



中国工程建设标准化协会标准

土层锚杆设计与施工规范

CODE FOR DESIGN AND CONSTRUCTION
OF SOIL ANCHORS



CHINA ASSOCIATION FOR ENGINEERING
CONSTRUCTION STANDARDIZATION

中国工程建设标准化协会标准

土层锚杆设计与施工规范

CECS 22 : 90

主编单位：冶金部建筑研究总院

批准单位：中国工程建设标准化协会

批准日期：1990 年 11 月 6 日

1991 北 京

前 言

土层锚杆在我国深基坑支挡、边坡加固、滑坡整治、水池抗浮、挡墙锚固和结构抗倾覆等工程中的应用日益广泛。为了使土层锚杆的设计和施工符合技术先进、经济合理、确保质量的要求，中国工程建设标准化协会委托冶金部建筑研究总院进行本规范的编制工作。本规范是在总结我国多年来土层锚杆的实践经验基础上，经多次征求意见和修改，最后由冶金部建筑研究总院组织国内专家会议审查定稿。

现批准《土层锚杆设计与施工规范》，编号为 **CECS 22 : 90**，并推荐给各工程建设设计、施工单位使用。在使用过程中，如发现需要修改补充之处，请将意见和有关资料寄交北京西土城路 **33** 号冶金部建筑研究总院（邮政编码：**100088**）。

中国工程建设标准化协会
1990年11月6日

目 录

主要符号	(1)
第一章 总 则	(1)
第二章 土层锚杆设计	(2)
第一节 一般规定	(2)
第二节 土层锚杆的结构类型	(2)
第三节 土层锚杆的布置与结构参数设计	(4)
第三章 土层锚杆原材料	(7)
第四章 土层锚杆施工	(9)
第一节 一般规定	(9)
第二节 钻孔	(9)
第三节 杆体(预应力筋)的组装与安放	(10)
第四节 注浆	(12)
第五节 张拉与锁定	(12)
第五章 土层锚杆试验与监测	(15)
第一节 一般规定	(15)
第二节 基本试验	(15)
第三节 验收试验	(17)
第四节 蠕变试验	(18)
第五节 锚杆预应力的长期监测与控制	(19)
第六章 土层锚杆防腐	(21)
第一节 一般规定	(21)
第二节 防腐方法	(21)
第七章 工程验收	(23)
附录一 本规范有关名词解释	(24)
附录二 土层与锚固体间粘结强度推荐值	(26)

工程建设标准全文信息系统

附录三	锚定板桩深部破裂面稳定性验算方法	(27)
附录四	钢丝、钢绞线、钢筋强度标准值	(30)
附录五	预应力钢绞线锚具规格	(32)
附录六	土层锚杆常用施工设备表	(34)
附录七	土层锚杆施工记录表汇总	(36)
附录八	锚杆试验记录表与附图汇总	(38)
附加说明	(41)

主要符号

- A ——锚杆预应力筋的截面积；
 q_0 ——土体与锚固体间的粘结强度值；
 d_1 ——扩大锚固头直径；
 d_2 ——圆柱型锚固体直径；
 E_p ——预应力筋的弹性模量；
 E_a ——主动土压力；
 f_{yk} ——预应力筋的抗拉强度标准值；
 K_s ——锚杆稳定安全系数；
 K ——锚杆安全系数；
 K_c ——蠕变系数；
 L ——锚杆总长度；
 L_f ——锚杆自由段长度；
 L_a ——锚杆锚固段长度；
 β_c ——扩大锚固头承载力系数；
 Q ——锚杆试验时对锚杆施加的荷载值；
 N_t ——锚杆的设计轴向拉力值；
 R_t ——单个扩大锚固头的承载力；
 Q_{max} ——锚杆试验时的最大荷载；
 Q_0 ——锚杆试验时的初始荷载；
 R_{tmax} ——锚杆承受的最大拉力值；
 R_u ——锚杆极限承载力；
 F ——作用于土体滑动面上的反力；
 S ——锚杆总位移；
 S_p ——锚杆塑性位移；

- s_e ——锚杆弹性位移；
- τ ——土的不排水抗剪强度；
- φ ——土的内摩擦角；
- α ——锚杆倾斜角度；
- σ ——锚杆锚固体剪切面上的法向应力；
- σ_{con} ——锚杆张拉控制应力；
- δ ——板桩与土体间的摩擦角。

第一章 总 则

第 1.0.1 条 土层锚杆是一种埋入土层深处的受拉杆件，它一端与工程构筑物相连，另一端锚固在土层中，通常对其施加预应力，以承受由土压力、水压力或风荷载等所产生的拉力，用以维护构筑物的稳定。

