中国工程建设协会标准

编号： 备案号：

可回收锚杆技术规程

Technical specification for removable anchors

（征求意见稿）

20XX-XX-XX 发布 20XX-XX-XX实施

中国工程建设标准化协会 发布

中国工程建设协会标准

可回收锚杆技术规程

Technical specification for removable anchors

（征求意见稿）

编号：

备案号：

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：20XX年XX月XX日

前 言

根据中国工程建设标准化协会（2019）建标协字第 [2019] 22号文关于印发《2019年度第二批协会标准制定、修订计划》的通知，编制组经过广泛调查研究，认真总结工程经验，参考有关国家和行业标准，结合我国可回收锚杆行业实际情况，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程分为9章及3个附录，主要技术内容包括：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 构造；5 设计；6 施工；7 回收；8 试验；9 质量检验与验收。

根据国家计委计标 [1986] 1649号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》，现批准协会标准《可回收锚杆技术规程》，编号为CECS XXXX：20XX，推荐给工程建设的设计、施工和使用单位采用。

本规程由中国工程建设标准化协会地基基础专业委员会CECS/TC 27归口管理，由浙江大学和上海勘察设计研究院（集团）有限公司负责具体技术内容的解释。在本规程执行过程中如有意见或建议，请寄送XXXX《可回收锚杆技术规程》管理组（地址：XXXX，邮编：XXXX），以供今后修订时参考。

本规程主编单位：

本规程参编单位：

本规程主要起草人：

本规程主要审查人：

目 录

[1 总 则 1](#_Toc42249577)

[2 术语和符号 2](#_Toc42249578)

[2.1 术 语 2](#_Toc42249579)

[2.2 符 号 4](#_Toc42249580)

[3 基本规定 6](#_Toc42249581)

[4 构造 7](#_Toc42249582)

[5 设计 11](#_Toc42249583)

[5.1 一般规定 11](#_Toc42249584)

[5.2 材料 12](#_Toc42249585)

[5.3 设计 13](#_Toc42249586)

[5.4 承载力计算 14](#_Toc42249587)

[6 施工 19](#_Toc42249588)

[6.1 一般规定 19](#_Toc42249589)

[6.2 杆体制作及安放 19](#_Toc42249590)

[6.3 锚杆成孔与注浆 20](#_Toc42249591)

[6.4 张拉及锁定 23](#_Toc42249592)

[6.5 开挖与监测 24](#_Toc42249593)

[7 回收 25](#_Toc42249594)

[7.1 一般规定 25](#_Toc42249595)

[7.2 回收 25](#_Toc42249596)

[7.3 回收失败的补救处理 26](#_Toc42249597)

[8 试验 28](#_Toc42249598)

[8.1 一般规定 28](#_Toc42249599)

[8.2 试验装置和操作要求 28](#_Toc42249600)

[8.3 基本试验 29](#_Toc42249601)

[8.4 蠕变试验 30](#_Toc42249602)

[8.5 验收试验 31](#_Toc42249603)

[8.6 回收试验 32](#_Toc42249604)

[9 质量检验与验收 33](#_Toc42249605)

[9.1 一般规定 33](#_Toc42249606)

[9.2 质量检验 33](#_Toc42249607)

[9.3 验收 34](#_Toc42249608)

[附录A 可回收锚杆的杆体材料性能 36](#_Toc42249609)

[附录B 锚杆施工记录表 37](#_Toc42249610)

[附录C 锚杆回收记录表 39](#_Toc42249611)

[本规程用词说明 40](#_Toc42249612)

[引用标准名录 41](#_Toc42249613)

[条文说明 42](#_Toc42249614)

Contents

[1 General Provisions 1](#_Toc42249577)

[2 Terms and Symbols 2](#_Toc42249578)

[2.1 Terms 2](#_Toc42249579)

[2.2 Symbols 4](#_Toc42249580)

[3 General Requirements 6](#_Toc42249581)

[4 Structure 7](#_Toc42249582)

[5 Design 11](#_Toc42249583)

[5.1 General Requirements 11](#_Toc42249584)

[5.2 Materials 12](#_Toc42249585)

[5.3 Design 13](#_Toc42249586)

[5.4 Calculation on Load Holding Capacity of Anchor 14](#_Toc42249587)

[6 Construction 19](#_Toc42249588)

[6.1 General Requirements 19](#_Toc42249589)

[6.2 Tendon making and Placed 19](#_Toc42249590)

[6.3 Drilling and Grouting 20](#_Toc42249591)

[6.4 Tension and Locking 23](#_Toc42249592)

[6.5 Monitoring 24](#_Toc42249593)

[7 Recovery 25](#_Toc42249594)

[7.1 General Requirements 25](#_Toc42249595)

[7.2 Recovery 25](#_Toc42249596)

[7.3 Treatment of Failed Recovery Anchor 26](#_Toc42249597)

[8 Test 28](#_Toc42249598)

[8.1 General Requirements 28](#_Toc42249599)

[8.2 Test device and Operation requirements 28](#_Toc42249600)

[8.3 Basic test 29](#_Toc42249601)

[8.4 Creep test 30](#_Toc42249602)

[8.5 Acceptance test 31](#_Toc42249603)

[8.6 Recovery test 32](#_Toc42249604)

[9 Quality inspection and Acceptance 33](#_Toc42249605)

[9.1 General Requirements 33](#_Toc42249606)

[9.2 Quality Inspection 33](#_Toc42249607)

[9.3 Acceptance 34](#_Toc42249608)

[Appendix A Material Performance for Anchor Tendon 36](#_Toc42249609)

[Appendix B Anchor Construction Form 37](#_Toc42249610)

[Appendix C Anchor Recovery Form 39](#_Toc42249611)

[Explanation of Wording in This Specification 40](#_Toc42249612)

[List of Quoted Standards 41](#_Toc42249613)

[Explanation of Provisions 42](#_Toc42249614)

# 1 总 则

**1.0.1**  为使可回收锚杆的设计、施工和回收符合安全适用、技术先进、经济合理、节约资源、确保质量和保护环境的要求，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于基坑工程中可回收锚杆的设计、施工、回收、试验、检验与验收。

**1.0.3**  可回收锚杆的设计、施工和回收应综合考虑地质条件、周边环境条件、主体地下结构要求、使用期限、回收条件和时机等因素，并结合地区经验，因地制宜、合理选型、优化设计、精心施工、严格监控。

**1.0.4**  可回收锚杆的设计、施工、回收、试验、检验与验收，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

# 2 术语和符号

## 2.1 术 语

**2.1.1** 可回收锚杆 removable anchor

使用功能完成后，可以拆除回收其筋体的锚杆，也称可拆芯式锚杆。

**2.1.2** 压力型锚杆 pressured anchor

将张拉力直接传递到锚杆锚固段末端，且锚固段注浆体处于受压剪状态的锚杆。

**2.1.3** 压力分散型锚杆 pressure-dispersive anchor

在同一钻孔内，由两个或两个以上独立的压力型单元锚杆组成的复合锚固体系。

**2.1.4** 单元锚杆 unit anchor

在复合锚固体系中，具有各自独立的自由段、锚固段的锚杆。

**2.1.5** 高压喷射注浆锚杆 under-reamed anchor by jet grouting

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

**2.1.6** 等截面型锚杆 equal-diameter anchor

通过钻孔或高压喷射等方法形成锚孔，并由水泥浆体或水泥土体填充的、能够将锚杆拉力传递到周围岩土体的等直径锚杆。

**2.1.7** 扩体型锚杆 expanded-diameter anchor

通过机械扩孔、高压喷射、囊袋注浆等方法在锚孔底部对岩土体切割或挤压后形成大直径的锚孔，并由水泥浆体或水泥土体填充的、能够将锚杆拉力传递到周围岩土体的锚杆。

**2.1.8** 锚杆自由段 free anchor length

锚杆锚固段近端至锚头之间的杆体部分，简称自由段。

**2.1.9** 筋体自由段 free tendon length

位于锚头与承载体之间、与周边锚固体及地层不黏结的锚筋部分。

**2.1.10** 锚杆锚固段 fixed anchor length

通过锚固体将锚杆拉力传递到周边稳定地层的锚杆部分，简称锚固段。

**2.1.11** 锚杆杆体 anchor tendon

锚杆中由筋体、保护套管、隔离架和对中支架等组装而成的杆状构件，简称为杆体。

**2.1.12** 锚杆筋体 tendon

从锚头向承载体传递拉力的构件，材料一般为钢绞线，简称为锚筋或筋体。

**2.1.13** 锚头 anchor head

能将拉力由杆体传递到地层面和支承结构面的装置。

**2.1.14** 锚固体 anchorage body

由水泥浆体、水泥土等胶结材料在锚筋周围凝固后形成的固结体。

**2.1.15** 承载体 load bearing body

位于压力型锚杆的杆体底端，将筋体所受拉力转换为作用在锚固体上压力的部件。

**2.1.16** 解锁装置 deblocking device

位于可回收锚杆杆体底端、可解锁与锚筋脱离的部件。

**2.1.17** 解锁 deblocking

解锁装置与锚筋解除物理力学关联的行为，简称解锁。

**2.1.18** 机械锁型可回收锚杆 end-locked type removable anchor

锚杆使用功能完成后，采用机械方式进行解锁实现筋体拆除与回收的锚杆。

**2.1.19** 热熔型可回收锚杆 hot-melt removable anchor

锚杆使用功能完成后，采用通电热熔方式解锁实现筋体拆除与回收的锚杆。

**2.1.20** 锚筋回转型可回收锚杆 U-type removable anchor

锚杆使用功能完成后，采用筋体自回转方式实现筋体拆除与回收的锚杆。

**2.1.21** 成孔注浆法drilling and grouting method

采用钻机先成孔、后放置杆体、最后灌注水泥浆或水泥砂浆的锚杆施工工艺。

**2.1.22** 旋喷植入法 jet grouting method

采用高压流体喷射切割地层注浆并将杆体植入锚固体的施工工艺，根据杆体插入工序又分为旋喷同步植入法和旋喷后植法。

**2.1.23** 旋喷后注浆法 jet grouting with post grouting method

采用高压流体喷射切割地层成孔注浆并将杆体植入，然后再通过特定构造或装置进行后注浆加强的锚杆施工工艺。

**2.1.24** 锚杆极限抗拔承载力 ultimate load bearing capacity of anchor

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承载的变形时所对应的最大轴向拉力值。

**2.1.25** 解锁装置极限受拉承载力 ultimate load bearing capacity of deblocking device

在拉力作用下解锁装置与锚筋界面达到破坏状态前或导致锚具无法解锁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。

**2.1.26** 锚杆可回收期限 anchor removable term

可回收锚杆自施工至可完成回收工作的最大时间界限。

**2.1.27** 锚杆基本试验 basic test

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

**2.1.28** 回收试验 recovery test

为确保锚杆在其工作结束后可以顺利回收，在工程锚杆正式施工前进行的现场锚杆解锁回收试验。

## 2.2 符 号

**2.2.1** 材料性能参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *f*py | —— | 预应力钢绞线的抗拉强度设计值； |
| *A*s | —— | 钢绞线的横截面积； |
| *A*s’ | —— | 工作预应力筋的有效截面积； |
| *f*ck | —— | 锚孔内注浆体的立方体抗压强度标准值； |
| *A*m | —— | 注浆体横截面积； |
| *A*ln | —— | 注浆体受压净面积； |
| *k*T | —— | 锚杆的轴向刚度系数； |
| *k*H | —— | 支护结构水平支点刚度系数； |
| *E*s | —— | 锚筋的弹性模量。 |

**2.2.2** 岩土体物理力学参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *γ* | —— | 岩土体的天然重度； |
| *c* | —— | 岩土体的粘聚力； |
| *φ* | —— | 岩土体的内摩擦角； |
| *N* | —— | 岩土层未经修正的标准贯入试验锤击数。 |

**2.2.3**  作用与作用效应

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *N*d | —— | 荷载基本组合下，锚杆的轴向拉力设计值； |
| *N*k | —— | 荷载标准组合下，锚杆的轴向拉力标准值。 |

**2.2.4**  抗力

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *R*k | —— | 锚杆极限抗拔承载力标准值； |

**2.2.5** 几何参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *d* | —— | 锚固段（或普通锚固段）直径； |
| *D* | —— | 扩体锚固段直径； |
| *L*f | —— | 锚杆自由段长度； |
| *L*tf | —— | 筋体自由段长度； |
| *L*a | —— | 锚杆锚固段长度； |
| *L*A | —— | 锚杆扩体锚固段长度； |
| *α* | —— | 锚杆倾角； |
| *s* | —— | 锚杆间距。 |

**2.2.6**  计算系数及其他

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *K*t | —— | 锚杆抗拔安全系数； |
| *γ*0 | —— | 结构的重要性系数； |
| *f*mg | —— | 锚固段注浆体与岩土体之间的极限粘结强度标准值； |
| *η* | —— | 有侧限围压的锚固段注浆体抗压强度增大系数； |
| *β*l | —— | 锚固注浆体局部受压时面积扩散系数； |
| *ξ* | —— | 可回收锚杆筋体强度折减系数； |
| *α*p | —— | 扩体段前端阻力发挥系数； |

# 3 基本规定

**3.0.1** 可回收锚杆的设计和施工前应取得场地工程地质和水文地质等勘察资料，并应具备以下条件：

**1** 查明周边既有建（构）筑物的结构类型和基础型式、埋深等；

**2** 查明周边既有地下管线的位置、埋深、使用状况及渗漏状况等；

**3** 查明邻近河道水体的河底埋深、河底土层情况、及水位随季节变化等资料；

**4** 收集周围场地的地形地貌、以往的挖填方记录和规划使用功能等情况；

**5** 查明施工场地与相邻地界的距离，获得锚杆借用相邻地块的条件；

**6** 调查锚固地层对施工方法的适用性，收集当地类似工程的工程经验。

**3.0.2** 基坑安全等级、重要性系数、设计使用年限、支护结构设计计算、稳定性验算、周边环境控制要求、地下水控制要求应按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120相关规定执行。支护结构计算分析和基坑稳定性验算尚应包括回筑和拆锚各工况。

**3.0.3** 可回收锚杆设计与施工应根据场地地质条件和周边环境条件，结合工程要求，选择承载力和回收可靠的锚杆类型，及合适的施工工艺和回收工艺。

**3.0.4** 锚杆材料、锚杆部件的质量标准、质量检验与验收标准应执行本规程规定，且应符合现行国家有关标准的规定。

**3.0.5** 遇有下列情况之一时，应进行基本试验和回收试验：

**1** 锚固体位于软粘土、膨胀土、新近填土、湿陷性黄土、松散破碎岩等软弱或特殊性岩土层；

**2** 锚杆处于富含水或存在动水的岩土层；

**3** 采用当地无经验的可回收锚杆类型、施工工艺或回收工艺；

**4** 相邻场地已确定规划轨道交通工程的项目。

**3.0.6** 锚杆宜在工厂内完成产品组装；施工前现场应对每根锚杆部件进行质量检查，检查合格后方可使用；施工中应对解锁装置、锚头、外露筋体进行保护。

**3.0.7** 可回收锚杆工程应对每根锚杆施工、验收和回收进行记录。

**3.0.8** 周边环境有保护要求时，可回收锚杆的施工及回收过程应对周边环境进行监测。

**3.0.9** 可回收锚杆张拉、试验及解锁应根据不同类型选择对应的工艺，作业时应严禁误操作。

# 4 构造

**4.0.1** 可回收锚杆宜采用压力型锚杆（图4.0.1-1）及压力分散型锚杆（图4.0.1-2）。构造一般包括锚头、台座、筋体、套管、锚固体、承载体和解锁装置。



图4.0.1-1 压力型锚杆构造示意图



图4.0.1-2 压力分散型锚杆构造示意图

1—锚头；2—台座；3—支护结构；4—筋体；5—套管；6—锚固体；7—承载体；

8—解锁装置；*L*f—锚杆自由段长度；*L*tf—筋体自由段长度；*L*a—锚杆锚固段长度；

*L*tf1、Ltf2—单元锚杆筋体自由段长度；*L*a1、*L*a2—单元锚杆锚固段长度

**4.0.2** 可回收锚杆按锚固段横截面形状可分为等截面型锚杆（图4.0.2-1）和扩体型锚杆（图4.0.2-2）。按施工工艺可分为成孔注浆锚杆和高压喷射注浆锚杆，扩体工艺可分为机械扩孔、高压喷射扩孔及囊袋注浆扩孔等形式。锚固体可分为水泥浆和水泥土。



图4.0.2-1 等截面型可回收锚杆示意图

1—锚杆锚固段；*d*—锚杆锚固段直径；*L*f—锚杆自由段长度； *L*a—锚杆锚固段长度



图4.0.2-2 扩体型可回收锚杆示意图

1—普通锚固段；2—扩体锚固段；

*d*—普通段锚固体直径；*D*—扩体锚固体直径；

*L*f—锚杆自由段长度； *L*a—锚杆普通锚固段长度； *L*A—锚杆扩体锚固段长度

**4.0.3** 基坑工程常用可回收锚杆解锁装置类型有：（1）机械锁型；（2）热熔型；（3）锚筋回转型。其解锁装置构造简如图4.0.3-1~图4.0.3-3：



图4.0.3-2 机械锁型可回收锚杆解锁装置构造示意图

1—筋体；2—辅索（某些类型设置，非所有类型必需）；3—保护套管；4—承载体；5—机械解锁装置

****

图4.0.3-2 热熔型可回收锚杆解锁装置构造示意图

1—通电导线；2—筋体；3—保护套管；4—承载体；5—热熔解锁装置



图4.0.3-3 锚筋回转型可回收锚杆构造示意图

1—筋体；2—保护套管；3—承载体；4—U型导向槽

**4.0.4** 机械锁型解锁装置构造应符合下列规定：

**1** 筋体与解锁装置采用机械方式连接，包括且不限于单筋机械锁、主辅筋机械锁及其它机械锁构造，筋体可通过拉拔辅索、顶进、旋转等单一行为或复合行为与解锁装置脱开；

**2** 采用主辅筋体机械解锁装置，当辅筋体退出后，解锁装置应能及时解除对主筋体的夹持，达到方便、快速回收；

**3** 当解锁装置和承载体端头采用导向头时，导向头应具有足够的强度和刚度，保证筋体顶进过程可保护解锁装置；

**4** 解锁装置和承载板应保证配套且可靠连接；

**5** 解锁装置应保证密封性，不受顶进过程及注浆的影响。

**4.0.5** 热熔型解锁装置构造应符合下列规定：

**1** 通电解锁导线应附在筋体外侧套管内，并能够承受足够的变形能力；

**2** 热熔解锁装置在使用条件下具有足够的化学稳定性，保证其锚固性能。

**3** 热熔解锁装置应保证密封性，不受顶进过程及注浆的影响。

**4.0.6** 锚筋回转型构造应符合下列规定：

**1**  筋体应由成对无粘结钢绞线组成；

**2** 承载体宜采用U型承载体；U型承载体为端部为半圆形的结构；相邻承载体相互垂直成90°组装；

**3** 筋体和承载体的结合方式应保证回收时外部可通过机械拉钢绞线的一端把钢绞线从杆体中抽出。

**4.0.7** 解锁装置和锚筋的连接在使用阶段应具有足够的握裹力、稳定性和可靠性，在回收阶段应方便解锁回收。

# 5 设计

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 锚杆杆体按承载能力极限状态设计，作用基本组合的综合分项系数不应小于 1.35。

可回收锚杆抗拔安全系数按表5.1.1规定取值。

表5.1.1 锚杆安全系数

|  |  |
| --- | --- |
| 基坑安全等级 | 锚杆抗拔安全系数*K* t |
| 一级 | 1.8 |
| 二级 | 1.6 |
| 三级 | 1.6 |

**5.1.2** 锚杆轴向拉力标准值*N*k可按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120或现行当地地方标准有关规定计算。锚杆轴向抗拉刚度系数宜根据锚杆基本试验确定，当无试验资料时，轴向抗拉刚度系数可按下式估算：

 （5.1.2-1）

 （5.1.2-2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中：*k*T | —— | 锚杆轴向抗拉刚度系数（kN/m）； |
| *k*H | —— | 支护结构水平支点刚度系数（kN/m/m）； |
| *E*s | —— | 筋体的弹性模量（kN/m2）； |
| *A*s’ | —— | 受力筋体的有效截面积（m2）； |
| *L*tf | —— | 受力筋体的筋体自由段长度（m）； |
| *s* | —— | 锚杆间距（m）； |
| *θ* | —— | 锚杆倾角（°）。 |

