根锚杆全过程监测记录钻头深度、钻头钻进和提升速度、水或浆的压力和流量等数据，应按本规程第 5.1.3 条第 3 款和第 5.1.4 条计算扩大头位置、长度和直径。

5.1.6 试验锚杆达到 28d 龄期或浆体强度达到设计强度的 80% 后，应进行基本试验以检验抗拔力。扩大头直径的检测结果与抗拔力检测结果应反馈给设计人，必要时调整有关

设计参数。

5.1.7 工程锚杆达到 28d 龄期或浆体强度达到设计强度的 80% 后, 应进行抗拔力验收试验以检验锚杆施工质量。当扩大头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, 应以抗拔力验收试验的结论为判定标准。

5.2 杆体制作

5.2.1 高压喷射扩大头锚杆杆体原材料的制作应符合下列规定:

1 杆体原材料上不应带有可能影响其与注浆体有效粘结或影响锚杆使用寿命的有害物质; 受有害物质污染的杆体原材料不得使用;

2 钢筋、钢绞线或钢丝应采用切割机切断, 不得采用电弧切割;

3 加工完成的杆体在储存、搬运、安放时, 应避免机械损伤、介质侵蚀和污染。

5.2.2 钢筋锚杆杆体的制作应符合下列规定:

1 制作前钢筋应平直、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, 注浆管应与杆体绑扎牢固, 绑扎材料不宜采用镀锌材料;

4 当锚杆的杆体采用预应力混凝土用螺纹钢筋时, 严禁在杆体上进行任何电焊操作。

5.2.3 钢绞线或高强钢丝锚杆杆体的制作应符合下列规定:

1 钢绞线或高强钢丝应清除锈斑, 下料长度应考虑钻孔深度和张拉锁定长度, 应确保有效长度不小于设计长度;

2 钢绞线或高强钢丝应平直排列, 应在杆体全长范围沿杆

体轴线方向每隔 1.0m~1.5m 设置一个定位器, 注浆管应与杆体绑扎牢固, 绑扎材料不宜采用镀锌材料。

5.2.4 回转型锚杆杆体的制作应符合下列规定:

1 用作可回收锚杆的回转型锚杆, 杆体材料可采用无粘结钢绞线; 用作腐蚀环境中的永久性锚杆, 杆体材料应采用无粘结钢绞线, 必要时应采用有外套保护管的无粘结钢绞线;

2 采用网筋注浆复合承载体时, 网筋设置长度不应小于扩大头长度, 并应包围杆体回转段四周; 采用合页夹形承载体时应保证合页夹与钢绞线可靠连接且合页夹进入扩大头后能自由张开; 采用聚酯纤维承载体时, 无粘结钢绞线应绕承载体弯曲成 U 形, 并应采用钢带与承载体绑扎牢固; 采用钢板承载体时, 挤压锚固件应与钢板可靠连接;

3 安装承载体时, 不得损坏钢绞线的防腐油脂和外包塑料 (HDPE 或 PP) 软管。

5.2.5 锚杆杆体的储存应符合下列规定:

1 杆体制作完成后应尽早使用, 不宜长期存放;

2 制作完成的杆体不得露天存放, 宜存放在干燥清洁的场所。应避免机械损伤或油渍溅落在杆体上;

3 当存放环境相对湿度超过 85% 时, 杆体外露部分应进行防潮处理;

4 对存放时间较长的杆体, 在使用前应进行严格检查。

5.3 钻孔

5.3.1 高压喷射扩大头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, 定出孔位, 作出标记;

2 锚杆水平、垂直方向的孔距误差不应大于 100mm; 钻头直径不应小于设计钻孔直径 3mm;

3 钻孔角度偏差不应大于 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。

5.3.2 在不会出现塌孔和涌砂流土的稳定地层中,对于竖向锚杆可采用钻杆钻孔;对于下列各种情形均应采用套管护壁钻孔:

- 1 存在不稳定地层;
- 2 存在受扰动易出现涌砂流土的粉土;
- 3 存在易塌孔的砂层;
- 4 存在易缩颈的淤泥等软土地层;
- 5 水平或水平向倾斜锚杆;
- 6 回转型锚杆。

5.4 扩 孔

5.4.1 高压喷射扩大头锚杆的高压喷射扩孔施工工艺参数应根据土质条件和扩大头直径通过试验或工程经验确定,正式施工前应进行试验性施工验证,并应在施工中严格控制。

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

5.4.3 用于扩孔的水应符合本规程第 4.2.4 条的要求。

5.4.4 高压喷射注浆的水泥,宜采用强度等级不低于 42.5 的普通硅酸盐水泥。

5.4.5 水泥浆液的水灰比应按工艺和设备要求确定,可取 1.0~1.5。

5.4.6 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。

5.4.7 当喷射注浆管贯入锚孔中,喷嘴达到设计扩大头位置时,可按设计规定的工艺参数进行高压喷射扩孔。喷管应均匀旋转、均匀提升或下沉,由上而下或由下而上进行高压喷射扩孔。喷射管分段提升或下沉的搭接长度不得小于 100mm。

5.4.8 高压喷射扩孔可采用水或水泥浆。采用水泥浆液扩孔工艺时,应至少上下往返扩孔两遍;采用清水扩孔工艺时,最后还应采用水泥浆液扩孔一遍。

5.4.9 在高压喷射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,恢复正常后方可继续施工。

5.4.10 施工中应严格按照施工参数施工,应按本规程附录 C.0.1 的表格由钻机自动监测记录并按本规程附录 C.0.2 的表格做好各项记录。

5.5 杆 体 安 放

5.5.1 高压喷射扩大头锚杆扩孔完成后,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。

5.5.2 锚杆杆体的安放应符合下列规定:

1 在杆体放入锚孔前,应检查杆体的长度和加工质量,确保满足设计要求;

2 安放杆体时,应防止扭结和弯曲;注浆管宜随杆体一同放入锚孔,注浆管到孔底的距离不应大于 300mm;

3 安放杆体时,不得损坏防腐层,不得影响正常的注浆作业;杆体安放后,不得随意敲击,不得悬挂重物;

4 锚杆杆体插入孔内的深度不应小于设计长度;杆体角度偏差不应大于 2%。

5.6 注 浆

5.6.1 高压喷射扩大头锚杆注浆应符合下列规定:

1 向下倾斜或竖向的锚杆注浆,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,且应确保从孔内顺利排水、排气;

2 向上倾斜的锚杆注浆,应在孔口设置密封装置,将排气管端口设于孔底,注浆管的出浆口应设在离密封装置约 50cm 处;

3 注浆设备的浆液生产能力应能满足计划量的需要,额定压力应能满足注浆要求,采用的注浆管应能在 1h 内完成单根锚

杆的连续注浆；

4 注浆后不得随意敲击杆体，也不得在杆体上悬挂重物。

5.6.2 注浆材料应根据设计要求确定，材料性质不得对杆体产生不良影响。宜采用水灰比为 0.4~0.6 的纯水泥浆。采用水泥砂浆时，应进行现场配比试验，检验其浆液的流动性和浆体强度能否达到设计和施工工艺的要求。

5.6.3 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。

5.6.4 当孔口溢出浆液或排气管排出的浆液与注入浆液颜色和浓度一致时，方可停止注浆。

5.6.5 锚固段注浆体的抗压强度不应小于 20MPa，浆体强度检验用的试块数量，若单日施工的锚杆数量不足 30 根，则每累计 30 根锚杆不应少于一组；若单日施工的锚杆数量超过 30 根，则每天不应少于一组。每组试块的数量不应少于 6 个。

5.7 张拉和锁定

5.7.1 高压喷射扩大头锚杆采用预应力锚杆时，其张拉和锁定应符合下列规定：

1 锚杆承载构件的承压面应平整，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，且承载构件的混凝土抗压强度值不低于设计要求时进行；

