

重庆市工程建设标准

边坡预应力锚杆(索)技术标准

Technical standard for prestressed anchor of slope

DBJ50/T-497-2024

主编单位:重庆市建筑科学研究院有限公司

重庆市设计院有限公司

批准部门:重庆市住房和城乡建设委员会

施行日期:2025年01月01日

2024 重 庆

重庆工程建设

重庆市住房和城乡建设委员会文件

渝建标[2024]42号

重庆市住房和城乡建设委员会 关于发布《边坡预应力锚杆(索)技术标准》 的通知

各区县(自治县)住房城乡建委,两江新区、重庆高新区建设局,万盛经开区住房城乡建设局、双桥经开区建设局、经开区生态环境建管局,各有关单位:

现批准《边坡预应力锚杆(索)技术标准》为我市工程建设地方标准,编号为 DBJ50/T-497-2024,自 2025 年 1 月 1 日起施行。标准文本可在标准施行后登录重庆市住房和城乡建设技术发展中心官网免费下载。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆市建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容解释。

重庆市住房和城乡建设委员会

2024 年 10 月 18 日

重庆工程建设

前 言

根据重庆市住房和城乡建设委员会《关于印发 2014 年工程建设标准制订、修订项目计划的通知》(渝建〔2014〕371 号)要求,重庆市建筑科学研究院有限公司会同重庆市设计院有限公司等单位共同编制了《边坡预应力锚杆(索)技术标准》。

在编制过程中,编制组调查总结了近年来重庆市在边坡预应力锚杆(索)设计、施工、检测、监测及质量验收的工程经验,参考了国内有关技术标准,吸收了国内外相关科技成果,开展了多项专题研究,并在重庆市范围内广泛征求了有关单位的意见,经反复讨论、修改、充实,最后经审查定稿。

本标准的主要技术内容包括总则、术语和符号、预应力锚杆(索)类型、材料、设计、施工、监测及维护、检验及验收和相关附录。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,由重庆市建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。请各单位在执行本标准的过程中,注意总结经验,积累资料,并将有关意见和建议寄送至重庆市建筑科学研究院有限公司(地址:重庆市渝中区长江二路 221 号,邮政编码:400016,电话:023-63600116,传真:023-63870518)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和审查专家：

主 编 单 位：重庆市建筑科学研究院有限公司

重庆市设计院有限公司

参 编 单 位：重庆市建设工程质量检验检测中心有限公司

重庆交通大学

重庆市土木建筑学会

重庆建工第十一建筑工程有限责任公司

重庆开谨科技有限公司

重庆建工第三建设有限责任公司

重庆市江北区住房和城乡建设委员会

重庆电子科技职业大学

重庆设计集团工程管理咨询有限公司

重庆建筑工程职业学院

中建三局第三建设工程有限公司

主要起草人：张京街 周显毅 郑 罡 汤启明 张国彬

饶泉宇 吴华勇 刘 童 肖永刚 周祖勇

高 峰 姜 勇 李成芳 赵中娅 蒋志军

李新春 黄 嘉 刘亚蒙 邹轩红 赵 阳

彭 力 龚仁波 余 林 廖 继

审 查 专 家：何 平 冯永能 沈志宇 郭长春 张顺斌

雷 用 孙新敏

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	预应力锚杆(索)类型	5
3.1	一般规定	5
3.2	锚杆(索)类型	5
4	材料	8
4.1	一般规定	8
4.2	杆体	8
4.3	注浆材料	10
5	设计	12
5.1	一般规定	12
5.2	锚杆(索)设置与构造	12
5.3	锚杆(索)设计计算	13
6	施工	18
6.1	一般规定	18
6.2	定位与钻孔	18
6.3	杆体制作、存放和安装	19
6.4	注浆	21
6.5	张拉和锁定	22
6.6	施工检查	23
7	监测及维护	24
7.1	一般规定	24

7.2	监测数量、测点布设及监测频率	24
7.3	检查及维护	25
8	检验及验收	26
8.1	一般规定	26
8.2	质量检验	26
8.3	验收	28
附录 A	预应力锚杆(索)试验	29
本标准用词说明		44
引用标准名录		45
条文说明		47

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Type of prestressed anchor	5
3.1	General requirements	5
3.2	Type of prestressed anchor	5
4	Materials	8
4.1	General requirements	8
4.2	Prestressed anchor tendon	8
4.3	Materials of grout	10
5	Design	12
5.1	General requirements	12
5.2	Prestressed anchor arrangement and structure	12
5.3	Prestressed anchor calculation	13
6	Construction	18
6.1	General requirements	18
6.2	Location and drill hole	18
6.3	Fabrication deposit and installion of anchor tendon	19
6.4	Grouting	21
6.5	Stretching and locking	22
6.6	Construction inspection	23
7	Monitoring and maintenance	24

7.1	General requirements	24
7.2	Monitoring quantity, layout of measuring and monitoring frequency	24
7.3	Inspection and maintenance	25
8	Quality inspection and acceptance	26
8.1	General requirements	26
8.2	Quality inspection	26
8.3	Quality acceptance	28
Appendix A Prestressed anchor test		29
Explanation of Wording in this standard		44
List of quoted standards		45
Explanation of provisions		47

1 总 则

1.0.1 为在边坡预应力锚杆(索)的设计、施工及质量验收中贯彻执行国家的技术经济政策,合理利用国家资源,做到技术可靠、安全适用、经济合理、确保质量与保护环境,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于边坡工程中预应力锚杆(索)的设计、施工、质量验收及监测与维护。

1.0.3 边坡预应力锚杆(索)设计与施工,应综合考虑地质条件、边坡高度、周边环境、施工条件,因地制宜、合理选型、优化设计、精心施工,应强化施工质量控制与管理。

1.0.4 边坡预应力锚杆(索)的设计、施工及质量验收,除应符合本标准外,尚应符合国家、行业和地方现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 锚杆 anchor

安设于岩土体中将锚筋拉力向周围岩土体传递的细长受拉构件,其中锚筋采用钢绞线时也称为锚索。

2.1.2 锚筋 tendon

锚杆中用于传递纵向拉力的杆件。

2.1.3 杆体 tendon body

由锚筋与护套、定位架、束线环、止浆塞、叶片、螺纹、注浆管、排气管、导向帽、端帽、内锚具、承载体、防腐体等零部件的若干部分组装而成的杆件。

2.1.4 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。

2.1.5 锚杆锚固段 fixed anchor length

通过固结体或机械装置等将锚杆拉力传递给周围岩土体的杆体部分。

2.1.6 锚杆自由段 free anchor length

位于锚固段近端与锚头之间的杆体部分。

2.1.7 锚筋粘结段 tendon bond length

锚杆中与锚固体粘结并传递拉力给锚固体的锚筋部分。

2.1.8 锚筋自由段 tendon free length

位于锚具与粘结段(或承载体)近端之间、受力后能够自由伸

长产生拉应力的锚筋部分。

2.1.9 拉力型锚杆 bond type ground anchor

受力时锚固段处于拉剪状态的预应力锚杆。

2.1.10 压力型锚杆 compression type ground anchor

受力时锚固段处于压剪状态的预应力锚杆。

2.1.11 荷载分散锚杆 load-dispersive anchor

由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但共用同一锚头的多条个体锚杆组成的预应力锚杆,其中的个体锚杆称为单元锚杆。荷载分散型锚杆分拉力分散型或压力分散型锚杆两类。

2.1.12 持有荷载 residual load

预应力锚杆因受荷载作用而在锚筋上产生的拉力,其中张拉锁定后锚筋立即持有的拉力也称为锁定荷载。

2.1.13 无粘结预应力钢绞线 unbonded prestressing steel strand

表面涂敷防腐润滑涂层,外包护套,与护套之间可永久相对滑动的预应力钢绞线。

2.2 符 号

N_{ak} ——锚杆(索)轴向拉力标准值;

H_{tk} ——锚杆(索)水平拉力标准值;

A_s ——锚筋截面面积;

A_m ——锚固段注浆体横截面面积;

A_p ——预应力锚杆承载体与锚固段注浆体横截面净接触面积;

f_{py} ——钢筋或钢绞线抗拉强度设计值;

f_{ck} ——锚固段注浆体轴心抗压强度标准值;

f_{rbk} ——锚固段注浆体与地层间极限粘结强度标准值;

- f_{bk} ——锚固段注浆体与杆体间粘结强度标准值；
- D ——预应力锚杆(索)锚固段钻孔直径；
- d ——普通钢筋或预应力筋直径；
- K_b ——预应力锚杆(索)杆体抗拉安全系数；
- K ——预应力锚杆(索)锚固体抗拔安全系数；
- K_p ——预应力锚杆(索)锚固段注浆体局压安全系数；
- L_a ——锚固段长度；
- n ——普通钢筋或预应力筋根数；
- ξ ——采用 2 根或 2 根以上普通钢筋或预应力筋时,杆体与锚固体界面粘结强度降低系数；
- η ——有侧限锚固段注浆体强度增大系数。

3 预应力锚杆(索)类型

3.1 一般规定

3.1.1 预应力锚杆(索)主要分为拉力型、压力型、荷载拉力分散型和荷载压力分散型。

3.1.2 预应力锚杆(索)的类型应根据地质条件、工作条件、承载力大小、锚杆(索)材料及施工工艺等因素综合确定。

3.1.3 当拉力型或压力型锚杆(索)的锚固长度超过构造要求长度仍无法满足承载力要求时,宜采用荷载分散锚杆(索)。

3.1.4 腐蚀性较高的地层宜选用压力型或压力分散型锚杆(索)。

3.2 锚杆(索)类型

3.2.1 预应力锚杆(索)可采用拉力型或压力型等结构形式,拉力型锚杆宜由锚头、锚筋自由段及粘结段构成,压力型锚杆宜由锚头、锚筋自由段及锚端构成(图 3.2.1)。