**5.1.3** 锚杆极限抗拔承载力确定应符合下列规定：

**1** 安全等级为一级的基坑工程、无当地经验的安全等级为二、三级的或地层复杂的基坑工程应通过锚杆基本试验确定；

**2** 有工程经验的安全等级为二、三级的基坑工程可参考本规程第 5.4 节估算锚杆极限抗拔承载力标准值，但应通过抗拔承载力试验验证。

**3** 抗拔承载力试验方法应符合本规程第 8.3节的规定。

**5.1.4** 可回收锚杆各部件及其使用材料应满足强度、刚度和可回收的要求。

## 5.2 材料

**5.2.1** 可回收锚杆筋体应符合附录A及下列规定：

**1** 筋体宜采用无粘结钢绞线，性能应符合《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224和《无粘结预应力钢绞线》JG/T 161的有关规定。

**2** 钢绞线应采用外套管保护，外套管应具有足够的强度、韧性以及密封性。

**3** 除修复及特殊原因外，钢绞线不得连接。

**5.2.2** 水泥应符合下列规定：

**1** 水泥宜采用普通硅酸盐水泥，其质量应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB175的有关规定；

**2** 水泥强度等级不应低于PO42.5。

**5.2.3** 外加剂不得影响浆体与岩土体的粘结和对杆体产生腐蚀，外加剂应满足现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的要求。

**5.2.4** 拌合水水质应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ63的相关规定。

**5.2.5**  注浆体边长70.7mm立方体28d试件的抗压强度标准值应符合下列要求：

**1** 水泥浆注浆体的抗压强度标准值应大于等于25MPa；

**2** 高压喷射注浆水泥土的抗压强度标准值应大于等于0.8MPa。

**5.2.6**  锚具宜符合下列规定：

**1** 应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T14370和行业标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ85的相关规定；

**2** 锚具的锚固力不应小于预应力筋体极限抗拉力的95%，且实测达到极限抗拉力时的锚筋总应变值不应大于2%；

**3** 宜采用可重复使用的自卸载锚具；

**4** 锚具宜与回收工艺相协调。

**5.2.7**  承载体的强度和构造应满足锚杆抗拔极限承载力和抗回收承载力要求；可采用聚酯纤维增强塑料、高强材料、高强钢材，其力学性能应与锚杆承载力相适应。

**5.2.8**  解锁装置及辅助装置应具有足够的锚固性能、强度、抗变形能力以及密封性，保证在安装、下放及注浆、张拉、受荷、回收过程中性能稳定，不影响正常使用及后续解锁及回收。

## 5.3 设计

**5.3.1** 可回收锚杆设计应包括下列内容：

**1** 确定基坑安全等级、基坑设计使用年限、锚杆可回收期限。

**2** 确定锚杆类型、材料要求。

**3** 确定锚杆布置、锚杆尺寸、单元数量和长度、锚杆抗拔承载力、张拉及锁定值、构造等，并对解锁装置极限受拉承载力、锚固性能及回收性能提出要求。

**4** 应对锚杆施工工艺、回收工艺及残留物提出具体要求。

**5** 应对锚杆试验、监测、检测、验收、回收等提出明确要求。

**5.3.2** 可回收锚杆选型应根据工程地质、锚杆抗拔承载力、锚杆的设计长度、锚筋回收条件、基坑工程设计使用年限等综合确定，并应符合下列规定：

**1** 承载力高的锚杆宜采用压力分散型锚杆或扩体型锚杆；

**2** 锚固段位于软弱土层时，宜采用高压旋喷锚杆，并选择压力分散型、囊袋型或后注浆加强的工艺。

**3** 解锁装置宜和施工工艺配套，在使用阶段具有足够的锚固力，在回收阶段应方便解锁回收。

**5.3.3** 可回收锚杆布置应符合下列规定：

**1** 锚杆布置的竖向间距尚应充分考虑地下结构层数、层高、锚杆类型及回收等因素；锚杆水平间距不宜小于1.5m，竖向排距不宜小于2.5m；扩体型锚杆水平间距和竖向间距应适当加大；当设计计算间距小于1.5m时，应错开相邻锚杆的倾角，或错开相邻锚杆的锚固段位置；

**2** 锚杆锚固段的上覆土层厚度不宜小于4m，扩体型锚杆不应小于6m；

**3** 锚杆倾角宜为15°~30°；

**4** 锚杆与相邻基础或地下管线、设施间的净距离应大于2.0m；

**5** 扩体型锚杆的普通段长度与扩体段直径之比不应小于11。

**5.3.4** 锚杆锚固段前端至孔口之间长度不宜小于6m，且超过潜在滑裂面的长度不应小于2m，扩体段超过潜在滑裂面的长度应适当加长；潜在滑裂面位置应根据支护结构整体稳定性验算或岩土层结构面确定，初步设计时，可按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的有关规定计算。

**5.3.5** 锚固段锚固长度宜为3m~8m（岩石）和6m~12m（土层）；压力分散型单元锚杆锚固长度宜为2m~4m（岩石）和3m~6m（土层）；扩体型锚杆扩体锚固段前端至孔口之间如存在软弱土层，扩体锚固段前端至软弱土层的距离不应小于3m。

**5.3.6** 压力分散型锚杆的单元锚杆宜按等承载力进行设计，单元锚杆数量不宜超过3个。

**5.3.7** 对位移控制要求较高的工程，锚杆初始预加力值宜为锚杆轴向拉力标准值1.0倍；对位移控制要求较低的工程，宜为锚杆轴向拉力标准值的0.70倍～0.85倍。

**5.3.8** 基坑侧壁与主体地下结构的预留净空间应考虑锚杆拆除所需的作业空间。

**5.3.9** 腰梁、冠梁外露出的锚杆筋体长度应能满足台座尺寸及张拉锁定、回收的要求，宜完整保留和保护。

**5.3.10** 可回收锚杆其他构造应满足使用受力以及回收要求，应符合现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086和行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120的相关规定。

## 5.4 承载力计算

**5.4.1** 可回收锚杆承载力计算和验算应包括下列内容**：**

**1** 锚杆锚固体与地层间抗拔承载力计算；

**2** 锚杆筋体抗拉承载力验算；

**3** 锚杆锚固体端部承载力验算。

**Ⅰ 锚固抗拔承载力计算**

**5.4.2** 可回收锚杆的极限抗拔承载力应符合下式的要求：

 （5.4.2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中：*R*k | —— | 锚杆极限抗拔承载力标准值（kN），按照本规程第5.4.5条及第5.4.6条的规定计算并通过基本试验确定； |
| *N*k | —— | 锚杆轴向拉力标准值（kN）； |
| *K*t | —— | 锚杆抗拔安全系数；安全等级为一级、二级、三级的支护结构，Kt分别应不小于1.8、1.6、1.6。 |

**5.4.3** 等截面型锚杆的极限抗拔承载力标准值可按下式估算：

 （5.4.3）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中：*d* | —— | 锚杆锚固体直径（m）； |
| *l*i | —— | 锚固段在第i土层中的长度（m）； |
| *f*mg，i | —— | 锚固体与第i土层的极限粘接强度标准值（kPa），宜通过试验确定，无试验资料或当地工程经验时，采用成孔注浆工艺施工的可回收锚杆可按表5.4.3-1取值，采用高压喷射注浆工艺施工的可回收锚杆可按表5.4.3-2取值。 |

表5.4.3-1 成孔注浆锚杆锚固段极限粘结强度标准值*f*mg（kPa）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 岩土类别 | 岩土状态/标贯击数 | | *f*mg | |
| 一次常压注浆 | 二次压力注浆 |
| 淤泥质土 | — | — | 16～20 | 20～30 |
| 黏性土 | 流塑  软塑  可塑  硬可塑  硬塑  坚硬 | *I*L ＞1  0.75＜ *I*L ≤ 1  0.50＜ *I*L ≤ 0.75  0.25＜ *I*L ≤ 0.50  0＜ *I*L ≤ 0.25  *I*L ≤ 0 | 18～30  30～40  40～55  50～70  60～90  75～90 | 25～45  45～60  60～70  75～90  85～100  100～130 |
| 粉土 | 稍密  中密  密实 | *e* ＞ 0.90  0.75≤*e* ≤ 0.90  *e*＜ 0.75 | 25～45  40～65  60～100 | 40～60  60～90  80～130 |
| 粉细砂 | 稍密  中密  密实 | 10＜*N* ≤ 15  15＜*N* ≤ 30  *N*＞30 | 20～45  45～65  65～100 | 35～60  75～110  85～130 |
| 中砂 | 稍密  中密  密实 | 10＜*N* ≤ 15  15＜*N* ≤ 30  *N*＞30 | 55～75  75～90  90～120 | 75～100  100～130  130～170 |
| 粗砂 | 稍密  中密  密实 | 10＜*N* ≤ 15  15＜*N* ≤ 30  *N*＞30 | 80～130  130～170  170～220 | 100～140  170～220  220～250 |
| 砾砂 | 中密、密实 | 15＜*N*≤45 | 190～260 | 240～290 |
| 全风化岩 | — | 30≤*N* ≤ 50 | 80～100 | 120～150 |
| 强风化岩 | — | 30≤*N* ≤ 60 | 150～200 | 200～260 |

注： **1** 成孔直径130mm~200mm，注浆一般为纯水泥浆；

**2** 采用泥浆护壁成孔工艺时，应按照表取低值后再根据具体情况适当折减；

**3** 采用套管护壁成孔工艺时，可取表中的高值；

**4**  对有机质含量为5%~10%的有机质土，应按表取值后适当折减；

**5** 当锚杆锚固段长度大于16m时，应对表中数据适当折减。

表5.4.3-2 高压喷射注浆锚杆锚固段极限粘结强度标准值*f*mg（kPa）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 岩土类别 | 岩土状态/标贯击数 | | *f*mg |
| 淤泥质土 | — | — | 16～20 |
| 黏性土 | 流塑  软塑  可塑  硬可塑  硬塑  坚硬 | *I*L ＞1  0.75＜ *I*L ≤ 1  0.50＜ *I*L ≤ 0.75  0.25＜ *I*L ≤ 0.50  0＜ *I*L ≤ 0.25  *I*L ≤ 0 | 20～30  30～45  45～55  55～65  65～80  80～90 |
| 粉土 | 稍密  中密  密实 | *e* ＞ 0.90  0.75≤*e* ≤ 0.90  *e*＜ 0.75 | 20～35  35～50  50～70 |
| 粉细砂 | 稍密  中密  密实 | 10＜*N* ≤ 15  15＜*N* ≤ 30  *N*＞30 | 20～40  40～55  55～80 |
| 中砂 | 稍密  中密  密实 | 10＜*N* ≤ 15  15＜*N* ≤ 30  *N*＞30 | 30～45  45～60  60～90 |
| 粗砂 | 稍密  中密  密实 | 10＜*N* ≤ 15  15＜*N* ≤ 30  *N*＞30 | 40～60  60～90  90～110 |
| 砾砂 | 中密、密实 | 15＜*N*≤45 | 95～120 |

注： **1** 本表适用于高压旋喷锚杆，锚固段直径300mm~800mm；

**2** 对有机质含量为5%~10%的有机质土，应按表取值后适当折减；

**3** 当锚杆锚固段长度大于16m时，应对表中数据适当折减。

**5.4.4** 扩体型可回收锚杆极限抗拔承载力标准值可按下式估算：

 （5.4.4）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中：*d* | —— | 锚杆普通锚固段直径（m）； |
| *D* | —— | 锚杆扩体锚固段直径（m）； |
| *L*d | —— | 锚杆普通锚固段计算长度（m）； |
| *L*D | —— | 锚杆扩体锚固段计算长度（m）； |
| *f*mg1 | —— | 锚杆普通锚固段注浆体和土层间的极限粘接强度标准值（kPa），应通过试验确定，当无试验资料时可按表5.4.4取值； |
| *f*mg2 | —— | 锚杆扩体锚固段注浆体与土层间的的极限粘接强度标准值（kPa），应通过试验确定，当无试验资料时可按表5.4.4取值； |
| *α*p | —— | 锚杆扩体锚固段前端阻力发挥系数，一般取0.7~1.0； |
| *qp* | —— | 锚杆扩体锚固段前端土体的极限端阻标准值（kPa），宜通过试验确定，无试验资料或当地工程经验时，可按表5.4.4取值。 |

表5.4.4 扩体型锚杆锚固段的极限粘结强度标准值*f*mg和极限端阻标准值*q*p（kPa）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 岩土类别 | 岩土状态/标贯击数 | | 极限粘结强度  标准值*f*mg | 极限端阻标准值  *q*p |
| 淤泥质土 | — | — | 16～20 | — |
| 黏性土 | 流塑  软塑  可塑  硬可塑  硬塑  坚硬 | *I*L ＞1  0.75＜ *I*L ≤ 1  0.50＜ *I*L ≤ 0.75  0.25＜ *I*L ≤ 0.50  0＜ *I*L ≤ 0.25  *I*L ≤ 0 | 18～30  25～45  40～60  50～70  60～90  80～110 | —  240～400  380～750  700～1000  950～1300  1100-1400 |
| 粉土 | 稍密  中密  密实 | *e* ＞ 0.90  0.75≤*e* ≤ 0.90  *e*＜ 0.75 | 25～45  40～65  60～100 | 300～560  550～750  700～950 |
| 粉细砂 | 稍密  中密  密实 | 10＜*N* ≤ 15  15＜*N* ≤ 30  *N*＞30 | 20～45  40～80  70～100 | 500～700  650～950  900～1200 |
| 中砂 | 稍密  中密  密实 | 10＜*N* ≤ 15  15＜*N* ≤ 30  *N*＞30 | 40～65  60～90  85～130 | 800～1000  900～1200  1000～1800 |
| 粗砂 | 稍密  中密  密实 | 10＜*N* ≤ 15  15＜*N* ≤ 30  *N*＞30 | 80～120  100～140  120～160 | 1000～1500  1400～1900  1800～2200 |
| 砾砂 | 中密、密实 | 15＜*N*≤45 | 120～180 | 1600～2600 |
| 全风化岩 | — | 30≤*N* ≤ 50 | 140～200 | 1000～1800 |
| 强风化岩 | — | 30≤*N* ≤ 60 | 160～280 | 1100～2300 |

注：**1** *I*L为黏性土的液性指数，*e*为粉土的孔隙比，*N*为岩土体的未修正的标准贯入试验锤击数；

**2** 具体取值宜依据工程经验确定。

**Ⅱ 筋体抗拉承载力验算**

**5.4.5** 可回收锚杆轴向拉力设计值可按下式（5.4.5）计算：

 （5.4.5）

式中：*N*d——锚杆轴向拉力设计值（kN）；

*N*k——锚杆轴向拉力标准值（kN）。

**5.4.6** 可回收锚杆筋体的工作预应力筋有效截面积应按下式计算：

 （5.4.6）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中：*γ*0 | | —— | 重要性系数； |
|  | *N*d | —— | 锚杆轴向拉力设计值（N）； |
|  | *f*py | —— | 筋体抗拉强度设计值（N/mm2）； |
|  | *ξ* | —— | 可回收锚杆筋体强度折减系数，一般取0.80~0.95； |
|  | *A’*s | —— | 工作预应力筋的有效截面积（mm2）。 |

**Ⅲ 锚固注浆体端部承载力验算**

**5.4.7** 可回收锚杆锚固体端部承载力应按下式验算：

 （5.4.7-1）

 （5.4.7-2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中：*β*l | —— | 锚固体局部受压时面积扩散系数，成孔注浆等截面型锚杆建议取值1，高压旋喷等截面型及扩体型锚杆取值不宜大于4； |
| *η* | —— | 锚固注浆体有侧限强度提高系数，宜通过试验确定； |
| *f*ck | —— | 锚固体边长70.7mm立方体28d抗压强度标准值（kPa）； |
| *A*m | —— | 锚固注浆体横截面（m2）； |
| *A*ln | —— | 锚杆承载体与锚固体横截面净接触面积（m2）。 |

# 6 施工

## 6.1 一般规定

**6.1.1** 可回收锚杆施工前应根据设计要求、地质条件、施工场地及周边环境等因素编制施工组织设计或专项施工方案。

**6.1.2** 可回收锚杆可采用成孔注浆锚杆或高压旋喷锚杆。高压旋喷锚杆可分为旋喷等截面型锚杆、旋喷扩体型锚杆和囊袋型扩体锚杆等。锚杆施工工艺应根据锚杆设计要求和地质条件等确定，并应满足施工安全要求，减小对周边环境影响。

**6.1.3** 锚杆正式施工前应进行现场工艺试验，验证锚杆类型、锚杆施工及回收工艺的可行性和可靠性，并确定施工工艺参数。

**6.1.4** 在破碎及极破碎的岩层、岩溶地层、承压含水层或动水地层等复杂地层中施工锚杆时，应对锚杆的施工可行性进行专项研究，必要时应进行钻孔渗透性试验等现场试验，并采取囊袋注浆、掺入外加剂等确保浆液稳定的技术措施。

**6.1.5** 当锚杆穿过的地层附近存在既有地下管线、地下构筑物和相邻基础桩基等障碍物时，应探明其位置、类型和使用状况等情况后方可进行锚杆施工。

**6.1.6** 应对锚杆杆体制作、成孔注浆、张拉锁定、回收等施工全过程进行质量控制、检查和记录。锚杆质量控制和检验标准应符合本规程第9章的相关规定，锚杆施工记录应符合本规程附录B的相关规定。

**6.1.7**  锚杆施工完成后应进行验收试验，确保锚杆承载力及可回收性能满足设计要求。

**6.1.8** 锚杆使用期间中应进行拉力监测，并遵循可回收锚杆设计使用要求，对锚杆及其解锁装置采取可靠的保护措施。

## 6.2 杆体制作及安放

**6.2.1** 可回收锚杆杆体的制作应符合下列规定：

**1** 锚杆杆体及其主要结构构件应在工厂制作，并应满足锚杆产品生产条件及作业标准；

**2** 锚杆筋体宜采用无粘结钢绞线，或采用可靠措施保证筋体全长与浆体有效隔离；

**3** 锚杆杆体应按设计要求的规格、尺寸和构造要求进行组装，杆体外露于结构物或岩土体外侧的长度应满足腰梁、台座尺寸及张拉锁定的要求；

**4** 钢绞线下料时宜采用切割机，不应使用电弧或乙炔焰切割；

**5** 筋体应平行顺直，不得相互交叉、扭曲，应通过定位架及束线环等配件组装为整体；定位架及对中架的外径宜小于孔径4~6mm，并沿锚杆轴线方向设置，间隔距离不宜超过2m；

**6** 锚杆承载体应与筋体可靠固定和连接，并不得损坏筋体的隔离套管；

**7** 压力分散式锚杆应确保各单元锚杆承载体位置和间距满足设计要求，各单元锚杆外露端应设明显标记予以区分；

**8** 二次高压注浆管、可重复分段注浆管、以及囊袋式注浆管和囊袋应与杆体组装成整体，注浆管管底宜至筋体尾端；

**9** 杆体的组装、存放、搬运过程中，应防止隔离套管损伤、附着泥土或油渍等不洁物质及筋体锈蚀，不得产生不可接受的残余变形；

**10** 杆体组装后应尽早使用，使用前应进行质量检验，验收合格后方可使用。

**6.2.2** 可回收锚杆杆体安放应符合下列规定：

**1** 成孔后应及时插入杆体及注浆，采用套管护壁工艺成孔时，应在拔出套管前将杆体插入孔内并完成初次注浆；

**2** 杆体插入孔内时，应注意隔离套管是否松动，以及解锁装置是否损坏，如有问题，应将杆体拔出，更换杆体；

**3** 成孔注浆法锚杆施工时，初次注浆管宜随杆体一同安装至钻孔内。

**4** 杆体安放就位至注浆浆体硬化前不应受到扰动，并应对锚杆外露杆体采取保护措施。

**6.2.3**  机械锁型可回收锚杆端部解锁装置应与无粘结钢绞线连接牢靠，且制作安放过程中应避免损伤解锁装置；锚杆外端用于解锁的部件，在施工过程中应予以保护，防止损坏。主辅筋体机械锁型锚杆用于解锁的钢绞线，应做好标记，在锚杆杆体拆除前，严禁拉拽。

