



T/CECS 22—2024

中国工程建设标准化协会标准

岩土锚杆技术规程

Technical standard for ground anchor

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

岩土锚杆技术规程

Technical standard for ground anchor

T/CECS 22—2024

主编单位：中冶建筑研究总院有限公司

深圳市工勘岩土集团有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2025年4月1日

中国计划出版社

2024 北 京

中国工程建设标准化协会公告

第 2185 号

关于发布《岩土锚杆技术规程》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2020〕14 号)的要求,由中冶建筑研究总院有限公司、深圳市工勘岩土集团有限公司等单位编制的《岩土锚杆技术规程》,经协会地基基础专业委员会组织审查,现批准发布,编号为 T/CECS 22—2024,自 2025 年 4 月 1 日起施行。原《岩土锚杆(索)技术规程》CECS 22:2005 同时废止。

中国工程建设标准化协会
二〇二四年十一月十二日

前 言

《岩土锚杆技术规程》(以下简称规程)是根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2020〕14 号)的要求,对原协会标准《岩土锚杆(索)技术规程》CECS22:2005 进行了修订。编制组经广泛调查研究,认真总结国内外实践经验,学习国际先进技术,吸纳成熟的新技术与新技术,与国内相关标准相协调,在广泛征求意见的基础上,修订本规程。

本规程共分 11 章和 6 个附录,主要内容包括:总则、术语和符号、基本规定、分类与选型、材料与组件、设计、防腐、施工、荷载试验、质量检验、监测与维护等。

本次修订主要在以下方面做了修改:

1. 对规程名称进行了调整;
2. 增加了第 3 章“基本规定”;
3. 分类与选型章节,增加了可回收锚杆、让压锚杆等新型锚杆,并细化了选型要求;
4. 设计章节统一了各种抗拔承载力的安全系数,增加了可回收锚杆等的设计相关规定,增加了囊袋锚杆等的构造要求等内容;
5. 防腐章节,锚杆防腐等级分为三个等级并细化了防腐要求;
6. 施工章节,增加了不同类型锚杆的成孔要求、可回收锚杆作业及施工记录等内容;
7. 荷载试验章节,调整了基本试验范围、统一了荷载试验判稳标准,增加了持有荷载试验;
8. 提供了锚杆埋线法长度检测方法。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利,本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会地基基础专业委员会归口管理,由中冶建筑研究总院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,请反馈给中冶建筑研究总院有限公司(地址:北京市海淀区西土城路 33 号,邮编:100088,邮箱:zgjy1992@126.com)。

主 编 单 位: 中冶建筑研究总院有限公司

深圳市工勘岩土集团有限公司

参 编 单 位: 大连理工大学

中国京冶工程技术有限公司

北京中岩大地科技股份有限公司

华侨大学

上海勘察设计研究院(集团)股份有限公司

中基发展建设工程有限责任公司

杭州图强工程材料有限公司

深圳市水务工程检测有限公司

北京综建科技有限公司

建研地基基础工程有限责任公司

四川交达预应力工程检测科技有限公司

长江水利委员会长江科学院

江苏远卓工程技术有限公司

深圳市勘察测绘院(集团)有限公司

北京方圆恒基岩土工程技术有限公司

杭州钜力锚杆科技有限公司

江苏摩尔建设科技有限公司

洛阳恒诺锚固技术有限公司

江苏景源万河环境科技有限公司

西南交通大学

中冶建筑研究总院(深圳)有限公司
深圳市房屋安全和工程质量检测鉴定中心
广东省岩土与地下空间工程技术研究中心
深圳市地质环境研究院有限公司
巩义市豫源建筑工程材料有限责任公司
天津大学建筑工程学院

主要起草人: 杨志银 付文光 贾金青 张 义 范景伦
柳建国 涂兵雄 姜晓光 魏建华 徐 寒
罗 斌 于会来 王 勇 程少振 汪 波
张宜虎 周振鸿 杨生贵 王秀丽 燕立群
赵升峰 李爱国 霍炳旭 王 林 肖智广
白雪峰 张智浩 苗国航 胡建林 李建可
曹文昭 叶 坤 赵园园 王海涛 汪一帆
吴梦龙 李书伟 高 幸 张兴杰 舒国志
主要审查人: 丘建金 刘俊岩 周同和 刘国楠 刘小敏
杨素春 孙宏伟

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	分类与选型	(8)
4.1	一般规定	(8)
4.2	预应力锚杆	(8)
4.3	非预应力锚杆	(15)
4.4	锚杆选型	(17)
5	材料与组件	(19)
5.1	一般规定	(19)
5.2	杆体与锚固装置	(19)
5.3	胶凝材料与浆体	(22)
6	设 计	(24)
6.1	一般规定	(24)
6.2	锚杆承载力	(24)
6.3	锚杆构造与布置	(27)
6.4	锚座与锚固节点	(34)
6.5	锚杆刚度系数与锁定荷载	(37)
7	防 腐	(40)
8	施 工	(47)
8.1	一般规定	(47)
8.2	成孔	(47)

8.3	杆件制作与安装	(50)
8.4	注浆	(53)
8.5	张拉与锁定	(54)
8.6	可回收锚杆	(56)
8.7	施工记录	(56)
9	荷载试验	(58)
9.1	一般规定	(58)
9.2	基本试验	(58)
9.3	蠕变试验	(62)
9.4	验收试验	(63)
9.5	持有荷载试验	(65)
10	质量检验	(67)
10.1	一般规定	(67)
10.2	质量检验	(67)
10.3	验收及不合格锚杆处理	(69)
11	监测与维护	(70)
11.1	一般规定	(70)
11.2	持有荷载监测	(70)
11.3	检查与维护	(72)
附录 A	常用锚杆命名与特点	(74)
附录 B	锚筋主要物理力学性能	(78)
附录 C	浆体与岩土体之间粘结强度及锚固体端 阻强度	(82)
附录 D	荷载试验仪器设备、反力装置与试验操作	(85)
附录 E	锚杆荷载试验分析曲线	(88)
附录 F	锚杆长度埋线法测试	(90)
	用词说明	(93)
	引用标准名录	(94)
	附:条文说明	(97)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(4)
3	Basic requirements	(6)
4	Classification and type selection	(8)
4.1	General requirements	(8)
4.2	Prestress anchor	(8)
4.3	Nor-prestress anchor	(15)
4.4	Type selection	(17)
5	Materials and components	(19)
5.1	General requirements	(19)
5.2	Anchor tendon and anchorage equipment	(19)
5.3	Binding material and grout	(22)
6	Design	(24)
6.1	General requirements	(24)
6.2	Tensile bearing capacity	(24)
6.3	Anchor structure and layout	(27)
6.4	Structure element and anchoring joint	(34)
6.5	Stiffness coefficient of anchor and initial prestress	(37)
7	Corrosion prevention	(40)
8	Anchor construct	(47)
8.1	General requirements	(47)
8.2	Drilling	(47)

8.3	Fabrication and installation of anchor tendon	(50)
8.4	Injection	(53)
8.5	Stressing and lock-off	(54)
8.6	Removable anchor	(56)
8.7	Construction records	(56)
9	Load test	(58)
9.1	General requirements	(58)
9.2	Basic test	(58)
9.3	Creep test	(62)
9.4	Acceptance test	(63)
9.5	Lift off test	(65)
10	Quality inspection and acceptance	(67)
10.1	General requirements	(67)
10.2	Quality inspection	(67)
10.3	Acceptance and unqualified anchor treatment	(69)
11	Monitoring and maintenance	(70)
11.1	General requirements	(70)
11.2	Resident load monitoring of prestressed anchor	(70)
11.3	Inspection and maintenance	(72)
Appendix A	Table of names and characteristics of different types of anchor	(74)
Appendix B	Table of main physical and mechanical indexes of anchor tendon	(78)
Appendix C	Table of bond strength and grout shoulder resistance strength	(82)
Appendix D	Test equipments, reaction devices and operation requirements	(85)
Appendix E	Analytical curve for anchor load test	(88)
Appendix F	Length detection by buried wire	

method	(90)
Explanation of wording	(93)
List of quoted standards	(94)
Addition; Explanation of provisions	(97)

1 总 则

1.0.1 为了规范岩土锚杆技术的工程应用,做到安全适用、技术先进、保证质量、保护环境,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于岩土工程中锚杆的勘察、设计、施工及验收、试验、监测与维护。

1.0.3 岩土锚杆工程应综合考虑工程地质与水文地质条件、周边环境、主体结构要求、使用期限与当地施工技术水平等因素,因地制宜,合理选择锚杆类型及设计施工参数,宜采取动态设计,信息化施工。

1.0.4 岩土锚杆工程应用除应符合本规程的规定外,尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 岩土锚杆 ground anchor

安设于岩土体中并将锚筋拉力向周围岩土体传递的细长受拉构件,简称锚杆,其中锚筋采用钢绞线时也称为锚索,采用钢筋时也称为钢筋锚杆,采用钢丝绳时也称为锚绳,采用纤维增强复合材料筋时也称为纤维锚杆,采用钢管时也称为钢管锚杆或锚管,其中采用螺纹钢管时也称为中空锚杆。

2.1.2 杆体 tendon body

由锚筋与护套、定位架、束线环、止浆塞、叶片、螺纹、端帽、内锚具、承载体、防腐体等组件的若干部分组装而成的杆件。

2.1.3 浆体 grout

水泥浆、水泥砂浆、细石混凝土及水泥基灌浆材料等拌制后呈流动性的水泥系胶结材料的合称。

2.1.4 锚座 structural element

用于支承锚头及扩散锚下应力的梁、墙、板、柱、墩、承台、桩等结构构件的合称。

2.1.5 锚头 anchor head

锚杆中位于岩土体表面的部分。

2.1.6 承载体 compression element

位于压力型锚杆杆体底端、承受内锚具或锚筋压力并将压力传递到锚固体的板状或筒状零部件,其中形状为板状时也称为承载板。

2.1.7 锚固段 fixed anchor length

锚杆中通过固结体或机械装置等将拉力传递给周围岩土体的

部分。

2.1.8 自由段 free anchor length

锚杆中位于锚头与锚固段近锚头端之间的部分。

2.1.9 锚筋粘结段 tendon bond length

锚筋中与锚孔内胶结材料粘结并传递拉力给胶结材料的部分,简称粘结段。

2.1.10 锚筋自由段 tendon free length

预应力锚杆锚筋中位于锚具与拉力型锚杆的锚筋粘结段之间或锚具与压力型锚杆的承载体之间、受力后能够自由伸长产生拉应力的部分。

2.1.11 锚筋张拉段 tendon external length

预应力锚杆锚筋中位于锚具与千斤顶夹持点之间、用于锚杆张拉的部分。

2.1.12 预应力锚杆 prestressed anchor

设置了锚筋自由段、利用其弹性伸长产生预应力并将其通过锚头传递到锚座的锚杆。

2.1.13 非预应力锚杆 non-prestressed anchor

没有设置锚筋自由段、不能施加预应力的锚杆。

2.1.14 全粘结锚杆 fully bonded anchor

利用浆体、锚固剂、水泥土等胶结材料沿锚筋全长与周围岩土体粘结的锚杆。

2.1.15 扩体锚杆 enlargement anchor

扩大了部分锚固体横截面面积的锚杆。

2.1.16 可回收锚杆 removable anchor

可通过预先安置在杆体上的特定装置自行使锚筋脱离内锚具后拆除回收的锚杆。

2.1.17 让压锚杆 yield-control anchor

在围岩应力、能量释放及产生变形的过程中,通过设置在杆体上的让压装置或结构产生相应变形以保持承载力稳定的锚杆。

2.1.18 受拉极限承载力 ultimate bearing capacity

锚杆在拉力作用下达到破坏状态前或出现不适于继续承载的变形时所对应的最大轴向拉力,简称极限承载力。

2.1.19 解锁 unlock

可回收锚杆的锚具与锚筋解除物理力学关联的行为。

2.1.20 锚筋抗拆力 tendon anti-removable capacity

可回收锚杆在拉力作用下锚筋能够正常解锁回收所对应的最大轴向拉力。

2.1.21 基本试验 basic test

在工程现场进行的为确定锚杆设计参数和施工工艺的荷载试验。

2.1.22 持有荷载 residual load

预应力锚杆因受荷载作用而在锚筋自由段产生的拉力。

2.1.23 持有荷载试验 lift off test

检测已锁定预应力锚杆持有荷载的试验,其中即时测试锁定荷载损失的试验也称为锁损试验。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应:

N_k ——锚杆轴向拉力标准值。

2.2.2 抗力和材料性能:

E_s ——锚筋材料弹性模量;

$F_{p0.2}$ ——钢绞线 0.2%屈服力;

f_{ak} ——扩体锚固段面端岩土体端阻强度标准值;

f_{lk} ——固结体与锚筋之间的粘结强度标准值;

f_{ck} ——边长为 70.7mm 的浆体立方体抗压强度标准值;

$f_{mk,i}$ ——锚固体与第 i 层岩土体之间粘结强度标准值;

$f_{tk,i}$ ——杆体与第 i 层岩土体之间摩阻强度标准值;

f_{yk} ——锚筋屈服强度标准值;

R_n ——锚杆承载力特征值;

$R_{ub,k}$ ——锚筋抗拉脱极限承载力标准值;
 $R_{uc,k}$ ——扩体锚杆抗拔极限承载力标准值;
 $R_{uf,k}$ ——锚杆抗拔极限承载力标准值;
 R_{uk} ——锚杆受拉极限承载力标准值;
 $R_{ul,k}$ ——锚筋抗拉极限承载力标准值;
 $R_{up,k}$ ——锚固体抗压极限承载力标准值。

2.2.3 几何参数:

A_{ln} ——锚固体抗压净面积;
 A_s ——单根锚筋的截面积;
 D ——锚固体直径或扩体锚杆原孔锚固体直径;
 D_{sp} ——锚杆杆体表观直径;
 D_k ——扩体锚固段锚固体直径;
 d ——单束锚筋直径;
 l_{fd} ——锚筋变形估算长度;
 L_a ——锚固段长度;
 $L_{a,i}$ ——锚固段在第 i 层岩土体中的长度;
 L_{as} ——扩体锚杆原孔锚固段长度;
 L_{ak} ——扩体锚固段长度;
 L_{ce} ——预制芯长度;
 L_e ——张拉段长度;
 L_f ——自由段长度;
 L_h ——锚头段长度;
 L_s ——原孔锚固段长度;
 L_{tf} ——锚筋自由段长度;
 L_{tb} ——锚筋粘结段长度。

2.2.4 计算系数:

K_a ——锚杆承载力安全系数;
 k_{RT} ——锚杆轴向抗拉刚度系数;
 n ——单根锚杆中的锚筋数量。

3 基本规定

3.0.1 岩土锚杆设计及施工前,应进行岩土工程勘察;当岩土工程勘察成果不能满足设计要求时,应进行专项岩土工程勘察。

3.0.2 锚杆设计应符合下列规定:

- 1 设计工作年限不应低于所服务对象的设计工作年限;
- 2 应按承载能力极限状态及正常使用极限状态进行设计;
- 3 宜分别按施工阶段及工作阶段的最不利工况进行设计。

3.0.3 锚杆轴向拉力标准值宜由锚固结构设计计算确定。

3.0.4 锚杆受拉极限承载力宜取锚固体抗拔承载力、锚筋抗拉承载力、锚筋抗拉脱承载力及锚固体底端抗压承载力极限标准值中的最小值。

3.0.5 锚杆材料及组件应根据锚杆类型、工作环境、设计承载力及设计工作年限等选材及适配。

3.0.6 锚杆防腐设计应根据设计工作年限、工作环境类别、环境作用等级及锚筋应力水平等综合确定防腐材料及处理措施。

3.0.7 锚杆杆体宜预制化生产及在工厂内组装,并宜刻写长度标识。

3.0.8 锚杆设计与施工应根据场地地质条件、周边环境及工程要求等条件,选择适宜的锚杆类型及相关的施工、张拉、试验及解锁回收工艺,施工工况应满足设计要求。

3.0.9 锚杆工程施工应采用经质量检验合格的材料、部件和设备,并进行工程施工质量控制。锚杆施工过程中及完成后,应对抗拔承载力、锚固体强度等进行质量检验。

3.0.10 锚杆宜进行变形监测,且预应力锚杆宜进行持有荷载监测。

3.0.11 存在下列情况之一时,工程锚杆宜进行专项技术论证:

- 1 无工程应用成功经验的锚杆;
- 2 采用新技术的锚杆;
- 3 拟用于特殊地层或特殊环境的锚杆;
- 4 施工过程中可能会对建(构)筑物、地下设施等周边环境造成损伤的锚杆;
- 5 锚固类锚杆锚固段位于对反复荷载敏感的地层;
- 6 锚杆间距较小可能产生群锚效应。

4 分类与选型

4.1 一般规定

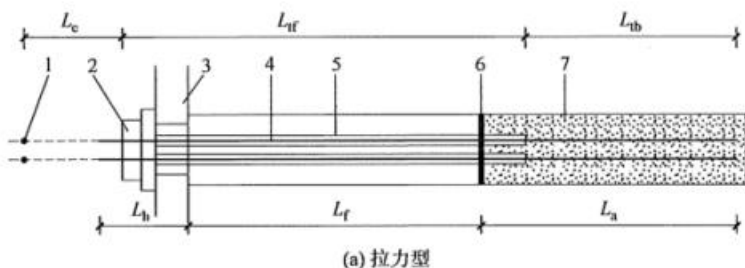
4.1.1 岩土锚杆按使用功能与作用可分为锚固类、加固类及构造类锚杆,按力学机理可分为预应力锚杆和非预应力锚杆。常用锚杆类型及特点可按本规程附录 A 的规定选用。

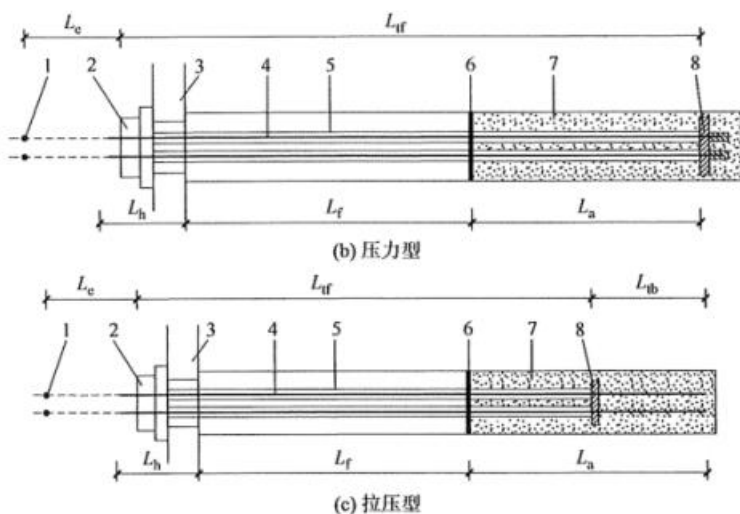
4.1.2 锚杆的选型应根据工程需求、不同类型锚杆特点、地层性状、工作条件、承载力大小及施工方法等因素综合确定。

4.2 预应力锚杆

4.2.1 预应力锚杆可采用拉力型、压力型或拉压型(图 4.2.1),且宜符合下列规定:

- 1 拉力型锚杆宜由锚头、锚筋自由段及锚筋粘结段构成;
- 2 压力型锚杆宜由锚头、锚筋自由段及内锚具构成;
- 3 拉压型锚杆结构宜由锚头、锚筋自由段、承载体及锚筋粘结段构成。

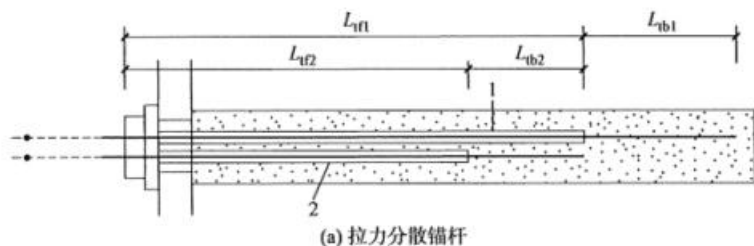


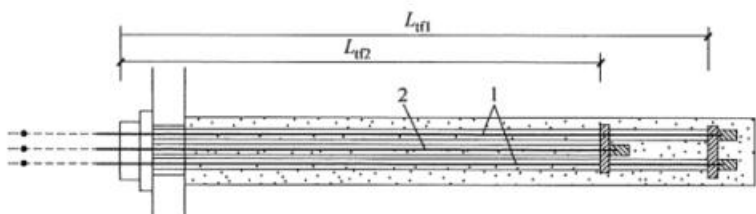


1—千斤顶夹持; 2—锚具; 3—锚座; 4—筋体; 5—护套; 6—止浆塞; 7—浆体;
 8—承载体; L_{tb} —锚筋粘结段; L_d —锚筋自由段; L_c —张拉段;
 L_h —锚头段; L_a —锚固段; L_f —自由段

图 4.2.1 典型预应力注浆粘结锚杆结构简图

4.2.2 荷载分散锚杆宜由共用同一锚头的两组及以上单元锚杆构成,单元锚杆的锚筋粘结段或承载体应位于钻孔内不同位置(图 4.2.2)。





(b) 压力分散锚杆

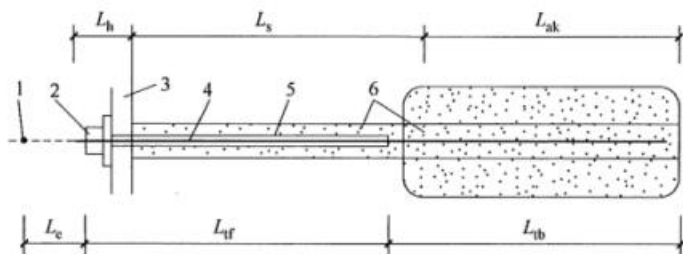
1—第1单元锚杆;2—第2单元锚杆;

L_{tf1} —第1单元锚杆锚筋自由段; L_{tb1} —第1单元锚杆锚筋粘结段;

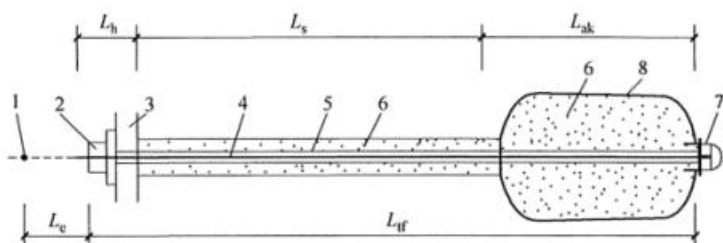
L_{tf2} —第2单元锚杆锚筋自由段; L_{tb2} —第2单元锚杆锚筋粘结段

图 4.2.2 典型荷载分散锚杆结构简图

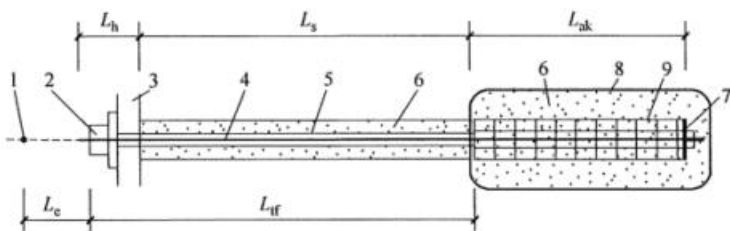
4.2.3 扩体锚杆宜由扩体锚固段、原孔段及锚头构成,扩体段可采用机械扩孔或高压喷射注浆扩孔形成,其中永久锚杆筋体应设置在水泥浆或水泥砂浆芯体中,囊袋锚杆扩体段应由囊袋内注水泥浆形成,囊袋钢筋笼锚杆扩体段内应设置囊袋及钢筋笼,变径钢筋笼锚杆扩体段内应设置可展开的钢筋笼(图 4.2.3)。



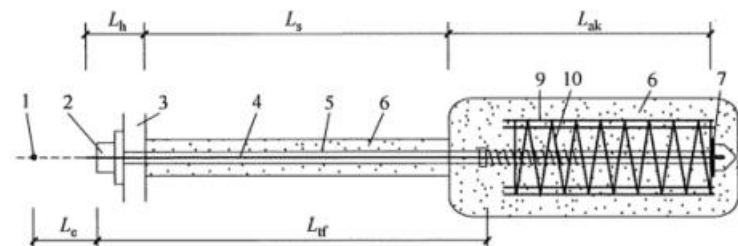
(a) 拉力型扩体锚杆



(b) 压力型囊袋锚杆



(c) 囊袋钢筋笼锚杆

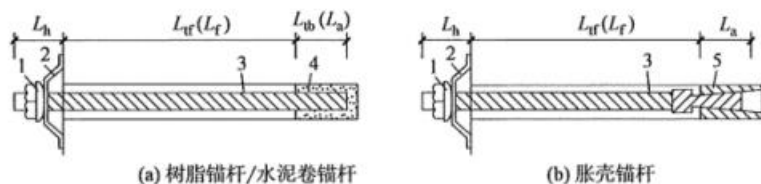


(d) 变径钢筋笼锚杆

1—千斤顶夹持点；2—锚具；3—锚座；4—筋体；5—护套；6—浆体；7—载体；
8—囊袋；9—钢筋笼；10—箍筋； L_{ak} —扩体段； L_s —原孔段

图 4.2.3 典型扩体锚杆结构简图

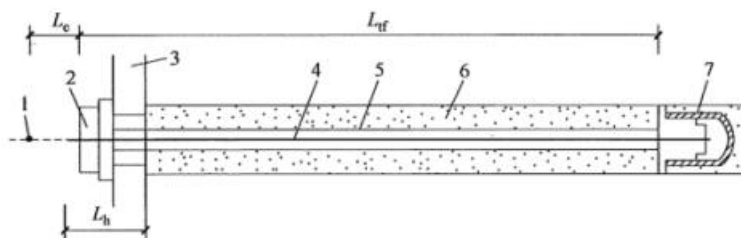
4.2.4 端锚锚杆宜由锚头、锚筋自由段、锚筋粘结段或机械锚固段构成(图 4.2.4)。



1—球面螺母;2—锚垫板;3—筋体;4—锚固剂(树脂或水泥卷);5—胀壳头;
 L_h —锚头段; L_{tf} —锚筋自由段; L_f —自由段; L_{tb} —锚筋粘结段

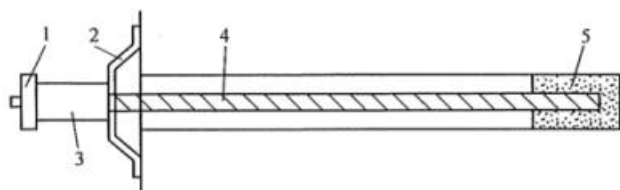
图 4.2.4 典型端锚锚杆结构简图

4.2.5 压力型可回收锚杆宜由锚头、锚筋自由段及带可回收锚筋装置的内锚具构成(图 4.2.5)。

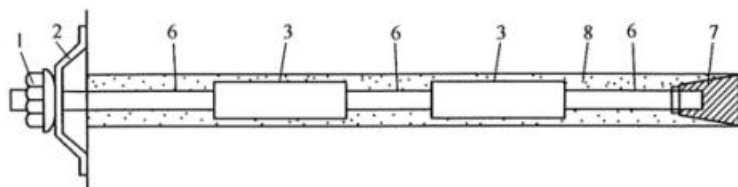


1—千斤顶夹持点;2—锚具;3—锚座;4—筋体;
 5—护套;6—浆体;7—自解锁锚具或 U 型承载体
 图 4.2.5 压力型可回收锚杆通用结构简图

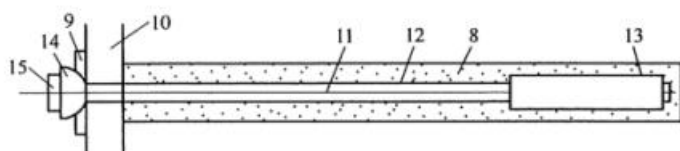
4.2.6 让压锚杆可采用孔外让压或孔内让压结构及单点或多点让压形式,孔外让压时宜将让压装置安装在锚具与锚垫板之间,预应力让压锚杆宜采用带让压装置的承载体(图 4.2.6)。



(a) 单点让压锚杆



(b) 多点让压中空注浆锚杆

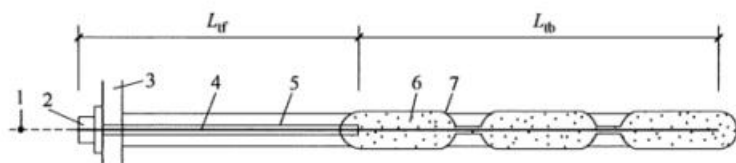


(c) 单点让压预应力锚杆

- 1—螺母；2—锚垫板；3—让压装置；4—筋体；5—锚固剂；6—中空杆体；
7—钻头；8—浆体；9—锚垫板；10—锚座；11—锚筋；12—护套；
13—带让压装置的承载体；14—球面垫圈；15—锚具