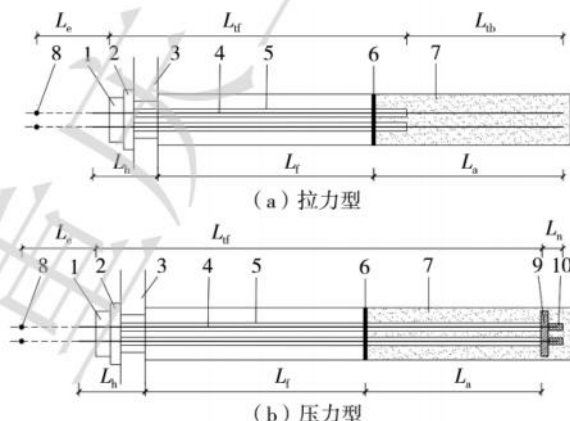


图 3.2.1 预应力注浆粘结锚杆(索)结构简图

1—锚具;2—锚垫板;3—锚座;4—杆体;5—护套;6—止浆塞;
7—浆体/锚固体;8—千斤顶夹持点;9—承载体/承载板;10—内锚具;

L_{tb} —锚筋粘结段; L_{if} —锚筋自由段; L_e —锚筋张拉段;

L_h —锚杆(索)锚头段; L_n —锚杆(索)锚固段; L_f —锚杆(索)自由段; L_n —锚筋锚固段

3.2.2 荷载分散锚杆(索)宜由共用同一锚头的两条及以上单元预应力锚杆(索)构成,其中单元锚杆(索)的粘结段或承载体应位于钻孔内不同位置(图 3.2.2)。

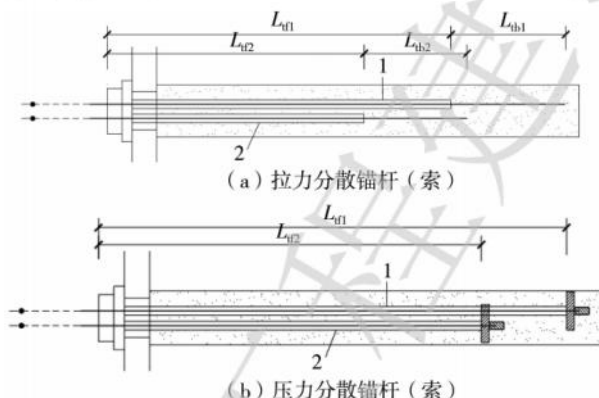


图 3.2.2 典型荷载分散锚杆(索)结构简图

1—1#单元锚杆(索);2—2#单元锚杆(索); L_{if1} —1#单元锚筋自由段;

L_{tb1} —1#单元锚筋粘结段; L_{if2} —2#单元锚筋自由段;

L_{tb2} —2#单元锚筋粘结段

3.2.3 全粘结锚杆宜由粘结段及锚头构成,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,固结体应全长与锚筋及地层粘结(图 3.2.3)。

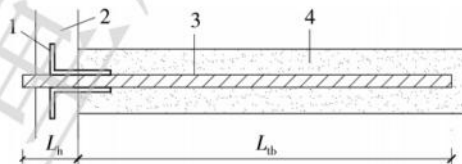


图 3.2.3 典型全粘结锚杆结构简图

1—锚具;2—锚座(传力结构);3—锚筋;4—浆体

3.2.4 自钻中空注浆锚杆宜由兼作钻杆的中空锚杆杆体、锚头及一次性钻头构成(图 3.2.4)。

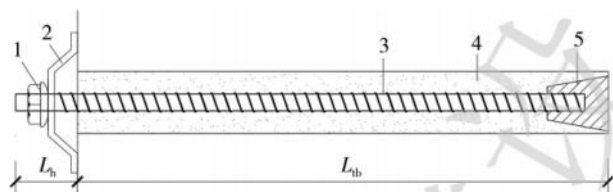


图 3.2.4 典型自钻中空注浆锚杆结构简图

1—球面螺母;2—托盘;3—中空杆体(螺纹钢管);4—浆体;5—合金钢钻头

4 材 料

4.1 一般规定

4.1.1 预应力锚杆(索)杆体可使用普通钢材、预应力螺纹钢筋和钢绞线等材料,其材料尺寸和力学性能应符合相关规范的要求。

4.1.2 预应力钢绞线不应接长,预应力螺纹钢筋应采用专用连接器接长。

4.1.3 锚杆(索)防腐设计应综合考虑锚杆(索)设计工作年限及所处地层的腐蚀性程度。

4.1.4 预应力锚杆(索)的注浆体材料应根据锚杆工作特性、地层类型、现场条件、施工方法和工程造价等因素,选择水泥系注浆材料、水泥基灌浆料或合成树脂系注浆材料。

4.2 杆 体

4.2.1 锚具应符合下列要求:

1 预应力筋用锚具、夹具和连接器的性能,均应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 和现行行业标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85 的规定;

2 锚具的静载锚固性能,应由预应力筋锚具组装件静载试验测定的锚具效率系数和达到实测极限拉力时组装件中预应力筋的总应变确定。锚具效率系数不应小于 0.95,预应力筋总应变不应小于 2.0%;

3 锚具罩应采用钢材或塑料制作加工,需完全罩住锚杆头

和预应力筋的尾端,与支承面的接缝应采用水密性接缝。

4.2.2 压力型及压力分散型预应力锚杆(索)的承载体应符合下列规定:

1 高分子聚酯纤维增强塑料承载体应具有与锚杆极限受拉承载力相适应的力学性能;

2 永久性锚杆(索)的钢板承载体应进行防腐处理。

4.2.3 承压板和台座应符合下列要求:

1 承压板和台座的强度和构造应满足预应力锚杆(索)拉力设计值及锚头和支承结构的连接构造要求;

2 承压板及过渡管宜由钢板和钢管制成,过渡钢管壁厚不宜小于 5mm。

4.2.4 居中隔离架材料应符合下列要求:

1 居中隔离架应由钢、塑料或其他对杆体与注浆体无害的材料制作而成;

2 居中隔离架不得影响锚杆(索)注浆体的自由流动;

3 居中隔离架的尺寸应满足预应力筋保护层厚度的要求。

4.2.5 套管材料应符合下列要求:

1 具有足够的强度和柔韧性,保证其在加工和安装过程中不损坏;

2 具有防水性、耐腐蚀性和化学稳定性,对杆体无腐蚀性;

3 与水泥浆、水泥砂浆或防腐油脂接触无不良反应。

4.2.6 注浆管应符合下列要求:

1 注浆管应具有足够的内径,能使浆体压至锚孔的底部;

2 一次注浆用注浆管应能承受 1.0MPa 的压力,重复高压注浆管应能承受不小于 1.2 倍最大注浆压力。

4.2.7 防腐材料应符合下列性能要求:

1 在预应力锚杆(索)的设计工作年限内,能保持防腐性能和物理稳定性;

2 具有防水性和化学稳定性,不得与相邻材料产生不良反应;

- 3 不得对预应力锚杆(索)自由段的变形产生限制和不良影响;
- 4 在张拉过程中或规定的工作温度内,不得开裂、变脆或成为流体。

4.2.8 腐蚀环境中的永久性锚杆(索)应采用Ⅰ级防腐保护构造设计;非腐蚀性环境中的永久性锚杆(索)及腐蚀环境中的临时性锚杆(索)应采用Ⅱ级防腐保护构造设计。

4.2.9 Ⅰ级及Ⅱ级防腐防腐保护构造设计应符合下列规定:

- 1 拉力型及拉力分散型锚杆(索)的锚固段应采用注入水泥浆的波形管,压力型及压力分散型锚杆(索)的锚固段应采用无粘结钢绞线;

- 2 对于Ⅰ级防腐保护,拉力型及拉力分散型锚杆(索)的自由段应采用注入油脂的保护套管或无粘结钢绞线,并在套管或钢绞线外再套光滑套管;压力型及压力分散型锚杆(索)的自由段应采用无粘结钢绞线,并在钢绞线外再套光滑套管;

- 3 对于Ⅱ级防腐保护,拉力型及拉力分散型锚杆(索)的自由段应采用注入油脂的保护套管或无粘结钢绞线;压力型及压力分散型锚杆(索)的自由段应采用无粘结钢绞线。

4.2.10 采用Ⅰ、Ⅱ级防腐保护构造的锚杆(索)杆体,水泥浆或水泥砂浆保护层厚度不应小于 20mm。

4.2.11 锚杆(索)锚头的防腐保护应符合下列要求:

- 1 需调整预应力值的永久性锚杆(索)的锚头宜装设钢质防护罩,其内应充满防腐油脂;

- 2 不需调整预应力值的永久性锚杆(索)的锚具、承压板及端头筋体可用混凝土防护,混凝土保护层厚度不宜小于 50mm。

4.3 注浆材料

4.3.1 注浆材料采用的水泥应符合下列要求:

- 1 水泥宜采用普通硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥,其质量

应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定,对防腐有特殊要求时,可采用抗硫酸盐水泥;

