CECS T/CECS×××

中国工程建设标准化协会标准

笼芯囊锚杆技术规程

（征求意见稿）

2020 深圳

前　言

根据中国工程建设标准化协会发布的《关于印发（2020年第一批协会标准制订、修订计划）的通知》（建标协字[2020]14号）文件要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本标准。

本标准共分9章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、设计、结构验算、材料和构造、防腐设计、施工、工程质量检验验收和监测。

本标准由中国工程建设标准化协会地基基础专业委员会归口管理，由深圳钜联锚杆技术有限公司负责具体技术内容的解释。征求意见过程中如有意见或建议，请寄送解释单位（地址：广东省深圳市福田区北环大道7043号青海大厦17B，邮政编码：518034）。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 主编单位： | 深圳钜联锚杆技术有限公司 | | | |
|  | 中国水利水电科学研究院 | | | |
| 参编单位： |  | | | |
|  |  | | | |
|  |  | | | |
|  |  | | | |
|  |  | | | |
|  |  | | | |
|  |  | | | |
| 主要起草人员： |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 主要审查人员： |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

目 录

[1 总则 1](#_Toc5831)

[2 术语和符号 2](#_Toc24208)

[2.1 术语 2](#_Toc22860)

[2.2 符号 5](#_Toc25216)

[3 基本规定 8](#_Toc19358)

[4 设计 10](#_Toc28488)

[4.1 一般规定 10](#_Toc24496)

[4.2 建筑结构抗浮 12](#_Toc21237)

[4.3 水工闸室和消力池（塘）抗浮 13](#_Toc26522)

[4.4 边坡支护 17](#_Toc27261)

[4.5 基坑支护 20](#_Toc15059)

[5 结构验算 24](#_Toc11392)

[5.1 一般规定 24](#_Toc9814)

[5.2 锚杆抗拔力验算 25](#_Toc10094)

[5.3 锚固体稳定性验算 30](#_Toc1740)

[5.4 变形验算 31](#_Toc30065)

[6 材料和构造 33](#_Toc9524)

[6.1 笼芯囊材料和构造 33](#_Toc32009)

[6.2 锚杆构造 36](#_Toc29087)

[6.3 压力型锚杆 38](#_Toc19273)

[6.4 拉力型锚杆 40](#_Toc21756)

[7 防腐设计 41](#_Toc32002)

[7.1 防腐等级 41](#_Toc23043)

[7.2 Ⅰ级防腐 41](#_Toc5745)

[7.3 Ⅱ级防腐 45](#_Toc11973)

[7.4 Ⅲ级防腐 47](#_Toc25891)

[7.5 锚头防腐 48](#_Toc19305)

[7.6 其他 48](#_Toc9771)

[8 施工 49](#_Toc12313)

[8.1 一般规定 49](#_Toc15075)

[8.2 制锚 49](#_Toc31545)

[8.3 钻孔 51](#_Toc18632)

[8.4 锚孔注浆 51](#_Toc25172)

[8.5 下锚 52](#_Toc17721)

[8.6 囊袋注浆与监控 53](#_Toc11103)

[8.7 张拉和锁定 53](#_Toc13340)

[9 工程质量检验、验收和监测 55](#_Toc29005)

[9.1 工程质量检验 55](#_Toc22706)

[9.2 工程质量验收 56](#_Toc5638)

[9.3 监测 56](#_Toc21039)

[附录A 基本试验 58](#_Toc5432)

[附录B 验收试验 60](#_Toc10690)

[本规程用词说明 62](#_Toc18083)

[引用标准名录 63](#_Toc17973)

[条文说明 64](#_Toc21451)

Contents

[1 General provisions 1](#_Toc5831)

[2 Terms and Symbols 2](#_Toc24208)

[2.1 Terms 2](#_Toc22860)

[2.2 Symbols 5](#_Toc25216)

[3 Basic Requirements 8](#_Toc19358)

[4 Design 10](#_Toc28488)

[4.1 General Requirements 10](#_Toc24496)

[4.2 Anti-floating of Building Structures 12](#_Toc21237)

[4.3 Anti-floating of Sluice Chambers and Stilling Basins 13](#_Toc26522)

[4.4 Slope Support 17](#_Toc27261)

[4.5 Excavation Support 20](#_Toc15059)

[5 Structural Analysis 24](#_Toc11392)

[5.1 General Requirements 24](#_Toc9814)

[5.2 Analysis of Anchor Pullout Capacity 25](#_Toc10094)

[5.3 Stability Analysis of Anchorage Body 30](#_Toc1740)

[5.4 Deformation Analysis 31](#_Toc30065)

[6 Materials and Configurations 33](#_Toc9524)

[6.1 Material and Configuration of Core Bag 33](#_Toc32009)

[6.2 Anchor Configuration 36](#_Toc29087)

[6.3 Pressured Grout Anchor 38](#_Toc19273)

[6.4 Tensioned Grout Anchor 40](#_Toc21756)

[7 Design of Anti-Corrosion 41](#_Toc32002)

[7.1 Class of Anti-Corrosion 41](#_Toc23043)

[7.2 Anti-Corrosion of Class I 41](#_Toc5745)

[7.3 Anti-Corrosion of Class II 45](#_Toc11973)

[7.4 Anti-Corrosion of Class III 47](#_Toc25891)

[7.5 Anti-Corrosion for Anchor Head 48](#_Toc19305)

[7.6 Others 48](#_Toc9771)

[8 Construction 49](#_Toc12313)

[8.1 General Requirements 49](#_Toc15075)

[8.2 Manufacture of Anchor 49](#_Toc31545)

[8.3 Hole Drilling 51](#_Toc18632)

[8.4 Grouting of Anchor Hole 51](#_Toc25172)

[8.5 Anchor Installation 52](#_Toc17721)

[8.6 Grouting of Core Bag and Monitoring 53](#_Toc11103)

[8.7 Stretching and Locking 53](#_Toc13340)

[9 Inspection, Acceptance and Monitoring of Construction Quality 55](#_Toc29005)

[9.1 Inspection of Construction Quality 55](#_Toc22706)

[9.2 Acceptance of Construction Quality 56](#_Toc5638)

[9.3 Monitoring 56](#_Toc21039)

[Appendix A Basic Test 58](#_Toc5432)

[Appendix B Acceptance Test 60](#_Toc10690)

[Explanation of Words in This Specification 62](#_Toc18083)

[List of Quoted Standards 63](#_Toc17973)

[Addition: Explanation of Provisions 64](#_Toc21451)

# 1 总则

1.0.1 为规范笼芯囊锚杆的设计、施工，做到技术先进、安全可靠、经济合理和质量保证，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于土层锚杆、岩石锚杆的设计、施工、检验与试验。

1.0.3 笼芯囊锚杆的设计与施工，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，有效地利用和发挥笼芯囊锚杆的力学性能。

1.0.4 笼芯囊锚杆的设计、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 笼芯囊锚杆

杆体置于锚孔设计位置、囊袋注浆张开并按设计形状凝结形成的一种具有钢丝笼水泥结石囊体的锚杆，该钢丝笼水泥结石囊体为锚杆的主要锚固受力结构。又称钢丝笼囊式锚杆、囊式锚杆。

2.1.2 压力型锚杆

注浆体不与杆体或锚孔内其他任何传力杆件粘结、杆体拉力全部通过承载体转化为压力作用于注浆体、注浆体处于压应力状态的锚杆。

2.1.3 压力型笼芯囊锚杆

杆体拉力通过承载体转化为压力作用于钢丝笼水泥结石囊体的压力型锚杆。

2.1.4 拉力型锚杆

注浆体至少一段与杆体或锚孔内其他传力杆件粘结，杆体拉力通过这种粘结传递给注浆体，注浆体或部分处于拉应力状态的锚杆。

2.1.5 拉力型笼芯囊锚杆

杆体拉力通过与钢丝笼水泥结石囊体的粘结作用于钢丝笼水泥结石囊体的拉力型锚杆。

2.1.6 等直径笼芯囊锚杆

锚孔直径全程相等的笼芯囊锚杆。

2.1.7 扩大头笼芯囊锚杆

锚孔底部按设计尺寸设置扩大头，囊体设置在扩大头内的笼芯囊锚杆。又称囊式扩体锚杆。

2.1.8 笼芯

由结构钢丝按设计规格制成的钢丝笼。一般为圆筒形，由纵筋和箍筋构成。

2.1.9 囊袋

由具有一定强度和防渗透性能的土工布按设计规格制成的袋子，既能防止注浆时锚孔内泥浆、泥块等掺杂混入水泥浆中，又能使注入的水泥浆或水泥砂浆能按囊袋设计形状凝固形成设计形状的囊体。又称模袋。