**6.2.4** 热熔型可回收锚杆各单元锚杆杆体钢绞线宜内置不同颜色导线，或对杆体钢绞线外露端设置明显标识予以区分各承载体； 锚杆下孔前应进行通电检测，检测合格后方可使用。

**6.2.5** 锚筋回转类可回收锚杆采用聚酯纤维承载体时，无粘结钢绞线应绕承载体弯曲成U型，并用钢带与承载体捆绑牢靠。各单元锚杆杆体外露端应按筋材的长短顺序进行分组标记，在锚杆杆体拆除前，该标记不得损坏。

## 6.3 锚杆成孔与注浆

**Ⅰ 成孔注浆锚杆**

**6.3.1** 锚杆成孔施工应符合下列要求：

**1** 位于地下水位以下或软弱松散地层时锚杆应采用套管护壁成孔工艺。

**2** 锚杆成孔若~~需~~进入砂性土含水层时，开孔标高不应低于潜水水位或承压水水头标高，否则应在保证周边环境影响可控的前提下采取局部临时降水、调整钻孔作业面等措施，避免喷砂冒水对周边环境的不利影响；

**3** 当锚杆施工过程中遇到不明障碍物时，应在查明其性质并做出处理前不得钻进；

**4** 锚杆钻孔长度应超过设计长度500mm以上；

**5** 成孔后、向钻孔安放锚杆杆体前应及时清孔，将孔内岩粉和土屑清洗干净，塌孔后应二次清孔，不得强行置入杆体。

**6.3.2**  注浆浆液的制备应符合下列规定：

**1** 注浆设备应综合考虑注浆工艺、浆体种类、输送距离、设计注浆压力、连续注浆量等因素选用，并应具有1h内完成单根锚杆连续注浆的能力；

**2** 注浆材料应根据设计要求确定，并不得对杆体产生不良影响，对改善注浆料有特殊要求时，可加入一定量的外加剂或外掺料；

**3** 浆液应搅拌均匀，随搅随用，并应在初凝前使用；

**4** 浆液应进行配比试验，浆体流动性和浆体强度应满足设计和施工工艺要求；

**5** 地下水有流动性或同时进行降水作业时，应采取措施避免地下水的流动造成浆液的稀释及流失。

**6.3.3** 成孔注浆锚杆初次注浆施工应符合下列规定：

**1** 初次注浆选用水灰比为0.45~0.55的纯水泥浆；

**2** 注浆管应插至距孔底200~400mm处，浆液至下而上连续注入，且应确保从孔内顺利排除泥浆、水及气体，当孔口溢出浆液与注入浆液颜色和浓度一致时，方可停止注浆；

**3** 压力分散型锚杆应在孔口溢出浆液后自下而上缓慢提拔注浆管，在各承载体作用面处停留进行重复注浆，确保承载体作用面下的锚固体中不夹杂黏粒、粉末、碎屑、泥渣、泥浆等杂质及不窝水；

**4** 孔底注浆完成后，如孔口浆体液面下沉时应及时进行补浆；

**5** 锚杆开孔位于地下水位以下时，注浆完成后应及时对穿越截水帷幕的锚孔采取可靠的封孔措施。

**6.3.4** 成孔注浆锚杆的锚固段二次压力注浆、二次分段注浆及可重复注浆宜符合下列规定：

**1** 注浆材料宜选用水灰比0.45~0.55的纯水泥浆；

**2** 采用二次压力注浆工艺时，二次压力注浆管应固定在锚杆杆体上，管端置于靠近承载体作用面下的锚固体中，并设置逆止阀；二次压力注浆应在初次注浆体初凝后、终凝前进行，终止注浆的压力不应小于1.5MPa；

**3** 采用二次分段注浆工艺时，应在初次注浆浆体的水泥结石体强度达到5.0MPa后进行，开环压力不宜低于2.0MPa。宜采用袖阀管依次由锚固段底端向前端分段注浆；可重复注浆锚杆需在前次注浆结束后将注浆装置清洗干净以备下次注浆使用。

**Ⅱ 高压喷射注浆锚杆**

**6.3.5** 高压喷射注浆锚杆采用旋喷同步植入法施工时，应符合下列要求：

**1** 在成孔深度达到设计锚固段位置时，应自上而下高压旋喷注浆进行旋喷锚固段施工，并在旋喷施工时通过钻杆将锚杆杆体同步植入孔中；

**2** 当需要扩体时，可通过在扩体段改变旋喷压力及其它工艺参数等方法完成扩体施工；

**3** 杆体植入后不宜进行复喷，或应在复喷时对杆体隔离保护层采取可靠的防护，避免高压浆体对扩体段钢绞线隔离套管及承载体、解锁装置造成损坏。

**6.3.6** 旋喷扩体锚杆采用旋喷后植法施工时，应符合下列要求：

**1** 在钻孔深度达到设计扩体位置时，下入喷管自上而下高压喷射扩孔，以及自下而上复喷扩孔；

**2** 扩孔完成后，应立即取出喷管，并将锚杆杆体放至设计深度。采用套管护壁时，应在杆体安放完成后再将套管拔出；

**3** 杆体放入钻孔后，可采用与杆体一同下至孔内的注浆管对扩大头进行水泥后注浆加强。

**6.3.7** 囊袋型扩体锚杆施工时，可在旋喷扩体施工完成后通过与杆体一同下至孔内的注浆管和囊袋进行水泥置换注浆。

**6.3.8**  旋喷后注浆加强及囊袋式注浆水灰比可取0.45~0.55，浆液制备要求应符合6.3.3条的规定，注浆施工应符合6.3.4条的规定及相关技术标准要求。

**6.3.9** 锚杆旋喷施工应符合下列规定：

**1** 旋喷施工参数应根据土质条件和设计要求的锚固段直径通过试验或工程经验确定，正式施工前应进行试验性施工验证，并在施工中严格加以控制；

**2** 应在设计锚固段位置，按设计规定的工艺参数进行施工，旋喷管应均匀旋转、匀速提升或沉放，自上而下或由下而上进行高压喷射扩孔施工；

**3** 采用单管旋喷法的施工工艺参数：普通锚固段喷射压力宜大于20MPa，扩体锚固段喷射压力应大于25MPa，旋喷管进尺速度宜取15cm/min~25cm/min，旋喷管转速宜取15r/min~20r/min，喷浆量宜为75L/min～110L/min；

**4** 采用双管旋喷法或双重管旋喷法的施工工艺参数：扩体锚固段喷射压力应大于25MPa，旋喷管进尺速度宜取10cm/min～20cm/min，旋喷管转速宜取10r/min～20r/min，喷浆量宜为70L/min～100L/min，压缩空气压力宜取0.5MPa～0.7MPa，风量宜取1m3/min～3m3/min；

**5** 在旋喷施工过程中出现压力骤然下降或上升时，应查明原因并及时采取措施；

**6** 旋喷浆液的水灰比可取1.0~1.2，浆液制备要求应符合6.3.3条的规定。

## 6.4 张拉及锁定

**6.4.1** 锚杆的张拉和锁定应符合下列规定：

**1** 锚杆承载构件的承压面应平整，并与锚杆轴向方向垂直；

**2** 锚杆张拉应有序进行，张拉顺序应防止邻近锚杆的相互影响；

**3** 锚杆张拉前应对张拉设备进行标定；

**4** 锚杆张拉前应对外露的锚头予以区分、保护；

**5** 当锚杆注浆体的强度达到设计强度的75%后，方可进行锚杆的张拉锁定；

**6** 锚杆正式张拉前，应取10%~20%的抗拔承载力标准值*N*k对锚杆预张拉1~2次，使杆体完全平直，各部位接触紧密；

**8** 锚杆张拉施工，应在专业人员指导下进行，并记录变形量；

**9** 锚杆张拉应平缓加载，加载速率每分钟不宜大于0.1倍单元体抗拔承载力标准值；当前张拉值下的锚杆位移和压力表压力应保持稳定，否则应判定此根锚杆不合格；

**10** 锁定时的锚杆拉力应考虑锁定过程以及相邻锚杆张拉锁定引起的预应力损失量。预应力损失量宜通过对锁定前、后锚杆拉力的测试确定。

6.4.2 对于多个单元体的锚杆，宜采用并联千斤顶组同步对各单元锚杆实施张拉并锁定，也可通过试验采用补偿荷载整体张拉锁定方法。

**6.4.3** 锚杆预应力控制应符合设计要求，当锚杆预应力损失超过设计要求时，应再次进行锁定。

**6.4.4** 锚杆出现锚头松弛、脱落、锚具失效等情况时，应及时进行修复并对其再次进行锁定。

**6.4.5** 锚杆张拉至1.10*N*k~1.20*N*k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6.4.5的规定。

表6.4.5 锚杆张拉荷载分级和位移观测时间

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 荷载分级 | 位移观测时间（min） | | 加荷速率（kN/min） |
| 岩层、砂土层 | 黏性土层 |
| 0.10*N*k~0.20 *N*k | 2 | 2 | 不大于100 |
| 0.50 *N*k | 5 | 5 |
| 0.75 *N*k | 5 | 5 |
| 1.00 *N*k | 5 | 10 | 不大于50 |
| 1.10 *N*k ~1.20 *N*k | 10 | 15 |

## 6.5 开挖与监测

**6.5.1** 土方开挖应遵循“先锚后挖”的原则，分区分层开挖，及时施工锚杆，锚杆验收合格并张拉锁定后方可开挖下一步土方。

**6.5.2** 土方开挖过程中应对锚杆外露段采取保护措施，不得碰撞或损害锚杆。

**6.5.3** 锚杆使用阶段应进行锚杆拉力监测。监测部位应设置在受力关键部位，对多层锚杆支挡式结构，宜在同一剖面的每层锚杆上设置测点。

**6.5.4** 锚杆拉力监测数量和监测频率应符合现行标准《建筑基坑工程监测技术规范》（GB 50497）要求，监测频率应根据监测结果、施工进度、周边环境影响情况等调整。

**6.5.5** 锚杆拉力监测宜采用钢弦式或液压式测力计，监测仪器应具有良好的稳定性和长期工作性能，使用前应进行标定，合格后方可使用。

**6.5.6**  当所监测的锚杆预应力值偏差超过规范和设计要求时，应查明原因，必要时采取处理措施。

# 7 回收

## 7.1 一般规定

**7.1.1** 锚杆筋体回收前应做好以下准备：

**1** 基坑设计施工时应保证围护空间能满足回收作业的需要；

**2** 锚杆回收时，施工回填作业面应满足施工人员、机具设备的操作距离和安全要求；

**3**  每道锚杆筋体回收前，应按设计要求，完成基础底板和楼板（中板）位置处的换撑传力；

**4** 锚杆回收需估计筋体回收所需的回收拉力，并选取合适的设备或机具。

**7.1.2** 锚杆回收筋体过程中，安全防护工作应符合下列规定：

**1** 回收筋体时，应根据采用的可回收锚杆类型，对相邻建（构）筑物成品采取相应的保护措施；

**2** 回收过程中要做好基坑坡顶的临边安全防护，避免物体坠落伤人；

**3** 若采用自动回收设备进行筋体回收，应事先对自动回收设备进行稳压检查，油泵运行过程中，严禁操作工离开作业区；回收作业停止前必须先停止油泵运行并切断油路和电源；

**4** 锚具工作夹片拆除过程中，操作人员应在锚头侧方位施工，锚头前方严禁站人，并做好安全防护工作；

**5** 回收过程中应对支护结构和地表沉降进行实时监测与现场巡视，发现安全隐患，立即停止回收作业，分析原因，排除隐患后方可继续作业；

**6** 回收作业中若发生异常响声或发现断丝、锚楔滑移和碎裂时，必须停止张拉，查明原因，待采取处理措施后，方可恢复回收张拉。

**7.1.3** 筋体全部拆除后，应根据锚杆拆除的部位进行编号登记，保留记录，并与锚杆安装记录进行对比，确保全部锚杆筋体拆除回收。

## 7.2 回收

**7.2.1** 锚杆筋体回收应符合以下规定：

**1** 锚杆筋体回收应符合设计工况规定；

**2** 应根据可回收锚杆及解锁装置类型，采取对应回收工艺；

**3**  锚杆筋体回收应从下往上逐层进行；

**4** 压力分散型锚杆回收时，筋体的回收顺序应先短后长；

**5** 若采用免千斤顶的自卸锚具或分体式锚具进行锚头拆除卸压时，其操作方法应按照相应的产品说明书要求进行。

**7.2.2** 机械锁型可回收锚杆的回收应符合下来规定：

**1** 采用辅索拉拔解锁方式回收锚杆时，可用千斤顶把锚杆工作夹片拆除卸压，把辅索用千斤顶拔出100～200mm使辅索抽出，用千斤顶相继对周围钢绞线加载使之脱离固定台座，拆除外锚具，人工拔出主工作索；

**2** 采用顶进解锁方式回收锚杆时，可用千斤顶把锚杆工作夹片拆除卸压，用冲击锤将钢绞线冲击推进一定距离，使挤压套上芯棒与拆除机构啮合，用千斤顶拉动钢绞线使钢绞线与挤压套分离，拆除外锚具，人工拔出锚索；

**3** 采用旋转解锁方式回收锚杆时，可用千斤顶把锚杆工作夹片拆除卸压，拆除外锚具，对钢绞线采用扭力快速扳手或专用卡口钳顺时针方向转动2～5圈进行解锁，人工拔出锚索；

**4** 采用顶进旋转解锁方式回收锚杆时，用千斤顶把锚杆工作夹片拆除卸压，逐个推进并旋转钢铰线，在啮合机构辅助下钢铰线与解锁装置分离，拆除外锚具，人工拔出锚索。

**7.2.3** 热熔型可回收锚杆的回收应符合下列规定：

**1** 回收步骤：1）用千斤顶把锚杆工作夹片拆除卸压；2）拆除外锚具；3）通电热熔解锁；4）自动回收设备回收钢绞线；

**2** 回收通电电压应采用36V电压，热熔时间不宜低于60min；

**3** 钢绞线外露长度不应小于200mm，外露的钢绞线和电缆线等应有相应的保护措施。

**7.2.4** 锚筋回转型可回收锚杆的回收应符合下列规定：

**1** 回收时宜用千斤顶把锚杆工作夹片拆除卸压；

**2** 根据拆除时场地的条件，筋体回收可按以下两种方式进行：直拉法，即直接用小型卷扬机抽拉或自动回收千斤顶直接抽拉；侧拉法，即卷扬机拉向与锚索方向垂直，用滑轮导向；

**3** 当钢绞线较长时，可采用千斤顶和卷扬机相互配合完成筋体回收作业；

**4** 锚杆回收的筋体不应重复使用。

## 7.3 回收失败的补救处理

**7.3.1** 回收过程中出现筋体拔不出来或筋体长度与施工不符时，应复核施工记录情况，并分析原因。

**7.3.2** 当筋体无法正常回收时，可采用或综合采用以下补救方法：

**1** 直接拔除筋体：若仅有少量筋体无法回收，可用千斤顶对单根钢绞线强行顶拔，直至抽出筋体；

**2** 套管跟进拔除锚杆：对单根筋体强行顶拔仍无法回收的锚杆，用锚杆钻机全套管钻进后，再拔除锚杆；

**3** 降低锚固段摩阻力后直接拔除锚杆：按一定的次序在锚杆周边进行钻孔，或采用单管旋喷工艺对锚固段周围土体进行软化处理，降低锚杆锚固力后，再拔除锚杆。

**7.3.3** 对筋体无法正常回收的锚杆采用套管跟管拔除或应力释放孔拔除的孔洞应及时进行注浆回灌填实处理。

# 8 试验

## 8.1 一般规定

**8.1.1** 锚杆试验包括基本试验、蠕变试验、验收试验、回收试验等。工程需要时，施工过程中应进行锁定力测试、施工后进行持有荷载试验。

**8.1.2** 用于基本试验、蠕变试验的可回收锚杆，其地质条件应具有代表性，设计参数和施工工艺应与工程锚杆相同；进行持有荷载试验的工程锚杆应具有代表性。

**8.1.3** 基本试验的最大试验荷载应取1.0~1.5倍的锚固段注浆体与岩土体之间破坏荷载预估值，且不宜超过90%锚固段注浆体局部抗压破坏荷载。最大试验荷载作用下锚杆筋体应力不应超过其极限抗拉强度标准值的80%。

**8.1.4** 验收试验的最大试验荷载应符合表8.1.4的规定。

表8.1.4 锚杆验收试验的最大试验荷载

|  |  |
| --- | --- |
| 基坑安全等级 | 最大试验荷载与轴向拉力标准值的比值 |
| 一级 | ≥1.4 |
| 二级、三级 | ≥1.3 |

**8.1.5** 基本试验、蠕变试验时，锚固段注浆体的强度不应低于设计强度的90%验收试验、持有荷载试验时，锚固段注浆体强度不应低于设计强度的75%。

**8.1.6** 填土层**、**塑性指数大于17的黏性土层以及全风化、强风化泥岩或节理裂隙发育张开且充填有黏性土的岩层中的锚杆宜进行蠕变试验。

**8.1.7** 试验锚杆应处于独立受力状态，不应受支撑构件、垫层或混凝土面层的影响。

## 8.2 试验装置和操作要求

**8.2.1** 锚杆试验宜采用液压千斤顶加、卸载。加载装置的额定负荷能力不应小于最大试验荷载的1.25倍，且在设定的加载时间内需持荷稳定。

**8.2.2** 千斤顶加卸载作用力方向应与锚杆轴线重合。压力分散型锚杆采用并联千斤顶同步张拉时，其单元锚杆作用力方向应与单元锚杆的轴线重合，且每组单元锚杆应安装位移测量仪表。

**8.2.3** 试验的反力装置在最大试验荷载下应具有足够的强度和刚度，并应在试验过程中不发生破坏。

**8.2.4** 力与位移测量仪表的精度、量程应与测量范围相适应，测量值宜控制在全量程的25%~80%。位移测量仪表的分度值不应大于0.1mm，用于蠕变试验时不应大于0.01mm。

**8.2.5** 锚杆应在试验前预紧钢绞线，预紧荷载宜为最大试验荷载预估值的15%。基本试验的初始荷载，锚杆宜取最大试验荷载预估值的30%。

**8.2.6** 压力分散型锚杆张拉方法应符合下列规定：

**1** 宜采用补偿荷载整体张拉方法；

**2** 采用单元锚杆逐组张拉时，应从最短单元锚杆至最长锚杆的顺序对各组锚杆进行逐组张拉；

**3** 采用并联千斤顶组同步张拉时，应按本规程第8.2.2条的规定等荷载加荷、持荷与卸荷。

## 8.3 基本试验

**8.3.1** 可回收锚杆首次应用于某类地层时，应进行锚杆基本试验。试验前可加大锚杆筋体截面面积，防止其先于锚固体破坏。

**8.3.2** 基本试验的地层条件、锚杆杆体和参数、施工工艺应与工程锚杆相同，且试验数量不少于3根。

**8.3.3** 基本试验应采用多循环加卸载法。

**8.3.4** 试验中锚头位移基准值的确定以及锚头位移相对稳定标准应符合下列规定：

**1** 初始荷载作用下每间隔5min测读一次锚头位移，当相邻两次锚头位移增量不大于0.01mm时，取最后一次读数值为锚头位移基准值；

**2** 分级加载的最大试验荷载作用下，0~30min观测时间内，相邻两次锚头位移增量不大于0.1mm或者1h内锚头位移增量不大于1mm。

**8.3.5** 多循环加卸载法的荷载分级与锚头位移观测时间，应根据初始荷载取值按表8.3.5的规定确定。

表8.3.5 锚杆基本试验荷载分级与锚头位移观测时间（多循环加卸载法）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 循环  次数 | 分级荷载与最大试验荷载预估值的比例（%） | | | | | | | | | |
| 初始荷载 | 加载过程 | | | | | | 卸载过程 | | |
| 第一循环 | 30 | — |  | — | — | — | 50 | — | — | 30 |
| 第二循环 | 30 | 50 |  | — | — | — | 60 | — | — | 30 |
| 第三循环 | 30 | 50 |  | — | — | 60 | 70 | — | 50 | 30 |
| 第四循环 | 30 | 50 |  | — | 60 | 70 | 80 | — | 50 | 30 |
| 第五循环 | 30 | 50 |  | 60 | 70 | 80 | 90 | 70 | 50 | 30 |
| 第六循环 | 30 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 70 | 50 | 30 |
| 观测时间（min） | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | ≥10 | 5 | 5 | 5 |

**8.3.6**  锚杆基本试验出现下列情况之一时，可判定可回收锚杆破坏，应终止加载：

**1** 锚杆杆体破坏；

**2** 本次循环加载产生的单位荷载下的锚头位移增量达到或超过前一循环荷载产生的单位荷载下的锚杆位移增量的5倍；

**3** 锚头位移不满足第8.3.4条相对稳定标准要求。

**8.3.7**  当加载至最大试验荷载，尚未出现第8.3.6条中终止加载情况时，验证性锚杆基本试验宜按最大试验荷载10%的荷载增量，继续进行1~2级加载试验。锚头位移满足第8.3.6条相对稳定标准要求时也应终止加载。

**8.3.8**  锚杆极限承载力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标准时,锚杆极限承载力取最大试验荷载。

**8.3.9** 每组锚杆极限承载力值的最大差值不大于30%时，应取最小值作为可回收锚杆的极限承载力；当最大差值大于30%时，应增加试验锚杆数量，按95%保证概率计算锚杆的极限承载力。

**8.3.10** 基本试验结果宜按每级荷载对应的锚头位移列表整理，绘制锚杆的荷载-位移（N-d）曲线、荷载-弹性位移（N-de）曲线，荷载-塑性位移（N-dp）曲线。

**8.3.11** 有条件时锚杆基本试验可在锚固段安装传感器，测试杆体或锚固体的应力和变形。

## 8.4 蠕变试验

**8.4.1**  蠕变试验用于检测可回收锚杆变形的时间特性，可提供考虑土层蠕变和锚杆预应力损失的设计参数。蠕变试验的锚杆数量不得少于3根。

**8.4.2**  蠕变试验时，压力分散型锚杆宜采用补偿荷载整体张拉方法。蠕变试验的加卸载法应符合下列规定：

**1** 加荷分级和锚头位移观测时间应满足表8.4.2的要求，每级加载的观测时间内荷载应保持恒定；

**表8.4.2　蠕变试验加荷分级与锚头位移观测时间**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 加载分级 | 0.50 Nk | 0.75 Nk | 1.00 Nk | 1.20 Nk | 1.50 Nk |
| 观测时间t1（min） | 5 | 15 | 30 | 45 | 60 |
| 观测时间t2（min） | 10 | 30 | 60 | 90 | 120 |

