



企业标准 JL-08

---

# 高压喷射扩大头锚杆技术规程

深圳钜联锚杆技术有限公司编制

2008 年 8 月

# 高压喷射扩大头锚杆技术规程

深圳钜联锚杆技术有限公司编制

2008 年 8 月

## 前 言

高压喷射扩大头锚杆技术是深圳钜联锚杆技术有限公司经过多年研究开发的一项岩土工程新技术，并获得了国家发明专利。近几年已在广东、广西、河南、山东、江苏、湖北等地得到广泛的应用，其科学性、先进性、可靠性和经济性已在工程中得到证明。为了进一步推广应用该技术，我们在总结经验的基础上，结合该技术的发展应用现状编程了该规程。

由于高压喷射扩大头锚杆技术是一项新技术，有待积累经验。在执行本规程过程，请注意总结经验并积累资料，如发现有需要修改和补充之处，请将意见反馈给我们，以便修订时参考。

联系方式：

电话：0755-83936409    83936505    13603038090

电子邮箱：[JL2012@126.com](mailto:JL2012@126.com)

通讯地址：深圳市福田区莲花路香丽大厦丽梅阁 4D

邮政编码：518034

联系人：曾庆义

## 目 次

1	总则 .....	1
2	术语、符号 .....	2
2.1	术语 .....	2
2.2	符合 .....	4
3	设计 .....	6
3.1	一般规定.....	6
3.2	材料 .....	7
3.3	防腐 .....	10
3.4	抗浮锚杆.....	12
3.5	基坑及边坡支护锚杆 .....	15
3.6	位移控制锚杆.....	16
3.7	可回收锚杆.....	17
3.8	锚杆设计计算.....	18
3.9	注浆体 .....	24
3.10	传力结构.....	24
3.11	初始预应力.....	25
4	施工 .....	26
4.1	一般规定.....	26
4.2	工法步骤.....	26
4.3	杆体制作、存储.....	29
4.4	钻孔 .....	31
4.5	扩孔 .....	31

4.6	杆体安放.....	32
4.7	注浆 .....	33
4.8	张拉和锁定.....	34
5	试验 .....	36
5.1	一般规定.....	36
5.2	基本试验.....	36
5.3	蠕变试验.....	37
5.4	验收试验.....	38
6	工程质量检验及验收.....	40
6.1	一般规定.....	40
6.2	质量检验.....	40
6.3	不合格锚杆处理.....	41
6.4	验收 .....	41
7	监测和维护管理.....	42
7.1	一般规定.....	42
7.2	监测项目.....	42
7.3	预应力锚杆拉力长期监测 .....	43
7.4	锚杆腐蚀检查分析.....	43
7.5	监测信息反馈和处理.....	44
附录 A	支护锚杆锚固体整体稳定性验算（kranz 法） .....	45
附录 B	锚杆杆体材料主要技术参数.....	49
附录 C	锚杆施工记录表 .....	51
	本规程用词说明 .....	55

## 1 总 则

1.0.1 为使高压喷射扩大头锚杆(索)(以下统称锚杆)新技术在设计和施工中做到安全适用、技术先进、质量保证、经济合理、保护环境、节约资源，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工业与民用建筑、交通、市政、水利、人防工程中土层锚杆的设计、施工、试验及验收。

1.0.3 高压喷射扩大头锚杆设计应坚持因地制宜的原则，综合考虑场地周边环境、工程地质条件、建筑物结构类型和性质等因素，精心设计。

1.0.4 高压喷射扩大头锚杆施工应坚持质量第一的原则，根据设计要求及工程具体情况编制施工组织设计，精心施工。

1.0.5 高压喷射扩大头锚杆的设计施工除应遵循本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语、符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 锚杆 **anchor, anchorage**

一端锚固于稳定地层，另一端连接外部承载构件的受拉构件体系。对于注浆锚杆，主要由锚头、杆体和注浆体组成。当采用钢绞线或高强钢丝束作杆体材料时，俗称锚索。

#### 2.1.2 高压喷射扩大头锚杆

采用液体对锚孔底部一段长度范围内的锚孔孔壁土体进行高压喷射切割置换实现扩孔，并灌注水泥浆或水泥砂浆在锚杆底部形成具有较大直径和一定长度的圆柱形注浆体的锚杆。

#### 2.1.3 锚杆杆体 **anchor tendon**

连接外部承载构件和锚固体、实现力学传递的杆件。

#### 2.1.4 注浆体 **free grouting**

由灌注于锚孔内的浆液凝结而成、并与锚孔孔壁土体和锚杆杆体粘结的固结体。

#### 2.1.5 锚固段 **anchor fixed length**

杆体锚固于注浆体实现力的传递的那一段长度部分。

#### 2.1.6 自由段 **anchor free length**

杆体与注浆体力学隔离并能独立于注浆体自由变形的那一段长度部分。

### 2.1.7 锚头 **anchor head**

连接外部承载构件并传递拉力的锚杆外露端。

### 2.1.8 套管 **polyrohylene sheath**

杆体的保护外套。用以充分发挥锚杆自由端的功能，并提供防腐保护。

### 2.1.9 永久性锚杆 **permanent anchor**

设计使用期超过 **24** 个月的锚杆。

### 2.1.10 临时性锚杆 **temporary anchor**

设计使用期不超过 **24** 个月的锚杆。

### 2.1.11 预应力锚杆 **prestressed anchor**

借助杆体自由段的弹性伸长施加预应力的锚杆。

### 2.1.12 非预应力锚杆 **non- prestressed anchor**

不施加预应力的锚杆。

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

在达到锚杆的设计使用期后可从地层中收回杆体的锚杆。

### 2.1.14 位移控制锚杆

扩大头深埋于稳定地层之中，施加较大的预张拉力消除塑性变形，进入工作状态后，拉力通过锚头到扩大头的全程自由段杆体实现点到点的弹性传递，使其工作位移减少并得到控制的锚杆。

### 2.1.15 回转型锚杆（又称 U 形锚杆）

杆体在锚固端回转，一根或一组杆体的两个端头同时出露并锁定于锚头的锚杆。

### 2.1.16 承载体



在回转型锚杆中，置于杆体回转处作为杆体回转支点并直接承受杆体压力的部件。

#### 2.1.17 基本实验 **basic test**

现场的锚杆极限抗拔力试验.采用分级加荷、卸荷的增量试验法，记录起始荷载下和每次加荷、卸荷时锚杆的位移。

#### 2.1.18 验收试验 **acceptance test**

为确认工程锚杆对锚杆设计荷载的安全性而进行的锚杆试验。采用荷载分级增量试验法，并记录每级荷载作用下锚杆的位移。

#### 2.1.19 蠕变试验 **creep test**

确定锚杆在恒定荷载作用下位移随时间变化规律的试验。

#### 2.1.20 抗拔力设计值 **design value of tensile force**

锚杆在设计使用期内可能出现的最大拉力值。

#### 2.1.21 锁定荷载 **lock-off load**

采用千斤顶或扭力扳手将力传递到张拉锚具的锚具，在锚杆中建立初始预应力的荷载。

#### 2.1.22 弹性位移 **elastic displacement**

锚杆试验时测得的可恢复位移。

#### 2.1.23 塑性位移 **plastic displacement**

锚杆试验时测得的不可恢复位移。

## 2.2 符 号

$A_s$ ——锚杆杆体（筋体）的截面面积。

$D_1$ ——锚杆钻孔直径。

$D_2$ ——锚杆扩大头直径。

$f_{ptk}$ ——钢绞线抗拉强度标准值。

$f_{yk}$ ——钢筋抗拉强度标准值。

$f_{mg}$ ——锚固段注浆体与地层间的粘结强度标准值。

$f_{ms}$ ——锚固段注浆体与筋体间的粘结强度标准值。

$f_{kt}$ ——锚杆杆体的抗拉安全系数。

$K$ ——锚杆锚固体的抗拔安全系数。

$K_a$  ——蠕变率。

$L_D$ ——锚杆扩大头长度。

$L_d$ ——普通钻孔锚固段长度。

$T$ ——锚杆抗拔力设计值。

$T_{uk}$ ——锚杆极限抗拔力标准值

$S$ ——锚杆总位移。

$S_e$ ——锚杆弹性位移。

$S_p$ ——锚杆塑形位移。

$a$  ——锚杆倾角。

## 3 设 计

### 3. 1 一般规定

3. 1. 1 高压喷射扩大头锚杆适用于地下建筑抗浮、水工闸坝抗浮、基坑支护和边坡支护工程。

3. 1. 2 对特殊条件下为专门目的采用的高压喷射扩大头锚杆，必须在充分调查研究和必要的试验基础上进行设计。

3. 1. 3 锚杆的设计使用年限不应低于所服务的构筑物的设计使用年限，防腐保护等级和构造应达到相应的要求。

3. 1. 4 永久性锚杆的扩大头段不应设在下列未经处理的地质中：

- 1 有机质土；
- 2 液限  $W > 50\%$  的土层；
- 3 相对密实度  $D_r < 0.3$  的土层。

3. 1. 5 高压喷射扩大头锚杆设计应具备以下基本资料：

3. 1. 5. 1 岩土工程勘察资料

按照现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021—2001 进行勘察提供的勘察报告，内容包括：

- 1 岩土的重力密度、抗剪强度等物理力学指标；
- 2 地下水分布状况和孔隙水压力；
- 3 锚固地层的地质构造和整体稳定性；
- 4 具有传力结构时，地基的反力系数；

5 地层的可钻性、可注性、对施工方法的适应性等；

6 地层和地下水的腐蚀性。

#### 3.1.5.2 工程场地和环境条件资料

1 工程场地总平面图，包括交通设施、地下管线、地下构筑物分布和埋深；

2 相邻建（构）筑物安全等级、基础型式和埋深；

3 水、电和材料供应条件等。

#### 3.1.5.3 建（构）筑物的有关资料

1 建（构）筑物的平面布置图；

2 建（构）筑物基础平面图和剖面图；

3 建（构）筑物基础开挖图。

#### 3.1.5.4 施工条件的有关资料

1 施工机械的设备条件、动力条件；

2 施工机械的进出场及现场运行条件；

3 建（构）筑物基础施工条件或方案。

### 3.2 材料

#### 3.2.1 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/T5224 的规定；预应力钢绞线的抗拉强度标准值  $f_{ptk}$ ，应按本规程附录 B 表 B.0.1 的规定采用；