图 4.2.6 典型让压锚杆结构简图

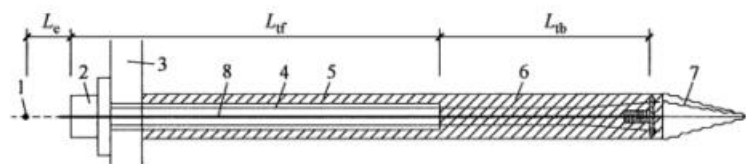
4.2.7 多囊袋锚杆宜由多个囊袋锚固体、锚筋自由段及锚头构成，且锚固体应在囊袋内注浆形成(图 4.2.7)。



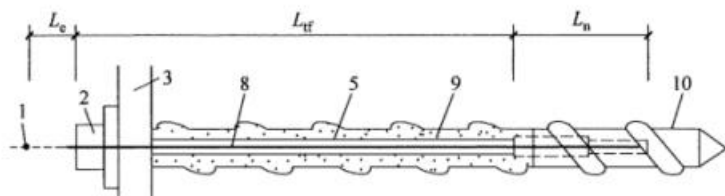
1—千斤顶夹持点；2—锚具；3—锚座；4—筋体；5—护套；6—浆体；7—囊袋

图 4.2.7 典型多囊袋锚杆结构简图

4.2.8 自钻预应力锚杆可采用拉力型结构形式或压力型结构形式，其中拉力型宜由一次性钻头、锚筋粘结段、锚筋自由段及锚头构成，压力型宜由一次性钻头、锚筋自由段及锚头构成(图 4.2.8)。



(a) 拉力型自钻锚杆

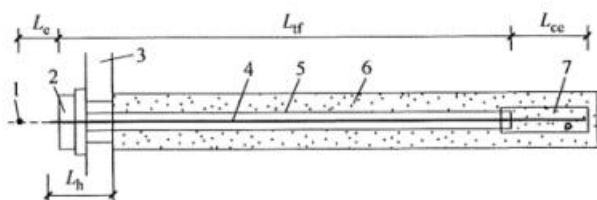


(b) 压力型自钻锚杆

1—千斤顶夹持点；2—锚具；3—锚座；4—筋体；5—护套；
6—水泥土；7—一次性三翼钻头；8—钻杆；
9—浆体；10—一次性螺钉钻头； L_n —杆体内连接段

图 4.2.8 典型预应力自钻锚杆结构简图

4.2.9 预制芯锚杆宜由预制芯、浆体及锚头构成；预制芯可全长设置形成全粘结锚杆，也可设置锚筋自由段后形成预应力锚杆(图 4.2.9)。

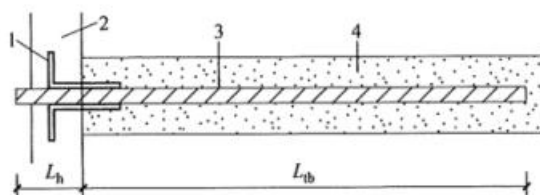


1—千斤顶夹持点;2—锚具;3—锚座;4—筋体;5—护套;
6—浆体;7—预制芯体; L_{ce} —预制段

图 4.2.9 典型预制芯预应力锚杆结构简图

4.3 非预应力锚杆

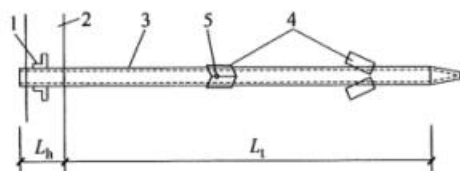
4.3.1 全粘结锚杆宜由锚筋粘结段及锚头构成,固结体宜全长与锚筋及地层粘结(图 4.3.1)。



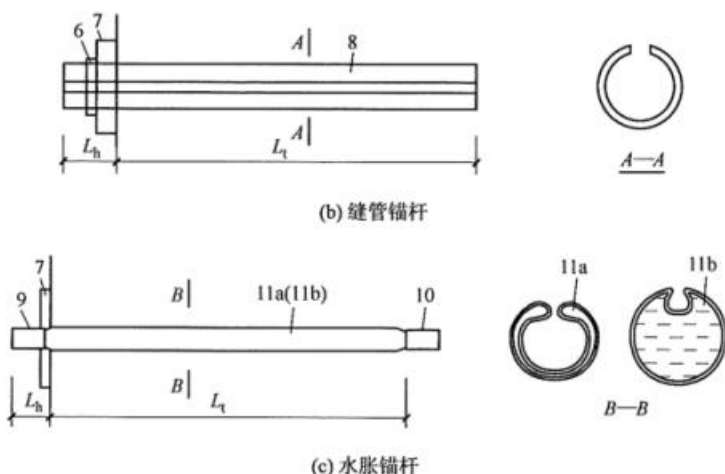
1—锚头连接件;2—锚座或面层;3—筋体;4—浆体

图 4.3.1 典型全粘结锚杆结构简图

4.3.2 摩擦锚杆应由杆体及锚头构成,可采用钢花管、缝管及水胀管等结构形式(图 4.3.2),且钢花管宜在管壁上设置出浆孔及倒刺,缝管应在管壁上纵向开缝,水胀管应为两端带套管的异型空心钢管。



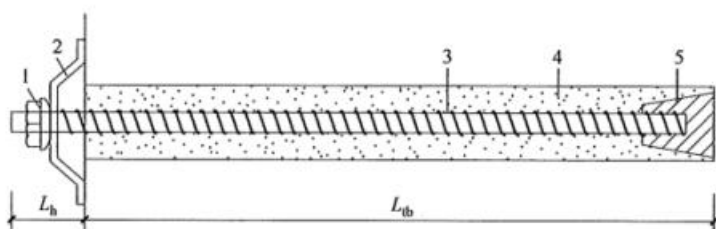
(a) 钢管锚杆



1—锚头连接件；2—锚座或面层；3—钢花管；4—倒刺；5—出浆孔；6—挡环；7—锚垫板；
8—开缝钢管；9—带注水管钢套；10—钢套；11a(11b)—注水前
(注水膨胀后)异型钢管杆体； L_f —摩擦段

图 4.3.2 典型摩擦锚杆结构简图

4.3.3 自钻式注浆中空锚杆宜由兼作钻杆的中空螺纹钢管、锚头及一次性钻头构成(图 4.3.3)。

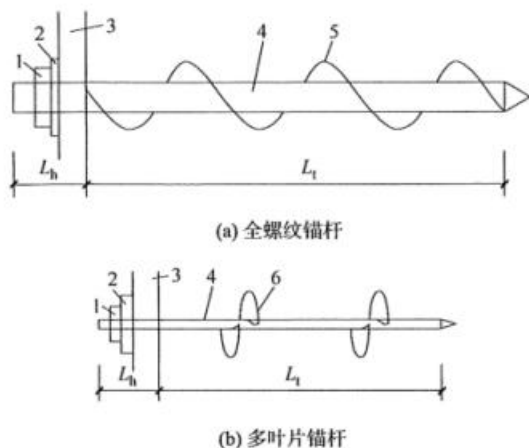


1—球面螺母；2—锚垫板；3—中空螺纹钢管；4—浆体；5—一次性钻头

图 4.3.3 典型自钻式注浆中空锚杆结构简图

4.3.4 自攻锚杆宜由兼作自攻钻杆的锚杆杆体及锚头构成，钻杆表面可设置螺纹或叶片(图 4.3.4)，螺纹锚杆杆体表面宜全长连

续设置螺纹或在前半段连续设置,叶片锚杆杆体表面宜断续设置多组叶片或在前端设置一组叶片。



1—螺母;2—锚垫板;3—锚座;4—筋体;5—螺纹;6—叶片

图 4.3.4 自攻锚杆结构简图

4.4 锚杆选型

4.4.1 边坡工程宜根据边坡形态、地质及水文地质条件、自稳状态、环境保护及挖填要求等综合确定锚杆类型。

4.4.2 危岩体加固工程锚杆选型宜符合下列规定:

1 滑移式及倾倒式危岩体规模较大、主控结构面开度较宽时宜采用预应力锚杆;坠落式危岩体积较大且后缘无裂隙时,宜采用预应力锚杆或全粘结锚杆;

2 整体性较好的危岩体加固宜采用锚墩、锚杆十字梁或锚杆格构梁结构,锚杆可选用预应力及全粘结锚杆;危岩体整体性较差时,宜采用锚杆肋板结构,且宜选用预应力锚杆。

4.4.3 基坑工程宜根据场地工程地质及水文地质条件、基坑形态及环境保护要求等综合确定锚杆类型,且锚固类锚杆宜选用可回

收锚杆或纤维锚杆。

4.4.4 基础工程与抗浮工程宜根据上部结构形式、荷载分布、岩土锚固地层条件、地下水控制条件和场地周边环境等因素综合确定锚杆类型。

4.4.5 既有支护结构加固工程锚杆选型应符合下列规定：

1 挡墙变形较大、变形控制要求严格或需要提供中高承载力时，宜采用预应力锚杆；

2 锚杆挡墙整体稳定性、锚杆承载力或肋柱承载力等不能满足设计要求时，可在肋柱上或肋柱间增设预应力锚杆或非预应力锚杆；

3 采用桩锚、锚杆格构梁、土钉墙或复合土钉墙支护结构的既有边坡工程或既有基坑工程，可在桩间、土钉间或格构梁间增设预应力锚杆，锚固节点处宜增设钢筋混凝土梁、柱或墩。

4.4.6 洞室加固工程锚杆选型应符合下列规定：

1 围岩洞室拱部宜采用低预应力锚杆，其他部位可采用非预应力锚杆；

2 地应力高的围岩洞室宜采用预应力锚固系统，且低预应力锚杆锚筋宜选用钢筋或纤维筋，中高预应力锚杆锚筋宜选用钢绞线；

3 软岩大变形区域及岩爆易发区域宜采用让压锚杆。

4.4.7 围岩加固工程锚杆选型应符合下列规定：

1 宜选用洞室工程锚杆；

2 IV级～V级围岩锚杆尾端宜支撑在初期支护钢架上；

3 成孔困难或钻进后容易塌孔且钢管难以直接顶入的松散碎石土地段，可采用自攻锚杆或自钻式注浆中空锚杆；

4 地层软弱、稳定性差的浅埋围岩可采用地表砂浆锚杆。

5 材料与组件

5.1 一般规定

5.1.1 锚杆材料及组件的性能应符合设计强度、刚度、硬度、稳定性、耐久性 & 密封性要求,且其规格及尺寸应符合设计要求与国家现行有关标准的规定。

5.1.2 在锚杆设计工作年限内及设计使用条件下,材料及组件应满足下列性能要求:

- 1 应保持物理稳定性及水稳定性;
- 2 应保持化学稳定性,彼此之间不应产生不良反应;
- 3 不应限制锚筋自由段的变形;
- 4 应能够保持耐久性,不应开裂、脆化及性能劣化。

5.2 杆体与锚固装置

5.2.1 锚筋选材应符合下列规定:

- 1 锚筋的主要物理力学指标宜符合本规程附录 B 的规定;
- 2 钢筋筋体宜采用锚杆用热轧带肋钢筋、精轧螺纹钢或环氧涂层钢筋;
- 3 钢绞线筋体宜采用预应力混凝土用钢绞线、环氧涂层钢绞线或无粘结钢绞线;
- 4 钢管筋体可采用无缝钢管或焊接钢管;
- 5 纤维筋应采用表面质地均匀、无气泡 & 裂纹、螺纹的牙形及牙距整齐且没有损伤的筋材;
- 6 钢丝绳可采用多股钢丝绳或单捻钢丝绳;
- 7 钻孔注浆中空锚杆杆体可采用碳素钢或纤维增强复合材料,自钻式注浆中空锚杆杆体宜采用表面带有连续滚压螺纹的厚

壁无缝钢管,材料宜选用合金结构钢;

8 缝管锚杆杆体宜采用合金结构钢;

9 树脂锚杆杆体宜采用左旋无纵肋螺纹钢或纤维筋;

10 水泥卷锚杆杆体宜采用螺纹钢,围岩较稳定、应力较小时也可采用圆钢。

5.2.2 锚筋采用非金属材料或高承载力且设置涂层或防腐材料时,宜进行锚筋与浆体粘结强度试验及静载锚固性能试验等相关试验。

5.2.3 锚筋接长应符合下列规定:

1 钢绞线不应接长;

2 预应力用螺纹钢筋、纤维筋及用于围岩工程的中空锚杆杆体应采用专用连接器;

3 中高承载力预应力纤维筋锚杆应采用专用子母连接器连接纤维筋与钢绞线,钢绞线长度不宜少于 4.0m;

4 接头强度应能承受杆体的最大拉力,且其耐久性不应低于杆体。

5.2.4 锚具及锚头应符合下列规定:

1 预应力钢绞线锚筋外锚具及夹具应采用夹片锚具,内锚具宜采用挤压锚具,非预应力钢绞线锚筋也可采用压花锚具;

2 钢筋及钢管锚筋应采用螺母锚具或固定螺母;

3 纤维筋、环氧涂层锚筋及锚筋敷涂环氧涂层后,应采用专用锚具;

4 可回收锚杆内锚头宜采用自解锁锚具,外锚头宜采用分体式锚具;

5 可根据锚杆的服役工况需要采用可调节拉力锚具;

6 胀壳锚杆的胀壳头宜采用结构钢制作;

7 水胀锚杆的外锚头应为带注高压水小孔的钢套及锚垫板;

8 螺母的规格、型号及尺寸应与螺纹匹配,且应能承受杆体的最大拉力,耐久性不应低于杆体;用于预应力锚具时,宜采用

法兰螺母。

5.2.5 护套、波纹管、过渡管、注浆管、排废管、排气管等管材应符合下列规定：

1 管材的物理与化学性能应满足设计使用要求；

2 管材宜采用高密度聚乙烯、聚氯乙烯或聚丙烯材料；除重复使用的一次注浆管外，其余管材不宜采用金属材料；

3 锚杆现场制作时杆体护套厚度不应小于 2.0mm；波纹管壁厚不应小于 2.5mm，波纹宽度宜为(6~12)倍壁厚，波纹高度不宜小于 3 倍壁厚；过渡管壁厚不应小于 5.0mm；锚筋自由段宜采用 PVC 管等管材作为护套；

4 一次注浆管能承受的压力不应小于 1.0MPa；二次注浆管及分段高压注浆管能承受的压力不应小于 5.0MPa 及最大注浆压力的 1.2 倍；

5 塑料管宜采用熔接法等强度接长。

5.2.6 定位架、端帽、束线环或绑扎线、止浆塞、锚具罩及承载体等配件及材料，应符合下列规定：

1 定位架宜兼具隔离与对中功能，并宜采用非金属材料；定位架的形状及结构应能满足锚筋最小保护层要求，且开孔率应满足不影响浆液在钻孔内的流动的要求；

2 端帽宜采用塑料、橡胶、塑料复合钢板或钢板等材料；

3 束线环及绑扎线宜采用非金属材料；

4 止浆塞宜采用橡胶或塑料等材料；

5 锚具罩宜采用钢板、钢管、铸铁、塑料复合钢板、塑料等材料；

6 承载体宜采用钢板、铸铁、塑料复合钢板、塑料等材料。

5.2.7 防腐润滑脂的选材应满足锚杆工作环境及设计工作年限的要求。

5.2.8 锚固板、锚垫板及分压板宜采用热轧钢板或铸钢制作。

5.2.9 纤维锚杆螺母及锚垫板可采用纤维增强复合材料制作。

5.2.10 囊袋宜符合下列规定:

- 1 宜采用长丝有纺土工布制作;
 - 2 材料经纬向断裂强度不宜小于 40kN/m,断裂伸长率不宜大于 30%;
 - 3 接缝断裂强度不宜小于 30kN/m;
 - 4 囊袋布垂直渗透系数不宜大于 0.1m/d。
- 5.2.11 可回收锚索不宜采用回收后的钢绞线。

5.3 胶凝材料与浆体

5.3.1 浆体用水泥宜采用早强水泥,并宜按表 5.3.1 的规定采用。

表 5.3.1 不同环境类别可选用的水泥品种

环境类别及防腐等级	可选用的硅酸盐类水泥品种
一般环境中锚杆Ⅱ级及Ⅲ级防腐	P. O、P. I、P. II、P. S、P. F、P. C
化学腐蚀环境	P. MSR、P. HSR、P. O*
其他情况下	P. O、P. I、P. II
注: * 表示硫酸盐环境中使用 P. O 水泥时应加入适量的抗硫酸盐外加剂	

注:1 现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 规定:一般环境指无冻融、氯化物和其他化学腐蚀物质作用,腐蚀机理为防护层混凝土碳化引起钢筋锈蚀;化学腐蚀环境腐蚀机理为硫酸盐等化学物质对混凝土的腐蚀;

- 2 国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175—2007 规定通用硅酸盐水泥代号分别为:P. O—普通硅酸盐水泥,P. I、P. II—硅酸盐水泥,P. S—矿渣硅酸盐水泥,P. F—粉煤灰硅酸盐水泥,P. C—复合硅酸盐水泥;国家标准《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB 748—2005 规定,抗硫酸盐硅酸盐水泥代号分别为:P. MSR—中抗硫酸盐硅酸盐水泥,P. HSR—高抗硫酸盐硅酸盐水泥。

5.3.2 浆体用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

5.3.3 浆体中石粒径不应大于 16.0mm,砂粒径不宜大于 1.25mm。

5.3.4 浆体用外加剂应符合下列规定:

- 1 不应采用缓凝类及引气类外加剂；
- 2 不宜采用无机盐类早强剂；
- 3 可使用控制浆液泌水、改善流动性、减少用水量、调整凝结时间或提高早期强度的外加剂；

4 在锚杆护套内、锚具罩内和二次充填注浆时，可使用膨胀剂；

5 外加剂不应劣化浆体的粘结性能；

6 采用外加剂前应进行配合比试验。

5.3.5 浆体中氯离子最大含量不宜超过胶凝材料总质量的 0.2%，含碱量不应超过 3.0kg/m^3 。

5.3.6 树脂锚固剂及水泥卷锚固剂应符合下列规定：

1 宜根据地质条件、锚杆钻孔直径、胶凝时间、养护时间等因素选用锚固剂；

2 树脂锚固剂应质地柔软，颜色均匀，树脂胶泥不分层、不沉淀，固化剂分布均匀；

3 速凝型水泥卷锚固剂 5h、28d 及缓凝型 28d 膨胀率不应小于 0。

5.3.7 灌浆料宜根据地质条件及施工环境等因素选用。

6 设 计

6.1 一 般 规 定

6.1.1 锚杆的设计宜采用单一安全系数法。

6.1.2 锚杆的设计宜包括下列内容：

- 1 锚杆轴向拉力、承载力及初始预应力；
- 2 锚杆类型及筋体、锚具（锚头）、胶凝材料的类型；
- 3 锚固体直径、各部分长度、角度、空间布置、浆体材料及强度等设计参数及构造要求；
- 4 钻孔、下锚、注浆、张拉、锁定等施工要求；
- 5 锚杆的试验、检测、监测、验收及运维要求。

6.2 锚杆承载力

6.2.1 锚固类锚杆承载力应符合下列公式要求：

$$N_k \leq R_a \quad (6.2.1-1)$$

$$R_a \leq R_{uk} / K_a \quad (6.2.1-2)$$

式中： N_k ——作用标准组合时的锚杆轴向拉力标准值(kN)，由锚固结构设计计算确定；

R_a ——锚杆受拉承载力特征值(kN)；

R_{uk} ——锚杆受拉极限承载力标准值(kN)，应由锚杆试验确定。初步设计时可按本规程第 6.2.3 条～第 6.2.9 条规定估算的最小值取值；

K_a ——锚杆承载力安全系数，永久锚杆不应小于 2.0，临时锚杆不应小于 1.8。

6.2.2 可回收锚杆锚筋设计抗拆力不应小于锚杆轴向拉力标准值的 1.3 倍。

6.2.3 锚筋抗拉极限承载力可按下列公式估算：

$$R_{ul,k} = nA_s f_{yk} \quad (6.2.3-1)$$

$$R_{ul,k} = 0.88nA_s f_{fk} \quad (6.2.3-2)$$

$$R_{ul,k} = nF_{p0.2} \quad (6.2.3-3)$$

式中： $R_{ul,k}$ ——锚筋抗拉极限承载力标准值(kN)；

n ——单根锚杆中的锚筋数量；

A_s ——单根锚筋的有效截面面积(m^2)；

f_{yk} ——钢筋屈服强度标准值(kPa)，宜按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定取值；

f_{fk} ——纤维增强复合材料抗拉强度标准值(kPa)，宜按现行国家标准《纤维增强复合材料工程应用技术标准》GB 50608 的规定取值；

$F_{p0.2}$ ——钢绞线 0.2%屈服力(kN)，应按现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的有关规定取值。

6.2.4 等直径粘结锚杆抗拔极限承载力可按下式估算：

$$R_{uf,k} = \pi D \psi \sum f_{mk,i} L_{a,i} \quad (6.2.4)$$

式中： $R_{uf,k}$ ——锚杆抗拔极限承载力标准值(kN)；

D ——锚固体直径(m)，宜取钻孔直径；

ψ ——有效锚固长度折减系数，土层中锚固段长度大于 10m 或岩层中锚固段长度大于 6m 时可按当地经验取值且不宜大于 1.0；

$f_{mk,i}$ ——锚固体与第 i 层岩土体之间粘结强度标准值(kPa)，可按当地经验初定，也可按本规程附录 C 的规定确定；

$L_{a,i}$ ——锚固段在第 i 层岩土体中的长度(m)。

6.2.5 粘结锚杆锚筋抗拉脱极限承载力可按下式估算：

$$R_{ub,k} = n\pi d L_{ub} f_{bk} \quad (6.2.5)$$

式中： $R_{ub,k}$ ——锚筋抗拉脱极限承载力标准值(kN)；

d ——单束锚筋直径(m);

L_{th} ——锚筋粘结段长度(m);

f_{bk} ——固结体与锚筋之间的粘结强度标准值(kPa),可按当地经验确定。

6.2.6 压力型锚杆及压力分散型单元锚杆的锚固体底端抗压极限承载力,可按下式估算:

$$R_{up,k} = \eta A_{ln} f_{ck} \quad (6.2.6)$$

式中: $R_{up,k}$ ——锚固体抗压极限承载力标准值(kN);

η ——锚固体局部抗压强度增大系数,可按当地经验初定;

A_{ln} ——锚固体抗压净面积(m²),为承载体与锚固体的净接触面积扣除锚筋孔洞横截面面积之后的净面积;

f_{ck} ——边长为70.7mm的浆体立方体抗压强度标准值(kPa)。

6.2.7 摩擦锚杆抗拔极限承载力,可按下式估算:

$$R_{uf,k} = \pi D_{ap} \sum f_{fk,i} L_{t,i} \quad (6.2.7)$$

式中: D_{ap} ——锚杆杆体表观直径(m),可按当地经验取值;

$f_{fk,i}$ ——杆体与第*i*层岩土体之间摩阻强度标准值(kPa),可按当地经验确定;

$L_{t,i}$ ——第*i*层岩土体中的摩擦段长度(m)。

6.2.8 扩体锚杆抗拔极限承载力,可按下式估算:

$$R_{ue,k} = \pi f_{mk} (D L_{as} + D_k L_{ak}) + \pi (D_k^2 - D^2) f_{ak} / 4 \quad (6.2.8)$$

式中: $R_{ue,k}$ ——扩体锚杆抗拔极限承载力标准值(kN);

D 、 D_k ——原孔锚固段及扩体锚固段的锚固体直径(m);

L_{as} 、 L_{ak} ——原孔锚固段长度及扩体锚固段长度(m);

f_{ak} ——扩体锚固段面端岩土体端阻强度标准值(kPa),可按当地经验确定。

6.2.9 荷载分散锚杆抗拔承载力初步设计时,可取各单元锚杆抗拔力之和。

6.2.10 加固类锚杆承载力宜按下式计算:

$$N_k \leq R_{uk} / K_a \quad (6.2.10)$$

式中: N_k ——加固类锚杆轴向拉力标准值(kN);

R_{uk} ——锚杆极限承载力标准值(kN),宜由锚杆荷载试验确定,初步设计时,可按本规程第 6.2.11 条的规定进行估算;

K_a ——锚杆承载力安全系数,永久锚杆宜取 1.5,临时锚杆宜取 1.3。

6.2.11 加固类锚杆承载力估算应符合下列规定:

- 1 锚筋抗拉极限承载力宜按本规程式(6.2.3-1)进行估算;
- 2 全粘结锚杆抗拔极限承载力宜按本规程式(6.2.4)进行估算;
- 3 摩擦锚杆抗拔极限承载力宜按本规程式(6.2.7)进行估算。

6.2.12 可回收锚杆的锚筋抗拆力应由锚杆试验确定。初步设计时,锚筋最大抗拆力可按 $0.85R_{ul,k}$ 估算。

6.3 锚杆构造与布置

6.3.1 锚杆钻孔直径应符合下列规定:

- 1 锚固类及加固类注浆锚杆孔径不宜小于 90mm,且预应力锚杆的孔径不宜小于 110mm;
- 2 构造类注浆锚杆孔径不宜小于 50mm,且土层锚杆的孔径不宜小于 90mm;
- 3 锚绳孔径不宜小于钢丝绳直径的 2.5 倍。

6.3.2 锚杆各部位最小长度宜按表 6.3.2 的规定采用。

表 6.3.2 锚杆各部位最小长度

序号	锚杆类型	部位	最小长度(m)
1	锚固类预应力锚杆	自由段	5.0
2	岩层拉力型锚杆	锚筋粘结段	3.0
3	土层拉力型锚杆	锚筋粘结段	8.0
4	加固类锚杆及锚固类非预应力锚杆	锚固段	3.0

6.3.3 钻孔注浆锚杆构造宜符合下列规定：

1 锚固类锚杆钢筋直径不宜小于 20mm，加固类锚杆钢筋直径不宜小于 16mm，构造类锚杆钢筋直径不宜小于 12mm；

2 锚筋保护层厚度不宜小于 20mm，锚筋间净距不宜小于 10mm；

3 锚筋粘结段的波纹管保护层厚度不宜小于 10mm。

6.3.4 锚固类锚杆锚固段应符合下列规定：

1 锚固段宜设置于岩层、稍密～密实的碎石土层及砂土层、可塑～坚硬状的黏性土层及相应性状的粉土层；

2 永久锚杆的锚固段不应设置在新近填土层及液限大于 50% 的土层，不应设置在未经处理的老填土层、有机质土层及松散砂层等地层；

3 锚固体与相邻地下结构的距离及锚杆的间距不应小于锚固体设计直径的 3 倍，且不宜小于 1.2m；

4 斜向预应力锚杆锚固段上覆土层厚度不宜小于 4.0m，非预应力锚杆不宜小于 2.0m；预应力锚杆锚固段上覆岩层厚度不宜小于 2.0m，非预应力锚杆不宜小于 1.0m；

5 扩体锚杆的原孔长度与扩体直径之比不应小于 11。

6.3.5 击入式钢管锚杆宜符合下列规定：

1 底端宜加工成封闭式尖锥形；

2 出浆孔直径、间距及布置方式应满足锚杆与岩土体的摩阻强度及注浆均匀的要求，距离孔口 2.0m 长度范围内不宜设置出浆孔；

3 出浆孔外宜设置保护倒刺并宜焊接牢固。

6.3.6 自攻锚杆宜符合下列规定：

1 宜采用定型产品；

2 底端宜加工成封闭式尖锥形；

3 场地地质条件差时，宜在管壁上设置出浆孔并注浆；

4 螺纹锚杆的螺纹设置范围不宜少于杆体长度的三分之一。

6.3.7 囊袋锚杆宜符合下列规定：

- 1 囊袋肩宜为平面，注满水泥浆后肩面宜垂直于锚杆轴线；
- 2 中高承载力囊袋锚杆宜设置排气装置；
- 3 多囊袋锚杆的囊袋宜采用串联结构形式。

6.3.8 单囊袋的锚杆膨胀挤压筒装置，应符合下列规定：

1 膨胀挤压筒装置由可折叠膨胀囊袋、上套筒组件与下套筒组件、内注浆管、隔离支撑管、单向注浆阀、抽气检测阀、控压排气阀、承载盘和端帽等组件构成；

2 锚杆筋体应能内穿隔离支撑管并通过挤压锚具或螺母锚具与膨胀挤压筒固定连接；

3 上下套筒组件宜具有为膨胀挤压筒提供固定密封功能；

4 抽气检测阀应具有抽气检测并确定膨胀挤压筒密封完好性功能；

5 内注浆管与单向注浆阀宜具有向囊内压力注浆并防止水泥浆液从囊内回流的止回保压功能；

6 控压排气阀宜具有在设定压力下排出囊内气体并保证囊内注浆体充盈度达到设计要求功能；

7 隔离支撑管宜具有为锚筋提供密封并实现锚筋在施工现场与膨胀挤压筒快速装配功能。

6.3.9 变径钢筋笼锚杆的钢筋笼宜由竖筋、箍筋及承压板等组件构成，且箍筋宜采用连续螺旋钢筋、钢丝绳或钢丝。

6.3.10 拉压型锚杆应符合下列规定：

1 承载板与锚筋的连接强度不应低于锚筋材料屈服强度的 95%；

2 承载板厚度不应小于 20mm；

3 承载板至锚杆底部的距离宜为总锚固段长度的 35%~65%；

4 锚杆杆体底端宜设置端帽。

6.3.11 预制芯锚杆应符合下列规定：

1 预制芯锚杆宜采用精轧螺纹钢筋或锚杆用带肋钢筋作为

锚筋,也可采用钢绞线作为锚筋;