第 1.0.2 条 本规范适用于各类土层中临时性或永久性锚杆的设计与施工。

第 1.0.3 条 土层锚杆的设计与施工，除应遵守本规范外，尚应符合国家现行有关标准的要求。

第二章 土层锚杆设计

第一节 一般规定

第 2.1.1 条 在计划使用土层锚杆时，应充分研究土层锚固工程的安全性、经济性和施工可行性。

第 2.1.2 条 设计前必须做好以下基础工作：

一、认真调查与锚固工程有关的地形、场地、周围已有建筑物、埋设物、道路交通和气象等事项。

二、通过工程地质钻探及有关土质试验，掌握锚固工程范围内的土层种类与土的抗剪强度、颗粒级配、渗透系数、水的侵蚀性等物理力学性能和化学性能。

第 2.1.3 条 使用年限在 2 年以内的锚杆，可按临时性锚杆设计；使用年限大于 2 年的锚杆，应按永久性锚杆设计。

第 2.1.4 条 永久性锚杆设计时，必须先进行基本试验。

第 2.1.5 条 永久性锚杆的锚固段不应设置在未经处理的下列土层：

- 一、有机质土。
- 二、液限 $w_L > 50\%$ 的土层。
- 三、相对密度 $D_r < 0.3$ 的土层。

第二节 土层锚杆的结构类型

第 2.2.1 条 土层锚杆一般由锚头、自由段和锚固段三部分组成，其中锚固段用水泥浆或水泥砂浆将杆体（预应力筋）与土体粘结在一起形成锚杆的锚固体。

第 2.2.2 条 根据土体类型、工程特性与使用要求，土层锚

杆锚固体结构可设计为圆柱型、端部扩大头型或连续球体型三类，
见图 2.2.2-1、图 2.2.2-2 和图 2.2.2-3。

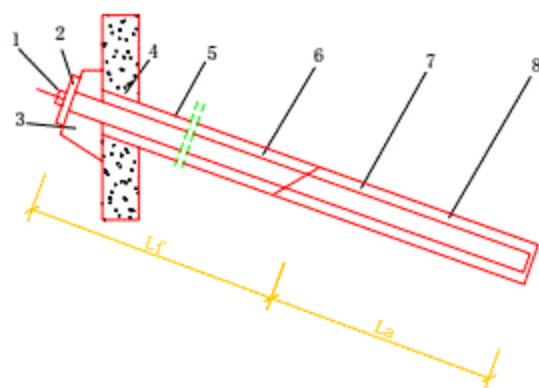


图 2.2.2-1 圆柱型锚固体锚杆

1—锚具；2—承压板；3—台座；4—支挡结构；5—钻孔；6—二次注浆防腐处理；7—预应力筋；8—圆柱型锚固体； L_f —自由段长度； L_a —锚固长度

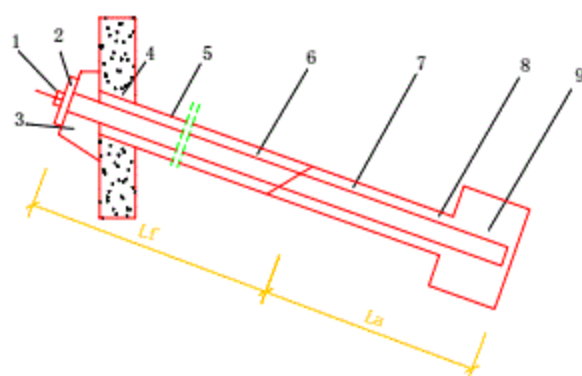


图 2.2.2-2 端部扩大头型锚杆

1—锚具；2—承压板；3—台座；4—支挡结构；5—钻孔；
6—二次注浆防腐处理；7—预应力筋；8—圆柱型锚固体；
9—端部扩大头； L_f —自由段长度； L_a —锚固段长度

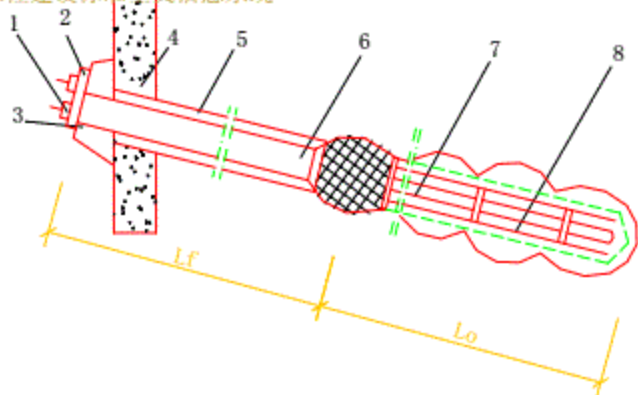


图 2.2.2-3 连续球体型锚杆

- 1—锚具，2—承压板，3—台座，4—支挡结构，5—钻孔，
6—塑料套管，7—止浆密封装置，8—预应力筋，9—注浆套管，
10—连续球体型锚固体； L_f —自由段长度； L_o —锚固段长度

第 2.2.3 条 锚固于砂质土、硬粘土层并要求较高承载力的锚杆，宜采用端部扩大头型锚固体；锚固于淤泥、淤泥质土层并要求较高承载力的锚杆，宜采用连续球体型锚固体。

第三节 土层锚杆的布置与结构参数设计

第 2.3.1 条 土层锚杆的布置应遵守以下规定：

一、锚杆上下排间距不宜小于 2.5m；锚杆水平方向间距不宜小于 2.0m。

二、锚杆锚固体上覆土层厚度不应小于 4.0m，锚杆锚固段长度不应小于 4.0m。

三、倾斜锚杆的倾角不应小于 13°，并不得大于 45°，以 15°~35°为宜。

第 2.3.2 条 锚杆安全系数 K 值应按表 2.3.2 确定。

锚杆安全系数表 表 2.3.2

锚杆破坏后危害程度	安全系数	
	临时锚杆	永久锚杆
危害轻微，不会构成公共安全问题	1.4	1.8
危害较大，但公共安全无问题	1.6	2.0
危害大，会出现公共安全问题	1.8	2.2

第 2.3.3 条 锚杆预应力筋的截面面积应按下式确定：

$$A = \frac{K \cdot N_t}{f_{pax}} \quad (2.3.3)$$

式中 N_t ——锚杆的设计轴向拉力值；

K ——安全系数，按本规范表 2.3.2 选取；

f_{pax} ——钢丝、钢绞线、钢筋强度标准值见本规范附录四。

第 2.3.4 条 锚杆自由段长度不宜小于 5.0m，对于倾斜锚杆，其自由段长度应超过破裂面 1.0m。

第 2.3.5 条 锚杆锚固段长度的设计应遵守以下规定：

一、粘性土中圆柱型锚杆锚固段长度应由下式确定：

$$L_a = \frac{K \cdot N_t}{\pi \cdot d_2 \cdot q_s} \quad (2.3.5-1)$$

式中 d_2 ——锚固体直径；

q_s ——土体与锚固体间粘结强度值。一般由试验确定，也可按本规范附录二采用。

二、粘性土中端部扩大头型锚杆锚固段长度 (图 2.3.5) 应由下式确定：

$$L_m = \frac{K}{\pi \cdot q_s} \cdot \left(\frac{N_t - R_t}{d_2} \right) \quad (2.3.5-2)$$

$$R_t = \pi/4 (d_1^2 - d_2^2) \cdot \beta_c \cdot \tau$$

式中 R_t ——单个扩大头的承载力；
 d_1 ——扩大头直径；
 β_c ——扩大头承载力系数，取 9.0；
 τ ——土体不排水抗剪强度。

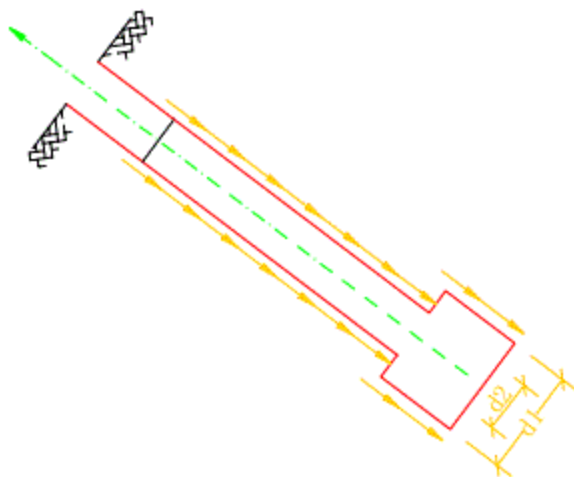


图 2.3.5 端部扩大头型锚杆力学计算简图

三、非粘性土中圆柱型锚杆锚固段长度由下式确定：

$$L_a = \frac{K \cdot N_t}{\pi \cdot d_2 \cdot (q_s + \sigma \tan \delta)} \quad (2.3.5-3)$$