注：**1** 表中的Nk为荷载标准组合的可回收锚杆轴向拉力值；

**2**  t1为每级加载总观测时间的50%，t2为每级加载总观测时间。

**2** 每级荷载持荷时间内，根据观测时间长短按1、2、3、4、5、10、15、20、30、45、60、75、90、120min测读锚头位移；

**3** 每级荷载下观测时间达到表8.4.2的规定值时，可施加下一级荷载；

**4** 最大试验荷载作用下观测时间达到表8.4.2的规定值时，可卸载；卸载时每级荷载持荷5min，并在1、5min测读锚头位移。

**8.4.3**  试验结果按荷载~时间~蠕变量整理，并应绘制蠕变量~时间对数（S-lgt）曲线。蠕变率按式8.4.3计算：

 （8.4.3）

式中：——时所测得的蠕变量（mm）；

——时所测得的蠕变量（mm）。

**8.4.4**  可回收锚杆在最大试验荷载作用下的蠕变率不应大于2.0mm/对数周期。

## 8.5 验收试验

**8.5.1** 施工完成后的锚杆应进行验收试验。验收试验应符合下列规定：

**1** 占锚杆总量5%的锚杆应进行多循环张拉验收试验，占锚杆总量95%的锚杆应进行单循环张拉验收试验；

**2** 多循环张拉验收试验的锚杆，其锚固体在相同土层时的试验数量不应少于3根。

**8.5.2** 试验中锚头位移基准值的测读、加卸载速度应符合本规程第8.3.4条和第8.3.5的规定。

**8.5.3** 多循环和单循环验收试验的加荷分级与位移观测时间，应分别按表8.5.3-1、表8.5.3-2确定。

**表7.5.3-1 验收试验荷载分级与锚头位移观测时间（多循环加卸载法）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 循环  次数 | 分级荷载与轴向拉力标准值Nk的比例（%） | | | | | | | | | | | |
| 初始荷载 | 加载过程 | | | | | | 卸载过程 | | | | |
| 第一循环 | 30 | 50 | — | — | — | — | 60 | — | — | — | 50 | 30 |
| 第二循环 | 30 | 50 | — | — | — | 60 | 80 | — | — | — | 50 | 30 |
| 第三循环 | 30 | 50 | — | — | 60 | 80 | 100 | — | — | 80 | 50 | 30 |
| 第四循环 | 30 | 50 | — | 60 | 80 | 100 | 120 | — | 100 | 80 | 50 | 30 |
| 第五循环 | 30 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 120 | 100 | 80 | 50 | 30 |
| 观测时间（min） | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ≥10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

注：  **1** 每级循环的非最大荷载作用下，加卸荷的持荷时间为1min，测读1次锚头位移；

**2** 每一循环最大荷载作用下，按持荷1、3、5、10min测读锚杆位移值；后5min的位移增量小于前5min位移增量时，可视为达到相对收敛标准，方可卸载；

**3** 根据最大试验荷载值与轴向拉力标准值的比例，按本表选择相应的循环次数，比值为130%时循环次数为5。

表8.5.3-2 锚杆验收试验荷载分级与锚头位移观测时间（单循环加卸载法）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 最大试验荷载 | 分级荷载与轴向拉力标准值Nk的比例（%） | | | | | | | | | | |
| 初始荷载 | 加载过程 | | | | | 卸载过程 | | | | |
| 1.4 *Nk* | 30 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 120 | 100 | 80 | 60 | 30 |
| 1.3 *Nk* | 30 | 60 | 80 | 100 | 120 | 130 | 120 | 100 | 80 | 60 | 30 |
| 1.2 *Nk* | 30 | 60 | 80 | 100 | — | 120 | — | 100 | 80 | 60 | 30 |
| 观测时间（min） | | ≥10 | | | | | 5 | | | | |

注： **1** 每级荷载作用下，应每隔5min测读1次锚头位移；

**2** 按持荷1、3、5、10min测读锚杆位移值；后5min的位移增量小于前5min位移增量时，可视为达到相对收敛标准，方可卸载。

**8.5.4**  锚杆验收试验出现本规程第8.3.6条规定的情况之一，或已加载至最大试验荷载值且锚头位移达到相对收敛标准时，应终止加载。抗拔承载力检测值前者取前一循环最大荷载值，后者取最大试验荷载。

**8.5.5** 验收试验的结果应整理绘制可回收锚杆的荷载-位移（N-d）曲线，多循环张拉验收试验还需绘制荷载-弹性位移（N-de）曲线和荷载-塑性位移（N-dp）曲线。

**8.5.6** 锚杆验收试验符合下列规定时，可判定锚杆合格：

**1** 最大试验荷载作用下锚杆测得的弹性位移应大于筋体理论弹性伸长量的90%，且应小于该值的110%；

**2** 最大试验荷载作用下，规定的持荷时间内锚杆位移增量应小于1.0mm；不能满足时，增加持荷时间至60min的锚杆累计位移增量应小于2.0mm。

**8.5.7** 锚杆验收试验完成后，应按设计要求进行锁定。

## 8.6 回收试验

**8.6.1** 为检验回收工艺的可靠性、提供工程锚杆整体回收的试验依据，应进行锚杆回收试验。

**8.6.2** 回收工艺首次应用时，可回收锚杆需在施工前进行回收试验。回收试验可结合基本试验，在基本试验完成后实施，也可单独实施。回收试验单独进行时，其锚固段注浆体强度不应低于设计强度。

**8.6.3**  施工前进行的锚杆回收试验，其地层条件、锚杆杆体和参数、施工工艺应与工程锚杆相同。

**8.6.4** 回收试验的锚杆数量不少于3根。

# 9 质量检验与验收

## 9.1 一般规定

**9.1.1** 可回收锚杆工程在施工前、施工过程及施工完成后应按照设计要求和质量合格条件进行质量检验和验收。

**9.1.2** 检验与验收内容应包括锚杆杆体与部件检验、施工质量检验、锚杆承载力检验和锚杆回收检验。

## 9.2 质量检验

**Ⅰ 施工前检验**

**9.2.1** 工程用原材料及配件产品在施工前的检验内容应包括：

**1** 筋体、水泥、锚具、解锁装置等主材及部件产品的出厂合格证及出厂检验报告检查；

**2** 筋体、水泥、锚具、解锁装置等主材及部件产品的现场抽检。

**9.2.2** 解锁装置检验内容应包括；

**1** 机械锁型可回收锚杆应逐个检验锚杆端部解锁装置工作性状；

**2** 热熔型可回收锚杆应逐个检验发热熔断解锁装置完整性；

**3** 锚筋回转型可回收锚杆应逐个检验各单元锚索预应力释放和拉拔标记。

**Ⅱ 过程检验**

**9.2.3** 锚杆在施工过程中应对锚杆位置、钻孔直径、长度和角度、锚杆杆体长度进行检验。

**9.2.4** 采用成孔注浆法施工时，应检验注浆配比、注浆压力及注浆量、进尺速度、旋喷管钻速，并观察孔口溢出浆液颜色和浓度与注入浆液的一致性。

**9.2.5** 采用旋喷植入法施工时，除满足本规程第9.2.4条以外，尚应检验扩体施工进尺速度及旋喷压力。

**9.2.6** 采用旋喷后注浆法施工时，除满足本规程第9.2.4条、第9.2.5条以外，尚应检验囊袋水泥浆置换或后注浆质量。

**9.2.7** 锚杆回收施工过程中应对支护结构及邻近工程、地面进行实时监测和现场巡视，监测结果应满足设计要求。

**Ⅲ 施工后检验**

**9.2.8** 锚杆施工完成后的检验内容应包括：

**1** 锚固段注浆体强度检验；

**2** 抗拔承载力验收试验，试验方法应按本规程第8.5节的规定执行。

**9.2.9** 可回收锚杆工程的质量检验标准应符合表9.2.9的规定。

表9.2.9 可回收锚杆工程质量检验标准

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 序号 | 检查项目 | 指标或允许偏差 | 检查方法 |
| 主控  项目 | 1 | 杆体长度（mm） | +100  -30 | 用钢尺量 |
| 2 | 锚杆承载力极限值（kN） | 符合验收标准 | 验收试验 |
| 3 | 锚固结构物的变形 | 符合设计要求 | 现场量测 |
| 一般项目 | 1 | 锚杆位置（mm） | ±100 | 用钢尺量 |
| 2 | 钻孔直径（mm） | ±10（设计直径＞150）  ±5（设计直径＜150） | 用卡尺量 |
| 3 | 旋喷压力（MPa） | ±10% | 钻机自动检测记录或现场监测 |
| 4 | 旋喷给进及提升速率（cm/min） | ±10% | 钻机自动检测记录或现场监测 |
| 5 | 扩体段长度（mm） | ±100 | 钻机自动检测记录或现场监测 |
| 6 | 扩体段直径（mm） | ≥1.0倍设计直径 | 钻机自动检测记录 |
| 7 | 钻孔倾斜度（mm） | 2%钻孔长 | 现场测量 |
| 8 | 注浆量（L） | 不小于理论计算浆量 | 检查计量数据 |
| 9 | 浆体强度（MPa） | 达到设计要求 | 试样送检 |
| 10 | 杆体插入钻孔长度（mm） | 不小于设计长度的97% | 用钢尺量 |

**9.2.10** 锚杆的回收应按附录C进行全部记录，并编制相关回收工程报告。

## 9.3 验收

**9.3.1** 可回收锚杆工程验收应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300和《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202的有关规定执行。验收应包括施工验收和回收验收。

**Ⅰ 施工验收**

**9.3.2** 可回收锚杆施工完成后验收（施工验收）应取得以下资料：

**1** 工程勘察及工程设计文件；

**2** 工程原材料、解锁装置、杆体与部件的出厂合格证、出厂检验报告及现场抽检报告；

**3** 锚杆工程施工记录文件；

**4** 隐蔽工程检查验收记录文件；

**5** 锚杆基本试验、验收试验记录及相关报告；

**6** 设计变更报告；

**7** 工程重大问题处理文件；

**8** 监测设计、实施及监测记录与监测结果报告；

**9** 施工竣工图。

**Ⅱ 回收验收**

**9.3.3** 可回收锚杆回收完成后验收（锚杆回收验收）应取得以下资料：

**1** 锚杆回收施工记录表；

**2** 锚杆回收报告和回收竣工图；

**3** 锚杆回收过程的监测记录与监测结果报告。

# 附录A 可回收锚杆的杆体材料性能

**A.0.1** 钢绞线抗拉强度标准值应符合表A.0.1的规定。

表A.0.1 钢绞线抗拉强度标准值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 种类 | | 抗拉强度标准值（MPa） | 抗拉强度设计值（MPa） |
| 股数 | 直径（mm） |
| 七股 | d=12.7 | 1860 | 1320 |
| d=15.24 | 1860 | 1320 |
| 1720 | 1220 |

**A.0.2** 无粘结钢绞线的主要技术参数应符合表A.0.2的规定。

表A.0.2 无粘结钢绞线主要技术参数

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 建筑油脂线密度（kg/10m） | | | >0.50 | 钢材与PE层间摩擦系数 | | 0.12 | |
| PE层厚度（mm） | 双层 | 外层 | 0.80~1.0 | 成品重量（kg/m） | 直径 | 单层 | 双层 |
| 内层 | 0.80~1.0 | Φ15.24 | 1.218 | 1.27 |
| 单层 | | 0.80~1.20 | Φ12.7 | 0.871 | 0.907 |

# 附录B 锚杆施工记录表

**B.0.1** 锚杆钻孔施工记录应符合表B.0.1的规定。

表B.0.1 锚杆钻孔施工记录表

工程名称： 施工单位： 钻孔日期：

设计孔长： 设计孔径： 钻机型号：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 锚杆  编号 | 地层  类别 | 钻孔  直径  （mm） | 套管  外径  （mm） | 钻孔  时间（min） | 钻孔  长度  （m） | 套管  长度  （m） | 钻孔  倾角  （º） | 备注 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

技术负责人： 施工负责人： 质检员： 记录员：

注：1 备注栏记录钻孔过程中的异常情况，如塌孔、缩径、地下水情况及相应的处理方法；

2 进行压水试验的钻孔应记录压水试验结果和相应的处理方法。

**B.0.2** 锚杆注浆施工记录应符合表B.0.2的规定。

表B.0.2 锚杆注浆施工记录表

工程名称： 施工单位： 注浆日期：

设计浆量： 注浆设备：

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

技术负责人： 施工负责人： 质检员： 记录员：

注：1 注浆材料及配合比包括外加剂的名称和掺量。

**B.0.3** 高压喷射注浆锚杆施工记录应符合表B.0.3的规定。

表B.0.3 高压喷射注浆锚杆施工记录表

工程名称 锚杆编号： 日 期：

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

技术负责人： 施工负责人： 质检员： 记录员：

**B.0.4** 锚杆张拉与锁定应符合表B.0.4的规定。

表B.0.4 锚杆张拉与锁定记录表

工程名称： 施工单位： 张拉日期：

锚具型号： 张拉设备：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 锚杆  编号 | 张拉锁定荷载（kN） | 油压表读数  （MPa） | 测定时间  （min） | 位移读数  （mm） | | | 位移增量  （mm ） | 备注 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

技术负责人： 施工负责人： 质检员： 记录员：

# 附录C 锚杆回收记录表

**C.0.1** 锚杆回收应符合表C.0.1的规定。

表C.0.1 锚杆回收施工记录表

工程名称： 日期：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 锚杆编号 | 锚杆长度 | 回收类型 | 回收 | | 拆除股数 | 备注 |
| 开始时间 | 结束时间 |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

技术负责人： 施工负责人： 质检员： 监理：

# 本规程用词说明

**1** 为了便于在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

**1**）表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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，在条件允许时首先应这样做的用词：

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用词，采用“可”。

**2** 条文中指明按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

# 引用标准名录

1. 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
2. 《建筑结构荷载规范》GB 50009
3. 《混凝土结构设计规范》GB 50010
4. 《岩土工程勘察规范》GB 50021
5. 《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068
6. 《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086
7. 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
8. 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202
9. 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300
10. 《通用硅酸盐水泥》GB 175
11. 《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB 748
12. 《混凝土外加剂》GB 8076
13. 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370
14. 《环氧涂层七丝预应力钢绞线》GB/T 21073
15. 《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107
16. 《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224
17. 《混凝土用水标准》JGJ 63
18. 《建筑施工安全检查标准》JGJ 59
19. 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120
20. 《锚杆锚固质量无损检测技术规程》 JGJ/T182
21. 《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282
22. 《建筑砂浆基本性能试验方法标准》 JGJ/T 70
23. 《无粘结预应力钢绞线》JG/T 161
24. 《锚杆检测与监测技术规程》 JGJ/T401
25. 《土工合成材料测试规程》SL 235
26. 《预应力混凝土桥梁用塑料波纹管》JT/T 529

中国工程建设协会标准

可回收锚杆技术规程

CECS XXXX-20XX

# 条文说明

# 制订说明

《可回收锚杆技术规程》CECS XXXX-20XX，经中国工程建设标准化协会于20XX年X月X日公告批准发布。

本规程的主编单位是浙江大学、上海勘察设计研究院（集团）有限公司，参加单位是中国建筑科学研究院、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、北京中岩大地科技股份有限公司、浙江省建筑设计研究院、郑州大学、山东大学、大连理工大学、华侨大学、中建西南勘察设计研究院有限公司、上海申元岩土工程有限公司、广西华蓝岩土工程有限公司、山东正元建设工程有限责任公司、浙江浙峰岩土工程有限公司、浙江中桥预应力设备有限公司、苏州市能工基础工程有限责任公司、厦门市金海明工贸有限公司、北京力川地基工程有限公司、杭州钜力锚杆科技有限公司、杭州富阳科盾预应力锚具有限公司。

为便于广大设计、施工、科研、院校等单位有关人员在使用本规程时能够正确理解和执行条文规定，《可回收锚杆技术规程》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、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明与解释。但是，本条文说明不具备与本规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

# 目 录

[1 总 则 45](#_Toc42346884)

[3 基本规定 47](#_Toc42346885)

[4 构造 49](#_Toc42346886)

[5 设计 53](#_Toc42346887)

[5.1 一般规定 53](#_Toc42346888)

[5.2 材料 54](#_Toc42346889)

[5.3 设计 55](#_Toc42346890)

[5.4 承载力计算 58](#_Toc42346891)

[6 施 工 64](#_Toc42346892)

[6.1 一般规定 64](#_Toc42346893)

[6.2 杆体制作及安放 64](#_Toc42346894)

[6.3 锚杆成孔与注浆 65](#_Toc42346895)

[6.4 张拉及锁定 66](#_Toc42346896)

[6.5 开挖与监测 66](#_Toc42346897)

[7 回收 67](#_Toc42346898)

[7.1 一般规定 67](#_Toc42346899)

[7.2 回收 68](#_Toc42346900)

[7.3 回收失败的补救处理 71](#_Toc42346901)

[8 试验 73](#_Toc42346902)

[8.1 一般规定 73](#_Toc42346903)

[8.2 试验装置和操作要求 77](#_Toc42346904)

[8.3 基本试验 78](#_Toc42346905)

[8.4 蠕变试验 79](#_Toc42346906)

[8.5 验收试验 80](#_Toc42346907)

[8.6 回收试验 81](#_Toc42346908)

[9 质量检验与验收 82](#_Toc42346909)

[9.2 质量检验 82](#_Toc42346910)

# 1 总 则

**1.0.1** 随着全国城市建设和市政建设的大力发展，每年会出现成千上万个深大基坑工程。基坑支护技术包括复合土钉支护、桩（墙）+预应力锚支护，桩（墙）+支撑等多种类型，其中桩（墙）+预应力锚杆由于优点多（如安全度较高、工程造价低、工期短、方便地下结构施工等）得到广泛应用。但目前地下空间开发用地紧张，预应力锚杆常常会超越用地红线，作为临时性支护若永久埋藏于地层中将成为地下障碍物，对后期的地下空间开发增加很大施工难度，尤其是对盾构法隧道施工，且后期清除代价巨大。

近年来，越来越多的城市（尤其有地铁规划和建设的城市）意识到预应力锚杆遗留土层中对后期地下空间开发的不利影响，对超越红线的锚杆提出管理和规范。为适应社会可持续发展的需要和市场迫切需求，近十年来各地技术工作者（北京、浙江、广东、上海、云南、福建、山东、河南、广西等）通过开发可回收锚杆新技术来解决这一难题，并分别开发出不同的产品和成套技术。可回收锚杆技术在基坑工程完成后及时将锚杆回收，可以解决预应力锚杆超越用地红线问题，避免其成为后续工程建设的地下障碍物。目前可回收锚杆应用越来越多，显示可回收锚杆作为预应力锚杆升级新技术，技术先进，具有很强的生命力，应用前景非常广阔。

通过近十年的研究开发和工程应用，可回收锚杆技术在工作机理、设计计算、施工工艺、回收工艺、质量检测和回收设备等方面都有了系统性的进步，各地还研发了多种可回收锚杆杆件产品，并且分别有对应的施工工艺。但由于全国各地岩土工程条件复杂，各类产品的可回收锚杆施工工艺和回收要求不同，为推动可回收锚杆新技术的良性发展，及时总结全国经验，规范可回收锚杆技术的使用和回收切实执行，更好地为工程建设服务，促进可回收锚杆技术在基坑支护设计中的应用和施工水平不断提高，实现设计与施工的规范化，达到本条所提出的目标要求，编制了本规程。

**1.0.2** 可回收锚杆适用范围包括基坑工程、边坡工程、巷道工程等岩土工程临时性加固工程，本规程规定的可回收锚杆主要适用于基坑工程，其他加固工程中使用的可回收锚杆类型、设计机理、施工方法和基坑工程常用的可回收锚杆有部分相同之处，可参考本规程使用，并区分不同类型可回收锚杆在不同领域的适用性。

**1.0.3** 可回收锚杆技术类型多样，且适用范围不同。故设计、施工应根据当地工程地质条件、水文条件及施工条件和经验、设计计算选取合适的锚杆类型，确定合理的设计与施工参数、以及相应的施工技术以及回收工艺，进而推进可回收锚杆的成功实施以及回收。在施工过程中应切实做好施工信息化管理与施工质量管控，确保工程质量、施工安全与锚杆的可回收。部分项目出现施工时设计、施工时采用可回收锚杆，但由于工期等原因未回收，故应对回收要进行严格监控。

**1.0.4** 可回收锚杆是一种新型的锚杆技术，类型多样且新技术不断更新，本规程难以全面反映设计、施工、试验、检验与验收等技术。因此，本条规定除遵守本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 3 基本规定

**3.0.1** 可回收锚杆需要的场地工程地质和水文地质资料是常规的岩土工程勘察可以完成的。而基坑周边环境条件调查则要相比常规工程更为重要，其不仅是基坑设计的重要依据。对周边既有建（构）筑物和地下管线调查，首先是确定其保护条件，同时也是可回收锚杆具体设计施工时避开和保护的对象。如果对周边既有管线等缺乏准确的了解或忽视，常常导致工程事故。

如果基坑周边存在河道或池塘等水体，由于水体、河底淤泥或可能的粉、砂土等不利土层的存在，对锚杆能否施工，以及施工质量、锚杆设置角度均有很大影响。设计施工前应查明。可回收锚杆即便回收也只是筋体回收，还会遗留部分残留物，残留物的大小和材质可能会对周边场地的未来工程建设可能有一定影响。可回收锚杆若打入红线之外，应得到相邻地块的允许。

**3.0.2** 可回收锚杆应用于基坑工程中，是承担拉力的锚固构件，故其整体设计计算和稳定性验算、周边环境控制要求、地下水控制要求均应满足现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120相关规定的要求。由于要进行回收，相比不回收的锚杆，其施工工况要增加回筑换撑和锚杆拆除工况，故分析要考虑这些工况。

**3.0.4** 可回收锚杆材料主要包括锚具、锚筋、注浆材料、承载体和解锁装置等。锚具、锚筋、注浆材料都有相应质量标准。承载体和解锁装置作为重要的部件由各厂家生产提供，其不不仅与材料有关，还与加工精度、组装技术有关，常常涉及专利技术，难以建立统一的验收标准。鼓励各厂家依据国家标准建立自己的产品验收标准。