2.1.10 笼芯囊

内部安装有笼芯的囊袋。

2.1.11 囊体

注入囊袋内的水泥浆或水泥砂浆凝结形成的、以杆体和笼芯为骨架的结石体。

2.1.12 注浆体

灌注于锚孔或囊袋内的水泥浆或水泥砂浆凝结而成的固结体。又称水泥浆体。

2.1.13 锚固体

锚杆连同嵌固锚杆的岩土体所组成的受力共同体。

2.1.14 承载体

承担杆体拉力并传递给注浆体或锚孔壁岩土体的构件。

2.1.15 永久性锚杆

设计使用期超过2年的锚杆。

2.1.16 临时性锚杆

设计使用期不超过2年的锚杆。

2.1.17 预应力锚杆

施加预应力以期获得较小的工后变形的锚杆。

2.1.18 非预应力锚杆

不施加预应力的锚杆。

2.1.19 位移控制锚杆

囊体深埋于不受基坑、边坡变形影响的稳定地层中，从锚头到囊体之间全长为自由段、工后位移主要由自由段杆体的弹性性能控制的锚杆。

2.1.20 锚杆倾角

锚杆轴线与水平面之间的夹角。

2.1.21 张拉锁定值

锚杆杆体张拉后锁定完成时的拉力值。

2.1.22 抗拔力极限值

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。又称抗拔承载力极限值。

2.1.23 抗拔力特征值

锚杆极限抗拔力标准值除以抗拔安全系数后的值。又称抗拔承载力特征值。

2.1.24 基本试验

为检验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。

2.1.25 验收试验

为检验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。

2.1.26 锚杆位移

锚杆试验时锚头处测得的沿锚杆轴线方向的位移。

2.1.27 锚固体稳定性

锚杆连同嵌固锚杆的岩土体作为一个受力整体，在锚杆受力时保持稳定的能力。

2.1.28 锚固体整体稳定性

区域内全部锚杆连同嵌固全部锚杆的岩土体作为一个受力整体，在全部锚杆同时受力时保持稳定的能力。

2.1.29 锚固体局部稳定性

区域内一根或一部分锚杆连同嵌固这些锚杆的岩土体作为一个受力整体，在这些锚杆同时受力时保持稳定的能力。

2.1.30 精轧螺纹钢

预应力混凝土用螺纹钢筋。

**2.2 符号**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *A* | —— | 闸室基础底面面积； |
| *Am* | —— | 囊体横截面积； |
| *Ap* | —— | 承载体与注浆体横载面净接触面积； |
| *A*s | —— | 锚杆杆体的截面面积； |
| *c1* | —— | 闸室基底面与土质地基之间的粘聚力； |
| *c* | —— | 土体的粘聚力； |
| *D*1 | —— | 锚杆钻孔直径； |
| *D*2 | —— | 锚杆扩大头直径； |
| *D3* | —— | 笼芯直径； |
| *D4* | —— | 囊袋直径； |
| *d* | —— | 杆体直径； |
| *E*s | —— | 锚杆杆体弹性模量； |
| *f* | —— | 闸室基底面与地基之间的摩擦系数； |
| *fck* | —— | 注浆体轴心抗压强度标准值； |
| *f*mg | —— | 锚杆注浆体与地层的摩阻强度标准值； |
| *f*ms | —— | 锚杆注浆体与锚杆杆体的粘结强度标准值； |
| *F*py | —— | 整根钢绞线的设计力； |
| *f*ptk、*f*py | —— | 钢绞线和热处理钢筋的抗拉强度标准值、设计值； |
| *FTU* | —— | 杆体承载体连接器组装件的实测抗拔力； |
| *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； |
| *∑G* | —— | 作用在闸室上的全部竖向荷载之和； |
| *Gm* | —— | 作用在闸室上的锚杆锚固力； |
| *h1* | —— | 锚杆锚头中点至基坑底面的距离； |
| *h2* | —— | 净土压力零点到基坑底面的深度； |
| *∑H* | —— | 作用在闸室上的全部水平荷载之和； |
| *K* | —— | 锚杆抗拔安全系数； |
| *K*a、*K*p、*K*o | —— | 土体的主动土压力系数、被动土压力系数、静止土压力系数； |
| *Kc* | —— | 沿闸室基底面的抗滑稳定安全系数； |
| *Kf* | —— | 闸室、消力池底板抗浮稳定安全系数； |
| *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 | —— | 锚杆的扩大头长度、钻孔段注浆体与锚孔孔壁  摩阻长度； |
| *Lf* | —— | 锚杆自由段长度； |
| *Lm* | —— | 锚杆杆体与注浆体的粘结长度； |
| *Ln* | —— | 笼芯长度； |
| *N*k | —— | 锚杆拉力标准值； |
| *P* | —— | 锚杆试验时对锚杆施加的荷载值； |
| *p1* | —— | 消力池底板自重； |
| *p2* | —— | 消力池底板顶面上的均压力； |
| *p3* | —— | 底板采用锚固措施时，地基的有效重量； |
| *p*D | —— | 扩大头端前土体对扩大头的抗力强度值； |
| *Q1* | —— | 底板顶面上的脉动压力； |
| *Q2* | —— | 底板底面上的扬压力； |
| *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； |
| *Tuk* | —— | 锚杆抗拔力极限值； |
| *∑U* | —— | 闸室基底面的杨压力； |
| *∑V* | —— | 闸室向下荷载力之和； |
| *Vm* | —— | 锚杆作用在闸室上的铅垂力； |
| *α* | —— | 锚杆倾角； |
| *β* | —— | 压力型锚杆注浆体与锚孔孔壁岩土间极限摩阻增强系数； |
| *γ* | —— | 土体容重； |
| γ' | —— | 土体浮重度； |
| *γ0* | —— | 锚杆结构重要性系数； |
| *γF* | —— | 荷载分项系数； |
| *η1* | —— | 钢丝笼对注浆体抗压强度增大系数； |
| *η* | —— | 有侧限注浆体抗压强度增大系数； |
| *ξ* | —— | 扩大头向前位移时反映土的挤密效应的侧压力系数 |
| *φ1* | —— | 闸室基础底面与土质地基之间的摩擦角； |
| *φ、φ′* | —— | 土体的内摩擦角、有效内摩擦角； |

# 3 基本规定

3.0.1 笼芯囊锚杆的设计使用年限应与所从属的主体建（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5章的规定。

3.0.2 锚杆的囊体不应设在下列地层中：

1 有机质土；

2 淤泥；

3 未经压实或改良的填土；

4 其他不适用的地层。

3.0.3 笼芯囊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 搜集各岩土层的工程特性指标、地下水的分布状况、锚固地层的地层结构和地层稳定性、锚固地层对施工方法的适应性、地下水土介质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、基础型式和埋深及水、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、基坑边坡开挖图等资料；

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。

3.0.4 锚杆设计时，所采用的作用效应组合应符合所从属的主体建（构）筑物的相关要求。

3.0.5 笼芯囊锚杆工程设计和施工应根据工程勘察和调查进行，实施过程中还应通过试验和监测，及时反馈，对工程设计和施工工艺进行验证和调整。

# 4 设计

## 4.1 一般规定

4.1.1 笼芯囊锚杆设计，应根据锚杆所从属的主体建（构）筑物具体情况，按照使用要求、场地条件、地质条件和防腐要求等进行锚杆选型、防腐设计、布置设计和相应的结构计算。

4.1.2 当锚固持力层为岩石时，宜采用等直径笼芯囊锚杆；当锚固持力层为土层或者软岩时，可采用扩大头笼芯囊锚杆或等直径笼芯囊锚杆。

4.1.3 为避免水泥浆体出现拉应力和开裂，宜采用压力型锚杆。采用拉力型锚杆的，计算抗裂和裂缝开展宽度时，应考虑笼芯钢丝笼的抗裂作用；需要时还可以设置辅助承载体以减小水泥浆体的拉应力值和裂缝宽度；计算可采用结构力学方法或数值分析方法。

4.1.4 压力型锚杆的杆体应采用单根粗钢筋，不宜采用多根较细的钢筋，不宜采用钢绞线。

4.1.5 当锚杆变形能满足要求时，宜优先采用非预应力锚杆；当锚杆变形不能满足要求时，宜减小锚杆长度或者采用预应力锚杆。

4.1.6 非预应力锚杆，杆体应采用钢筋，不得采用钢绞线。预应力锚杆的杆体，可采用钢筋或者钢绞线。杆体采用钢绞线的，必须施加预应力，设计为预应力锚杆。

4.1.7 建筑物有防水要求的，不宜采用预应力锚杆；需要采用预应力锚杆的，锚杆杆体与建筑物交接处必须采用可靠的防水措施。

4.1.8 笼芯应采用结构钢丝，抗拉强度不应低于400MPa,钢丝直径不宜小于3mm。不得采用非结构钢丝和铁丝。

4.1.9 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》GB175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；

4.1.10 囊袋注浆浆液的容重应大于锚孔注浆浆液的容重。

4.1.11 锚孔注浆应采用纯水泥浆，不得使用水泥砂浆，水泥浆的水灰比等直径锚杆宜为0.6~0.8，扩大头锚杆宜为0.6~1.0。

4.1.12 囊袋注浆可采用纯水泥浆或者水泥砂浆。采用纯水泥浆的，水灰比应为0.4~0.6；采用水泥砂浆的，其配比应满足浆液流动性和浆体强度的要求。

4.1.13 锚杆的材料和构造，根据所选锚杆的类型，还应符合本规程第6章的规定。

4.1.14 等直径锚杆应采用压力型锚杆，扩大头锚杆可采用拉力型锚杆或压力型锚杆。

4.1.15 锚杆的防腐设计应根据地下水土介质的腐蚀性和锚杆类型按照本规程第7章的规定。

4.1.16 锚杆的结构计算，应根据锚杆类型和构造，按照本规程第5章的规定。

4.1.17 压力型锚杆，应分别验算杆体强度、承载体与杆体的连接强度、承载体与囊体的压力强度、注浆体与地层的锚固抗拔力等，每一项均应达到本规程第5章规定的安全系数。

4.1.18 拉力型锚杆，应分别验算杆体强度、杆体与注浆体的粘结强度、注浆体与地层的锚固抗拔力等，杆体底部配有承载体时还应验算承载体与杆体的连接强度以及与水泥浆体的抗压强度，每一项均应满足本规程第5章规定的安全系数。

## 4.2 建筑结构抗浮

4.2.1 新建建筑物地下室抗浮应优先采用非预应力锚杆；所需锚杆长度较大、锚杆变形不能满足要求时，可采用预应力锚杆。既有建筑物地下室增建抗浮宜采用预应力锚杆。建筑物地下室已经发生浮动或抗浮破坏，应采用预应力锚杆。

4.2.2 采用预应力锚杆的，锚杆杆体与地下室底板交接处必须采取可靠的防水措施。

4.2.3 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，并兼顾减小底板（梁）弯矩和厚度的要求。锚杆间距不应小于1.5m，不宜小于1.8m。

4.2.4 抗浮锚杆的长度，岩石锚杆不宜小于4m；土层锚杆的长度应使囊体设置在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，且锚杆长度不宜小于6m。锚杆长度和间距还应满足锚固体稳定性要求，可按本规程第5.3节规定的方法验算。

4.2.5 非预应力钢筋锚杆杆体材料可采用精轧螺纹钢或普通螺纹钢。钢筋伸入混凝土内的垂直长度不应小于基础梁高度或板厚度的一半，且不应小于300mm。钢筋伸入混凝土梁板内的锚固长度还应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的规定。钢筋采用锚板锚固在梁板混凝土内的，锚板应按抗冲切验算。

4.2.6 抗浮锚杆可采用等直径锚杆或扩大头锚杆。岩石和土层中的等直径锚杆构造见图4.2.6（a)，土层扩大头锚杆构造见图4.2.6（b)。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a） | （b） |