4 锚杆正式张拉前，应取 10%~20% 抗拔力特征值 T_{ak} 对锚杆预张拉 1 次~2 次，每次均应松开锚具工具夹片调平钢绞线后重新安装夹片，使杆体完全平直，各部位接触紧密；

5 锚杆应采用符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 和设计要求的锚具。

5.7.2 锚杆张拉至 $1.10T_{ak} \sim 1.20T_{ak}$ 时，对砂性土层应持荷 10min，对黏性土层应持荷 15min，然后卸荷至设计要求的张拉

锁定值进行锁定。锚杆张拉荷载的分级和位移观测时间应按表 5.7.2 的规定。

表 5.7.2 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)
	岩层、砂土层	黏性土层	
$0.10T_{ak} \sim 0.20T_{ak}$	2	2	不大于 100
$0.50T_{ak}$	5	5	
$0.75T_{ak}$	5	5	
$1.00T_{ak}$	5	10	不大于 50
$1.10T_{ak} \sim 1.20T_{ak}$	10	15	

注： T_{ak} ——锚杆抗拔力特征值。

5.7.3 抗浮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。

5.7.4 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。

5.8 工程质量检验

5.8.1 高压喷射扩大头锚杆原材料的质量检验应包括下列内容：

1 原材料出厂合格证；

2 材料现场抽检试验报告；

3 锚杆浆体强度等级检验报告。

5.8.2 锚杆的抗拔力检验应按照本规程第 6.4 节验收试验的规定进行。抗拔力验收试验的数量不应小于工程锚杆总数的 5% 且不少于 3 根。锚杆验收试验出现不合格锚杆时，应增加锚杆试验数量，增加的锚杆试验根数应为不合格锚杆的 3 倍。

5.8.3 锚杆的质量检验应符合表 5.8.3 的规定。

表 5.8.3 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	锚杆杆体插入长度 (mm)	+100 -30	用钢尺量
	2	锚杆拉力特征值 (kN)	设计要求	现场抗拔试验
	3	扩孔压力 (MPa)	±10%	钻机自动监测记录 或现场监测
	4	喷嘴给进和提升速度 (cm/min)	±10%	钻机自动监测记录 或现场监测
	5	扩大头长度 (mm)	±100	钻机自动监测记录 或现场监测
	6	扩大头直径 (mm)	≥1.0 倍设计直径	钻机自动监测记录
一般项目	1	锚杆位置 (mm)	100	用钢尺量
	2	钻孔倾斜度 (°)	±2	测斜仪等
	3	浆体强度 (MPa)	设计要求	试样送检
	4	注浆量 (L)	大于理论计算浆量	检查计量数据
	5	杆体总长度 (m)	不小于设计长度	用钢尺量

5.8.4 锚杆工程验收应提交下列资料:

- 1 原材料出厂合格证、原材料现场抽检试验报告、水泥浆或水泥砂浆试块抗压强度等级试验报告;
- 2 按本规程附录 C 的内容和格式提供的钻机自动监测记录和锚杆工程施工记录;
- 3 锚杆验收试验报告;
- 4 隐蔽工程检查验收记录;
- 5 设计变更报告;
- 6 工程重大问题处理文件;
- 7 竣工图。

5.9 不合格锚杆处理

5.9.1 对抗拔力不合格的锚杆,应废弃或降低标准使用。

5.9.2 锚杆抗拔力验收试验出现不合格锚杆时,在不影响结构整体受力的条件下,可分区按力学效用相同的不合格锚杆占总量的比率推算锚杆实际总抗拔力与设计总抗拔力的差值,按不小于差值的原则增补锚杆。

6 试 验

6.1 一般规定

6.1.1 高压喷射扩大头锚杆的最大试验荷载不宜大于锚杆杆体极限承载力的 80%。

6.1.2 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。

6.1.3 试验用加荷装置（千斤顶、油泵）的额定压力应满足最大试验荷载的要求。

6.1.4 锚杆抗拔试验应在注浆体满 28d 龄期或注浆体强度达到设计强度 80% 后进行。

6.2 基本试验

6.2.1 高压喷射扩大头锚杆应进行现场基本试验以确定锚杆的抗拔力极限值。

6.2.2 锚杆基本试验采用的地层条件、杆体材料、锚杆参数和施工工艺应与工程锚杆相同，且试验数量不应少于 3 根。为得出锚固体的抗拔力极限值，避免杆体先行断裂，当杆体强度不能满足本规程第 6.1.1 条时，可加大杆体的截面面积。

6.2.3 锚杆基本试验应采用分级循环加荷，加荷等级和位移观测时间应符合表 6.2.3 的规定。

6.2.4 锚杆基本试验出现下列情况之一时，可判定锚杆破坏：

- 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的位移增量的 2 倍；
- 2 锚头位移持续增长；
- 3 锚杆杆体破坏。

表 6.2.3 锚杆基本试验循环加荷等级和观测时间

预应力锚杆 加荷量 $\frac{P}{A_s f_{ptk}}$ (%) 或 $\frac{P}{A_s f_{yk}}$ (%)	初始荷载	—	—	—	10	—	—	—
	第一循环	10	—	—	30	—	—	10
	第二循环	10	30	—	40	—	30	10
	第三循环	10	30	40	50	40	30	10
	第四循环	10	40	50	60	50	40	10
	第五循环	10	50	60	70	60	50	10
	第六循环	10	60	70	80	70	60	10
观测时间 (min)		5	5	5	10	5	5	5

注：1 第五循环前加荷速率为 100kN/min，第六循环的加荷速率为 50kN/min；

2 在每级加荷观测时间内，测读位移不应少于 3 次；

3 在每级加荷观测时间内，锚头位移增量小于 0.1mm 时，可施加下一级荷载，否则应延长观测时间，直至锚头位移增量在 2h 内小于 2.0mm 时，方可施加下一级荷载。

6.2.5 锚杆基本试验结果宜按荷载与对应的锚头位移列表整理，并按本规程附录 D 绘制锚杆荷载-位移 (P-S) 曲线、锚杆荷载-弹性位移 (P-S_e) 曲线和锚杆荷载-塑性位移 (P-S_p) 曲线。

6.2.6 单根锚杆抗拔力极限值应取破坏荷载的前一级荷载。在最大试验荷载下未达到本规程第 6.2.4 条规定的破坏标准时，锚杆的抗拔力极限值应取最大试验荷载。

6.2.7 当每组试验锚杆抗拔力极限值的极差与平均值的比值不大于 0.3 时，应取平均值的 95% 与最小值之间的较大者作为锚杆抗拔力极限值。当极差与平均值的比值大于 0.3 时，可增加试验锚杆数量，分析极差过大的原因，结合工程具体情况确定抗拔力极限值。

6.3 蠕变试验

6.3.1 对用于塑性指数大于 17 的土层中的高压喷射扩大头锚杆，应进行蠕变试验。进行蠕变试验的锚杆不得少于 3 根。

6.3.2 锚杆蠕变试验的加荷等级和观测时间应符合表 6.3.2 的规定。在观测时间内荷载应保持恒定。

表 6.3.2 锚杆蠕变试验的加荷等级和观测时间

加荷等级	观测时间 (min)	
	临时性锚杆	永久性锚杆
0.25 T_{ak}	—	10
0.50 T_{ak}	10	30
0.75 T_{ak}	30	60
1.00 T_{ak}	60	120
1.25 T_{ak}	90	240
1.50 T_{ak}	120	360