锚杆产品质量应包括如下指标：

1. 解锁装置的握裹力性能。不同解锁装置和锚筋的连接在使用阶段应具有足够的握裹力，作为产品特征之一，本性能可由试验确定。
2. 解锁装置的稳定性。锚杆在使用过程中受力在不断发生着变化，解锁装置不得因此产生不可接受的承载力降低或变形增加；

3）解锁装置的可靠性。应包括：

a 容错性。锚杆安装及工作过程中，若发生与锚杆拆筋动作相关的误操作，不应因此而轻易造成提前解锁；

b 密封性。锚杆安装及工作过程中，可能会发生影响解锁装置的密封性，不应因此而造成回收失效。

4）残留物的性质和尺寸。应根据材质（金属或非金属）允许锚筋回收后的残留物的尺寸不同，非金属可以宽松一些，金属需要严格一些（如盾构区域直径不得超过20cm，长度不得超过30cm）。

**3.0.5**  软弱、特殊地层是指严重影响可回收锚杆的力学稳定性，以及难以进行锚杆施工的地层，如膨胀土、新近填土、湿陷性黄土、淤泥和泥炭土、松散破碎风化岩层、承压水地层和等。对于特殊地层，除应进行常规的岩土工程勘察和调查外，应进行锚杆基本试验和回收试验，以确定锚杆在特殊地层中的适应性（地层的可钻性、可扩孔性、可注性，及施工方法的适宜性）以及长期工作性能的可靠性。

采用当地无经验的可回收锚杆类型、施工工艺、回收工艺的项目，应首先进行工艺性试验。轨道交通工程中盾构施工碰到遗留的锚杆筋体，处理非常困难，影响巨大。故临近的可回收锚杆回收质量必须确保可靠。故该两种重要情况的应用也应进行基本试验和回收试验。

基本试验和回收试验要研究的内容包括：

**1** 锚杆承载性能：锚杆极限抗拔承载力、蠕变性能、预应力损失等；

**2** 锚杆施工可行性：地层的可钻性、可扩性及可注性，探索施工设备、施工工艺、施工参数的适用性；

**3**  锚杆回收的可靠性：探索回收设备的适用性、解锁装置、回收工艺的可靠性；

**4** 锚固工程经济性：锚固设计方案的合理性与经济性。

**3.0.6** 鼓励提高产品工厂化水平，锚筋与解锁装置宜在工厂内组装，厂商提供整条杆体产品而不仅是锚具，这样不仅能杜绝现场组装时锚具接头处密封不好的质量通病，提高产品质量可靠度，还能有效避免偷工减料行为，国内很多地区偷工减料已经到了严重制约可回收锚杆技术正常工程应用的程度。可回收锚杆产品可事先在工厂内检测，安装后现场质量检查。这种事前检测，加事中检查和保护，保证了锚杆的回收率，应成为可回收锚杆技术发展主流。

**3.0.7** 为规范可回收锚杆的施工，严格对回收进行管理监控。应对每根锚杆施工、验收和回收进行记录，确保施工质量可靠，回收管理可控，并留下记录和竣工图被追溯。

# 4 构造

**4.0.1~4.0.2** 基坑可回收锚杆应采用预应力锚杆。常用可回收锚杆类型如表4.0.1所示。

表4.0.1 常用可回收锚杆类型

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 分类条件 | | 可回收锚杆类型 |
| 按荷载传递形式分：拉力型、压力型 | | 压力型 |
| 按压力型按应力分布形态： | | 普通压力型、压力分散型、扩体压力型 |
| 按锚固体横截面形状： | | 等截面型、扩体型 |
| 按锚固体的胶结材料 | | 水泥浆、水泥土 |
| 按施工工艺 | 成孔注浆型 | 成孔注浆型 |
| 扩体型 | 机械扩体型、高压喷射扩体型、囊袋型 |
| 水泥土 | 高压喷射注浆型 |

成孔注浆型锚杆为常规技术，为确保施工质量、提高承载力应采用两次注浆。扩体锚杆采用机械扩孔或高压喷射注浆扩孔，常出现孔内泥浆、碎屑难以清洗干净而影响承载力，可采用二次高压劈裂灌浆；也可采用后植入土工囊袋并注入水泥浆形成囊袋扩大头提高承载力。

水泥土锚杆与普通锚杆相比直径大2~4倍，可以解决软土地区普通锚杆与土体间抗拔承载力低的问题；但同时可回收锚杆为压力型锚杆，又带来水泥土锚固体端部承载力力偏低的制约，故水泥土锚杆宜采用压力分散型锚杆，也可水泥土锚杆再进行注浆加强。

**4.0.3** 根据调查，目前基坑工程可回收锚杆技术繁多，根据锚筋解锁及回收机理大致可分成5大类及众多小类。本规程正文对应用程度较广、技术较为成熟的机械锁型、热熔型、锚筋回转型三种类型做了详细规定，其他类型可参考下文描述使用。

表4.0.3 可回收锚杆分类表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 一级分类 | 二级分类 | 三级分类 |
| 1 | 自解锁类 | 螺栓螺母型 | / |
| 机械锁型 | 辅索拉拔解锁型 |
| 顶进解锁型 |
| 旋转解锁型 |
| 顶进旋转解锁型 |
| 自切断型 | / |
| 熔解型 | 热熔型 |
| 电磁型 |
| 铝热剂型 |
| 2 | 锚筋回转类 | U型 | / |
| 合页型 | / |
| 3 | 自钻自锁类 | 全长连续型 | / |
| 部分连续型 | / |
| 断续型 | / |
| 4 | 半拆筋类 | 全金属型 | / |
| 半金属型 | / |
| 5 | 强力拉拔类 | 焊接型 | / |
| 挤压套型 | / |
| 砂浆型 | / |
| 粘结型 | 麻花头粘结型 |
| 涨壳粘结型 |
| 气囊型 | / |

**1** 自解锁类**：**压力型锚杆。钻孔底端采用解锁装置。解锁装置指可依靠自身特定装置自行解锁后与锚筋脱离的内锚具。自解锁锚杆目前是可回收锚杆类型中市场应用最多的大类。

自解锁类锚杆可分为螺栓螺母型、机械锁型、自切断型及熔解型4小类。

1）螺栓螺母型构造及机理：锚杆杆体内端头为可解锁锚具，锚筋为无粘结钢筋，与自锁锚具采用螺栓螺母连接，拆筋时锚筋旋转解锁脱开，锚筋即可拉出拆除回收。螺栓螺母型锚杆工艺简单，锚杆承载力较低，其与端锚类的区别为：承载体不与围岩锚固，属于压力锚杆。

2）机械锁型，机械锁型锚杆的锚筋通过楔块、螺纹、插销等机械连接方式与解锁装置锚固，回收时锚筋通过拉拔辅索、顶进、旋转等单一或复合行为与锚固件解锁脱开。可分为辅索拉拔解锁型、顶进解锁型、旋转解锁型、顶进旋转解锁型4小类。①辅索拉拔解锁型构造及机理：锚杆杆体内端头为解锁装置，设置一条钢绞线作为辅助回收索，解锁时先拉出一定距离，解锁装置解锁，所有钢绞线可依次拉出。解锁装置内的锁定装置有楔块、销钉等几种形式。②顶进解锁型构造及机理：解锁装置内设置夹紧机构锁定锚筋。拆筋时，冲击推进钢铰线，使保险机构打开或在啮合机构辅助下，夹紧机构与钢铰线解锁分离，之后张拉钢绞线，拆除回收。保险机构有撞针式、棘轮式、抽丝式等几种类型。③旋转解锁型构造及机理；解锁装置内设有啮合机构，解锁时逐个旋转钢铰线，使钢铰线与锚具分离，拆除回收。啮合机构有螺纹、楔块等几种形式。④顶进旋转解锁型构造与机理：可解锁锁锚具内设有啮合机构，解锁时，逐个推进并旋转钢铰线，在啮合机构辅助下钢铰线与锚具分离，拆除回收。

3）自切断型构造与机理：可解锁锚具上装有超硬切刀，拆筋时张拉单根钢铰线，使刀具转动，割断钢铰线，之后钢铰线可被拉出。

4）熔解型，可分为热熔型、电磁型及铝热剂型3小类。① 热熔型构造与机理：可解锁锚具内装有热熔材料，拆筋时通电加热，热熔材料熔化，使无粘结钢铰线锚筋与锚具内的夹片解锁脱开，锚筋即可拉出拆除回收。②电磁型构造与机理：可解锁锚具内装有电磁感应线圈，拆筋时通电，线圈使无粘结钢绞线锚筋产生高温，钢铰线软化甚至熔断解锁脱开，锚筋即可拉出拆除回收。③铝热剂型构造与机理：在可解锁锚具内装有铝热剂，引燃后产生高温，将无粘结钢铰线锚筋熔断，解锁脱开，锚筋即可拉出拆除回收。

**2** 锚筋回转类：压力型锚杆，锚杆杆体内端头设置带有弧形槽的承载体或合页，无粘结钢绞线锚筋绕其回转180º的可回收锚杆，简称回转类。可分为U型及合页型2小类。①U型构造及机理：锚筋采用无粘结钢绞线，杆体内端头设置带有弧形槽的承载体，钢绞线绕承载体回转180º弯曲成U型后成对张拉锁定，拆除时夹住一端将钢铰线拉出。②合页型构造及机理：与U型构造及机理基本相同，但承载体为合页，置入钻孔前为闭合状态，置入后张开。锚筋成对张拉锁定，拆除回收后回转侧的锚筋损伤较严重，不能重复使用。属于成熟工艺**。**

**3** 自钻自锁类：钻杆上带有螺纹，可自行钻进地层后自锁的可回收锚杆，简称自钻类。构造及机理：锚筋杆体上带有螺纹，自行钻进地层而无需预钻孔，叶片与地层摩擦挤压后自锁，锚杆获得承载力；拆筋时，杆体反向旋出拆除回收。螺纹可全长连续分布、前半段连续分布、断续分布。可用于岩层、土层，可设置注浆孔注浆。自钻类锚杆钻杆即锚筋，一般为钢管，杆体自行钻进及自锁，可快速获得承载力，承载力较低，长度较短，要求地层较好；用于基坑时每节杆体长度较短（一般1~2m）。可施加预应力，也可不施加，工作性能类似于摩擦锚杆。局部地区采用**。**

**4** 半拆筋类：拉力型锚杆。指在锚筋自由段与粘结段分界处设置螺栓螺母、熔剂盒等拆分装置，能使自由段锚筋拆分回收的锚杆。不能回收的粘结段锚筋通常采用非金属材料。目前较少采用。

**5** 强力拉拔类**：**把锚筋与内锚头锚固件之间的锚固力设定为介于锚杆设计承载力与锚筋极限承载力之间的可回收锚杆，简称强拉类，可分为焊接型、挤压套型及砂浆型3小类。①焊接型构造及机理：为压力锚杆，锚筋采用无粘结钢筋，端头与内锚头的承压板焊接，焊接强度大于锚杆设计工作应力、小于锚筋抗拉强度，回收时对锚筋施加超过正常工作应力的拉力，使焊接处剪切破坏，杆体从而解锁回收。②挤压套型构造及机理：为压力锚杆，内锚头采用金属挤压套与锚筋锚固，调节挤压套与锚筋之间的握裹力，使之大于锚杆设计拉力并具有一定的安全系数；回收时，用更大的拉力使杆体与挤压套之间产生剪切破坏，杆体从而解锁回收。③砂浆型构造及机理：为拉力锚杆，采用特制砂浆进行锚固，通过调节砂浆强度，从而调节砂浆与杆体的粘结强度，使杆体与砂浆之间的粘结力大于锚杆设计拉力并具有一定的安全系数；回收时，用更大的拉力使杆体与砂浆之间产生剪切破坏，杆体从而解锁回收。强拉类锚杆工艺看起来简单，但技术难度很大，拉拔力很难把控，安全性及回收可靠度低。

上面技术主要是根据解锁回收机理划分，根据调查，各技术实际的回收率、成熟度不一。设计施工应选择技术可靠，质量稳定、安全度和回收率高的技术，确保可回收锚杆实际回收率大于90%，重要区域采取补救措施，确保筋体100%拆除。各技术开发单位也应持续改进，提高技术水平和质量稳定性。

**4.0.4** 机械锁型解锁装置构造主要质量要点：机械解锁装置与解锁行为协调，确保施工时的质量稳定性。确保密封性，避免浆体进入解锁装置而失效；加强施工保护，避免解锁装置在施工及张拉受力情况下的夹持力；也要确保辅助措施的可靠性。

**4.0.5** 可回收锚杆锚筋自由段长，张拉时锚杆伸缩率大，热熔型解锁装置构造应确保通电解锁导线能够承受足够的变形能力，避免拉断；同时应采取措施确保施工时钻孔、扩孔、高压注浆等行为对通电导线的影响，确保可靠性。热熔解锁装置是利用采用化学胶水与锚具粘结而夹持锚筋，在通电高温下化学胶会软化导致锚具夹片失效。故在使用条件下温度范围应具有足够的化学稳定性，确保化学剂与锚具间粘结力。施工后及时对锚杆的热熔解锁装置应通过通电检测，检测合格后可仍具备通电解锁的功能。

**4.0.7** 解锁装置和锚筋的连接在使用阶段应具有足够的握裹力、稳定性和可靠性，在回收阶段应方便解锁回收。解锁装置作为重要的部件由各厂家生产提供，其不仅与材料有关，还与加工精度、组装技术有关，常常涉及专利技术，其主要性能应满足使用阶段及解锁回收阶段的使用要求。具体而言，在使用阶段解锁装置应对锚筋有足够的握裹力、同时满足稳定性和可靠性的要求；在解锁回收阶段应方便解锁回收。

# 5 设计

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 可回收锚杆锚固段与岩土体间的抗拔安全系数，取决于基坑安全等级、设计使用年限、破坏后果与地层蠕变特性等因素。本规程关于锚杆抗拔安全系数的规定参照了国外锚杆标准与国内锚杆标准的锚杆抗拔安全系数（见表5.1.1）。本规程确定安全等级为一级、二级、三级的基坑支护结构，其锚杆抗拔安全系数系数要求分别不低于1.8、1.6、1.6，和《建筑基坑支护技术规程》JGJ120的要求相比，将三级基坑锚杆的抗拔安全系数由1.4提高至1.6。

表5.1.1 岩土锚杆锚固体的抗拔安全系数表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 国名/协会名 | 标准名称与编制单位 | 安全系数 |
| 中国 | 《建筑基坑支护技术规程》JGJ120-2012  （中国建筑科学研究院主编） | 1.4、1.6、1.8 |
| 中国 | 《岩土锚杆与喷射混凝土技术规范》GB50086-2015  （中冶建筑研究总院主编） | 1.4、1.6、1.8 |
| 中国 | 《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2013  （重庆市设计院和中国建筑技术集团主编） | 1.6、1.8、2.0 |
| 中国 | 《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T282-2012（深圳钜联锚杆技术有限公司和标力建设集团有限公司主编） | 1.6、1.8、2.0 |
| 中国 | 《岩土锚杆（索）技术规程》CECS22：2005  （中冶建筑研究总院主编） | 1.4、1.6、1.8 |
| 中国香港 | 香港标准 | 1.6、1.6、1.8 |
| 瑞士 | SN533-191 地层锚杆  （瑞士工程建筑学会） | 1.3、1.5、1.8 |
| 英国 | BSI-8081 岩土锚杆实践规范（1989）  （英国标准学会） | 2.0 ～ 2.5 |
| 国际预应力  混凝土协会 | FIP 预应力灌浆锚杆设计施工规范  （国际预应力混凝土协会） | 1.6 |
| 日本 | 地锚设计施工标准规程及说明JGS4101-2012  （日本地盘工学会） | 1.5 |
| 日本 | 建筑地基锚杆设计施工指南与解说（2001）  （日本建筑学会） | 1.5、2.0 |

**5.1.2** 准确的锚杆轴向抗拉刚度系数应通过锚杆基本试验确定，即按本规程第5.1.2条规定通过试验确定。然而在锚杆设计时往往事先很难获得试验资料，所以锚杆轴向抗拉刚度系数可先按照公式进行估算。可回收锚杆一般为压力型锚杆，钢绞线全长均为无粘结状态，计算自由段长度可取全长。压力分散型锚杆轴向抗拉刚度系数可取各单元锚杆轴向抗拉刚度系数之和。

**5.1.3** 对于安全等级为一级的基坑，以及安全等级为二级、三级的基坑，但无当地经验时，应进行锚杆基本试验，确定可回收锚杆极限抗拔承载力及常规工作性能，为设计提供依据；对于安全等级为二级、三级的基坑，若有当地工程经验的，可按照本规程5.4节进行估算，并通过验证性抗拔承载力试验来验证可回收锚杆的极限抗拔承载力和工作性能，为设计、施工及验收提供依据。

## 5.2 材料

**5.2.1** 目前基坑领域可回收锚杆的筋体普遍采用无粘结钢绞线，可回收锚杆筋体由于回收需要，必须完全和注浆体以及土体隔离，对于外套隔离软管要求较高，宜采用高密度聚乙烯（HDPE）软管或聚丙烯（PP）软管，不得采用聚氯乙烯（PVC）软管，高密度聚乙烯软管或聚丙烯软管具有耐腐蚀、内壁光滑、强度高、韧性好、重量轻等特点，但聚丙烯的使用环境温度不得低于0℃；聚氯乙烯软管强度低，高温和低温时化学稳定性差，易脆化、老化。

除了特殊情况外，钢绞线不得连接，对于其他筋体若有接头应采取可靠的连接方式满足设计要求并通过试验验证。不同回收工艺对于筋体可能会产生一定损伤，从技术以及管理角度均不应再次采用受损伤的回收筋体，若使用回收的筋体必须对筋体再度检验。

**5.2.2~5.2.3** 注浆用水泥应依据地下水与岩土体对建筑材料的腐蚀性及腐蚀等级选用，要求其强度等级不得低于P.O42.5。为了加快注浆体的凝结，必要时可使用外加剂，但不宜采用高铝水泥，因其后期强度降低较大。外加剂使用必须慎重，应充分考虑岩土和地下水成份、水泥特性及外加剂适用性，水泥浆中的氯化物、硫酸盐、硝酸盐总量不得超过外加剂重量的0.1%。为保证水泥浆流动度满足200mm～240mm要求，需要使用减水剂，必要时可使用少量保水剂。使用外加剂时必须通过试验确认，不得影响浆体强度、粘结性能及杆体耐久性。同时使用2种以上外加剂时，应进行外加剂兼容性试验。

**5.2.4**  根据现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63：水的PH值不得小于4.0，不溶物 < 2000mg/l，可溶物 < 2000 mg/l，氯化物（以CL离子计）< 350ml/l，硫酸盐（以SO4计）< 600ml/l，硫化物（以S2-计）< 100 mg/l，使用待拌检验水与蒸馏水配制的水泥浆体28d 抗压强度比不得低于90%。

**5.2.5** 本条规定钻孔注浆体和高压旋喷水泥土边长70.7mm的立方体28d抗压强度标准值最低分别应达到25MPa和0.8MPa，这是保障可回收锚杆锚固段局部受压承载力满足设计要求的关键指标，而要达到上述要求，必须严格控制浆液的水灰比及施工工艺。

**5.2.6** 可回收锚杆的锚具在具有锁定锚杆基本作用的基础上，可根据不同回收工艺的要求进行配套使用。鼓励不同产品配套可调节锚杆轴向力方向的锚头和可重复使用的自卸载锚具。

**5.2.7~5.2.8** 承载体是压力型锚杆主要传力构件，必须具有足够的强度；目前常用的可回收锚杆大多数是将承载体或承压板和解锁装置固定设置，或者合二为一，要求其具有足够的抗变形能力，保证在锚杆使用全过程中保持稳定，不影响后续解锁和回收。

## 5.3 设计

**5.3.2** 可可回收锚杆的选择除了根据工程特点外还应结合市场条件，本规程仅对可回收锚杆选型提出了框架性的建议，设计及施工单位可根据实际情况综合选用合适的类型，不同类型可回收锚杆工作特性及适用条件可参考表5.3.2。

表5.3.2 基坑工程不同类型可回收锚杆工作特性及适用条件

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 锚杆类型 | 工作机理 | 特性及适用条件 |
| 1 | 机械锁型 | 通过楔块、螺纹、插销等机械连接方式锁定，回收时锚筋通过辅索拉拔、顶进、旋转等行为与解锁装置脱开。 | 一般使用无粘结钢绞线；  可设计为压力型和压力分散型锚杆；  锚固段可采用成孔注浆、高压旋喷扩大头或者旋喷植入法等工艺施工；  钢绞线易回收；  回收安全快速，工人劳动强度低，易回收。 |
| 2 | 热熔型 | 通过通电加热熔解解锁装置，从而实现钢绞线的回收 | 一般使用无粘结钢绞线；  可设计为压力型和压力分散型锚杆；  锚固段可采用成孔注浆、高压旋喷扩大头或者旋喷植入法等工艺施工；  钢绞线易回收；  残留在岩土层中的金属件个体较小。 |
| 3 | 锚筋回转型 | 钢绞线成对布置，通过对钢绞线一端施加拉力，将钢绞线从锚杆内回收 | 使用成对无粘结钢绞线；  可设计为压力型和压力分散型锚杆；  适用于要求较大抗拔力的可回收锚杆；  回收钢绞线需要2~5吨的拉拔力，回收时间相对较慢，钢绞线直径较大时，抽取钢绞线困难；  回收的钢绞线在端部中心处有一定损伤，不适用于回收后再利用；  残留在岩土层中的金属件个体较小。 |