2 可回收锚杆和回转型锚杆杆体可采用无粘结钢绞线。无粘结钢

绞线的技术参数，应按本规程附录 B 表 B. 0. 2 的规定采用；

3 除修复的情况外，预应力钢绞线不得连接。

3. 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 预应力较大时宜采用高强度精轧螺纹钢筋。高强度精轧螺纹钢筋的力学性能指标，应按本规程附录 B 表 B. 0. 3 采用，并应符合国家现行标准的规定；

2 预应力较小或非预应力锚杆可采用 HRB400 级或 HRB335 级钢筋。钢筋抗拉强度标准值  $f_{yk}$ ，应按本规程附录 B 表 B. 0. 4 的规定采用；

3 锚杆杆体的连接应能承受杆体的极限抗拉力。

3. 2. 3 注浆材料采用的水泥应符合下列要求：

1 水泥宜采用普通硅酸盐水泥，其质量应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB175 的规定。必要时可采用抗硫酸盐水泥，不宜采用高铅水泥；

2 水泥强度应大于 32. 5MPa，设计抗拔力较高时应采用强度不低于 42. 5 MPa 的水泥。必要时可使用早强水泥。

3. 2. 4 注浆材料采用的水应符合下列要求：

1 拌合水宜采用饮用水，不得使用污水。当采用其他水源时，必须经试验确认对水泥浆体和杆体材料无害；

2 拌合水的水质应符合现行行业标准《混凝土拌合用水标准》JGJ63，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。

3. 2. 5 注浆材料采用的细骨料应符合下列要求：

1 必要时采用水泥砂浆，其细骨料应选用最大尺寸小于 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，按重量计不得大于 1%。

3.2.6 可回收锚杆和回转型锚杆可采用网筋注浆体复合承载体、高分子聚脂纤维增强模塑料承载体或钢板承载体。

3.2.7 锚具应符合下列要求：

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应能达到预应力杆体极限抗拉力的 95%以上，且达到实测极限抗拉力时的总应变值应小于 2%；

3 根据锚杆的使用目的不同，必要时可采用可调节拉力的锚头；

4 锚具罩应采用钢材或塑料制作加工。锚具罩应完全罩住锚杆头和预应力筋的尾端，与支承面的接缝应采用水密性接缝。

3.2.8 承压板和台座应符合下列要求：

1 承压板和台座的强度和构造必须满足锚杆极限抗拉力要求，以及锚具和结构物的连接构造要求；

2 承压板和过渡管宜由钢板和钢管制成，其材料质量应符合国家现行有关标准的要求。过渡钢管壁厚不宜小于 5mm 。

3.2.9 用于锚杆的防腐材料宜采用专门防腐油脂，并满足现行行业标准《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，应符合下列性能要求：

1 保持防腐性能和物理稳定性；

2 具有防水型和化学稳定性，不得与锚杆材料产生不良反应；

- 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。
- 3.2.10 锚杆自由段应设置杆体隔离套管, 套管材料应符合下列要求:
- 1 具有足够的强度和柔韧性, 在加工和安装过程中不被损坏;
  - 2 具有防水性和化学稳定性, 对杆体材料无不良影响;
  - 3 具有防腐蚀性, 与注浆体和防腐剂无不良反应;
  - 4 能够抗紫外线引起的老化;
  - 5 不影响杆体的伸缩变形。
- 3.2.11 锚杆锚固段应设置隔离架。隔离架兼有隔离和对中作用。隔离架应采用钢、塑料或其他对杆体无害的材料制成, 不得采用木质材料。隔离架的形状不得影响注浆浆液的自由流动。
- 3.2.12 注浆管应具有足够的内径, 能使浆体压至钻孔的底部。其材料应能承受 1.0Mpa 的注浆压力。

### 3.3 防 腐

- 3.3.1 当地层出现有下列一种或多种情况时, 应判定该地层具有腐蚀性:
- 1 pH 值小于 4.5;
  - 2 电阻率小于  $2000 \Omega \cdot \text{cm}$ ;
  - 3 出现硫化物;
  - 4 出现杂散电流, 或出现对水泥浆体和混凝土的化学腐蚀。
- 3.3.2 腐蚀环境中的永久性锚杆应采用 I 级防腐构造; 腐蚀环境中的

临时性锚杆和非腐蚀环境中的永久性锚杆可采用Ⅱ级防腐构造。

### 3.3.3 I级防腐构造应符合下列要求：

- 1 杆体全长采用套管密封保护与地层介质完全隔离，杆体与套管之间隙充填防腐油脂；
- 2 杆体套管应延伸进入承载结构或过渡管并采用水密性接缝或构造；
- 3 锚头应封闭保护；
- 4 注浆材料应采用能抗耐地层介质腐蚀的材料。

### 3.3.4 II级防腐构造应符合下列要求：

- 1 杆体自由段应采用套管密封保护与地层介质隔离，杆体与套管之间隙充填防腐油脂。锚固段依靠注浆体保护；
- 2 杆体自由段套管应延伸进入承载结构或过滤管并采用水密性接缝或构造。非予应力钢筋锚杆，进入地层不小于 2m 到进入砼结构不小 100mm 范围内的杆体可采用防腐涂层。
- 3 锚头应封闭保护或涂层保护。

3.3.5 永久性锚杆锚固段水泥浆保护层厚度不应小于 20mm，临时性锚杆锚固段水泥浆保护层厚度不应小于 10mm。

3.3.6 杆体套管应延伸进入承载结构或过渡管内至少 100mm。

3.3.7 处于非腐蚀环境中的永久性锚杆，杆体自由段套管与锚固段水泥浆的搭接长度不应小于 0.3m。

### 3.3.8 永久性锚杆锚头防腐保护应符合下列要求：

- 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，对锚具和承压板应装设防护罩，罩内应填



充防腐油脂；

3 不需调整拉力的锚杆，锚具和承压板可埋入混凝土内，混凝土保护层最小厚度不应小于 50mm。

3.3.9 临时性锚杆锚头防腐保护应符合下列要求：

1 在腐蚀环境中，锚具和承压板应装设防护罩，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涂防腐油脂保护。

### 3.4 抗浮锚杆

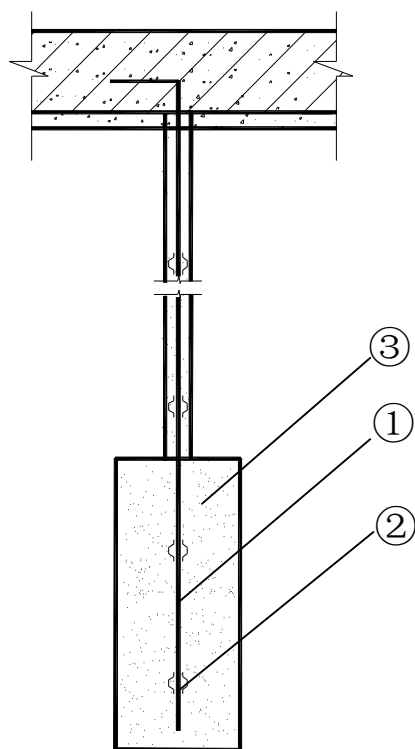
3.4.1 高压喷射扩大头锚杆适用于工业与民用建筑、交通、市政、人防和水利工程建（构）筑物抗浮。

3.4.2 计算地下建（构）筑物浮力时，地下水位计算高程应根据年最高地下水位的多年观测数据按设计频率确定。无观测数据时，对地下水位较高或雨量充沛的地区，可取建（构）筑物所在地点的地面高程为地下水位计算高程。

3.4.3 根据建（构）筑物结构和荷载特点，抗浮锚杆可采用非预应力锚杆或预应力锚杆，杆体材料可采用钢筋或钢绞线。

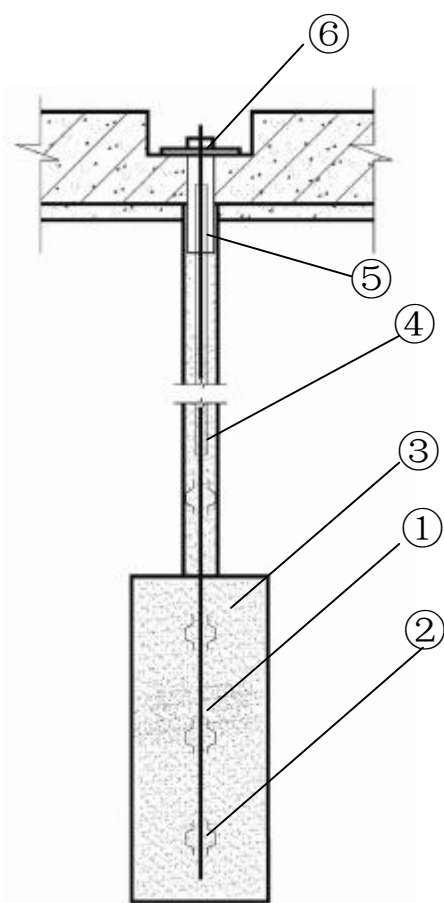
3.4.4 处于非腐蚀地层中的永久性抗浮锚杆，可采用Ⅱ级防腐保护的非预应力钢筋锚杆（图 3.4.4-1）和预应力钢绞线锚杆（图 3.4.4-2）。

3.4.5 处于腐蚀环境中的永久性抗浮锚杆，可采用Ⅰ级防腐保护的预应力钢绞线锚杆（图 3.4.5），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。