6.3.3 在每级荷载下按时间 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。

6.3.4 试验结果可按荷载-时间-蠕变量整理，并按本规程附录 E 绘制蠕变量-时间对数 ($S-\lg t$) 曲线。蠕变率可由下式计算：

$$K_e = \frac{S_2 - S_1}{\lg t_2 - \lg t_1} \quad (6.3.4)$$

式中： S_1 —— t_1 时所测得的蠕变量；

S_2 —— t_2 时所测得的蠕变量。

6.3.5 锚杆在最后一级荷载作用下的蠕变率不应大于 2.0mm/对数周期。

6.4 验收试验

6.4.1 永久性的高压喷射扩大头锚杆最大试验荷载不应小于锚杆抗拔力特征值的 1.5 倍；临时性锚杆的最大试验荷载不应小于锚杆抗拔力特征值的 1.2 倍。

6.4.2 验收试验应分级加荷，初始荷载宜取锚杆抗拔力特征值的 10%，分级加荷值宜取锚杆抗拔力特征值的 50%、75%、

1.00 倍、1.20 倍、1.35 倍和 1.50 倍。

6.4.3 验收试验中，每级荷载的稳定时间均不应小于 5min，最后一级荷载的稳定时间应为 10min，并应记录每级荷载下的位移增量。如在上述稳定时间内锚头位移增量不超过 1.0mm，可认为锚头位移收敛稳定；否则该级荷载应再维持 50min，并在 20、30、40、50 和 60min 时记录锚杆位移增量。

6.4.4 加荷至最大试验荷载并观测 10min，待位移稳定后即卸荷，然后加荷至锁定荷载锁定。试验结果应按本规程附录 F 绘制荷载-位移 ($P-S$) 曲线。

6.4.5 对预应力锚杆，当符合下列要求时，应判定验收合格：

1 在最大试验荷载下所测得的弹性位移量，应大于该荷载下杆体自由段长度理论弹性伸长值的 60%（非位移控制锚杆）或 80%（位移控制锚杆），且小于锚头到扩大头之间杆体长度的理论弹性伸长值；

2 在最后一级荷载作用下锚头位移应收敛稳定。

6.4.6 对非预应力锚杆，当符合下列要求时，应判定验收合格：

1 在抗拔力特征值荷载下所测得的位移量应小于锚杆工作位移允许值；

2 在最后一级荷载作用下锚头位移应收敛稳定。

附录 A 锚杆杆体材料力学性能

A.0.1 1×2 结构钢绞线的力学性能应符合表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 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)	钢绞线参考截面面积 A_s (mm ²)	抗拉强度标准值 f_{pk} (MPa)	抗拉强度设计值 f_{py} (MPa)	整根钢绞线的最大力 F_m (kN)	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
	10.00	39.3	1470	1040	57.8	40.7
			1570	1110	61.7	43.6
			1720	1220	67.6	47.9
			1860	1320	73.1	52.0
			1960	1400	77.0	54.9
	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.0.2 1×3 结构钢绞线的力学性能应符合表 A.0.2 的规定。

表 A.0.2 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_{pk} (MPa)	抗拉强度设计值 f_{py} (MPa)	整根钢绞线的最大力 F_m (kN)	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
	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
	8.74	38.6	1960	1400	73.9	52.7
			1570	1110	60.6	42.8
			1670	1180	64.5	45.7
	10.80	58.9	1860	1320	71.8	51.0
			1470	1040	86.6	61.1
			1570	1110	92.5	65.4
			1720	1220	101.0	71.6
			1860	1320	110.0	78.1
	12.90	84.8	1960	1400	115.0	82.0
			1470	1040	125.0	88.1
			1570	1110	133.0	94.0
			1720	1220	146.0	103.5
			1860	1320	158.0	112.2
(1×3)I	8.74	38.6	1960	1400	166.0	118.4
			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.0.3 1×7 结构钢绞线的力学性能应符合表 A.0.3 的规定。

表 A.0.3 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 (kN)	整根钢绞线 的设计力 F_{py} (kN)
1×7	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	1770	1250	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
(1×7)C	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。

A.0.4 预应力混凝土用螺纹钢筋的力学特性应符合表 A.0.4 的规定。

表 A.0.4 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_{yk} (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 (%)
PSB785	785	980	7	3.5	$0.8f_y$	≤ 3
PSB830	830	1030	6			
PSB930	930	1080	6			
PSB1080	1080	1230	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.0.5 热处理钢筋的力学特性应符合表 A.0.5 的规定。

表 A.0.5 热处理钢筋力学特性

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)
40Si2Mn	6	1470	1040
48Si2Mn	8.2		
45Si2Cr	10		

A.0.6 普通螺纹钢筋的力学特性应符合表 A.0.6 的规定。

表 A.0.6 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_{yk} (MPa)	抗拉强度设计值 f_y (MPa)
热轧 钢筋	HRB335 (20MnSi)	6~50	335	300
	HRB400 (20MnSiV、 20MnSiNb、20MnTi)	6~50	400	360
	RRB400 (K20MnSi)	8~40	400	360

附录 B 支护锚杆锚固体整体稳定性验算

B.0.1 单排锚杆支护的整体稳定性验算可采用 Kranz 方法 (图 B.0.1), 由锚固体中心 c 向挡土结构下端假设支点 b 连成一条直

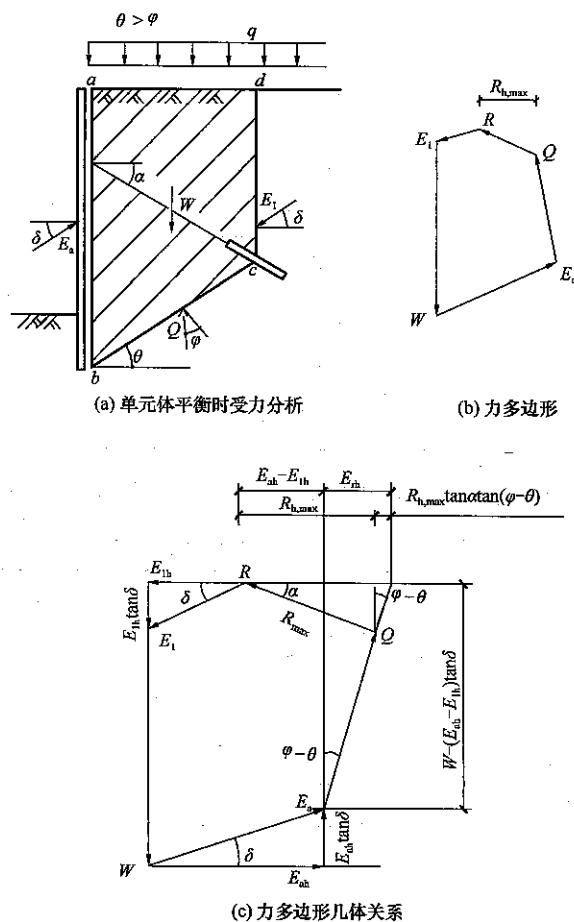


图 B.0.1 单排锚杆锚固体整体稳定性验算示意

线, 并假设 bc 线为深部滑动线, 再通过 c 点垂直向上作直线 cd , 这样 $abcd$ 块体上除作用有自重 W 外, 还作用有 E_a 、 E_1 和 Q 。当块体处于平衡状态时, 可利用力多边形求得锚杆承受的最大拉力 $R_{\max}$, 其水平分力 $R_{h,\max}$ 与锚杆抗拔力特征值的水平分力之比为整体稳定性安全系数。

锚杆最大拉力的水平分为 $R_{h,\max}$ 也可根据图 B.0.1 (c) 所示的力平衡关系按下列公式求得 (砂性土层时, $c=0$):

$$E_{th} = [W - (E_{ah} - E_{1h}) \tan \delta] \tan(\varphi - \theta) \quad (\text{B.0.1-1})$$

$$R_{h,\max} = \frac{E_{ah} - E_{1h} + E_{th}}{1 + \tan \alpha \tan(\varphi - \theta)} \quad (\text{B.0.1-2})$$

式中: W ——深层滑动线上部的土重;

E_{ah} ——挡土结构上端至挡土结构假设支点间所受的主动土压力的水平分力;

E_{1h} ——假设的锚固壁面上所受的主动土压力的水平分力;

δ ——墙与土间的摩擦角;

φ ——土的内摩擦角;

θ ——深层滑动线的倾角;