图4.2.6 等直径和扩大头锚杆构造

1—下锁扣；2—螺纹承载体；3—引浆管出口；4—囊袋；5—袋内注浆体；

6—笼芯；7—引浆管；8—上锁扣；9—密封套；10—引浆管接头；11—防腐套管；12—防腐涂层或防腐油脂；13—杆体；14—注浆管；15—止水环；

16—螺旋筋；17—锚板；18—锚具；19—排气管；20—排气管接头；

21—排气管进气口；22—扩大头

4.2.7 锚杆的防腐等级按本规程第7.1节确定，各等级的防腐构造应符合本规程第7章的规定。

**4.3** **水工闸室和消力池（塘）抗浮**

4.3.1 水闸是修建在河道和渠道上利用闸门控制流量和调节水位的低水头水工建筑物。当闸室的稳定性不满足相关要求时，针对适合的闸室地基，可以采用笼芯囊锚杆进行加固。

4.3.2 消力池（塘）是促使在泄水建筑物下游产生底流式水跃的消能设施。在进行消力池设计时，消力池底板厚度应根据布置要求、水力设计、抗浮稳定计算、地基条件以及采取的措施，进行综合设计。可以考虑采用笼芯囊锚杆进行底板加固，提高其抗浮稳定性能。

4.3.3 当水闸闸室与消力池底板采用钢筋混凝土时，锚杆端头应与混凝土钢筋有效连接。

4.3.4 锚杆的布置应避免对相邻建（构）筑物的基础产生不良影响。

4.3.5 锚杆构造和防腐设计应按照本规程第6章及本规程第7.2节中相关抗浮锚杆结构进行设计。

4.3.6 当闸室采用笼芯囊锚杆进行加固时，其稳定计算应满足《水闸设计规范》SL265第7.3.3条的相关规定。

闸室典型受力示意图如图4.3.6：

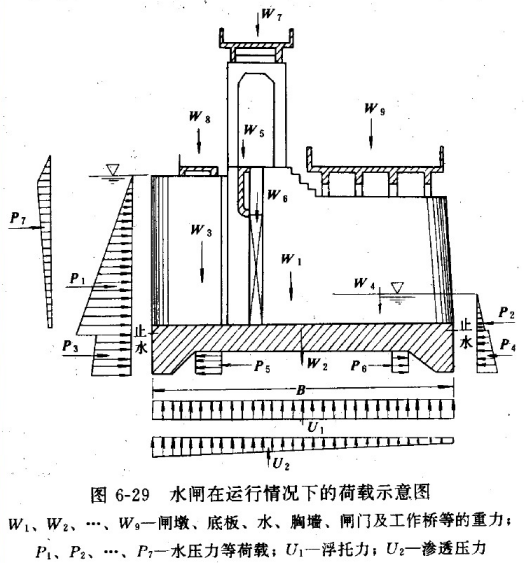


图4.3.6 水闸在运行情况下的荷载示意图

*W1*、*W2*、…、*W9*—闸墩、底板、水、胸墙、闸门及工作桥等结构的重力；*P1*、*P2*、…、*P9*—水压力等荷载；*U1*—浮托力；*U2*—渗透压力

土基上沿闸室基底面的抗滑稳定安全系数，对于小型水闸，应按式（4.3.6-1）进行计算；对于大、中型水闸，应按式（4.3.6-2）进行计算:

** （4.3.6-1）

** （4.3.6-2）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *∑H*  1  1  *∑G*  m | —  —  —  —  —  —  —  — | 沿闸室基底面的抗滑稳定安全系数，按《水闸设计规范》SL265取值；  闸室基底面与地基之间的摩擦系数；  作用在闸室上的全部水平荷载（kN）；  闸室基础底面与土质地基之间的摩擦角（°）；  闸室基底面与土质地基之间的粘聚力（kPa）；  作用在闸室上的全部竖向荷载（kN）；  作用在闸室上的锚杆锚固力（kN）。可按本规程第5章计算确定；  闸室基础底面面积（）。 |

4.3.7 当闸室设有两道检修闸门或只设一道检修闸门，利用工作闸门与检修闸门进行检修时，需要考虑闸室抗浮、抗滑稳定可按相关规定计算抗浮稳定计算。不论水闸级别和地基条件，在基本荷载组合条件下，闸门抗浮安全系数应满足《水闸设计规范》SL265相关规定。

（4.3.7）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *∑V*  *∑U* | —  —  —  — | 闸室抗浮稳定安全系数,按《水闸设计规范》SL265取值；  闸室向下荷载力之和（kN）；  笼芯囊锚杆作用在闸室上的铅垂力（kN），可按本规程第5章计算确定；  闸室基底面的扬压力（kN），扬压力计算可按《水闸设计规范》SL265附录C。 |

4.3.8 消力池底板抗浮计算应按下式进行，抗浮稳定安全取值标准应结合工程重要性及溢洪道级别、地基条件、荷载确定、计算情况等选用，应符合《溢洪道设计规范》SL253的要求，其中荷载组合及各荷载计算参考《溢洪道设计规范》SL253附录B中规定。

（4.3.8）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | —  —  —  —  —  — | 消力池底板抗浮稳定安全系数，按《溢洪道设计规范》SL253取值；  底板自重（kN）；  底板顶面上的均压力（kN）；  底板采用锚固措施时，地基的有效重量（kN），可按本规程第5章计算确定；  底板顶面上的脉动压力（kN）；  底板底面上的扬压力（kN）； |

4.3.9 闸室与消力池底板中的笼芯囊锚杆防护应考虑区域环境对于锚杆材料、笼芯材料及注浆材料的腐蚀。水和土对锚杆系统的腐蚀程度宜按照现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021确定，并结合本规程第6章及第7章相关内容进行闸室与消力池（塘）底板笼芯囊锚杆的防护设计。

4.3.10 外锚头结构应符合下列规定：

1 外锚头应设置锚板等结构，并且必要时要预留相应厚度与空间，为长期观测提供条件。

2 外锚头各部件承载能力应与单根笼芯囊锚杆张拉及运行过程相匹配。

3 外锚头结构应保证锚杆承载力传力均匀，并且外锚头结构与尺寸应根据锚杆载荷设计、施工工艺、地板材料强度及锚杆和底板连接方式合理确定，必要时应核算外锚头和外部连接强度和可靠性。

4 外锚头承压板应垂直于锚孔轴线，其角度偏差宜小于2°。

5 外锚头应根据水、土及运行条件，按本规程第7章进行防腐设计。

**4.4 边坡支护**

4.4.1 笼芯囊锚杆用于边坡支护，根据使用要求和场地条件可采用格构梁锚杆支护、挂网喷射混凝土锚杆支护、锚拉排桩支护等结构型式，还可与其他支护结构联合使用。

4.4.2 采用扩大头笼芯囊锚杆的，锚杆扩大头应设置在具有一定埋深的碎石土、砂土、粉土以及可塑或可塑状态以上硬度的黏性土中。

4.4.3 锚杆的布置应避免对相邻建（构）筑物的基础产生不良影响。

4.4.4 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，锚杆长度还应满足锚固体稳定性要求。锚固体稳定性验算可按本规程第5.3推荐的方法计算，稳定安全系数应按锚杆所从属的主体建（构）筑物的有关要求确定。

4.4.5 边坡支护采用格构梁锚杆和挂网喷射混凝土锚杆支护型式的（图4.4.5），笼芯囊锚杆布置水平间距不应小于1.5m,竖向间距不宜小于2.0m；锚杆最小长度，岩石锚杆不应小于4m，土层锚杆不应小于6m。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）格构梁笼芯囊锚杆支护 | （b）网喷混凝土笼芯囊锚杆支护 |

图4.4.5 格构梁和网喷混凝土锚杆支护布置图

4.4.6 采用格构梁锚杆支护和挂网喷射混凝土锚杆支护的，宜采用等直径笼芯囊锚杆（图4.4.6），锚杆杆体宜采用单根精轧螺纹钢，不宜采用多根较细的钢筋。

|  |
| --- |
|  |
| （a） |
|  |
| (b) |

图4.4.6 等直径笼芯囊锚杆

1—下锁扣；2—囊袋；3—引浆管出口；4—袋内注浆体；5—笼芯；6—引浆管；7—上锁扣；8—引浆管接头；9—注浆管；10—杆体；11—格构梁；12—锚具；13—锚具罩；14—排气管；15—密封套；16—排气管接头；17—排气管进气口；18—螺纹承载体；19—囊袋肩；20—下箍筒

4.4.7采用锚拉排桩支护的，应采用预应力笼芯囊锚杆（图4.4.7）：

|  |
| --- |
|  |

图4.4.7 锚拉支护锚杆（预应力）结构示意

1—囊袋；2—笼芯；3—扩大头；4—锚杆杆体；5—杆体定位器；6—过渡管；

7—锚头；8—支护桩

4.4.8 边坡支护宜采用压力型锚杆，将锚杆拉力直接传递到锚孔底部。

4.4.9 永久性边坡锚杆防腐等级应按Ⅰ级设计，Ⅰ级防腐压力型锚杆（等直径）构造见图4.4.9。

|  |
| --- |
|  |
| （a） |
|  |
| （b） |

图4.4.9 Ⅰ级防腐笼芯囊锚杆

1—下锁扣；2—囊袋；3—引浆管出口；4—袋内注浆体；5—笼芯；6—引浆管；7—上锁扣；8—引浆管接头；9—防腐套管；10—防腐涂层或防腐油脂；

11—注浆管；12—杆体；13—承载构件；14—锚具；15—锚具罩；16—排气管；17—密封套；18—排气管接头；19—排气管进气口；20—螺纹承载体

**4.5 基坑支护**

4.5.1 笼芯囊锚杆用于基坑支护，根据场地条件和基坑支护总体设计，可采用锚拉排桩、锚拉地下连续墙型式。

4.5.2 采用锚拉桩墙支护的，锚杆持力层为土层的，应采用扩大头笼芯囊预应力锚杆，杆体宜采用纲绞线；岩石埋深较浅的，应穿过土层进入岩石，采用等直径锚杆，将笼芯囊设置在岩石中；等直径锚杆应采用压力型锚杆，扩大头锚杆可采用拉力型锚杆或压力型锚杆。

|  |
| --- |
|  |

图4.5.2锚拉桩墙支护锚杆（扩大头）结构示意

1—囊袋；2—笼芯；3—扩大头；4—锚杆杆体；5—杆体定位器；6—过渡管；

7—锚头；8—支护桩或地下室连续墙

4.5.3 锚杆的倾角不宜小于20°，不应大于45°。

4.5.4 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（4.5.4）计算（图4.5.4），且不应小于10m；当扩大头端前有软土时，锚杆自由段长度还应完全穿过软土层。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (4.5.4) |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *L*f  *h*1  *h*2  *φ*  *α* | ——  ——  ——  ——  —— | 锚杆自由段长度；  锚杆锚头中点至基坑底面的距离（m）；  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）；  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。  锚杆倾角（°）。 |