式中 δ ——土体与锚固体间的摩擦角；
 σ ——锚固体剪切面上的法向应力。

第 2.3.6 条 台座的尺寸与结构构造应根据锚杆的设计荷载、土层条件、支挡结构和施工条件确定，应具有足够的强度和刚度，不得产生有害的变形。

第 2.3.7 条 锚具型号、尺寸的选取应保持锚杆预应力值的恒定。

第三章 土层锚杆原材料

第 3.0.1 条 预应力杆体材料宜选用钢绞线、高强钢丝或高强螺纹钢。当预应力值较小或锚杆长度小于 20m 时，预应力筋也可采用Ⅱ级或Ⅲ级钢筋。

第 3.0.2 条 锚具和联接锚杆杆体的受力部件，均应能承受 95% 的杆体极限抗拉力。

第 3.0.3 条 塑料套管材料应满足以下要求：

一、具有足够的强度，保证其在加工和安装过程中不致损坏。

二、具有抗水性和化学稳定性。

三、与水泥砂浆和防腐剂接触无不良反应。

第 3.0.4 条 隔离架应由钢、塑料或其他对杆体无害的材料组成，不得使用木质隔离架。

第 3.0.5 条 防腐材料应满足下列要求：

一、在锚杆服务年限内，应保持其耐久性。

二、在规定的工作温度内或张拉过程中不得开裂、变脆或成为流体。

三、不得与相邻材料发生不良反应，应保持其化学稳定性和防水性。

四、不得对锚杆自由段的变形产生任何限制。

第 3.0.6 条 水泥浆体材料应满足下列规定：

一、水泥宜使用普通硅酸盐水泥，必要时可采用抗硫酸盐水泥。

二、不得使用高铝水泥。

三、细骨料应选用粒径小于 2mm 的细砂。砂的含泥量按重量

计不得大于**3%**，砂中所含云母、有机质、硫化物及硫酸盐等有害物质的含量，按重量计不宜大于**1%**。

四、混合水中不应含有影响水泥正常凝结与硬化的有害物质，不得使用污水。永久性锚杆不得使用**pH**值小于**4.0**的酸性水和硫酸盐含量按**SO₄**计算超过水重**1%**的水。

五、必要时，水泥浆中可加入控制泌水或延缓凝结等外加剂，但必须符合产品标准。水泥浆中氯化物的总含量不得超过水泥重量的**0.1%**。除二次劈裂灌浆和自由段的充填灌浆外，一般不宜采用膨胀剂。

第四章 土层锚杆施工

第一节 一般规定

第 4.1.1 条 在进行锚杆施工前，应充分核对设计条件、土层条件和环境条件，在确保施工安全的前提下，编制施工组织设计。

第 4.1.2 条 施工前，要认真检查原材料型号、品种、规格及锚杆各部件的质量，并检查原材料的主要技术性能是否符合设计要求。

第 4.1.3 条 工程锚杆施工前，宜取两根锚杆进行钻孔、注浆、张拉与锁定的试验性作业，考核施工工艺和施工设备的适应性。

第二节 钻 孔

第 4.2.1 条 土层锚杆钻孔应遵守下列规定：

一、钻孔前，根据设计要求和土层条件，定出孔位，作出标记。

二、锚杆水平方向孔距误差不应大于 **50mm**，垂直方向孔距误差不应大于 **100mm**。

三、钻孔底部的偏斜尺寸不应大于锚杆长度的 **3%**，可用测斜仪控制钻孔方向。

四、锚杆孔深不应小于设计长度，也不宜大于设计长度的 **1%**。

五、安放锚杆前，湿式钻孔应用水冲洗，直至孔口流出清水为止。

六、钻孔记录应按本规范附录七的附表 7.1 整理。

第 4.2.2 条 钻孔机具：钻孔机具的选择必须满足土层锚杆钻孔的要求。坚硬粘性土和不易塌孔的土层宜选用地质钻机、螺旋钻机或土锚专用钻机；饱和粘性土与易塌孔的土层宜选用带护壁套管的土锚专用钻机。常用钻孔设备型号及主要性能参见本规范附录六。

第 4.2.3 条 二次高压注浆形成的连续球体型锚杆的钻孔还应遵守下列规定：

- 一、钻孔宜采用套管护壁，一次将钻孔钻至设计长度。
- 二、钻孔完成后，应立即拔出钻杆，放入预应力筋，随后再拔出套管。

第 4.2.4 条 扩大头型锚杆钻孔还应遵守下列规定：

- 一、端部扩大头可采用机械或爆破扩孔法，爆破扩孔装药量应根据土层情况，通过试验确定。
- 二、安装锚杆前应测定扩大头的尺寸。

第三节 杆体（预应力筋）的组装与安放

第 4.3.1 条 采用Ⅰ、Ⅲ级钢筋作锚杆杆体时，杆体的组装应遵守以下规定：

- 一、组装前钢筋应平直、除油和除锈。
- 二、Ⅰ、Ⅲ级钢筋的接头应采用焊接的搭接接头，焊接长度为 30d，但不小于 500mm，并排钢筋的连接也应采用焊接。
- 三、沿杆体轴线方向每隔 1.0~2.0m 应设置一个对中支架，排气管应与锚杆杆体绑扎牢固。
- 四、杆体自由段应用塑料布或塑料管包裹，与锚固体联接处用铅丝绑牢。
- 五、杆体应按防腐要求进行防腐处理。

第 4.3.2 条 当采用钢绞线或高强钢丝作锚杆杆体时，杆体的组装应遵守以下规定：

一、钢绞线或高强钢丝应除油污、除锈，严格按设计尺寸下料，每股长度误差不大于**50mm**。

二、钢绞线或高强钢丝应按一定规律平直排列，沿杆体轴线方向每隔**1.0~1.5m**设置一个隔离架，杆体的保护层不应小于**2.0cm**，预应力筋（包括排气管）应捆扎牢固，捆扎材料不宜用镀锌材料。

三、杆体自由段应用塑料管包裹，与锚固段交接处的塑料管管口应密封并用铅丝绑紧。

四、应按防腐要求进行防腐处理。

第4.3.3条 采用二次高压注浆形成的连续球体型锚杆杆体的组装，还应遵守下列规定：

一、编排钢绞线或高强钢丝时，应同时安放注浆套管和止浆密封装置。

二、止浆密封装置应设置在自由段与锚固段的分界处，并具有良好的密封性能。

三、宜用密封袋作止浆密封装置，密封袋两端应牢固绑扎在锚杆杆体上。被密封袋包裹的注浆套管上至少应留有一个进浆阀。

第4.3.4条 组装扩大头型锚杆杆体时，处于扩大头处的杆体应局部加强。

第4.3.5条 锚杆杆体的安放应遵守下列规定：

一、杆体放入钻孔之前，应检查杆体的质量，确保杆体组装满足设计要求。

二、安放杆体时，应防止杆体扭压、弯曲，注浆管宜随锚杆一同放入钻孔，注浆管头部距孔底宜为**50~100mm**，杆体放入角度应与钻孔角度保持一致。

三、杆体插入孔内深度不应小于锚杆长度的**95%**，杆体安放后不得随意敲击，不得悬挂重物。

第四节 注 浆

第 4.4.1 条 锚杆注浆应遵守下列规定：

一、注浆材料应根据设计要求确定，一般宜选用灰砂比 1:1~1:2,水灰比 0.38~0.45 的水泥砂浆或水灰比为 0.40~0.45 的纯水泥浆，必要时可加入一定量的外加剂或掺和料。