2 水泥强度等级应不低于 32.5,压力型预应力锚杆(索)应采用强度等级不低于 42.5 的水泥。

4.3.2 注浆材料采用的拌合水水质应符合现行行业标准《混凝土拌合用水标准》JGJ 63 的有关规定。

4.3.3 注浆用砂的含泥量按重量计不得大于总重量的 3%;砂中云母、有机质、硫化物和硫酸盐等有害物质的含量,按重量计不得大于总重量的 1%。

4.3.4 外加剂的使用不得对浆体与岩土体的粘结性能造成影响,不得对杆体产生腐蚀。

4.3.5 注浆材料采用水泥基灌浆料时,应符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的有关规定。

4.3.6 合成树脂系注浆材料应符合下列规定:

- 1 应满足锚固体强度和耐久性要求;
- 2 应具有良好的施工性能。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 锚固工程设计前,应根据建设场地的工程地质与水文地质条件、周边环境及施工技术能力,对采用预应力锚杆(索)的安全性、经济性及施工可行性进行分析。

5.1.2 预应力锚杆(索)的安全等级和设计工作年限应不低于所服务的边坡工程的安全等级和设计工作年限。

5.1.3 预应力锚杆(索)的锚固段不应设置在未经处理的有机质土或淤泥质土层、松散的填土、砂土或碎石土或液限 ω_L 大于 50% 的土层中。

5.1.4 下列边坡工程宜采用预应力锚杆(索):

- 1 对边坡的变形控制要求严格时;
- 2 边坡在施工期稳定性较差时;
- 3 边坡土压力或滑坡推力较大、普通锚杆不能满足要求时。

5.1.5 下列情况的锚杆(索)应进行基本试验:

- 1 采用新工艺、新材料或新技术的锚杆(索);
- 2 无锚固工程经验的岩土层内的锚杆(索);
- 3 一级边坡工程的锚杆(索)。

5.2 锚杆(索)设置与构造

5.2.1 预应力锚杆(索)的设置应避免对相邻建(构)筑物的基础、管网等产生不利影响。

5.2.2 预应力锚杆(索)锚固段的间距不宜小于 2.0m,当小于

2.0m 时,应将锚杆(索)倾角调整至相差 3° 以上。

5.2.3 第一排锚杆(索)锚固段的上覆土层的厚度不宜小于 4.0m,上覆岩层的厚度不宜小于 2.0m。

5.2.4 预应力锚杆(索)的倾角宜采用 $10^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 。

5.2.5 预应力锚杆(索)杆体钢筋的面积不超过钻孔面积的 20%。

5.2.6 预应力锚杆(索)的自由段杆体应设置有效的隔离层。

5.2.7 预应力锚杆(索)定位架应沿锚杆(索)轴线方向每隔 1m $\sim$ 3m 设置一个。

5.2.8 预应力锚杆(索)的自由段和锚固段长度应符合下列规定:

1 预应力锚杆(索)自由段长度应不小于 5.0m,且超过潜在滑裂面长度应不小于 1.5m;

2 土层预应力锚杆(索)的锚固段长度应不小于 4.0m,且不宜大于 10.0m;岩石预应力锚杆(索)的锚固段长度应不小于 3.0m,且不宜大于 $55D$ 和 8.0m;

3 当计算锚固段长度超过构造要求长度时,可采取扩大锚固段直径、改用分散型预应力锚杆(索)等措施。

5.3 锚杆(索)设计计算

5.3.1 预应力锚杆(索)的设计计算应包括下列内容:

- 1 杆体抗拉承载力计算;
- 2 锚固段杆体与注浆体、注浆体与地层间的抗拔承载力计算;
- 3 预应力锚具选用和台座局压承载力计算;
- 4 压力型锚杆(索)的锚固注浆体横截面的受压承载力计算。

5.3.2 预应力锚杆(索)轴向拉力标准值应满足下式的要求:

$$N_{ak} = \frac{H_{tk}}{\cos\alpha} \quad (5.3.2)$$

式中: N_{ak} ——相应于作用的标准组合时锚杆(索)所受轴向拉力

(kN);

H_{tk} —— 锚杆(索)水平拉力标准值(kN);

α —— 锚杆(索)倾角($^{\circ}$)。

5.3.3 预应力锚杆(索)锚筋面积应满足下式的要求:

$$A_s \geq \frac{K_b \cdot N_{ak}}{f_{py}} \quad (5.3.3)$$

式中: K_b —— 预应力锚杆(索)杆体抗拉安全系数,可按表 5.3.3 取值;

f_{py} —— 钢筋或钢绞线抗拉强度设计值(kPa);

A_s —— 锚筋截面面积(m^2)。

表 5.3.3 预应力锚杆(索)抗拉安全系数 K_b

边坡工程安全等级	临时性锚杆	永久性锚杆
一级	1.8	2.2
二级	1.6	2.0
三级	1.4	1.8

5.3.4 预应力锚杆(索)锚固体与岩土层间的长度应满足下式的要求:

$$L_a \geq \frac{K \cdot N_{ak}}{\pi \cdot D \cdot f_{rbk}} \quad (5.3.4)$$

式中: K —— 预应力锚杆(索)锚固体抗拔安全系数,可按表 5.3.4-1 取值;

L_a —— 锚固段长度(m);

f_{rbk} —— 锚固段注浆体与地层间极限粘结强度标准值(MPa),应通过试验确定,当无试验资料时,可按表 5.3.4-2 取值;

D —— 预应力锚杆(索)锚固段钻孔直径(mm)。

表 5.3.4-1 预应力锚杆(索)抗拔安全系数 K

边坡工程安全等级	临时性锚杆	预应力锚杆
一级	2.0	2.6
二级	1.8	2.4
三级	1.6	2.2

表 5.3.4-2 锚固段注浆体与地层间极限粘结强度标准值 f_{rbk} (kPa)

岩土类别		f_{rbk}
岩石	坚硬岩	1800~2600
	较硬岩	1200~1800
	较软岩	760~1200
	软岩	360~760
	极软岩	270~360
碎石土	密实	220~300
	中密	160~220
	稍密	120~160
砂土	密实	200~280
	中密	140~200
	稍密	100~140
粘性土	坚硬	65~100
	硬塑	50~65
	可塑	40~50
	软塑	20~40

注:1 适用于注浆体强度等级为 M30;

2 仅适用于初步设计,施工时应通过试验检验。

5.3.5 预应力锚杆(索)杆体与锚固体间的锚固长度应满足下式的要求:

$$L_n \geq \frac{K \cdot N_{ak}}{n \cdot \pi \cdot d \cdot f_{bk} \cdot \xi} \quad (5.3.5)$$

式中： f_{bk} ——锚固段注浆体与杆体间粘结强度标准值(MPa)，可按表 5.3.5 取值；

d ——钢绞线或预应力螺纹钢筋直径(m)；

n ——钢绞线或预应力螺纹钢筋根数；

ξ ——杆体与锚固体界面粘结强度降低系数，2 根钢绞线或预应力螺纹钢筋时取 0.85，3 根钢绞线或预应力螺纹钢筋时取 0.70。

表 5.3.5 锚固段注浆体与杆体间粘结强度标准值 f_{bk} (kPa)

杆体筋材	锚固体强度等级		
	M25	M30	M35
钢绞线	2750	2950	3400
预应力螺纹钢筋	2100	2400	2700

5.3.6 压力型及压力分散型预应力锚杆(索)锚固段注浆体承压面积应按下式验算：

$$N_{ak} \leq 1.35 \left(\frac{A_m}{A_p} \right)^{0.5} \cdot \eta \cdot f_{ck} \cdot A_p / K_p \quad (5.3.6)$$

式中： K_p ——预应力锚杆(索)锚固段注浆体局压安全系数，取 2.0；

A_m ——锚固段注浆体横截面积(mm²)；

A_p ——预应力锚杆(索)承载体与锚固段注浆体横截面净接触面积(mm²)；

η ——有侧限锚固段注浆体强度增大系数，由试验确定；

f_{ck} ——锚固段注浆体轴心抗压强度标准值(MPa)。

5.3.7 预应力锚杆台座应验算局部受压承载力，并应符合下列规定：

1 采用普通钢垫板时，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定验算锚具下混凝土局部受压承载力，垫板的刚性扩散角应取为 45°；

2 采用整体铸造垫板时,应根据产品技术参数要求选用配套锚垫板和螺旋筋,并确定锚垫板间距、边缘距离、局压加强钢筋及张拉时混凝土强度,局压设计符合《预应力用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85 的规定;

3 在锚固区的局部受压承载力计算中,压力设计值应取 1.2 倍张拉控制力和 $f_{pyk} A_p$ 中的较大值。

5.3.8 预应力锚具应根据工程环境、结构特点、预应力筋品种和张拉施工方法,合理选择适用的锚具和连接器。钢绞线锚具可选用夹片锚具、挤压锚具,预应力螺纹钢筋可选用螺母锚固。

5.3.9 预应力锚杆(索)的张拉控制应力不宜超过锚筋强度标准值的 0.65。

5.3.10 预应力锚杆的初始预加力(锁定荷载)应符合下列规定:

1 对位移控制要求较高的边坡工程,预应力锚杆的初始预加力(锁定荷载)值宜为锚杆拉力标准值;

2 对位移控制要求较低的边坡工程,预应力锚杆的初始预加力(锁定荷载)值宜为锚杆拉力标准值的 0.75~0.90 倍。

5.3.11 预应力锚杆(索)传力结构应符合下列规定:

1 预应力锚杆(索)传力结构应有足够的强度、刚度和耐久性;