α ——锚杆倾角。

B.0.2 双排锚杆支护的整体稳定性验算可采用 Kranz 方法 (图 B.0.2), 上排锚杆锚固体在下排锚杆锚固体滑动楔体的外侧, 滑动面 bc 的倾角比下排锚杆滑动面 bf 的倾角大 ($\theta_1 > \theta_2$)。此时整体稳定性安全系数可按下列公式计算:

$$F_{bc} = \frac{R_{h(bc),\max}}{P_{0(1h)} + P_{0(2h)}} \quad (\text{B.0.2-1})$$

$$F_{bf} = \frac{R_{h(bf),\max}}{P_{0(2h)}} \quad (\text{B.0.2-2})$$

$$F_{bfc} = \frac{R_{h(bfc),\max}}{P_{0(1h)} + P_{0(2h)}} \quad (\text{B.0.2-3})$$

$$F'_{bf} = \frac{R_{h(bf),\max}}{P_{0(1h)} + P_{0(2h)}} \quad (\text{B.0.2-4})$$

图 B.0.2 双排锚杆锚固体整体稳定性验算示意

C.0.1 高压喷射扩大头锚杆施工钻机自动监测记录表格应符合表 C.0.1 的规定。

表 C.0.1 高压喷射扩大头锚杆钻机自动监测记录表

工程名称: 锚杆编号: 日期: 年 月 日

时 间	深度 (m)	钻进/提升速度 (cm/min)	转 速 (r/min)	压 力 (MPa)	流 量 (L/min)
扩大头长度 (m)			钻孔总深度 (m)		
扩大头直径 (m)			总灌浆量 (L)		

业主(监理): _____ 质检员: _____ 机长: _____

C.0.2 高压喷射扩大头锚杆施工记录表格宜符合表 C.0.2 的规定。

48

[illegible]

附录 D 锚杆基本试验曲线

D.0.1 锚杆基本试验荷载-位移曲线应符合图 D.0.1 的规定。

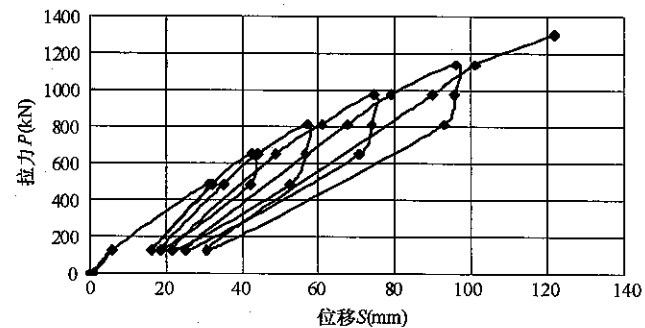


图 D.0.1 荷载-位移曲线

D.0.2 锚杆基本试验荷载-弹性位移、荷载-塑性位移曲线应符合图 D.0.2 的规定。

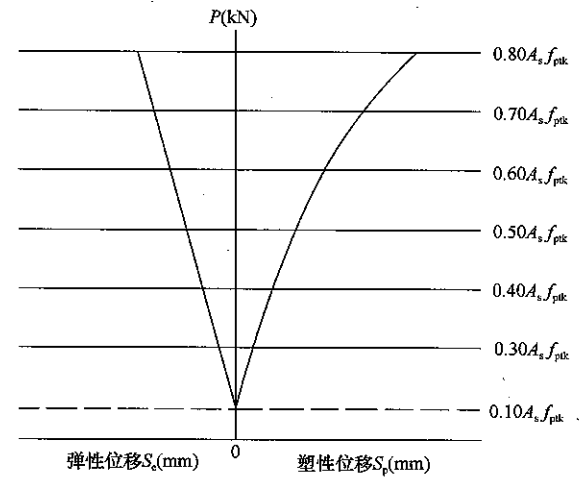


图 D.0.2 荷载-弹性位移、荷载-塑性位移曲线

附录 E 锚杆蠕变试验曲线

E.0.1 锚杆蠕变试验曲线宜符合图 E.0.1 的规定。

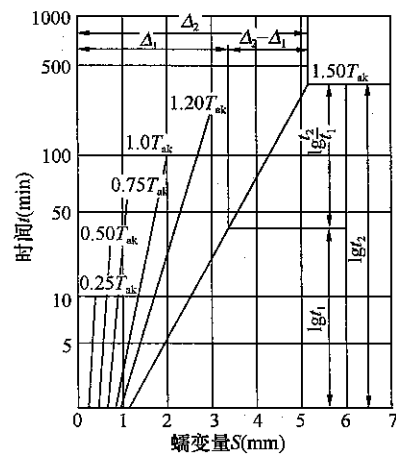


图 E.0.1 锚杆蠕变试验曲线

附录 F 锚杆验收试验曲线

F.0.1 锚杆验收试验曲线宜符合图 F.0.1 的规定。

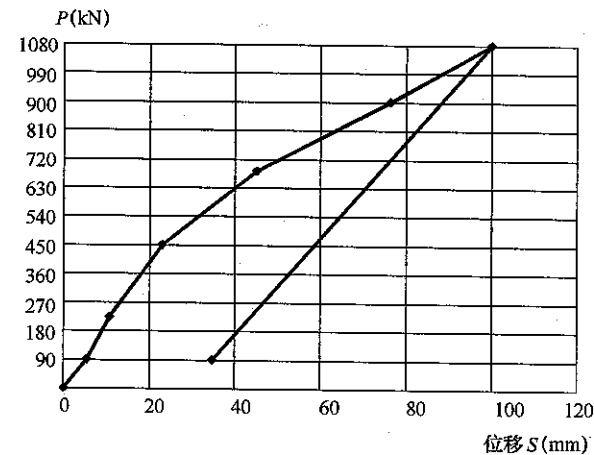


图 F.0.1 锚杆验收试验曲线

本规程用词说明

1 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”。

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 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 3 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 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 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
- 7 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 8 《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224
- 9 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370
- 10 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 11 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120
- 12 《无粘结预应力筋专用防腐润滑脂》JG/T 3007

中华人民共和国行业标准

高压喷射扩大头锚杆技术规程

JGJ/T 282 - 2012

条文说明

制 订 说 明

《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282 - 2012 经住房和城乡建设部 2012 年 5 月 16 日以第 1378 号文批准、发布。

本规程编制过程中,编制组进行了扩大头锚杆的现状与发展、基于可靠度指标的安全系数研究、扩大头锚杆的力学机制和计算方法、钢绞线粘结强度和扩大头锚杆受力机制数值模拟等的调查、试验和研究,总结了我国工程建设的相关实践经验,同时参考了国内有关锚杆设计的主要标准,取得了重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定,《高压喷射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,对条文规定的目的、依据以及执行中须注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1 总则	58
3 基本规定	59
4 设计	60
4.1 一般规定	60
4.2 材料	60
4.3 防腐	61
4.4 抗浮锚杆	62
4.5 基坑及边坡支护锚杆	62
4.6 锚杆结构设计计算	64
4.7 初始预应力	76
5 施工和工程质量检验	78
5.1 一般规定	78
5.2 杆体制作	78
5.3 钻孔	79
5.4 扩孔	79
5.5 杆体安放	80
5.6 注浆	80
5.7 张拉和锁定	80
5.8 工程质量检验	81
5.9 不合格锚杆处理	81
6 试验	82
6.1 一般规定	82
6.2 基本试验	82
6.4 验收试验	82

1 总 则

1.0.1 高压喷射扩大头锚杆作为一种新型的锚固结构,抗拔力大,位移小,可靠性高,安全性好,可以降低工程造价,提高安全水平,符合我国节能降耗的产业政策方向。

1.0.2 高压喷射扩大头锚杆适用于工业与民用建筑、水利水电、市政工程、城市地铁轨道交通、地下空间资源开发等建设工程的基础抗浮、基坑支护和边坡支护工程。

1.0.4 本规程未明确处,按现行国家标准和相关行业标准执行。

3 基本规定

3.0.1 本条所述设计使用年限,对抗浮锚杆,应与锚杆所连接的主体建筑物的设计使用年限相同;对边坡支护锚杆,应与边坡的设计使用年限相同;对基坑支护锚杆,应与基坑的设计使用年限相同。