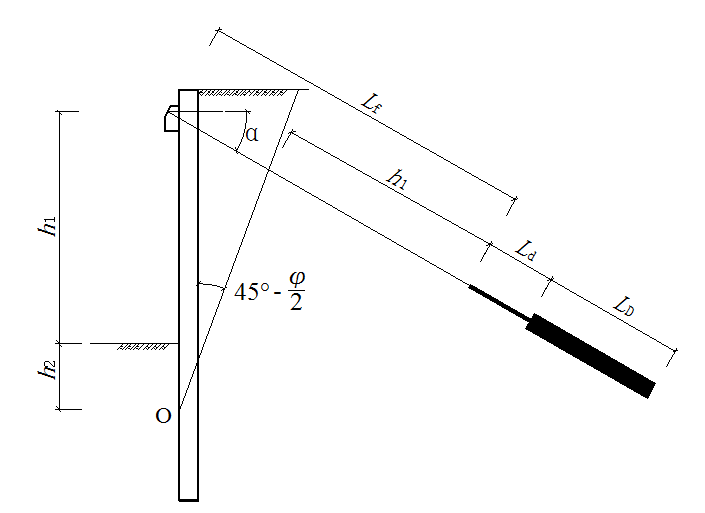


图4.5.4 锚杆自由段长度计算简图

4.5.5 扩大头长度宜为2～6m，应按本规程第5章的规定计算确定；锚固段总长度（含扩大头长度）宜为6～10m，普通锚固段长度宜为1～4m。扩大头最小埋深不应小于7m。

4.5.6 锚杆间距应符合下列规定：

1 水平间距不应小于1.8m，竖向间距不应小于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1m，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。

4.5.7 锚杆的长度、埋深和间距应满足锚固体稳定性要求。

4.5.8 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须进行加固时，应按位移控制的要求设计位移控制锚杆。

4.5.9 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。

4.5.10 位移控制锚杆扩大头的设置除应符合本规程第4.5.5～4.5.9条的规定以外，尚应符合下列规定：

1 扩大头端前有软土层时，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。

4.5.11 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。

4.5.12 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。

4.5.13 基坑支护锚杆除抗拔力应满足支护体系结构计算的要求外，尚应满足锚固体稳定性要求。锚固体整体稳定性验算可按本规程第5章的规定。

# 5 结构验算

## 5.1 一般规定

5.1.1 锚杆的抗拔安全系数、锚杆杆体与注浆体之间的粘结安全系数以及锚杆结构的重要性系数，应根据锚杆破坏的危害程度和锚杆的使用年限，按表5.1.1确定。

表5. 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 | | 结构重要性  系数*γ0* | |
| 临时  锚杆 | 永久  锚杆 | 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 | 1.1 | 1.1 |
| Ⅱ | 危害较大，但不致造成公共安全问题 | 1.8 | 2.0 | 1.6 | 1.8 | 1.0 | 1.1 |
| Ⅲ | 危害较轻，且不致造成公共安全问题 | 1.6 | 2.0 | 1.4 | 1.6 | 1.0 | 1.1 |

5.1.2 锚杆的抗拔力极限值应根据现场基本试验确定。

5.1.3 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》GB50010和《建筑地基基础设计规范》GB50007的有关规定。

**5.2 锚杆抗拔力验算**

5.2.1锚杆抗拔力特征值应取所从属的主体建（构）筑物荷载效应标准组合计算的锚杆拉力标准值：

|  |  |
| --- | --- |
| *T*ak≥*N*k | （5.2.1） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *T*ak  *N*k | ——  —— | 锚杆抗拔力特征值（kN）；  锚杆从属的主体建（构）筑物荷载效应  标准组合计算的锚杆拉力标准值（kN）。 |

5.2.2锚杆杆体的截面面积和材料强度应符合下列公式规定：

|  |  |
| --- | --- |
| ≥ | （5.2.2-1） |
| ≥ | （5.2.2-2） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *K*t  *γ0*  *γF*  *T*ak  *As*  *f*y、*f*py | ——  ——  ——  ——  ——  —— | 锚杆杆体的抗拉断综合安全系数，*K*t=*γ0γF*；  锚杆结构的重要性系数，按表5.1.1取值；  荷载分项系数，永久性锚杆取1.35，临时性锚杆取1.25；  锚杆的抗拔力特征值（kN)；  锚杆杆体截面面积（m2)；  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）。 |

5.2.3压力型锚杆螺纹承载体与杆体的连接强度应满足下式要求：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.2.3） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *FTU*  *Kt*  *Tak* | ——  ——  —— | 杆体和螺纹承载体（螺母）组件的抗拉力值，与杆体材料同批次送检实测；  锚杆杆体的抗拉断综合安全系数；  锚杆抗拔力特征值（kN）； |

5.2.4 压力型锚杆承载体应按下式验算承载体的承载面积：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.2.4） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *Tak*  *Ap*  *Am*  *η1*  *η*  *fck* | ——  ——  ——  ——  ——  —— | 锚杆抗拔力特征值（kN）；  承载体与注浆体横截面净接触面积(m²);  囊体横截面积(m²);  钢丝笼对注浆体抗压强度增大系数；  压力型锚杆有侧限锚固段注浆体强度增大系数，土层取η=1.0，岩石取η=1.1~1.8并应经现场基本试验验证；  注浆体抗压强度标准值（kPa）。 |

5.2.5拉力型锚杆应按式（5.2.5）验算钢丝笼与水泥浆体的粘结长度；

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.2.5） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *Tak*  *Ks*  *D3*  *Ln* | ——  ——  ——  —— | 锚杆抗拔力特征值（kN）；  锚杆与注浆体的粘结安全系数，按本规程表5.1.1取值；  笼芯直径（m）；  笼芯长度（m）； |
|  | *fms*  *fck* | ——  —— | 囊袋内注浆体与钢丝笼侧壁粘结强度标准值（kPa）,通过试验确定；当无试验资料时，可根据注浆体强度(25MPa~40MPa）取fms=2000kPa~3000kPa,并应经过锚杆基本试验验证确定。  囊袋前注浆体抗压强度标准值（kPa）。 |

5.2.6 扩大头锚杆和等直径锚杆的抗拔力极限值应满足下式要求：

|  |  |
| --- | --- |
| ≥ | (5.2.6) |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *Tuk*  *Tak*  *K* | ——  ——  —— | 锚杆抗拔力极限值（kN)，按下述第5.2.7条  或第5.2.8条确定；  锚杆抗拔力特征值（kN）；  锚杆抗拔安全系数，按表5.1.1取值。 |

5.2.7扩大头笼芯囊锚杆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确定；无试验资料时，可按式（5.2.7-1）计算，但实际施工时必须通过现场基本试验验证确定。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.2.7-1） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中: | *T*uk  *D*1  *D*2  *L*D  *f*mg  *PD* | ——  ——  ——  ——  ——  —— | 锚杆抗拔力极限值（kN)；  锚杆钻孔直径（m）；  扩大头直径（m）；  扩大头长度（m）；  扩大头段注浆体与土层间的极限摩阻强度标准值（kPa），按工程勘察报告取值，或者通过试验确定；无试验资料时，可按表5.2.7取值；  扩大头端前土体对扩大头的抗力强度值（kPa）。 |

表5. 2. 7 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 | *IL＞1*  *0.75＜IL≤1*  *0.50＜IL≤0.75*  *0.25＜IL≤0.50*  *0＜IL≤0.25*  *IL＜0* | 18～30  30～40  40～53  53～65  65～73  73～90 |
| 粉土 | e＞0.90  0.75＜e≤0.90  e＜0.75 | 22～44  44～64  64～100 |
| 粉细砂 | 稍密  中密  密实 | 22～42  42～63  63～85 |
| 中砂 | 稍密  中密  密实 | 54～74  74～90  90～120 |
| 粗砂 | 稍密  中密  密实 | 80～120  100～130  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。

扩大头端前土体对扩大头的抗力强度值，对竖直锚杆应按式（5.2.7-2）计算；对水平或倾斜向锚杆应按式（5.2.7-3）计算:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.2.7-2) |
|  | (5.2.7-3) |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *γ*  *h*  *K*o  *K*P  *c*  *ξ* | ——  ——  ——  ——  ——  —— | 扩大头上覆土体的容重（kN/m3）；  扩大头上覆土体的厚度（m）；  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  *Ko*=1－sinφ′（φ′为土体的有效内摩擦角）；  扩大头端前土体的被动土压力系数；  扩大头端前土体的粘聚力（kPa）；  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ξ=（0.50～0.90）*Ka*，对预应力锚杆可取ξ=（0.85～0.95）*Ka*，*Ka*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较小值。 |

5.2.8 等直径笼芯囊锚杆抗拔力极限值与土（岩）质、锚杆埋深和施工工艺有关，应通过现场原位基本试验确定；无试验资料时，可按式（5.2.8）计算，但实际施工时必须经过现场基本试验验证确定。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.2.8) |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中: | *T*uk  *L*d  *D1*  *β*  *f*mg | ——  ——  ——  ——  —— | 锚杆抗拔力极限值（kN)；  注浆体与锚孔孔壁的摩阻长度（m），当锚孔孔口为临空面时，取实际长度减去7倍锚孔直径；当*L*d≥12m时，取*L*d=12m；  锚杆钻孔直径（m）；  压力型锚杆注浆体与孔壁岩土的极限摩阻增强系数，土层取*β*=1.1~1.3，岩层取*β*=1.2~1.8；对拉力型锚杆，取*β*=1；  注浆体与锚孔孔壁岩土的极限摩阻强度标准值（kPa），按工程勘察报告取值，或者通过试验确定；无试验资料时，可按表5.2.8取值。 |