2 传力结构与坡面的结合部位应做好防排水设计及防腐措施;

3 传力结构的混凝土强度等级不应低于 C30。

5.3.12 预应力锚杆(索)基本试验应按本标准附录 A.2 的规定执行。

6 施 工

6.1 一般规定

6.1.1 预应力锚杆(索)施工前应按要求编制施工组织设计或专项施工方案。

6.1.2 各种原材料、半成品、零部件及施工机械设备等应进行进场检验,合格后方可使用。

6.1.3 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。

6.1.4 不应在边坡潜在塌滑区内超量堆载。

6.1.5 边坡工程开挖后应及时按设计要求进行预应力锚杆(索)施工。

6.2 定位与钻孔

6.2.1 施工前应根据设计要求、边坡地质条件、周边环境、现场施工条件、技术水平等选择适宜的机械设备、钻具及施工工艺。

6.2.2 钻孔作业前应按设计按要求进行锚杆(索)孔位放线,孔位放线允许偏差为 20mm。

6.2.3 钻进施工工艺应符合下列规定:

1 地层受扰动后可能危及周边建(构)筑物的稳定时,应采用套管护壁钻进工艺;

2 易塌孔或缩孔地层及地下水有承压性或流动性地层,宜采用自钻式或套管护壁工艺;

3 裂隙发育透水性较强的岩层宜采取防止液体流失措施;

4 裂隙发育岩层及含水量低孔隙率较大土层,可能影响到地层稳定性或锚杆承载力时不宜采用水排渣工艺;

5 土层中的压力型锚杆宜采用套管护壁钻进工艺。

6.2.4 锚杆(索)钻孔应符合下列规定:

1 孔位总允许偏差为 100mm;

2 机械设备定位允许偏差为 50mm;

3 钻孔倾斜度允许偏差为 2%;

4 钻孔深度不应小于设计长度,也不宜大于设计长度 500mm;

5 安放锚杆(索)前应将孔内岩粉和土屑清洗干净。

6.2.5 俯斜式锚杆(索)钻孔底部清渣困难时可设置沉渣段,长度可根据地层性状确定,岩层中不宜少于 0.2m,土层中不宜少于 0.5m。

6.3 杆体制作、存放和安装

6.3.1 杆体的制作应符合下列一般规定:

1 杆体的制作、存储宜在工厂或施工现场的专门加工场地内进行;

2 制作前应对锚筋拉直、清除油污及除锈;杆体上不得有可能影响与注浆体有效粘结和影响锚杆使用寿命的有害物质;

3 杆体宜通过定位架及束线环等配件组装为整体,不宜焊接组装;其中锚筋采用预应力钢绞线时定位架距离不应大于 1.5m,采用普通钢筋和预应力螺纹钢筋时不应大于 2.0m,定位架的外径宜小于孔径 4mm~6mm;

4 除用于加固修复外钢绞线筋体不应接长;钢筋接长应符合《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ 107 及《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 有关规定;

5 注浆管、止浆塞及排气管等应与锚筋组装成整体,杆体各构件之间应连接牢靠,平行顺直;

6 杆体自由段应设置隔离套管,杆体外露于结构物或岩土体表面的长度应满足地梁、腰梁、台座尺寸及张拉锁定的要求;

7 加工完成的杆体在存储、搬运、安放时,应避免机械损伤、介质侵蚀和污染。

6.3.2 分散型锚杆(索)杆体的制作,尚应符合下列规定:

1 压力分散锚杆(索)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;

2 压力分散型锚杆(索)的承载体应与钢绞线牢靠固定,并不得损坏钢绞线的防腐油脂和外包塑料软管;

3 荷载分散型锚杆(索)应先制作单元锚杆再组装成整体,各单元锚杆外露端应作出明显标记并加以保护。

6.3.3 杆体的存放应符合下列规定:

1 杆体制作完成后应尽早使用,不宜长期存放,应避免机械损伤杆体或油渍溅落在杆体上;对存放时间较长的杆体,在使用前必须进行严格检查;

2 制作完成的杆体不得露天存放,宜存放在干燥清洁的场所;

3 当存放环境相对湿度超过 85% 时,杆体外露部分应进行防潮处理。

6.3.4 杆体的安装应符合下列规定:

1 杆体安装前,应对其是否存在锈蚀、损伤、附着泥土或油渍等进行检查,确保满足设计要求;

2 杆体安装时,应防止其扭压和弯曲,并不得损坏防腐层,杆体放入孔内应与钻孔角度保持一致;

3 锚杆杆体插入孔内的深度不应小于设计长度的 98%;

4 杆体安放后,不得随意敲击,不得悬挂重物。

6.3.5 杆体制作与安装质量应符合下列规定:

1 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,大于

3m 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 锚筋净距不小于保护层厚度；
- 6 钻孔外露杆体长度的允许负偏差为 10mm。

6.4 注 浆

6.4.1 注浆机械设备应综合注浆工艺、浆体种类、输送距离、注浆压力、注浆量等因素综合确定。

6.4.2 浆体配比应满足可灌性及浆体强度需求，并满足下列要求：

- 1 注浆材料采用水泥浆时，一次注浆水灰比宜为 0.45～0.55，二次注浆水灰比宜为 0.5～0.7；
- 2 水泥砂浆的灰砂比宜为 1:0.5～1:1.0；
- 3 灌浆料的用水量应严格按产品要求，不得通过增加用水量提高流动性。

6.4.3 锚杆(索)注浆应符合下列规定：

- 1 注浆浆液应搅拌均匀，随搅随用，并在初凝前用完；
- 2 向下倾斜的钻孔内注浆时，注浆管的出浆口应插入距孔底 300～500mm 处，浆液自下而上连续灌注，且确保孔内顺利排水、排气；
- 3 孔口宜设置止浆措施和拔套管后防止浆体返流或溢出措施；
- 4 应连续注浆，当孔口溢出浆液或排气管停止排气时，可停止注浆；当浆液沉缩未注满全孔时应及时二次补浆；
- 5 锚杆(索)承载力较高、地质条件较差时宜采用二次注浆工艺；
- 6 压力及压力分散型锚杆(索)宜对靠近承载体的锚固段进行多次注浆；
- 7 注浆后不得随意敲击杆体，也不得在杆体上悬挂重物。

6.4.4 每 30 根锚杆(索)应留 1 组浆体强度检验试件,每组不应少于 6 件。试件的标准养护期应为 28d。

6.5 张拉和锁定

6.5.1 预应力锚杆(索)的张拉和锁定应符合下列规定:

1 张拉前,应对张拉设备进行标定;锚固段浆体及台座混凝土强度不应低于 20MPa 并不小于设计强度的 0.8 倍;

2 钢垫板和锚头台座的承压面应平整,并与预应力锚杆(索)轴线方向垂直,偏角不大于 $\pm 2^\circ$;

3 张拉前,应先取 0.1~0.2 倍锚杆(索)拉力标准值预张拉 1~2 次,确保杆体完全平直,各部位接触紧密;

4 张拉顺序应考虑邻近锚杆(索)的相互影响。

6.5.2 预应力锚杆(索)张拉荷载宜为锚杆锁定值 1.05 倍~1.10 倍。

6.5.3 锚杆(索)的预应力锁定值应符合下列规定:

1 位移控制要求较高的预应力锚杆(索),锁定荷载宜为锚杆(索)轴线拉力标准值;

2 容许产生一定变形的预应力锚杆(索),锁定荷载宜为锚杆(索)轴线拉力标准值的 0.75 倍~0.90 倍;

3 锁定后预应力变化超过锚杆(索)拉力标准值的 10%时,应进行补偿张拉。

6.5.4 锚杆(索)张拉的荷载分级和位移观测时间应符合表 6.5.4 的规定。第 5 级持荷时间内锚头位移不大于 1.0mm 时判定为锚杆承载力合格,卸载至锁定荷载后锁定,位移大于 1.0mm 时按异常情况处理。

表 6.5.4 锚杆(索)张拉荷载的分级和位移观测时间

张拉荷载分级	位移观察时间(min)		加荷速率 (kN/min)
	锚固段为中风化岩层	锚固段为强风化岩层及土层	
$(0.10 \sim 0.20)N_{ak}$	1	2	≤ 100
$0.50N_{ak}$	1	2	
$0.75N_{ak}$	1	2	
$1.00N_{ak}$	1	2	≤ 50
$(1.05 \sim 1.10)N_{ak}$	10	15	

6.5.5 荷载分散型锚杆(索)宜对各单元锚杆(索)实施等荷载张拉并锁定,也可按本规范附录 A.5 的规定采用补偿张拉法。

6.5.6 锚杆(索)张拉锁定后宜采用砂轮锯或其他机械方法切割多余的预应力筋,不得采用电弧焊切割。切断后外露长度不宜小于预应力筋直径的 1.5 倍,且不应小于 50mm。

6.6 施工检查

6.6.1 施工中应对预应力锚杆(索)位置、钻孔直径、钻孔深度和倾斜度、锚固段岩土体类别、孔底沉渣和积水、预应力锚杆(索)杆体长度进行检查和记录。

6.6.2 施工中应对浆液配合比、注浆压力、注浆量进行检查和记录。

6.6.3 施工中应对锚杆分级张拉、锁定的荷载值及位移进行观测和记录。

7 监测及维护

7.1 一般规定

7.1.1 安全等级为一级的边坡工程中的预应力锚杆(索)应开展锚筋拉力监测。

7.1.2 设计单位应提出锚杆(索)监测技术要求,监测单位应在监测实施前编制监测方案,并经建设、设计、监理等单位认可。

7.1.3 锚杆(索)工程运营期应定期开展检查与维护工作。

7.1.4 监测与检查结果应及时向建设、监理、设计、施工等单位反馈。

7.2 监测数量、测点布设及监测频率

7.2.1 一级边坡工程中预应力锚筋拉力监测数量不宜少于锚杆(索)总数的5%且不少于3根。

7.2.2 锚杆(索)拉力监测点宜布置在同一监测断面上。监测断面应选择在设计计算受力较大且有代表性的位置。

7.2.3 监测频率应符合下列规定:

1 施工期间,锚杆(索)张拉锁定后的7d内宜1次/(1~2)d;7d后宜1次/(3~5)d;

2 运营期间,宜1次/(30~60)d,监测时间不应小于2年;

3 当长时间连续降雨、支护结构或周边建(构)筑物出现开裂变形、监测数据达到预警值或数据异常时,应增加监测频率。

7.2.4 锚杆(索)外锚头拉力监测可选用锚杆测力计,锚杆也可采用振弦式、电阻应变式或光纤光栅式等应力应变传感器。设备

安装前后应对其性能进行检查调试。

7.3 检查及维护

7.3.1 锚杆(索)工程运营期应定期开展以下现场检查工作:

- 1 锚头是否存在腐蚀及开裂变形状况;
- 2 是否存在引起锚杆腐蚀的介质或环境;
- 3 周边是否存在可能对锚杆(索)正常工作产生不利影响的振动、开挖、加载等作业;
- 4 工程截排水设施是否能正常工作。

7.3.2 腐蚀环境中,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检查分析。

7.3.3 应对检查发现的可能影响锚杆(索)工作性能的不利因素提出相应的处置措施。

8 检验及验收

8.1 一般规定

8.1.1 预应力锚杆(索)工程应按设计要求和质量合格条件进行质量检验和验收。

8.1.2 预应力锚杆(索)工程质量验收可分为施工前的检查验收、施工过程的检查验收及施工后的整体质量检验。施工前的检查验收包括预应力锚杆(索)所涉及的原材料抽检、场地条件核查。

8.1.3 锚杆(索)工程可作为一个分项工程进行验收。一个分项工程可划分为一个或若干个检验批。

8.1.4 检验批可根据施工组织、施工时间、质量控制和专业验收的需要,按工程量、施工段、施工时间等进行划分。

8.1.5 当锚杆(索)工程施工质量不符合本标准的规定时,应按下列规定进行处理:

- 1 经返工或返修的检验批,应重新进行验收;
- 2 经有资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的检验批,应予以验收;
- 3 经有资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求,但经原设计单位核算认可能够满足结构安全和使用功能的检验批,可予以验收;
- 4 经返修或加固处理的分项工程,确认能够满足安全和使用功能要求时,应按处理技术方案和协商文件的要求予以验收。

8.2 质量检验

8.2.1 预应力锚杆(索)施工前应对原材料和配套产品的质量进

行检验。应提供下列资料：

- 1 原材料及产品出厂合格证、材质单及检验报告；
- 2 原材料及产品现场抽检检验报告；
- 3 锚杆浆体强度等级配合比检验报告；
- 4 预应力锚杆杆体、锚具及承载体的连接锚固性能质量检验资料；
- 5 防腐保护质量检验资料。

8.2.2 预应力锚杆(索)施工中应对锚杆(索)位置、钻孔直径、长度、倾斜度、孔底沉渣和积水、杆体长度、注浆配比、压力及注浆量等进行检验。锚杆(索)成孔质量的检验应符合表 8.2.2 的规定。

表 8.2.2 锚杆(索)成孔质量检验标准

项目	序号	检查项目	允许偏差	检查数量	检验方法
主控项目	1	钻孔直径(mm)	不小于设计值	全数	尺寸
	2	钻孔长度(mm)	0,+500	全数	尺寸
	3	锚固段岩土体类别	设计要求	全数	观察、检查检测报告
一般项目	1	钻孔孔位(mm)	±100	全数	仪器测量
	2	钻孔倾斜度(%)	±2	全数	仪器测量
	3	孔底沉渣和积水	设计要求	全数	观察

8.2.3 预应力锚杆(索)工程质量检验应符合表 8.2.3 的规定。

表 8.2.3 预应力锚杆(索)工程质量检验标准

项目	序号	检查项目	允许偏差	检查数量	检验方法
主控项目	1	锚固体强度	设计要求	检验批抽样	检查试块强度报告
	2	抗拔承载力	设计要求	检验批抽样	检查锚杆检测报告
	3	预加力	设计要求	检验批抽样	检查施工记录
	4	锚固段长度	不小于设计值	全数	尺寸
	5	自由段长度	设计要求	全数	尺寸

续表8.2.3

项目	序号	检查项目	允许偏差	检查数量	检验方法
一般项目	1	注浆量	不小于理论计算值	全数	检查施工记录
	2	注浆压力	设计要求	全数	检查施工记录
	3	定位支架	设计要求	全数	尺量、观察
	4	台座尺寸(mm)	-10, +30	全数	尺量
	5	锚索外锚头锚筋外露长度及外观质量	锚筋外露长度不应小于50mm;不应有影响安全的外观缺陷	全数	尺量、观察

8.2.4 预应力锚杆(索)抗拔力验收检测应按本标准附录 A.3 的规定进行。

8.2.5 当设计有要求或需要评估张拉锁定后预应力损失情况时,应按本标准附录 A.4 的规定进行预应力锚杆(索)锁定荷载检测。

8.3 验收

8.3.1 预应力锚杆(索)工程验收应提交下列文件:

- 1 岩土工程勘察报告及设计文件;
- 2 施工组织设计和专项施工技术方案;
- 3 原材料质量证明、检验资料;
- 4 锚杆(索)工程施工记录;
- 5 隐蔽工程检查验收记录;
- 6 锚杆成孔质量检验资料;
- 7 锚杆质量检验资料;
- 8 工程重大问题处理文件;
- 9 竣工图。

8.3.2 施工及运营过程中开展了应力或变形监测工作时,尚应提供相关监测报告。

附录 A 预应力锚杆(索)试验

A.1 一般规定

A.1.1 预应力锚杆(索)试验包括基本试验、验收试验和锁定荷载值试验。

A.1.2 预应力锚杆(索)的最大试验荷载不应超过钢绞线极限强度标准值的 85%和预应力螺纹钢筋屈服强度的 90%。

A.1.3 试验加载装置的额定负荷能力不应小于最大试验荷载的 1.2 倍。

A.1.4 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。

A.1.5 试验的计量测试仪表及装置应在试验前进行检定校准,合格后方可使用。

A.1.6 锚固体强度达到设计强度的 90%后方可进行试验。

A.2 基本试验

A.2.1 预应力锚杆(索)基本试验的地层条件、锚杆(索)杆体和参数、施工工艺应与工程预应力锚杆(索)一致。

A.2.2 基本试验主要目的是确定锚固体与岩土层间粘结强度极限标准值、锚杆(索)计算参数和施工工艺。试验锚杆(索)的锚固长度和锚杆(索)根数应符合下列规定:

1 当开展锚固体与岩土层间极限粘结强度标准值、验证杆体与锚固体间粘结强度极限标准值的试验时,为使锚固体与地层间首先破坏,当锚固段长度取设计锚固长度时应增加锚筋用量,

或采用设计锚筋用量时应减短锚固段长度,试验锚杆(索)的锚固段长度对硬质岩取设计锚固段长度的 0.40 倍,对软质岩取设计锚固段长度的 0.60 倍;

2 当开展锚固段变形参数和应力分布的试验时,锚固段长度应取设计锚固长度;

3 同条件试验锚杆(索)数量均不应少于 3 根。

A.2.3 预应力锚杆(索)基本试验应采用多循环加卸载法。其加荷、持荷、卸荷方法应符合下列规定:

1 预加的初始荷载应取最大试验荷载的 0.3 倍,分级加载到最大试验荷载;

2 试验中的加荷速度宜为 $50\text{kN}/\text{min} \sim 100\text{kN}/\text{min}$,卸荷速度宜为加荷速度的 2 倍;

3 预应力锚索应在试验前对钢绞线进行预紧,预紧应符合下列规定:

1) 单束(单组)预应力筋的预紧荷载宜为 $(0.1 \sim 0.2) N_{ak}/n$,当连续两遍预紧伸长增量不超过 3mm 时,可终止预紧;

2) 整束或各组预应力筋宜共同进行预紧,预紧荷载宜为最大试验荷载的 15%,荷载施加完成后,持荷 5min ;卸荷并退出全部工具锚夹片。

4 基本试验的锚头位移相对稳定标准:每级荷载加荷和卸荷完毕后,应立即测量锚头位移值;在 $0\text{min} \sim 30\text{min}$ 观测时间内,当岩石锚杆/土层锚杆相邻两次锚头位移增量分别不大于 $0.05\text{mm}/0.10\text{mm}$ 时,可视为位移稳定;当 30min 内锚头位移仍不稳定时,则应延长观测时间,当岩石锚杆/土层锚杆出现 1h 内锚头位移增量分别不大于 $0.50\text{mm}/1.00\text{mm}$ 时,可视为位移稳定;

5 多循环加卸载法的荷载分级和持荷时间宜按照表 A.2.1 确定;