3.0.2 锚杆的监测和维护管理,对基坑和边坡支护锚杆应按照基坑和边坡的要求执行;对抗浮锚杆应按照锚杆所连接的主体建筑物的要求执行。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 本条规定将杆体与注浆体粘结安全系数和注浆体与地层抗拔安全系数分别处理。杆体和注浆体属于人工材料,其力学参数的离散性比地层土体小,为达到相同的可靠度要求,杆体与注浆体的粘结安全系数比注浆体与地层抗拔的安全系数小。

4.1.3 扩大头的直径、长度和抗拔力与施工工艺参数密切相关,设计文件明确规定有关施工工艺参数有利于施工管理和质检人员现场监督检查,控制工程质量。

4.2 材料

4.2.1 可回收锚杆和回转型锚杆杆体规定采用无粘结钢绞线。当工程小且有条件时,也可以在现场对裸线进行加工,外套软管宜采用高密度聚乙烯(HDPE)软管或聚丙烯(PP)软管,不得采用聚氯乙烯(PVC)软管。高密度聚乙烯软管和聚丙烯软管均具有耐腐蚀、内壁光滑、强度高、韧性好、重量轻等特点,但聚丙烯的使用环境温度不得低于 0°C ;而聚氯乙烯软管强度较低,高温和低温时化学稳定性差,易脆化、老化。防腐油脂应满足设计和有关规范要求。

除修复的情况外,钢绞线不得连接。在修复时若须对钢绞线进行连接,应采取可靠的连接方式并经过试验验证。

4.2.3 为了加快注浆体的凝结,必要时可使用早强水泥,但不推荐在制备水泥浆时添加早强剂。不宜采用高铝水泥是因其后期强度降低较大。

4.2.6 网筋注浆复合承载体和合页夹形承载体具有弹性,承载体大,与注浆体大范围结合成一体,可较好地避免应力集中、安

装和回收卡死等不良现象,优于传统的块状承载体,适合于扩大头可回收锚杆和回转型锚杆。

承载体是制约锚杆抗拔力的重要因素之一,施工前应针对承载体进行锚杆的基本试验,检验承载体的承载能力是否达到锚杆抗拔安全系数 K 的要求。

4.2.10 为避免套管端口密封不严、漏浆,或者套管破损引起漏浆而影响自由段的自由变形,自由段杆体应涂以润滑油脂或防腐油脂后再安装套管。

4.3 防腐

4.3.1 钢材长期浸泡在水中时,由于氧溶入较少,不易发生化学反应,故钢材不易被腐蚀;相反,处于干湿交替状态的钢材,由于氧溶入较多,易发生电化学反应,钢材易被腐蚀。边坡和基坑支护锚杆,由于坡体和坡面水环境复杂,水位变化频繁复杂,锚杆易被腐蚀。

4.3.3 防腐问题是永久性锚杆应用的一个突出难题。对I级防腐锚杆,采用套管或防腐涂层密封保护使锚杆杆体与地层介质完全隔离,是根本解决办法。为了避免端口的问题,可采用回转型锚杆,杆体在地层中全长被套管封闭,与地层没有任何接触,使地下介质无法接触杆体。对于钢筋锚杆,应对钢筋与地层接触的全部外表面采用防腐涂层保护,与地层介质完全隔离。

4.3.4 II级防腐锚杆通常是依靠注浆体保护。《岩土锚杆(索)技术规程》CECS 22:2005第6.3节规定,II级防腐的永久性锚杆杆体水泥浆保护层厚度不应小于20mm,临时性锚杆不应小于10mm。《建筑桩基技术规范》JGJ 94 2008第4.1.2条规定,主筋的混凝土保护层厚度不应小于35mm,水下灌注混凝土不得小于50mm。本条规定扩大头段的注浆体保护层厚度不应小于100mm,比上述两规范提高了一倍以上。扩大头段杆体的保护层厚度可根据扩大头直径和杆体的倾斜允许值计算,不能满足本条要求时,应增大扩大头直径或控制杆体倾斜。钢筋锚杆非扩大

头的保护层厚度采用圆盘状定位器（或称对中支架）控制，其边沿宽度应大于要求的保护层厚度。

4.3.7 封锚混凝土为二次浇筑，设置锚筋或钢丝网可防止混凝土保护层开裂、脱落。

4.4 抗浮锚杆

4.4.3 钢筋伸入混凝土梁、板内的锚固部分可以弯折，见图 4.4.3-1a，其垂直长度应满足第 4.4.5 条要求。钢筋可以采用锚板锚固在梁、板混凝土内，见图 4.4.3-1b，锚板可通过附加筋与梁板主筋连成整体，锚具可采用专用锚具。

4.4.9 式（4.4.9-1）参照《南京地区建筑地基基础设计规范》DGJ32/J 12-2005 第 9.2.4 条，与南京地区抗浮桩的计算保持一致。当锚杆布置短而密时，可能会出现“群锚现象”。群锚现象的力学原因是相邻的锚杆锚固区土体主要受力范围的重叠引起应力的有害叠加，从而使锚杆共同作用时的抗拔力低于这些锚杆单独作用时的抗拔力之和。群锚效应与锚杆间距、长度和地层性状等有关，还与锚杆的拉力大小有关。因此，在布置锚杆时应注意其间距和长度的合理性，当锚杆短而密时应进行锚固体整体稳定性验算。

4.5 基坑及边坡支护锚杆

4.5.2 锚杆扩大头的埋深和所在土层的土质情况是影响锚杆抗拔力和锚固体稳定性的两个主要因素，在设计时应予以充分重视。

4.5.6 本条对自由段最小长度的规定，是为了确保锚固体的稳定安全和减小基坑位移。在适当的范围内，自由段越长，锚固体埋置越深远，安全性越好。锚固段最好设置在基坑开挖变形影响范围以外的土层中，本条以潜在滑裂面以外沿锚杆轴线方向自由段的长度不小于孔口到基坑底深度的距离作为标准，基坑开挖的影响已相对比较小了。若有软土，自由段尚应完全穿过软土。如

果自由段过短，锚固段设置在基坑开挖变形影响范围内，锚固体将随基坑开挖而移动，对基坑坡体的位移控制和稳定安全不利。用式（4.5.6）计算时，对分层土内摩擦角可按厚度加权平均取值。

4.5.8 扩大头锚杆单根抗拔力较大，其间距应比普通锚杆适当加大。

4.5.9 整体稳定性验算若不能满足要求，应加大锚杆长度和扩大头埋深、加大间距。

4.5.10 当周边环境对基坑位移要求严格时，支护结构设计应以位移控制为设计条件。普通预应力锚杆自由段短，没有穿过基坑开挖变形影响范围，基坑下挖时锚固段会随基坑坡体一起位移。普通锚杆锚固段太长，在受力过程中随着应力向锚固段后端传递而发生较大的位移，因此，普通预应力锚杆是不能严格控制基坑位移的。采用扩大头锚杆，一是设置足够长的自由段，以完全穿过基坑变形影响范围（工程实践中，当周边建筑物对位移敏感时，可以将扩大头设置在基坑底高程以下，完全不受基坑开挖的影响）；二是采用很短的锚固段长度（一般仅以 4m~6m 长度的扩大头为锚固段），消除或显著减小锚杆工作期间由于应力传递产生的位移；三是采用较大的拉力进行预张拉后再锁定，以消除或减小锚杆工作期间锚固体范围土体的变形，这样，可以使基坑的位移基本上由锚杆自由段的弹性所控制，这个变形是可计算的和可控制的。