**5.3.3** 本条第1款规定锚杆的间距不宜过小，主要是为了减少群锚效应的不利影响，避免因锚索间距过小而引起锚索承载力的降低，国内外相关规范中均对锚索锚固体的最小间距加以限制。规定锚索锚固体最小水平间距宜大于1.5m，最小竖向间距宜大于2.5m。如需锚索间距更小时，可使用不同倾角或不同长度的锚索，见下图5.3.3，或根据群锚效应对锚杆抗拔承载力进行折减。

E:\cecs标准\扩体锚杆正规编制流程\送审稿\绘图\送审前最终\TU1.emf

(a) 不同倾角的锚杆 (b) 不同长度与不同倾角的锚杆

图5.3.3 间距较小的锚杆设计方案

本条第2款规定锚杆锚固段要有一定的覆土厚度以确保锚杆锚固段与周围土体的接触应力与粘结强度，同时上覆土层过薄，也易因二次高压注浆时破坏上覆土层及地下管线。

本条第3款关于锚杆倾角，从施工方面分析，锚杆具有一定的角度，有利于钻孔孔壁保持稳定、下锚操作及灌浆施工。尤其在采用常压方式注浆时，浆液在凝固过程中，由于液柱自身压力作用，会使锚固体变得较为密实，有利于提高灌浆质量，锚杆倾角过小，会降低浆液向周围土体中的渗透效果，不利于锚杆与周围土体的粘接强度的发挥。

锚杆设置应充分考虑周边建(构)筑物基础、管线的形式、埋深、分布等情况，锚索的设置不得破坏已有基础、桩基或管线，并应减小锚杆设置对基础、桩基或管线的影响。

**5.3.5** 从锚杆荷载传递机制出发，国内外普遍认为，当锚杆锚固长度超过一定值（该值与岩土介质的弹模有关）后，锚杆承载力的提高极为有限，甚至可忽略不计，因而国外的一些锚杆规范均规定了适宜的锚固段长度（表5.3.5）。本条对单元锚杆锚固段长度的限制，基本上与国外相关标准的规定相一致或接近。

表5.3.5 国内外锚杆标准关于锚固段合理长度的建议表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 国名/协会名 | 标准名称与编制单位 | 建议锚杆锚固段长度 |
| 英国 | BSI-8081 岩土锚杆实践规范（1989）  （英国标准学会） | 3m~10m |
| 国际预应力混凝土协会 | FIP 预应力灌浆锚杆设计施工规范  （国际预应力混凝土协会） | 3m~10m |
| 美国 | PTI岩层与土层预应力锚杆建议（1996）  （美国后张预应力混凝土学会） | 钢绞线：4.5m~10m |
| 钢筋：3m~10m |
| 日本 | 地锚设计施工标准规程及说明JGS4101-2012  （日本地盘工学会） | 3m~10m |
| 瑞士 | SN533-191 地层锚杆  （瑞士工程建筑学会编） | 砂土、岩石：4m~7m |
| 中国 | 《岩土锚杆（索）技术规程》CECS22：2005  （中冶集团建筑研究总院主编） | 岩层：3m~8m  土层：6m~ 12m |

**5.3.6** 为满足单元锚杆的锚固体净截面抗压面积的要求，本条对单元锚杆数量做了规定。

**5.3.7** 对支护结构变形要求较高或非常严格的情况下（如周边临近重要建构筑物、重要市政管线等），在充分考虑冬季冻胀、雨季土体浸水不利影响情况下可适当提高锚杆初始预应力值（锁定荷载）宜为锚杆轴向拉力标准值的1.0 倍。在容许地层及被锚固结构产生一定变形的工程，锚杆初始预应力值（锁定荷载）宜为锚杆轴向拉力标准值的 0.70～0.85 倍。

**5.3.9** 根据实际工程反馈，较多工程由于不注意对外露钢绞线的保护导致后续无法回收，本条规定建议对外露的钢绞线宜进行完整保留和保护，以利于后期回收。

## 5.4 承载力计算

**5.4.1** 一般压力型可回收锚杆的破坏模式主要有三种：① 锚固体与岩土体界面的粘结破坏或扩体段前端面岩土体的剪切破坏，② 筋体断裂破坏，③ 锚固段底端的注浆体局压破坏；因此，可回收锚杆极限承载力计算及验算应涵盖这三部分内容。在锚杆设计中，通过锚筋材料强度与截面尺寸选择，完全能够规避筋体断裂破坏发生。因此，可回收锚杆极限承载力主要是受锚固段的极限抗拔承载力以及锚固段底端的承压能力。压力型可回收锚杆一般不需要进行锚固段注浆体与承载体间的粘结破坏计算，对于设置加强承载体并计入该部分和注浆体粘结作用的类型，可按照实际受力类型进行补充内容计算该部分内容。

**5.4.3** 等截面型可回收锚杆根据施工工艺的不同可分为成孔注浆锚杆及高压喷射水泥土锚杆，锚固体分别为水泥浆及水泥土，二者材料性质不同，强度不同，直径大小差异较大，锚固段注浆体与地层间的极限粘结强度标准值fmg差别也较大，本规程表5.4.3-1及5.4.3-2所给出的岩土体与注浆体间的极限粘结强度标准值建议值，是在综合分析现行国标《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》 GB50086、行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120、协会标准《岩土锚杆（索）技术规程》 CECS22等相关标准关于平均极限粘结应力的推荐值基础上提出的。必须说明的是该推荐值应在满足相关前提条件下并且有验证程序才能采用。

**5.4.4** 扩体型锚杆抗拔承载力，可按公式5.4.4进行估算，该计算方法源自于现行行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282。其中*L*a为锚杆普通锚固段计算长度，对非预应力锚杆，取实际长度减去两倍扩大头直径；对预应力锚杆取*L*a=0。

扩体型锚杆抗拔承载力与设计尺寸、岩土性质、使用材料、施工机具、施工工艺及施工参数等因素密切相关。通常，现场施做的扩体锚固段的空间形态与几何尺寸难以完全与设计要求相一致，且扩体型锚杆的各部分锚固力也不是同步发挥作用的，这些因素均会影响锚杆承载力计算结果的准确性。

因此，可靠的扩体型锚杆极限抗拔承载力最终应通过现场破坏性基本试验确定。在具体计算参数与系数选取时，可参考表5.4.4并根据设计人员的工程经验选取。建议设计人员在可回收锚杆工程设计中，注意使用工程类比法，积极吸收地方经验，并通过工程经验的逐步积累，运用岩土工程师自己的经验进行综合判断，合理选取承载力计算参数，使扩体型锚杆极限抗拔承载力估算值更为贴近实际。

**5.4.6** 本条计算的筋体面积为有效截面积，对于不同的回收工艺需要加以区分对待：如7股钢绞线抽中丝式的回收原理是在挤压套部位，将中丝截断，这样钢绞线的受力有效截面积相当于原有截面积的6/7；如主辅索可回收锚杆的回收原理是用辅索作为回收的启动装置，辅索不参与受力，因此在计算时不应计入辅索钢绞线的面积。对于其他类型的可回收锚杆，应根据不同工艺区分对待，保证有效截面积满足受力要求。

另外，需要对可回收锚杆筋体强度进行折减，主要是考虑可回收锚杆加工及回收工艺会对筋体产生一定损伤，如锚筋回转类可回收锚杆在钢绞线弯折过程中会对筋体强度造成较大的影响，建议按照低值并结合工程实践经验的系数进行折减。

**5.4.7** 压力型锚杆或压力分散型锚杆，主要破坏模式之一即锚固体局压破坏，因此必须对各单元锚杆锚固段注浆体的承压能力进行验算。目前各规范对于锚固体局部受压承载力计算方法不甚统一，但均强调应通过试验验证。

**（1）**国标《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》 GB50086、协会标准《岩土锚杆（索）技术规程》CECS22、北京市地方标准《可拆除锚杆技术规程》DB11/T1366、广西壮族自治区地方标准《可拆芯式锚索技术规范》（送审稿）采用的计算公式如下：



式中： Nd——锚杆或单元锚杆轴向拉力设计值；

Ap——锚杆承载体与锚固段注浆体横截面净接触面积；

Am——锚固段注浆体横截面积；

fc ——锚固段注浆体轴心抗压强度设计值。

——有侧限锚固段注浆体强度增大系数，北京市地方标准《可拆除锚杆技术规程》中注明在没有试验资料的情况下可取 1.1～1.3，其余各个规范未给出明确的取值范围，均强调应由试验确定。

上述规范采用的计算公式，参考了《钢筋混凝土结构设计规范》（GB50010-2002）6.6.1条的规定：配置间接钢筋的混凝土结构构件，其局部受压区的截面尺寸应符合下列要求：



式中：Fl ——局部压力设计值；

Aln——混凝土局部受压净面积，为局部受压面积扣除孔道、凹槽部分面积；

Ab ——局部受压计算底面积；

Al——混凝土局部受压面积；

——混凝土强度影响系数，当不超过C50时候，取1.0；

fc ——混凝土轴心抗压强度设计值。

对比上述公式，压力型锚杆锚固体局部受压承载力在参考《钢筋混凝土结构设计规范》计算公式的同时，增加了有侧限锚固段注浆体的强度增大系数，但大多数规范没有给出具体的取值建议范围。

**（2）**黑色冶金行业标准《抗浮锚杆技术规程》YB/T4659采用计算公式如下：



式中：Rck ——锚固体受压承载力标准值；

Aln——混凝土局部受压净面积；

fck——浆体轴心抗压强度标准值；

——有侧限锚固段注浆体强度增大系数，应由试验确定。条文说明附表中建议粘性土取值范围1.3~2.9；粉土取值范围1.0~3.2；粉、细砂取值范围1.0~2.2；中砂取值范围1.4~3.1；粗砂取值范围2.0~4.7。

**（3）**协会标准《囊式扩体锚杆技术标准》（送审稿），5.3.3条规定：锚杆扩体锚固段局部受压承载力验算应符合下列规定：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *N’*d | **——** | 扩体锚固段注浆体局部受压面上作用的局部压力设计值（kN），其值可近似取锚杆的轴向拉力设计值*N*d； |
|  | *η* | **——** | 基于有侧限围压的扩体锚固段注浆体的抗压强度增大系数，其与扩体锚固段埋深及岩土体性质有关，设计时可取2.0～5.0，其中，对强度较高的岩土体可取上限值，对强度较低的岩土体应取下限值； |
|  | *f*m,d | **——** | 边长为70.7mm注浆结石体的立方体抗压强度设计值（kPa），而*f*m,d = *f*m,cu /γm，其中*f*m,cu为立方体抗压强度标准值，γm为注浆结石体的材料分项系数，取γm=1.4；试验应参照现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70的有关规定进行，并参照现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107的有关规定进行检验评定； |
|  | *A*p | **——** | 注浆体受压净面积（m2），为承载盘与注浆体的接触面积扣除锚筋孔道截面积之后的面积；当膨胀挤压筒采用钢制下套筒组件和钢制隔离支撑管时，则注浆体受压净面积按承载盘面积计算。 |

**（4）**地方标准《深圳市岩土锚固技术标准》（送审稿）7.3.6条规定：压力锚杆锚固体底端局部受压承载力标准值可按下式估算：



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中：*R*up,k | —— | 锚固体局部受压承载力极限标准值（kN）； |
| *η* | —— | 锚固体抗压强度增大系数，与锚固段埋深及岩土体性质有关，应由现场试验确定，初步设计且锚固体为浆体时可取1.0~4.0，强度较高、埋深较深、注浆压力较大的岩土体中取上限值； |
| *Aln* | —— | 锚固体受压净面积（m2），为承载体或锚具与锚固体的接触面积扣除锚筋孔道横截面积之后的面积； |
| *f*ck | —— | 浆体边长为70.7mm立方体抗压强度标准值（kPa） |

黑色冶金行业标准《抗浮锚杆技术规程》YB/T4659、协会标准《囊式扩体锚杆技术标准》（送审稿）、地方标准《深圳市岩土锚固技术标准》（送审稿）采用的计算公式基本一致，其计算公式源自《钢筋混凝土结构设计规范》（GB50010-2002）附录D.5.1条规定：素混凝土的构件的局部受压面上仅有局部荷载作用时，其局部受压承载力应符合：



式中：Fl ——局部压力设计值；

——荷载分布影响系数，均布荷载取1.0；

fcc——素混凝土轴心抗压强度设计值，取0.85fc；

Al——混凝土局部受压面积；

fc ——混凝土轴心抗压强度设计值。

上述规范用锚固体轴心抗压强度值代替了素混凝土轴心抗压强度设计值，增加了浆体有侧限强度增大系数*η*，取消了面积提高系数βl，将差异统一合并在*η*项，得到类似公式并通过试验验证*η*项的取值范围。

该公式对于一般钻孔注浆锚杆而言，取消了面积提高系数βl，问题不大，因为钻孔直径一般130~180mm左右，承载体直径一般120~150mm左右，即使考虑承载体位于钻孔中间理想状态下，βl范围仅在1.05~1.5左右，远小于*η，*可以将差异统一合并在*η*项；但是对于扩体型锚杆而言，扩体锚固段直径一般300~600mm左右，承载体直径一般120~150mm左右，βl范围通常较大，不能忽略。本规程未将*η*和βl两个提高系数合二为一，主要是考虑βl为注浆体和承载体截面积有关参数，对于扩体型锚杆的影响并不能忽略，而*η*主要是和承载体埋置深度以及围岩土特性有关参数。

为了便于工程应用，本规程建议了*η*经验值，见表5.4.7。特别强调，按本表参数的验算结果应通过现场试验最终验证确定，同时各地应积极通过工程经验的逐步积累修正参数，使扩体型锚杆极限抗拔承载力估算值更为贴近实际。

表5.4.7 注浆体有侧限强度提高系数*η*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 岩土层种类 | 岩土的状态或密实度 | 注浆体有侧限强度提高系数 |
| 粘性土 | 可塑 | 1.0~1.6 |
| 硬塑 | 1.6~2.4 |
| 坚硬 | 2.4~2.9 |
| 粉土 | 稍密 | 1.0~1.4 |
| 中密 | 1.4~2.1 |
| 密实 | 2.1~3.2 |
| 粉砂、细砂 | 稍密 | 1.0~1.4 |
| 中密 | 1.4~1.7 |
| 密实 | 1.7~2.2 |
| 中砂 | 稍密 | 1.4~1.9 |
| 中密 | 1.9~2.3 |
| 密实 | 2.3~3.1 |
| 粗砂 | 稍密 | 2.0~3.1 |
| 中密 | 3.1~3.6 |
| 密实 | 3.6~4.7 |
| 砾砂 | 稍密 | 2.5~3.2 |
| 中密 | 3.2~4.2 |
| 密实 | 4.2~5.5 |
| 碎石土 | 稍密 | 3.1~3.4 |
| 中密 | 3.4~4.7 |
| 密实 | 4.7~6.4 |

注：高压旋喷扩体型水泥土锚杆取低值。

算例：

本算例试验数据来自杭萧土合字（2008）储6号项目基坑围护工程场地，锚索为2-Ф15.2高压旋喷锚索，长度20m，锚固段地层为淤泥质土，共进行了11根试验锚索，01~07为高压旋喷后加囊袋注浆锚杆，09~14号为普通高压旋喷锚杆，高压旋喷水泥土直径500mm，囊袋注浆加固体直径300mm，可回收锚杆采用机械锁回收工艺，承载体直径约为120mm。

试验对施工完毕后10d、20d、28d分别进行了试验，由于10d、20d锚固体强度尚不能达到设计要求，本次计算选取28d的试验数据。其中06号、07号为高压旋喷结合后注浆加固型施工，28d极限抗拔承载力分别为358kN、428kN；13号、14号为普通高压旋喷施工，28d极限抗拔承载力均为109kN。

反算*η*公式如下：

由  得 

对于普通高压旋喷水泥土工艺：

，取4.0

；

；

计算结果：

对于普通高压旋喷结合后注浆增强体工艺：







计算结果：

# 6 施 工

## 6.1 一般规定

**6.1.1** 施工组织设计应对施工质量、回收工艺做重点描述。

**6.1.2** 应根据设计要求、场地条件选择成孔注浆锚杆或高压喷射注浆锚杆，既要满足锚杆的承载力、回收要求，又要降低施工工艺对周边环境的影响。锚固段上覆土层厚度较小时，易造成土体强度破坏后隆起、开裂，注浆时应合理选定注浆压力、稳压时间、注浆工艺、注浆量等。锚杆孔位在地下水水头标高以下时，应采取有针对性的措施，防止水土流失，影响周边道路管线、建筑物的正常使用。锚杆施工过程中应加强现场巡视，发现异常情况，立即停止施工作业，分析原因，问题解决后方可继续作业，必要时可调整施工工艺、设计方案。水泥浆液在拌制过程中，应做好封闭措施，对粉尘进行有效控制。基坑降水或疏干期间，应优先使用地下水作为锚杆的施工用水。

**6.1.3** 锚杆施工前需要根据场地条件、设计要求，选取锚杆材料、构件及施工设备。通过工艺试验验证施工方法的可行性和施工参数的合理性。对可回收锚杆还需特别注意，若工艺选择不当、施工措施不合适，都有可能在施工过程中对解锁装置或钢绞线外套管造成损坏，造成拆除困难甚至无法拆除。

**6.1.4** 高渗透性动水地层及大孔隙地层锚杆成孔和注浆都存在浆液流失问题，可能造成塌孔及锚杆锚固失效，会对周边环境造成严重影响。因此施工前应进行充分的技术论证，必要时应进行钻孔压水试验确定地层透水性。为保证锚杆成孔和注浆质量，可采取套管护壁成孔、加大浆液稳定性以及采用袋式注浆、多次补浆注浆工艺等技术措施。

**6.1.6** 锚杆施工应进行全过程控制，不仅需要控制施工工艺参数，施工方还需要及时进行预验收试验，避免大面积施工后，如承载力不满足设计要求，造成经济损失的加剧。

## 6.2 杆体制作及安放

**6.2.1** 一般情况，钢绞线下料长度=钻孔深度+围檁高度+锚垫板厚度+锚具高度+张拉千斤顶长度+外余量，外余量一般不小于10cm，对于监测位置还应增加轴力计高度。对于回转类锚杆，钢绞线的下料长度按前述计算值的两倍考虑。钢绞线采用切割机下料，切口要整齐，无散头现象。杆体制作在专门的平台上进行，平台起伏差不得大于5cm，制作时，钢绞线和各种管路应平顺平摊于工作台上，并对其进行编号或标记，以便后续各道工序的施工。对中支架及隔离支架与钢绞线之间应牢固绑扎。制作好的杆体要求外表面光滑，各种管道通畅，管口做好临时封闭。杆体的存放点要求严格防潮、防水、防污染。

**6.2.2** 杆体使用过程中，如出现隔离套管破损、松动等情况，应立即更换，因上述情况会直接导致水泥浆流入管体，抱死钢绞线，影响回收。

**6.2.3** 主辅索型锚杆，如不对辅索做特别区分，在张拉锁定时，极易因拉拔失误，造成锚杆失效。机械锁型锚杆端部的解锁装置是锚杆能否拆除回收的关键，故施工过程中要对解锁装置做重点保护，如保护不当，会造成解锁装置失效，后期注浆浆液也可能渗入解锁装置，导致无法回收。

**6.2.4** 需要根据导线颜色或设置明显标识区分各单元锚杆，防止误张拉。杆体组装、存放、搬运等过程操作不当时，可能损伤无粘结钢绞线的保护套造成导线断裂，影响回收，故安装前应对导线的通电性能做重点检查。使用热熔型回收锚杆时，采用钢筋混凝土围檁时，在绑扎钢筋时需要对杆体外露部分予以保护，一般可在外露部分套保护套管，保护套管埋入土中不少于20cm、超出混凝土围檁不少于20cm。因锚杆张拉时，需要将钢绞线、导线从保护套中剥离出来，在钢绞线张拉时，导线极易被锚垫板或锚具压断，故需要在混凝土围檁上预留凹槽，钢绞线张拉前，将导线置于凹槽内，以此避免锚垫板或锚具的挤压。

**6.2.5** 因~~筋体~~锚筋回转类锚杆每根钢绞线均绕过承载体回转180°，故每根钢绞线的两个端头均为外露端，如同一根钢绞线的两个外露端未同时张拉，存在把整根钢绞线拔出的风险，故需对各单元锚杆杆体外露端按筋材的长短顺序进行分组标记，防止误张拉。

## 6.3 锚杆成孔与注浆

**6.3.1** 锚杆施工应根据地层情况、锚杆位置、孔径、长度和角度等选择对周边环境及地层扰动最小的成孔方式。套管护壁钻孔是指采用套管跟进护壁的钻孔方式。套管护壁钻孔对钻孔周边扰动小，可有效防止钻孔时的塌孔现象，有利于保证灌浆饱满度和灌浆质量，提高孔壁地层与灌浆体的粘结强度，故本条规定锚杆位于地下水位以下和软弱松散地层时应采用套管护壁成孔工艺。