二、注浆浆液应搅拌均匀，随搅随用，浆液应在初凝前用完，并严防石块、杂物混入浆液。

三、注浆作业开始和中途停止较长时间，再作业时宜用水或稀水泥浆润滑注浆泵及注浆管路。

四、注浆管的插至深度见第 4.3.5 条第二款。

五、孔口溢出浆液或排气管停止排气时，可停止注浆。

六、浆体硬化后不能充满锚固体时，应进行补浆。

七、注浆记录按本规范附录七的附表 7.2 整理。

第 4.4.2 条 注浆体的设计强度不应低于 20MPa。

第 4.4.3 条 二次高压注浆形成的连续球体型锚杆的注浆还应遵守下列规定：

一、注浆材料宜选用水灰比 0.45~0.50 的纯水泥浆。

二、一次常压注浆作业应从孔底开始，直至孔口溢出浆液。

三、止浆密封装置的注浆应待孔口溢出浆液后进行，注浆压力不宜低于 2.5MPa。

四、一次常压注浆结束后，应将注浆管、注浆枪和注浆套管清洗干净。

五、对锚固体的二次高压注浆应在一次注浆形成的水泥结石体强度达到 5.0MPa 时进行，注浆压力和注浆时间可根据锚固体的体积确定，并分段依次由下至上进行。

第五节 张拉与锁定

第 4.5.1 条 台座的承压面应平整，并与锚杆的轴线方向垂

直。

第 4.5.2 条 锚杆的张拉应遵守下列规定：

一、锚杆张拉前，应对张拉设备进行标定。

二、锚固体与台座混凝土强度均大于 **15.0MPa** 时，方可进行张拉。

三、锚杆张拉应按一定程序进行，锚杆张拉顺序，应考虑邻近锚杆的相互影响。

四、锚杆正式张拉之前，应取 **0.1~0.2** 设计轴向拉力值 N_t ，对锚杆预张拉 **1~2** 次，使其各部位的接触紧密，杆体完全平直。

五、永久锚杆张拉控制应力 σ_{cm} 不应超过 **0.60** f_{pk} ，临时锚杆张拉控制应力 σ_{cm} 不应超过 **0.65** f_{pk} 。

第 4.5.3 条 锚杆张拉至 **1.1~1.2** N_t ，土质为砂质土时保持 **10min**，为粘性土时保持 **15min**，然后卸荷至锁定荷载进行锁定作业。锚杆张拉荷载分级及观测时间应遵守表 **4.5.3** 的规定。锚杆张拉和锁定施工记录应按本规范附录七的附表 **7.3** 整理。

锚杆张拉荷载分级及观测时间 表 4.5.3

张拉荷载分级	观测时间 (min)	
	砂质土	粘性土
0.10 N_t	5	5
0.25 N_t	5	5
0.50 N_t	5	5
0.75 N_t	5	5
1.00 N_t	5	10
1.10~1.20 N_t	10	15
锁定荷载	10	10

第 4.5.4 条 锚杆锁定工作，应采用符合技术要求的锚具。

用于锁定预应力钢绞线的锚具规格见本规范附录五。

第 4.5.5 条 锚杆锁定后，若发现有明显预应力损失时，应进行补偿张拉。

第五章 土层锚杆试验与监测

第一节 一般规定

第 5.1.1 条 锚固体强度大于**15.0MPa**时,可进行锚杆试验。

第 5.1.2 条 锚杆试验用加荷装置的额定压力必须大于试验压力。

第 5.1.3 条 锚杆试验用反力装置在最大试验荷载作用下应保持足够的强度和刚度。

第 5.1.4 条 锚杆试验用检测装置(测力计、位移计、计时表)应满足设计要求的精度。

第二节 基本试验

第 5.2.1 条 任何一种新型锚杆或已有锚杆用于未曾应用过的土层时,必须进行基本试验。

第 5.2.2 条 基本试验锚杆不应少于**3**根,用作基本试验的锚杆参数、材料及施工工艺必须和工程锚杆相同。

第 5.2.3 条 最大试验荷载(Q_{max})不应超过钢丝、钢绞线、钢筋强度标准值的**0.8**倍。

第 5.2.4 条 砂质土、硬粘土中锚杆基本试验加荷等级与测读锚头位移应遵守下列规定:

一、采用循环加荷,初始荷载宜取 $A \cdot f_{pa}$ 的**0.1**倍,每级加荷增量宜取 $A \cdot f_{pa}$ 的**1/10~1/15**。

二、砂质土、硬粘土中锚杆加荷等级与观测时间见表 5.2.4。

三、在每级加荷等级观测时间内,测读锚头位移不应少于**3**次。

四、在每级加荷等级观测时间内，锚头位移量不大于 **0.1mm** 时，可施加下一级荷载，否则要延长观测时间，直至锚头位移增量 **2.0h** 小于 **2.0mm** 时，再施加下一级荷载。

砂质土、硬粘土中锚杆基本试验加荷等级与观测时间 表 5.2.4

加 荷 增 量 ($A \cdot f_{pk}\%$)	初始荷载	—	—	—	10	—	—	—
	第一循环	10	—	—	30	—	—	10
	第二循环	10	20	30	40	30	20	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	50	70	50	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

第 5.2.5 条 淤泥及淤泥质土中锚杆基本试验加荷等级与测定锚头位移应遵守下列规定：

一、初始荷载宜取 $A \cdot f_{pk}$ 的 **0.1** 倍，每级加荷增量宜取 $A \cdot f_{pk}$ 的 **1/10~1/15**，加荷等级为 $A \cdot f_{pk}$ 的 **0.5** 和 **0.7** 倍时，采用循环加荷。循环加荷分级与观测时间同表 5.2.4。

二、锚杆各加荷等级的观测时间见表 5.2.5。

淤泥及淤泥质土中锚杆基本试验各加荷等级的观测时间表 表 5.2.5

加荷等级 ($A \cdot f_{pk}\%$)	初始荷载	第一级	第二级	第三级	第四级	第五级	第六级
	10	30	40	50	60	70	80
观测时间 (min)	15	15	15	30	120	30	120

三、在每级加荷等级观测时间内，测读锚头位移不少于 **3** 次。

四、荷载等级小于 $A \cdot f_{pk}$ 的 **50%** 时，每分钟加荷不宜大于

20kN；荷载等级大于 $A \cdot f_{pk}$ 的 50% 时，每分钟加荷不宜大于 10kN。

五、当加断等级为 f_{pk} 的 0.6 和 0.8 倍时，锚头位移增量在观测时间内 2.0h 小于 2.0mm，才可施加下一级荷载。

第 5.2.6 条 锚杆破坏标准：

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

二、锚头位移不收敛。

三、锚头总位移超过设计允许位移值。

第 5.2.7 条 试验报告应按本规范附录八整理，并绘制锚杆荷载—位移 ($Q-S$) 曲线、锚杆荷载—弹性位移 ($Q-S_e$) 曲线、锚杆荷载—塑性位移 ($Q-S_p$) 曲线。