- ①钢筋
- ②隔离架
- ③注浆体

图 3.4.4-1 非预应力钢筋锚杆



- ①钢绞线
- ②隔离架
- ③注浆体
- ④自由段套管
- ⑤过渡管
- ⑥锚头

图 3.4.4-2 预应力钢绞线锚杆

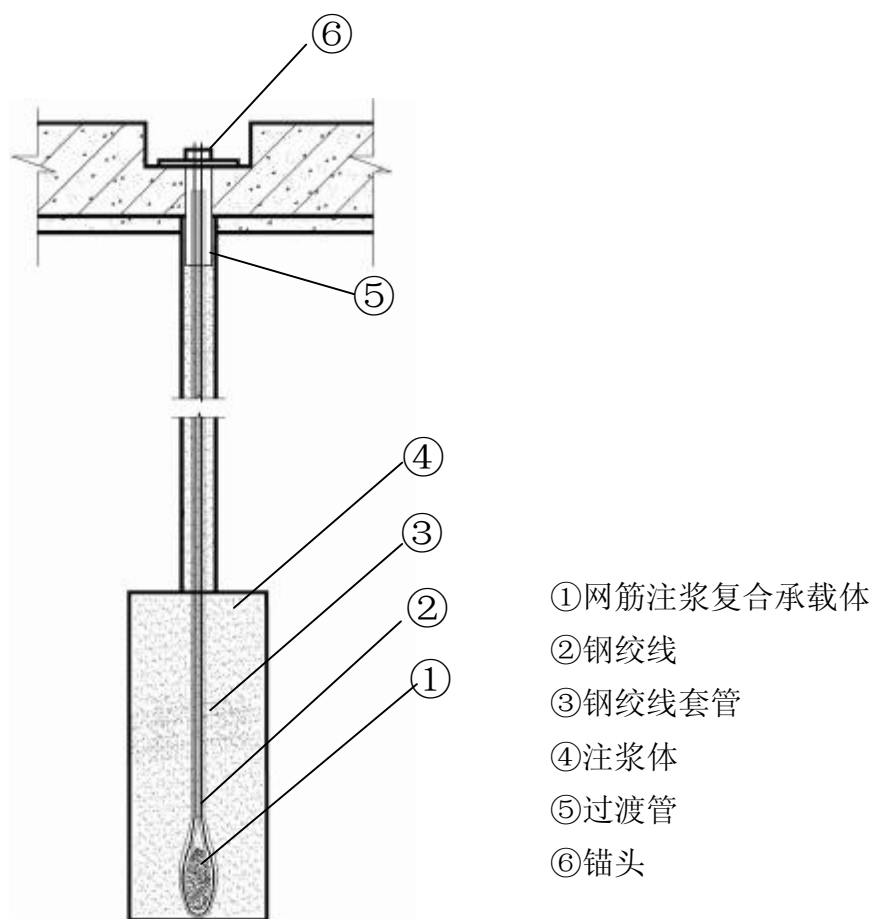


图 3.4.5 I 级防腐预应力锚杆

3.4.6 预应力锚杆的预张拉锁定值应根据地下水位变幅、地基基础承载能力和锚头承载结构确定。

3.4.7 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防水要求。

3.4.8 抗浮锚杆的平面布置，应根据所需抗浮力强度的区域变化和底板结构型式确定，并可考虑减小底板（梁）弯距和厚度的要求。

3.4.9 浮力较小时可采用非予应力锚杆，锚杆可均匀布置或按区域均匀布置。浮力较大时采用予应力锚杆，锚杆应布置在柱间或跨中。

3.4.10 抗浮锚杆的长度不宜小于 6m，扩大头长度不宜小于 3m，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的要求。

3.4.11 非予应力锚杆的长度不宜超过 12m。

### 3.5 基坑及边坡支护锚杆

3.5.1 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，或其他支护结构联合使用；不适合高边坡上部无水土层或对水敏感的土质。

3.5.2 锚杆扩大头宜设置于具有一定埋深的较密实的砂层或有较高强度的粘性土中，以确保锚杆获得较高的抗拔力，减小支护锚杆的排数和每排的根数。

3.5.3 为避免锚孔渗水涌砂，地下水丰富、地层中分布有砂层，或因其他原因不便在支护结构开孔时，可采用一排或较少排数高吨位扩大头锚杆，并将锚孔孔口布置在地下水位之上或布置在粘性土中。

3.5.4 位于海边的基坑，截水墙或地下连续墙应布置在最高潮水位之上，锚杆孔口可布置在最高潮水位之下但不得低于施工时期的地下水位。

3.5.5 为节省排桩或地下连续墙造价，允许布置两排或多排锚杆时，可采用高吨位的扩大头锚杆，加大锚杆的水平间距，减少每排锚杆的根数。

3.5.6 锚杆的布置应避免对相邻建（构）筑物的基础产生不良影响。

3.5.7 根据使用要求和地质条件，高压喷射扩大头锚杆可设计为预应力锚杆，锚杆结构型式见图 3.5.7。

3.5.8 锚杆的倾角不宜小于  $20^{\circ}$ ，不应大于  $45^{\circ}$ 。

3.5.9 锚杆的长度，扩大头长度宜为 3~6m，锚固段（含扩大头长度）宜为 4~10m，自由段不应小于 10m。

3.5.10 锚杆的埋深应符合下列条件：

1 扩大头最小埋深不小于 7m，且应埋置于较密实的砂层或强度较好的粘性土中。

2 自由段应穿过潜在滑裂面不少于 6m。

3.5.11 锚杆间距应符合下列条件：

1 孔口水平间距不应小于 2m，竖向间距不应小于 3m；

2 扩大头的水平中心距不应小于 2m，竖向中心距不应小于 3m。

3.5.12 锚杆的长度、埋深和间距应满足锚固体整体稳定的要求。

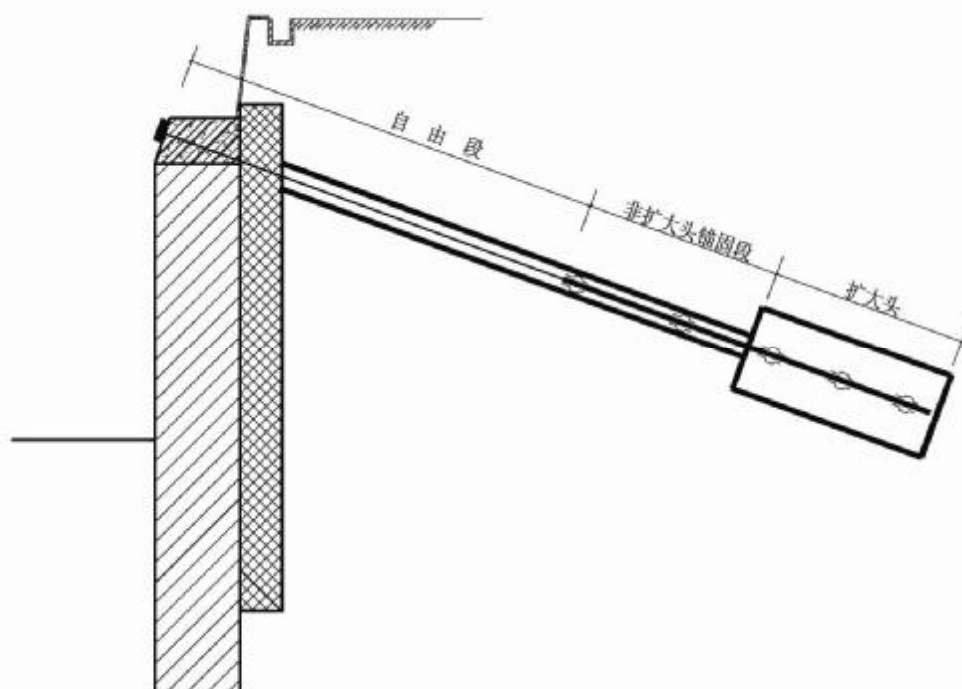


图 3.5.7 基坑支护锚杆结构示意图

### 3.6 位移控制锚杆

3.6.1 高压喷射扩大头锚杆适用于位移要求小、位移控制较严格的工程或部位，应与刚度较大的排桩或地下连续墙联合使用。

3.6.2 用于位移控制的锚杆结构布置应遵循以下原则：

1 扩大头应设置在深远的稳定地层之中，不受基坑变形的影响；

2 扩大头应设置于较密实的砂层、砂砾、或强度较高压缩性较低

的粘性土中；

3 锚头至扩大头应全长设置为自由段。

3.6.3 位移控制锚杆扩大头的设置除应符合上一节的规定以外，还应符合以下要求：

1 扩大头的前端若有软土层，前端面到潜在滑裂面的距离不应小于扩大头直径的 12 倍；

2 扩大头前端面到软土的距离不应小于扩大头直径的 7 倍。

3.6.4 位移控制锚杆应按安全等级 I 设计。

3.6.5 张拉锁定时，位移控制锚杆最大张拉荷载应为 1.5 倍设计抗拔力。

3.6.6 位移控制锚杆工作位移应由自由段钢绞线的弹性变形控制，基坑工作阶段若出现异常应及时检查分析，必要时进行补张拉。

3.6.7 当基坑位移较大或超过位移预警值时，可对位移控制锚杆进行补张拉锁定在较高的初始应力水平上。如果锚杆的工作拉力达到或超过其抗拔力设计值，增加位移控制锚杆的根数分担或降低原有锚杆的荷载以后，方可对原有锚杆进行补张拉锁定。

3.6.8 位移控制锚杆应进行锚杆拉力和位移监测。采用位移控制锚杆的基坑或部位，应在锚杆张拉锁定前设置位移监测点并完成初始量测，锚杆锁定后土方开挖前进行一次量测，以后可按有关基坑位移监测要求进行。

### 3.7 可回收锚杆

3.7.1 高压喷射扩大头锚杆适用于可回收锚杆，特别适用于回转型可

回收锚杆，亦可用于其他型的可回收锚杆。

3.7.2 回转型可回收锚杆杆体可采用无粘结钢绞线，承载体可采用网筋注浆复合型承载体。

### 3.8 锚杆设计计算

#### 3.8.1 安全系数

1 筋体与锚固段注浆体以及地层与锚固段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 3.8.1-1 确定：

表 3.8.1-1 土层锚杆锚固体抗拔安全系数

安全等级	锚杆损坏的危害程度	最小安全系数	
		临时锚杆	永久锚杆
I	危害大，会构成公共安全问题	1.8	2.2
II	危害较大，但不致出公共安全问题	1.6	2.0
III	危害较轻，不构成公共安全问题	1.4	2.0