2 预制芯体材料宜为复合浆体或树脂,且强度不宜低于 40MPa。

6.3.12 采用机械扩体法及水力扩体法形成的扩体型永久锚杆,宜采取设置浆体芯等防腐措施。

6.3.13 锚固体为水泥土的拉力型扩体锚杆,宜在锚筋粘结段锚筋上设置(2~4)块分压板。

6.3.14 压力分散锚杆的单元锚杆数量不宜超过 3 个,且每根单元锚杆不宜超过 2 根锚筋。

6.3.15 锚杆注浆应符合下列规定:

1 注浆锚杆一次注浆材料可采用水泥净浆、水泥砂浆或细石混凝土,二次注浆宜采用水泥净浆;钢管锚杆、自攻锚杆及自钻锚杆宜采用水泥净浆;

2 岩层锚杆可采用灌浆料或高分子灌浆材料;

3 锚固类锚杆浆体及扩体锚杆的浆体芯抗压强度设计值不应小于 25MPa,且压力型锚杆的浆体抗压强度设计值不应小于 30MPa;其他类型锚杆浆体抗压强度设计值不应小于 20MPa;

4 浆体配合比应满足可灌性及强度需要;

5 软弱岩层及土层中的锚固类锚杆宜采用二次注浆及多次注浆;

6 锚杆注浆量应根据现场工艺试验确定,钻孔注浆锚杆可按一次注浆量取钻孔容积的(1.5~3.0)倍、二次注浆量取一次注浆量的(0.5~1.5)倍初定;

7 洞室工程锚杆设置止浆塞时,止浆塞宜放在钻孔口内约 0.3m 处。

6.3.16 柔性防护网所采用的锚杆宜符合下列规定:

1 受拉承载力为中高承载力时应进行设计计算;

2 宜采用全粘结锚绳;

3 与支撑绳、拉锚绳等钢丝绳类构件端部相连接的锚杆,宜

采用锚头有连接环套的柔性锚杆；

4 柔性锚杆的锚头连接宜在环套内嵌套套环，连接环套钢绞线段宜套装套管；

5 主动防护网的锚杆轴向宜垂直于坡面；被动防护网的锚杆轴向宜平行于拉力方向，基础锚杆的轴向与基础中心线夹角不宜超过 15° ；

6 锚杆深度不宜小于危岩卸荷发育深度及风化带深度，且主动网及被动网的固定锚杆长度不宜小于 1.5m，基础锚杆长度不宜小于 0.6m；

7 钢丝绳注浆锚杆的锚筋保护层厚度不宜小于 10mm，杆体全长采取防腐措施时不宜小于 6mm。

6.3.17 边坡锚杆布置应符合下列规定：

1 当边坡存在不利结构面时，锚杆长度应穿过结构面并锚入其后稳定岩土体不少于 4m；结构面与坡面倾角平行时，锚固段宜错落布置，锚杆轴向宜与主结构面垂直；

2 柱板式挡墙中的锚杆轴向宜垂直于边坡走向或平行于可能破坏的主滑方向，锚头宜设置在立柱上；

3 土质边坡及无明显结构面岩质边坡锚杆俯角宜为 $10^{\circ} \sim 35^{\circ}$ ；

4 锚固类锚杆间距宜为 2.0m~4.0m；

5 岩体破碎区域加固宜采取多排全粘结锚杆呈梅花状布设，横向间距及纵向垂直间距宜为 1.5m~2.5m，长度不宜小于 6.0m；

6 锚固区内有建构筑物基础传递较大荷载时，锚杆宜长短相间设置；

7 有格构梁时锚杆宜设置在格构梁节点处。

6.3.18 加固危岩体锚杆布置应符合下列规定：

1 加固倾倒破坏危岩体的锚杆安设角度宜与主控结构面垂直，加固滑移破坏危岩体的锚杆安设角度宜与滑移面平行；

2 相邻锚杆不宜等长，锚固段宜根据岩体强度和完整性交错

布置。

6.3.19 基坑锚杆布置宜符合下列规定：

1 钻孔注浆锚杆成孔俯角宜为 $10^{\circ}\sim 35^{\circ}$ ，钢管锚杆、自攻锚杆及自钻锚杆俯角宜为 $5^{\circ}\sim 35^{\circ}$ ；

2 非预应力锚杆纵横间距宜为 1.0m~2.0m；坡率大时宜取较大值，土质差时宜取小值且局部可小于 1.0m；

3 预应力锚杆与非预应力锚杆混用时，预应力锚杆长度宜为相邻非预应力锚杆长度的(1.5~2.0)倍；

4 基坑阳角区域锚杆锚固段宜错落布置，或采用对拉锚杆及背拉梁板等替代；

5 岩质基坑局部锚杆的布置宜在开挖阶段结合现场地质条件确定。

6.3.20 基础锚杆与抗浮锚杆布置宜符合下列规定：

1 抗浮锚杆及高耸结构基础锚杆宜垂直布置，重力式挡墙的基础锚杆无抗滑稳定要求时宜垂直于基础底面布置，大跨度结构拱脚等承受水平力的基础锚杆俯角宜为 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ；

2 锚杆可集中式布置或分布式布置；

3 锚杆的平面布置宜满足在锚杆间通行要求及荷载试验平面布置要求，且间距不宜小于 1.2m；

4 岩体水平层理发育时，相邻锚杆的锚固段宜错落设置。

6.3.21 既有支护结构加固锚杆布置宜符合下列规定：

1 采用格构式锚杆挡墙加固时，锚杆宜设置在格构梁交叉点并宜设置格构梁基础；

2 采用肋板式锚杆挡墙加固时，锚杆宜设置在竖肋上并宜设置竖肋基础；

3 采用桩锚加固时，锚杆宜布设在挡墙中上部。

6.3.22 洞室工程锚杆钻孔直径宜符合下列规定：

1 树脂锚杆孔径宜大于锚筋粘结段杆体直径(4~10)mm；

2 胀壳锚杆孔径宜大于杆体直径(18~32)mm；

3 缝管锚杆孔径宜小于杆体直径(2~3)mm;

4 水胀锚杆孔径宜小于杆体直径(2~6)mm。

6.3.23 洞室工程锚杆筋体直径宜符合下列规定:

1 水泥卷锚杆筋体直径宜为(16~22)mm;

2 树脂锚杆及全粘结锚杆筋体直径宜为(16~25)mm;

3 钻孔注浆非预应力中空锚杆筋体直径宜为(25~32)mm,内径不宜小于10mm;

4 自钻注浆中空锚杆筋体直径宜为(32~40)mm,内径不宜小于12mm;

5 预应力注浆中空锚杆筋体直径宜为(25~50)mm,内径不宜小于10mm;

6 纤维锚杆筋体直径宜为(16~32)mm;

7 缝管锚杆筋体直径宜为(30~45)mm;

8 水胀锚杆筋体直径宜为(25~42)mm。

6.3.24 洞室工程锚杆空间布置宜符合下列规定:

1 围岩级别为Ⅲ级~Ⅴ级时,宜按系统锚杆设计;洞室工程锚杆长度不宜小于1.5m;

2 系统锚杆宜沿洞室周边径向呈矩形或梅花形布置,安设角度宜与洞室开挖面垂直;

3 当洞室宽度小于15.0m时,低预应力系统锚杆长度宜为2.5m~3.5m,大于15m时不宜小于3.5m;

4 锚杆间距不宜大于长度的50%,且在Ⅰ级~Ⅲ级围岩中不宜大于1.5m、在Ⅳ级~Ⅴ级围岩中不宜大于1.25m;围岩较差、地应力较高或洞室开挖尺寸较大时,锚杆宜取加密布置或长短交错布置;

5 局部锚杆布置方向在拱腰以上时宜采用锚杆受拉布置;在拱腰以下及边墙时宜采用锚杆受剪切布置。

6.3.25 锚筋张拉段及保留段应符合下列规定:

1 张拉段切除后,基础锚杆、抗浮锚杆及工程安全等级为三

级的锚杆,钢绞线保留段长度不宜少于 50 mm、钢筋不宜少于 30mm;工程安全等级为一、二级的锚杆,钢绞线保留段长度不宜少于 150mm、钢筋锚杆保留段长度不宜少于 60mm;

2 拉力监测锚杆的保留段长度应从传感器上表面起算;

3 永久预应力锚杆应验收合格后方可切割张拉段及封锚;

4 洞室工程锚杆安装后外露长度不宜超过 100mm,并宜采用喷射混凝土覆盖。

6.4 锚座与锚固节点

6.4.1 锚座为混凝土结构时,可采用墩、单向梁、格构梁及板等结构形式,锚座为钢结构时宜采用单向矩形截面梁。

6.4.2 锚座混凝土强度等级不宜低于 C25,外端面应平整且宜与锚杆轴向垂直。

6.4.3 锚杆与锚座的锚固或连接节点设计时宜考虑结构削弱影响,承载力较高时应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定进行施工及使用阶段最不利工况组合下的节点受冲切承载力及抗压承载力验算。

6.4.4 锚座或锚座下为桩、墙等竖向结构时,应考虑预应力锚杆俯角较大时对其下拉作用的影响。

6.4.5 非预应力锚杆直段锚固长度不满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定的最小锚固长度时,精轧螺纹钢、大直径钢筋及高强钢筋宜采用锚固板形式,其余钢筋可采用弯钩或机械锚固形式。

6.4.6 当采用弯钩或机械锚固形式时,钢筋应伸至锚座厚度的一半以上再弯折或加板,直段锚固长度不应小于 0.4 倍基本锚固长度,锚固长度、基本锚固长度、锚固长度修正系数、弯钩或机械锚固形式及保护层厚度等,应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

6.4.7 锚固板设计及构造除应符合现行行业标准《钢筋锚固板应

用技术规程》JGJ 256 的有关规定外,钢筋强度等级超过 500MPa 级或直径超过 40mm 时,锚固板及锚座尚应符合下列规定:

- 1 钢材牌号不宜低于 Q355B;
- 2 用于抗浮锚杆时宜采用圆形,用于其他锚杆时可采用圆形或方形;
- 3 直段锚固长度不小于 0.4 倍基本锚固长度时可采用部分锚固板,直段锚固长度小于 0.4 倍基本锚固长度时应采用全锚固板;
- 4 穿筋孔应采用圆形,孔径宜大于钢筋外缘 1.0mm~1.5mm;
- 5 应采用螺母与锚筋固定,螺母应采用与钢筋配套产品,锚筋宜凸出锁定螺母顶面不小于 1 个螺距;
- 6 锚固板施工时应采取稳固措施;
- 7 板厚不应小于锚筋直径的 80%,全锚固板外径或边长不应小于锚筋直径的 3 倍,部分锚固板外径或边长不应小于锚筋直径的 2.25 倍;
- 8 1 个锚固板只宜设置在 1 根锚筋上;
- 9 用于高承载力锚杆时锚固板应进行强度验算。

6.4.8 洞室工程锚杆锚垫板及配件应符合下列规定:

- 1 纤维锚杆宜采用锥形垫板;
- 2 非预应力钢筋锚杆宜采用碟形垫板,边长不宜少于 100mm,厚度不宜小于 6mm;
- 3 低预应力钢筋锚杆宜采用碟形垫板,边长不宜少于 150mm,厚度不宜小于 8mm;
- 4 当采用碟形垫板时宜配备球面垫圈,球面垫圈尺寸宜满足锚杆体任意方向转动不小于 10° 的要求。

6.4.9 洞室工程以外锚杆的锚垫板及分压板应符合下列规定:

- 1 宜采用正方形;
- 2 用于锚索时边长不宜少于 250mm,厚度不宜少于 20mm,钢材牌号不宜低于 Q355B;
- 3 用于预应力钢筋锚杆时,边长不宜少于 200mm,厚度不宜

小于钢筋锚筋直径的 80%，钢材牌号不宜低于 Q355B；

4 用于非预应力锚杆时，边长不宜少于 100mm，厚度不宜少于 10mm；

5 用于纤维锚杆时，锚垫板直径不应小于 150mm，厚度不应小于 6mm，加强肋不宜小于 6 条；

6 锚筋为钢绞线时，锚垫板穿筋孔孔径宜大于锚杆杆体直径 10mm~20mm 且不宜大于钻孔直径；锚筋为钢筋、钢管及纤维筋时，穿筋孔孔径宜大于锚杆杆体直径 4mm~10mm；

7 用于高承载力锚杆时锚垫板宜进行强度验算。

6.4.10 预应力锚杆锚座穿筋孔宜设置过渡管护壁，孔位及角度应与杆体同轴设置，孔径宜大于锚杆杆体外径 10mm~30mm 且不宜大于钻孔直径；当采用螺母锚具时宜取小值。

6.4.11 锚固类锚杆锚垫板下宜设置找平层，可采用砂浆、细石混凝土或钢楔，砂浆或细石混凝土强度应比锚座混凝土高一个强度等级。

6.4.12 永久预应力锚杆、抗浮锚杆及基础锚杆的锚固节点应进行防水处理。

6.4.13 锚具罩与支承面应采取密封止水措施。

6.4.14 抗浮锚杆及基础锚杆锚固节点防水除应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 的规定外，尚应符合下列规定(图 6.4.14)：

1 防水等级不应低于相应地下结构防水等级；

2 应根据防水等级、锚杆类型、锚固节点形式及防水节点的允许变形值等采取防水措施；

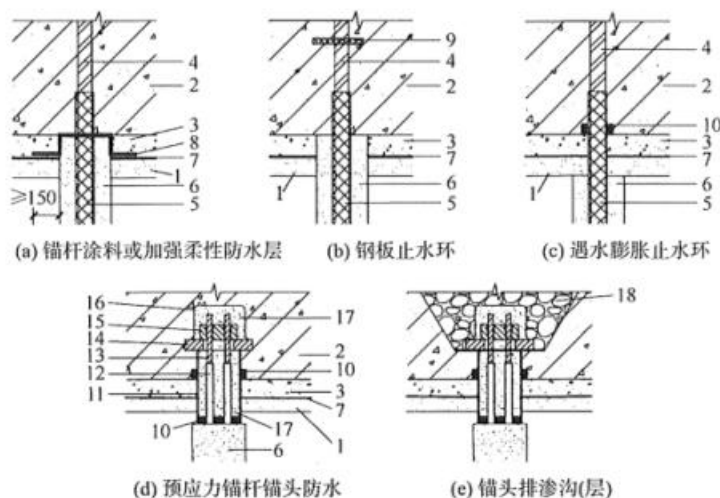
3 锚杆防水涂料层与底板防水层平面搭接宽度不应小于 150mm，厚度不应小于 2mm；

4 遇水膨胀止水环(胶、条)厚度不应小于 5mm，止水环宽度不应小于 15mm，7d 净膨胀率不宜大于最终膨胀率的 60%，最终膨胀率不宜小于 300%，且应满足高温(80℃×5h)无流淌要求；

5 钢板止水环宽度不应小于 50mm,厚度不应小于 2mm,且应与金属锚筋或套管满焊;

6 预应力锚杆节点防水宜采用微膨胀浆体把过渡管、锚垫板及锚具中的孔隙充填饱满;浆体强度应高于锚座结构混凝土强度等级,且宜采用高强微膨胀专用灌浆料;

7 预应力锚杆穿透防水等级一级的结构底板时,宜在结构底板上留置排渗层等疏排渗漏水条件。



- 1—砂浆或细石混凝土垫层及找平层;2—基础结构;3—细石混凝土保护层;
4—钢筋筋体;5—环氧涂层;6—锚杆浆体;7—底板防水层;8—锚杆涂料防水层或加强柔性防水层;9—钢板止水环;10—遇水膨胀止水环;
11—过渡管;12—锚筋护套;13—锚筋;14—锚垫板;15—锚具;
16—锚具罩;17—微膨胀灌浆料;18—透水材料(排渗沟)

图 6.4.14 锚固节点防水构造图

6.5 锚杆刚度系数与锁定荷载

6.5.1 锚杆轴向抗拉刚度系数宜根据荷载试验结果按式(6.5.1-1)

计算,初步设计时可按式(6.5.1-2)估算:

$$k_{RT} = (P_2 - P_1) / (s_2 - s_1) \quad (6.5.1-1)$$

$$k_{RT} = n\lambda_R E_s A_s / l_{fd} \quad (6.5.1-2)$$

式中: k_{RT} ——锚杆轴向刚度系数(kN/m);

P_1 、 P_2 —— P - s 曲线上的特定荷载(kN),取值方法宜符合本规程第 6.5.2 条规定;

s_1 、 s_2 —— P_1 、 P_2 所对应的锚头位移(mm);

λ_R ——刚度系数的折减系数,可按当地经验取值;

E_s ——锚筋材料的弹性模量(kPa);

l_{fd} ——锚筋变形估算长度(m),计算方法宜符合本规程第 6.5.3 条规定。

6.5.2 P_2 、 P_1 及 k_{RT} 的取值宜符合下列规定:

1 P_2 宜取锚杆轴向拉力标准值 N_k , N_k 未知时宜取 $0.5R_{ak}$;
 P_1 宜取初始荷载 P_a 或锁定荷载 P_0 ;

2 锚杆 k_{RT} 的极差不超过平均值的 30% 时可取其平均值;超过 30% 时可结合工程实践经验综合确定;场地地质条件复杂或数据离散性较大时 k_{RT} 宜分区域取值。

6.5.3 锚筋变形估算长度取值宜符合下列规定:

1 拉力型锚杆在岩体基本质量等级 I 级~IV 级的岩层中可取锚筋自由段长度;在岩体基本质量等级 V 级的岩层及土层中,可取锚筋粘结段长度的三分之一与锚筋自由段之和,且锚筋粘结段长度取值不宜超过有效锚固长度;

2 全粘结锚杆在岩体基本质量等级 I 级~III 级的岩层中可取锚筋非粘结段长度,在岩体基本质量等级 IV 级~V 级的岩层及土层中取锚筋粘结段长度的三分之一与锚筋非粘结段长度之和,且锚筋粘结段长度取值不宜超过有效锚固长度;

3 压力型锚杆宜取锚筋自由段长度。

6.5.4 压力分散锚杆的轴向抗拉刚度系数初步设计时,可按本规程式(6.5.1-2)取各单元锚杆轴向抗拉刚度系数之和,并宜根据试

验最终确定。

6.5.5 预应力锚杆应张拉锁定,且设计锁定荷载宜符合下列规定:

- 1 低预应力洞室工程锚杆,设计锁定荷载宜为 $40\text{kN}\sim 100\text{kN}$;
- 2 洞室工程锚杆以外的工程锚杆,设计锁定荷载宜取轴向拉力标准值。

7 防 腐

7.0.1 锚杆防腐设计宜包括下列内容:

- 1 材料性能及耐久性指标;
- 2 构造措施;
- 3 施工要求;
- 4 对有检修需求的锚杆的跟踪检查及维修要求。

7.0.2 锚固节点防腐施工应与防水施工同步进行。

7.0.3 预应力永久锚杆锁定后宜及时封闭锚头;对有工程监测或检修需求的锚杆,宜安装钢质可拆卸锚具罩且罩内宜充满防腐润滑脂。

7.0.4 岩土层对锚筋的腐蚀性评价、对金属承压件及锚具的腐蚀性评价宜按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 中水和土对钢筋混凝土中钢筋的腐蚀性评价、土对钢结构腐蚀性评价的有关规定执行,且评价项目宜为 pH 值、视电阻率、氧化还原电位;电流对锚筋腐蚀性评价宜按现行行业标准《电力工程地下金属构筑物防腐技术导则》DL/T 5394 的规定执行。

7.0.5 锚杆防腐设计应根据设计工作年限、工作环境类别、环境作用等级及锚筋应力水平等进行设计,并应符合下列规定:

- 1 锚头长期受到水浸泡或润湿作用时,防腐等级不宜低于三级;
- 2 防腐等级为二级时锚筋防腐层不宜少于 1 层,防腐等级为一级时锚筋防腐层不宜少于 2 层;
- 3 锚筋防腐层宜为护套加防腐润滑脂、防腐涂料或浆体;
- 4 不宜采用裂缝控制方法防腐;
- 5 锚杆防腐等级宜按表 7.0.5 的规定采用。

表 7.0.5 地层腐蚀等级及锚杆最低防腐等级

腐蚀等级	地层对锚筋的腐蚀	地层对金属承压件的腐蚀	电流(直流、交流)干扰	永久锚杆防腐等级	临时锚杆防腐等级
微	O	O	/	二	无要求
弱	O	O	O	二	三
中	O	O	O	一	二
强	O	O	O	一*	一
注:“*”表示该一级防腐应经过专项技术研究					

注:“O”表示该腐蚀项目存在相应的腐蚀等级,“/”表示不存在该腐蚀等级。

7.0.6 锚杆防腐要求宜符合下列规定:

1 不同类型及不同杆体材料的锚杆防腐要求宜按表 7.0.6 的规定采用;

表 7.0.6 锚杆防腐要求

防腐等级	锚杆类型	杆体材料	锚头段	锚筋自由段	锚筋粘结段及承载体
三级		无要求	对锚头段及张拉段锚筋涂刷水泥浆或防腐涂料,对锚座穿筋孔灌水泥浆	无要求	无要求
二级	压力型	无粘结钢绞线	护套延伸至锚具底,过渡管内注润滑脂或微膨胀浆体	原装护套	锚具及/或钢承载体敷涂防腐材料,注浆,或增设囊袋
		热轧带肋钢筋或精轧螺纹钢	护套延伸至锚具底,过渡管内注润滑脂或微膨胀浆体	现加护套,护套内注润滑脂	锚具敷涂防腐材料,注浆,或增设囊袋
		环氧涂层筋体	护套延伸至锚具底,过渡管内注润滑脂或微膨胀浆体	现加护套,护套内注润滑脂	锚具敷涂防腐材料,注浆

续表 7.0.6

防腐等级	锚杆类型	杆体材料	锚头段	锚筋自由段	锚筋粘结段及承载体
二级	拉力 (拉压)型	无粘结钢绞线	护套延伸至锚具底,过渡管内注润滑脂或微膨胀浆体	原装护套	剥除护套,洗净润滑脂,波纹管内外注浆
		环氧涂层筋体	护套延伸至锚具底	现加护套,护套内注润滑脂	注浆
		普通钢绞线	波纹管或护套延伸至锚具底,过渡管内注润滑脂或微膨胀浆体	延伸波纹管,或现加护套、护套内注润滑脂,或锁定后注浆	波纹管内外注浆
		热轧带肋钢筋或精轧螺纹钢	波纹管或护套延伸至锚具底,过渡管内注润滑脂或微膨胀浆体	延伸波纹管,或现加护套、护套内注润滑脂,或锁定后注浆	同上,或敷涂环氧涂料后注浆
	非预应力型	热轧带肋钢筋或精轧螺纹钢	敷涂环氧涂料,或过渡管内注润滑脂或微膨胀浆体	—	敷涂环氧涂料后注浆
		环氧涂层钢筋	修补破损涂层	—	注浆
		镀锌钢管	修补破损镀锌层	—	注浆
一级	压力型	无粘结钢绞线	锚垫板带喇叭管,护套延伸至锚具底,过渡管内注润滑脂或微膨胀浆体	护套外注浆,或现加一层护套、护套内注润滑脂	锚具及/或钢承载体敷涂防腐材料,注浆,或加设囊袋

续表 7.0.6

防腐等级	锚杆类型	杆体材料	锚头段	锚筋自由段	锚筋粘结段或承载体
一级	压力型	热轧带肋钢筋或精轧螺纹钢	锚垫板带喇叭管, 护套延伸至锚具底, 过渡管内注润滑脂或微膨胀浆体	现加护套, 护套内注润滑脂、护套外注浆; 或双层护套, 护套内注润滑脂	锚具敷涂防腐材料, 注浆, 或加设囊袋
		环氧涂层筋体	护套延伸至锚具底, 过渡管内注润滑脂或微膨胀浆体	护套外注浆, 或现加一层护套, 护套内注润滑脂	锚具敷涂防腐材料, 注浆, 或加设囊袋
	拉力(拉压)型	无粘结钢绞线	锚垫板带喇叭管, 护套延伸至锚具底, 过渡管内注润滑脂或微膨胀浆体	现加护套, 护套内注浆或润滑脂	剥除护套、洗净润滑脂, 波纹管内预注浆, 管外注浆
		环氧涂层筋体	护套延伸至锚具底, 过渡管内注润滑脂或微膨胀浆体	同上, 或锁定后注浆	波纹管内、外注浆
		普通钢绞线	锚垫板带喇叭管; 内护套延伸至锚具底, 过渡管内注润滑脂或微膨胀浆体, 或过渡管内锁定后注浆	内护套内预注浆或润滑脂、外护套内注润滑脂或浆, 或护套内注润滑脂、锁定后注浆	波纹管内预注浆, 管外注浆
		热轧带肋钢筋或精轧螺纹钢	锚垫板带喇叭管; 内护套延伸至锚具底, 过渡管内注润滑脂或微膨胀浆体, 或过渡管内锁定后注浆	同上, 或敷涂环氧涂料后护套内注润滑脂, 或敷涂环氧涂料后、锁定后注浆	同上, 或敷涂环氧涂料后, 波纹管内、外注浆

续表 7.0.6

防腐等级	锚杆类型	杆体材料	锚头段	锚筋自由段	锚筋粘结段或承载体
一级	非预应力型	热轧带肋钢筋或精轧螺纹钢	波纹管或环氧涂层进入基础结构不少于50mm,过渡管内注微膨胀浆体	—	波纹管内部预注浆,管外注浆;或敷涂环氧涂料后波纹管内外注浆
		环氧涂层钢筋	波纹管进入结构不少于50mm,或过渡管内注微膨胀浆体	—	波纹管内外注浆

注:表中不注明预注浆时指的是现场注浆。

2 波纹管内的预注浆应在工厂或相当于工厂条件制作,浆体保护层厚度不应小于 20mm;

3 内护套可采用 PVC 直管、波纹管、变形管、带肋管等管材;

4 一级防腐可采用树脂;

5 电流干扰环境腐蚀等级为中等时,应采用不少于一层护套防腐;

6 一级防腐时,应采用混凝土加锚具罩封锚;二级防腐时,应采用不少于一层混凝土封锚;

7 锚筋自由段采用双层套管时,不得共用内护管;外护管可共用;

8 可采用缓凝浆体替代锁定后注浆;

9 普通钢绞线不宜用于二级防腐,不应用于一级防腐。

7.0.7 在微腐蚀性地层且锚杆的防腐等级为二级时,非预应力注浆锚杆可采用腐蚀裕量法,并应符合下列规定:

1 锚筋应采用普通钢筋,直径不应小于 20mm,钢筋保护层厚度不应小于 30mm;

2 腐蚀速率宜根据试验结果取值;初步设计时,热轧钢材的单面腐蚀率水位以上可取 0.05mm/y,水位以下可取 0.03mm/y,

水位波动区可取 $(0.1\sim0.3)\text{mm/y}$ 。

7.0.8 环氧涂层防腐应符合下列规定：

- 1 宜在工厂环境或相当于工厂环境喷涂制作；
- 2 应先对钢材表面除锈处理，方法及处理质量等级应按现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的腐蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1的有关规定执行，处理质量等级不应低于 Sa2 或 St3；
- 3 防腐等级为一级时涂层固化后的厚度不应少于 $220\mu\text{m}$ ，为二级时不应少于 $180\mu\text{m}$ ；

- 4 锚筋环氧涂层伸入锚座内的长度不应小于 50mm。

7.0.9 镀锌防腐应符合下列规定：

- 1 宜在工厂环境或相当于工厂环境喷涂制作；
- 2 当采用热浸镀锌法处理时，锚筋及锚垫板的镀锌层平均厚度不宜小于 $70\mu\text{m}$ ，螺母的镀锌层平均厚度不宜小于 $40\mu\text{m}$ 。