第 5.2.8 条 基本试验所得的总弹性位移应超过自由段长度理论弹性伸长的 80%，且小于自由段长度与 1/2 锚固段长度之和的理论弹性伸长。

第 5.2.9 条 试验得出的锚杆安全系数 K_0 值由下式确定：

$$K_0 = \frac{R_a}{N_t} \quad (5.2.9)$$

式中 R_a ——锚杆极限承载力，取破坏荷载的 95%。

第三节 验收试验

第 5.3.1 条 验收试验锚杆的数量应取锚杆总数的 5%，且不得少于最初施作的 3 根。

第 5.3.2 条 最大试验荷载不应超过预应力筋 $A \cdot f_{pk}$ 值的 0.8 倍，并应满足以下规定：

一、永久性锚杆的最大试验荷载为锚杆设计轴向拉力值的 1.5 倍。

二、临时性锚杆的最大试验荷载为锚杆设计轴向拉力值的 1.2 倍。

第 5.3.3 条 验收试验对锚杆施加荷载与测读锚头位移应遵守以下规定：

- 一、初始荷载宜取锚杆设计轴向拉力值的 0.1 倍。
- 二、加荷等级与各等级荷载观测时间应满足表 5.3.3 的规定。

验收试验锚杆的加荷等级与观测时间表 **表 5.3.3**

加 荷 等 级	测 定 时 间 (min)	
	临 时 锚 杆	永 久 锚 杆
$Q_1=0.10N_t$	5	5
$Q_2=0.25N_t$	5	5
$Q_3=0.50N_t$	5	10
$Q_4=0.75N_t$	10	10
$Q_5=1.00N_t$	10	15
$Q_6=1.20N_t$	15	15
$Q_7=1.50N_t$	—	15

三、同本规范第 5.2.4 条第三款。

四、最大试验荷载观测 15min 后，卸荷至 0.1 N_t 量测位移，然后加荷至锁定荷载锁定。

第 5.3.4 条 试验结果按本规范附录八整理，并绘制锚杆验收试验图。

第 5.3.5 条 锚杆验收标准：

- 一、同第 5.2.8 条。
- 二、在最大试验荷载作用下，锚头位移趋于稳定。

第四节 蠕变试验

第 5.4.1 条 塑性指数大于 17 的淤泥及淤泥质土层中的锚杆应进行蠕变试验。用作蠕变试验的锚杆不应少于 3 根。

第 5.4.2 条 锚杆蠕变试验加荷等级与观测时间应满足表

5.4.2 的规定，在观测时间内荷载必须保持恒定。

锚杆蠕变试验加荷等级与观测时间 表 5.4.2

加 荷 等 级	观 测 时 间 (min)	
	临 时 锚 杆	永 久 锚 杆
$Q_1=0.25N_t$	—	10
$Q_2=0.50N_t$	10	30
$Q_3=0.75N_t$	30	60
$Q_4=1.00N_t$	60	120
$Q_5=1.20N_t$	90	240
$Q_6=1.33N_t$	120	360

第 5.4.3 条 每级荷载按时间间隔 1、2、3、4、5、10、15、20、30、45、60、75、90、120、150、180、210、240、270、300、330、360min 记录蠕变量。

第 5.4.4 条 试验结果按本规范附录八整理，并绘制蠕变量—时间对数 ($S-\log t$) 曲线，蠕变系数由下式求得：

$$K_c = \frac{S_2 - S_1}{\lg \frac{t_2}{t_1}} \quad (5.4.4)$$

式中 S_1 —— t_1 时新测得的蠕变量；

S_2 —— t_2 时所测得的蠕变量。

第 5.4.5 条 锚杆蠕变试验测得的最后一级荷载作用下的蠕变系数不应大于 2.0mm。

第五节 锚杆预应力的长期监测与控制

第 5.5.1 条 永久性锚杆及用于重要工程的临时性锚杆，应对锚杆预应力变化进行长期监测。

第 5.5.2 条 对长期临测预应力值的永久性锚杆的数量不应少于锚杆总数的 5%~10%，监测时间不宜少于 12 个月。

第 5.5.3 条 锚杆预应力监测应遵守以下规定：

一、宜采用钢弦式压力盒、应变式压力盒、液压式压力盒进行监测。

二、预应力变化值，在最初 10d 应每天记录一次，第 11d 至第 30d 每 10d 记录一次，第 31d 至第 12 个月每 30d 记录一次。

第 5.5.4 条 预应力变化值不宜大于锚杆设计轴向拉力值的 10%，必要时可采取重复张拉或适当放松以控制预应力变化。

第六章 土层锚杆防腐

第一节 一般规定

第 6.1.1 条 对土层锚杆尤其是永久性锚杆的腐蚀环境，应进行充分的调查。

第 6.1.2 条 防腐方法必须适应锚杆的使用目的，对锚杆锚头、自由段和锚固段部分应分别对待。防腐方法的确定，必须使防腐材料在施工期间免受损伤，并保证防腐长期有效。