注：对蠕变明显地层中的永久性锚杆锚固体，最小抗拔安全系数取 2.5。

2 设计锚杆杆体截面时，杆体抗拉安全系数应按表 3.8.1-2 确定：

表 3.8.1-2 锚杆杆体的抗拉安全系数

杆体材料	最小安全系数	
	临时锚杆	永久锚杆
钢绞线、精轧螺纹钢筋	1.6	1.8
HRB400、HRB335 钢筋	1.4	1.6

3.8.2 钢锚杆杆体的截面面积应按式确定:

$$A_s \geq \frac{K_t T}{f_{yk}} \quad (3.8.2-1)$$

或

$$A_s \geq \frac{K_t T}{f_{ptk}} \quad (3.8.2-2)$$

$K_t$ ——锚杆杆体的抗拉安全系数,按第 3.8.1—2 条选取;

$T$ ——锚杆的抗拔力设计值 (kN);

$f_{yk}$ 、 $f_{ptk}$ ——钢筋、钢绞线的抗拉强度标准值 (kPa)。

3.8.3 扩大头长度应满足注浆体与杆体间的粘结强度要求:

$$L_D > \frac{KT}{n \pi d x f_{ms} y} \quad (3.8.3)$$

式中  $K$ ——锚杆锚固体的抗拔安全系数,按表 3.8.1-1 选取;

$T$ ——锚杆抗拔力设计值 (kN);

$L_D$ ——锚杆扩大头的长度 (m);

$f_{ms}$ ——扩大头注浆体与杆体间的粘结强度标准 (kPa),通过试验确定;当无试验资料时,可按表 3.8.3 取值;

$d$ ——杆体钢筋或钢绞线的直径 (mm);

$\xi$  ——采用 2 根或 2 根以上钢筋或钢绞线时,粘结强度降低系数,竖向锚杆取 0.6~0.85;水平向锚杆取 1.0;

$y$ ——扩大头的长度对粘结强度的影响系数,按第 3.8.4 条取值;

$n$ ——钢筋或钢绞线的根数.



表 3. 8. 3 钢筋、钢绞线与水泥砂浆或水泥浆  
结石体的粘结强度标准值（推荐）

粘结材料	粘结强度标准值（mPa）
水泥砂浆或水泥结石体与螺纹钢筋	2.0~3.0
水泥砂浆或水泥结石体与钢绞线	3.0~4.0

注：本表适用于水泥砂浆或水泥结石体(强度等级 M25~M40),M25 取表中下限值，M40 取表中上限值。

3.8.4 扩大头长度对粘结强度的影响系数  $\psi$ ，应由试验确定；无试验资料时，可按表 3.8.4 取值。

表 3. 8. 4 扩大头长度对粘结强度的影响系数  $\psi$  建议值

锚固地层	土 层			软岩或极软岩		
扩大头长度 (m)	10	10~6	6~3	6	6~4	4~2
$\psi$	1.0	1.0~1.3	1.3~1.6	1.0	1.0~1.3	1.3~1.6

3.8.5 扩大头直径与土质、设备能力和施工工法有关，应通过现场试验确定；无试验资料时，可按表 3.8.5 选用，或者根据类似地质条件的施工经验选用，但实际施工时应经过现场试验或试验性施工验证。

表 3. 8. 5 高压喷射扩大头锚杆扩大头直径经验值

土质	直径(m)工法	Bcg / Acg	BWcg / AWcg	BWWcg / AWWcg / BWWcs / AWWcs
粘性土	0<N<5	0.5~0.8	0.8~1.2	0.9~1.3
	6<N<10	0.4~0.7	0.7~1.1	0.8~1.2
	10<N<20		0.5~0.9	0.55~1.0

续表 3. 8. 5

土质	直径 (m) 工法	Bcg / Acg	BWcg / AWcg	BWWcg / AWWcg / BWWcs / AWWcs
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
砂砾	N<30	0.3~0.9	0.6~1.0	0.7~1.2

注：N 为标准贯入打击数

3. 8. 6 扩大头锚杆的抗拔力值与土质、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确定；无试验资料时，可按当地类似条件的施工经验类比确定，或按式 3. 8. 6-1 计算，但实际施工时必须经过现场基本试验验证确定。

$$T=T_{uk}/K \quad (3. 8. 6-1)$$

$$T_{uk}=\pi D_1 L_d f_{mg1}+\pi D_2 L_D f_{mg2}+\frac{\pi}{4}(D_2^2-D_1^2)P_D \quad (3. 8. 6-2)$$

式中  $T_{uk}$ ——锚杆极限抗拔力标准值 (KN)；

$D_1$ ——锚杆钻孔直径 (mm)；

$L_d$ ——非扩大头锚固段的长度 (m)；

$f_{mg1}$ ——非扩大头锚固段注浆体与地层间的粘接强度标准值 (kPa)，通过试验确定；无试验资料时，可按表 3. 8. 6 取值；

$D_2$ ——扩大头直径 (mm)；

$L_D$ ——扩大头长度 (m)；

$f_{mg2}$ ——扩大头注浆体与地层间的粘结强度标准值 (kPa)，通

过试验确定；无试验资料时，可按表 3.8.6 取值；

$P_D$ ——土体作用于扩大头端面上的抗力强度值 (kPa)，对非预应力锚杆按式 (3.8.6-3) 计算；对预应力锚杆可按式 (3.8.6-4) 计算。

$$P_D = \gamma h (K_o \cos \alpha + \sin \alpha) \quad (3.8.6-3)$$

$$P_D = \frac{(1-\xi) K_o K_P \gamma h + 2C\sqrt{K_P}}{1-\xi K_P} \quad (3.8.6-4)$$

式中  $\gamma$  ——扩大头上履土体的容重 (KN/m<sup>3</sup>)；

$h$  ——扩大头上履土体的厚度 (m)；

$K_o$  ——扩大头前端土体的静止土压力系数，可由试验确定；无试验资料时可按式 (3.8.6-5) 计算：

$$K_o = 1 - \sin j' \quad (3.8.6-5)$$

$j'$  ——扩大头端前土体的有效内摩擦角标准值；

$\alpha$  ——锚杆与水平面的下倾角；

$K_P$  ——扩大头端前土体的被动土压力系数：

$$K_P = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{j}{2} \right) ;$$

$j$  ——土体的内摩擦角标准值；

$C$  ——土体的粘聚力标准值；

$\xi$  ——扩大头向前位移时反映挤胀效应的侧压力系数，可按经验公式 (3.8.6-7) 计算：

$$\xi = (0.5 \sim 0.9) K_a \quad (3.8.6-7)$$

$\xi$  与扩大头端前土体的坚实程度有关，对强度较好的土可取 0.9，对软

土应取 0.5； $K_a$  为扩大头前端土体的主动土压力系数：

$$K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{j}{2} \right) \cdot$$

表 3.8.6 土层与水泥砂浆或水泥结石体的粘结强度标准值

土层种类	土的状态	粘结强度标准值 (kPa)
粘性土	软塑	30~50
	可塑	50~65
	硬塑	65~80
	坚硬	80~100
粉土	中密	70~125
砂性土	松散	75~150
	稍密	125~200
	中密	150~250
	密实	250~300
碎石土	稍密	150~250
	中密	250~300
	密实	300~350

3.8.7 锚杆的长度和扩大头的埋深应满足锚固体整体稳定的要求。

1 抗浮锚杆按式 (3.8.7) 计算

$$K_F = \frac{W' + W}{F}, \quad (3.8.7)$$

式中  $K_F$ ——抗浮稳定安全系数，

$$K \geq 1.2;$$

$W'$ ——锚固范围内土体的有效重量 (kN);

$W$ ——抵抗浮力的建筑物的总重量 (kN);

$F$ ——作用于地下室的最大浮力 (kN)。

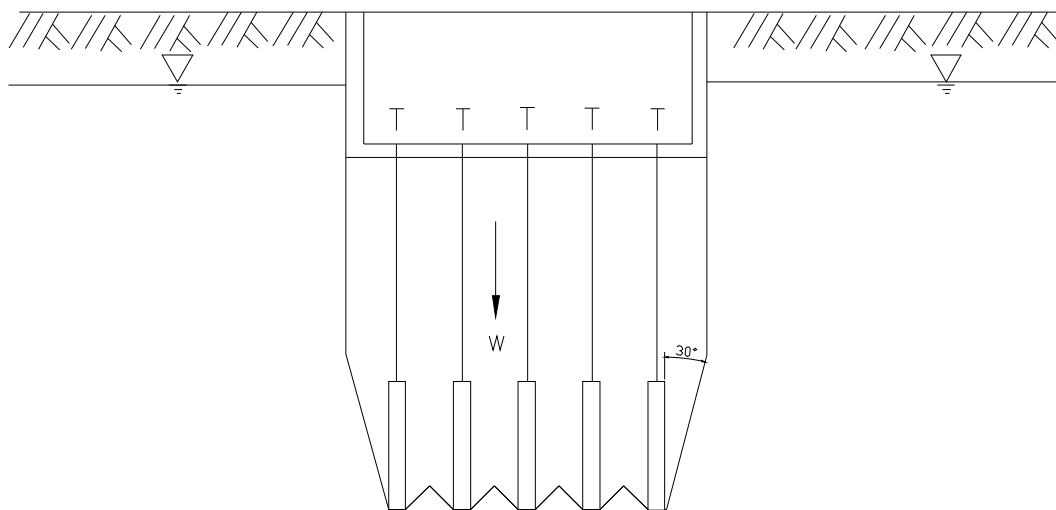


图 3.8.7 抗浮锚杆锚固体整体稳定计算

2 支护锚杆锚固体的整体稳定性可采用 Kranz 法验算, 稳定安全系数  $K \geq 1.2 \sim 1.5$ 。

### 3.9 注浆体

3.9.1 高压喷射扩大头锚杆锚固段注浆体的抗压强度不应小于 20MPa。

### 3.10 传力结构

3.10.1 传递锚杆拉力的梁、板、台座的截面尺寸和配筋, 应根据锚杆拉力设计值、地层承载力和锚杆工作条件经计算确定。

3.10.2 传力结构应具有足够的强度和刚度。传力结构的混凝土强度等级不应低于 C25。

### 3. 11 初始预应力

3. 11. 1 用于建筑物抗浮的预应力锚杆，初始预应力（锁定拉力）应根据建筑物工作条件下预期的有效预应力考虑地下水位变幅、地基基础承载能力和锚头承载结构确定。

3. 11. 2 用于基坑和边坡支护的预应力锚杆，应根据地层条件和支护结构变形要求确定，宜取抗拔力设计值的 0.5~0.8 倍。

3. 11. 3 位移控制锚杆的初始预应力，可根据锁定后基坑开挖过程中锚杆荷载的增加值和基坑位移限制要求按杆体弹性变形计算确定。在支护结构工作过程中，根据位移和锚杆拉力的监测结果，必要时可进行补张拉锁定。