7.0.10 锚杆杆体安装前，应对其防腐层的完整性进行检查，对破损处进行修补或增补一层。

7.0.11 浆体防腐应按现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 及本规程第5章的有关规定执行；锚具、锚垫板及承载体等金属构件的防腐涂装应符合现行行业标准《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251 的规定。

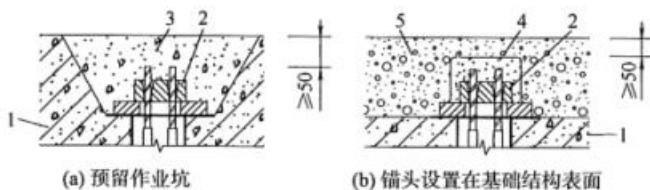
7.0.12 永久锚杆及防腐等级为一级、二级的临时锚杆应采取封锚措施，并宜符合下列规定：

1 防腐等级为一级、二级锚杆，封锚前宜采用微膨胀水泥浆或防腐润滑脂将过渡管、锚垫板、锚具及锚筋自由段中的孔隙充填饱满，微膨胀水泥浆强度等级宜高于锚座结构且不宜低于 30MPa ；

- 2 宜采用带喇叭管的锚垫板；
- 3 润滑脂宜在锚具罩安装前及安装后分别压注一次；

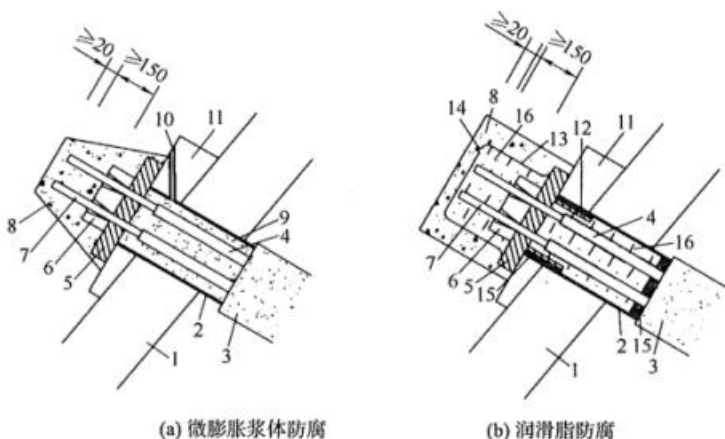
4 基础锚杆及抗浮锚杆宜采用全埋式封锚(图 7.0.12-1), 其他锚杆可采用外凸式(图 7.0.12-2)或全埋式封锚;

5 锚杆的封锚混凝土强度等级不宜低于 C25, 锚筋及构件保护层厚度不宜少于 50mm; 封锚混凝土内宜配置抗裂钢筋网或钢丝网, 并宜与锚座结构采用凿毛、润湿、植筋后连接;



1—基础结构;2—锚具;3—封锚混凝土;4—锚具罩;5—找平层

图 7.0.12-1 全埋式封锚典型作法示意图



1—锚座;2—过渡管;3—锚杆浆体;4—护套;5—锚垫板;6—锚具;7—锚筋;
8—封锚混凝土;9—微膨胀浆体;10—预留注浆孔;11—找平层;12—喇叭管;
13—锚具罩;14—油嘴;15—遇水膨胀止水环;16—防腐润滑脂

图 7.0.12-2 外凸式封锚典型作法示意图

8 施 工

8.1 一 般 规 定

- 8.1.1 锚杆施工前应编制施工组织设计或专项施工方案。
- 8.1.2 原材料、组件及施工机械设备等应进行进场检验,合格后方可使用。
- 8.1.3 锚杆施工机械设备及计量装置等进场后应进行调配、检查与试运行。
- 8.1.4 锚杆施工宜根据锚杆功能及周边环境等因素选择施工工艺及进行工艺试验。
- 8.1.5 可回收锚杆设计或施工前宜进行回收试验。
- 8.1.6 边坡及基坑工程锚杆宜分层(分级)、分段施工;基础锚杆、抗浮锚杆及洞室工程锚杆宜分区施工;既有支护结构加固类锚杆宜分区、分段施工。
- 8.1.7 锚杆施工完成后,应对锚杆成品采取保护措施。
- 8.1.8 地层开挖及锚杆施工过程中,发现地质条件勘察成果和设计文件不一致时,应及时会同有关单位分析查明情况,并提出处理意见。
- 8.1.9 锚杆施工中的安全措施、劳动保护、防火要求等应符合国家现行有关标准的规定。

8.2 成 孔

- 8.2.1 锚杆施工前,应根据设计要求、岩土性状、围岩断面尺寸、现场及周边环境、场地施工条件、技术水平、经济性及效率等综合因素选择机械设备、钻具及施工工艺。
- 8.2.2 锚杆钻机宜为履带式结构且宜具有导向性能与稳定性,并

宜根据不同地层选用不同的钻进方式。

8.2.3 钻机钻进与排渣应符合下列规定：

1 地层受扰动后可能危及邻近建筑物或公用设施的稳定时，应采用套管护壁钻进工艺；

2 土层中的压力型锚杆宜采用套管护壁钻进工艺；

3 易塌孔、掉块或缩孔地层及地下水有承压性或流动性地层，宜采用自钻、自攻或套管护壁工艺；

4 裂隙发育岩层、透水性较强且地下水流动性较强时，宜采取防止液体流失措施；

5 含水量丰富地层或环保要求严格时不宜采用气排渣工艺；

6 裂隙发育岩层、易泥化岩层及含水量低且孔隙率较大土层，不宜采用水排渣工艺；

7 岩质边坡锚杆钻孔宜采用干成孔工艺；

8 中高承载力锚杆不应采用泥浆护壁工艺。

8.2.4 锚杆的钻具规格应使终孔直径不小于设计孔径。

8.2.5 俯斜锚杆钻孔底部应设置沉渣段，长度应根据地层性状确定，且岩层中不宜少于 0.2m、土层中不宜少于 0.5m；仰斜锚杆钻孔深度应计入浆液收缩量。

8.2.6 钻孔作业过程中应采取有效措施控制钻孔的偏斜。

8.2.7 洞室工程锚杆施工应符合下列规定：

1 在层理结构明显或存在滑动面的围岩中，锚杆布设方向宜根据地层节理走向调整；

2 顶板锚杆孔宜由外向掘进工作面逐排顺序施工，每排锚杆宜按从中间向两边顺序作业。

8.2.8 既有支护结构加固锚杆施工应符合下列规定：

1 加固施工过程中，对可能引起破坏性变形或滑塌的挡墙，应采取堆砌反压或临时预加固措施后方可进行锚杆施工，且对既有重力式挡墙宜分区浇筑面板护面；

2 锚杆成孔不宜采取冲击式机械设备，宜采取回转钻进方式

成孔;带水成孔可能引起挡墙变形增大或稳定性降低时应采用干钻成孔;

3 锚杆穿墙时,较薄挡墙宜采用开孔器开孔;

4 锚杆施工不应破坏原支护结构及构件和邻近建筑物基础造成损坏。

8.2.9 锚杆成孔应根据地质性状、设计要求及场地条件等因素选择机械扩体、水力扩体或囊袋压浆扩体工艺;当选择扩体段分布形式及施工机械设备时,宜根据现场扩体工艺试验确定施工参数。

8.2.10 机械扩体施工应符合下列规定:

1 可采用液压张开式、压张式或弹簧扩张式扩体钻具;

2 扩体钻具使用前应在地面进行调试,并检查钻具受控张开程度及行程;

3 扩体时机、铰刀旋转及行进速率、扩体遍数、辅助注浆等施工参数应能使扩体段固结体均匀连续,且强度与直径应符合设计要求;

4 永久锚杆宜先进行扩体施工,待浆体初凝后再按注浆锚杆工艺要求形成浆体芯。

8.2.11 水力扩体施工应符合下列规定:

1 可采用单管旋喷法、双管旋喷法或三管旋喷法扩体;

2 施工机械应具有自动记录功能;

3 输送扩体介质的管路不宜超过 100m;

4 兼作固结体的扩体介质宜采用水泥浆,仅用作扩体的介质可采用清水;

5 浆液水灰比应根据工艺试验结果最终确定,初步确定时可取 1.0~1.5;

6 喷嘴旋转及行进速率、喷射压力、喷射遍数及顺序等施工参数,应能使扩体段固结体均匀连续且其强度及最小直径符合设计要求;

7 分段扩体时上下段搭接长度不应小于 0.2m;

8 永久锚杆宜先进行扩体施工,待浆体初凝后再按注浆锚杆工艺形成浆体芯。

8.2.12 囊袋锚杆及钢筋笼锚杆安装前,应检查确认囊袋及钢筋笼产品符合设计要求,杆体与产品的装配应符合设计几何尺寸与构造要求,并应对不少于总数 5% 的囊袋锚杆膨胀挤压筒进行抽检;倾斜锚杆宜安装导向装置以使杆体组件顺利下放至设计位置。

8.2.13 钻孔及扩体过程中遇异常情况时,应查明原因并采取处置措施。

8.2.14 锚杆杆体安装前应清孔,干钻孔孔内泥浆、粉尘、碎屑、沉渣等各种杂物及积水应清除干净,水下钻孔孔内泥浆相对密度不宜大于 1.10、含砂率不宜大于 4%、黏度不宜大于 22s。

8.2.15 锚杆钻孔误差应符合下列规定:

1 孔位放线允许偏差为 50mm,机械设备定位允许偏差为 50mm,孔位总允许偏差为 100mm;

2 孔径小于 60mm 时,孔径允许负偏差为 3mm;孔径为 60mm~100mm 时,孔径允许负偏差为 5mm;孔径大于 100mm 时,孔径允许负偏差为孔径的 5%;

3 孔长不大于 3m 时,孔长允许负偏差为 30mm;孔长大于 3m 时,孔长允许负偏差为孔长的 2% 与 500mm 之中的较小值;

4 锚杆角度允许偏差为 3°。

8.3 杆件制作与安装

8.3.1 锚杆杆体制作应符合下列规定:

1 杆体下料及组装等应在清洁场所进行,预制杆体、预制芯宜在工厂环境或相当于工厂环境制作;

2 应对锚筋进行拉直并清除油污及除锈;

3 锚筋切断作业时,不得导致锚筋力学性能降低;

4 杆体宜通过定位架及束线环等配件组装为整体,不宜采用焊接组装;钢绞线除了用于修复及加固作业外不应接长;

5 钢筋锚杆接长应符合现行行业标准《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ 107、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定；

6 钻孔注浆锚杆的锚筋应采用定位架及束线环等进行隔离与定位，并使锚筋最小保护层厚度满足设计要求；当锚筋采用钢绞线时，定位架距离不应大于 1.5m；当采用钢筋、钢管及纤维筋时，定位架距离不应大于 2.0m；定位架的外径宜小于孔径 4mm~6mm；

7 压力型锚杆及压力分散锚杆的单元锚杆杆体底端应设置保护锚具、承载体及预应力筋的防护罩，预应力锚杆及有多束锚筋的非预应力锚杆的杆体底端应设置端帽；

8 注浆管、止浆塞及排气管等应与锚筋组装成整体，且构件的安装位置及注浆孔的设置应有利于注浆作业；

9 杆体各构件之间应连接牢靠，平行顺直；

10 张拉段长度应满足千斤顶张拉作业要求；

11 无粘结钢绞线内、外锚头段应清洗除油；

12 荷载分散锚杆应先制作单元锚杆再组装成整体，各单元锚杆外露端应有标记并宜采取保护措施。

8.3.2 杆体的存放应符合下列规定：

1 杆体制作完成后不宜长期存放；

2 制作完成的杆体宜存放在干燥、清洁、通风的场所，不得存放在有油污及化学腐蚀环境中；当存放环境相对湿度超过 85% 时，杆体外露部分宜采取防潮措施；

3 纤维增强复合材料及树脂应采取防止暴晒、防火及隔离热源等措施。

8.3.3 杆体安装前应进行防腐蚀及完整性检查；在杆体制作、存放、搬运、安装过程中，应采取防止损伤、生锈及附着泥土或油渍等不洁物质的措施，且产生的残余变形应符合设计要求。

8.3.4 杆体安装应采取防止扭压和弯曲措施；先灌注浆体后安装杆体时，应在浆体流动性较好状态下完成安装。

8.3.5 当使用两支或两支以上不同型号的树脂锚固剂时，应按锚

固剂凝胶时间先快后慢的顺序将锚固剂依次放入锚杆孔中,再启动锚杆钻机或搅拌器搅拌树脂锚固剂。

8.3.6 仰斜锚杆在孔口宜设置提升或承托装置。

8.3.7 缝管锚杆安装应符合以下规定:

- 1 应采用具有轴向冲击功能的凿岩机械安装;
- 2 凿岩机推进时,应保持与锚杆及锚孔轴线一致,并应采取防止锚杆弯曲的措施;
- 3 不得敲砸、挤压锚杆。

8.3.8 中空注浆锚杆施工宜按照钻孔、清孔及注浆的工艺流程进行,自钻注浆锚杆施工可按边钻孔边注浆工艺流程进行。

8.3.9 洞室工程锚杆锚头安装宜符合下列规定:

- 1 预应力中空注浆锚杆宜在注浆前安装锚垫板及螺母并施加预紧力;
- 2 非预应力锚杆宜待浆体强度达到设计值的 90%后,再安装锚垫板及拧紧螺母;
- 3 螺母宜采用机械设备紧固,当达到规定预紧力矩或预紧力后,不得将螺母卸下重新安装。

8.3.10 预制芯锚杆制作安装应符合下列规定:

- 1 芯体较长时宜分段预制及现场装配;
- 2 永久锚杆应采用机械运输及吊装,不得在地上拖曳;
- 3 应采用座浆工艺安装。

8.3.11 杆体制作与安装质量应符合下列规定:

- 1 锚筋粘结段长度允许偏差为 100mm;
- 2 锚筋自由段长度允许偏差为 100mm;
- 3 杆体下料长度不大于 3m 时,允许负偏差为 30mm;杆体下料长度大于 3.0m 时,允许负偏差为杆体长度的 1%与 200mm 之中的较小值;
- 4 定位架间距及止浆塞位置允许偏差为 100mm;
- 5 锚筋净距不应小于保护层厚度;

- 6 钢管锚杆出浆孔定位允许偏差为 100mm;
- 7 摩擦锚杆的表观外径允许偏差为 10mm;
- 8 钻孔外露杆体长度的允许负偏差为 10mm;
- 9 非钻孔类锚杆杆体角度允许偏差为 3° 。

8.4 注 浆

8.4.1 浆体配合比应满足可灌性及浆体强度要求并经配合比试验最终确定,初步确定时应符合下列规定:

1 钻孔注浆锚杆采用水泥浆时,一次注浆水灰比宜为 0.40~0.50,二次及多次注浆水灰比宜为 0.50~0.70;用于洞室工程时水灰比宜为 0.35~0.45;

2 水泥砂浆的灰砂比宜为 1:0.5~1:1.0,水灰比宜为 0.45~0.55;

3 细石混凝土配合比宜符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定;

4 钢管锚杆、自攻锚杆及自钻锚杆水泥浆的水灰比宜为 0.50~0.60;

5 灌浆料的用水量应符合产品要求;

6 采用囊袋时,囊袋内浆体宜采用两级搅拌工艺拌制,宜采用添加剂,流动度宜为 200mm~240mm,注浆压力宜为 0.5MPa~1.5MPa,充盈度宜为 1.05~1.10。

8.4.2 浆液应采用专用机械设备随用随制备,浆液初凝后不得使用。

8.4.3 锚杆注浆应符合下列规定:

1 应根据注浆工艺、浆体种类、输送距离、设计注浆压力、连续注浆量等选用注浆机械设备与装置;

2 应根据锚杆设计承载力及地质条件等选用注浆工艺,二次注浆的开环压力不宜小于 2.0MPa;

3 注浆过程应及时、连续及浆液饱满;

4 孔口宜设有止浆措施,拔出套管时,应采取防止浆体返流或溢出措施;

5 注浆过程中注浆管口应埋在浆液内,并待孔口或排气管口溢出等浓度浆液后方可停止注浆;永久锚杆的浆体有沉缩时应及时补浆;

6 仰斜注浆锚杆孔口应设置止浆塞等密封装置;钻孔孔壁较为光滑时,注浆可采用自下而上方式进行,注浆管口距孔口宜为150mm~200mm;孔壁较为粗糙或岩体较为破碎时,注浆可采用自上而下方式进行;一般裂隙岩体可不单独设排气管,致密岩体及土层中宜设置排气管或排废管;

7 压力分散型锚杆及拉压分散型锚杆应采取对内锚具及承载体下反复注浆等措施,承载体下锚固体中不得夹杂黏粒、粉末、碎屑、泥渣、泥浆等杂质及不得窝水;

8 分段注浆、二次注浆及多次注浆宜采用袖阀管、马歇管等带密封装置的注浆设备,可不设置初次注浆管;宜依次由锚固段底端向顶端分段注浆,前次注浆结束后,应将注浆装置清洗干净以备下次注浆使用;

9 注浆过程中,应采取防止异物及渣土掉入钻孔的措施;

10 注浆过程中应记录注浆量;当发现异常情况时,应采取处置措施。

8.4.4 钢管锚杆、自攻锚杆及中空注浆锚杆,应选用适宜的注浆形式及注浆压力。

8.4.5 锚杆注浆量不得小于理论计算值。

8.4.6 场地地下水有流动性或其正在进行降水作业时,应采取防止浆液稀释或流失的措施。

8.5 张拉与锁定

8.5.1 树脂及水泥卷养护期应符合设计要求;锚杆浆体及水泥土的标准养护期应为28d,最短养护期应根据地质条件、工程特点及

设计施工参数等条件综合确定。

8.5.2 预应力锚杆的张拉与锁定应符合下列规定：

- 1 锚杆应达到最短养护期；
- 2 混凝土锚座强度不宜低于 25MPa；
- 3 应根据锚筋类型及设计锁定荷载选择张拉加载装置；
- 4 宜采用自动张拉系统，张拉装置及操作要求，并应符合本

规程附录 D 的规定；

5 工程安全等级较高或锁定荷载较大时应进行锁损试验，测定荷载锁定损失及放张荷载；

6 对进行了验收试验且合格的锚杆，宜加载到放张荷载后再放张锁定；未进行验收试验的锚杆，应按本规程第 8.5.4 条规定进行自检合格后，方可进行卸载、安装工作锚具、张拉至放张荷载后放张锁定；

7 基础及抗浮锚杆锁定时间应根据现场条件、地质条件、结构荷载和地基基础变形完成情况综合确定。

8.5.3 预应力锚杆张拉荷载宜按轴向拉力标准值的倍数分为 0.1 倍、0.5 倍、0.75 倍、1.0 倍及 1.2 倍共 5 级，且前 4 级每级荷载持续时长可为 1min，第 5 级宜为 15min；第 5 级荷载下锚杆位移稳定时可判定为锚杆承载力合格，稳定标准应符合本规程第 9.2.8 条的规定。

8.5.4 荷载分散锚杆宜对各单元锚杆实行等荷载张拉及锁定，荷载施加方式宜符合下列规定：

- 1 宜同步张拉，可采用并联千斤顶组或等力张拉千斤顶；
- 2 当不满足本条第 1 款要求时，可按单元锚杆从短到长顺序依次进行分级循环加载张拉；

3 当采用补偿荷载整体张拉方式时，可按现行行业标准《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T 401 附录 A 的规定执行。

8.5.5 基坑预应力锚杆的张拉段在肥槽回填前不宜切除。

8.6 可回收锚杆

8.6.1 可回收锚杆应根据地质条件、设计要求、场地环境、回收条件等选择锚杆类型及拆筋回收工艺。

8.6.2 可回收锚杆宜在基本试验后进行回收试验。

8.6.3 可回收锚杆的施工与拆筋应符合下列规定：

- 1 不得发生拉拔、反旋、击入等误解锁操作；
- 2 基坑开挖及使用期间，不得损伤外锚头、钢绞线及辅助解锁的绳索管线等用具；
- 3 锚筋护套不应破损，浆液、泥浆不应漏入护套及自解锁锚具内；
- 4 张拉段锚筋切割后的保留段长度，应满足回收操作要求；
- 5 应根据不同回收工艺设置作业平台；
- 6 应对回收设备采取防坠落及防飞出的措施；
- 7 应先换撑，之后自下而上分层进行拆除；
- 8 应先释放锚筋应力后进行拆除；
- 9 宜按照先短后长顺序依次抽出锚筋，锚筋较长时，可采用千斤顶或专用设备；
- 10 拆筋时应采取实时监测与现场巡视等安全措施；当发现安全隐患时应立即采取处理措施。

8.6.4 可回收锚杆拆除前应确认拆除条件满足设计要求，拆除后的支护结构应具有稳固性。

8.6.5 采用自攻类锚杆或套取锚固体拆筋工艺时，宜将拆筋后的孔洞注浆填实。

8.7 施工记录

8.7.1 钻孔施工记录宜包括：施工日期，天气情况，机械型号，锚杆型号及编号，锚杆部位，孔长（扩体长度），孔径（扩体直径），钻孔倾角，进尺起止时间，套管跟进深度，地层类别，钻孔异常情况等等。

8.7.2 杆体制作安装记录宜包括:制作日期,锚杆型号,锚筋材料及规格,锚筋条数,锚筋粘结段长度,锚筋自由段长度,张拉段长度,定位架间距,安装日期,锚杆部位,入孔深度等。

8.7.3 注浆记录宜包括:注浆日期,注浆设备型号,锚杆型号及编号,锚杆部位,浆体或锚固剂材料及规格,配合比,注浆工艺,浆压,注浆起止时间,注浆量,两次注浆间歇时间,注浆异常情况等。

8.7.4 张拉锁定记录宜包括:张拉日期,张拉设备型号,压力测量及位移测量仪器型号,锚杆型号及编号,锚杆部位,养护时间,各级张拉荷载,压力表读数,各级荷载位移观测起止时刻,锚杆位移,蠕变量,设计锁定荷载,放张荷载,张拉异常情况等。

8.7.5 锚筋拆除回收记录宜包括:回收日期,可回收锚杆类型,锚杆型号及编号,锚杆部位,锚筋数量,拆筋起止时间,锚筋设计长度及拆出长度,回收异常情况等。

9 荷载试验

9.1 一般规定

- 9.1.1 锚杆试验宜包括基本试验、蠕变试验、验收试验和持有荷载试验。
- 9.1.2 锚杆试验张拉装置及操作要求应符合本规程附录 D 的规定。
- 9.1.3 锚杆试验前,应收集岩土工程勘察报告、设计文件、施工方案、试验作业条件等资料,并应制定试验方案。
- 9.1.4 锚杆试验时,锚固段注浆体强度应满足试验强度要求。
- 9.1.5 锚杆外露段长度应满足试验要求。
- 9.1.6 试验过程中,锚筋及锚固体应与垫层、锚座、荷载反力装置及千斤顶等处于隔离状态。
- 9.1.7 荷载试验数据处理时,应消除地基及反力装置变形的影响。
- 9.1.8 荷载试验开始时间应符合下列规定:
 - 1 浆体及水泥土的标准养护期应为 28d,最短养护期应符合设计要求;
 - 2 试验开始时间应不短于最短养护期;对试验结果有异议时,应以标准养护期的试验结果为准。
- 9.1.9 荷载试验曲线绘制方法应符合本规程附录 E 的规定。

9.2 基本试验

- 9.2.1 永久锚杆、新型锚杆或设计有要求时,应进行锚杆基本试验。
- 9.2.2 试验专用锚杆的岩土层条件、杆体材料、锚杆参数和施工工艺应与同类型工程锚杆相同。

9.2.3 试验专用全粘结锚杆可设置不长于 0.3m 的锚筋自由段。

9.2.4 永久锚杆或可回收锚杆试验专用锚杆数量不应少于 6 根,临时锚杆不应少于 3 根。

9.2.5 低预应力锚杆、非预应力锚杆及岩石锚杆的基本试验,可采用分级加载法或分级循环加载法;土层中的预应力锚杆和荷载分散锚杆基本试验宜采用分级循环加载法。

9.2.6 荷载分散锚杆宜采用并联千斤顶组同步张拉或采用等力千斤顶张拉。

9.2.7 预应力钢绞线锚杆应在试验前对钢绞线进行预紧,并应符合下列规定:

1 单束(单组)钢绞线的预紧荷载宜为最大试验荷载的 10%~20%,连续两遍预紧伸长增量不超过 3mm 时可终止预紧;

2 整束或各组钢绞线宜同步预紧,预紧荷载宜为最大试验荷载的 15%。

9.2.8 锚杆试验稳定标准应符合下列规定:

1 在观测时间内第 5min~15min 的锚头位移增量不大于 1mm 时,应视为位移稳定,可施加下一级荷载;

2 当不满足本条第 1 款要求时,应延长观测时间;锚头位移增量在 1h 内不大于 2mm 时,应视为位移稳定,可施加下一级荷载。

9.2.9 当出现下列情况之一时,应判定锚杆破坏并终止加载:

1 杆体破坏或承载体破坏;

2 锚杆本级荷载的位移量大于前一级最大荷载的位移量的 5 倍;

3 锚头位移 5h 内尚未达到本规程第 9.2.8 条规定的稳定标准。

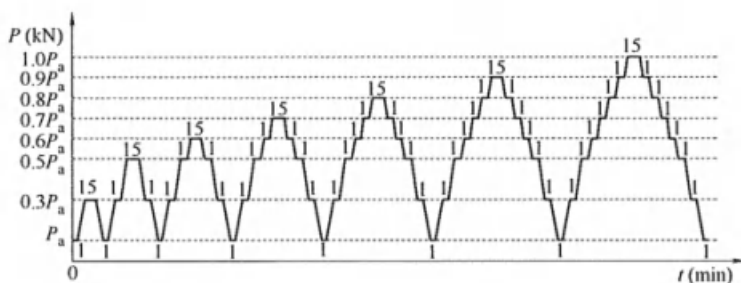
9.2.10 分级循环加载法应符合下列规定:

1 荷载分级和锚头位移观测时间宜按分级循环加载图(图 9.2.10)进行;

2 荷载施加完成后应测读锚头位移,且每循环最大荷载应每分钟测读一次;

3 每循环最大荷载锚头位移达到本规程第 9.2.8 条规定的锚杆试验稳定标准时方可卸载;

4 卸载时宜每级荷载测读一次锚头位移。



P —试验荷载; P_p —最大试验荷载; P_a —初始试验荷载

图 9.2.10 分级循环加载法

9.2.11 分级加载法应符合下列规定:

1 分级荷载宜为 $0.3P_p$ 、 $0.5P_p$ 、 $0.6P_p$ 、 $0.7P_p$ 、 $0.8P_p$ 、 $0.9P_p$ 及 $1.0P_p$;

2 每级荷载施加完成后,宜每 1min 测读一次锚头位移,观测时间宜为 15min;

3 锚头位移达到本规程第 9.2.8 条规定的相对稳定标准时,方可继续施加下一级荷载;

4 卸载时宜每级荷载测读一次锚头位移,观测时间宜为 1min。

9.2.12 当需要确定锚杆锚固体的极限抗拔承载力时,应采用分级循环加载法,在加载至预估最大试验荷载但锚杆未达到破坏标准时,宜以预估试验荷载的 5% 为分级荷载加载直至锚杆达到破坏或终止加载标准。

9.2.13 锚杆基本试验宜整理绘制荷载-位移($P-s$)曲线、荷载-弹

性位移($P-s_e$)曲线和荷载-塑性位移($P-s_p$)曲线。

9.2.14 锚杆极限抗拔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锚杆破坏或终止加载标准时,应取最大试验荷载,荷载分散锚杆应取各单元锚杆极限抗拔承载力之和。

9.2.15 锚杆极限抗拔承载力的统计取值,应按下列方法确定:

1 试验数量不少于6个时,宜按数理统计结果计算承载极限承载力标准值;

2 试验数量少于6个,且当极差不超过平均值的30%时,宜取试验结果中的最小值作为极限承载力代表值;当极差超过平均值的30%时,应结合施工工艺、地层条件等工程具体情况综合确定;

3 锚杆承载力特征值取值应符合设计要求;当无设计要求时,可按极限承载力标准值或代表值除以安全系数2.0进行取值。

9.2.16 预应力锚杆弹性变形计算应符合下列规定:

1 实测弹性位移量宜取锚头总位移与卸荷至初始荷载时的锚头位移之差。

2 锚筋非粘结段长度的理论弹性伸长值宜按下式计算:

$$\Delta L_1 = \frac{(P_{\max} - P_a)L_{ff}}{EA_s} \quad (9.2.16)$$

式中: ΔL_1 ——从初始荷载至最大试验荷载的锚筋非粘结段理论弹性伸长值(mm);