第 6.1.3 条 永久性锚杆必须进行双层防腐。

第 6.1.4 条 临时性锚杆可采用简单防腐，当腐蚀环境特别严重时，应采用双层防腐。

第二节 防腐方法

第 6.2.1 条 锚杆锚固段的防腐处理应遵守下列规定：

一、一般腐蚀环境中的永久性锚杆，其锚固段内杆体可以用水泥浆或水泥砂浆封闭防腐，但杆体周围必须有 **2.0cm** 厚的保护层。

二、严重腐蚀环境中的永久性锚杆，其锚固段内杆体宜用波纹管外套，管内空隙用环氧树脂、水泥浆或水泥砂浆充填，套管周围保护层厚度不得小于 **1.0cm**。

三、临时性锚杆锚固段杆体应采用水泥浆封闭防腐，杆体周围保护层厚度不得小于 **1.0cm**。

第 6.2.2 条 锚杆自由段的防腐处理应遵守下列规定：

一、永久性锚杆自由段内杆体表面宜涂润滑油或防腐漆，然后包裹塑料布，在塑料布上再涂润滑油或防腐漆，最后装入塑料

套管中，形成双层防腐。

二、临时性锚杆的自由段杆体可采用涂润滑油或防腐漆，再包裹塑料布等简易防腐措施。

第 6.2.3 条 锚杆锚头部分的防腐处理应遵守以下规定：

一、永久性锚杆采用外露锚头时，必须涂以沥青等防腐材料，再采用混凝土密封，外露钢垫板和锚具的保护层厚度不得小于 **2.5cm**。

二、永久性锚杆采用盒具密封时，必须用润滑油充填盒具的空腔；

三、临时性锚杆的锚头宜采用沥青防腐。

第七章 工程验收

第 7.0.1 条 永久性锚杆工程竣工后，应按设计要求和质量合格条件验收。

第 7.0.2 条 土层锚杆工程验收时，应提供下列资料：

一、原材料出厂（场）合格证，工地材料试验报告，代用材料试验报告。

二、按本规范附录七的内容与格式提供锚杆施工记录。

三、锚杆验收试验与蠕变试验报告。

四、锚杆工程范围内的地质报告。

五、隐蔽工程检查验收记录。

六、设计变更报告。

七、工程重大问题处理文件。

八、竣工图。

第 7.0.3 条 对设计要求进行锚杆预应力长期监测的工程，验收时应提交相应的报告。

附录一 本规范有关名词解释

一、杆体(预应力筋): 预应力筋是指受张拉的杆体, 由钢筋、高强钢丝或钢绞线组成。

二、锚固段: 锚固段是指水泥浆体将预应力筋与土层粘结的区段, 其功能是通过锚固体与土层的粘结摩阻作用或锚固体的承压作用, 将自由段的拉力传至土层深部。

三、自由段: 自由段是指将锚头处的拉力传至锚固体的区段, 其功能是对锚杆施加预应力。

四、台座: 台座是指将拉力传至结构物, 设置在承压板和结构物之间的部件。

五、承压板: 承压板是指设置在锚具和台座之间的板状部件, 其功能是使预应力均匀分布在台座上。

六、锚具: 锚具是指在承压板上用来锁定预应力筋的部件, 常用的锚具有螺母、JM 锚具和 QM 锚具。

七、一次注浆: 一次注浆是指在规定的压力下注入浆液, 形成锚固体的注浆作业。

八、二次注浆: 二次注浆是指锚固体形成后为充填钻孔内的孔隙而进行的注浆作业。

九、二次高压注浆(劈裂注浆): 二次高压注浆是指采用高压注浆使第一次注浆形成的锚固体劈裂, 浆液向土体扩散、挤压, 使锚固体扩大的注浆作业。

十、一次张拉: 一次张拉是指按设计张拉力对锚杆进行张拉作业。

十一、二次张拉: 二次张拉是指为弥补锚杆预应力的损失对已锁定的锚杆再次进行张拉的作业。

十二、锚杆极限承载力：锚杆极限承载力是指锚杆所能承受的最大拉力。

十三、设计轴向拉力：锚杆的设计轴向拉力是指在整个使用期间锚杆应承受的轴向力。

十四、锁定荷载：锁定荷载是进行锚杆锁定时，作用于锚头上的力。

十五、基本试验：基本试验是为确定锚杆极限承载力和获得有关设计参数而进行的试验。

十六、验收试验：验收试验是为检验锚杆施工质量及承载力是否满足设计要求而进行的试验。

十七、蠕变试验：蠕变试验是为掌握锚杆的蠕变性能而进行的试验。

十八、蠕变：锚杆蠕变是指在恒载作用下，锚杆的位移随时间而增加的现象。

十九、松弛：锚杆松弛是指在锚杆位移不变的情况下，锚杆预应力随时间而降低的现象。

二十、安全系数：锚杆的安全系数是指锚杆极限承载力与锚杆设计荷载的比值。

附录二 土层与锚固体间 粘结强度推荐值

土层与锚固体间粘结强度 附表 2.1

土层种类	土的状态	q_s 值 (kPa)
淤泥质土	—	20~25
粘性土	坚硬	60~70
	硬塑	50~60
	可塑	40~50
	软塑	30~40
粉土	中密	100~150
砂土	松散	90~140
	稍密	160~200
	中密	220~250
	密实	270~400

注：①表中数据仅用作初步设计时估算。

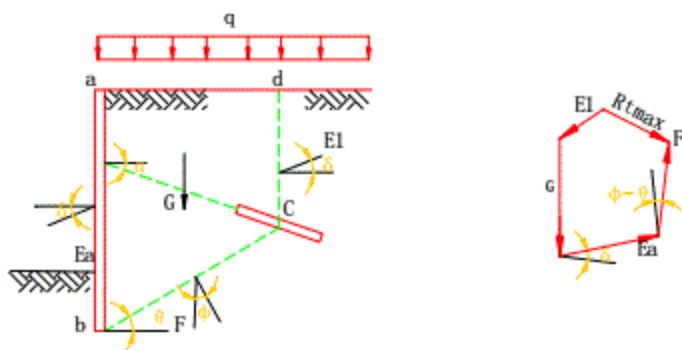
②表中 q_s 系采用一次常压灌浆测定的数据。

附录三 锚定板桩深部破裂面稳定性验算方法

一、单层锚杆深部破裂面稳定性验算方法：

从地基内取一平面楔体（包括桩、锚杆与土体）作为单元体，根据单元体的平衡状态用力多边形图解法对锚杆稳定性进行验算。其计算简图见附图 3.1，即通过锚固体中心点 **c** 与基坑支护桩下端的假想支承点 **b** 连一直线，并假定 **bc** 线为深部滑动线，再通过点 **c** 垂直向上作直线 **cd**，这样 **abcd** 块体上除作用有自重 **G** 外，还作用有 **E_a**、**F** 和 **E₁**，当块体处于平衡状态时，即可利用力多边形求得锚杆承受的最大拉力 **R_{tmax}**。 **R_{tmax}** 与锚杆设计轴向拉力 **N_t** 之比就是锚杆的稳定安全系数 **K_s**，一般取 1.5。

$$\text{即：} \quad K_s = \frac{R_{tmax}}{N_t} \geq 1.5$$



附图 3.1 单层锚杆深部破裂面的稳定性验算

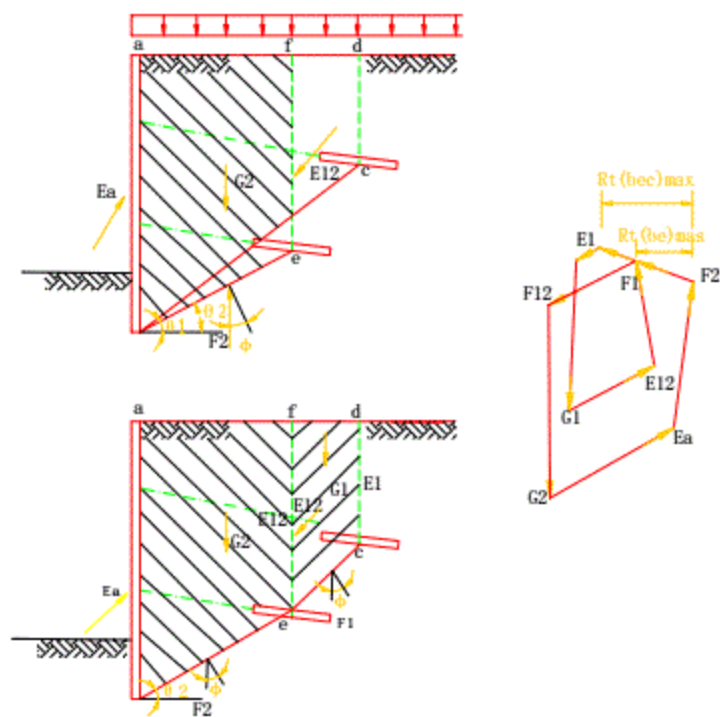
- G**—— 深部破裂面范围内土体重量；
- E_a**—— 作用在基坑支护上的主动土压力的反力；
- E₁**—— 作用在 **cd** 面上的主动土压力；