## 4 施 工

### 4.1 一般规定

4.1.1 锚杆工程施工前，应根据锚固工程的设计条件、现场地层条件和环境条件编制施工组织设计。

4.1.2 施工前，应检查原材料和施工设备的主要技术性能是否符合设计要求。

4.1.3 施工前应根据设计要求和地质条件进行现场试验，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。

4.1.4 扩大头直径的试验检验可采用下列方法：

1 在相同地质单元和土层中进行扩孔实验，通过现场量测和现场开挖量测；

2 在锚杆设计位置进行试验性施工，通过灌浆量计算验证扩大头直径。

4.1.5 在试验锚杆达到 28 天龄期后，应进行基本试验检验抗拔力。当扩大头直径的检验结果与设计抗拔力检测结果不符时，应以抗拔力检测结果为准，并调整有关设计参数。

### 4.2 高压喷射扩大头锚杆工法步骤

4.2.1 根据地质条件、设计扩大头直径以及注浆材料不同，可采用 A/BCG、A/BWCG、A/BWWCG 和 A/BWWCS 工法。

4.2.2 BCG 工法步骤：

- 1 锚杆钻机就位：对准孔位、调准好角度，机脚座落稳定；
- 2 钻孔：套管护壁钻孔至设计深度并预留扩大头位置；
- 3 放入喷管：将喷管从套管中贯入直至喷嘴到达扩大头位置；
- 4 高压水泥浆喷射扩孔：配置好水泥浆液（水灰比 1~1.5），开动高压泵至设计压力，开动扩大头锚杆钻机旋转并上下移动喷管进行高压喷射扩孔；
- 5 安放锚杆杆体：扩孔完毕后立即取出喷管，从套管中放入锚杆杆体至设计深度。注浆管宜随杆体同时放入；
- 6 拔出套管：杆体安放到位后立即拔出套管；
- 7 注浆：从注浆管向锚孔孔底注入水泥浆（水灰比 0.4~0.45），直至孔口返浆为止。

#### 4.2.3 BWCG 工法步骤：

- 1 锚杆钻机就位：对准孔位、调准好角度，机脚座落稳定；
- 2 钻孔：套管护壁钻孔至设计深度并预留扩大头位置；
- 3 放入喷管：将喷管从套管中贯入直至喷嘴到达扩大头位置；
- 4 高压水喷射扩孔：将高压泵接至清水池，开启高压泵至设计压力，开动扩大头锚杆钻机旋转并上下移动喷管进行高压喷射扩孔；
- 5 高压喷射注浆：将高压泵接至水泥浆池（水灰比 1.0~1.5），开动扩大头锚杆钻机旋转并上下移动喷管进行高压喷射注浆；
- 6 安放锚杆杆体：高压喷射注浆完毕后，立即取出喷管，从套管中放入锚杆杆体至设计深度。注浆管宜随杆体一同放入；
- 7 拔出套管：杆体安放到位后立即拔出套管；
- 8 注浆：从注浆管向锚孔孔底注入水泥浆（水灰比 0.4~0.45），



直至孔口返浆为止。

#### 4.2.4 BWWCG 工法步骤:

- 1 锚杆钻机就位: 对准孔位、调准好角度, 机脚座落稳定;
- 2 钻孔: 套管护壁钻孔至设计深度并预留扩大头位置;
- 3 放入喷管: 将喷管从套管中贯入直至喷嘴到达扩大头位置;
- 4 高压水喷射扩孔: 将高压泵接至清水池, 开启高压泵至设计压力, 开动扩大头锚杆钻机旋转并上下移动喷管进行高压喷射扩孔;
- 5 复喷扩孔: 当喷嘴移动到扩大头上端或下端位置后, 再反向移动重复进行高压喷射扩孔;
- 6 高压喷射注浆: 将高压泵接至水泥浆池(水灰比 1.0~1.5), 开动扩大头锚杆钻机旋转并上下移动喷管进行高压喷射注浆;
- 7 安放锚杆杆体: 高压喷射注浆完毕后, 立即取出喷管, 从套管中放入锚杆杆体至设计深度。注浆管宜随杆体一同放入;
- 8 拔出套管: 杆体安放到位后立即拔出套管;
- 9 注浆: 从注浆管向锚孔孔底注入水泥浆(水灰比 0.4~0.45), 直至孔口返浆为止。

#### 4.2.5 BWWCS 工法步骤:

- 1 锚杆钻机就位: 对准孔位、调准好角度, 机脚座落稳定;
- 2 钻孔: 套管护壁钻孔至设计深度并预留扩大头位置;
- 3 放入喷管: 将喷管从套管中贯入直至喷嘴到达扩大头位置;
- 4 高压水喷射扩孔: 将高压泵接至清水池, 开启高压泵至设计压力, 开动扩大头锚杆钻机旋转并上下移动喷管进行高压喷射扩孔;
- 5 复喷扩孔: 当喷嘴移动到扩大头上端或下端位置后, 再反向移

动重复进行高压喷射扩孔；

6 高压喷射注浆：将高压泵接至水泥浆池(水灰比 1.0~1.5)，开动扩大头锚杆钻机旋转并上下移动喷管进行高压喷射注浆；

7 安放锚杆杆体：高压喷射注浆完毕后，立即取出喷管，从套管中放入锚杆杆体至设计深度。注浆管宜随杆体一同放入；

8 拔出套管：杆体安放到位后立即拔出套管；

9 注浆：配置灰砂比 1：0.5~1：1 的水泥砂浆，通过注浆管向锚孔孔底注入水泥砂浆，直至孔口返浆为止。

4.2.6 当地层稳定不会发生塌孔，且锚杆杆体安放方便时，在上述工法步骤中，可采用钻杆钻孔替换套管护壁钻孔，即为 ACG、AWCG、AWWCG 和 AWWCS 工法。

### 4.3 杆体制作和存储

4.3.1 杆体的制作和存储应符合下列一般规定：

- 1 杆体的制作、存储宜在工厂或施工现场的专业作业棚内进行；
- 2 在锚固段长度范围，杆体上不得有可能影响与注浆体有效粘结和影响锚杆使用寿命的有害物质，并确保满足设计要求的注浆体保护层厚度。在自由段杆体上应设置有效的隔离层；
- 3 钢筋、钢绞线或钢丝应采用切割机切断；
- 4 杆体制作时应按设计要求进行防腐处理；
- 5 加工完成的杆体在存储、搬运、安放时，应避免机械损伤、介质浸蚀和污染。

4.3.2 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、除油和除锈；
- 2 当 HRB 钢筋接长采用焊接时，双面焊接的焊缝长度不应小于  $5d$ 。精轧螺纹钢、中空钢筋接长应采用专用连接器；
- 3 沿杆体轴线方向每隔  $1.0\sim 1.5\text{m}$  设置一个对中支架，注浆管应与杆体绑扎牢固，绑扎材料不宜采用镀锌材料。

#### 4.3.3 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油污、锈斑，严格按设计尺寸下料，每根钢绞线的下料长度应不小于设计长度。
- 2 钢绞线或高强钢丝应平直排列，沿杆体轴线方向每隔  $1.0\sim 1.5\text{m}$  设置一个隔离架，注浆管应与杆体绑扎牢固，绑扎材料不宜采用镀锌材料。

#### 4.3.4 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 采用网筋注浆体复合承载体时，网筋设置长度应不小于  $0.5\text{m}$  并应包围杆体回转段四周。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，并用钢带与承载本捆绑牢固。采用钢板承载体时，挤压锚固件应与钢板连接可靠；
- 3 安装承载体时，不得损坏钢绞线的防腐油脂和外包塑料 (PVC) 软管。

#### 4.3.5 锚杆杆体的存储应符合下列规定：

- 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，在使用前必须进行严格检查。

## 4.4 钻 孔

4.4.1 锚杆钻孔应符合下列规定：

1 锚杆钻孔不得扰动周围地层；

2 钻孔前，根据设计要求和地层条件，定出孔位、做出标记；

3 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；

4 钻孔轴线的偏斜率不应大于锚杆长度的 2%；

5 锚杆钻孔的深度不应小于设计长度，也不宜大于设计长度 500mm。

4.4.2 在不稳定地层中，或地层受扰动导致水土流失而危及邻近建筑物或设施的安全时，适用 BCG、BWCG、BWWCG 或 BWWCS 工法，应采用套管护壁钻孔。在不会出现塌孔和涌砂流土的稳定地层中，对于垂直向锚杆，适用 ACG、AWCG、AWWCG 或 AWWCS 工艺，可采用钻杆钻孔。

4.4.3 回转型锚杆宜采用套管护壁钻孔。

## 4.5 扩 孔

4.5.1 高压喷射扩孔的施工参数应根据土质条件、设计扩大头直径通

过试验或根据工程经验确定，并在施工中严格加以控制。

4.5.2 扩孔的高压喷射压力应大于 20Mpa，可取 20~40mPa；喷嘴移动速度可取 10~25mm/min。

4.5.3 用于扩孔的水应符合本规程 3.2.4 条的要求。

4.5.4 高压喷射注浆的水泥，宜采用强度等级为 42.5 的普通硅酸盐水泥。

4.5.5 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，常用 1.0。

4.5.6 连接高压注浆泵和钻机的输送高压喷射液体的高压管长度不宜大于 50m。

4.5.7 当喷射注浆管贯入锚孔中，喷嘴达到设计扩大头位置时，即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。