表 A. 2. 1 多循环加卸载法的荷载分级和观测时间

循环 次数	试验荷载值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	—	—	—	—	60	—	—	30
第二循环	30	50	—	—	—	60	70	—	50	30
第三循环	30	50	—	—	60	70	80	—	50	30
第四循环	30	50	—	60	70	80	90	70	50	30
第五循环	30	50	60	70	80	90	100	70	50	30
观测时间(min)		5	5	5	5	5	≥10	5	5	5

6 在每一循环的非最大荷载作用下,每级荷载加载或卸载完成后持荷 5min,并在第 0min、5min 测读锚头位移;

7 在每一循环的最大荷载作用下,加载完成后,应每隔 5min 测读一次锚头位移;当锚头位移达到相对稳定标准时,方可卸载;

8 当加载至最大试验荷载预估值尚未出现本标准第 A. 2. 5 条规定的终止加载情况时,宜按最大试验荷载预估值 10% 的荷载增量继续进行(1~2)个循环的加卸载试验。

A. 2. 4 荷载分散型预应力锚杆(索)基本试验的荷载施加方式宜与拟采用的施工张拉方式一致,并应符合下列规定:

1 采用补偿荷载整体张拉法时,应按本标准第 A. 5 条的要求进行张拉;

2 采用单元锚杆(索)逐组张拉法时,应从最短单元锚杆(索)至最长单元锚杆(索)的顺序对各组单元锚杆(索)进行逐组张拉;

3 采用并联千斤顶组同步张拉法时,应确保单元锚杆(索)的作用力方向与其轴线重合。

A.2.5 当基本试验出现下列情况之一时,应判定预应力锚杆(索)破坏,并终止加载:

- 1 锚固体从岩土层中拔出或锚杆(索)从锚固体中拔出;
- 2 预应力锚杆(索)杆体破坏;
- 3 土层锚杆(索)在 3h 内或岩石锚杆(索)在 2h 内,锚头位移不收敛;
- 4 总位移量超过设计允许值;
- 5 本次循环荷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位移增量的 5 倍;
- 6 已加载至最大试验荷载预估值或完成了增加的(1~2)级荷载试验,且锚头位移达到位移相对稳定标准。

A.2.6 基本试验结果宜按每级荷载与对应的锚头位移列表整理绘制多循环加卸载荷载~位移曲线(图 A.2.6-1)、多循环加卸载荷载~弹性位移与荷载~塑性位移曲线(图 A.2.6-2)。

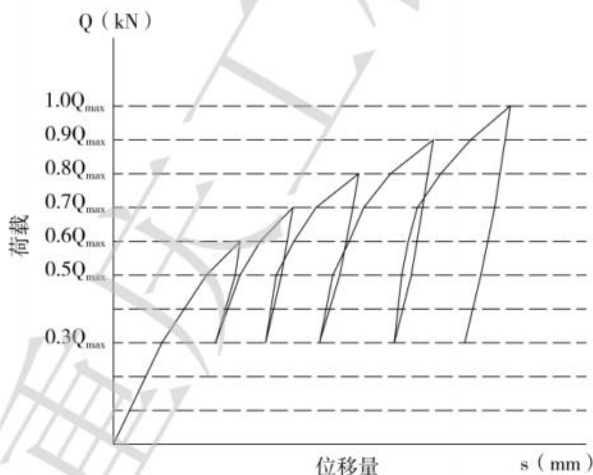


图 A.2.6-1 多循环加卸载法的荷载~位移曲线

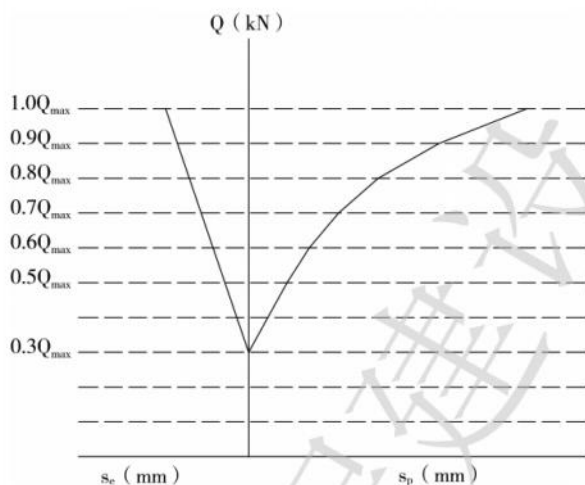


图 A.2.6-2 多循环加卸载法的荷载~弹性位移与荷载~塑性位移曲线

s_e —弹性位移; s_p —塑性位移

A.2.7 拉压型预应力锚杆(索)极限抗拔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预应力锚杆(索)破坏标准时,预应力锚杆(索)极限抗拔承载力取最大试验荷载。

A.2.8 荷载分散型锚杆(索)的极限抗拔承载力(Q_u)应按下列方法分析确定:

1 采用补偿荷载整体张拉法进行试验时,应按本标准第 A.2.7 条的规定取值;

2 采用单元锚杆(索)逐组张拉法、并联千斤顶组同步张拉法进行试验时,单元锚杆(索)的极限抗拔承载力应按本标准第 A.2.7 条的规定取值,锚杆(索)的极限抗拔承载力应取单元锚杆(索)极限抗拔承载力最小值与其单元锚杆(索)组数之乘积。

A.2.9 锚杆(索)极限抗拔承载力的统计取值应按下列方法确定:

1 参加统计的试验锚杆(索),当其试验结果满足极差不超过平均值的 30% 时,该批锚杆(索)极限抗拔承载力(Q_u)可取其平均值;

2 当极差超过 30% 时,宜增加试验数量,并分析极差过大的原因,结合工程实际情况确定该批锚杆(索)极限抗拔承载力。

A. 2. 10 锚杆(索)弹性变形计算应符合下列规定:

1 实测弹性变形量可取为锚头总位移与卸载至初始荷载时的锚头位移之差;

2 锚筋自由段的理论弹性伸长值可按下式计算:

$$\Delta L_1 = \frac{(Q_{\max} - Q_0)L_{\text{tf}}}{EA_s} \quad (\text{A. 2. 10})$$

式中: ΔL_1 ——从初始荷载至最大试验荷载,锚筋自由段的理论弹性伸长值(mm);

$Q_{\max}$ ——最大试验荷载(kN);

Q_0 ——初始荷载(kN);

L_{tf} ——锚筋自由段长度(m);

E ——锚筋弹性模量(MPa);

A_s ——锚筋横截面积(m^2)。

3 实测弹性位移量应大于最大试验荷载下锚筋自由段的理论弹性伸长值(ΔL_1)的 80%。

A. 2. 11 对荷载分散型锚杆(索),当采用单元锚杆(索)逐组张拉法、并联千斤顶组同步张拉法进行试验时,应按本标准第 A. 2. 10 条的规定对每组单元锚杆(索)进行弹性变形验算;当采用补偿荷载整体张拉法时,可仅对第一单元锚杆(索)(最长单元)进行弹性变形验算,其单元锚杆(索)的初始荷载可按本标准第 A. 5. 5 条的规定计算。

A. 2. 12 预应力锚杆(索)弹性变形不满足本标准第 A. 2. 10、A. 2. 11 条的规定时,应调整设计参数、施工工艺。

A. 3 验收试验

A. 3. 1 验收试验的受检锚杆(索)应随机抽取,对施工质量有怀

疑或设计有特殊要求时应单独抽样检测。

A.3.2 锚杆(索)抽检数量应取每种类型锚杆(索)总数的 5%；当锚杆(索)自由段位于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类岩石内时可取锚杆(索)总数的 1.5%，且均不得少于 5 根。

A.3.3 锚杆(索)验收荷载应按设计要求确定。

A.3.4 预应力锚杆(索)验收试验宜采用单循环加载法，也可采用多循环加卸载法，其加荷、持荷、卸荷方法应符合下列规定：

1 预加的初始荷载应取最大试验荷载的 0.3 倍，分级加载到最大试验荷载；

2 试验中的加荷速度宜为 $50\text{kN}/\text{min} \sim 100\text{kN}/\text{min}$ ，卸荷速度宜为加荷速度的 2 倍；

3 预应力锚索应在试验前对钢绞线进行预紧，预紧应符合下列规定：

- 1) 单束(单组)预应力筋的预紧荷载宜为 $(0.1 \sim 0.2) N_{ak}/n$ ，当连续两遍预紧伸长增量不超过 3mm 时，可终止预紧；
- 2) 整束或各组预应力筋宜共同进行预紧，预紧荷载宜为最大试验荷载的 15%，荷载施加完成后持荷 5min；卸荷并退出全部工具锚夹片。

4 锚头位移相对收敛标准：当后 5min 的位移增量小于前 5min 的位移增量时，可视为锚头位移达到相对收敛标准；

5 预应力锚杆(索)验收试验的单循环加卸载法应符合下列规定：

1) 单循环加卸载法的分级和观测时间宜按照表 A.3.4-1 确定；

表 A. 3. 4-1 验收试验单循环加卸载法荷载分级和观测时间

试验荷载值与最大试验荷载值的比例(%)									
初始荷载	加载过程						卸载过程		
30	50	60	70	80	90	100	70	50	30
观测时间(min)	≥10						5		

2) 每级荷载施加完成后,应每间隔 5min 测读一次锚头位移;

3) 锚头位移达到相对收敛标准时可施加下一级荷载;

4) 卸载时,每级荷载持荷 5min,并在第 0min、5min 测读锚头位移;

5) 当出现本标准第 A. 3. 6 条规定的终止加载情况时,可终止加载。

6 预应力锚杆(索)验收试验的多循环加卸载法应符合下列规定:

1) 多循环加荷、卸荷分级和观测时间宜按照表 A. 3. 4-2 确定;

表 A. 3. 4-2 验收试验多循环加卸载法荷载分级和观测时间

循环次数	试验荷载值与最大试验荷载值的比例(%)									
	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)	1	1	1	1	1	1	≥10	1	1	1

- 2) 在每一循环的非最大荷载作用下,每级荷载施加或卸载完成后,持荷 1min,测读一次锚头位移;
- 3) 在每一循环的最大荷载作用下荷载施加完成后,应每隔 5min 测读一次锚头位移;当锚头位移达到相对收敛标准时方可卸载;
- 4) 当出现本标准第 A. 3. 6 条规定的终止加载情况时,可终止加载。

A. 3. 5 荷载分散型锚杆(索)验收试验的荷载施加方式应符合本标准第 A. 2. 4 条的规定;

A. 3. 6 当出现下列情况之一时,应终止加载:

- 1 当出现本标准第 A. 2. 5 条第 1~5 款规定的情况之一时;
- 2 已加载至最大试验荷载值,且锚头位移达到相对收敛标准。

A. 3. 7 预应力锚杆(索)验收试验结果宜按荷载分级与对应的锚头位移列表整理。单循环加卸载法应绘制锚杆(索)荷载~位移曲线图(图 A. 3. 7),多循环加卸载法应按第 A. 2. 6 条要求绘制曲线图。

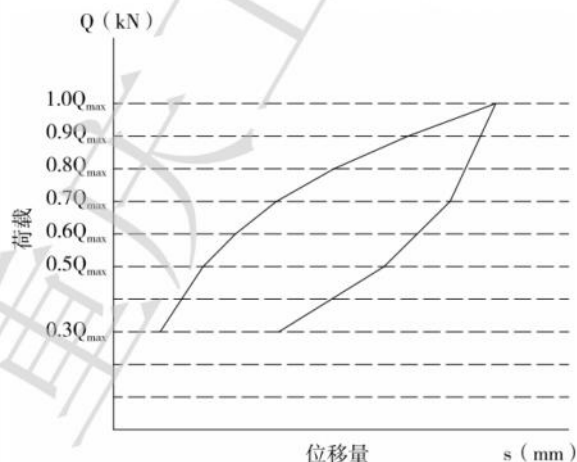


图 A. 3. 7 单循环加卸载法的荷载~位移曲线

A.3.8 预应力锚杆(索)的抗拔承载力检测值(T_y)应按下列方法分析确定:

1 当出现本标准第 A.3.6 条第 1 款中的五种情况之一时,取前一级(前一循环)荷载值;

2 当出现本标准第 A.3.6 条第 2 款情况时,取最大试验荷载值;

3 当采用单元锚杆(索)逐组张拉方法、并联千斤顶组同步张拉方法进行荷载分散型锚杆(索)试验时,单元锚杆(索)的抗拔承载力检测值应按本标准第 1 款的规定取值,锚杆(索)抗拔承载力检测值应取单元锚杆(索)抗拔承载力检测值的最小值与其单元锚杆(索)组数之乘。

A.3.9 锚杆(索)的弹性变形计算应符合下列规定:

1 实测弹性位移量可取为锚头总位移与卸载至初始荷载时的锚头位移之差;

2 锚筋自由段的理论弹性伸长值可按本标准公式(A.2.10)计算;

3 拉力型锚杆(索)锚筋自由段长度与 1/2 锚筋粘结段长度之和的理论弹性伸长值,可按下式计算:

$$\Delta L_2 = \frac{(Q_{\max} - Q_0)(L_{\text{tf}} + L_{\text{tb}}/2)}{EA_s} \quad (\text{A.3.9})$$

式中: ΔL_2 ——从初始荷载至最大试验荷载,锚筋自由段长度与 1/2 锚筋粘结段长度之和的杆体理论弹性伸长值(mm);

$Q_{\max}$ ——最大试验荷载(kN);

Q_0 ——初始荷载(kN);

L_{tb} ——锚筋粘结段长度(m);

L_{tf} ——锚筋自由段长度(m);

E ——锚筋弹性模量(MPa);

A_s ——锚筋横截面积(m^2)。

4 拉力型锚杆(索)实测锚头弹性位移量应大于锚筋自由段的理论弹性伸长值(ΔL_1)的 80%,且应小于锚筋自由段长度与 1/2 锚筋粘结段长度之和的理论弹性伸长值(ΔL_2);

5 压力型锚杆(索)实测锚头弹性位移量应大于锚筋自由段的理论弹性伸长值(ΔL_1)的 80%,且应小于锚筋自由段理论弹性伸长值(ΔL_1)的 120%。

A.3.10 符合下列规定时,锚杆(索)验收试验应评定合格:

1 抗拔承载力检测值不小于验收荷载;

2 锚杆(索)弹性变形量应符合本标准第 A.3.9 条的规定;对荷载分散型锚杆(索),当采用单元锚杆(索)逐组张拉法、并联千斤顶组同步张拉法进行试验时,应对每组单元锚杆(索)进行弹性变形验算,当采用补偿荷载整体张拉单循环加卸载法时,可仅对第一单元(最长单元)弹性位移量进行验算,其单元锚杆(索)的初始荷载可按本标准第 A.5.5 条的规定取值;

3 当设计有要求时,锚杆(索)的总位移量应满足设计要求。

A.4 锁定荷载检测

A.4.1 预应力锚杆(索)锁定荷载检测应在其张拉后 3 天内完成。

A.4.2 预应力锚杆(索)锁定荷载试验的最大试验荷载不应大于验收荷载。

A.4.3 对荷载分散型锚杆(索),锁定荷载检测宜采用单元锚杆(索)整体张拉法进行;当设计允许时,也可采用单元锚杆(索)逐组张拉法进行。

A.4.4 试验应分级加载,初始荷载宜为预应力锚杆(索)设计锁定力的 0.3 倍,之后应逐级等量加载,分级荷载宜为设计锁定力的 0.05 倍。

A.4.5 锚头位移测读及加卸载应符合下列规定:

1 每级荷载施加完成后应维持荷载 5min,并在第 0min、

5min 测读锚头位移;位移观测期间,荷载变化幅度不应超过分级荷载量的 $\pm 10\%$;

2 当出现锚头位移突变或锚具松动时,应继续施加 2 级荷载后终止试验;

3 试验完成后应按设计要求进行重新锁定。

A.4.6 试验数据的处理应符合下列规定:

1 宜列表整理所加荷载与对应的锚头位移,并绘制荷载-位移(Q-S)曲线;

2 荷载-位移(Q-S)曲线上两侧拟合直线延长线的交叉点所对应的荷载值应为预应力锚杆(索)的锁定荷载。

A.4.7 锁定荷载的检测值与设计锁定值的偏差为 $\pm 10\%$ 时判定为合格。

A.5 补偿荷载整体张拉法

A.5.1 本方法适用于荷载分散型锚杆(索)为实现在最大试验荷载状态下各组单元锚杆(索)理论荷载相等,而进行的各组单元锚杆(索)的差异荷载补偿张拉。包括补偿荷载计算、补偿荷载张拉步骤和补偿荷载张拉管理。

A.5.2 由 n 组单元锚杆(索)组成的荷载分散型锚杆(索),补偿荷载整体张拉时应从最长(第一组)的单元锚杆(索)开始,依次分别对各组单元锚杆(索)进行差异荷载张拉。

A.5.3 第 k 组单元锚杆(索)安装工具锚夹片前,对第 1~(k-1)组单元锚杆(索)施加的第 k 级补偿张拉荷载值(ΔQ_k)可按下列公式计算:

压力型锚杆(索):

$$\Delta Q_k = \sum_{i=1}^k \left(\frac{L_{tfi} - L_{tfk}}{L_{tfi}} \right) \bar{Q} \quad (\text{A.5.3-1})$$

$$\bar{Q} = \frac{Q_{\max}}{n} \quad (\text{A.5.3-2})$$

拉力型锚杆(索):

$$\Delta Q_k = \sum_{i=1}^k \left(\frac{L_{tifi} - L_{tifik}}{L_{tifi} + L_{tibi}/2} \right) \bar{Q} \quad (\text{A. 5. 3-3})$$

式中: ΔQ_k ——第 k 组单元锚杆(索)安装工具锚夹片前, 对第 1~(k-1) 组单元锚杆(索)施加的第 k 级补偿张拉荷载值(kN); $k=1, 2, \dots, n$, 且当 $k=1$ 时, 取 $\Delta Q_1 = 0$ kN;

L_{tifi} ——第 i 组单元锚杆(索)的锚筋自由段长度(m);

L_{tibi} ——第 i 组单元锚杆(索)的锚筋粘结段长度(m);

$\bar{Q}$ ——最大试验荷载状态下各单元锚杆(索)的理论荷载(kN);

$Q_{\max}$ ——最大试验荷载(kN);