4.5.11 基坑边坡坡体可分为滑裂区、滑裂松动区和变形影响区，位移控制锚杆的布置应使自由段穿过这三个区域，将扩大头布置在不受基坑开挖和变形影响的稳定地层之中，且要求土质较好，以确保扩大头基本不发生位移，成为一个相对固定的锚固点。本条第 1 款规定应以扩大头设置在变形影响区以外为原则，当基坑坡体土质较差、变形影响区较大时，应将扩大头设置在基坑底面高程以下。

扩大头到锚头之间全长设置为自由段，实现扩大头到锚头之

间“点到点”的弹性拉结和力的传递,将荷载直接传递给扩大头,避免由于锚固段应力峰值的向后迁移而出现不可测、不可控制的附加位移。

4.5.12 扩大头前端软土层对扩大头的位移是有影响的,根据数值模拟研究并参考相关资料,这个距离为7倍~12倍扩大头直径。基坑坡体土质较差,如淤泥或淤泥质土,基坑开挖变形影响范围很远,应将扩大头设置在基坑底高程以下,以避免基坑变形的影响。

4.5.13 主动土压力和被动土压力都是以较大的位移量为前提的,当位移控制值较小时,实际土压力值将与主动土压力和被动土压力有差异。

4.5.14 张拉荷载比普通锚杆提高是为了尽量减小锚固段土体的后期变形。

4.5.15 扩大头直径比普通锚固段直径大很多,对于回转型可回收锚杆,采用网筋注浆复合型承载体和合页夹形承载体可适当地在孔内利用弹性张开,回转半径大,回收方便,锚固体的受力条件好,比普通的U形槽承载体更好。

4.5.16 支护锚杆锚固体的整体稳定性验算方法,可参考Kranz方法。一般资料推荐的安全系数为1.2~1.5,本条规定不小于1.5。

4.6 锚杆结构设计计算

4.6.2 扩大头直径与土质、设备能力和施工工法参数有关。

4.6.3 扩大头锚杆的抗拔力值与土质、扩大头埋深和扩大头尺寸有关。本条计算公式根据《扩大头锚杆的力学机制和计算方法》(《岩土力学》Vol. 31 No. 5: 1359-1367),其中 ξ 的取值参考了表1、表2和表3所列多个实际工程的经验数据和数值模拟研究结果(表3)。

4.6.5 本条参照《岩土锚杆(索)技术规程》CECS22:2005第7.5.1条。式(4.6.5)中没有考虑普通锚固段注浆体与锚杆

杆体的粘结作用,偏于安全。由于扩大头的特点,杆体有明显的抛物线形下坠,对水平或倾斜向锚杆取 $\xi=1.0$ 。表4.6.5数据在《岩土锚杆(索)技术规程》CECS22:2005表7.5.1-3的基础上参考钢绞线粘结强度试验的结果(表4)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)。

4.6.6 本条规定参考《岩土锚杆(索)技术规程》CECS22:2005第7.5.2条。

4.6.7 锚杆承载体的承载力目前尚没有可靠的通用计算公式,应通过现场基本试验确定。

4.6.8 国内涉及锚杆的主要现行标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330、《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120和《岩土锚杆(索)技术规程》CECS22对杆体截面面积的设计计算有一些差异。本条抗拉断综合安全系数 K_t 包含特征值与设计值的换算以及锚杆耐久防腐等方面因素。抗拔桩对钢筋的耐久防腐保护一般是通过限制桩身混凝土裂缝开展宽度来抵抗地下介质的侵蚀,锚杆对钢材的耐久防腐保护一般是采取必要的防腐构造并通过增加钢材的截面面积预留一定的表层腐蚀裕量来抵抗地下介质的侵蚀。钢筋受侵蚀后会在表面形成一层薄的氧化层,该氧化层具有抗耐外部介质侵蚀的作用。对临时性锚杆,本条取 $K_t=1.1\sim 1.2$,是考虑本规程第4.5.4条的规定,临时性锚杆杆体材料一般采用钢绞线,而钢绞线的标准强度与设计强度还有1.4倍的安全储备。

表 1 扩大头锚杆抗拔力计算值与工程试验对比(支护锚杆)

工程项目	扩大头锚杆设计参数						ξ 系数 取值	规程公式 计算值 (kN)	抗拔力 设计值 (kN)	基本 试验值 (kN)	验收试验 最大拉力 (kN)
	自由段 长度 (m)	普通锚固 段长度 (m)	普通锚固 段直径 (m)	扩大头 长度 (m)	扩大头 直径 (m)	扩大头上 覆土厚 (m)					
太原新湖滨 基坑支护工程 锚杆类型 MG1	17.0	4.0	0.13	6.0	0.8	12.2	0.90	1975.42	890	≥ 1400	—
太原新湖滨 基坑支护工程 锚杆类型 MG2	13.0	4.0	0.13	6.0	0.8	15.7	0.90	2465.58	980	—	1080
太原新湖滨 基坑支护工程 锚杆类型 MG3	13.0	4.0	0.13	6.0	0.8	18.4	0.90	2678.81	980	—	1080
太原新湖滨 基坑支护工程 锚杆类型 MG4	17.0	4.0	0.13	6.0	0.8	12.2	0.90	1975.42	750	—	—

续表 1

工程项目	扩大头锚杆设计参数						ξ 系数 取值	规程公式 计算值 (kN)	抗拔力 设计值 (kN)	基本 试验值 (kN)	验收试验 最大拉力 (kN)
	自由段 长度 (m)	普通锚固 段长度 (m)	普通锚固 段直径 (m)	扩大头 长度 (m)	扩大头 直径 (m)	扩大头上 覆土厚 (m)					
太原新湖滨 基坑支护工程 锚杆类型 MG5	13.0	4.0	0.13	6.0	0.8	15.6	0.90	2458.29	980	—	1080
青岛奥帆赛 场 31 号地基坑 支护 1 号试验 锚杆	16.0	5.0	0.13	5.0	0.8	10.2	0.90	1948.36	—	1406 (1500 钢筋线 断裂)	—
青岛奥帆赛 场 31 号地基坑 支护 2 号试验 锚杆	13.0	5.0	0.13	5.0	0.8	8.9	0.90	1854.19	—	≥ 1250	—
青岛奥帆赛 场 31 号地基坑 支护 3 号试验 锚杆	16.0	5.0	0.13	5.0	0.8	10.2	0.90	1948.36	—	≥ 1250	—

续表 1

工程项目	扩大头锚杆设计参数						ξ 系数 取值	规程公式 计算值 (kN)	抗拔力 设计值 (kN)	基本 试验值 (kN)	验收试验 最大拉力 (kN)
	自由段 长度 (m)	普通锚固 段长度 (m)	普通锚固 段直径 (m)	扩大头 长度 (m)	扩大头 直径 (m)	扩大头上 覆土厚 (m)					
广州市轨道交通五号线基坑 1 号试验锚杆	10.0	7.0	0.13	5.0	0.8	9.5	0.80	1600.51	—	≥ 920	—
广州市轨道交通五号线基坑 3 号试验锚杆	18.0	7.0	0.13	5.0	0.8	14.0	0.80	1797.46	—	≥ 920	—
深圳盐田蓝郡广场基坑 1 剖面锚杆	10.0	5.0	0.13	5.0	0.5	9.4	0.90	949.81	680	≥ 1000	816
深圳盐田蓝郡广场基坑 2 剖面锚杆	10.0	5.0	0.13	5.0	0.5	12.4	0.90	1109.72	680	≥ 1000	816