表5.2.8锚固体与岩石间粘结强度标准值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 岩石类别 | 岩石天然单轴抗压强度标准值*ft*(MPa) | 锚固体与岩石间粘结强度标准值*fmg*(kPa) |
| 极软岩 | *ft* <5 | 135~180 |
| 软岩 | *5≤ft* <15 | 180~380 |
| 较软岩 | *15≤ft* <30 | 380~600 |
| 较硬岩 | *30≤ft* <60 | 600~900 |
| 坚硬岩 | *ft ≥*60 | 900 |

## 5.3 锚固体稳定性验算

5.3.1边坡及基坑支护锚杆锚固体稳定性可按圆弧滑动法或者《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282附录B Kranz方法进行验算；岩土体有不利结构面的，还应按沿结构面滑移进行验算。

5.3.2 土层抗浮锚杆，锚固体稳定性验算应针对各不同长度的锚杆分别进行局部稳定性验算；所有局部稳定性验算均满足要求，则整体稳定性满足要求。各不同长度的锚杆，应分别选取间距最小的进行局部稳定性验算，其长度及其与相邻锚杆的间距应满足下式要求：

|  |  |
| --- | --- |
| *W’*≥*1.05Nk* | （5.3.2-1） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中: | *W’*  *Nk* | ——  —— | 锚杆与四周相邻锚杆间距的中心线所围成范围（图5.3.2）内土体按浮重度计算的土体自重标准值（kN）；  锚杆的拉力标准值（kN）。 |

|  |
| --- |
|  |

图5.3.2 抗浮锚杆锚固体局部稳定性示意图

当锚杆平面布置规则时（图5.3.2），可按下式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | ≥ | (5.3.2-2) |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中: | *γ’*  *a、b*  *H*  *Nk* | ——  ——  ——  —— | 土体浮容重（kN/m3）；  锚杆两个方向上的间距（m）；  锚杆长度（m）；  锚杆拉力标准值（kN）。 |

## 5.4 变形验算

5.4.1锚杆变形计算应根据锚杆的使用工况、锚杆刚度和锚杆初始预应力值，结合锚杆所从属的主体建（构）筑物的具体受力条件按照相应的力学公式或数值分析方法计算。

5.4.2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：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  | | --- | --- | |  | （5.4.2） | |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *k*T  *A*s  *E*s  *L*c  *L*f  *L*m | ——  ——  ——  ——  ——  —— | 锚杆的轴向刚度系数（kN/m）；  锚杆杆体的截面面积（m2）；  锚杆杆体的弹性模量（kN/m2）；  锚杆杆体的变形计算长度（m），  可取*L*c=*L*f～（*L*f+*L*m）；  锚杆杆体的自由段长度（m）；  锚杆杆体与注浆体的粘结长度（m）。 |

5.4.3必要时，锚杆变形的容许值应根据具体工程按照锚杆所从属的主体建（构）筑物的使用变形要求和结构计算确定，可在设计文件中规定锚杆拉力标准值或特征值所对应的锚杆变形容许值。

# 6 材料和构造

## 6.1 笼芯囊材料和构造

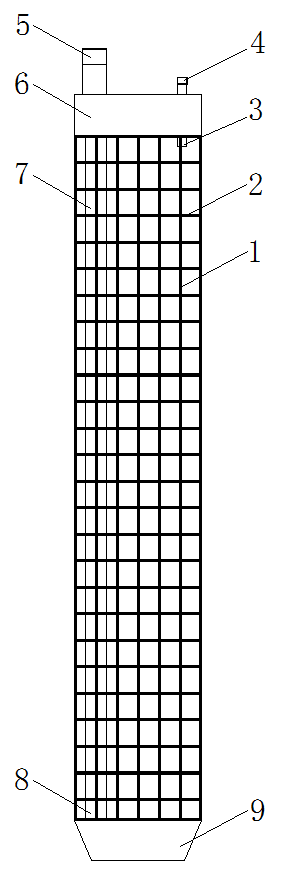
6.1.1笼芯构造（图6.1.1）应符合下列规定：

图6.1.1 笼芯构造

1—纵筋；2—箍筋；3—排气管进气口；4—排气管接头；5—引浆管接头；

6—上箍筒；7—引浆管；8—引浆管出口；9—下箍筒或底板

1笼芯应由箍筋和纵筋组成，箍筋与纵筋的每一个交叉点应焊接固定；

2箍筋应呈圆形，不得呈椭圆或方形。纵筋和箍筋均应线条平顺，不得有弯折；

3笼芯上端应设上箍筒，上箍筒由底板和侧壁组成。上箍筒应与笼芯纵筋或箍筋焊接。上箍筒底板上应布置锚杆杆体穿入孔、引浆管接头和排气管接头等；

4 引浆管应布置在笼芯内靠近笼芯钢丝网侧壁，引浆管接头应伸出上箍筒底板外露不小于150mm,引浆管出口应伸入到笼芯下箍筒内并与下箍筒侧壁焊接固定；

5排气管接头应伸出上箍筒底板适当外露，以方便排气管连接。排气管进气口伸入笼芯内超出上箍筒底板的长度不应超过10mm；

6笼芯下端应设下箍筒，下箍筒应为圆筒或圆锥筒，当为圆锥筒时，锥孔大小应满足锚杆杆体穿出的要求。下箍筒或底板应与笼芯焊接固定。

6.1.2笼芯材料，箍筋和纵筋应采用结构钢丝，抗拉强度不应小于400MPa，直径不宜小于3mm；上箍筒和下箍筒应采用结构钢，上箍筒底板和侧壁厚度不应小于2mm。

6.1.3囊袋构造（图6.1.3）应符合下列规定：

1囊袋上口、下口应为圆柱形；囊袋上口和下口直径不宜大于笼芯直径的1.3倍；

2 囊袋袋体应为圆柱形，囊袋充满水泥浆后，囊袋侧应平顺、不应有褶皱；

3囊袋应平肩，不应斜肩。囊袋注满水泥浆后，囊袋肩应为垂直于锚杆轴线的平面，囊袋布应平顺无褶皱（照片6.1.3b）。

|  |  |
| --- | --- |
|  | 笼芯囊图片 |
| (a) | (b) |

图6.1.3 囊袋构造

1—囊袋袋体；2—囊袋上口；3—囊袋下口；4—囊袋肩；5—囊袋侧

6.1.4 囊袋布宜采用机织长丝土工布，布料径向强度、纬向强度和接缝强度应满足下式要求：

|  |  |
| --- | --- |
| Min｛径向、纬向、接缝强度｝≥ | （6.1.4） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *Kb*  *γ*1  *γ*2  *h*  *D4* | ——  ——  — | 布料强度安全系数，取*Kb*=3；  囊袋外水泥浆的容重（kN/m3）；  囊袋内水泥浆的容重（kN/m3）；  竖直锚杆取囊袋高度（m），倾斜锚杆取囊袋竖向投影高度；  囊袋直径（m）。 |

6.1.5 囊袋布和囊袋接缝应不透浆或弱透浆。

6.1.6 囊袋布的厚度不宜大于0.6mm。

6.1.7 囊袋的高度应等于笼芯高度。囊袋直径不应小于囊袋置放处锚孔的直径，不宜大于囊袋置放处锚孔直径+30mm。

6.1.8囊袋上口与笼芯上箍筒采用螺栓压板套压固定连接，连接应稳固可靠、密封不透浆。

## 6.2 锚杆构造

6.2.1 笼芯囊与钢筋锚杆安装连接（图6.2.1）应符合下列规定：

1 笼芯囊上箍筒应通过轴向螺栓和上锁扣与杆体连接固定；

2 上锁扣应套压密封套并由横向螺栓锁紧在锚杆杆体上，确保水泥浆不能沿锚杆杆体外漏；

3螺纹承载体应螺旋安装于笼芯底部杆体钢筋并将笼芯底部向上抵压压紧；

4笼芯和螺纹承载体应封闭在囊袋内，囊袋下口应套在杆体钢筋尾端并用下锁扣或钢箍将囊袋下口套压在杆体钢筋上并咬合锁紧，确保水泥浆不能沿杆体钢筋外漏；

5螺纹承载体由承载板和内螺纹筒体组成，可以一体，也可以分体。承载板直径不应小于1.1倍笼芯直径。

6.2.2 注浆管应与引浆管接头密封连接，确保不漏浆。

6. 2.3排气管应与排气管接头牢固连接。排气管内径不应小于5mm。排气管可采用PE材料，管壁厚度和硬度应确保在土体中受到泥水或土体挤时不会被压扁堵塞。

6.2.4 钢绞线锚杆笼芯囊可采用钢丝网格笼芯或钢弹簧螺旋笼芯，安装连接（图6.2.4）应符合下列规定：

1囊袋上口和下口内每股钢绞线之间均应设置可靠的密封固定材料，确保密不漏浆并固定可靠；

2 引浆管应沿笼芯外伸入囊袋底部；

3 排气管进气口应伸入囊袋上部200mm内；

4囊袋上口和下口应采用1～3道锁扣套压锁紧，确保囊袋可靠固定在杆体上。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （b） |
|  |
| （c） |
|  |
| （a） | （d） |

图6.2.1 笼芯囊钢筋锚杆安装连接构造

1—杆体；2—囊袋；3—上锁扣；4—下锁扣；5—密封套；6—上箍筒；

7—注浆管；8—引浆管；9—排气管；10—螺纹承载体；11—囊袋肩；

12—引浆管接头；13—排气管接头；14—横向螺栓；15—排气管进气口；

16—纵向螺栓；17—引浆管出口；18—下箍筒；19-囊袋底

|  |  |
| --- | --- |
|  | |
| （a） | |
|  |  |
| （b） | （c） |
| 图6.2.4 笼芯囊钢绞线锚杆安装连接构造 | |