- R ——bc 面上反力的合力；
- φ ——土的内摩擦角；
- δ ——基坑支护与土体间的摩擦角；
- θ ——深部破裂面与水平面的夹角；
- α ——锚杆倾角

二、双排锚杆深部破裂面稳定性验算方法：

双排锚杆深部破裂面稳定性验算的假设和计算方法与单排锚杆深部破裂面稳定性验算相同，其计算简图见附图 3.2。在单元体内存在 bc、be、bec 三个滑动面，当其处于平衡状态时，即可利用力多边形求得锚杆承受的最大拉力 $R_{t(bc)max}$ 、 $R_{t(be)max}$ 和 $R_{t(bec)max}$ ，相应的稳定安全系数 $K_{s(bc)}$ 、 $K_{s(be)}$ 和 $K_{s(bec)}$ 应不小于 1.5。

$$\begin{aligned} \text{即：} \quad K_{s(bc)} &= \frac{R_{t(bc)max}}{N_t} \geq 1.5 \\ K_{s(be)} &= \frac{R_{t(be)max}}{N_t} \geq 1.5 \\ K_{s(bec)} &= \frac{R_{t(bec)max}}{N_t} \geq 1.5 \end{aligned}$$



附图 3.2 双层锚杆深部破裂面稳定性验算

附录四 钢丝、钢绞线、 钢筋强度标准值

钢丝、钢绞线、钢筋强度标准值 (N/mm²) 附表 4.1

种 类		f_{yk} 或 f_{pk}	
碳素钢丝	$\varnothing 4$	1670	
	$\varnothing 5$	1570	
刻痕钢丝	$\varnothing 5$	1470	
冷 拔 低碳钢丝	甲级: $\varnothing 4$	I 组	II 组
	$\varnothing 5$	700	650
	乙级: $\varnothing 3 \sim \varnothing 5$	650	
钢 绞 线	$d=9.0(7\varnothing 3)$	1670	
	$d=12.0(7\varnothing 4)$	1570	
	$d=15.0(7\varnothing 5)$	1470	
热 轧 钢 筋	I 级 (A_1, AY_1)	235	
	II 级 ($20MnSi, 20MnNb(b)$)		
	$d \leq 25$	335	
	$d = 28 \sim 40$	315	
	III 级 ($25MnSi$)	370	
	IV 级 ($40Si_2MnV, 45SiMnV, 45Si_2MnTi$)	540	

续附表4.1

种 类		f_{yk} 、 f_{pyk} 或 f_{pk}
冷 拉 钢 筋	I级 ($d \leq 12$)	280
	II级 $d < 25$ $d = 28 \sim 40$	450
		430
	III级	500
	IV级	700
热 处 理 钢	40Si ₂ Mn ($d = 6$) 48Si ₂ Mn ($d = 8, 2$) 45Si ₂ C ₂ ($d = 10$)	1470

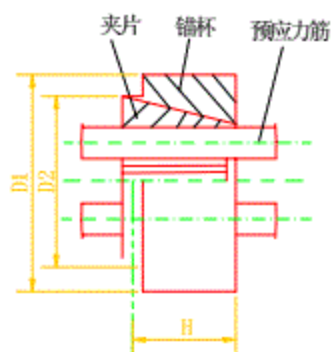
注：碳素钢丝系指国家标准《预应力混凝土用钢丝》(GB5223—85)中的矫直回火钢丝。

附录五 预应力钢绞线锚具规格

JM 系列 锚 具

附表5.1

型号	外形尺寸		
	D_1	D_2	H
JM12-3	$\varnothing 90$ ($\varnothing 100$)	$\varnothing 79$	50 (55)
JM12-4	$\varnothing 90$ ($\varnothing 100$)	$\varnothing 79$	50 (55)
JM12-5	$\varnothing 100$	$\varnothing 79$	50 (55)
JM12-6	$\varnothing 100$	$\varnothing 79$	50 (55)
JM12-7	$\varnothing 108$	$\varnothing 79$	50
JM15-3	$\varnothing 125$	$\varnothing 105$	74
JM15-4	$\varnothing 135$	$\varnothing 105$	74
JM15-5	$\varnothing 135$	$\varnothing 105$	74
JM15-6	$\varnothing 135$	$\varnothing 105$	74

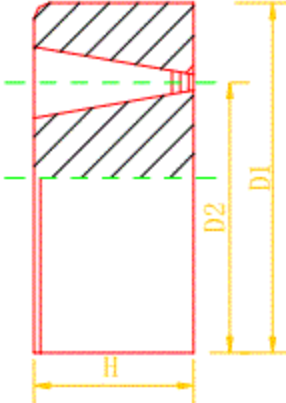


注：因JM12系列锚具可夹持光圆及螺纹钢、钢绞线，故又可分为光JM12、螺JM12、铰JM12。

表中括号尺寸为铰JM尺寸。

QM 系列锚具

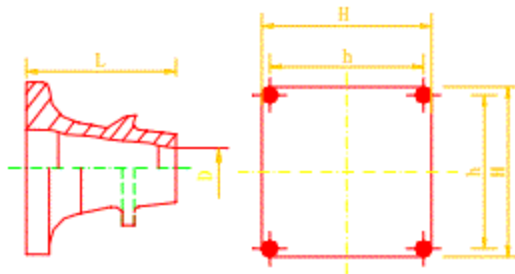
附表5.2



型 号	外 形 尺 寸		
	H	D ₁	D ₂
QM15-1	50	∅46	0
QM15-3	55	∅106	∅50
QM15-4	55	∅106	∅50
QM15-5	55	∅120	∅60
QM15-6. 7	60	∅135	∅70
QM15-9	60	∅160	∅70
QM15-12	70	∅175	∅106
QM15-13	80	∅195	∅120
QM15-19	80	∅220	∅140

QM 锚垫板

附表5.3



型 号	QM15-4	QM15-5	QM15-6. 7	QM15-9	QM15-12	
外形尺寸	L	160	165	190	300	300
	H	160	190	215	240	265
	D	∅60	∅75	∅75	∅88	∅95
	b	130	160	190	210	225