$P_{\max}$ ——最大试验荷载(kN);

P_a ——初始荷载(kN);

L_{ff} ——锚筋非粘结段长度(m);

E ——锚筋弹性模量(kPa);

A_s ——锚筋横截面积(m^2)。

3 实测弹性位移量不应小于该荷载下锚筋非粘结段理论弹性伸长值的80%。

9.2.17 预应力荷载分散型锚杆的每组单元锚杆,应按本规程第

9.2.16 条的规定逐组进行弹性变形验算。

9.2.18 预应力锚杆弹性变形不满足本规程第 9.2.16 条的规定时,应调整设计参数与施工工艺。

9.3 蠕变试验

9.3.1 当符合下列条件之一时,应进行锚杆蠕变试验:

1 塑性指数大于 20 或液限大于 50% 的土层及新近填土中的预应力锚杆;

2 强风化的泥岩或节理裂隙发育张开且充填有黏性土的岩土层中的预应力锚杆;

3 水泥土预应力锚杆;

4 预应力锚杆的锚筋粘结段杆体采用了环氧涂层等防腐措施。

9.3.2 蠕变试验的锚杆数量不应少于 3 根。

9.3.3 预应力钢绞线锚杆应在试验前按本规程第 9.2.7 条的规定进行预紧。

9.3.4 锚杆蠕变试验的加卸载应符合下列规定:

1 加载等级和观测时间应满足表 9.3.4 的规定,在观测时间内荷载应保持稳定;

2 每级荷载施加完成后,应根据观测时间长短,分别按第 0min、5min、10min、15min、30min、45min、60min 测读一次锚头位移,1h 后应每 30min 测读一次锚头位移;

3 非最大试验荷载观测时间达到表 9.3.4 中的规定值时,方可施加下一级荷载;

4 最大试验荷载观测时间达到表 9.3.4 中的规定值时方可卸载;卸载与加载分级相同,每级荷载应持荷 1min 并测读一次锚头位移。

表 9.3.4 锚杆蠕变试验加载等级与观测时间

加载等级(kN)	观测时间(min)
0.25Nk	10
0.50Nk	30
0.75Nk	60
1.00Nk	120
1.20Nk	240
1.50Nk	360

9.3.5 试验结果应按荷载-时间-蠕变量整理,并绘制每级荷载下的蠕变量-时间对数($s\text{-}lgt$)曲线。蠕变率应按下式计算:

$$k_c = \frac{s_2 - s_1}{lgt_2 - lgt_1} \quad (9.3.5)$$

式中: k_c ——锚杆蠕变率(mm);

s_1 —— t_1 时刻测得的锚头位移读数(mm);

s_2 —— t_2 时刻测得的锚头位移读数(mm)。

9.3.6 锚杆在最大试验荷载作用下的蠕变率不应大于 2mm/对数周期。

9.4 验收试验

9.4.1 验收试验锚杆数量不应少于总数的 5%,且不应少于 3 根。

9.4.2 验收试验的受检锚杆选择应符合下列规定:

- 1 对施工质量有疑问的锚杆;
- 2 场地岩土条件复杂部位的锚杆;
- 3 除上述受检锚杆外,其余受检锚杆应随机选取,且随机选取比例不少于 50%。

9.4.3 验收试验宜采用分级加载法或分级循环加载法。

9.4.4 永久锚杆最大试验荷载应取锚杆轴向拉力标准值的 1.5

倍或按设计要求,临时锚杆最大试验荷载不应小于锚杆轴向拉力标准值的 1.2 倍。

9.4.5 验收试验分级加载法应符合下列规定:

- 1 荷载分级和锚头位移观测时间应按表 9.4.5 的规定采用;
- 2 每级荷载施加完成后,应每 1min 测读一次锚头位移;
- 3 锚头位移达到本规程第 9.2.8 条规定的稳定标准时,方可施加下一级荷载;
- 4 卸载时每级荷载应持荷 1min 并测读一次锚头位移;
- 5 当出现本规程第 9.2.9 条规定的破坏标准时宜取前一级荷载为验收检测荷载;当加载至最大试验荷载锚头位移稳定时,应取最大试验荷载为验收检测荷载。

表 9.4.5 验收试验分级加载法的荷载分级和锚头位移观测时间

试验荷载值与最大试验荷载值的比例(%)							
初始荷载	分级荷载						
10	30	50	60	70	80	90	100
观测时间(min)	1						15

9.4.6 验收试验宜绘制荷载-位移($P-s$)曲线。

9.4.7 验收试验采用分级循环加载法时,可按本规程第 9.2.10 条规定的加卸载程序执行。

9.4.8 验收试验合格标准应符合下列规定:

- 1 压力型锚杆或压力分散锚杆的单元锚杆在最大试验荷载作用下,弹性位移不应小于锚筋非粘结段理论弹性伸长值的 80%,且不应大于锚筋非粘结段理论弹性伸长值的 110%;
- 2 拉力型锚杆或拉力分散锚杆的单元锚杆在最大试验荷载作用下,弹性位移不应小于锚筋非粘结段理论弹性伸长值的 80%,且不应大于锚筋非粘结段与 1/3 锚筋粘结段之和的理论弹性伸长值;
- 3 非预应力锚杆与承载力特征值对应的塑性位移量应满足

设计要求,当无设计要求时不宜大于 20mm。

9.5 持有荷载试验

9.5.1 预应力锚杆宜进行持有荷载试验。

9.5.2 当存在下列情况之一时宜进行持有荷载试验:

- 1 支护结构超过设计使用期限;
- 2 工程变形超过设计控制值;
- 3 对工程质量存在疑虑;
- 4 对工程进行安全评估。

9.5.3 试验成果作为验收依据时,持有荷载试验宜在锚杆锁定后 3d 内进行。

9.5.4 受检锚杆数量宜为锚杆总数的 5%且不宜少于 3 根。

9.5.5 最大试验荷载不应大于验收荷载。

9.5.6 受检锚杆应随机抽样,对施工质量有疑虑、地质条件复杂多变时,宜增加检测数量。

9.5.7 持有荷载试验加载方式应符合下列规定:

- 1 初始荷载宜为锚杆设计锁定荷载的 10%;
- 2 加载应分级进行,并宜逐级等量加荷,分级荷载宜为锚杆设计锁定荷载的 5%;
- 3 当出现锚头位移突变或锚具松动时,应继续加载(2~3)级后终止试验;
- 4 当加载至验收试验荷载且未出现锚头位移突变或锚具松动时,宜终止试验。

9.5.8 每级荷载施加完成后,应持荷 1min 并测读一次锚头位移。

9.5.9 持有荷载试验应整理试验数据并绘制荷载-位移($P-s$)曲线。

9.5.10 锚杆持有荷载的确定应符合下列规定:

- 1 荷载-位移关系曲线突变明显时,应取其陡升起始点所对

应的荷载值；

2 荷载-位移关系曲线不能判断陡升起始点时，应取曲线两侧拟合直线的交汇点所对应荷载值的前一级荷载；

3 当出现本规程第 9.5.7 条第 4 款情况时，应取最大试验荷载；

4 当按本条第 1 款、第 2 款不能确定持有荷载时，可在工作锚具与锚垫板之间插入 0.3mm 塞尺判断锚具是否松动，取锚具松动时对应荷载的前一级荷载。

9.5.11 持有荷载检测值不应小于设计锁定荷载的 70%，且不应大于锚杆轴向拉力标准值的 1.2 倍。

9.5.12 持有荷载试验完成后，应按设计要求重新锁定。

10 质量检验

10.1 一般规定

10.1.1 锚杆工程竣工后,应按设计要求和质量合格条件进行验收检验。

10.1.2 锚杆工程应进行质量检验、验收试验和持有荷载试验。

10.1.3 对检验不合格的锚杆应进行处置。

10.2 质量检验

10.2.1 锚杆材料的质量检验应包括下列内容:

- 1 材料出厂合格证;
- 2 材料现场抽检试验报告;
- 3 锚杆浆体试块强度检验报告。

10.2.2 锚杆的抗拔力验收试验和持有荷载试验应按本规程第9章的规定执行。

10.2.3 锚杆的质量验收标准应按表 10.2.3 的规定执行。

表 10.2.3 锚杆工程质量验收标准

序号	检查项目	允许偏差或允许值	检查方法
1	锚杆杆体长度	-30mm	用钢尺量
2	锚杆轴向拉力标准值	设计要求	验收试验
3	锚杆持有荷载	设计要求	持有荷载试验
4	锚杆位置	100mm	用钢尺量
5	钻孔倾斜度	3°	水平尺等
6	浆体强度	设计要求	试样送检
7	注浆量	大于理论计算浆量	检查计量数据

续表 10.2.3

序号	检查项目		允许偏差或允许值	检查方法
8	杆体插入长度	全粘结锚杆	不小于设计长度的 95%	用钢尺量
		预应力锚杆	不小于设计长度的 98%	

10.2.4 浆体试块数量应符合下列规定：

- 1 压力(分散)型锚杆每 30 根、其余锚固类锚杆每 60 根不应少于 1 组；
- 2 加固类永久锚杆每 100 根、加固类临时锚杆每 200 根不应少于 1 组；
- 3 每组试块数量应为 3 个。

10.2.5 浆体取样应符合下列规定：

- 1 锚杆设置排气管时宜从管口收集返浆；
- 2 囊袋锚杆不设置排气管时，用于囊袋内的浆体宜从存浆设备内取样；
- 3 其余情况宜从锚杆孔口收集返浆且宜在锚杆停注前收集，收集返浆时应避免收集泥浆、土块、石屑、砂石、草木、垃圾等杂质。

10.2.6 浆体试块立方体抗压强度试验宜按现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 的规定执行。

10.2.7 每组试块抗压强度代表值确定应符合下列规定：

- 1 当最大值及最小值中与中间值的差值均不超过中间值的 20% 时，应以 3 个试块抗压强度平均值作为该组试块的抗压强度代表值；
- 2 当最大值或最小值中有一个与中间值的差值超过中间值的 20% 时，宜取中间值作为该组试块的抗压强度代表值；
- 3 当最大值及最小值与中间值的差值均超过中间值的 20% 时，可取中间值与最小值的平均值作为该组试块的抗压强度代表值或认定该组试验结果无效。

10.2.8 浆体试块强度代表值符合设计强度等级时,应判定为试验合格。

10.3 验收及不合格锚杆处理

10.3.1 锚杆工程验收文件资料宜包括下列内容:

1 材料出厂合格证,现场抽检试验报告,水泥浆(砂浆)试块抗压强度试验报告;

2 施工记录;

3 锚杆验收试验和持有荷载试验报告;

4 隐蔽工程检查验收记录;

5 设计变更文件;

6 工程重大问题处理文件;

7 工程竣工图文件等。

10.3.2 锚杆工程验收时宜提供下列监测资料:

1 实际测点布置图;

2 锚杆持有荷载监测原始记录和荷载-时间曲线;

3 变形测量时态曲线。

10.3.3 锚杆验收试验不合格时应增加锚杆受检数量,增加数量不应少于不合格锚杆数量的 2 倍。

10.3.4 对试验不合格的锚杆的处理应符合下列规定:

1 在具有二次高压注浆的条件下可注浆处理,其后再进行验收试验;

2 可按实际达到的试验荷载最大值的 50%进行锁定。

10.3.5 对持有荷载试验不合格的锚杆,宜采取补张拉、重复张拉等处置措施。

11 监测与维护

11.1 一般规定

11.1.1 锚杆工程应在施工阶段及完工后的运行阶段对锚杆和锚固结构进行监测,并应对锚固结构出现的异常情况采取修补和治理措施。

11.1.2 锚杆工程竣工后,应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、防腐保护系统和监测系统应加以保护。

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

11.2 持有荷载监测

11.2.1 预应力锚杆应进行持有荷载监测;当出现数据异常时,可进行持有荷载试验。

11.2.2 预应力锚杆的监测数量,永久锚杆不宜少于工程锚杆总量的5%;临时锚杆不宜少于工程锚杆总量的3%,且均不得少于3根。

11.2.3 监测时间及频率应符合下列规定:

1 永久锚杆监测时间应为工程竣工后不少于2年,临时锚杆监测时长应至锚杆使用期结束;

2 监测频率应按设计要求进行;初步确定时,荷载增加期间可1d~3d监测一次,荷载稳定期间可5d~10d监测一次,工程结束后可30d~60d监测一次;

3 数据异常或锚杆荷载变化较大时应增加监测频率。

11.2.4 监测点布置应符合下列规定:

1 应设置在周边建(构)筑物或市政设施等保护对象地段、具有严重腐蚀介质地段、地质条件复杂地段等;

2 对于多层锚杆支挡式结构,每层锚杆测点宜布置在同一监测断面;

3 锚杆拉力和变形监测点宜布置在同一监测断面。

11.2.5 监测仪器设备应符合下列规定:

1 可采用振弦式、电阻应变式、光纤光栅式等传感器或自测力锚杆;

2 监测仪器设备应具有耐久、实用、稳定、可靠、环境适应性强、现场安装方便等特性;

3 监测仪器设备应满足观测精度和量程要求,且宜使测量值在传感器全量程 25%~80%之间;

4 宜选用具有自动化监测功能的传感器;

5 监测仪器设备应经过校准或标定,且校核记录和标定资料齐全,并应在规定的校准有效期内使用。

11.2.6 仪器设备安装应符合下列规定:

1 应使仪器设备受力方向与锚杆轴线重合;

2 环形锚杆测力计应安装在工作锚与锚垫板之间,锚垫板表面应平整,不应有焊疤、焊渣及其他异物;

3 振弦式、电阻应变式、光纤光栅式等应力应变传感器应安装在钢筋或钢管锚筋上;

4 自测力锚杆施工工艺及施工参数应与同类型工程锚杆相同。

11.2.7 拉力测量应符合下列规定:

1 预应力锚杆张拉锁定后,应测读锁定荷载作为锚杆持有荷载的第一次测读数据;

2 非预应力锚杆锚固注浆体终凝后,宜进行第一次测读数据;

3 测量读数应稳定,每次测量时应重复测量 1 次,取平均值

作为最终观测值；

4 监测锚杆需重新张拉时，张拉前后应分别记录测力计的观测值；

5 每次观测时应量测测力计的环境温度，并记录工程现场施工和运行情况。

11.2.8 自动化监测系统应符合下列规定：

1 地质条件复杂、重大锚固工程及人工监测难以胜任的项目，宜根据实际情况部分或全部采用自动化监测系统；

2 自动化监测仪器设备准确度不应低于人工监测准确度；

3 应做到监测数据实时采集、传输及快速处理；

4 监测成果应做到按要求时间输出，输出结果应由自动化监测系统平台自动生成，宜采用图、表及文字综合表述，表述方式及内容宜与人工监测输出成果相一致；

5 监测系统应具有人工输入数据功能，在系统出现故障无法实现自动采集情况下应能够实现人工补测数据的输入；

6 监测系统应具有自动报警功能；

7 监测系统应具有运行日志、故障日志记录功能；

8 监测系统应具有较强的环境适应性，具备防雷、防潮、防锈蚀、防鼠、抗震、抗电磁干扰等性能。

11.2.9 监测结果达到设计规定的预（报）警值时应及时预（报）警；设计无明确要求时，监测持有荷载低于设计锁定荷载的 70% 或高于轴向拉力标准值 10% 时宜预警。

11.3 检查与维护

11.3.1 锚杆工程宜对锚固结构范围内及周边区域进行现场检查，并宜符合下列规定：

1 宜检查工程截排水设施是否能正常工作，有无局部乃至全面失效或破坏；

2 宜检查是否存在引起锚杆腐蚀的介质或杂散电流环境；

- 3 宜检查锚头腐蚀状况；
- 4 宜检查锚固结构变形状况；
- 5 宜检查邻近是否有对锚杆安全不利的开挖、爆破和震动等风险因素；

6 宜检查建(构)筑物、管线及岩土体等是否有异常的开裂、掉块、变形、渗漏等异常迹象。

11.3.2 腐蚀环境中的锚杆腐蚀状况检查应符合下列规定：

1 当锚头混凝土出现开裂、剥落等异常情况时，应进行锚杆腐蚀状况的检查分析；

2 检查数量和频率可根据锚杆工作环境、锚头变形和持有拉力变化情况相应调整；

3 宜检查锚头下一定范围内的锚筋自由段的腐蚀状况。

11.3.3 岩土锚固工程可根据监测、检测以及现场检查情况，采取下列维护措施：

1 锚杆持有荷载或变形超出设计要求时，应根据设计要求、监测数据及安全评估结果等采取重复张拉、卸荷、增补锚杆等相应措施；

2 锚杆防腐体系存在缺陷或失效时，应根据设计要求采取修补防腐措施，并根据腐蚀情况进行补强处理。

11.3.4 岩土锚固工程应及时修复因检查维护锚杆，被临时拆除的封锚混凝土等耐久性措施。

附录 A 常用锚杆命名与特点

A.0.1 常用锚杆命名可按表 A.0.1 的规定采用。

表 A.0.1 常用锚杆命名

序号	锚杆命名	命名条件
1	锚固类、加固类、构造类	功能及作用
2	高承载力、中承载力、低承载力	设计受拉承载力
3	中高预应力类、低预应力类、非预应力类	是否具备预应力施加条件及预应力等级
4	永久锚杆、临时锚杆	锚杆设计工作年限
5	拉力型、压力型、拉压型	预应力锚杆按锚固段受力形式
6	端锚类、自钻类、多囊袋型、叶片型、螺纹型	低预应力锚杆按锚固段受力形式
7	树脂、水泥卷、胀壳、楔缝	端锚锚杆按在地层中的固定方式
8	全粘结类、摩擦类、自攻类、扩体类	非预应力锚杆按应力类型
9	水泥系、水泥土、树脂系	粘结锚杆按胶结材料
10	旋喷、搅拌、旋搅、自钻	水泥土锚杆按施工工艺
11	击入、自攻、水胀、缝管、多囊袋	摩擦锚杆按摩阻力获取方式
12	等直径型、扩体型	锚固体横截面形状
13	钻孔后注浆、自钻、自攻、击入	杆体安装工艺
14	岩层、土层、岩土混层	锚固体所处地层
15	竖向、水平、仰斜、俯斜、倾斜	锚杆杆体与水平向夹角
16	洞室、基坑、边坡、抗浮、基础、挡墙加固	锚杆所服务工程类型
17	自解锁(机械锁及热熔)类、锚筋回转类、自钻自锁类	可回收锚杆按回收工艺

续表 A.0.1

序号	锚杆命名	命名条件
18	一次注浆、高压注浆、劈裂注浆、分段注浆、二次注浆、多次注浆、中空注浆、囊袋注浆、充填注浆、固结注浆、补充注浆、边钻进边注浆、后注浆	注浆工艺

注:1 岩层锚杆指全长位于岩层中的锚杆,广义上指锚固段位于岩层中的锚杆,岩体基本质量级别一般为Ⅰ级~Ⅳ级,岩体分级方法应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021的规定执行;土层锚杆指全长位于其他地层(岩体基本质量级别Ⅴ级及土层)中的锚杆;岩土混层锚杆指部分位于岩层部分位于其他地层的锚杆;

2 水平锚杆及竖向锚杆分别指锚杆轴线与水平面夹角为 0° 或 90° 的锚杆;仰斜锚杆指锚杆底端高于孔口标高的锚杆,俯斜锚杆指锚杆底端低于孔口标高、轴线与水平面夹角不大于 45° 的锚杆,倾斜锚杆指锚杆底端低于孔口标高、锚杆轴线与水平面夹角大于 45° 的锚杆,后三者合称为斜向锚杆,简称斜锚;

3 系统锚杆指在工作面上按一定规律设置的锚杆;局部锚杆指根据实际情况为防止工作面局部失稳而增设的锚杆,也称随机锚杆。

A.0.2 常用锚杆的特点可按表 A.0.2 的规定选择。

表 A.0.2 不同类型的锚杆

序号	锚杆类型			特点	
1	锚固类	中高预应力锚杆	拉力(拉压)型	承载力较高; 施工工艺较简单;	—
2			压力型	长度通常较长	不适用于较软弱土层
3			荷载分散型	承载力高; 施工工艺较复杂	适用于土层及较软弱岩层
4			扩体型	承载力较高; 施工工艺较复杂; 长度相对较短	适用于土层及较软弱岩层
5		低预应力锚杆	自钻型、多囊袋型	承载力较低; 施工工艺较复杂; 锚筋通常为钢筋线	适用于较软弱土层; 适用于临时工程
6			叶片型	承载力较低; 施工工艺简单; 锚筋通常为钢管; 可快速获得承载力	适用于较软弱土层; 适用于临时工程
			半螺旋型		适用于非软弱土层; 适用于临时工程

续表 A.0.2

序号	锚杆类型			特点	
7	锚固类	非预应力锚杆	全粘结型	承载力较低; 施工工艺较简单; 长度较短	—
8			全螺纹型		适用于非软弱土层; 适用于临时工程
9			扩体型	承载力较高; 施工工艺较复杂	—
10	加固类	低预应力锚杆	端锚型	承载力较低;长度短; 可快速提供承载力及预应力	适用于围岩初次支护
11		非预应力锚杆	钻孔注浆型	承载力较低; 长度短; 可快速获得承载力	—
12			自钻式中空注浆型		适用于围岩支护; 适用于破碎岩层
13			击入式钢管		适用于临时工程; 适用于较软弱土层; 适用于应急抢险工程
14			缝管型、水胀型		适用于临时工程; 适用于围岩初次支护; 适用于应急抢险工程
15	其他	特殊功能及特殊类型锚杆	可回收型	适用于基坑工程; 适用于不允许遗留有锚筋的地层	
			让压型	适用于高地应力软岩及大变形岩层; 适用于承受较大动荷载地层; 适用于高烈度地震区的非临时工程; 中空注浆锚杆承载力及让压力较小,长度较短; 钢绞线锚杆承载力及让压力较大,长度较长	
			纤维锚杆	适用于防静电要求较高场地及腐蚀性地层; 适用于回采巷道被采煤机截割的煤帮、被盾构机切割的基坑支护结构等有剪断需求场合; 通常为全粘结锚杆	

A.0.3 常用锚杆类型可按表 A.0.3 的规定选用。

表 A.0.3 不同工作条件适用的锚杆类型

序号	工作条件	适用锚杆类型
1	反复荷载变动频繁且幅度较大,或工程对变形要求严格	预应力锚杆
2	设计承载力较高	荷载分散锚杆、扩体锚杆、拉力型锚杆
3	设计承载力较高且锚杆长度受限	扩体锚杆、荷载分散锚杆
4	锚固段所在地层为较软弱土层	荷载分散锚杆、囊袋锚杆、扩体锚杆、自钻锚杆、钢管锚杆、螺纹锚杆、叶片锚杆、多囊袋锚杆
5	锚固段所在地层为非软弱土层	预应力锚杆、全粘结锚杆、扩体锚杆
6	锚固段所在地层为岩层	预应力锚杆、全粘结锚杆、端锚锚杆、水胀锚杆、缝管锚杆、自钻式中空注浆锚杆
7	容易塌孔地层	钢管锚杆、自攻锚杆、自钻锚杆、螺纹锚杆、叶片锚杆、自钻式中空注浆锚杆(适用于岩层)
8	围岩支护	全粘结锚杆、自钻式中空注浆锚杆、端锚锚杆、水胀锚杆、缝管锚杆
9	需要快速形成支护能力	钢管锚杆、自攻锚杆、端锚锚杆、水胀锚杆、缝管锚杆
10	长期工程	中高预应力锚杆、囊袋锚杆、全粘结锚杆
11	中等腐蚀及强腐蚀地层	压力型锚杆、囊袋锚杆、全粘结锚杆
12	需要提供特殊功能或用途	可回收锚杆、让压锚杆、纤维锚杆

附录 B 锚筋主要物理力学性能

B.0.1 锚杆用带肋钢筋的主要物理力学指标可按表 B.0.1 的规定采用。

表 B.0.1 锚杆用带肋钢筋的主要物理力学指标

牌号	推荐公称直径(mm)	屈服强度标准值 f_{yk} (MPa)	断后延伸率 A (%)	弹性模量 E_s (MPa)
MG400	18、20、 22、25	400	20	2.00×10^5
MG500		500	20	
MG600		600	18	
CRMG600	18、20、22、 25、32	600	19	
CRMG700		700	17	
CRMG785		785	16	
CRMG830		830	15	

注:1 表中 MG 表示热轧带肋钢筋, CRMG 表示超高强度热处理带肋钢筋;

2 弹性模量并非交货性能指标。

B.0.2 精轧螺纹钢筋的主要物理力学指标可按表 B.0.2 的规定采用。

表 B.0.2 精轧螺纹钢筋的主要物理力学指标

级别	公称直径 (mm)	屈服强度标准值 f_{yk} (MPa)	断后延伸率 A (%)	弹性模量 E_s (MPa)
PSB785	25~75	785	8	2.00×10^5
PSB830		830	7	
PSB930		930	7	
PSB1080		1080	6	
PSB1200		1200	6	
无明显屈服时,用规定非比例延伸强度($R_{p0.2}$)代替				

注:1 表中 PSB 表示精轧螺纹钢筋;

2 弹性模量并非交货性能指标。

B.0.3 钢绞线的主要物理力学指标可按表 B.0.3 的规定采用。

表 B.0.3 钢绞线(1×7φ5)的主要物理力学指标

公称抗拉强度 R_m (MPa)	公称直径 (mm)	公称横截 面积 (mm ²)	整根钢绞线最 大力 F_m (kN)	0.2% 屈服力 $F_{p0.2}$ (kN)
1720	9.50	54.8	94	83
	11.10	74.2	128	113
	12.70	98.7	170	150
	15.20	140.0	241	212
	17.80	191.0	327	288
1860	9.50	54.8	102	90
	11.10	74.2	138	121
	12.70	98.7	184	162
	15.20	140.0	260	229
	17.80	191.0	355	311
	18.90	220.0	409	360
	21.60	285.0	530	466
1960	9.50	54.8	107	94
	11.10	74.2	145	128
	12.70	98.7	193	170
	15.20	140.0	274	241

注:1 钢绞线弹性模量 E_s 一般取 195GPa,必要时采用实测值;

2 钢绞线无明显屈服强度,现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 规定,以产生 0.2%残余变形的应力值为其屈服极限,称为条件屈服强度,对应的拉力称为钢绞线 0.2%屈服力。

B.0.4 纤维筋的主要物理力学指标可按表 B.0.4 的规定采用。

表 B.0.4 纤维筋的主要物理力学指标

纤维筋类型和等级		抗拉强度 标准值 (MPa)	抗剪强度 (MPa)	弹性模量 E_s (MPa)	极限应变 (%)
碳纤维筋	$d \leq 10\text{mm}$	≥ 1800	—	$\geq 1.40 \times 10^5$	≥ 1.5
	$10\text{mm} < d \leq 13\text{mm}$	≥ 1300	—	$\geq 1.30 \times 10^5$	≥ 1.0
	$d > 13\text{mm}$	≥ 1100	—	$\geq 1.20 \times 10^5$	≥ 0.9

续表 B.0.4

纤维筋类型和等级		抗拉强度 标准值 (MPa)	抗剪强度 (MPa)	弹性模量 E_s (MPa)	极限应变 (%)
玻璃纤 维筋	$d \leq 10\text{mm}$	≥ 700	≥ 110	$\geq 0.4 \times 10^5$	≥ 1.8
	$10\text{mm} < d \leq 22\text{mm}$	≥ 600			≥ 1.5
	$d > 22\text{mm}$	≥ 500			≥ 1.3
芳纶纤维筋		≥ 1300	—	$\geq 0.65 \times 10^5$	≥ 2.0
玄武岩纤维筋		≥ 800	—	$\geq 0.50 \times 10^5$	≥ 1.6

注:表中 d 为纤维筋直径。

B.0.5 预应力让压锚杆杆体的主要物理力学指标可按表 B.0.5 的规定采用。

表 B.0.5 预应力让压锚杆杆体的主要物理力学指标

型号	技术指标				
	屈服力 (kN)	极限拉力 (kN)	最大力总 延伸率 (%)	让压量 (mm)	让压力 (kN)
$\phi 25$ 中空杆体	≥ 150	≥ 200	≥ 5	50 ~ 300	80 ~ 120
$\phi 32$ 中空杆体	≥ 230	≥ 280	≥ 5	50 ~ 500	150 ~ 180
	≥ 280	≥ 360	≥ 5	50 ~ 500	180 ~ 230
	≥ 320	≥ 405	≥ 5	50 ~ 500	230 ~ 290
$\phi^{121.8}$ 钢绞线	≥ 513	≥ 583	≥ 3.5	150 ~ 800	300 ~ 400