4.5.8 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。

4.5.9 施工中应严格按照施工参数施工，如实做好各项记录。

## 4.6 杆体安放

4.6.1 扩孔完成后，应立即取出喷管并迅速将锚杆杆体放入锚孔到设计深度。采用套管护壁钻孔的，应在杆体放入钻孔到设计深度后再将套管拔出。

4.6.2 锚杆杆体的安放应符合下列规定：

1 在杆体放入锚孔前，应检查杆体的长度尺寸和加工质量，确保满足设计要求；

2 安放杆体时，应防止扭压和弯曲。注浆管宜随杆体一同放入锚孔，注浆管到孔底的距离应不大于 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应不小于锚杆设计长度。

## 4. 7 注 浆

4. 7. 1 锚杆注浆应符合下列规定：

1 向下倾斜的锚杆注浆，注浆管的出浆口应插入距孔底 300mm 以下，浆液自下而上连续灌注，且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，注浆管应设在离密封装置不远处；

3 注浆设备应有足够的浆液生产能力和所需的额定压力，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。

4. 7. 2 注浆材料应根据设计要求确定，不得对杆体产生不良影响。宜选用灰砂比 1： 0.5~1： 1 的水泥砂浆或水灰比 0.4~0.5 的纯水泥浆。

4. 7. 3 注浆浆液应搅拌均匀，随搅随用，并在初凝前用完。严防石块、杂物混入浆液。

4. 7. 4 当孔口溢出浆液或排气管停止排气时，可停止注浆。

4. 7. 5 永久性锚杆张拉后，应对锚头和锚杆自由段间的空隙进行补

浆。

4.7.6 浆体强度检验用的试块每 30 根锚杆不应少于一组，每组不应少于 6 个试块。

## 4.8 张拉和锁定

4.8.1 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完整，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 锚杆张拉时，注浆体和混凝土台座的抗压强度值应不小于 20MPa；
- 4 锚杆张拉应有序进行，张拉顺序应考虑邻近锚杆的相互影响；
- 5 锚杆正式张拉前，应取 0.1~0.2 抗拔力设计值  $T$  对锚杆预张拉 1~2 次，使杆体完全平直，各部位接触紧密；
- 6 锚杆应采用符合标准和设计要求的锚具。

4.8.2 锚杆张拉至 1.05~1.10 $T$  时，对砂性土层保持 10min，对粘性土层保持 15min，卸荷后按锁定荷载设计值进行锁定。锚杆张拉荷载的分级和位移观测时间应遵守表 4.8.2 的规定。

表 4.8.2 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	粘性土层	
0.10~0.20 $T$	2	2	不大于 100
0.50 $T$	5	5	
0.75 $T$	5	5	
1.00 $T$	5	10	不大于 50
1.05~1.10 $T$	10	15	

注： $T$ ——锚杆抗拔力设计值

4.8.3 位移控制锚杆的最大张拉荷载应为 1.5T, 张拉荷载的分级和位移观测时间应遵守表 4.8.3 的规定。

表 4. 8. 3 位移控制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	粘性土层	
0.10~0.20T	2	2	不大于 100
0.50T	5	5	
0.75T	5	5	
1.00T	5	10	不大于 50
1.25T	10	10	
1.50T	15	15	

注: T——锚杆抗拔力设计值。



## 5 试 验

### 5.1 一般规定

- 5.1.1 锚杆的最大试验荷载不宜超过锚杆杆体极限承载力的 0.8 倍。
- 5.1.2 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。
- 5.1.3 试验用加荷装置（千斤顶、油泵）的额定压力必须大于试验压力。

### 5.2 基本试验

- 5.2.1 高压喷射扩大头锚杆是一种新型锚杆，用于未应用过的地区和地层时，必须进行极限抗拔试验。
- 5.2.2 锚杆极限抗拔试验采用的地层条件、杆体材料、锚杆参数和施工工艺必须与工程锚杆相同，且试验数量不应少于 3 根。为得出锚固体的极限抗拔力，必要时可加大杆体的截面面积。
- 5.2.3 锚杆极限抗拔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 5.2.3 的规定。

表 5.2.3 锚杆极限抗拔试验的加荷等级和观测时间

加 荷 增 量 $A_s \cdot f_{ptk}$ (%)	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	30	50	60	50	30	10
	第五循环	10	30	60	70	60	30	10
	第六循环	10	30	60	80	60	30	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 在每级加荷等级观测时间内，测读位移不应少于 3 次；

3 在每级加荷等级观测时间内，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。

5.2.4 锚杆极限抗拔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。

5.2.5 锚杆极限抗拔试验结果宜按荷载与对应的锚头位移列表整理，并绘制锚杆荷载-位移（P-S）曲线、锚杆荷载-弹性位移（P-S<sub>e</sub>）曲线和锚杆荷载-塑性位移（P-S<sub>p</sub>）曲线。

5.2.6 锚杆极限承载力应取破坏荷载的前一级荷载。在最大试验荷载下未达到第 5.2.4 条规定的破坏标准时，锚杆的极限承载力应取最大试验荷载。

5.2.7 当每组试验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。当最大差值大于 30% 时，应增加试验锚杆数量，且按 95% 保证概率计算锚杆的极限承载力。

### 5.3 蠕变试验

5.3.1 对塑性指数大于 17 的土层锚杆，应进行蠕变试验。用作蠕变试验的锚杆不得少于 3 根。

5.3.2 锚杆蠕变试验的加荷等级和观测时间应满足表 5.3.2 的规定。在观测时间内荷载必须保持恒定。

表 5. 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
0.25T	—	10
0.50T	10	30
0.75T	30	60
1.00T	60	120
1.25T	90	240
1.50T	120	360

5. 3. 3 在每级荷载下按时间间隔 1、2、3、4、5、10、15、20、30、45、60、75、90、120、150、180、210、240、270、300、330、360min 记录蠕变数量。

5. 3. 4 试验结果可按荷载-时间-蠕变量整理, 并绘制蠕变量-时间对数 (s-lgt) 曲线。蠕变率可由下式计算:

$$K_e = \frac{s_2 - s_1}{\lg t_2 - \lg t_1} \quad (5. 3. 4)$$

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。

5. 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。

## 5. 4 验收试验

5. 4. 1 验收试验的锚杆数量不得少于锚杆总数的 5%, 且不得少于 3

根。对有特殊要求的工程，可按设计要求增加验收锚杆的数量。

5.4.2 永久性锚杆的最大试验荷载应取锚杆抗拔力设计值的 1.5 倍；临时性锚杆的最大试验荷载应取锚杆抗拔力设计值的 1.2 倍。

5.4.3 验收试验应分级加荷，初始荷载宜取锚杆抗拔力设计值的 0.10 倍，分级加荷值宜取锚杆抗拔力设计值的 0.50、0.75、1.00、1.20、1.33 和 1.50 倍。

5.4.4 验收试验中，每级荷载均应稳定 5~10min，并记录位移增量。最后一级试验荷载应维持 10min。如在 1~10min 内锚头位移增量超过 1.0mm，则该级荷载应再维持 50min，并在 15、20、25、30、45 和 60min 时记录锚杆位移增量。

5.4.5 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。绘制荷载-位移 (P-S) 曲线。

5.4.6 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，应超过该荷载下杆体自由段长度理论弹性伸长值的 80%，且小于杆体自由段长度与 1/2 锚固段长度之和的理论弹性伸长值；

- 2 在最后一级荷载作用下锚头位移收敛稳定。

## 6 工程质量检验及验收

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 锚杆工程竣工后，应按设计要求和质量合格条件验收。
- 6.1.2 锚杆工程应进行质量检验和验收试验。
- 6.1.3 对检验不合格的锚杆应进行处理。

### 6.2 质量检验

- 6.2.1 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和代用材料试验报告；
  - 3 锚杆浆体强度等级检验报告。
- 6.2.2 锚杆的抗拔力检验应按本规程第 5.4 节验收试验的规定进行。
- 6.2.3 锚杆的质量检验应符合表 6.2.3 的规定。

表 6.2.3 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	锚杆拉力设计值	设计要求	现场抗拔试验
一般项目	1	锚杆位置 (mm)	±100	用钢尺量
	2	钻孔倾斜度	±1	测斜仪等
	3	浆体强度 (°)	设计要求	试样送检
	4	注浆量	大于理论计算浆量	检查计量数据
	5	杆体插入长度	不小于设计长度	用钢尺量

### 6. 3 不合格锚杆处理

6.3.1 锚杆验收试验不合格时，应增加锚杆试件数量。增加的锚杆试件应为不合格锚杆的 3 倍。

6.3.2 对不合格的锚杆，在具有二次高压注浆的条件下应进行注浆处理，然后再按验收标准进行试验。否则，应按实际达到的试验荷载最大值的 50%进行锁定。

6.3.3 按不合格锚杆占锚杆总量的百分率推算工程锚杆实际总抗拔力与设计总抗拔力的差值，并按差值增补锚杆予以补偿。

### 6. 4 验 收

6.4.1 锚杆工程验收应提交下列文件：

- 1 原材料出厂合格证，材料现场抽检试验报告，代用材料试验报告，水泥浆（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。