**6.3.2** 水泥浆的配合比直接影响浆体的强度、密实性和注浆作业的顺利进行。水灰比太小，可注性差，易堵管，影响注浆作业的正常进行；水灰比太大，浆液易离析，注浆体密实度不易保证，硬化过程中易收缩，浆体强度损失较大，将影响锚固效果。所以施工前，有必要对水泥浆进行配比试验，使浆体的流动性和强度能够满足设计和施工工艺要求。

**6.3.9** 高压喷射注浆锚杆的施工参数中注浆压力、进尺速度、旋喷管转速、喷浆量是最重要的工艺参数，在通过试验或工程经验初步确定之后，正式施工前应进行试验性施工验证，并在施工中严格加以控制。喷射压力和旋喷体的直径有关，对于变截面的扩体型锚杆不同的旋喷体直径对应压力不同。在旋喷扩孔过程中，出现压力骤然下降或上升都属于不正常情况，应立即停止作业，查明原因，排除故障，压力恢复正常后才能恢复扩孔作业。

## 6.4 张拉及锁定

**6.4.1、6.4.2、6.4.3、6.4.4、6.4.5** 锚杆的张拉及锁定需要对张拉设备的选型、张拉预紧、张拉顺序等方面进行控制。张拉设备需要重新标定的情况包括：新千斤顶初次使用；千斤顶、油压表、油管进行更换或维修后；千斤顶主缸活塞漏油或有串缸现象；标定有效期超过六个月或使用超过200次。对于压力分散型锚杆，应采用并联千斤顶组同步对各单元锚杆实施张拉并锁定，应对张拉工艺进行重点考虑，避免筋材最短的单元因基坑变形最先破坏，一般情况可参考《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086附录C：荷载分散型锚杆的张拉锁定方法。因土层的蠕变性，当锚杆的使用周期较长时，一般会损失较多的预加力，这就需要对锚杆进行补张拉，所以锚具外应需要留有满足张拉要求的筋材长度，并避免在土方开挖过程对外露锚具及筋材的破坏。如土方开挖或地下室施工过程造成外露钢绞线弯曲破坏，也会影响锚杆回收。锚杆张拉过程中，要有专业人员在现场做好质量验收和相关指导，发现问题及时处理。根据锚杆张拉时的实际变形量与理论变形量的对比，可以判断锚杆的施工质量，当实际变形量小于理论变形量时，说明锚杆端部解锁系统可能被破坏，如内部已灌入水泥浆；当实际变形量大于理论变形量时，说明锚杆承载体部位的注浆体强度可能不足，已张拉破坏。

## 6.5 开挖与监测

**6.5.3** 锚杆拉力监测是保证锚固工程安全的有效手段之一，根据监测结果，可对锚固工程的安全状态作出科学的判断，一旦监测数据出现异常，存在安全隐患，可尽快实施补救措施，避免工程安全风险。对可回收锚杆的监测，也有助于数据的积累，为可回收锚杆的应用提供案例支持。

# 7 回收

## 7.1 一般规定

**7.1.1** 锚杆筋体回收前应做好以下准备：

锚杆回收施工需要提供相应的工作面，避免与主体结构施工有过多的交叉作业行为，确保回收施工的安全。

锚杆回收的作业空间宽度一般只有1~1.5m，常常需要搭设操作平台。操作平台应满足施工人员、机具设备的施工荷载要求。作业平台、脚手架，各节点的连接必须牢固、可靠，宽度应满足施工操作安全要求，作业平台临边必须设防护栏杆，上下作业平台应设置安全梯。

由于基槽回填的土方质量一般不易保证，锚杆回收前基础底板、中楼板位置设置水平传力是必要的。

锚杆设计抗拔力不同，设计要求的预加力也不同，在锚杆回收锚具解除时的张拉荷载就不同，需要的千斤顶规格也不同。 对于不同回收工艺的回收锚杆，有些采用了自卸锚具，不需要千斤顶。对于热熔式锚杆采用自动千斤顶回收，对于锚筋回转型采用千斤顶配合绞车回收等，应综合考虑锚具解除及回收工艺，合理选取可以适应实际工程应用的回收设备或机具。

**7.1.2** 锚杆回收筋体过程中，安全防护工作应符合下列规定：

锚杆筋体回收时，存在与相邻建（构）筑物的施工相互交叉影响，部分回收工艺筋体解除预应力时会有一定的弹出，对相邻建（构）筑物的成品，包括预留墙体钢筋、混凝土墙体、外墙防水等等应采取相应的保护措施是必要的。

锚杆工作夹片拆除卸压是一种预应力释放过程，筋体会出现回缩，在千斤顶油缸收回拆除时，有些筋体回缩不均匀，会出现突发预应力释放，造成锚具夹片弹出；部分采用主工作索和副回收索式的回收锚杆在解除副回收索时，也会因锁紧装置突然解除而出现钢绞线弹出的现象，因此施工人员应侧方位施工，并做好安全防护工作。

基坑支护工程强调“动态设计、信息化施工”，基坑监测应贯穿基坑支护从土方开挖到基坑回填完成的全过程，锚杆回收时支护体系的受力发生变化，应对所在支护结构进行实时监测与现场巡视，发现变形超过设计的监测预警指标及其他异常情况应停止回收作业，分析原因，排除隐患后方可继续作业，以确保支护结构安全。

**7.1.3** 国内不少城市出现过因早期基坑支护锚杆障碍物而影响轨道交通盾构正常掘进，有些项目严重影响工期及增加工程造价，多次开仓清理锚杆也带来了盾构施工人员安全问题。因此强调锚杆回收应有完整的施工记录，形成内业资料，并作为竣工资料的组成部分进入项目竣工档案材料，为后期地下空间的开发利用提供基础材料是必要的。

## 7.2 回收

**7.2.1** 锚杆回收设计时，即要考虑基坑向下开挖土方时锚杆施工工况，也要考虑地下结构向上施工时锚杆的回收工况。设计回收工况是根据地下室层高、楼板、顶板位置及支护结构的受力、施工条件等综合考虑，在回收筋体前，需要设置换撑板带，验算当前围护结构体系能否满足强度及变形控制要求，回收时应确保锚杄所在的支护结构安全性，如果未达到设计规定的锚杆回收条件进行拆除，至使支护结构受力超越设计状态，会对基坑周边环境和已施工的地下结构、人员的生命安全造成严重后果。

可回收锚杆不同产品的解锁机构、回收工艺都有些不同，作业空间也会有不同的要求。锚杆设计长度超过一定值后有些产品的回收难度也会加大，回收率降低；有些回收锚的承载体长度较长，回收后残留段还有1.0～2.0m；回收锚杆类型的选用还会受项目所在地区产品市场供应及使用经验的影响；因此应综合考虑各方面因素，合理选择产品类型。

一般情况下锚杆短筋体的拆除相比锚杆长筋体更简单容易，受锚杆制作、孔内插入杆体的施工影响，筋体有时会在锚杆体内扭成麻花，优先拆除短锚杆筋体有利于长锚索的拆除。

目前市场上有多款免千斤顶的自卸锚具，作为一种工具式的可回收锚头，回收时可以不采用千斤顶解除锚杆预应力、不使用电源、要求的施工空间较小、自卸锚具可以方便重复使用，是一种低碳环保的绿色产品，由于其解除锚杆卸压是通过人工扳手旋松螺母进行的，要求用板手均匀、对称扭松外解锁模具两侧的螺母，均衡平稳释放筋体预应力，直至预应力释放为零。不同的产品应根据使用说明要求进行锚头拆除卸压。

**7.2.2**  机械锁型回收锚杆解锁方式主要包括采用辅索拉拔解锁方式、顶进解锁方式、旋转解锁方式、顶进旋转解锁方式等。

**1** 采用辅索拉拔型解锁的可回收锚杆产品目前有国内专利产品和日本专利产品。施工流程与普通锚杆的施工流程基本一致，钻孔、张拉、回收均无需额外增加专用设备，且适用于多种技术。辅索不能张拉，且不参与工作，主工作索数量上限为5根钢绞线。该技术1999年首先从日本引进，是国内应用较早的一种锚杆回收技术。已经应用在佛山中盈国贸中心、广州白云机场扩建工程、东莞地铁2号线等项目。

工程应用案例：深圳地铁罗湖站1＃、2＃出入口通道工程：地质条件：素填土埋深0～3m，粉质粘土（硬塑）埋深3～5.5m，强风化变质砂质粘土。埋深5.5～19.8m。支护方式：人工挖孔桩+两道锚杆。锚杆设计抗拔力：550KN。未带套管钻孔，成孔孔径130mm，孔深14+0.5m。

**2** 顶进解锁方式回收锚杆原理：解锁装置内设置夹紧机构锁定锚筋。拆筋时，冲击推进钢铰线，使保险机构打开或在啮合机构辅助下，夹紧机构与钢铰线解锁分离，之后张拉钢绞线，拆除回收。保险机构有撞针式、棘轮式、抽丝式等几种类型。

（1）以撞针式解锁方式为例说明：直列无级调压式可回收锚索2005年在北京地铁4号线北宫门车站首次应用。直列是相对“U”型回收锚索需要在孔内弯折区别而言。锚杆钢绞线之间相互独立工作，平行直列分布，钢绞线可以是奇数根也可以是偶数根，并且可以设计成多极荷载压力分散型锚索，为大吨位拆卸锚索的设计提供了可能。此锚索具有一项特殊功能，保险调压机构可以随意设定一个保险阀值，当张拉力小于事先设定的保险阀值时，锚索是拆不掉的，当张拉力大于保险阀值时，锚索就可以轻松拆卸了。

工程应用案例：厦门和昌中心工程基坑平面尺寸约为240×160m，基坑开挖面积约3.8万m2，基坑开挖深度13**～**25m。地质条件：填土层厚度0.5**～**9.4m，粉质粘土厚度1.2**～**12.5m ，残积砂质粘性土厚度2**～**32.7m，全风化层花岗岩厚度1.2**～**21.2m。基坑支护设计：西侧采用双排桩+6道可回收锚索，基坑南侧、东侧、北侧采用单排灌注桩+1**～**4道可回收锚索。支护桩桩径1.0m ，桩中心距1.5m。锚索设计成孔直径150mm，长度20**～**30m，承载体2**～**3个，锚索抗拔力设计值280**～**590KN。试验锚索全部回收。

（2）以抽丝解锁方式为例说明：可回收锚杆产品常用的Ф15.2钢绞线是由7根直径为Ф5m的钢丝绞合而成的，7根钢丝中，位于钢绞线中心的那根称为中丝，另外6根钢绞线以中丝为中心缠绕绞合，这6根钢丝称为边丝，由6根边丝围绕1根中丝缠绕绞合而成钢绞线。经典的钢绞线锚固方法中有一种为挤压套与钢绞线挤压连接，通过挤压套对钢绞线的径向挤压，将钢绞线与挤压套结合成一体，连接所能承受的荷载，大于钢绞线自身强度。抽丝解锁方式的可回收锚杆回收原理是：在挤压套部位，将中丝截断，这样挤压套与钢绞线的结合强度不会变化，只是钢绞线的强度减小了1/7，处于工作状态时只要荷载不大于钢绞线原有强度的6/7就是安全的。回收时，先抽除被截断的那根中丝，中丝被抽出后钢绞线的外径在挤压套的径向压力下被挤压缩小，从而使钢绞线与挤压套的结合失效。此时只要施加不大的拉力就可以解除钢绞线与挤压套的连接,当预应力筋与挤压套的连接被解除后，只要用人力就可以将钢绞线抽出，完成后续的拆除工作。

**3** 旋转解锁型回收锚杆原理:通过顺时针旋转钢绞线转动，钢绞线带动传动块及螺旋套转动，螺旋套向后运动带动钢绞线夹片头部逐渐脱离锚具锥体内孔腔，夹片夹持钢绞线的应力逐渐消失实现解锁，从而使钢绞线可以轻松从锚具中抽脱。一般也可以通过逆时针方向旋转钢绞线将钢绞线重新锁住。

工程应用案例：某项目设置一层地下室，基坑占地面积约为 3 万m2，基坑开挖深度 7 .2m，基坑开挖影响范围内主要土层为：淤泥质填土、杂填土、素填土、淤泥、中砂、粉质粘土、砾砂、残积土层，其中位于填土层下的淤泥土层厚度最大达11.30 m，基坑西侧支护不允许超红线，支护设计采用H型钢桩+旋喷扩孔可回收锚索支护，锚索采用4束钢绞线组成的压力分散型锚杆，设计长度23.0m，扩大头直径450mm，设计抗拔力标准值Nak=265KN。西侧锚索共施工了 106 根，回收率达到 100%。

**7.2.3** 热熔型可回收锚杆是指锚杆使用功能结束后，采用热熔方式实现锚杆筋体回收的技术。它通过一种改造的锚具，热熔锚具张拉锁定后可以像普通锚具一样通过夹片将筋体锁住，在筋体使用完成后，通过低压通电将锚具内部结构熔化破坏，解除夹片对钢绞线的束缚，从而给钢绞线卸荷，实现回收钢绞线。热熔回收锚索可以预判其回收率； 根据要求分步控制实施；施工前、施工中、回收前做到每道工序通电测量检查。锚杆施工结束后测量判别通电情况，及时拔出不通电杆体，重新施工，确保回收率。智能热熔锚具是在热熔锚具内添加应变计，在热熔解锁功能的基础上增加了对载力的实时监测功能。考虑安全，回收通电电压设置为36V电压。热熔锚杆回收配套自动回收设备，采用自动回收设备现实测拉拔速度0.3～0.35m/min；锚长20m回收时间计约60min。

工程应用案例：太湖金港商业综合体项目基坑围护工程位于苏州市吴中区苏旺路和创新路交界处，基坑总面积约 3.1 万m2，基坑挖深为9.35～10.85m。采用灌注桩结合一道热熔式可回收锚杆进行支护。锚杆共 308 根， 施工采用压应力分散型旋喷扩大头锚杆技术，由钻机将锚索直接旋喷带进成桩。 检测情况：共检测锚索16 根，试验荷载760**～**800kN，承载力全部合格，通电全部合格。

**7.2.4** 锚筋回转型可回收锚杆筋体回收时，尚应符合下列规定：

锚筋回转型锚杆回收时先卸除锚具内同一钢绞线两端头的夹片，对钢绞线的一端用小型千斤顶或小型卷扬机施加拉力，在钢绞线一端被拉出的同时，另一端的钢绞线被拉入孔内、绕过U形承载体后再被拉出孔外。

采用小型卷扬机直拉法回收锚索工艺简单，施工速度相对较快。当受地下室外墙影响，操作空间无法设置卷扬机直拉时，可采用滑轮导向，在基坑坡顶合适位置采用小型卷扬机抽拉。当设置卷扬机场地无法满足时，可采用自动千斤顶分段抽拉。

钢绞线较长时，一般起拔力较大。回收施工一般选用为2～3吨的小型卷扬机，抽拔力有限，选择抽拔力更大的卷扬机自重较大，现场施工移动不方便。在千斤顶解除锚索预应力夹片时，利用千斤顶进行预抽，当钢绞线抗拔阻力降到用小型卷扬机可以抽动时，改用小型卷扬机抽拔。

对于锚筋回转型的可回收锚杆，其钢绞线回转抽拔出来后会形成一定的螺旋麻花状，且强度受损，不得再次使用。

工程应用案例：北京中银大厦地上15层，地下4层，总建筑面积172000m2，基坑深度20.5m～24.5m。基坑穿越的地层为人工堆积层、粉质粘土层、细中砂和砂卵石层。基坑东侧采用800mm地下连续墙与4道U型可回收锚杆支护。锚索设置4个承载体，采用150mm套管钻机跟进钻孔，锚索长度24～32.0m，设计荷载698KN、722KN。锚杆数量337根，实际回收率达96%。回收时抗拔阻力为28～40KN。

## 7.3 回收失败的补救处理

**7.3.1** 锚杆筋体的回收是否成功，受锚杆产品性能、加工制造、成孔工艺、注浆工艺、地质条件、回收期限、锚头保护及回收施工空间等诸多因素的影响，可能存在部分锚杆筋体无法正常回收的情况。比如可回收锚索由于钢绞线外有特制 PE 套管包围，在注浆和张拉时若施工措施不当，存在浆液进入套管风险，这种情况下整束锚索后期将难以回收，或者由于通电导线断线无法进行热熔解锁，造成无法正常回收，因此应根据出现的情况进行现场分析，进一步找到解决问题的办法和措施。

**7.3.2** 拆除锚杆最直接的方法是将锚杆整体拆除，即在锚杆作用失去意义时将锚杆整体拔出。这种方法虽然将地下障碍物彻底清除，但存在以下问题：（1）拔出难度大，如欲将锚杆整体拔出，所施加的拉力必须大于土对锚杆产生的摩阻力，拔出力可能为锚杆设计拉力的 2 倍或数倍，增加了拔出难度；（2）锚杆周围土体的摩阻力大于锚杆筋体材料的抗拉能力，使杆体拉断而无法全部拔出；（3）锚杆可以拆除时一般场地都比较狭小，较大的拔出力也使施工设备体积增大而难于放置。（4）锚杆在整体拔出后，周围土体产生会位移，从而对周边环境造成一定的影响。因此锚杆回收主要是指对筋体进行回收。直接拔除锚杆筋体的方法实施简单，仅需要采用千斤顶和反力架即可。但存在如下问题:首先钢绞线长期埋设在地底下，存在一定的锈蚀或弯折损伤，有拉断钢绞线的可能；其次钢绞线保护套漏浆束缚钢绞线，拉拔力超过筋体的屈服值，而使拉拔工作无法继续 。因此采用直接拔除法的最大拔除荷载不应超过筋体材料标准值的0.8倍。

采用套管钻进法套取锚索，钻进角度尽量与原锚索一致，使拟拔锚索位于套管的中央，当钻至锚杆的尾部时，再拔除锚杆。由于锚索施工时，可能出现钻孔角度偏差、钻孔线形呈蛇形的情况，钻机钻进时就可能碰到锚索并将其切断，形成残留锚索而无法拔除；或者在原锚杆施工钻孔过程中出现塌孔造成注浆孔变大形成鼓包等情况，再加上锚索注浆浆液本身具备很大的摩擦力和握裹力，也会给拔除锚杆带来一定的难度。一般来说，采用套管跟进套取锚索法拔除锚索效果比较明显，但套管钻机安装必须牢固、可靠，钻进时每钻进一节，测一次角度，以保证方向准确；套管钻进法套取锚索时可以根据锚杆的长度及锚固段的土层情况，灵活确定套管钻进的深度，之后采用直接拔除法配合拔除。

锚杆周边打设应力释放孔或旋喷工艺对周边土体进行软化处理后直接拔除方法是针对直接拉拔法及套管钻进套取锚杆无法完成回收锚杆的处理方法。在拉拔之前，按一定的次序在拟拔锚索周边布置2～4个应力解除孔，钻孔直径110 ～120 mm，钻孔的深度根据锚索的剩余抗拔力进行调整，最深钻至拟拔锚索锚固端的尾部。成孔的角度应尽量与拟拔锚索一致。或者采用旋喷工艺对锚固段周围土体进行软化，这样做可以降低锚索的抗拔力，防止钢绞线被拉断的问题。

正常回收失败的锚杆进行回收处理时应加强地面变形监测，发现问题及时调整施工方案，避免周边道路、管线受影响。

**7.3.3** 正常回收失败的锚杆处理一般是对注浆锚固体整体拔除，拔除后会造成地下孔洞而使周边地面沉降，影响周边环境安全。因此应进行回灌处理，同时应要求拔除一根回灌一根，避免未及时回灌造成水土流失和地面沉降。

# 8 试验

## 8.1 一般规定

**8.1.1** 锚杆试验包括在施工前为设计提供依据的试验，包括基本试验、蠕变试验等；施工过程为质量控制提供依据的测试，包括锁定力测试、持有荷载试验、锚杆拉力监测；施工后为验收和安全运营提供依据的试验，包括验收试验、持有荷载试验、锚杆拉力监测等。

欧盟规范Geotechnical investigation and testing-Testing of geotechnical structures-Part 5：Testing of anchorages ISO/DIS 22477-5（简称欧盟规范ISO/DIS 22477-5）定义了三种锚杆试验：探究试验（investigation tests）、适应性试验（suitability tests）和验收试验（acceptance tests）。

美国联邦公路局出版的《岩土工程手册4：岩土锚杆与锚固体系》FHWA-IF-99-015将锚杆分为：性能试验（performance tests）、验证性试验（Proof tests）和长期蠕变试验（extended creep testing）。

现行行业标准《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T401中锚杆试验包含基本试验、验收试验、蠕变试验、持有荷载试验、粘结强度试验、拉力监测。现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086以及现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120附录A、《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGT/T282中锚杆抗拔试验包括基本试验、蠕变试验、验收试验。

可回收锚杆为锚固段注浆体处于压剪受力状态的锚杆，是由设置于钻孔内、端部伸入稳定岩土体中的无粘结钢绞线、底端承载体（与钢绞线）与孔内注浆体组成的受拉构件。锚杆受力时，通过承载体对注浆体施加的压剪应力以及注浆体与周围岩土体的剪切抗力，提供锚杆所需的承载力。当锚固端为扩大头时，注浆体与周围岩土体还提供锚固端扩大头肩部的端承抗力等。