附录六 土层锚杆常用施工设备表

土层锚杆常用施工设备 附表6.1

设备名称	技术性能	适用条件	生产厂家
钻孔设备	KRUPP 钻机 钻孔角度0~90°， 钻孔直径 \varnothing 100~200mm， 钻孔深度60m，可带套管钻进	各种土层	西德
	YTM-87 钻机 钻孔角度0~90°， 钻孔直径 \varnothing 100~200mm， 钻孔深度30~60m，可带套管钻进	各种土层	冶金部 建研总院
	SGZ-I 钻机 钻孔角度0~360°， 钻孔直径 \varnothing 100~200mm， 钻孔深度40m，不可带套管钻进	不易塌孔的土层	杭州钻探 设备厂
	工程地质 钻机 钻孔角度0~90°， 钻孔直径 \varnothing 100~200mm， 钻孔深度40m，可带套管钻进	不易塌孔的土层	
拔管机	YBG-88 拔管机 最大拔力500kN，拔管直径 135~158mm		冶金部 建研总院
注浆设备	ZTGZ-60x10 注浆泵 工作压力6~21MPa， 排浆量60~16l/min	高压注浆	辽宁锦西 注浆泵厂
	HB6-3 灰浆泵 工作压力0~1.5MPa， 排浆量50l/min	普通注浆	济南山尔 机械厂
	UBJ₂ 挤压式 灰浆泵 工作压力0~1.5MPa， 排浆量30l/min	灌注水泥砂浆	杭州建筑 机械厂

续附表6.1

设备种类名称	技 术 性 能	适用条件	生产厂家
张 拉 设 备	YC系列千斤顶	张拉力 600、1200kN , 张拉行程 150、350mm	配 JM 锚具 和 螺 母 柳州建筑 机械厂
	YQC系列 千 斤 顶	张拉力 1000、2000、5000kN , 张拉行程 150、200mm	配 QM 锚具 柳州建筑 机械厂
	ZB4-500 电 动 油 泵	额定压力 50MPa 额定流量 4l/min	配 YC 系列或 YQC 系列千斤顶 柳州建筑 机械厂

附录七 土层锚杆施工记录表汇总

土层锚杆钻孔施工记录表 附表7.1

工程名称：_____ 施工单位：_____

设计钻孔长度：_____ 设计钻孔直径：_____

钻机型号：_____ 钻孔日期：_____

锚杆编号	地层类别	钻孔直径 (cm)	套管外径 (cm)	钻孔时间	钻孔长度 (m)	套管长度 (m)	钻孔倾角 ($^{\circ}$)	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出现的情况，如坍孔、缩颈、地下水及相应的处理方法。

②扩大头锚杆钻孔可增加实测扩大头直径一栏。

土层锚杆注浆施工记录表

附表7.2

工程名称：_____ 施工单位：_____
 注浆设备：_____ 注浆日期：_____

锚杆编号	地层类别	注浆部位	注浆材料及配合比	注浆开始时间	注浆终止时间	注浆压力(MPa)	注浆量(l)	备注

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

注：注浆材料及配合比应包括外加剂的名称及掺量。

土层锚杆张拉与锁定记录表

附表7.3

工程名称：_____ 施工单位：_____
 锚杆编号：_____ 锚具型号：_____
 张拉设备：_____ 张拉日期：_____

张拉荷载(kN)	油压表读数(MPa)	测定时间	锚头位移读数(mm)			锚头位移增量(mm)	备注
锁定荷载(kN)							

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

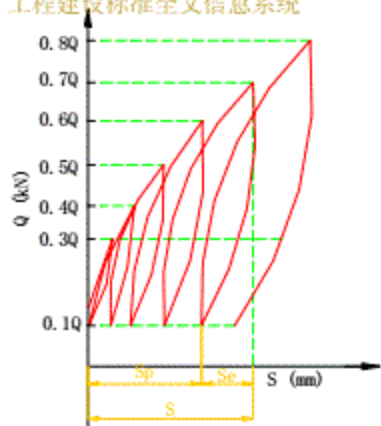
附录八 锚杆试验记录表与附图汇总

锚杆试验记录表 附表8.1

锚杆编号：_____ 试验类型：_____ 注浆日期：_____ 试验日期：_____

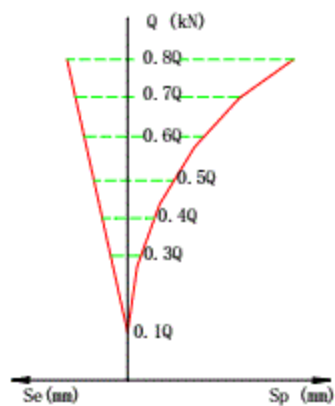
土层类别	锚杆资料	注浆资料	检验荷载 (kN)	油压表读数 (Mpa)	锚头位移读数(mm)			锚头位移增量 (mm)	备注
					1	2	3		
	锚杆类型 杆体材料 杆体截面积 杆体弹性模量 锚固段长度 自由段长度 钻孔倾角	注浆材料 配合比 外加剂 注浆方式							

注：锚杆的基本试验、验收试验、蠕变试验均用上表记录。



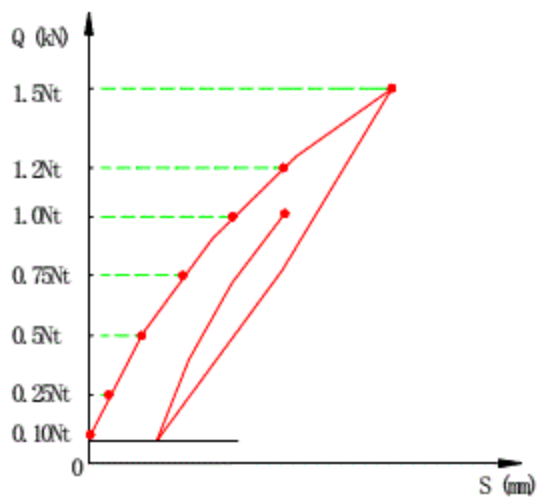
附图8.1 基本试验
 $Q-S$ 曲线

注: $Q=A \cdot f_{pk}$

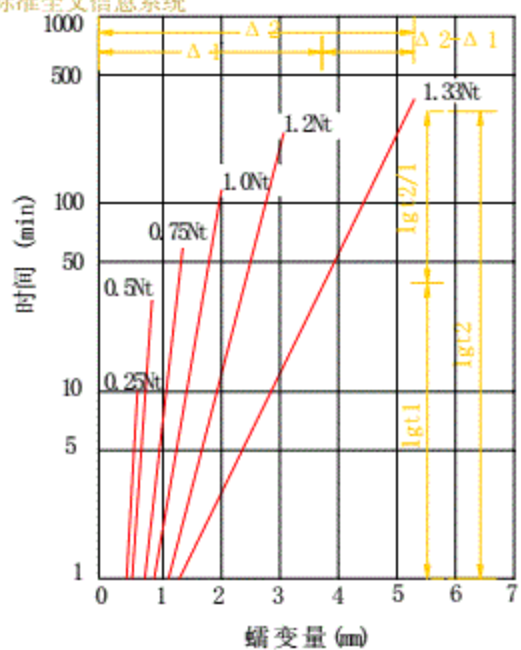


附图8.2 基本试验的 $Q-S_e$ 及
 $Q-S_p$ 曲线

注: $Q=A \cdot f_{pk}$



附图8.3 验收试验 $Q-S$ 曲线



附图8.4 蠕变试验的蠕变量—时间对数曲线

附加说明

本规范主编单位和主要起草人名单

主 编 单 位：冶金部建筑研究总院

主要起草人：程良奎 于来喜 范景伦 胡建林 钟映东