B.0.6 自钻式中空注浆锚杆杆体的主要物理力学指标可按表 B.0.6 的规定采用。

表 B.0.6 自钻式中空注浆锚杆杆体的主要物理力学指标

螺纹类型	钢管尺寸			力学性能指标		
	公称直径 (mm)	厚度 (mm)	标准长度 (m)	最大力 (kN)	屈服力 (kN)	断后延伸率 (%)
R 型	25	4~8	2~6	≥ 200	≥ 150	≥ 8

续表 B.0.6

螺纹类型	钢管尺寸			力学性能指标		
	公称直径 (mm)	厚度 (mm)	标准长度 (m)	最大力 (kN)	屈服力 (kN)	断后延伸率 (%)
R 型	32	4~8	2~6	≥280	≥230	≥8
				≥360	≥280	
				≥405	≥320	
	38	6~12		≥500	≥400	
	51			≥660	≥540	
				≥800	≥630	
T 型	30	6~12		≥320	≥260	≥8
	40			≥660	≥525	
	52			≥929	≥730	
	76	10~16		≥1 200	≥1 000	/
				≥1 600	≥1 200	

注:1 R 型中空锚杆体,螺纹螺距为 12.7mm,螺纹深度不应小于 1.5mm,螺纹形状参考 ISO 10208 和 ISO 1720 标准;

2 T 型中空锚杆体, T30、T40、T52 螺纹螺距为 13mm, T76 螺纹螺距为 12.7mm,螺纹深度不应小于 2.0mm,螺纹形状参考 DIN 488 和 ASTM A615 标准;

3 低预应力中空锚杆杆体螺纹可选用有利于提高锚杆预紧力矩与预应力转化效率的螺纹规格。

附录 C 浆体与岩土体之间粘结强度及 锚固体端阻强度

C.0.1 初步设计时,浆体与岩土体之间粘结强度及锚固体端阻强度标准值的取值,可按表 C.0.1 的规定采用。

**表 C.0.1 浆体与岩土体之间粘结强度及锚固体
端阻强度标准值(kPa)**

岩土类别	岩土性状		粘结强度标准值	端阻强度标准值
素填土	—		15~30	100~600
淤泥质土	软塑		10~30	100~300
黏性土	软塑		15~50	200~400
	可塑	$0.50 < I_L \leq 0.75$	35~60	300~700
		$0.25 < I_L \leq 0.50$	40~80	650~1 200
	硬塑		45~100	900~1 300
	坚硬		70~140	1 100~1 400
粉土	稍密		20~55	250~600
	中密		30~80	500~700
	密实		50~120	600~1 000
砂土	松散		20~50	200~500
	稍密		30~100	450~900
	中密		50~200	700~1 200
	密实		80~300	900~2 000
碎石土	松散		40~150	300~1 000
	稍密		60~200	900~1 500
	中密		80~250	1 200~2 200
	密实		100~350	1 400~3 000

续表 C.0.1

岩土类别	岩土性状		粘结强度标准值	端阻强度标准值
花岗岩 残积土	可塑	$0.5 < I_L \leq 0.75$	40~90	350~900
		$0.25 < I_L \leq 0.5$	50~110	700~1400
	硬塑		60~130	1100~1600
	坚硬		70~160	1200~1900
岩体	极软岩		100~300	800~1800
	软岩		200~600	1200~2400
	较软岩		400~1000	—
	较硬岩		600~1600	—
	坚硬岩		800~2000	—

注:表中粘结强度值为一次注浆及简易二次注浆的拉力型及全粘结锚杆的经验值。

C.0.2 粘结强度及锚固体端阻强度标准值的取值应符合下列规定:

1 当采用二次分段注浆工艺时,本规程表 C.0.1 中数值可提高 1.1 倍~1.5 倍,岩体中提高倍数宜取较低值;

2 对于黏性土层,干钻成孔、套管护壁、洗孔干净、等待注浆时间较短、注浆压力大、浆体强度高、地下水不丰富等工况下粘结强度宜取较高值;

3 对于砂土,除应满足本条第 1 款、第 2 款的规定外,在密实度相同情况下,粉细砂层宜取粘结强度较低值,中粗砂层宜取中值,砾砂层宜取较高值;粉细砂含量超过总质量的 30% 时宜取较低值;

4 对于粉土,除应满足本条第 1 款~第 3 款的规定外,在密实度相同情况下,含水量越大粘结强度取值宜越低;

5 对于有机质含量为 5%~10% 的有机质土,粘结强度宜取较低值;

6 对于岩体,孔壁粗糙、洗孔干净、地下水不丰富、结构面不

发育等工况下粘结强度宜取高值；

7 本规程表 C.0.1 中粘结强度值适用于浆体锚固体；锚固体为水泥土时宜取表中的中低值，其中砂层粗颗粒多、粒径大时宜取中值，黏性土层宜取低值；

8 压力型扩体锚杆初步设计时，软弱地层中原孔段与岩土体间的粘结强度宜取 0；

9 摩擦锚杆的摩阻强度可按本规程表 C.0.1 中粘结强度取值，锚杆注浆时或位于地下水位以上时宜取高值，反之宜取中低值；

10 水力扩体及机械扩体工艺形成的扩体锚固段端阻强度宜取中低值，囊袋锚杆可取高值；

11 压力型锚杆可取中高值，拉力型锚杆及全粘结锚杆宜取中低值；

12 岩土类别划分应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定执行。

附录 D 荷载试验仪器设备、反力装置 与试验操作

D.0.1 反力装置应符合下列规定：

1 可采用支梁式、支凳式或压板式等独立反力装置，采用支凳式或压板式时，墙、梁、板、柱、桩、撑等锚座结构可作为反力装置的一部分；

2 支梁式反力装置不应与受检锚杆、锚头及锚固结构接触，支座底边缘与岩石锚杆中心距离不宜小于 0.75m，与等直径土层锚杆中间距离不宜小于 1.5m，与扩体锚杆中心距离不宜小于 3 倍扩体锚固段设计直径；

3 支凳式、压板式反力装置不应与受检锚杆及锚头接触；

4 反力装置提供的反力不应小于 1.2 倍预定最大试验荷载，施加于地基的压应力不宜大于地基承载力特征值的 1.5 倍，结构及组件应满足承载力和变形的要求。

D.0.2 试验成果作为验收依据的荷载试验设备应具备自动补压功能以及自动与手动两种操控方式。

D.0.3 千斤顶应符合下列规定：

1 应采用双作用千斤顶；

2 总额定负荷宜为预定最大试验荷载的(1.2~2.0)倍；

3 采用多台同步工作时型号及规格应相同。

D.0.4 千斤顶荷载测定宜采用安装在千斤顶上的力类传感器。采用并联于千斤顶油路的压力表或压力传感器测定液压时，应根据千斤顶率定曲线进行荷载换算。

D.0.5 张拉系统安装应符合下列规定：

1 千斤顶、反力装置及锚杆的中心线应重合，锚座的承压面应平整且与锚杆轴线方向垂直，不垂直时应采取处置措施；

- 2 各工具锚夹片夹持的松紧度应均匀;
- 3 系统安装后应采用试张拉等方式对系统有效性及仪器仪表灵敏度进行测试检查;

4 宜对锚筋进行预张拉(1~2)次,预张拉荷载可为预定最大试验荷载的 10%~20%。

D.0.6 锚杆试验系统应符合下列规定:

1 荷载试验结果作为验收依据或质量鉴定依据时,系统应具有信号自动采集、储存、分析处理、显示时程曲线、与计算机等外部设备数据交换及实时远程传输等功能,应具有故障时的数据保护功能;

- 2 宜具有防止试验过程意外中断时的应急装置;
- 3 宜具有耐高温、防水、防雷电、防电磁干扰装置;
- 4 应在计量检定或校准有效期内。

D.0.7 传感器及仪器仪表性能除应符合国家现行标准《精密压力表》GB/T 1227、《指示表》GB/T 1219、《压力传感器系列型谱》JB/T 6172、《线位移传感器校准规范》JJF 1305 的规定外,尚应符合下列规定:

- 1 压力传感器的准确度等级不应低于 0.5 级;
- 2 压力表类仪表的精确度等级不应低于 0.4 级;
- 3 宜采用位移传感器或大量程位移测量仪表;位移传感器的准确度等级不应低于 0.5 级,全程最大示值误差为 0.10mm;位移测量仪器的分度值用准确度要求较高的试验时不应大于 0.01mm,用于其他荷载试验时不应大于 0.10mm;
- 4 温度计的分度值不宜大于 1℃;
- 5 秒表的分度值不宜大于 1s;
- 6 最大测量值宜为满量程的 25%~80%。

D.0.8 位移测量仪器仪表应符合下列规定:

1 宜采用基准梁及基准桩方式固定,基准桩与锚杆及反力装置的中心距离不宜小于本规程第 D.0.1 条第 2 款支座与锚杆距

离的规定；

2 锚筋数量为1束时应安装至少1个测量仪表，为多束时应安装至少2个，对称安装并取平均值作为位移实测值；荷载分散锚杆每个单元锚杆应安装至少1个测量仪表；反力装置宜安装至少1个测量仪表；

3 锚头位移测量点宜设置在孔口处的杆体上，条件不允许时也可设置在千斤顶锚具夹持点附近的杆体上。

D.0.9 试验加载应符合下列规定：

1 加载应均匀、连续、无冲击，加卸载速度宜为 $1\text{kN/s} \sim 10\text{kN/s}$ ；

2 最大试验荷载不小于 100kN 时在维荷期间的变化幅度，不应大于该最大荷载的 1% ，且不应大于 10kN ；当最大试验荷载小于 100kN 时，其变化幅度不应大于 1kN ；

3 加载至最大荷载时，液压泵及油管的压力不宜超过其额定工作压力的 80% 。

D.0.10 试验初始荷载宜取最大荷载的 10% 且不宜大于 50kN 。

D.0.11 试验加载应取初始试验荷载对应的位移作为初始位移。

D.0.12 当出现下列情况之一时，应判定锚杆达到承载能力极限状态并中止加载：

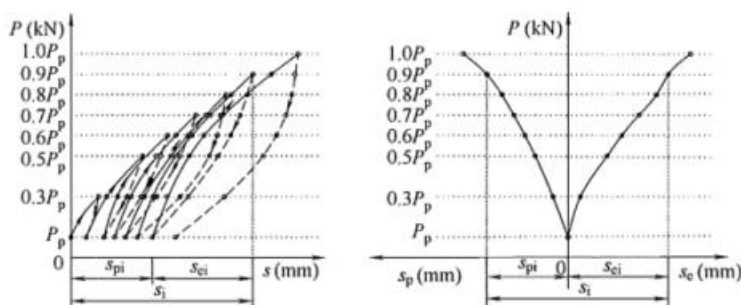
1 锚杆筋体断裂；

2 维荷时间结束时位移不稳定；

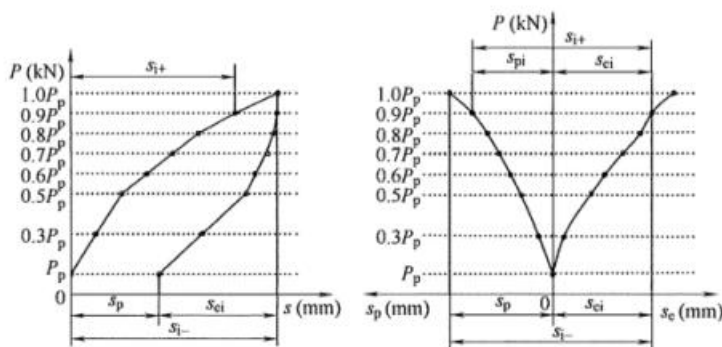
3 非预应力锚杆锚头总位移大于 100mm 。

附录 E 锚杆荷载试验分析曲线

E. 0.1 锚杆荷载试验宜绘制荷载-位移($P-s$)、荷载-弹性位移($P-s_e$)及荷载-塑性位移($P-s_p$)曲线(图 E. 0.1)。



(a) 分级循环加载法



(b) 分级加载法

图 E. 0.1 荷载-位移、荷载-弹性位移及荷载-塑性位移曲线

E. 0.2 锚杆蠕变试验宜绘制蠕变量-时间对数曲线(图 E. 0.2)。

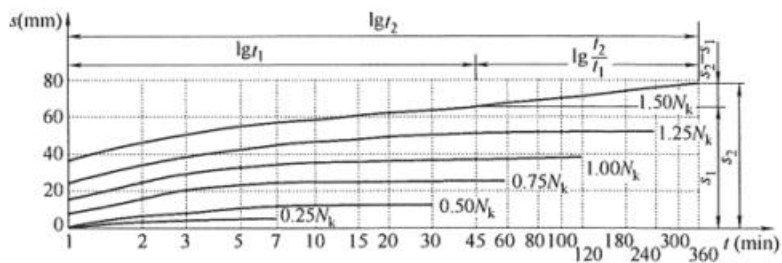


图 E. 0.2 锚杆位移-时间对数曲线

E. 0.3 锚杆持有荷载试验宜绘制荷载-位移曲线(图 E. 0.3)。

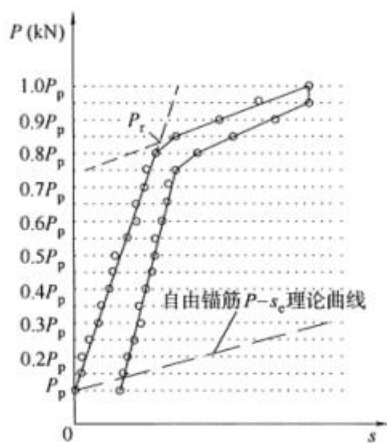


图 E. 0.3 持有荷载试验荷载-位移曲线

附录 F 锚杆长度埋线法测试

F.0.1 锚杆长度测试可采用埋线法。

F.0.2 锚杆长度测试宜制作试验锚杆作为测试参数的校准锚杆,校准锚杆及数据测读宜符合下列规定:

- 1 同类型锚杆的校准锚杆数量不宜少于 3 根;
- 2 长度宜在同类型锚杆中最长;
- 3 同类型锚杆的导线种类宜相同;
- 4 测读数据时,宜不断改变脉冲宽度以获取最佳测试信号。

F.0.3 锚筋不应与外部环境有导电连接或导磁连接。

F.0.4 现场测试开始时间宜在锚杆固结体终凝后。

F.0.5 仪器设备应符合下列规定:

- 1 波速调节范围宜为 $60\text{mm/ns} \sim 300\text{mm/ns}$;
- 2 应具备可发射不少于 2 种宽度的脉冲的功能,脉冲宽度宜为 $2\text{ns} \sim 40\text{ns}$ 。

F.0.6 导线规格及布设应符合下列规定:

1 锚杆施工时宜预先埋设导线,导线宜为单芯单股铜芯绝缘硬线,规格宜为 1.5mm^2 、 2.5mm^2 或 4.0mm^2 ,锚杆长度与导线截面积宜成正比;

2 导线应保持顺直状态与锚筋平行敷设,宜每 $1.5\text{m} \sim 2.0\text{m}$ 用绝缘材料固定 1 次;

3 导线末端应与锚筋底端平齐且无导电接触,宜采用电胶布包裹绝缘;

4 导线应与锚筋一起安放至钻孔内后注浆;

5 检查导线的完好性。

F.0.7 测试前,应清除锚筋及导线表面附着的固结体及氧化物

等杂质,且应测量并记录锚筋外露长度。

F.0.8 信号采集和筛选应符合下列规定:

1 信号采集前应调试仪器,应保证仪器与线路的连接正常,可采用2个测试夹短路的方式初步确定起始光标的位置;

2 应采用不少于2个不同宽度的发射脉冲进行信号采集,选择锚杆底部同向反射明显或波幅较大的典型波形用于波速及锚杆长度计算;

3 信号记录时间不宜少于2次发射脉冲在锚杆两端往返所需时间;

4 测试中应随时检查信号质量,并应选择反射信号强的信号进行存储;

5 宜将2个测试夹相互碰触时波形发生反转的起始上升位置作为测试夹与锚筋接触位置,将最大波幅的同向反射波形起始上升位置作为锚杆底端位置;

6 可将起始光标移至锚杆顶端位置及将结束光标移至锚杆底端位置,将光标之间的时长作为发射脉冲与反射脉冲的时间差。

F.0.9 校准锚杆的波速计算,应符合下列规定:

1 宜采用1个脉冲宽度测量第*i*根校准锚杆的脉冲时间差;

2 宜按式(F.0.9)计算校准锚杆的波速;

3 宜采用另1个脉冲宽度重复测量;

4 宜取2个脉冲宽度波速的平均值作为第*i*根校准锚杆的波速;

5 宜取所有校准锚杆波速平均值作为脉冲传播校准速度 V_m (mm/ns)。

$$V_i = \frac{2L_i}{\Delta t_i - 2L_{iw}/V_0} \quad (\text{F.0.9})$$

式中: V_0 ——空气中的脉冲传播速度,可取230mm/ns;

V_i ——第*i*根校准锚杆的脉冲传播速度(mm/ns);

L_{iw} ——第*i*根校准锚杆的锚筋外露长度(mm);

L_i ——第 i 根校准锚杆的固结体从锚筋/导线底端至地表的长度(mm);

Δt_i ——第 i 根发射脉冲与反射脉冲的时间差(ns)。

F. 0. 10 试验锚杆长度计算应符合下列规定:

- 1 宜采用 1 个脉冲宽度测量该锚杆的脉冲时间差;
- 2 宜按式(F. 0. 10)计算该锚杆长度;
- 3 宜采用另 1 个脉冲宽度重复测量;
- 4 宜取 2 个计算长度 L_c 的平均值作为该锚杆的固结体从锚筋/导线底端至地表的长度 L 。

$$L_c = V_m (\Delta t - L_w / V_0) / 2 \quad (\text{F. 0. 10})$$

式中: L_c ——试验锚杆的固结体从锚筋/导线底端至地表的长度(mm);

V_m ——校准波速(mm/ns);

L_w ——试验锚杆的锚筋外露长度(mm);

Δt ——试验锚杆发射脉冲与反射脉冲的时间差(ns)。

F. 0. 11 对有明显反向反射波形及无明显反射波形时,不宜对锚杆长度进行判定。

F. 0. 12 钻孔内锚筋长度不超过 10m 时检测允许误差为 1.0m; 超过 10m 时,不应大于钻孔内锚筋长度的 10%。

用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

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

引用标准名录

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

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《岩土工程勘察规范》GB 50021

《地下工程防水技术规范》GB 50108

《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476

《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224

《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1

《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ 107

《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18

《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70

《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251

《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256

《电力工程地下金属构筑物防腐技术导则》DL/T 5394

《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55

《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T 401

《精密压力表》GB/T 1227

《指示表》GB/T 1219

《压力传感器系列型谱》JB/T 6172

《线位移传感器校准规范》JJF 1305

《通用硅酸盐水泥》GB 175

《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB 748

《混凝土用水标准》JGJ 63

《纤维增强复合材料工程应用技术标准》GB 50608

中国工程建设标准化协会标准

岩土锚杆技术规程

T/CECS 22—2024

条文说明

修 订 说 明

本规程是在《岩土锚杆(索)技术规程》CECS 22:2005 的基础上修订而成。

近十几年来,锚杆技术在边坡、基坑、基础与抗浮、洞室、既有挡墙加固等各工程建设领域得到了大量工程应用,技术上有了长足发展,为本规程的修订提供了基础技术条件。本规程修订过程中,编制组用了三年多时间对近些年在工程应用中所涉及的新理论、新工艺、新技术、新方法及相关领域进行了深入调查研究,吸收了我国近十几年来在锚杆技术领域取得的科研成果和实践经验,同时参考了国内外最新的技术,并与国内相关标准相协调。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定,《岩土锚杆技术规程》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、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。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。

本规程所替代的历次版本为:《土层锚杆设计与施工规范》CECS 22:90、《岩土锚杆(索)技术规程》CECS 22:2005。上一版主编单位是中冶集团建筑研究总院。

目 次

2	术语与符号	(103)
2.1	术语	(103)
3	基本规定	(107)
4	分类与选型	(108)
4.2	预应力锚杆	(108)
4.3	非预应力锚杆	(111)
5	材料与组件	(112)
5.2	杆体与锚固装置	(112)
6	设 计	(113)
6.2	锚杆承载力	(113)
6.3	锚杆构造与布置	(114)
6.4	锚座与锚固节点	(115)
7	防 腐	(117)
8	施 工	(121)
8.2	成孔	(121)
8.3	杆体制作与安装	(122)
8.4	注浆	(123)
8.5	张拉与锁定	(125)
8.6	可回收锚杆	(126)
9	荷载试验	(128)
9.2	基本试验	(128)
附录 A	常用锚杆命名与特点	(130)
附录 F	锚杆长度埋线法测试	(133)

2 术语与符号

2.1 术 语

2.1.1 国内“锚杆”通常英译为“anchor”，“岩土锚杆”通常英译为“ground anchor”，但“锚杆”概念与欧、美、日、ISO 及 CEN 等国家、地区及组织的锚杆相关标准中的“anchor”并不完全相同，最新国际标准中“anchor”专指钻孔注浆形成的、粘结材料为浆体或树脂的预应力锚杆，是“ground anchor”的简称。

2.1.2 锚杆杆体中：锚筋用于传递纵向拉力，也称为筋体；护套也称为套管、护管等，一般为塑料套管，包裹在锚筋及防腐润滑脂外，用以防止锚筋腐蚀及防止与周边粘结，用于成品无粘结钢绞线及无粘结钢筋，也用于现场组装的杆体；定位架也称对中架、对中分隔架或对中器等，用于锚筋环向定位并使锚筋之间及锚筋与钻孔孔壁之间保持一定距离；束线环也称扎丝、绑线等，用于扎紧钢绞线锚筋；止浆塞也称止浆阀、止浆袋、阻浆器、阻浆件、密封袋、密封圈、分隔器等，用于预应力锚杆中阻止浆体从锚固段向自由段流淌或将锚固段浆体与自由段浆体物理隔开；内锚具指位于压力（分散）型锚杆锚端的锚具，主要有固定端锚具及自解锁锚具等形式。

2.1.3 锚杆通常采用浆体、水泥卷、水泥土或树脂等胶结材料，其中浆体狭义上指水泥净浆，简称水泥浆，广义上为水泥浆、水泥砂浆、细石混凝土及水泥基灌浆材料（简称灌浆料）等拌制后呈流动性的水泥系胶结材料的统称。

2.1.4 锚座也称为锚座结构、支承结构、承载结构或台座等，通常采用钢筋混凝土材料，有时也采用型钢或素混凝土。

2.1.5 锚头指位于锚杆外端头的那部分锚杆，一般由锚筋与锚具、锚垫板、锚固板、过渡管、连接筋、加强筋、防腐体等组件中的一

部分组成。锚垫板指安装在锚座表面将锚具荷载分散传递到锚座的板状组件,也称承压板、钢垫板、垫板等,在洞室工程锚杆中多为方碗形或称碟形,也称为托盘。锚固板主要用于基础抗拔及抗浮锚杆,指设置于钢筋端部、用于将钢筋锚固在混凝土结构内的金属板,直接承受钢筋传递的荷载,可用于锚筋锚杆的锚固,也可用于其他用途钢筋的锚固。

2.1.6 承载体位于压力型锚杆的锚端,也称受压件、承压件等,常用于下列形式锚杆:①固定端锚具,通常为挤压锚、也称为P锚;②用于可回收锚杆带有U型槽的承载体;③位于可回收锚杆杆体底端、可自行解锁与锚筋脱离的自解锁锚具;④预制或现浇粘结段;⑤囊袋锚杆的承载盘;⑥钢筋笼锚杆的底端锚板等。

2.1.10、2.1.11 锚筋自由段与张拉段通常合称锚筋非粘结段。

2.1.12 预应力锚杆广义上指设置了筋体自由段并能够产生预应力的各类锚杆,包括粘结锚杆、机械固定锚杆及端锚锚杆等,其中拉力型锚杆指受力时锚固段处于拉剪状态的预应力锚杆,压力型锚杆指受力时锚固段处于压剪状态的预应力锚杆,拉压型锚杆指受力时锚固段一部分处于拉剪状态一部分处于压剪状态的预应力锚杆,荷载分散锚杆也称为单孔复合锚杆,指锚固段置放于同一个钻孔内的不同位置、锚筋自由段长度不等、共用同一锚头的多条个体锚杆组成的预应力锚杆,分为拉力分散锚杆及压力分散锚杆等几种类型,其中的个体锚杆称为单元锚杆。工程锚杆通常不设置止浆塞,粘结段与锚筋自由段浆体连续成为一体,拉力型锚杆锚筋自由段的部分浆体往往还会受到压力作用,受力特征表现为拉剪与压剪复合状态,故“拉力型锚杆”表达并不准确;欧美标准中称为粘结锚杆,本规程遵循业界习惯仍称为拉力型锚杆。

2.1.13 非预应力锚杆一般指没有设置锚筋自由段、不能施加预应力的锚杆。用于基坑工程的加固类非预应力锚杆通常称为土钉,主要有钢筋土钉及钢管土钉两种,用于岩层时也称为岩钉。一些非预应力锚杆,如摩擦锚杆(指主要利用杆体与岩土体之间的摩

阻而获得抗拔力的锚杆)、缝管锚杆、水胀锚杆等洞室工程锚杆通常也施加了较小预应力,基坑工程中的全粘结锚杆或锚管有时也会施加较小预应力,有时也称为低预应力锚杆,但从受力机理上仍应视为非预应力锚杆。

2.1.14 全粘结锚杆指利用浆体、锚固剂、水泥土等胶结材料沿锚筋全长与周围岩土体粘结的锚杆。锚固剂指树脂、水泥卷等那些起粘结锚固作用的胶状材料,水泥土指采用旋喷、搅拌、旋喷搅拌、自钻等方法将水泥与原位土拌和形成的胶结材料。粘结锚杆指那些利用胶结材料粘结锚筋与地层的锚杆,主要包括下列形式:①注浆粘结锚杆,指先钻孔后置入杆体、胶结材料为浆体的锚杆,也称为注浆锚杆、钻孔注浆锚杆、浆体粘结锚杆或砂浆锚杆,在围岩支护工程中杆体为中空钢管时也称为中空注浆锚杆或管式注浆锚杆;注浆粘结锚杆广义上包括自钻注浆锚杆;②树脂锚杆;③水泥卷锚杆;④水泥土锚杆;⑤水泥土注浆锚杆,指设置了芯浆体的水泥土锚杆。粘结锚杆分为全粘结锚杆及半粘结锚杆,全粘结锚杆一般钻孔后置入胶结材料及杆体形成,除了孔口处因防腐、防水、荷载试验等功能需求可能设置很短的锚筋自由段外,杆体应全长与固结体粘结;半粘结锚杆通常为预应力锚杆。洞室粘结锚杆按粘结长度占全长的比例分为端锚、半锚及全锚锚杆。

2.1.15 扩体锚杆也称为扩孔锚杆、扩径锚杆,可仅扩底或分段扩体,仅扩底时也称为扩底锚杆或扩大头锚杆。扩体锚杆中未被扩大的原状钻孔称为原孔,原孔被扩大横截面面积后称为扩孔。

2.1.16 可回收锚杆也称为可拆芯锚杆、可拆卸锚杆等,为临时锚杆,锚筋拆除、回收后一般会在地下遗留有浆体及承载体等部件。

2.1.17 让压锚杆也称屈服锚杆、自适应锚杆、可拉伸锚杆、减震锚杆、让压减震锚杆、抗震锚杆、释能让压锚杆等。洞室开挖后围岩应力及能量释放并产生变形,较大震级地震、矿震、岩爆等作用产生的动荷载具有瞬间冲击力大、导致地层变形大等特点,地层变形较大时会导致破坏。为使锚固系统经济有效,应允许围岩有一

定变形,工程中常常采用让压锚杆,使锚杆受到大荷载或强震后发生稳定滑移,产生一定的让压量以稳定释能,但同时锚固力几乎不降低,使围岩不会发生过大变形及破坏。让压锚杆按让压原理可分为两类,即采用大延伸率杆材及在杆体上设置机械滑移结构,前者塑性伸长率一般不超过 20%,让压量有限,目前后者在工程实践中应用较多。

2.1.21 在锚杆顶部施加轴向拉力后观测锚头位移随时间变化的试验称为荷载试验,在工程现场进行的为了确定锚杆设计参数和施工工艺的荷载试验称为基本试验,其中用于验证锚杆设计参数及施工工艺对场地的适应能力时也称为适应试验,用于测试锚杆极限承载性能时也称为极限试验,广义上基本试验也包括用于测试锚杆在恒定拉力长时间作用下力学性能的蠕变试验等。