1—扩大头；2—囊袋；3—袋内注浆体；4—笼芯；5—锁扣；6—杆体定位器；

7—防腐套管；8—防腐涂层或防腐油脂；9—杆体；10—注浆管；11—承载构件；12—锚具；13—锚具罩；14—排气管；15—囊袋上口；16—密封固定件；

17—排气管进气口；18—注浆管出口；19—囊袋下口

**6.3 压力型锚杆**

6.3.1 压力型笼芯囊锚杆基本构造（图6.3.1）应符合下列规定：

1 应在杆体底部设置承载体以承接杆体的全部拉力；

2 承载体的承载面应抵住笼芯钢丝笼，其间不得夹有囊袋布，以免影响承载体与钢丝笼水泥结石囊体之间的力学性能；

3 杆体从锚孔孔口或之上到承载体的承载面，应全长套设隔离管，隔离管内应充填沥青或防腐润滑油脂，隔离杆体与注浆体的力学联系并可自由伸缩变形，以确保杆体拉力全部传递给承载体。

|  |
| --- |
|  |
| 图6.3.1 压力型笼芯囊锚杆构造 |

1—承载体；2—笼芯；3—囊袋；4—隔离管；5—杆体

6.3.2 承载体应采用结构钢，承载面大小应满足本规程第5.2节的要求。

6.3.3 承载体应与杆体可靠连接，连接强度应满足本规程第5.2节的要求。

6.3.4 承载体应置于囊袋内并被囊袋封闭包围，不得出露在囊袋之外，以避免囊袋外的泥浆和非纯净水泥浆掺杂侵入影响承载体与钢丝笼及注浆体之间的力学性能。

## 6.4 拉力型锚杆

6.4.1拉力型笼芯囊锚杆基本构造（图6.4.1）应符合下列规定：

|  |
| --- |
|  |

图6.4.1 拉力型笼芯囊锚杆构造

1—承载体；2—笼芯；3—囊袋；4—隔离管；5—杆体；6—密封套

1 杆体从锚孔孔口或以上到囊袋密封套应套设隔离管，隔离管内应充填沥青或防腐油脂，隔断杆体与注浆体的力学联系并可自由伸缩变形，确保杆体拉力全部传递给钢丝笼水泥结石囊体；

2 囊袋内杆体应清洁干净，不得受油脂或沥青以及其他任何可能影响杆体与水泥浆粘结凝固的材料或泥浆沾染；

3 杆体底部应设置铸铁或钢质承载体抵住钢丝笼，承载体的承载面应大于钢丝笼横截面；

4 承载体和钢丝笼应由囊袋封闭包围，避免囊袋外泥浆和非纯净水泥浆掺杂侵入袋内影响水泥浆体与杆体及钢丝笼的粘结强度。

6.4.2 囊袋内水泥浆体与杆体和钢丝笼应粘结可靠，钢丝笼长度和直径应满足本规程第5.2节粘结强度验算的要求。

# 7 防腐设计

## 7.1 防腐等级

7.1.1地层水土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份的含量按照现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021分为微、弱、中、强四个腐蚀等级。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。

7.1.2锚杆的防腐等级根据地层水土介质的腐蚀等级和锚杆使用年限确定（表7.1.2），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。微腐蚀环境中的临时性锚杆可不采取专门的防腐构造。

表7.1.2 锚杆防腐等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 地层水土介质腐蚀性 | 强 | 中 | 弱 | 微 |
| 永久性锚杆 | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ |
| 临时性锚杆 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ | / |

## 7.2 Ⅰ级防腐

7.2.1 锚杆Ⅰ级防腐的基本要求，杆体至少全长设置两层防腐保护：

1设置隔离层封闭包围杆体与地下水土隔离。隔离层应采用不透水的热缩管、套管或囊袋等。隔离层两段或多段的，各段隔离段之间应密封搭接；

2在杆体与隔离层之间还应设置防护层全面覆盖包围并粘结于杆体表面形成对杆体的第二层防护。防护层应采用沥青、防腐油脂或防腐涂层、钢丝网水泥浆等材料。

7.2.2 Ⅰ级防腐压力型锚杆应符合下列规定：

1 杆体从锚头混凝土过渡管或止水环一直到底部承载体，应全长套设隔离管，隔离管内应充填防腐油脂或沥青；

2 承载体应封闭包围在囊袋之内，与地下水土隔离。

7.2.3Ⅰ级防腐拉力型钢筋锚杆应符合下列规定：

1杆体下段由不透水的囊袋封闭包围形成隔离层与地下水土隔离，囊袋内由钢丝笼水泥浆体环绕包围并粘结于杆体形成防护层；

2杆体上段向上一直到锚头混凝土过渡管或止水环应采用隔离管封闭包围形成隔离层与地下水土隔离，隔离管内杆体充填防腐油脂或沥青全面覆盖包围并粘结于杆体形成防护层；

3杆体上段的隔离层和防护层向下应一直伸入囊袋密封套，搭接长度不应少于100mm,并应采用钢质锁扣将搭接段套压锁定在杆体上；

4 设置有承载体的，承载体还应封闭包围在囊袋之内与地下水土隔离。

7.2.4 Ⅰ级防腐压力型钢筋锚杆防腐横向构造如下（图7.2.4）：

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a） | （b） |

图7.2.4 Ⅰ级防腐压力型锚杆构造

1—杆体；2—防腐油脂；3—隔离管；4—水泥浆体；5—钢丝网；

6—囊袋；7—止水环；8—螺纹承载体；9—定位器

1 囊袋内杆体防腐保护层依次为防腐油脂、隔离管、隔离管与钢丝网之间的水泥浆体、钢丝网、钢丝网与囊袋之间的水泥浆体、囊袋等；

2 囊袋外杆体防腐保护层依次为防腐油脂、隔离管、水泥浆体等，定位器的外缘直径应使水泥浆体保护层厚度不小于30mm。

7.2.5 Ⅰ级防腐拉力型钢筋锚杆防腐横向构造如下（图7.2.5）：

1 囊袋内杆体防腐保护层依次为粘结于杆体上的水泥浆体、钢丝网、钢丝网与囊袋之间的水泥浆体、囊袋等；

2 囊袋外杆体防腐保护层依次为防腐油脂、隔离管、水泥浆体等，定位器的外缘直径应使水泥浆体保护层厚度不小于30mm。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a） | （b） |

图7.2.5 Ⅰ级防腐拉力型锚杆构造

1—杆体；2—防腐油脂；3—隔离管；4—注浆体；5—钢丝网；

6—囊袋；7—止水环；8—密封套；9—定位器

7.2.6Ⅰ级防腐拉力型钢绞线锚杆防腐横向构造如下（图7.2.6）：

1 囊袋内钢绞线防腐保护层依次为粘结于钢绞线的水泥浆体、钢丝网、水泥浆体、囊袋等；

2 囊袋外钢绞线防腐保护层依次为防腐油脂、隔离管和水泥浆体等，定位器的外缘直径应使水泥浆体保护层厚度不小于20mm。

|  |
| --- |
|  |

图7.2.6 钢绞线锚杆Ⅰ级防腐构造

1—杆体；2—防腐油脂；3—隔离管；4—水泥浆体；5—钢丝网；6—囊袋；

7—密封固定件；8—过渡管；9—定位器

## 7.3 Ⅱ级防腐

7.3.1 锚杆Ⅱ级防腐的基本要求，杆体应全长设置不少于一层防腐保护。

7.3.2 Ⅱ级防腐钢筋锚杆构造应符合下列规定（图7.3.2）：

1杆体下段由不透浆的囊袋封闭包围形成隔离层与地下水土介质隔离，囊袋内由钢丝笼水泥浆体环绕包围并粘结于杆体表面形成防护层；

2 杆体上段向上一直到止水环应采用防腐涂层涂装，全面覆盖包围并粘结于杆体形成防护层，且防腐涂层外注浆体保护层厚度不应小于20mm；

3 杆体上段防腐涂层向下进入囊袋密封套，搭接长度不应小于100mm,并应采用钢质锁扣锁定；

4 设有承载体的，承载体还应封闭包围在囊袋之内。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a） | （b） |

图7.3.2 Ⅱ级防腐锚杆构造

1—杆体；2—防腐涂层；3—注浆体；4—钢丝网；5—囊袋；6—止水环；7—密封套；8—定位器

7.3.3 Ⅱ级防腐钢绞线锚杆应符合下列规定（图7.3.3）：

1 杆体下段由囊袋封闭包围形成隔离层与地下水土隔离，囊袋内由钢丝笼水泥浆体环绕包围并粘结于杆体表面形成防护层；

2 杆体上段由套管封闭包围形成隔离层与地下水土隔离，套管内杆体涂装防腐油脂或沥青全面覆盖包围并粘结于杆体表面形成防护层；

3 杆体上段的套管向下伸入囊袋密封套，搭接长度不应少于100mm,并应采用钢质锁扣将搭接段套压锁定在杆体上；

4 杆体上段套管向上应进入过渡管或外部承载构件止水结构。

|  |
| --- |
|  |

图7. 3. 3 钢绞线锚杆Ⅱ级防腐构造

1—杆体；2—防腐油脂；3—隔离管；4—水泥浆体；5—钢丝网；6—囊袋；

7—密封固定件；8—过渡管；9—定位器

## 7.4 Ⅲ级防腐

7.4.1 钢筋锚杆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；套管或防腐涂层应向上延伸进入外部承载构件混凝土止水环等防水结构；

2 锚头位于地下室底板的锚杆，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；套管或防腐涂层应向上延伸进入地下室底板止水环等防水结构。

## 7.5 锚头防腐

7.5.1 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 须调整拉力的锚杆，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 不须调整拉力的锚杆，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。

7.5.2 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。

7.5.3 锚头伸入外部承载构件的，杆体隔离层和防护层应伸入外部承载构件混凝土之中到混凝土止水环等防水结构。

## 7.6 其他

7.6.1 地下水土对混凝土类材料有腐蚀的，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《工业建筑防腐设计规范》GB 50046的规定采用能抗地层介质腐蚀的水泥或掺入耐腐蚀材料。