## 7 监测和维护管理

### 7. 1 一般规定

7.1.1 应在设计阶段制定监测计划，由业主委托有资质的检测单位编制监测方案，并在施工阶段及完工后的运行阶段对锚杆和锚固结构定期进行检查和监测。

7.1.2 岩土锚杆工程竣工后，应严格按照设计条件和运行要求对锚固结构进行管理和维护，锚杆的锚头、防腐保护系统和检测系统应严加保护。

7.1.3 应事先制定应急处理方案，根据检测结果即时对锚固结构采取修补和治理措施。

7.1.4 在检查测定锚杆的承载力和腐蚀状况时被临时拆除的锚头混凝土和注浆体，应及时修复。

### 7. 2 监测项目

7.2.1 永久性预应力锚杆锚固工程应进行下列项目的监测：

- 1 锚杆拉力；
- 2 锚固结构的变形；
- 3 锚杆腐蚀状况。

7.2.2 根据工程需要，必要时可对锚杆承载力、锚杆应力和变形、锚固地层变形、地质环境变化等项目进行检验或监测。

### 7. 3 预应力锚杆拉力长期监测

7. 3. 1 永久性预应力锚杆和破坏后果严重的临时性预应力锚杆应进行锚杆拉力长期监测。

7. 3. 2 预应力锚杆的监测数量，对永久性锚杆应为工程锚杆总量的 5%~10%，临时性锚杆应为工程锚杆总量的 3%，且均不得少于 3 根。

7. 3. 3 锚杆拉力的监测，在安装测力计后的最初 10d 内宜每天测定一次，每 11~30d 宜每 3d 测定一次，以后每月测定一次。但当遇有降雨、相邻锚杆张拉、爆破震动以及拉力测定结果发生突变情况时，应加密监测频率。锚杆拉力监测时间不宜少于 12 个月。

7. 3. 4 锚杆拉力的监测宜采用钢弦式、电阻应变式或液压式测力计，监测仪器应具有良好的稳定性和长期工作性能。使用前应进行标定，合格后方可使用。

7. 3. 5 对可重复张拉锚杆，还可采用在张拉方法进行锚杆拉力和承载力测定。

### 7. 4 锚杆腐蚀检查分析

7. 4. 1 对腐蚀环境中的永久性锚杆，在其使用期内应进行锚杆腐蚀情况的检查分析。

7. 4. 2 检查分析腐蚀状况的锚杆数量，可根据锚固工程的工作环境和工作状态（被锚固地层和结构物的变形等）确定。

7. 4. 3 应重点对锚头和邻近锚头自由段的锚杆腐蚀状况进行检查。可拆除锚头保护钢罩、混凝土保护层以及距锚头 1.0m 范围的自由段进行外观检查，或取样进行物理化学分析。



## 7. 5 监测信息反馈和处理

- 7. 5. 1 对锚杆的检测 results 应及时反馈给设计、施工单位或工程管理部门。
- 7. 5. 2 当所监测锚杆初始预应力值的变化大于锚杆轴向拉力设计值的 10% 时，应采取重复张拉或适当卸荷的措施。
- 7. 5. 3 锚头或被锚固结构的变形明显增大并接近容许变形值时，应增补锚杆或采用其他措施予以加强。
- 7. 5. 4 当锚杆防腐保护体系存在缺陷或失效时，应采取修补措施，并根据锚杆腐蚀情况进行补强处理。

## 附录 A 支护锚杆锚固体整体稳定性验算（kranz 法）

### 1、单排锚杆支撑时稳定性验算（Kranz 法）

采用 Kranz 法如图 A-1 所示，由锚固体中心  $c$  向挡土结构下端假设支点  $b$  连成一条直线，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

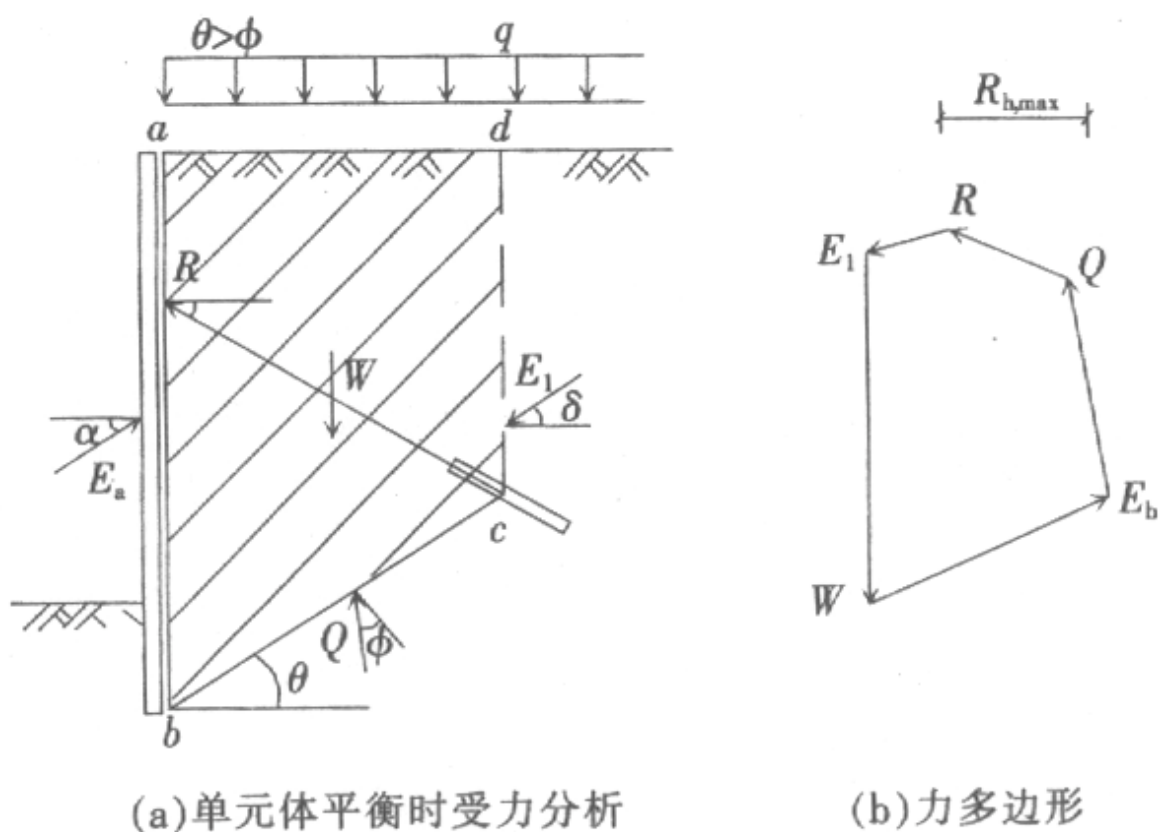


图 A-1 锚杆沿深层滑动面稳定性验算

大拉力  $R_{\max}$ ，其水平分力与设计水平力之比为安全系数。一般应确保该安全系数为 1.2~1.5。

锚杆最大拉力的水平分为  $R_{h,\max}$ ，也可根据图 7 所示的力平衡关系按下式求得（砂地层时， $c=0$ ）：

$$E_{rh}=[W-(E_{ah}-E_{lh})\operatorname{tg} \delta]\operatorname{tg}(\phi-\theta) \quad (2)$$

$$R_{h,\max}=\frac{E_{ah}-E_{lh}+E_{rh}}{1+\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg}(\phi-\theta)} \quad (3)$$

式中  $W$ ——深层滑动线上的土重；

$E_a$ ——挡土结构上端至挡土结构假设支点间所受的主动土压力。

$E_l$ ——假设的锚固壁面上所受的主动土压力；

$j$ ——土的内摩擦角；

$\theta$ ——深层滑动线的倾角；

$\delta$ ——墙与土间的内摩擦角；

$\alpha$ ——锚杆倾角。

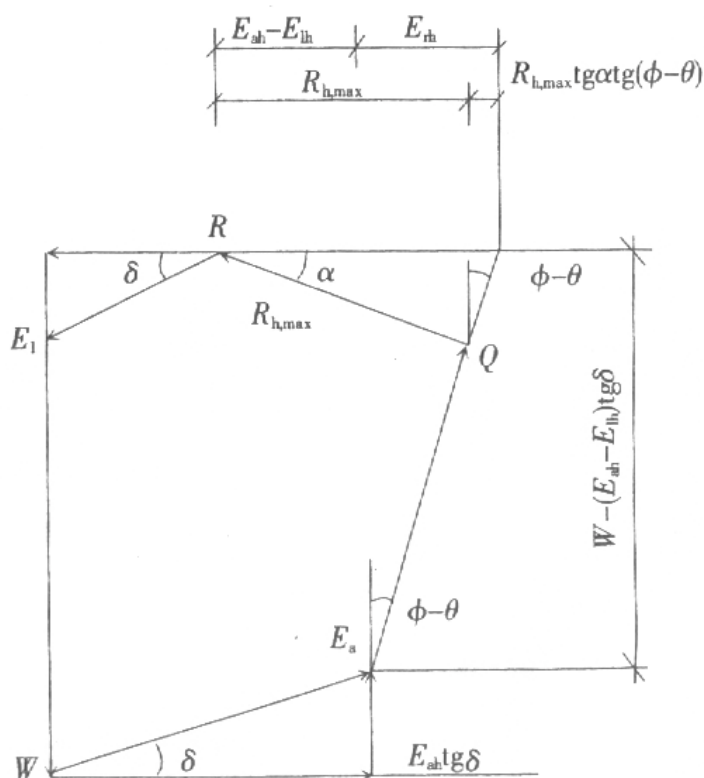


图 A-2 力多边形几何关系

## 2 多排锚杆支撑时稳定性验算 (Kranz) 法。

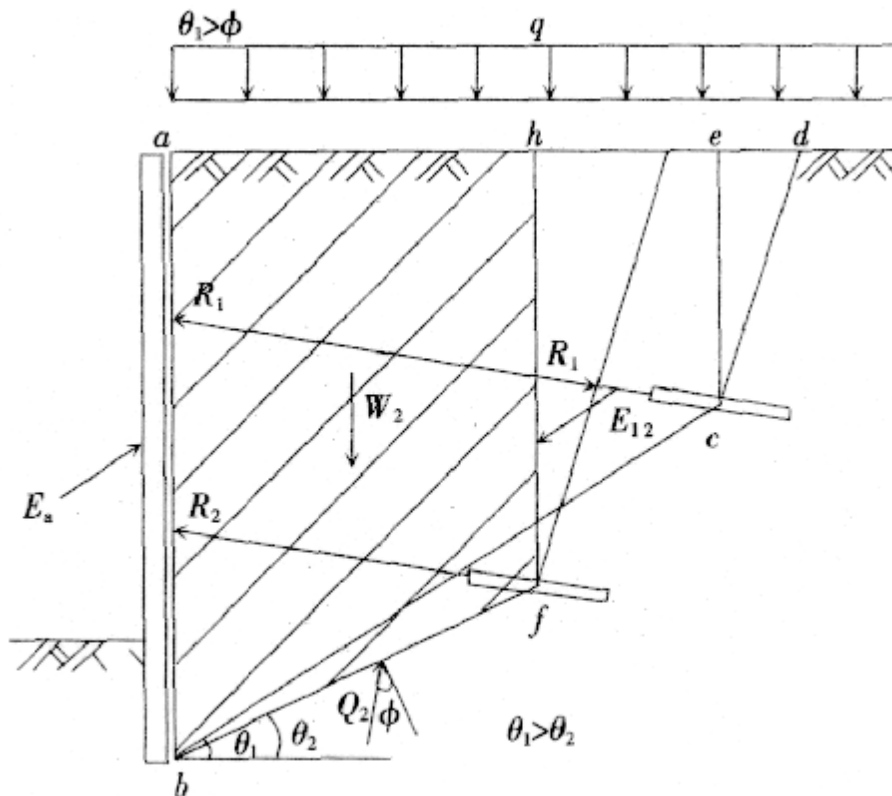
如图 A-3 所示, 上排锚杆锚固体在下排锚杆锚固体滑动楔体的外侧, 滑动面  $bc$  的倾角比下排锚杆滑动面  $bf$  的倾角大 ( $\theta_1 > \theta_2$ )。此时安全系数可由下式求得:

$$F_{bc} = \frac{R_{h(be), \max}}{P_{0(1h)} + P_{0(2h)}} \quad (4)$$

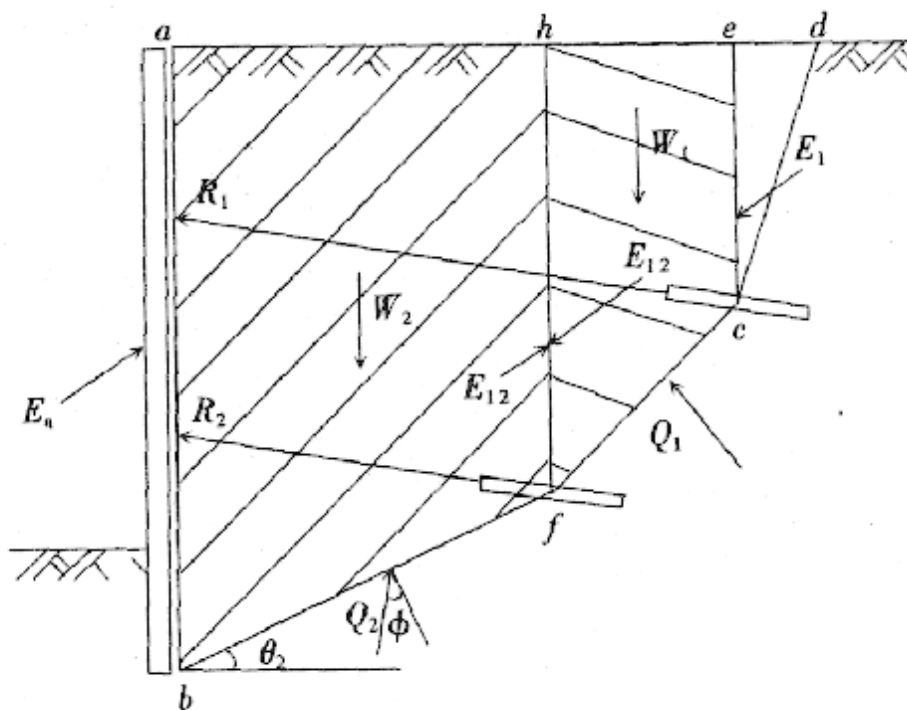
$$F_{bf} = \frac{R_{h(be), \max}}{P_{0(2h)}} \quad (5)$$

$$F_{bfc} = \frac{R_{h(be), \max}}{P_{0(1h)} + P_{0(2h)}} \quad (6)$$

$$F_{bf} = \frac{R_{h(be), \max}}{P_{0(1h)} + P_{0(2h)}} \quad (7)$$



(a) 力系平衡



(b) 力系平衡

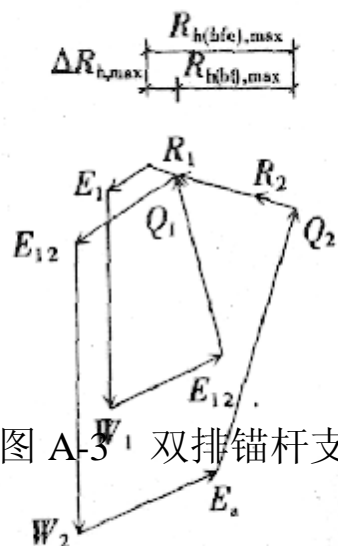


图 A-3 双排锚杆支承

(c) 力多边形几何关系

公式 (4) 和 (5) 如能满足, 则可确认公式 (7) 更为安全。

## 附录 B 锚杆杆体材料力学性能

### B.0.1 钢绞线抗拉强度标准值（表 B.0.1）

表 B.0.1 钢绞线抗拉强度标准值（MPa）

种 类		抗拉强度标准值（Mpa） $f_{ptk}$
股数	直径(mm)	
二股	d=10.0	1720
	d=12.0	
三股	d=10.8	1720
	d=12.9	
七股	d=9.5	1860
	d=11.1	1860
	d=12.7	1860
	d=15.24	1860
		1820
		1720

### B.0.2 无粘结构绞线主要技术参数（表 B.0.2）。

表 B.0.2 无粘结构绞线主要技术参数

建筑油脂线密度 (kg/10m)			>0.50	钢材与 PE 层间 摩擦系数		0.12	
PE 层厚度 (mm)	双层	外层	0.80~1.00	成品重量 (kg/m)	直径	单层	双层
		内层	0.80~1.00		$\phi$ 15.2	1.218	1.27
	单 层		0.80~1.00		$\phi$ 12.7	0.871	0.907

### B.0.3 精轧螺纹钢筋力学特性（表 B.0.3）

表 B.0.3 精轧螺纹钢筋力学特性

强度等级 (Mpa)	牌号	公称直径 $\alpha$ (mm)	屈服点 $\sigma_s$ (Mpa)	抗拉强度 $\sigma_b$ (Mpa)	拉伸率 $\delta_s$	冷弯
540/835	40S <sub>12</sub> MnV 45SiMnV	18	$\geq 540$	$\geq 835$	$\geq 10$	90° ,d=5a
		25				90° ,d=6a
		32				
		36			$\geq 8$	90° ,d=7a
		40				
735	K40S <sub>12</sub> MnV	18	$\geq 735$ ( $\geq 800$ )	$\geq 935$ ( $\geq 980$ )	$\geq 8$	90° ,d=5a
935		25				90° ,d=6a
(980)		32			$\geq 7$	90° ,d=7a

注：1 表中 d 表示弯心半径，

2 精轧螺纹钢筋抗拉强度设计值采用表中屈服强度。

### B.0.4 普通螺纹钢筋力学特性（表 B.0.4）。

表 B.0.4 普通螺纹钢筋力学特性

钢种		d(mm)	f <sub>yk</sub> (MPa)
热轧 钢 筋	HRB335 (40MnSi)	6~50	335
	HRB400(20mnSiV、20MnSiNb、20MnTi)	6~50	400
	Rrb400(K20MnSi)	8~40	400

## 附录 C 高压喷射扩大头锚杆施工记录表

### C.0.1 锚杆钻孔施工记录（表 C.0.1）

工程名称：                    施工单位：                    钻孔日期：

设计孔长：                    设计孔径：                    钻机型号：

锚杆 编号	地层 类别	钻孔直径 (mm)	套管外径 (mm)	钻孔时间 (min)	钻孔长度 (m)	套管长度 (m)	钻孔倾角 (°)	备注

技术负责人：                    工长：                    质检员：                    记录员：

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方法。  
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。



表 C.0.2 B/ACG 工法扩大头锚杆施工记录表

工程名称：

编号：

锚杆 编号	开钻 时间	终孔 时间	钻孔深度 (m)	钻头直径 (mm)	浆 液 扩 孔						下 锚		注 浆	
					水灰比:								水灰比:	
					压力 (Mpa)	开喷深度	开喷时间	停喷时间	停喷深度	用浆量(包)	下锚时间	锚杆部长	起止时间	注浆量

技术责任人：

工长：

质检员：

记录：

表 C.0.3 B/AWCG 工法扩大头锚杆施工记录表

工程名称：

编号：

锚杆 编号	开钻 时间	终孔 时间	钻孔深度 (m)	钻头 直径 (mm)	一次扩孔（水）					浆 液 扩 孔						下 锚		注 浆	
																		水灰比：	
					压力 (Mpa)	开喷 深度	开喷 时间	停喷 时间	停喷 深度	压力 (Mpa)	开喷 深度	开喷 时间	停喷 时间	停喷 深度	用浆量 (包)	下锚 时间	锚杆 部长	起止 时间	注浆量

技术责任人：

工长：

质检员：

记录：

表 C.0.4 B/AWWCG 工法扩大头锚杆施工记录表

工程名称：

编号：

锚杆 编号	开钻 时间	终孔 时间	钻孔深度 (m)	钻头 直径 (mm)	一次扩孔（水）					二次扩孔（水）					浆 液 扩 孔							下 锚		注 浆	
															水灰比：									水灰比：	
					压力 (Mpa)	开喷 深度	开喷 时间	停喷 时间	停喷 深度	压力 (Mpa)	开喷 深度	开喷 时间	停喷 时间	停喷 深度	压力 (Mpa)	开喷 深度	开喷 时间	停喷 时间	停喷 深度	用浆量 (包)	下锚 时间	锚杆 部长	起止 时间	注浆量	

技术责任人：

工长：

质检员：

记录：

## 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：

正面词采用“可”；

反面词采用“不可”。

2 条文中指定应按其他有关标准执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。非必须按所指定的标准执行时。写法为“可参照……执行”。