2.1.22、2.1.23 锚杆持有荷载试验可用于检测预应力锚杆的锁定荷载和持有荷载。持有荷载也称持有拉力、持有力、驻留荷载、有效预应力、张拉力、预紧力等,通常因受千斤顶张拉以及岩土体或结构施加的荷载而产生。预应力锚杆张拉锁定后锚筋立即持有的拉力称为锁定荷载,也称为锁定力、初始预应力、初始持有荷载等,一般通过千斤顶或扭力扳手将荷载施加到锚头上获得。预应力锚杆张拉锁定时,千斤顶放张瞬间对锚筋施加的荷载称为放张荷载,也称为超张拉力。锚索随着千斤顶卸载放张,锚筋回缩,带动夹片移动楔紧锚具,锚筋及锚夹具回缩变形等原因导致拉力产生损失,称为拉力锁定损失;为使锁定力恰好达到设计值,理论上应将放张荷载设定为设计锁定力与锁定损失之和。

3 基本规定

3.0.7 建设工程构件的预制化及工厂化是大势所趋,锚杆亦不例外,预制化锚杆杆体在工程中的应用已越来越多,宜具有长度标识以便于现场应用及质量检查。

3.0.11 宜对锚杆进行专项技术研究的情况包括:①尚无工程应用成功经验的锚杆;②特殊地层,指严重影响到锚固结构稳定、耐久性以及施工难度很大地层,如深厚的不良地层(填土填石层、淤泥层、破碎岩层、膨胀性地层、湿陷性黄土及欠固结地层等)以及高应力岩层、承压水地层、强腐蚀性地层、蠕变性很强地层及上述地层的混合地层等;③特殊环境,指强电流干扰环境、气态介质腐蚀环境、辐射环境、高频振动环境等;④新技术,包括了新技术、新材料、新设备、新工艺、新型锚固节点等;⑤与周边地铁、地下管线、基础、建构筑物等距离很近,锚杆施工时可能会造成其损伤;⑥锚固类锚杆为避免群锚效应,工程中一般限制锚杆中心距,但在一些特定情况下尚宜进行群锚试验加以验证;⑦在饱和细砂等对反复荷载较为敏感地层中宜进行反复荷载试验以检验锚杆疲劳性能。这些情况下锚杆应进行专项技术研究,研究项目一般包括承载力、荷载损失、蠕变性能、荷载~位移特性等力学性能,岩土体的可钻性、可注性及是否需要特殊工艺等施工可行性,防腐体系有效性及耐久性,经济性,可采取的改善措施等。锚杆拟设计承载力超过以往的经验时可进行极限性基本试验,不一定需要专项技术研究。

4 分类与选型

4.2 预应力锚杆

4.2.1 预应力锚杆广义上指设置了筋体自由段并能够产生预应力的各类锚杆,包括粘结锚杆、机械固定锚杆、摩擦锚杆及端锚锚杆等。预应力锚杆按全长与外界环境之间力的作用关系可划分为锚固段、自由段及锚头段三部分,各部分功能为:锚固段置于稳定岩土体提供抗拔力,自由段将锚固段置于稳定岩土体、远离假定破裂面,锚头段承受千斤顶张拉荷载或土侧压力等荷载并通过锚筋传递给锚固段。按锚杆内部构造及功能划分为粘结段或锚端段、锚筋自由段及张拉段,各部分功能为:张拉段将千斤顶施加的荷载传递给锚筋自由段,锚筋自由段通过弹性变形产生预应力,并将应力传递给拉力型锚杆的粘结段、压力型锚杆的锚端段或拉压型锚杆的承载体及粘结段,拉力型锚杆的粘结段将锚筋拉力主要以剪力形式传递给锚固体,压力型锚杆主要通过承载体以压力形式将锚筋拉力传递给锚固体,拉压型锚杆则将锚筋拉力一方面通过粘结段以剪力形式传递给锚固体,另一方面通过承载体以压力形式传递给锚固体。

原则上,锚杆抗拔承载力应该完全由锚固段提供,即自由段不提供,那么,自由段最好不与岩土体产生粘结或摩擦。为达此目的,自由段内最好没有浆体填充,这对于本身为固态或具有粘滞性的树脂及水泥卷锚固剂容易做到,但对于注浆粘结锚杆,因为浆液具有流动性,通常需要通过设置止浆塞等措施把锚固段与自由段进行物理隔离,此时即便自由段内有浆体,也因为止浆塞的弹性物理隔离,使自由段的浆体与锚固段的浆体相互独立而不相连,避免了应力从锚固段向自由段的回传,即自由段不提供抗拔力。不设

置止浆塞时,锚杆自由段内也充满了浆体,与锚固段连续形成一体难以区分,自由段浆体实际上承受了由锚固段传递的荷载、也在提供抗拔力,此时拉力型锚杆已具备拉压型锚杆特征,不再是理想的拉力型锚杆,但业内习惯一直称之为拉力型锚杆,故本规程对两者不做严格区分。

4.2.2 单元锚杆只有1根时称为荷载(拉力或压力)集中锚杆,简称拉力(或压力)型锚杆,有1根以上时称为荷载(拉力或压力)分散锚杆;拉力(及压力)型锚杆一词狭义上指荷载集中锚杆,广义上为荷载集中锚杆与荷载分散锚杆的统称。拉力分散锚杆本质上可视为拉压分散锚杆而不是理想的拉力分散锚杆,但考虑到业内习惯本规程不对拉力分散锚杆与拉压分散锚杆做严格区分。

4.2.3 扩体锚杆通常采用机械铰刀或水力扩体等方法将等直径锚杆的部分锚固体扩大截面面积后形成,仅扩大钻孔底部也称为扩底锚杆或扩大头锚杆。国内扩体锚杆主要有以下几种施工工艺:①机械铰刀扩孔型;②高压旋喷扩孔型;③单囊袋型,简称囊袋型或囊式扩体锚杆,通常为压力型锚杆,一般地层中预先采用机械或水力扩孔,囊袋(直径通常大于500mm)安装后在袋内注浆;软弱地层中也可不预先扩孔,直接在囊袋内高压注浆;④囊袋钢筋笼型,即单囊袋与钢筋笼复合型,也称为笼芯囊型;⑤变径钢筋笼型,也称为变直径钢筋笼扩体型、变直径钢筋笼扩大头型等,采用机械或水力扩孔,把呈约束状态的钢筋笼安装至预定位置,打开约束开关,钢筋笼展开,注浆后形成扩大锚固体。另外,需要严格区分时“扩体锚杆”特指机械扩体及水力扩体锚杆,扩体内通常视为水泥土,与锚筋的粘结强度较低且几乎不能为锚筋提供腐蚀防护功能,往往需要重新钻孔注浆,在水泥土固结体内形成新的浆体芯。

4.2.4 端锚锚杆也称为端头锚固类锚杆,粘结段及机械锚固段也称为锚端,采用胶结材料或机械装置将锚杆杆体底端固定,适用于岩层,锚固段长度通常不大于1m且不大于锚杆长度的1/3,主要用于洞室的围岩支护工程,根据锚固剂材料及工艺形式主要分为

树脂锚杆、水泥卷锚杆、胀壳锚杆、楔缝锚杆等几类。用于洞室工程的粘结锚杆按锚固剂填充程度可分为端头锚固锚杆(端锚锚杆)、加长锚固锚杆(半锚锚杆)及全长锚固锚杆(全锚锚杆)。胀壳锚杆及楔缝锚杆的锚端大多采用机械装置,工程中有时会采用树脂锚固剂复合锚固以增加锚固力。

4.2.5 压力型可回收锚杆常用自解锁锚具有机械锁型及热熔型两类,其中机械锁锚具又可分为顶进解锁型、旋转解锁型、顶进旋转解锁型、辅索拉拔解锁型等4小类。

4.2.6 采用机械元件滑移原理的让压装置可设置在让压锚杆孔内也可设置在孔外,设置在孔外时比较容易损坏;利用杆体伸长让压时只能设置在孔内;杆体为钢管或钢筋时可设置为单点让压也可多点让压,采用钢绞线时一般为单点让压。

4.2.8 自钻预应力锚杆也称为自钻锚杆或自进锚杆,锚筋通常为钢绞线,无需预先钻孔,钻进时利用一次性三翼钻头把锚筋同步带入地层形成拉力型锚杆,也可利用一次性螺钉钻头钻入后从钻杆内置入锚筋形成压力型锚杆,后者也称为螺钉锚杆;钻杆退出时钻杆与钻头脱开,钻头留置在孔底,钻进及退杆时从杆内注浆,锚筋同步置入时形成的固结体为水泥土,锚杆受拉承载力较低。另外,螺钉锚杆可用作可回收锚杆。

4.2.9 锚杆通常设置波纹管作为防腐层,要求管内外注浆质量可靠。但现场注浆施工时,常因为波纹管易变形、注浆工艺较复杂等原因导致注浆质量难以控制,尤其是管内注浆,很难饱满、无气泡,故波纹管加现场注浆形成的防腐层作为双层防腐措施并不可靠。例如欧洲标准 EN 1537:2013 *Execution of Special Geotechnical Works-Ground Anchors* 在防腐保护相关规定中认为,波纹管内只有工厂灌注浆液才认为可满足防腐要求,现场灌注的浆液则不能满足作为防腐屏障的要求。预制芯体锚杆在工厂完成波纹管内灌浆形成预制芯体,质量可靠,较短的长度即可满足筋体拉力传递至波纹管的要求,且形成了波纹管及管内浆体两层防腐层,大大提高

锚杆的施工质量及耐久性要求。

4.3 非预应力锚杆

4.3.2 摩擦锚杆根据摩阻力获取方式主要分为:①击入锚杆,钢筋通常为钢管,采用击打、推压等方式安装,常称为钢花管土钉、钢管土钉、锚管等,适用于较软弱土层及易塌孔地层,置入地层后可从管壁上预设的数个出浆孔向外注浆也可不注浆,需注浆时通常设置倒刺以防止在击入地层过程中出浆孔堵塞及增强锚杆摩阻力;用于围岩支护时也称为自钻中空锚杆,其中规格较小时也称为小导管、小钢管等;②螺纹锚杆;③水胀锚杆,杆体为两端带套管的异型空心钢管、将高压水注入后钢管膨胀挤压地层;④缝管锚杆,也称开缝式锚杆,杆体为纵向全长开缝的钢管,击入时被强制缩紧挤压地层。

4.3.3 自钻式注浆中空锚杆也称为钻锚浆锚杆、自钻锚杆等,采用表面带有全长螺纹的中空钢管为钻杆,在钻杆前端设置钻头,不需预先钻孔,钻杆兼作锚筋,钻入地层注浆后形成全粘结锚杆,钻孔、下锚、注浆、锚固在一个过程中一次完成,在破碎、成孔困难、不能实现先钻孔后安装锚杆的围岩中应用较多。

4.3.4 自攻锚杆也称为自钻锚杆,适用于土层,不需预先钻孔,钻杆表面设置螺纹或叶片形成自攻钻杆,自行旋入土层后兼作锚筋,可注浆可不注浆,一般作为非预应力,也可用作低预应力锚杆及可回收锚杆。

5 材料与组件

5.2 杆体与锚固装置

5.2.1 对于锚筋的选材可包括下列种类:①精轧螺纹钢筋也称精轧螺纹钢筋或精轧螺纹钢筋;②环氧涂层钢绞线及环氧涂层钢筋合称为环氧涂层锚筋;③无粘结钢绞线及包裹了护套的筋体合称为无粘结锚筋;④自攻锚杆筋体大多采用无缝钢管制作,钢管土钉筋体一般采用焊接钢管制作;⑤树脂锚杆杆体主要有左旋无纵肋螺纹钢及右旋全螺纹钢两大类,目前常用搅拌设备使右旋杆体在搅拌过程中容易“倒药”导致不饱满,故宜采用左旋钢杆;⑥水泥卷锚杆杆体采用圆钢时,通常在杆体尾部加工成麻花式、托盘式或弯曲式以增加与浆体的粘结力。

5.2.4 常规夹片式锚具的锚板为整体。采用常规夹片式锚具时,可回收锚杆解锁回收前,需超张拉使夹片松动然后将之卸下以使锚筋松弛,之后回收锚筋,有时超张拉力比较大,超出抗回收承载力,将导致解锁失效不能正常回收,这是可回收锚杆不能回收的主因之一。分体式锚具的锚板由两块或多块通过约束机构组合而成,拆卸夹片时将锚板约束机构打开,锚板直接分散,锚筋松弛,不需要超张拉,大大提高了可回收锚杆的回收率。法兰螺母在拧紧过程中不易产生阻尼现象,锁紧后不易松动,故预应力锚杆应优先采用。固定螺母指非预应力锚杆中用于固定锚垫板或锚固板的螺母,螺母锚具指预应力锚杆中用于锁定预应力的螺母、螺杆及垫圈等。

5.2.11 回收后再利用的钢绞线受损程度不一且难以定量计算,故不宜再作为锚筋使用。

6 设 计

6.2 锚杆承载力

6.2.3 纤维筋没有屈服强度也没有条件屈服强度,本规程建议参照钢绞线强度计算,把抗拉强度标准值的 88% 视为“屈服强度”以便与钢材锚筋协调。

6.2.5 本规程建议:①锚固体为强度 $20.0\text{MPa}\sim 40.0\text{MPa}$ 的浆体且锚筋为钢绞线、螺纹钢筋或带肋钢筋时,土层中浆筋粘结强度可取 $0.5\text{MPa}\sim 1.0\text{MPa}$,岩层中可取 $0.8\text{MPa}\sim 3.0\text{MPa}$,岩土混层锚杆取值则应介于两者之间;浆体强度高、钻孔及锚筋洁净、孔内无积水时取高值,反之取低值;用于锚筋为多根钢筋的锚杆时可取低值,根数越多取值宜越低;②固结体为强度 $0.5\text{MPa}\sim 2.0\text{MPa}$ 的水泥土时可取 $0.15\text{MPa}\sim 0.6\text{MPa}$,水泥土强度高时取高值,反之取低值;③初步设计时纤维筋锚筋粘结强度可按钢筋与混凝土粘结强度的 60%~85% 估算。

6.2.6 按照 200 多项囊式扩体锚杆工程实践及专项试验结果,表明在锚固段具有一定埋置深度时、标准贯入击数(7~8)击以上的地层可以提供不小于 1400kN 的极限抗拔力,淤泥质土等软弱地层提供的承载力也不小于 800kN ,据此反算锚固体局部抗压强度增大系数在较好地层中不小于 4.0、在软弱地层中不小于 2.0,且上限值业界尚不清楚。同时,经验表明,常规施工工艺形成的锚固体实际强度往往不高,水下注浆时大多不大于 30MPa ,机械扩体及水力扩体工艺形成的锚固体强度更低,单个内锚具提供的承载力极限值约为 $300\text{kN}\sim 600\text{kN}$ 。

6.2.7 实践经验表明,摩擦锚杆(包括带倒刺的钢管锚杆及自攻锚杆)杆体与岩土体间的摩阻强度可按注浆锚杆粘结强度计取,建

议按本规程附录 C 取值;同时,钢管锚杆倒刺对摩阻强度的影响较大,倒刺焊接质量较差时在锚杆打入过程中容易脱落,杆体表面直径可取钢管外径;倒刺焊接质量较好时可取计入倒刺后的外径,如果只计取钢管外径偏于保守;自攻锚杆宜取计入螺纹后的外径。

6.2.8 本规程建议:①囊袋锚杆锚固体与岩土体的粘结强度及扩体锚固段的端阻强度可按附录 C 取值,表中端阻强度数据主要参考了现行协会标准《囊式扩体锚杆技术标准》T/CECS 1259;②水力扩体及机械扩体工艺形成的扩体锚固段前端面与岩土体容易局部接触不良,端阻强度取表中的中低值;③压力型扩体锚杆初步设计时,软弱地层中原孔段与岩土体间的粘结强度宜取 0。

6.3 锚杆构造与布置

6.3.1 锚固类钻孔注浆锚杆钻孔直径一般为 110mm~250mm,加固类一般为 90mm~150mm,构造类一般为 50mm~130mm,钢护管防腐锚杆一般为 100mm~600mm,洞室工程锚杆孔径相对小一些。

6.3.2 表 6.3.2 中数值为工程实践经验的总结,其中锚固类预应力锚杆自由段长度的规定引自现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003—2021。锁脚锚杆在开挖面岩体质量较好时可采用非预应力锚杆,爆破开挖面质量不佳时宜采用预应力锚杆,使锚固段有一定的埋置深度,避开表面松动岩层。

6.3.4 上百个囊式扩体锚杆足尺试验与理论研究表明,扩体锚杆可采用 L_{as}/D_k 为 8~10 作为深埋与浅埋的分界点,为工程安全起见,本规程建议取 11,同时本条要求扩体锚杆 L_{as} 不应小于 7.0m (即扩体段埋置深度不小于 7.0m),两个条件均满足时视为深埋扩体锚杆,反之则视为浅埋扩体锚杆;工程中各种角度锚杆均应采用深埋锚杆。

6.3.5 钢管锚杆注浆有利于提高受拉承载力。本规程建议参照以下经验:①钢花管底端加工成尖锥形或扁锥形以利于击入岩土

体中;②钢管出浆孔直径过大可能会导致部分浆孔无浆,过小则易堵塞,一般为4mm~10mm;③为了尽量使每个出浆孔都能出浆,出浆孔面积总和宜为钢管空腔截面面积的40%~60%,以使管内有一定浆压;④为注浆均匀,出浆孔宜围绕管壁呈螺旋状每90°~180°布置1个或一对,间距为0.5m~1.0m,锚杆较长时应为大间距及小孔径;⑤为防止因外覆土层过薄而导致孔口冒浆,距离孔口一定范围内不应设置出浆孔,该范围依据具体岩土体性状及经验确定,一般为锚杆长度的1/3~1/2且不少于2.0m~4.0m;⑥出浆孔宜设置保护倒刺并焊接牢固,可采用角钢或钢片制作,除了保护出浆孔在锚杆击入过程中免遭堵塞还可大幅增加锚杆的摩阻力。

6.3.6 自攻锚杆杆体宜选用符合下列条件的定型产品:①中空,壁厚不小于4mm;②钢管外径不小于20mm,计入螺纹后杆体外径不小于35mm;③螺纹高度不小于5mm,可连续设置、断续设置或在底端一定范围内连续设置;④单节长度宜为3.0m~9.0m,需要拆除回收时宜为1.0m~2.0m。

6.3.15 注浆可参照以下经验进行:①钻孔注浆锚杆一次注浆量一般为钻孔容积的(1.5~3.0)倍,二次注浆量为一次注浆量的(0.5~1.5)倍,岩层越破碎或土层越松散用量越大;通常,钻孔直径为100mm的注浆锚杆按全长平均,一次注浆水泥用量不宜少于35kg/m,一、二次注浆量之和不宜少于50kg/m;②外径为48mm的钢管土钉,水泥用量不宜少于25kg/m。

6.4 锚座与锚固节点

6.4.4 预应力锚杆俯斜对锚座下拉作用的大小与锚杆承载力等因素相关,俯角大于30°~35°时通常就要考虑可能造成的不良影响,必要时应采取提高桩、墙等锚座竖向承载力的措施。

6.4.6 钢筋应伸至锚座厚度的中上部再弯折或加板,以避免锚固段大部分位于钢筋混凝土底板受拉区。按照现行国家标准《混凝

土结构设计规范》GB 50010 规定,弯钩或机械锚固时最小锚固长度(投影长度)为 0.6 倍基本锚固长度,考虑到锚杆主要承受静荷载、锚筋实际承载力与锚杆承载力特征值的比值较大且大于常规钢筋混凝土构件的相应比值,为便于工程应用本规程根据经验取 0.4 倍基本锚固长度。

6.4.8 实际工程中发现,当锚垫板尺寸偏小时承载能力不足,会出现拱部压平、四角翘曲现象,甚至出现锚垫板破坏而诱发的锚杆支护体系失效现象。木寨岭公路隧道现场试验及相关研究表明:碟形垫板在承载力、应力扩散效果和抗变形能力方面要显著优于平板形垫板,综合考虑加工制作难度后,建议非预应力及低预应力锚杆采用碟形垫板,此时锚垫板厚度最佳范围值为 10mm~12mm,尺寸最佳范围值为 (150mm×150mm)~(200mm×200mm);但碟形垫板因凸起部分受荷后易发生变形,难以适用于承载力更高的锚固系统中,故预应力超过 200kN 时应优选方形平板垫板,尺寸以 250mm×250mm×25mm 为优。另外,实际工程中,常出现因施工控制不佳导致锚孔与洞壁成一定斜交角度、或围岩壁面不平整状况,致使锚垫板与锚杆(索)成非垂直状态,因锚杆杆体较为刚硬(不宜弯曲),在上述状态下锚杆受荷后将发生弯曲变形,致使锚固系统支护能力难以发挥。在此情景下,球面垫圈能够与碟形垫板组成可调芯结构,在锚杆承受偏心载荷作用时,调节杆体受力方向与受力状态,减小杆体不利受力状态。

7 防 腐

7.0.6 锚杆如果不采取任何防腐措施,锚头段锚筋容易锈蚀,对于临时锚杆,尽管不一定会危及承载力,但可能会影响到以后的二次张拉、锚筋拆除回收等工作,且观感不佳容易造成对锚杆安全甚至工程结构安全的误判断,故本规程提出了三级防腐等级。国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62 等技术标准提供了混凝土裂缝宽度计算公式,控制指标一般为 $0.1\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$ 。编制组认为:①这些计算公式基于混凝土,而锚杆几乎都采用水泥浆或砂浆,与混凝土的力学及物理性能有一定差异;②计算公式适用于普通钢筋,用于验算钢绞线或精轧螺纹钢时计算结果裂缝宽度通常远大于 $0.1\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$,即公式不适用于钢绞线及精轧螺纹钢等高强材料;③锚杆通常不配备抗裂钢筋。故不建议采用裂缝控制作为防腐方法。全粘结锚杆视为微型桩时可执行现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 等相关标准的规定。

本规程建议杆体防腐层分为三类:①护套防护,包括无粘结钢绞线以及护套、波纹管 and 过渡管等各种隔离管,护套内应充填润滑脂、浆体或树脂等材料;②防腐涂料防护,包括环氧涂层钢筋及钢绞线,以及锚筋、锚具、锚垫板、金属承载体及端帽等金属构件表面敷涂的防腐涂料;③浆体防护,包括波纹管内的预注浆体、压力型锚杆的浆体以及锚筋自由段锁定后注浆体或锁定前预注缓凝浆体。需要指出,防腐层可能会影响到锚杆承载力,必要时宜采用荷载试验验证。双层防腐目的是用外层保护内层,即外层防护提供了额外保障,内层被外层保护以防锚筋在组装及安装过程中受损伤。可靠的单层防腐通常能够满足一级防腐需求,但考虑到目前

施工质量有时不太可靠,本规程要求一级防腐时采用双层。

1 杆体防腐目标及原则是把金属杆体完全装入不透水的防护层内以阻止环绕在锚杆周围的地下水及潮湿气体的侵入。该防护原则对锚杆杆体的各部分均适用,但在粘结段或内锚头处、锚筋自由段及锚头处的细节处理有所差别。

2 粘结段浆体受到拉应力作用后容易产生裂缝,完整性不能得到保证,故通常不能单独作为防腐层,但在注浆质量(主要指完整性)能够得到保证且裂缝宽度较小(一般认为不超过 $0.1\text{mm} \sim 0.2\text{mm}$)时,可作为防腐层。本规程建议:①锚筋自由段如果设置了止浆塞使其没有被浆体包裹,可在锚筋张拉锁定后进行后注浆防腐,此时后注浆浆体可作为防腐层。有经验时也可张拉之前在锚筋自由段注入缓凝浆体替代后注浆;②压力型锚杆的浆体通常处于受压状态,不产生裂缝,可作为防腐层;③欧美标准认为,波纹管包封内的带肋钢筋能够控制结石裂缝的出现频率及裂缝宽度小于 0.1mm ,工程实践表明钢绞线也可达到此效果,故在这种情况下浆体可作为一层防腐层,例如预制芯锚杆。但波纹管内浆液应在工厂或相当于工厂的环境下预先注入,因为现场注浆质量难以保证。国外规范中预注浆体厚度一般为 $5\text{mm} \sim 10\text{mm}$ 。囊袋内注浆可在现场进行。

3 润滑脂等非硬化液体材料作为防腐介质有一定局限性,如容易干缩、长期稳定性不好确定、容易泄漏等,其本身就要受到保护,所以不能单独作为防腐层;同时,护套也不能单独作为防腐层,护管内应填充这类材料或浆体、树脂等以阻止地下水或水汽的侵入,故两者结合起来才能作为一层完整的防腐层。

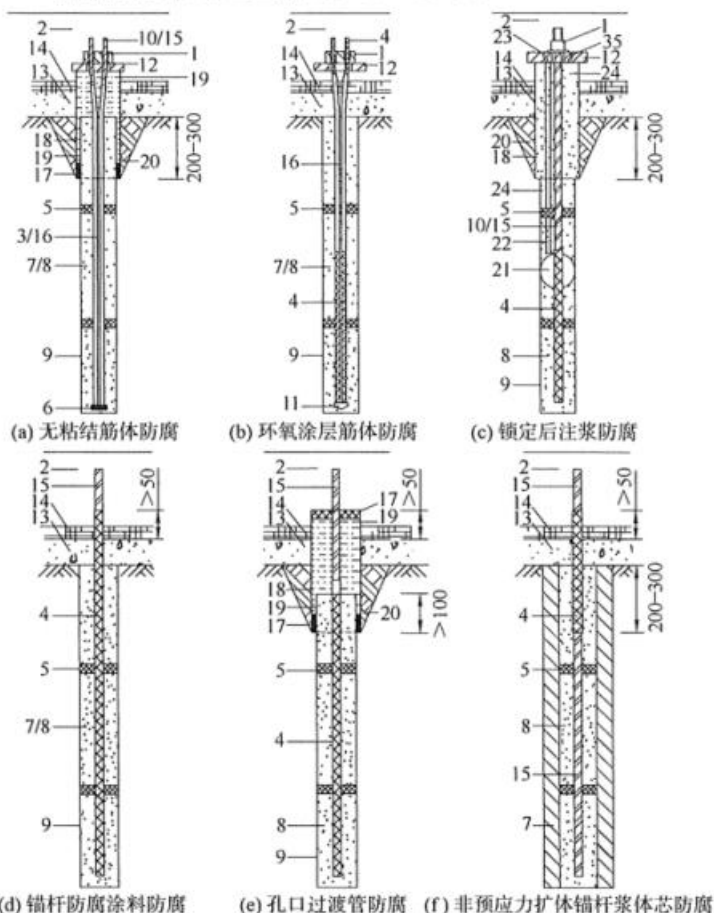
4 树脂锚杆可用于一级防腐的做法参照了国际相关标准。有经验时也可敷涂其他防腐材料替代环氧树脂防腐涂料,可采用缓凝浆体替代锁定后注浆,可采用 PVC 直管、变形管、带肋管或囊袋替代锚固段波纹管。

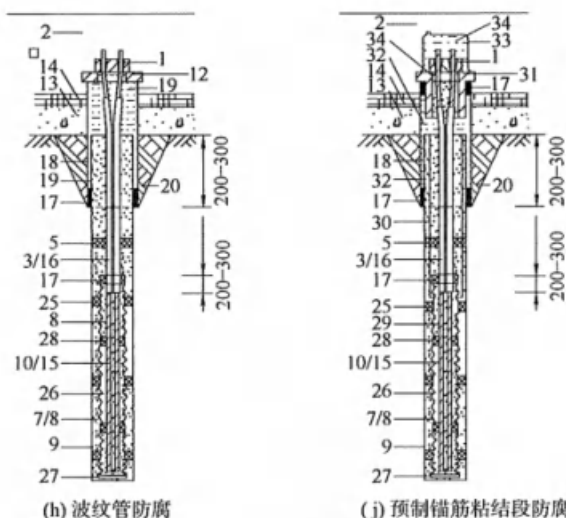
5 采用无粘结钢绞线时,通常需要将锚头一定区段长度的护

套剥除、洗净润滑脂,避免锚筋张拉伸长后带润滑脂的锚筋被夹片锁定从而降低夹具效率,这样,往往就需要设置过渡管把锚筋与浆体隔离,锁定后再注浆或注入润滑脂等充满,锚垫板的中孔及锚孔的空隙均应充满。