7.6.2 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》GB50046的规定。

7.6.3 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。

# 8 施工

## 8.1 一般规定

8.1.1 施工前应查明锚杆施工可能涉及影响范围内地下管线、埋藏物以及相邻建筑物基础等具体情况，确保锚杆施工对地下环境和相邻建筑物不造成有害影响。

8.1.2 施工前应针对设计要求和地质条件进行现场基本试验，调整和确定合适的工艺参数，检验有关设计参数和锚杆抗拔力。

8.1.3 施工过程中宜采用囊袋注浆监控仪实时监控囊袋注浆量和囊袋张开直径，确保囊袋张开达到设计直径。

8.1.4 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。

## 8.2 制锚

8.1.1 笼芯囊锚杆杆体原材料应符合下列规定：

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 加工完成的锚杆杆体在储存、搬运、安放时，应避免机械损伤、腐蚀介质侵蚀和污染。

8.2.2 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 预应力混凝土用螺纹钢筋接长应采用专用连接器。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；

3 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。

8.2.3 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。

8.2.4 拉力型锚杆囊袋外杆体应按照设计文件规定的防腐等级和防腐构造设置防腐，杆体防腐段应伸入囊袋密封套搭接长度不应小于100mm，应采用钢质锁扣将密封套搭接段扣压并牢固锁定在杆体上。

8.2.5 拉力型锚杆杆体穿入囊袋，囊袋内杆体必须清洁干净，不得涂刷任何防腐油脂或涂层，不得有任何泥土泥浆粘结，不得有任何油类污染，不得有任何影响杆体与水泥浆体粘结的附着物。

8.2.6 压力型锚杆杆体应按照设计文件规定的防腐等级和防腐构造设置防腐和隔离管，然后穿入囊袋。隔离管外侧必须清洁干净，不得有任何油类污染，不得有任何可能影响水泥浆凝固的物质。

8.2.7 杆体插入囊袋到设计位置后应采用锁扣等将笼芯与杆体连接固定。上锁扣应套压囊袋密封套形成密封。囊袋下口应由下锁扣锁紧固定在杆体上形成密封。

8.2.8 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。应避免阳光照晒或油渍溅落在杆体和囊袋上；

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

4 对存放时间较长的杆体，在使用前应进行严格检查。

## 8.3 钻孔

8.3.1 笼芯囊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，做出标记；

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

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。

8.3.2 在不会出现塌孔和涌砂流土的稳定地层中，对于竖直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。

8.3.3 钻孔完成后应清孔，将孔内残渣和泥浆清洗干净。清孔可采用清水或高压风。

8.3.4 扩大头锚杆的扩孔施工还应符合行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282的规定和有关设计要求。

## 8.4 锚孔注浆

8.4.1 钻孔和清孔完成后应立即对锚孔注浆，用水泥浆充填锚孔并向地层渗透。锚孔注浆应符合下列规定：

1 注浆材料应采用纯水泥浆，扩大头笼芯囊锚杆水灰比宜为0.6～1.0，等直径笼芯囊锚杆水灰比宜为0.6~0.8；不得使用水泥砂浆；

2 注浆管应插入锚孔底部，至锚孔底距离不应大于300mm；

3 当孔口溢出的浆液不含泥土泥浆且颜色和浓度与注入浆液一致时，方可停止注浆。

8.4.2 扩大头锚杆采用高压喷射扩孔施工，最后一遍扩孔采用水泥浆喷射注浆的，当符合上一条第1款和第3款的规定时，可以不再进行锚孔注浆。

## 8.5 下锚

8.5.1 下锚前应检查囊袋与锚杆杆体安装连接是否牢固，杆体防腐是否符合设计图纸的规定，注浆管与囊袋引浆管接头是否连接可靠，排气管与排气管接口是否连接可靠。

8.5.2 锚孔注浆完成后应立即下锚。下锚时，锚孔内必须充满水泥浆液，否则不得下锚。锚孔内水泥浆液液面低于孔口300mm以上时，应先补浆至孔口并观察孔内浆液液面是否稳定，当浆液液面稳定后方可下锚。

8.5.3 锚杆杆体放入锚孔应符合下列规定：

1 注浆管和排气管应随杆体一同放入锚孔；应防止扭结和弯曲；

2 安放杆体时，不得损坏防腐层，不得损坏囊袋，不得损坏注浆管和排气管；

3 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%；

4 杆体安放到位后，注浆管和排气管出露在锚孔孔口外的长度不应小于200mm。

## 8.6 囊袋注浆与监控

8.6.1 下锚后应立即对囊袋注浆。囊袋注浆应符合下列规定：

1 囊袋注浆应采用纯水泥浆或者水泥砂浆。采用纯水泥浆的，水灰比应为0.4～0.6。采用水泥砂浆的，应进行现场配比试验，检验浆液流动性和浆体强度确保达到施工工艺和设计要求；

2 配浆和注浆时，应采用密度计测量浆液容重确保大于18.2KN/m3；

3 注浆管路上应安装囊袋注浆监控仪，注浆时应全程监控囊袋张开直径；

4 注浆时应观察排气管排气、排水、排浆情况；

5 注浆监控仪显示囊袋张开直径达到设计值，且袋内空气和水排放干净后方可停止注浆；

6 停止注浆后应由注浆监控仪打印注浆记录。

8.6.2 锚孔注浆和囊袋注浆均应采用强度等级不低于42.5的普通硅酸盐水泥。囊袋注浆浆液的容重必须大于锚孔注浆浆液的容重。

8.6.3 锚孔注浆浆体的28天抗压强度不应小于25MPa,囊袋注浆浆体的28天抗压强度不宜小于40MPa。浆体强度检验用的试块每30根锚杆一组或每天不少于一组，每组不应少于6个试块。

## 8.7 张拉和锁定

8.7.1 笼芯囊锚杆用作预应力锚杆时，其张拉和锁定应符合下列规定：

1 外部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 杆体为钢绞线的，锚杆正式张拉前，应取0.1～0.2倍抗拔力特征值*Tak*对锚杆预张拉1～2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，使杆体完全平顺，各股钢绞线受力均匀；

5 杆体为钢绞线的，应采用符合《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T14370和设计要求的锚具；杆体为预应力混凝土用螺纹钢筋的，应采用与杆体钢筋匹配成套的螺母锚具。

8.7.2 锚杆张拉至1.00*Tak～*1.20*Tak*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8.7.2的规定。

表8. 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 | 粘性  土层 |
| 0.10*T*ak～0.20*T*ak | 2 | 2 | 不大于100 |
| 0.50*T*ak | 5 | 5 |
| 0.75*T*ak | 5 | 5 |
| 1.00*T*ak | 5 | 10 | 不大于50 |
| 1.10*T*ak～1.20*T*ak | 10 | 15 |

注：*T*ak—锚杆抗拔力特征值。

8.7.3 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。

8.7.4 基坑和边坡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。

# 9 工程质量检验、验收和监测

## 9.1 工程质量检验

9.1.1 笼芯囊锚杆原材料的质量检验应包括下列内容：

1 水泥、杆体钢筋或钢绞线、笼芯囊和锚具的出厂合格证；

2 水泥、杆体钢筋或钢绞线材料现场抽检试验报告；

3 注浆体强度等级检验报告。

9.1.2 锚杆的抗拔力检验应按照本规程第9.２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。

9.1.3 锚杆的质量检验应符合表9.1.3的规定。

9.1.4 锚杆质量检测还应满足《锚杆锚固质量无损检测技术规程》JGJ/T 182中相关要求。

表9.1.3 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 | 验收试验 |
| 3 | 钻孔直径（mm） | ≥1.0倍设计直径 | 测量钻头直径 |
| 4 | 囊袋长度（mm） | ±100 | 用钢尺量 |
| 5 | 囊袋直径（mm） | ≥1.0倍设计直径 | 注浆监控仪监测记录 |
| 6 | 笼芯直径(mm) | 100±5 | 用钢尺量 |
| 7 | 笼芯钢丝直径（mm） | 3.0±0.3 | 用游标卡尺量 |
| 8 | 注浆体强度（MPa） | 设计要求 | 试样送检 |
| 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 | 囊袋注浆量（L） | 不小于设计浆量 | 注浆监控仪监测记录 |
| 4 | 杆体总长度（m） | 不小于设计长度 | 用钢尺量 |

**9.2 工程质量验收**

9.2.1 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 囊袋注浆监控仪的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。

**9.3 监测**

9.3.1 锚杆工程应根椐设计要求或工程施工安全需要，对涉及施工安全、周边环境安全，以及可能对人身财产安全造成危害的对象或被保护对象进行工程监测。

9.3.2 笼芯囊锚杆的监测和维护管理应符合所从属的主体建（构）筑物的相关要求。

9.3.3 非预应力锚杆宜监测杆体应力、应变，预应力锚杆宜监测锚杆拉力。

# 附录A 基本试验

A.0.1笼芯囊锚杆应在工程现场进行基本试验以确定锚杆的抗拔力极限值。

A.0.2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A.0.1条时，可采用强度较高的杆体材料，但杆体截面面积应相等。

A.0. 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A.0.3的规定。

**表A.0. 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  或 | 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。

A.0. 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。

A.0. 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，并绘制锚杆荷载－位移（P-S）曲线、锚杆荷载－弹性位移（P-Se）曲线和锚杆荷载－塑性位移（P-Sp）曲线。

A.0.6 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A.0.4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。

A.0.7 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，分析离差过大的原因，结合工程具体情况确定抗拔力极限值。

# 附录B 验收试验

B.0.1永久性笼芯囊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。

B.0.2 验收试验应分级加荷，初始荷载宜取锚杆抗拔力特征值的0.10倍，分级加荷值宜取锚杆抗拔力特征值的0.50倍、0.75倍、1.00倍、1.20倍、1.35倍和1.50倍。

B.0.3 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。

B.0.4 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。试验结果应绘制荷载－位移（P-S）曲线。

B.0.5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，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），且小于锚头到囊体底部或底部螺纹承载体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收敛稳定后，方可开展下一级张拉。

B.0.6 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收敛稳定后，方可进行下一步操作。

**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 《岩土工程勘察规范》GB 50021

2 《混凝土结构设计规范》GB 50010

3 《建筑地基基础设计规范》GB 50007

4 《锚杆喷射混凝土支护技术规程》GB 50086

5 《工业建筑防腐设计规范》GB 50046

6 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370

7 《建筑抗浮技术标准》JGJ 476

8 《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282

9 《锚杆锚固质量无损检测技术规程》JGJ/T 182

10 《水闸设计规范》SL 265

11 《溢洪道设计规范》SL 253

12 《水利水电工程锚喷支护技术规范》SL 377

中国工程建设协会标准

笼芯囊锚杆技术规程

CECS XXX∶20XX

# 条文说明

目 录

[1 总则 67](#_Toc4732)