续表 1

工程项目	扩大头锚杆设计参数						ξ 系数 取值	规程公式 计算值 (kN)	抗拔力 设计值 (kN)	基本 试验值 (kN)	验收试验 最大拉力 (kN)
	自由段 长度 (m)	普通锚固 段长度 (m)	普通锚固 段直径 (m)	扩大头 长度 (m)	扩大头 直径 (m)	扩大头上 覆土厚 (m)					
深圳福民佳园基坑支护工程锚杆	8.0	12.0	0.13	5.0	0.8	10.6	0.80	1749.02	850	—	1020
惠州华贸中心基坑 EP7-181 号试验锚杆	10.0	4.0	0.14	4.0	0.4	9.0	0.95	716.77	670	1302 (钢绞 线断裂)	—
惠州华贸中心基坑 EP7-182 号试验锚杆	10.0	4.0	0.14	4.0	0.4	9.0	0.95	716.77	670	≥ 1042	—
惠州华贸中心基坑 EP7-183 号试验锚杆	10.0	4.0	0.14	4.0	0.4	9.0	0.95	716.77	670	≥ 1042	—

续表 1

工程项目	扩大头锚杆设计参数						ξ 系数 取值	规程公式 计算值 (kN)	抗拔力 设计值 (kN)	基本 试验值 (kN)	验收试验 最大拉力 (kN)
	自由段 长度 (m)	普通锚固 段长度 (m)	普通锚固 段直径 (m)	扩大头 长度 (m)	扩大头 直径 (m)	扩大头上 覆土厚 (m)					
深圳丹平快速公路下沉段基坑支护 A 区剖面	10.0	4.0	0.13	4.0	0.4	11.5	0.95	1132.75	700	—	840
深圳丹平快速公路下沉段基坑支护 B 区剖面	10.0	3.0	0.13	3.0	0.6	7.5	0.95	1128.70	600	—	720
深圳丹平快速公路下沉段基坑支护 D 区剖面	10.0	4.0	0.13	4.0	0.6	9.5	0.95	1373.06	550	—	660
深圳万通物流中心基坑支护 4 号基本试验锚杆	16.0	5.0	0.13	5.0	0.5	13.9	0.95	1638.68	850	≥ 1240	—

续表 1

工程项目	扩大头锚杆设计参数						ξ 系数 取值	规程公式 计算值 (kN)	抗拔力 设计值 (kN)	基本 试验值 (kN)	验收试验 最大拉力 (kN)
	自由段 长度 (m)	普通锚固 段长度 (m)	普通锚固 段直径 (m)	扩大头 长度 (m)	扩大头 直径 (m)	扩大头上 覆土厚 (m)					
深圳万通物流中心基坑支护 5 号基本试验锚杆	16.0	5.0	0.13	5.0	0.5	13.9	0.95	1638.68	850	≥ 1240	—
深圳万通物流中心基坑支护 6 号基本试验锚杆	18.0	5.0	0.13	5.0	0.5	14.75	0.95	1678.87	850	≥ 1240	—
深圳警备区司令部住宅楼基坑支护 1 剖面锚杆	10.0	2.0	0.13	6.0	0.5	11.7	0.90	1015.88	570	—	684
深圳警备区司令部住宅楼基坑支护 2 剖面锚杆	10.0	0	—	6.0	0.5	10.4	0.90	964.31	570	—	684

续表 1

工程项目	扩大头锚杆设计参数					ξ 系数 取值	规程公式 计算值 (kN)	抗拔力 设计值 (kN)	基本 试验值 (kN)	验收试验 最大拉力 (kN)
	自由段 长度 (m)	普通锚固 段长度 (m)	普通锚固 段直径 d_a (m)	扩大头 长度 (m)	扩大头 直径 (m)	扩大头上 覆土厚 (m)				
深圳警备区 司令部住宅楼 基坑支护 3 剖面 锚杆	10.0	2.0	0.13	6.0	0.5	11.7	0.90	1015.88	730	876
深圳警备区 司令部住宅楼 基坑支护 4 剖面 锚杆	9.0	0	—	6.0	0.5	11.7	0.90	995.97	570	684
深圳警备区 司令部住宅楼 基坑支护 5 剖面 锚杆	10.0	0	—	6.0	0.5	11.2	0.90	983.79	570	684
天津市梅江 湾综合服务楼 基坑支护	10.0	5.0	0.13	4.0	0.8	10.2	0.90	1707.34	600	720

续表 1

工程项目	扩大头锚杆设计参数					ξ 系数 取值	规程公式 计算值 (kN)	抗拔力 设计值 (kN)	基本 试验值 (kN)	验收试验 最大拉力 (kN)
	自由段 长度 (m)	普通锚固 段长度 (m)	普通锚固 段直径 (m)	扩大头 长度 (m)	扩大头 直径 (m)	扩大头上 覆土厚 (m)				
苏州中翔小 商品市场三期 基坑支护工程 施工	13.0	9.0	0.15	3.0	0.8	9.1	0.95	1025.30	≥ 960	720
苏州名宇商 务广场基坑支 护工程(可回收 锚杆试验)	6.0	12.0	0.15	3.0	0.8	8.6	0.85	869.57	≥ 720	540
江苏平江新 城定销房基坑 支护工程	10.0	7.0	0.15	3.0	0.8	10.2	0.95	950.41	≥ 800	600
苏州市吴中 人防 806 工程	8.0	12.0	0.15	3.0	0.8	11.5	0.90	921.85	≥ 800	600

表2 扩大头锚杆抗拔力计算值与工程试验对比(抗浮锚杆)

工程项目	扩大头锚杆设计参数						ξ 系数取值	规程公式计算值(kN)	抗拔力设计值(kN)	基本试验值(kN)	验收试验最大拉力(kN)
	普通锚固段长度(m)	普通锚固段直径(m)	扩大头长度(m)	扩大头直径(m)	扩大头覆盖土厚度(m)	扩大头覆盖土厚度(m)					
深圳盛世鹏城扩大头抗浮锚杆工程	4.0	0.15	4.0	0.55	4.0	4.0	0.90	887.89	300	700(钢筋屈服)	450
广州逸泉山庄扩大头抗浮锚杆工程	4.0	0.15	3.0	0.6	4.0	4.0	0.60	573.92	225	—	450
深圳观澜正哈澜湾花园扩大头抗浮锚杆工程	8.0	0.15	3.0	0.8	8.0	8.0	0.80	1130.83	400	—	800
苏州百购商业广场抗浮锚杆工程	0	0.15	4.0	0.8	6.0	6.0	0.90	852.37	360	≥ 720	540
苏州高铁商务酒店抗浮锚杆工程	0	0.15	3.0	0.8	9.0	9.0	0.80	795.26	300	≥ 600	450
苏州红鼎湾小区抗浮锚杆工程	0	0.15	2.0	0.8	7.0	7.0	0.95	1472.52	700	≥ 1400	1050
吴中区姜家小区动迁房抗浮锚杆工程	0	0.15	3.0	0.8	9.0	9.0	0.70	1498.62	450	≥ 900	675
南环新村解危改造工程抗浮锚杆工程	0	0.15	2.0	0.8	7.0	7.0	0.90	822.67	350	≥ 700	525

表3 扩大头锚杆抗拔力计算值与数值模拟结果对比(竖向锚杆)

验证工况	扩大头锚杆验证工况参数						ξ 系数取值	规程公式计算值(kN)	数值模拟结果(kN)	相对误差
	自由段长度(m)	普通锚固段长度(m)	普通锚固段直径(m)	扩大头长度(m)	扩大头直径(m)	扩大头覆盖土厚度(m)				
验证工况一	6.0	4.0	0.12	4.0	0.6	10.0	0.75	1081.6	1200	9.87%
验证工况二	6.0	—	—	4.0	1.2	6.0	0.75	1071.0	1300	17.62%
验证工况三	4.0	—	—	2.0	1.6	4.0	—	679.2	740	8.22%
验证工况四	6.0	4.0	0.12	4.0	0.6	10.0	0.50	476.9	640	25.48%
验证工况五	6.0	—	—	4.0	0.6	6.0	0.50	397.0	404	1.73%
验证工况六	4.0	—	—	2.0	1.6	4.0	0.50	938.4	980	4.24%
验证工况七	6.0	4.0	0.12	4.0	0.6	10.0	0.60	578.9	800	27.64%
验证工况八	6.0	—	—	4.0	0.6	6.0	0.60	423.9	520	18.48%
验证工况九	4.0	—	—	2.0	1.6	4.0	0.60	940.7	1080	12.90%