6 普通钢绞线用于压力型锚索时,在内锚头连接处通常难以防腐处理,故不宜用于二级及一级防腐。

7 锚杆防腐常用经验作法如图 1 所示。





- 1—锚具；2—锚座结构或封锚混凝土；3—无粘结筋体；4—环氧涂层筋体或钢筋敷涂环氧防腐涂料；5—定位架；6—外涂防腐涂料的金属承载体或锚具，或非金属承载体，外罩保护罩；7—水泥土；8—浆体；9—孔壁；10—钢绞线；11—塑料端帽或外涂防腐涂料的金属端帽；12—锚垫板；13—素混凝土或砂浆垫层；14—防水层；15—钢筋；16—套管（内充润滑脂）；17—遇水膨胀止水胶（条）等防水密封材料；18—过渡管；19—内充微膨胀浆体或润滑脂；20—埋置过渡管凹坑（填充浆体或填土击实）；21—止浆塞；22—后注浆管；23—注浆孔；24—锁定后注浆；25—外定位架；26—波纹管；27—波纹管端帽；28—内定位架；29—预制锚筋粘结段；30—共用外套管（管内注浆或润滑脂）；31—带喇叭管锚垫板；32—预注微膨胀浆体或润滑脂（带喇叭管的锚垫板放置时注入）；33—外涂防腐涂料钢锚具罩或塑料复合钢板锚具罩（与锚垫板之间密封）；34—润滑脂（锚具罩置放后从多余锚具孔注入）

图1 锚杆防腐作法示意图

7.0.8 环氧涂层现场涂敷质量很难得到保证，不宜单独作为防腐层。锚筋材料为环氧涂层钢绞线或环氧涂层钢筋时，在制作、运输、安装及注浆等施工过程中，环氧涂层可能会受到损伤且不易被发觉，应用前要仔细检查。

8 施 工

8.2 成 孔

8.2.9 本规程建议扩体锚杆工艺选择可参照以下经验:①可塑~坚硬的黏性土、中密~密实的砂土及全~强风化岩层采用机械扩体工艺,软塑~可塑的黏性土、松散~中密的砂土及碎石土采用水力扩体工艺,其余土层机械扩体及水力扩体后宜增设囊袋形成囊袋锚杆、钢筋笼锚杆或囊袋钢筋笼锚杆;②扩体工艺试验包括试验实施及效果检查两个环节,宜开挖检验扩体效果,不具备开挖条件时应根据注浆量等施工参数按相关经验估计扩体效果。

8.2.10 本规程建议机械扩体施工参照以下经验:①铰刀能否顺利受控张开与闭合、能否达到设计直径尺寸是关系锚杆施工质量的关键因素,调试时应测量钻具张开直径及行程,确保铰刀能够顺利受控张开及闭合;②宜下行扩体;③扩孔钻具下放到预定位置后,宜在钻杆上标明扩体前位置及扩体所需行程,之后再将钻具逐渐张开进行扩体作业;④扩孔钻具旋转应匀速,转速及行速应根据岩土体性状确定,进尺初定速率可为 $0.1\text{m}/\text{min} \sim 0.4\text{m}/\text{min}$;⑤钻具进尺时应严格控制行程,确保扩体直径达到设计要求;⑥往返切割搅拌不宜少于 2 遍,地层坚硬时可分层扩体;⑦机械铰刀切割搅拌土体时,也可以 $0.5\text{MPa} \sim 1.5\text{MPa}$ 的压力同步注浆。

8.2.11 本规程建议水力扩体施工参照以下经验:①施工机械宜安装全过程监测及自动记录钻进深度、行速、转速、介质压力及流量等数据的装置;②输送扩体介质的管路长度不宜大于 50m,以免产生较大压力损失从而影响扩体效果及易于堵塞;③扩体水泥浆液水灰比不宜太浓,初定时可取 $1.0 \sim 1.5$;④扩体作业时喷嘴应匀速旋转及行进,转速宜为 $5\text{r}/\text{min} \sim 20\text{r}/\text{min}$,行速宜为 $0.1\text{m}/\text{min} \sim$

0.3m/min;⑤扩体介质为浆液时喷射压力不宜小于20MPa、为清水时不宜小于25MPa,不作为扩体介质时水泥浆喷射压力可为0.5MPa~1.0MPa,气压可为0.5MPa~0.7MPa,风量可为 $1.0\text{m}^3/\text{min}$ ~ $3.0\text{m}^3/\text{min}$;⑥宜采用先低压后高压的喷浆方式,扩体不少于2遍,介质流量可为 $60\text{L}/\text{min}$ ~ $150\text{L}/\text{min}$;单管旋喷桩水泥用量可为 $150\text{kg}/\text{m}$ ~ $200\text{kg}/\text{m}$,双管旋喷桩可为 $160\text{kg}/\text{m}$ ~ $240\text{kg}/\text{m}$,三管旋喷桩可为 $280\text{kg}/\text{m}$ ~ $400\text{kg}/\text{m}$;⑦永久锚杆成锚宜符合以下步骤:采用管钻或套管护壁钻进至设计深度→将喷嘴从管钻或套管内下放至指定扩体位置→旋转并上下移动喷嘴进行高压喷射扩体→扩体完成后拔出喷嘴→拔出管钻或套管→水泥土初凝→按注浆锚杆进行钻孔、下锚、注浆,形成浆体芯。临时锚杆也可不形成浆体芯,在拔出管钻或套管之前下锚,然后注浆。

8.2.14 水下钻孔如果在锚杆杆体安装前已经置放了较长时间,往往需要二次清孔,对于土层锚杆及地下水丰富的岩层锚杆,如果置放时间超过2h~4h,应重新清孔。

8.3 杆体制作与安装

8.3.1 本规程建议锚杆杆体制作参照以下经验:①工厂、车间、施工现场作业棚内的台架等可作为清洁场所;②锚筋不应使用电弧切断,以防作业时产生的高温影响锚筋力学性能;下料宜采用砂轮锯或切断机切断,不宜采用氧气-乙炔焰;张拉段切除时宜采用砂轮锯,也可采用氧气-乙炔焰,但切割点距锚具较近时应对锚具采用水冷等降温措施;③锚筋采用精轧螺纹钢筋时应采用专用接头接长;采用直径大于22mm的普通钢筋时应采用机械连接,不大于22mm时可焊接接长;钢管土钉接长可采用不少于3条、直径不小于16mm的钢筋双面帮条焊,帮条长度不宜少于2倍钢管直径;④定位架及束线环的主要作用就是使位于定位架之间的锚筋最小保护层厚度满足设计要求,锚固类及加固类锚杆定位架的外径宜小于孔径4mm~6mm;波纹管内径宜大于内定位架外径

4mm~6mm;定位架宜沿杆体轴线方向每 1.0m~2.0m 设置一个,土层锚杆、永久锚杆及锚筋较多的锚杆定位架间距应取小值;⑤压力型锚杆端帽可起到导向兼保护受压件及预应力锚筋的作用,拉力型锚杆及有多束锚筋的端帽主要起导向作用;⑥一次注浆管应较长,管底宜超出锚筋尾端及端帽 50mm~100mm 以尽量消除孔底沉渣的影响;二次注浆管管底宜与锚筋尾端齐平,不宜超出以避免从孔底跑浆;二次注浆管的出浆孔应设置逆止构造以避免一次注浆时浆液进入;⑦杆体一般采用绑扎线与定位架固定,定位架之间应采用绑扎线或束线环把杆体拉紧并产生一定刚度;锚筋、注浆管及辅助拆筋的绳索管线等应平行顺直,不应相互交叉、扭曲;钢管锚杆的倒刺应与钢管焊牢,不应在击入土体过程中脱落;⑧张拉段锚筋长度一般不宜小于 1.0m;⑨无粘结钢绞线内、外锚头段应清洗除油以避免降低与锚具夹片的咬合力。

8.3.7 缝管锚杆安装顺序通常为:将缝管锚杆锥端插入锚杆孔,将助推器尾部卡入凿岩机,前端插入缝管锚杆中;起动凿岩机械并平缓地将锚杆沿锚杆轴线推入孔中,直到锚垫板压紧组合构件、护网或巷道围岩表面。

8.3.10 预制芯相对较重,在地下拖曳很容易破坏预制芯的波纹管从而降低防腐性能。座浆工艺即先在钻孔内注浆、待饱满后再安装预制芯的施工工艺,如先安装预制芯后注浆则不易注浆饱满且容易浆体夹泥。

8.3.11 表观外径指以锚杆杆体表面的螺纹、叶片及倒刺等装置拟合的最大直径。

8.4 注 浆

8.4.3 本规程建议注浆参照以下经验:①预应力土层锚杆应采用二次注浆;②岩层锚杆及岩土混层锚杆宜采用二次注浆;③地质条件较差且设计高承载力时宜采用二次高压分段注浆;④其余情况可采用一次注浆。本规程建议二次注浆时宜优先采用二次高压分

段注浆。

本规程建议采用如下措施使注浆饱满：①俯角大于 10° 的钻孔注浆，一次注浆管应插至距孔底 200mm~500mm 处，随浆液灌注而匀速或分段拔出，直至孔口溢出等浓度浆液后方可停止注浆，注浆及拔管过程中注浆管口应始终埋入注浆液面内；②后注浆或注缓凝浆的预应力锚杆及用于试验的预应力锚杆宜设置止浆塞并在止浆塞下安装排废管，排废管应将锚固段的气、水及废弃浆液直接排出孔口，不应流入自由段；③仰斜钻孔及俯角小于 10° 的钻孔注浆，应设置止浆塞等密封装置并将排气管或排废管端头置于孔底，待排气管或中空锚杆空腔出浆时方可停止注浆；④压力型锚杆可将二次注浆管管口置放在承载体下方间歇多次注浆，确保该处浆体中不夹杂黏粒、粉末、碎屑、泥渣、泥浆等杂质及不窝水；⑤永久锚杆从孔口处发现浆体沉缩时应及时补浆；⑥采用套管护壁时，宜在套管内下锚注浆后再拔出套管；⑦锚杆周边的地下水有流动性或锚杆施工的同时场地进行降水作业时，可能会造成浆液稀释及流失从而影响到锚杆承载力及耐久性，应先停止降水或采取排水措施疏干后再进行注浆作业；⑧双层防护锚杆可在护套内外同时注浆，也可在护套内预注浆、现场在护套外注浆。

本规程建议二次及多次注浆参考以下经验：①分段注浆应采用袖阀管、马歇管等带密封装置的注浆设备，依次由孔底向孔口分段注浆，分段长度不宜超过 0.5m，一般为 0.3m~0.5m；注浆时机可在一次浆体强度达到约 5.0MPa 时进行，开环压力不应低于 2.0MPa。袖阀管注浆设备主要由袖阀管、两端带止浆阀的注浆枪、密封环等组成，袖阀管大多采用 PVC 管，沿轴线方向每隔 0.3m~0.5m 设置一对出浆孔、管外套着起逆止作用的密封环。袖阀管注浆工艺较复杂，可实现分段注浆及多次注浆，注浆效果较好；②二次注浆应在一次注浆后水泥结石体强度达到 5.0MPa 左右时进行，强度过高或过低都难以实现高压劈裂注浆。注浆后多久水泥结石强度能够达到 5.0MPa，与浆体设计强度、水泥特性、

水灰比、浆液有何种外加剂、温度等多种因素相关,应根据工艺试验确定,一般可控制为 18h~24h;③简易二次注浆可在初次浆体终凝前进行,开环压力不宜低于 1.0MPa。

本规程建议把注浆量超出设计用量 3 倍左右作为异常情况,出现后应停注,检查是否有浆液冒出地表、渗入地下管道或空洞等流失现象,排除后采用先浓浆后稀浆、间歇注浆、改注砂浆或加设囊袋等处理措施。

8.4.4 利用钢管空腔注浆有两种常用形式:一是将注浆管直接插到钢管空腔中,注浆管周边填塞软布等材料密封,工艺简单,能承受的注浆压力较低;二是将注浆管与钢管通过专用注浆阀连接,可获得较高的注浆压力及注浆量,注浆效果较好。本规程建议,钢管锚杆及自攻锚杆采用内插管时的注浆压力为 0.4MPa~0.6MPa,采用注浆阀时为 0.8MPa~3.0MPa。

8.5 张拉与锁定

8.5.1 本规程规定的锚杆养护期包括了锚固体材料的养护期及岩土体的休止时间。锚杆锚固体及锚座混凝土的标准养护龄期通常均为 28d,但工程中通常很难等到 28d 后再进行荷载试验、张拉锁定及岩土体开挖,尤其是基坑工程中的临时锚杆,故本规程从工程实际出发建议了最短养护期,达到最短养护期后通常即可进行上述作业。最短养护期可按以下经验初定:①锚固类锚杆锚固体为浆体时,岩层及非黏性土地层中最短养护期可为 5d~7d,软塑~流塑状的淤泥及淤泥质土中可为 15d~21d,其他地层中可为 7d~15d;②加固类锚杆锚固体为浆体时,永久锚杆最短养护期可为 3d~5d,临时锚杆可为 1d~2d;③水泥石锚杆非黏性土中最短养护期可为 10d~15d,黏性土中可为 15d~21d;④锚杆承载力越高、岩土体性状越差则最短养护期应越长。

8.5.2 本规程建议参照以下经验进行预应力锚杆张拉锁定:①预应力锚杆锚筋为钢绞线时应采用千斤顶张拉加载,为锚筋及钢管

时高承载力锚杆应采用千斤顶,中低承载力锚杆也可采用扭力扳手;②按本条规定进行的张拉加载程序可视为自验收试验,出现异常情况(通常指承载力或变形不合格)时可按验收试验的相关程序或设计要求处理;③对于土层及软弱岩层中的基础锚杆及抗浮锚杆,主体结构荷载施加上去后会对地基土产生压缩变形,使锚杆产生卸载效应、持有荷载降低,故一般宜在主体结构达到一定高度后再进行张拉锁定。

本规程建议工程安全等级为一、二级时进行锁损试验测定同类型锚杆的拉力锁定损失及放张荷载,试验锚杆数量不少于6根,取平均值作为锁定损失及放张荷载,供锚杆大面积张拉锁定采用。

8.5.5 不少基坑锚杆可能需要在服役期间进行持有荷载检测及再张拉,故张拉段不宜切除;如果切除,保留段长度不应少于200mm且不应损伤以便于以后接长。

8.6 可回收锚杆

8.6.1 每层锚杆回收都需要有一定的作业时间,建设方及总承包方等责任方应预先做好工期安排。应对回收失败的锚杆进行综合评估,必要时可采取措施强行拆除。强行拆筋措施包括从孔口套取锚筋或锚固体、用大型机械从地面钻孔拉出、暗挖等。

8.6.2 可回收锚杆应先进行基本试验之后再进行回收试验。试验时:①由于地层差异等原因,长度、锁定荷载及设计承载力的最大值不一定同时集中在某一类工程锚杆上,此时可取长度、承载力及锁定荷载最大值分别制作试验锚杆,也可令某一试验锚杆的长度、承载力及锁定荷载同时最大;②随着基坑开挖,基坑锚杆受力越来越大,锚筋持有荷载大于设计锁定荷载的现象时有发生,可回收锚杆在这种情况下应能保持自回收能力,故本规程规定按最大设计锁定荷载的1.25倍锁定;③锚杆持有荷载通常随着时间而减少,为了能够在较高荷载水平体现锚杆回收能力,持荷时间宜为5h~24h。

8.6.3 锚杆回收作业平台一般位于锚头以上 0.5m、以下 1.5m 范围内,宽度一般不少于 1.5m,作业平台要承受作业人员及千斤顶等设备荷载,应搭设牢靠。回收设备一般要采用安全绳索固定以防坠落及飞出。另外,“换撑”一词包括了设置传力带及分层回填等各种换撑方式。

9 荷载试验

9.2 基本试验

9.2.1 测试锚杆极限承载性能的基本试验,应加载至破坏以获得锚杆的承载力极限值与位移特性等力学性能,反算黏结强度,为锚杆设计提供依据,新材料、新施工工艺、新结构等新型锚杆,无锚固相关经验的地层及拟设计承载力高于既有经验时应采用。

基本试验一般为事前试验,试验结果为设计及施工提供依据,通常在设计施工前进行;有时也会在施工过程中进行,例如场地浅层与深层的地质条件差异较大,浅层土进行锚杆基本试验后,深层土随基坑开挖而暴露出来,有时也需进行基本试验。验收试验为事后试验。

非破坏性的基本试验可利用工程锚杆完成。基本试验通常比验收试验更严格,利用工程锚杆试验且程序合法时可替代验收试验,避免浪费,这是国内外标准提出的通用作法。基本试验数量如果计入验收试验数量,则建议:①某同类型锚杆的基本试验成果均符合合格标准时才可计入该同类型锚杆的验收依据;②某同类型锚杆有试验成果不符合合格标准时均不应计入、不能只计入合格试验成果,并应对该同类型锚杆进行设计处理,只将验收试验成果作为该同类型锚杆验收依据;③为保证验收样本的随机性,基本试验替代比例不应超过验收依据总量的 50%,即至少仍有一半试验为验收试验。

9.2.2 工程锚杆指作为锚固工程结构一部分的锚杆。对于测试极限性能的锚杆:①试验通常会造成锚筋拉断或拔出、锚固体破坏等,不应在工程锚杆上进行,应专门制作;②为测试锚固体极限抗拔力,应加设止浆塞等分隔装置,以使锚固段长度可控、可知;③设

计及施工参数,如设计承载力、锚固体截面尺寸、杆体材料、组件、机械设备、施工工艺、所处的工程地质及水文地质等条件应与拟建工程锚杆基本相同,但为满足某一特定目标而设定的设计参数例外,例如为了不发生拉断破坏而加多了锚筋束数等。地层条件不同或同一地层条件下设计参数(例如锚筋材料、锚杆直径等)不同时,均应有代表性的试验锚杆。工程锚杆可以根据试验结果进行改进,改进后可根据具体情况决定是否再进行试验。不少工程忽略了施工工艺这个决定了锚杆抗拔力的重要条件,基本试验时采用某种施工工艺,工程施工时改成了另外一种,导致了试验结果对工程指导作用有限;④试验后有条件时应尽量挖出检查以全面了解锚杆性能。

试验锚杆指用于测试相关性能的工程锚杆及试验专用锚杆:①各种同类型锚杆均应具有代表性试验锚杆;②破坏性试验不应在工程锚杆上实施,应在工程锚杆大面积施工前制作专用试验锚杆;③为能反映工程实际情况,持有荷载试验宜选用工程锚杆。

同类型锚杆指主要地层等环境条件、锚杆类型、锚固体截面尺寸及施工工艺基本相同的锚杆,锚杆承载力、长度、角度、偏斜度等参数可能会有所差别。同类型锚杆应随试验目的不同而采用不同的划分标准,主要应由设计人综合工程各方意见后判别。

附录 A 常用锚杆命名与特点

A. 0.1 表 A. 0.1 并非对锚杆的分类,而是对各种锚杆命名原因或命名条件的解释:

(1)国内岩土锚杆按功能及作用机理可分为锚固类、加固类及构造类三大类:①锚固类锚杆指一端置于稳定地层、另一端与锚座连接并将锚头荷载传递到稳定地层的锚杆,如预应力锚杆、抗浮锚杆、基础锚杆等荷载主要施加在锚头处的锚杆,多数为中高预应力锚杆、少数为低预应力或非预应力锚杆;②加固类锚杆指主要通过群体的加筋、注浆、挤压等作用加固改良地层的锚杆,包括杆体全长粘结或全长摩擦的非预应力锚杆及端头锚固类锚杆,如土钉墙、复合土钉墙、锚喷等工程中的钢筋土钉、钢管土钉及自攻锚杆等,洞室工程中的端头锚固类锚杆及中空注浆锚杆等各种短锚杆等。加固类锚杆的荷载不一定完全作用于锚头,也可能直接作用于固结体或杆体上,通常依靠群体而起作用,设计承载力较低,个体锚杆作用相对较弱;③构造类锚杆指在锚固结构中起构造或辅助作用的锚杆,如喷射混凝土面层中的挂网钢筋、对边坡表面防护结构起固定作用的短锚杆、固定柔性防护网的锚绳等,通常可按构造设计、不需要计算,施工质量以过程控制为主,一般不进行第三方质量检验。

(2)为便于应用,锚杆可按承载力大小分为高、中、低三级,但没有、也不需严格意义上的划分,一般情况下(不包括水利水电工程)低承载力锚杆指受拉承载力极限值不大于 400kN 的锚杆,高承载力指不小于 1 200kN 的锚杆,中承载力指 400kN~1 200kN 的锚杆。中高承载力锚杆通常为钻孔(及扩体)注浆粘结锚杆,土层中一般采用二次注浆、岩层中不一定,中高预应力锚杆通常为中

高承载力锚杆；自钻、摩擦、端锚、击入等工艺或类型的锚杆以及低预应力锚杆，通常为中低承载力锚杆，中低承载力锚杆也可以采用钻孔注浆工艺形成。

(3)锚杆的预应力水平可分为高、中、低、无四级，但并没有严格划分，习惯上把不大于 200kN 视为低预应力；①中高预应力锚杆通常分为拉力型、压力型、拉压型及扩体型等几类，其中扩体锚杆的端阻导致受力状态很复杂，锚固体可能处于拉、压、剪等复合受力状态。粘结锚杆长度较长、承载力及预应力水平较高，故住建及市政工程中习惯上将粘结型预应力锚杆视为中高预应力锚杆、一般简称预应力锚杆，本规程在不引起歧义时“预应力锚杆”一词特指中高预应力锚杆，通常属于锚固类锚杆；②通常将机械固定型、摩擦型、端锚类预应力锚杆以及加固类预应力锚杆视为低预应力锚杆。低预应力锚杆主要用于洞室围岩，以端锚锚杆为主，因极限承载力不高，故预应力水平较低。锚固类低预应力锚杆主要用于基坑工程中，锚固机理及形式主要有叶片锚杆的端阻、半螺纹锚杆的侧阻、多囊袋锚杆的复合作用等。

(4)业界习惯将设计工作年限不超过 2 年的锚杆称为临时锚杆，超过 2 年的称为永久锚杆。国内外也有技术标准将设计工作年限 5 年作为界限，不超过 5 年的称为短期锚杆，超过 5 年的称为长期锚杆。

(5)等直径锚杆也称等截面锚杆。对全长进行扩孔的锚杆因仅有粘结力没有端阻力，应视为等直径锚杆而非扩体锚杆，也称为大直径锚杆。

(6)锚杆注浆材料指流动性水泥系拌合料。注浆形式有多种：①一次注浆，指钻孔内为形成锚固体的注浆，利用自身流动性从下而上逐渐充满钻孔，也称常压注浆，注浆压力一般不大于 0.6MPa；②高压注浆，指注浆压力一般不小于 2.0MPa 的注浆；③劈裂注浆，指利用水力劈裂原理对地层进行的高压注浆；④二次高压分段注浆，指采用袖阀管等装置自钻孔底向上逐段对锚固体进行的劈

裂注浆,简称分段二次注浆或分段注浆;⑤简易二次高压注浆,指对锚固体全长不分段进行的高压注浆,简称简易二次注浆;⑥二次注浆狭义上指简易二次注浆,广义上指与分段二次注浆的合称;⑦多次注浆指二次及以上的高压注浆,也称重复注浆;多次注浆通常用于高承载力土层锚杆,中低承载力及岩层锚杆较为少用;⑧固结注浆,指改善锚固体周边地层性状的注浆,改善地层性状如提高强度、增加整体性、减少渗透性等;⑨中空注浆,指锚杆采用中空杆体兼作注浆管对周边地层的注浆;⑩囊袋注浆,指对锚杆囊袋(包括单囊袋、多囊袋及囊袋钢筋笼)内的注浆;⑪充填注浆,指浆体利用自身流动性从下而上逐渐充满杆体与地层之间空隙的注浆;⑫补充注浆,指为补偿孔口浆面因收缩等原因导致的下沉而进行的填充注浆,简称补浆,多次补浆并非多次注浆;⑬后注浆,指预应力锚杆张拉锁定后对锚杆自由段进行的充填注浆;⑭多次高压可显著提高土层及软岩的粘结强度,也适用于锚杆承载力不足的缺陷修复;⑮边钻进边注浆,指自钻中空锚杆等采用的边钻进边注浆形式。

附录 F 锚杆长度埋线法测试

F.0.1 埋线法属于时域反射技术(简称 TDR)的一种。埋线法在锚杆杆体上安装导线,与金属锚筋等效为同轴电缆,发射脉冲,在锚筋底端产生反射波,测量发射波与反射波之间的时间差及波速等参数,从而计算出锚杆长度,结果可靠,准确度较高,受干扰较少,成本低,在中国香港等地区应用较为广泛,深圳市等国内地区已有不少工程应用案例。

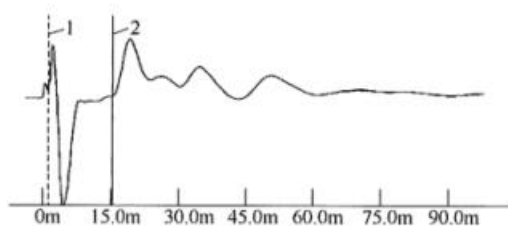
F.0.2 校准锚杆指用于校准检测参数的基准锚杆。埋线法常常需要采用若干锚杆作为基准锚杆事先校准检测参数以便得到准确的检测结果,这些基准锚杆可利用工程锚杆也可另行施工,长度、直径等参数等应事先确知。埋线法宜以锚杆直径、锚筋品种、锚筋规格及固结体种类等作为同类型锚杆分类条件。每种类型锚杆均宜有校准锚杆。不同种类的导线对测试结果有影响,不能混用。

F.0.3 外部环境指锚座、结构物以及机械设备等。

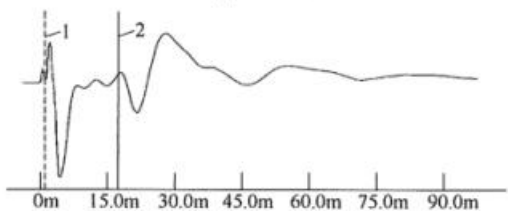
F.0.5 锚筋与导线之间脉冲传播速度在不同的介质下是不同的,工程中实测空气中脉冲传播速度约为 $(220\sim 240)\text{mm/ns}$,纯水泥浆中脉冲传播速度约为 $(80\sim 100)\text{mm/ns}$,为测得不同介质下的脉冲传播速度,仪器的波速调节范围应覆盖以上波速范围。脉冲宽度较小时分辨率较高、高频信号衰减较快、锚杆底部的同向反射波幅亦较小,适用于短锚杆;脉冲宽度较大时分辨率较低、低频信号衰减较慢、锚杆底部的同向反射波幅亦较大,适用于长锚杆,长度检测时宜采用不同宽度的脉冲进行测试以获得最佳质量信号。

F.0.8 波形通常先显示出许多振幅较小的脉冲,再是振幅较大的脉冲,结束光标应移至振幅最大的那一条,如图 2(a)所示。具有明显反向反射波形、在主脉冲反射之前存在明显波形、无明显反

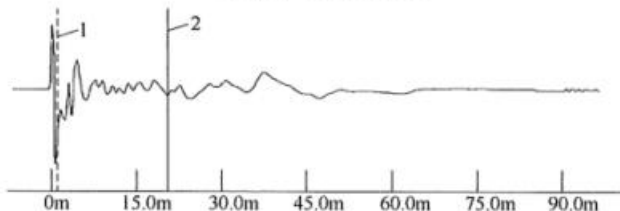
射波形等作为非典型波形如图 2(b)~图 2(d)所示,计算波速及锚杆长度时不应选择非典型波形。



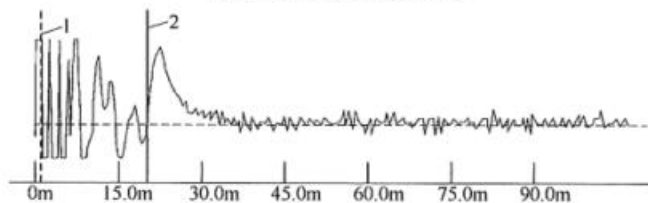
(a) 典型波形



(b) 有明显反向反射波形



(c) 信号穿孔,无明显反射波形



(d) 在主脉冲反射之前存在明显波形

1—起始光标;2—结束光标

图 2 埋线法典型及非典型脉冲信号

F. 0. 8 经验表明,介质为水泥浆时,同一场地同批次施工的锚杆测试波速一般为 $(80\sim 100)\text{mm/ns}$,无校准测试时平均波速可取 90mm/ns 。影响波速的因素包括介质(固结体质量的差异)及脉冲宽度(不同脉冲宽度测得的波速略有差别)等。

F. 0. 10 部分埋线法测试仪器界面上显示的锚杆长度,是根据选定的波速及测得的时间自动计算得出的,因为计算时未考虑锚筋的外露长度及锚筋中脉冲波速的变化,该长度只能作为现场测试时的粗判不能直接采用,否则可能产生较大的误差。另外,一些埋线法仪器会考虑脉冲的传播时间,面板显示的时间实际上对应着1个锚杆长度,此时式(F. 0. 10)需相应调整。