[3 基本规定 68](#_Toc31795)

[4 设计 69](#_Toc20757)

[4.1 一般规定 69](#_Toc16)

[4.2 建筑结构抗浮 69](#_Toc32556)

[4.4 边坡支护 69](#_Toc24286)

[4.5 基坑支护 70](#_Toc25898)

[5 结构验算 72](#_Toc27853)

[5.1 一般规定 72](#_Toc9791)

[5.2 锚杆抗拔力验算 72](#_Toc26891)

[5.3 锚固体稳定性验算 73](#_Toc29364)

[5.4 变形验算 73](#_Toc16707)

[6 材料和构造 74](#_Toc11752)

[6.1 笼芯囊材料和构造 74](#_Toc11541)

[6.2 锚杆构造 74](#_Toc14804)

[6.3 压力型锚杆 75](#_Toc1006)

[6.4 拉力型锚杆 75](#_Toc21075)

[7 防腐设计 76](#_Toc6)

[7.1 防腐等级 76](#_Toc3379)

[7.2 Ⅰ级防腐 76](#_Toc16396)

[7.3 Ⅱ级防腐 76](#_Toc212)

[7.5 锚头防腐 77](#_Toc14645)

[8 施工 78](#_Toc19412)

[8.1 一般规定 78](#_Toc7393)

[8.2 制锚 78](#_Toc6758)

[8.3 钻孔 78](#_Toc28037)

[8.4 锚孔注浆 78](#_Toc30737)

[8.5 下锚 79](#_Toc22497)

[8.6 囊袋注浆与监控 79](#_Toc22659)

[8.7 张拉和锁定 79](#_Toc23323)

# 1 总则

1.0.1 笼芯囊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，尤其是可以解决锚杆防腐问题，符合行业技术发展的方向。

1.0.2 笼芯囊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。

3.0.5 笼芯囊锚杆设计和施工应根据工程地质勘察报告进行。

# 4 设计

## 4.1 一般规定

4.1.1 锚杆防腐是必要的，一些新发布的行标、国标已经将防腐设计列为强条。

4.1.4 一根钢筋居于注浆体的中央，底部安装一个承载体，是压力型锚杆的最优受力状态。如果采用多根钢筋，尤其是多股钢绞线呈蛇形结构，即使底部有承载体、杆体与注浆体无粘结，注浆体或局部也会出现拉应力，不能保证全部为压应力。

4.1.5 采用预应力锚杆抗浮，漏水问题难以完全解决。因此，新建工程抗浮采用预应力锚杆的越来越少。

4.1.8 钢丝种类非常多且复杂，结构钢丝的强度不低于400MPa。钢丝直径不小于3mm，钢丝笼强度和刚度好。

4.1.14 等直径锚杆不采用压力型锚杆不能充分体现笼芯囊力学性能的优越性和技术经济价值。

## 4.2 建筑结构抗浮

4.2.1 新建建筑物地下室都有防水要求，预应力锚杆的防水问题是一个难点，应优先采用非预应力锚杆。

**4.4 边坡支护**

4.4.2 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。

4.4.6 采用等直径压力型笼芯囊锚杆，可以发挥抗拔力大、可直接将荷载传递到锚孔底部的力学特点，有利于边坡稳定。

4.4.9 永久性边坡坡体水位变幅较大且有不确定性，勘察报告一般难以全面反映坡体地下水的变化，一般也缺乏较长时期的多年地下水位观测，因此，考虑到地下水位变化对锚杆防腐的不利影响，本条规定永久性边坡均应按Ⅰ级防腐设计。

**4.5 基坑支护**

4.5.8 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，因此普通预应力是不能严格控制基坑位移的。采用笼芯囊锚杆，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长度（一般仅以4m~6m长度的扩大头为锚固段），消除或者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控制，这个变形是可计算的和可控制的。

4.5.9 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。

4.5.10 扩大头端前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。

4.5.11 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。

4.5.12 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。

# 5 结构验算

## 5.1 一般规定

5.1.1 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。

**5.2 锚杆抗拔力验算**

5.2.3螺纹承载体的螺母一般都是工厂生产的与钢筋配套的成品，因材料和厂家较多，杆体和螺纹承载体（螺母）组件的抗拉力值应与杆体材料同批次送检实测。

5.2.4公式（5.2.4）参照《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086-2015第4.6.15条。笼芯囊体为钢丝笼水泥浆结石体，引入的η1系数为钢丝笼对注浆体抗压强度增大系数，可按有关钢筋混凝土结构公式计算。

5.2.5*fck*应按锚孔注浆体的强度标号取值。

5.2.7公式（5.2.7-1）、（5.2.7-2）、（5.2.7-3）参照《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T282-2012第4.6.3条，去掉了钻孔段的抗拔力项。

5.2.8*β*为压力型锚杆注浆体与孔壁的摩阻增强系数。现行勘察报告推荐的*fmg*值均为拉力型锚杆的经验值或测试值，因此，对拉力型锚杆取*β=*1*，*压力型锚杆取*β>*1。

## 5.3 锚固体稳定性验算

5.3.2公式（5.3.2-1）和（5.3.2-2）中，右边*Nk*为锚杆拉力标准值而不是特征值。标准值*Nk*一般小于等于特征值，应由结构计算提供。在设计时应按各根锚杆实际的拉力标准值分别计算。

## 5.4 变形验算

5.4.4锚杆变形的容许值不能统一规定，应针对具体工程根据使用要求和受力体系设计计算确定。结构安全和使用要求对锚杆变形有限制的工程项目，应以限制值作为锚杆变形的容许值。结构安全和使用要求对锚杆变形没有明确限制的，可不必专门规定锚杆变形的容许值，以发挥锚杆柔性受力的特点，使整个受力体系的协调性更好，各部件受力协调均衡。

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

# 6 材料和构造

## 6.1 笼芯囊材料和构造

6.1.1箍筋和纵筋交叉点焊接很重要，可以保证钢丝笼的整体刚度。

箍筋呈圆形比椭圆和方形形状的刚度有质的差别。试验表明，椭圆和方形箍筋的钢筋笼，对混凝土抗压强度的提高没有明显作用，在设计计算时可以忽略不计；而圆形箍筋的钢筋笼可以使混凝土抗压强度明显提高。

上箍筒、下箍筒结合锁扣和承载体，可使笼芯与杆体组成一个受力整体。

6.1.2笼芯有受力作用，应采用结构钢丝和结构钢。

6.1.3如果囊袋肩不平、有褶皱，或者不与锚杆轴线垂直，对受力会有影响。

6.1.4囊袋布的径向、纬向以及接缝强度均应满足式(6.1.4)的要求。

## 6.2 锚杆构造

6.2.1 在工程施工中，如果把承载体安装在囊袋之外，这存在两方面的隐患：

1 承载体暴露在囊袋外，没有得到防腐保护；

2 囊袋注浆张开的过程中，囊袋布与承载体之间不可避免地会夹有不纯水泥浆，承载体与钢丝笼水泥结石囊体之间隔着一层布和不纯不泥浆渣，对受力有影响。

**6.3 压力型锚杆**

6.3.1 压力型锚杆的结构，应确保杆体与水泥浆体无粘结，锚杆荷载全部由承载体以压力方式传递给笼芯囊体。

## 6.4 拉力型锚杆

6.4.1杆体在囊袋内与水泥浆体粘结，锚杆荷载通过这种粘结传递给水泥浆体，因此拉力型锚杆应确保粘结可靠。

# 7 防腐设计

## 7.1 防腐等级

7.1.1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，处于干湿交潜状态的钢材，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。

## 7.2 Ⅰ级防腐

7.2.1 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。

7.2.2 隔离管是压力型锚杆的必要组件，又具有了防腐隔离的作用。

7.2.3 钢筋的腐蚀机理本质上是一种电化反应。钢丝笼环绕包围杆体钢筋，起屏蔽作用，防止杆体钢筋腐蚀。钢丝笼与水泥浆体凝结一体，形成钢丝笼水泥结石体，与素水泥浆体相比，抗拉强度提高，抗裂性能提高。因此，拉力型笼芯囊锚杆也可以达到Ⅰ级防腐的要求。

## 7.3 Ⅱ级防腐

7.3.2 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。本条规定防腐以结构层（囊袋和防腐涂层）为主，铺以注浆体保护层，比传统锚杆和桩的防腐效果和可靠性提高。

## 7.5 锚头防腐

7.5.1 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。

# 8 施工

## 8.1 一般规定

8.1.3 囊袋是否注浆张开到设计尺寸是施工质量的关键之一，采用囊袋注浆监控仪实时监控，可以较好地确保施工监测记录客观、真实、可靠。

## 8.2 制锚

8.2.2 锚杆杆体尤其是精轧螺纹钢和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。

8.2.6 制锚时应注意避免将油脂类物质粘染在隔离管（套管）外侧，以免影响水泥浆凝固。

## 8.3 钻孔

8.3.2 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抗压作用，应采用套管护壁成孔。

## 8.4 锚孔注浆

8.4.1 钻孔和清孔完成后应立即进行锚孔注浆，如果间隔时间较长，孔壁裂隙闭合，会影响水泥浆向孔壁渗透。锚孔注浆不得使用水泥砂浆，以免影响后续囊袋注浆张开。

## 8.5 下锚

8.5.2 锚孔注浆完成后应立即下锚。如果间隔时间较长，不仅会影响下锚到设计深度，还会影响后续囊袋张开。

## 8.6 囊袋注浆与监控

8.6.1 下锚后应立即对囊袋注浆，不能间隔较长时间，否则会影响囊袋张开，增加囊袋向外挤压排开锚孔内浆液的难度。

8.6.2 囊袋注浆浆液的容重大于锚孔浆液容重，有利于囊袋借助重力向外挤压锚孔浆液并持续自然扩孔，形成较大直径的囊体。

## 8.7 张拉和锁定

8.7.1 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。

8.7.2 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1.1倍~1.2倍，必要进可采用拉力传感器和油压千斤顶现场对比测试确定。