表 4 钢绞线与水泥浆注浆体粘结强度试验数据

试件编号	锚固长度	0.025mm 滑移力 (kN)	粘结强度 (MPa)	最大拉力 (kN)	粘结强度 极限值 (MPa)	衬垫材料
1	10D _n	5	0	22.5	3.10	木板
2	20D _n	25.3	1.74	37.8	2.61	
3	20D _n	26.4	1.82	38.3	2.64	
4	20D _n	26.1	1.80	36.4	2.51	
5	30D _n	31.7	1.46	43.3	1.99	
6	40D _n	41.8	1.44	80.7	2.78	
7	60D _n	61.2	1.41	117.7	2.70	

- 注：1 钢绞线公称直径 D_n 为 15.20mm，抗拉强度标准值 1860MPa；
 2 注浆体采用强度等级 42.5 的普通硅酸盐水泥，水灰比 0.5；
 3 注浆体直径 150mm；
 4 为避免应力不均匀，水泥浆注浆体试件受拉端与钢模之间加入了衬垫木板。

4.7 初始预应力

4.7.1 各个工程的地下水位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，锚杆的初始预应力值（张拉锁定值）应根据具体工程情况确定，本条不作具体规定。

4.7.2 用于支护的预应力锚杆的初始预应力值，现行各规程的规定相差较大。《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120-1999 规定，锚杆预应力值（锁定值）宜为锚杆轴向受拉承载力设计值的 50%~65%。《岩土锚杆（索）技术规程》CECS 22:2005 规定，对位移控制要求较高的工程，初始预应力值（张拉锁定值）宜为锚杆拉力设计值；对位移控制要求较低的工程宜为锚杆拉力设计值的 75%~90%。本条规定 60%~85% 是基于工程经验和以下原则：

- 1 初始预应力值（张拉锁定值）宜尽量高，以提高预应力锚杆的效率，并控制位移；

- 2 预应力锚杆锁定以后，基坑的开挖意味着锚杆荷载的增加，因此预应力锚杆的初始预应力值也不能过高，以保证在荷载增加或变化的各种工况下，锚杆的工作拉力值不超过其抗拔力特征值。

5 施工和工程质量检验

5.1 一般规定

5.1.1 高压喷射扩大头锚杆施工应采用专用设备,这是确保工程质量的基础。

5.1.2 扩大头直径和锚杆抗拔力与地层条件、设备能力和施工工艺有关,因此,在正式施工前应进行现场试验。

5.1.3 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。

5.1.5 高压喷射扩大头锚杆施工质量应根据设计要求的工艺参数进行过程控制,钻机具备自动监测记录的功能,可较好地确保施工监测记录客观、真实、可靠。

5.1.6 目前所能进行的扩大头直径检测大多为间接方法,抗拔力检测为直接方法,因此当两者出现矛盾时应以抗拔力检测结果为依据调整有关设计参数(如扩大头直径、长度、抗拔力计算参数等)。

5.2 杆体制作

5.2.1 钢锚杆杆体尤其是钢绞线不得采用电焊等高温方式熔断。钢绞线的力学性能对表面的机械损伤非常敏感,应避免擦刮、碰撞、锤击等,否则应报废。

5.2.2 杆体定位器是杆体获得注浆体保护层厚度的必要条件,对永久性钢筋锚杆,定位器的布设间距应取 1.0m,其他情况可取 1.0m~1.5m。当杆体采用预应力混凝土用螺纹钢筋时,严格禁止采用任何电焊操作,哪怕在杆体上轻轻点焊,也对杆体强度有较大损伤,必须杜绝。

5.2.3 钢绞线的下料长度应考虑承载构件、张拉长度的要求,在设计长度的基础上留有足够的富余量。因预应力扩大头锚杆自由段较长,杆体定位器应在包括自由段的全长范围内设置。

5.2.4 因钢塑 U 形承载体存在卡死的风险,水平向或水平倾斜向锚杆应优先采用网筋注浆复合承载体或合页夹形承载体。

5.3 钻孔

5.3.2 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。

5.4 扩孔

5.4.1 高压喷射扩孔的施工参数中压力、提升速度、扩孔遍数是最重要的工艺参数,应予以足够的重视。在通过试验或工程经验初步确定之后,在正式施工前应进行试验性施工验证,在施工中应严格按经试验确定的参数执行。

5.4.4 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。

5.4.5 水泥浆液的水灰比不宜太低,以免影响高压喷射扩孔的效果。

5.4.6 高压管长度不宜太长,以免产生较大的压力损失,影响高压喷射扩孔效果。

5.4.7 目前的设备能力,喷管长度一般为 2m 左右,当扩大头设计长度大于 2m 时,须分段扩孔。为保证整个扩大头段的连续性,施工时进行适当的搭接是必要的。

5.4.9 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。

5.4.10 高压喷射扩孔是一个过程,实现过程控制是保障质量的重要手段。因此,按附录 C 如实准确地记录各项数据,是质

量管理的一个重要环节。

5.5 杆体安放

5.5.1 扩孔完成后,应立即取出喷管并迅速将杆体放入锚孔直到设计深度,以免浆液沉淀和凝固导致增加杆体放入的难度。采用套管钻孔的,应在杆体放入到位后立即取出套管,以免增加套管取出的难度。

5.6 注浆

5.6.1 注浆的目的是将钻孔和扩孔的泥浆和较稀的水泥浆置换出来,因此,注浆管的出浆口插入孔底并且保持连续不断地灌注是非常重要的。

5.6.2 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,形成强度较高的注浆体。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。

5.7 张拉和锁定

5.7.1 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。

5.7.2 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。

5.7.3 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。

5.8 工程质量检验

5.8.4 高压喷射扩大头锚杆施工质量应严格进行过程控制,钻机自动监测记录是客观和真实的,旁站监督是必要的。

5.9 不合格锚杆处理

5.9.1 不合格锚杆是废弃还是降低标准使用,不仅与该锚杆的力学性能有关,还应考虑锚杆的布置情况。

6 试 验

6.1 一 般 规 定

6.1.1 杆体的极限承载力按其标准强度计算。当杆体所采用的钢绞线根数较少且自由段摆平调直较好时,各根钢绞线受力较均匀,对不用于工程的试验锚杆可取 90% 极限承载力为最大试验荷载。

6.2 基 本 试 验

6.2.2 锚杆极限抗拔力试验的主要目的是确定锚固体的抗拔承载力和验证锚杆设计施工工艺参数的合理性,因而锚杆的破坏应控制在锚固体与土体之间。由于杆体的设计是可控因素,适当增加锚杆杆体截面面积,可以避免试验时杆体承载力的不足。

6.2.3 表 6.2.3 循环试验加荷等级在《岩土锚杆(索)技术规程》CECS 22: 2005 的基础上,根据实践经验并参照国外有关地层锚杆标准(草案)的有关规定,对试验加荷的步距进行了一些调整,在各循环的各个加荷等级中以使后一级步距不大于前一级步距。

6.2.7 极差为本组试验中最大值与最小值之差。当某组试验锚杆试验结果的离散性较小,平均值的 95% 已小于该组试验的最小值时,则应取最小值作为其抗拔力极限值。

6.4 验 收 试 验

6.4.5 本规程规定的扩大头锚杆的自由段长度较长,自由段变形的影响因素较多,因此,对非位移控制锚杆本条规定将实测弹性位移应超过自由段长度理论弹性伸长值的比例定为 60%;对位移控制锚杆,弹性位移能充分地展开是重要的,故仍规定

为 80%。

6.4.6 与预应力锚杆不同,非预应力锚杆试验位移与工作位移是一致的,因此,对非预应力锚杆应以锚杆总位移量作为是否合格的判定依据之一。