承载体提供两种抗力：

1 注浆体施加给承载体横截面上的压力；

2 注浆体施加给承载体侧表面上的剪力。

可回收锚杆由于全长采用无粘结钢绞线，钢绞线与注浆体实现了物理隔离，锚杆长度基本等于杆体自由段长度。其锚固段为包含承载体长度的注浆体部分。

本规程参考国内外相关规范，对应可回收锚杆的工作过程，除了常规预应力进行的基本试验、蠕变试验、验收试验外，增加了回收试验，见表8.1.1。回收试验用于确定可回收锚杆的回收拉力，验证锚杆在其工作状态结束后杆体的回收性能。

按照锚杆抗拔承载力试验是否将锚杆拉至破坏状态，基本试验可分为极限抗拔承载力试验和验证性试验两种：

表8.1.1 试验方法及目的

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 试验方法 | | 试验主要目的 |
| 基本试验 | 极限抗拔承载力试验 | 确定可回收锚杆极限抗拔承载力及常规工作性能，为设计提供依据 |
| 验证性抗拔承载力试验 | 验证可回收锚杆的极限抗拔承载力和工作性能，为设计、施工及验收提供依据 |
| 蠕变试验 | | 确定可回收锚杆在一定等级荷载作用下，位移随时间的变化规律，为设计、施工及验收提供依据 |
| 验收试验 | | 检验工程锚杆的抗拔承载力是否符合设计要求，为工程验收提供依据 |
| 回收试验 | | 验证可回收锚杆回收的工作性能，确定锚杆杆体的回收拉力。 |
| 持有荷载试验  （提离试验） | | 测试可回收锚杆的持有拉力和锚杆锁定力，为判断锚杆工作状态提供依据 |

1 极限抗拔承载力试验：相当于欧盟标准的探究性试验，可获得锚杆的极限抗拔承载力以及与之对应的锚杆变形。即当锚杆加载至增加了（1~2）级最大试验荷载预估值后，锚头位移仍相对稳定时而继续加载的基本试验，可视为加大了最大试验荷载的基本试验。

2 验证性抗拔承载力试验：为证实具体工程的锚杆在特定地质条件下，其抗拔承载力性能是否满足设计要求的基本试验。即当锚杆加载至增加了（1~2）级最大试验荷载预估值后，锚头位移相对稳定而终止继续加载的基本试验。

极限抗拔承载力试验较验证性试验要求严格、试验费用高，一般工程较少采用。当采用新型可回收锚杆或首次应用于项目地层时，需要进行极限抗拔承载力试验，以获得锚杆的极限抗拔承载力。一般情况下，工程中以验证性试验为主。

除此以外，由于锚杆张拉锁定后，工作期间随着时间变化，锚杆杆体持有荷载可能减少，也可能增加。标准建议可进行持有荷载试验，通过持有荷载试验获得试验时的杆体持有荷载。持有荷载试验采用提离试验方法，分为插片法和拐点法两种，具体可参考现行行业标准《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T401。

持有荷载试验可检测锚杆在工作期间的杆体预应力变化和杆体拉力，未埋设锚杆测力计时，可采用持有荷载试验检验锚杆拉力。如锚杆张拉锁定完成后即进行持有荷载试验，则试验结果即为锚杆锁定值。工作锚杆出现下列情况之一时，应通过持有荷载试验确定杆体拉力：

1 未安装测力计或拉力监测存疑的锚杆；

2 超过安全使用期的锚杆；

3 出现异常情况的锚杆。

持有荷载试验的最大试验荷载不应大于验收荷载。采用持有荷载试验确定预应力锚杆锁定力时，应在张拉锁定后12h小时内完成。

由前述可知，可回收锚杆由无粘结钢绞线、锚杆底端承载体和孔内注浆体组成，锚杆的抗拔力由承载体对注浆体的压应力、注浆体与周围岩土体的剪切抗力两部分组成，受力复杂，受力机理不同于拉力型锚杆，单纯的粘结强度试验不能真实反映可回收锚杆的抗拔力，因此本标准未要求进行粘结强度试验。由于可回收锚杆承载体与注浆体、注浆体与周围岩土体的应力测试较少，鼓励工程项目进行可回收锚杆注浆体与周围岩土体的应力、以及承载体与注浆体压力试验和测试。

锚杆试验方法应符合现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086、《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T401的相关规定。锁定力测试、持有荷载试验、锚杆拉力监测可参考现行行业标准《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T401，本条不再赘述。

**8.1.2** 基本试验、蠕变试验属施工前进行的试验项目，为设计提供依据以及为施工验证工艺的可行性、可靠性。因此，基本试验、蠕变试验需具有两方面的代表性：

1 地质条件应具有代表性，为设计依据提供可靠的实例佐证；

2 锚杆施工工艺和参数具有代表性，宜与工程锚杆相同，从而为实际施工提供佐证。

持有荷载试验为施工完成后进行的试验项目，选择代表性锚杆可保证样本试验结果能总体反映已施工锚杆的质量。

**8.1.3** 可回收锚杆抗拔承载力与锚杆受力相关的三种材料——锚杆杆体、锚固段注浆体、周边岩土体的性能有关，主要体现为以下三种抗拔承载力极限状态状态：

第一种：锚固段注浆体和岩土层之间发生破坏，包括锚固扩大头端部土体端承不足；

第二种：杆体与注浆体之间发生破坏、或注浆体发生破坏；

第三种：锚杆筋体发生破坏。

锚杆杆体材料性能确定明晰，岩土体工程特性具有不确定性，注浆体则介于两者之间。由于杆体强度不足可通过增加杆体强度或数量解决，锚杆和注浆体之间的性能可通过室内试验模拟，因此，可回收锚杆基本试验不应出现杆体先行破坏，不宜发生锚固段注浆体局部抗压等的破坏。可回收锚杆锚固段注浆体与岩土层之间存在侧面压剪传递、锚固扩大头端部土体的端承等，为确定两个相对不确定性材料之间的受力性能，最大程度地发挥地层特性，基本试验需采用较高强度的锚杆或增加锚杆数量，采取防锚杆拉脱的措施，实现第一种形式的破坏。

为确保不发生第二种形式的破坏，保守的取最大试验荷载不超过锚固段注浆体局部抗压破坏荷载的0.9倍。

为确保不发生锚杆杆体破坏的情形，最大试验荷载不应超过杆体的抗拉强度。现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086规定最大试验荷载应取杆体极限抗拉强度标准值的75%或标准强度标准值的85%中的较小值。现行行业标准《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T401要求钢绞线锚杆杆体应力不应超过杆体极限强度标准值的85%、钢筋杆体应力不应超过杆体屈服强度标准值的90%。现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120附录A中规定最大试验荷载下的锚杆杆体应力，不应超过其极限强度标准值的0.85倍。《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T282要求最大试验荷载不宜大于锚杆杆体极限承载力的80%。

考虑到可回收锚杆作为较新的预应力锚杆工艺，为确保基本试验中不发生锚杆杆体破坏，综合上述国家和行业标准，锚杆杆体应力限值取相对低值。

**8.1.4** 关于验收试验最大试验荷载的取值，锚杆的相关设计规范有不同的规定，有采用锚杆轴向拉力标准值、也有采用锚杆轴向拉力特征值等作为荷载的取值基数。行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120规定：对于支护结构安全等级为一级、二级、三级工程中的锚杆，抗拔承载力检测值应不小于1.4Nk、1.3Nk、1.2Nk。国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086规定：永久性锚杆取1.2 Nd（锚杆轴向拉力设计值，Nd=1.35gw• Nk）、临时性锚杆取1.1Nd（Nd=1.25Nk）。现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB50330规定：永久性锚杆取1.5Nk、临时性锚杆取1.2Nk。行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGT/T282中验收荷载：永久性锚杆取1.5倍抗拔力特征值、临时性锚杆取1.2倍抗拔力特征值。

可回收锚杆在其工作完成后，筋体需回收，属于临时性锚杆的概念。为便于实际操作，参照行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120的规定，以锚杆轴向拉力标准值为验收试验最大试验荷载的取值基数。

**8.1.5** 锚杆孔内的注浆体，其强度等物理力学性能和时间有关，随时间的增加而增长。一般，最初几天强度快速增加，随后逐渐变缓。实际锚杆工程受施工工期影响，施工期间的持有荷载试验、验收试验等往往不具备待全部工程锚杆施工完成并达到28d龄期强度后再进行。为做到信息化施工，尽早发现锚杆质量问题并及时处理，同时考虑到最大试验荷载约是设计极限抗拔承载力的75%，故对注浆体强度的要求适当放宽。

**8.1.6** 锚杆的蠕变是导致锚杆预应力损失的主要因素之一。黏土层、淤泥质土层等塑性指数大于17的黏性土层以及风化的泥质岩层、或节理裂隙发育张开且充填有黏性土的岩层等，在一定荷载作用下具有流变性，使得上述地层中的锚杆具有蠕变性。为有效控制预应力损失，确保工程安全，在上述地层中设计锚杆时，需要通过蠕变试验了解锚杆变形随时间的变化规律，从而合理确定锚杆的设计参数和荷载水平，控制锚杆蠕变量。由于蠕变试验时间长，实际工程较少开展蠕变试验，往往施加保守荷载，以保证工程安全度。为充分发挥岩土体特性并保证工程安全，流变性岩土体中的锚杆宜开展蠕变试验，积累试验资料。

**8.1.7** 试验锚杆和支撑体系、垫层或混凝土面层连为一体时，试验数据不能反映单一锚杆的承载力。

## 8.2 试验装置和操作要求

**8.2.1** 加载装置应根据最大试验荷载选择量程适当的测量设备，为防止测量设备量程过大，出现“大称称轻物”的现象，以及防止量程过小，测量设备过载，要求其量程不应小于最大加载量的1.25倍，不应大于最大加载量的4倍。

**8.2.2** 为防止偏心受力，千斤顶的作用力方向应与反力装置的重心、锚杆轴线重合。荷载分散型锚杆采用并联千斤顶同步张拉时，为确保可测量每组单元锚杆的轴向位移，需安装至少一个位移测量仪表。

**8.2.3** 锚杆加载的反力装置分为支座横梁反力装置、支撑凳式反力装置和承压板式反力装置。基坑支护工程中，宜选用支撑凳式反力装置，可采用承压板式反力装置。

**8.2.5** 锚杆正式张拉前，取（0.1~0.2）倍最大试验荷载值预紧钢绞线，有利于减缓张拉过程中各钢绞线的受力不均匀性，减小锚杆的预应力损失。同时考虑到钢绞线在解除预应力后可能存在扭曲变形，需要更大荷载作用下才可能基本消除钢绞线存在的扭曲变形，将基本试验的初始荷载增加至最大试验荷载预估值的30%。

**8.2.6** 压力分散型锚杆的单元锚杆数量多，如何对各组单元锚杆合理施加试验荷载，关系到试验的结果。参照现行行业标准《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T401，给出了三种荷载分散型锚杆的张拉方法要求，不推荐等位移张拉整体试验法。三种张拉方法各有优缺点，具体如下：

1、并联千斤顶组同步张拉

各单元锚杆杆体中的荷载基本相同，能消除单元锚杆之间的差异荷载；但是实际操作困难，狭小空间较难同时安装多个千斤顶，单元锚杆的作用力较难与单元锚杆的轴线重合。

2、单元锚杆逐组张拉

该方法简单易行，但未反映荷载分散型锚杆的实际受力状态，试验效率较低。

3、补偿荷载整体张拉方法

按照行业标准《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T401附录A提供的补偿荷载整体张拉方法，该方法可实现在最大试验荷载状态下，各单元锚杆的理论荷载相等，有利于锚杆处于最佳受力状态。该方法在试验前需进行补偿荷载计算，实际操作的步骤多，当各单元锚杆设计参数不同时，补偿荷载计算复杂。

从实践效果来看，并联千斤顶组同步张拉的实际操作较困难，单元锚杆逐组张拉又未能反映锚杆的实际受力状态，故尽管补偿荷载整体张拉法的补偿荷载计算复杂，试验操作步骤多，荷载分散型锚杆宜优先采用补偿荷载整体张拉法。

## 8.3 基本试验

**8.3.1** 根据试验终止时锚头位移是否相对稳定，可将基本试验分为两种：极限抗拔承载力试验和验证性抗拔承载力试验。前者获得该种锚杆在特定地层条件下的最大承载力，后者仅是验证该种锚杆在特定地层条件下能否达到设计预估的抗拔承载力。两类试验终止加载的标准不同。

本条要求采用可回收锚杆首次应用于某类地层时，应进行以获得极限抗拔承载力为目标的极限抗拔承载力试验；此时，基本试验的锚杆不得选用工程锚杆。为获得锚固体的极限抗拔承载力，避免试验期间杆体强度不满足最大试验荷载要求而先行破坏，无法获得锚固体的极限抗拔承载力，试验前可适当加大杆体的截面面积或增加锚杆数量，确保杆体不先于锚固体破坏。

一般工程项目应进行验证性抗拔承载力基本试验。

**8.3.2** 当工程的地层条件基本相同或相似的情况下，可只做不少于3根的一组基本试验。若地层形态相差较大，存在较多的起伏或尖灭，则应根据地层实际情况，增加基本试验组数。

**8.3.5** 多循环加卸载法是锚杆基本试验的主要试验方法。统观国家标准《建筑地基基础设计规范》GB5007、《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086以及行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120、《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T401、《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T282，多循环加卸载法均分六个循环完成加卸载试验，从第一循环的加载最大值50%开始，每级一次增加10%，直至第六循环加载至100%最大试验荷载预估值，卸载则均卸载至初始荷载。

上述规范不同的是加卸载过程。若按照每一循环中加载增量按10%比例计取，初始荷载为10%比例的情况下，第六循环需要九级加载。为提高试验效率，《建筑基坑支护技术规程》JGJ120中第六循环加载级数减少至三级加载，《建筑地基基础设计规范》GB5007则为四级加载等，且初始荷载后不同规范的第二级加载值各有不同。

为适当提高试验效率，本条参照《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T401，规定如下：

1、加载过程中，试验荷载值小于50%比例时，按20%的比例分级加载；试验荷载值不小于50%比例时，按10%的比例分级加载；

2、卸载过程按照20%~30%的比例卸载；

3、每一循环加载过程中，由于前一循环在最大荷载作用下已经判稳，故非最大荷载作用下不判稳，且每级加载完成后的持荷时间内，分别在始末端测读两次位移读数，获得持荷时间内的位移差。

4、每一循环加载的最大荷载作用下，需要测读3次锚头位移，并判稳。

由于钢绞线在卸载后可能存在扭曲变形，其初始荷载宜为最大试验荷载预估值的30%。同时考虑到黏性土中位移随时间的变化较砂性土大，黏性土的每级加载时间为砂性土的2倍。欧盟标准中，基本试验考虑土层的蠕变特性，不单独做蠕变试验，但每一循环的最大试验荷载持荷时间较长，不大于55%荷载比例时，持荷时间为15min；荷载比例为70%~90%时，持荷时间为60min；100%荷载比例时持荷时间为180min。

**8.3.7** 验证性锚杆基本试验仅验证锚杆是否达到设计规定的抗拔承载力要求，因此，虽然在大于10%~20%最大试验荷载作用下，锚头位移仍然稳定，未达到7.3.6条锚杆破坏标准，仍需终止加载。若继续需要获得极限抗拔承载力时，应按基本试验分级要求继续加载，直至锚杆破坏。

**8.3.11** 可回收锚杆的长度，锚固段承载体和杆体的应力可能存在差异。有条件时，可在锚固段安装测试传感器，获得锚固段部位杆体、承载体等的数据资料。

## 8.4 蠕变试验

**8.4.2**  蠕变试验资料表明，荷载水平越高，蠕变量越大，趋于蠕变收敛的时间越长；荷载施加时，变形在加载初期的变化较大。为此，根据国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086、行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120和《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T401的规定，结合工程实践，规定分级加载的蠕变观测时间，并要求加载初期加密测读锚头位移值。

8.4.4蠕变率是表征锚杆蠕变特性的主要参数，表明锚杆蠕变的变化趋势。锚杆蠕变率大，表明特定土层中锚杆的长期位移未能稳定，其长期工作性能差。此时，设计时需要减小锚杆的作用荷载，获得较小的蠕变率和较稳定的长期工作性能。

本条参照行业标准《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T401，规定蠕变率的最大标准为2.0mm/对数周期，表明30min至50年内，锚杆蠕变量小于12mm。

## 8.5 验收试验

**8.5.1** 关于工程锚杆的验收试验数量，不同标准的规定有所差别。行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120规定锚杆抗拔承载力检测数量不应少于锚杆总数的5%，且同一土层中的锚杆检测数量不应少于3根。行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T282则未明确规定验收试验的数量。

国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086规定：工程锚杆必须进行验收试验，占锚杆总量5%且不少于3根的锚杆应进行多循环张拉验收试验，占锚杆总量95%的锚杆应进行单循环张拉验收试验。即100%工程锚杆均进行验收试验。

行业标准《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T401除列出应进行锚杆验收试验的三类锚杆：施工质量有疑问的锚杆、局部地质条件复杂部位的锚杆、关键受力部位的锚杆外，要求验收试验锚杆的数量不应少于锚杆总数的5%，且不应少于5根。为与国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086的衔接，该标准指出剩余锚杆的验收试验可由施工单位自行检测，以满足100%锚杆进行验收试验的要求。

欧盟标准中要求验收试验锚杆的数量为100%，和国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086一致。

施工后验收试验的目的是检验锚杆质量，查明工程隐患，确保安全。由于验收试验是目前判别锚杆质量合格的唯一可靠的科学方法。为使可回收锚杆规范施工并良好应用，促进其有效推广，本条采用和国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086、欧盟标准相一致的标准规定，100%锚杆需进行验收试验。实际操作过程中，可采用第三方试验单位进行多循环张拉验收试验、工程施工单位进行单循环张拉验收试验等不同主体相结合的做法。

下列锚杆应进行验收试验：

1、施工质量有疑问的锚杆；

2、局部地质条件复杂部位的锚杆；

3、关键受力部位的锚杆。

**8.5.3** 考虑到验收试验主要用于工程锚杆的验收，其施工前已有基本试验的数据资料，为提高试验效率，初始荷载可取30%的锚杆轴向拉力标准值。不同安全等级的支护锚杆多循环加卸载法中，可对应最大试验荷载值与轴向拉力标准值的比例，按表7.3.5-1选择相应的循环次数。当最大试验荷载的比值为130%时，第六循环次的最大试验荷载比例取130%。

**8.5.6** 可回收锚杆为压力型锚杆，若测得弹性位移小于相应荷载下钢绞线理论弹性伸长量的90%或钢筋锚杆的80%，表明锚杆杆体的注浆隔离效果差，注浆体可能部分侵入杆体的防护套管，杆体承受一定的摩擦力；若测得的弹性位移大于钢绞线理论弹性伸长量的110%，表明锚杆存在质量问题，可能锚杆注浆体已破坏，锚杆的承载力已削弱，严重时甚至危及工程安全。

考虑到可回收锚杆采用无粘结钢绞线，其非粘结隔离层在工厂加工，摩擦损失小。根据现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086以及参照英国标准BSI、德国标准DIN锚杆标准的规定，缩小锚杆验收试验获得的弹性位移区间。

## 8.6 回收试验

**8.6.1** 锚杆能否回收，是确定可回收锚杆工程应用可行性的关键因素。根据可回收锚杆回收工艺的不同，有需要拉拔辅索破坏锁定机构、顶进破坏挤压套的握裹力、克服回转锚筋摩擦力等类型，以及回收时无需拉拔的自钻自锁、自拆锚具、反向顶进类。

为保证可回收锚杆的回收性能，确保锚杆在其工作结束后可以回收，有必要进行锚杆回收试验，评判锚杆回收的难易以及改进锚杆施工工艺。回收试验目的如下：

1. 验证可回收锚杆承载头回收锚杆可靠性；
2. 验证可回收锚杆基于回收目标的施工工艺可行性；
3. 验证基于拉拔机理回收的锚杆最大回收拉力。

因此，不同回收工艺的锚固回收试验，其具体测试的内容不同。无需拉拔即可回收的锚杆，其回收试验不包含上述第3点。

**8.6.2** 可回收锚杆采用新型回收工艺时，应事先结合具体实际工程，在工程施工前进行锚杆回收试验，检验锚杆的可回收性，作为是否选择其用于工程的依据。为真实反映可回收性能，施工前进行的回收试验，锚固段注浆体强度不应低于设计强度。

具有类似地层中可回收锚杆的回收经验时，可在锚杆工作结束后，可回收条件具备下进行锚杆回收试验。

# 9 质量检验与验收

## 9.2 质量检验

**9.2.1** 本条给出了可回收锚杆原材料及部件质量检验的基本内容。可回收锚索在使用完成后回收的钢绞线经检验合格会重新用于产品生产，厂家应在其可回收锚杆产品的标识中说明其原材料是否为回收利用的钢绞线。

**9.2.2** 机械式可回收锚杆的解锁装置可重复使用，可逐个检验；热熔型可回收锚杆的熔断装置不可重复使用，因此只能逐个检验是否有损坏和电路是否连通。

**9.2.3** 可回收锚杆施工质量应严格进行过程控制，孔深、杆体长度的测量应该是客观和真实的，旁站监督是必要的。

**9.2.7** 机械锁型可回收锚杆、锚筋回转型可回收锚杆在施工后无有效的回收质量无损检验方法，应在施工过程中严格质量控制；热熔型可回收锚杆虽然可检测电路是否连通，但仍有可能出现熔断装置本身破坏的情况。