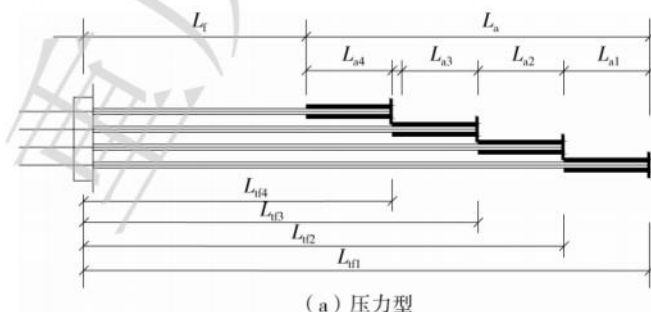
n ——荷载分散型锚杆的单元锚杆(索)组数。

A. 5. 4 由 n 组单元锚杆组成的荷载分散型锚杆(索)(图 A. 5. 4-1), 补偿荷载张拉实施步骤(图 A. 5. 4-2)应符合下列规定:

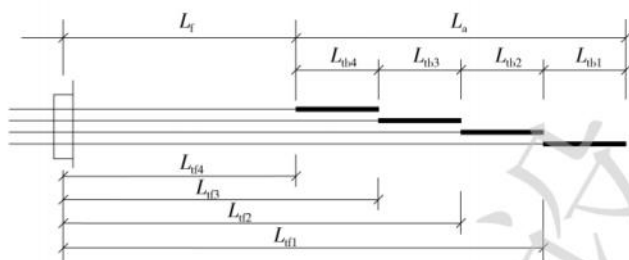
1 第 1 级补偿张拉荷载($\Delta Q_1 = 0$), 安装第一组单元锚杆(索)工具锚夹片;

2 第一组单元锚杆(索)张拉至第 2 级补偿张拉荷载(ΔQ_2), 安装第二组单元锚杆(索)工具锚夹片;

3 第 1~2 组单元锚杆(索)共同张拉至第 3 级补偿张拉荷载(ΔQ_3), 安装第三组单元锚杆(索)工具夹片;



(a) 压力型



(b) 拉力型

图 A.5.4-1 荷载分散型锚杆(索)示意图

L_f ——锚杆(索)自由段长度; L_a ——锚杆(索)锚固段长度;

L_{fi} ——拉力型锚杆(索)第 i 单元锚筋自由段长度; L_{tbi} ——第 i 单元锚筋粘结段长度;

L_{ai} ——压力型锚杆(索)第 i 单元锚杆锚固段长度($i=1\sim 4$)

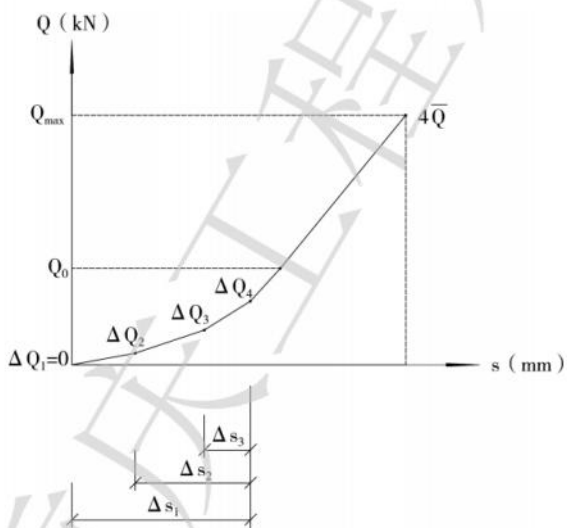


图 A.5.4-2 荷载分散型锚杆(索)补偿荷载张拉实施步骤示意图

Q_{max} ——锚杆(索)的最大试验荷载; Q_0 ——锚杆(索)的初始荷载;

$\bar{Q}$ ——最大试验荷载状态下各单元锚杆(索)的理论荷载;

ΔQ_k ——第 k ($k=1\sim 4$)级补偿张拉荷载;

Δs_k ——第 k ($k=1\sim 3$)组单元锚杆(索)的差异伸长量

4 第 1~3 组单元锚杆(索)共同张拉至第 4 级补偿张拉荷

载(ΔQ_4),安装第四组单元锚杆(索)工具夹片;

5 依次将第 1~(n-1)组单元锚杆(索)共同张拉至第 n 级补偿张拉荷载(ΔQ_n),安装第 n 组单元锚杆(索)工具夹片;

6 将 1~n 组单元锚杆(索)整体张拉至初始荷载(Q_0)。

A.5.5 按本标准第 A.5.3 条和第 A.5.4 条的规定进行补偿荷载张拉,且整体张拉至锚杆(索)初始试验荷载时,其单元锚杆(索)初始荷载可按下列公式计算:

1 拉力分散型锚杆(索):

$$Q_{0i} = \left(\frac{L_{tfi} - L_{tfn}}{L_{tfi} + L_{tbi}/2} \right) \bar{Q} + \frac{Q_0 - \Delta Q_n}{\sum_{k=1}^n \frac{L_{tfi} + L_{tbi}/2}{L_{tfk} + L_{tbk}/2}} \quad (\text{A.5.5-1})$$

2 压力分散型锚杆(索):

$$Q_{0i} = \left(\frac{L_{tfi} - L_{tfn}}{L_{tfi}} \right) \bar{Q} + \frac{Q_0 - \Delta Q_n}{\sum_{k=1}^n \frac{L_{tfi}}{L_{tfk}}} \quad (\text{A.5.5-2})$$

式中: Q_{0i} ——第 i ($i=1,2,\dots,n$) 组单元锚杆(索)的初始荷载(kN)。

A.5.6 本标准第 A.5.3 条和第 A.5.5 条确定的补偿张拉荷载值和单元锚杆(索)初始荷载值,适用于由锚固段长度相同、设计荷载相同、杆体面积相同的 n 组单元锚杆(索)组成的荷载分散型锚杆;当各组单元锚杆(索)的设计参数不同时,补偿张拉荷载值和单元锚杆(索)初始荷载值的计算方法应按本标准 A.5.1 条的原则确定。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

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

引用标准名录

- 1 《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003
- 2 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 3 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
- 4 《岩土锚杆(索)技术规程》CECS 22
- 5 《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086
- 6 《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224
- 7 《无粘结预应力钢绞线》JG/T 161
- 8 《预应力混凝土用螺纹钢筋》GB/T 20065
- 9 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 10 《混凝土拌合用水标准》JGJ 63
- 11 《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448
- 12 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370
- 13 《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85
- 14 《预应力混凝土结构设计规范》JGJ 369
- 15 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 16 《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》SL/T 62
- 17 《建筑边坡工程施工质量验收标准》DBJ50/T-100
- 18 《建筑边坡工程现场检测技术标准》DBJ50/T-137
- 19 《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T 401

重庆工程建设

重庆市工程建设标准

边坡预应力锚杆(索)技术标准

DBJ50/T-497-2024

条文说明

2024 重 庆

重庆工程建设

目 次

1	总则	51
2	术语和符号	52
2.1	术语	52
3	预应力锚杆(索)类型	53
3.1	一般规定	53
3.2	锚杆(索)类型	54
4	材料	55
4.1	一般规定	55
4.2	杆体	55
5	设计	57
5.1	一般规	57
5.2	锚杆(索)设置与构造	57
5.3	锚杆(索)设计计算	58
6	施工	60
6.1	一般规定	60
6.2	定位与钻孔	60
6.3	杆体制作、存放和安装	61
6.4	注浆	62
6.5	张拉和锁定	62
6.6	施工检查	65
7	监测及维护	66
7.1	一般规定	66
7.2	监测数量、测点布设及监测频率	66
7.3	检查与维护	67

8 检验及验收	68
8.1 一般规定	68
8.2 质量检验	68

1 总 则

1.0.1 重庆为典型的山地城市,工程建设中存在大量的边坡工程,锚杆(索)的应用非常普遍。近年来,拉压分散型预应力锚杆(索)的工程应用逐渐增多,而国家现行标准中对拉压型锚杆(索)的技术规定比较笼统,在工程设计、施工及质量验收过程中发现存在一些不规范行为。为使预应力锚杆(索)技术进一步标准化,做到技术可靠、安全适用、经济合理、确保质量与保护环境,制定本标准。

1.0.4 边坡预应力锚杆(索)设计、施工及质量验收,需要遵守的标准很多,本标准只是其中之一。与本标准有关的国家及地方现行标准有:

- (1)《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003;
- (2)《建筑地基基础设计规范》GB 50007;
- (3)《建筑边坡工程技术规范》GB 50330;
- (4)《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086;
- (5)《建筑边坡工程施工质量验收标准》GB/T 51351;
- (6)《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T 401;
- (7)《岩土锚杆(索)技术规程》CECS 22;
- (8)《建筑边坡工程施工质量验收标准》DBJ50/T-100;
- (9)《建筑边坡工程现场检测技术标准》DBJ50/T-137。

2 术语和符号

2.1 术 语

单元锚杆只有 1 条时称为荷载(拉力或压力)集中锚杆,简称拉力(或压力)型锚杆,有 1 条以上时称为荷载(拉力或压力)分散锚杆。

对于压力型锚杆(索),锚筋全长实际上处于无粘结自由状态,这与传统的拉力型锚杆(索)锚固段锚筋处于粘结状态有本质的区别,为了从概念上厘清二者的差别,本标准对锚筋粘结段及锚筋自由段进行了定义,以区别于锚杆(索)的锚固段及自由段。锚筋粘结段的作用是将拉力传递给锚固体或承载体,对于拉力型锚杆(索),设计时主要是计算锚筋在注浆体中的锚固长度;锚杆锚固段的作用是将拉力传递给周围岩土体,设计时主要是计算锚固体的长度。对于拉力型锚杆(索),锚筋粘结段通常与锚杆锚固段长度相等,对于压力型锚杆(索),锚筋全长自由、无粘结段但锚杆锚固段长度仍需通过计算确定。区分锚筋粘结段与锚杆锚固段还有利于避免压力型锚索弹性伸长量计算时出现概念上的混淆,即对于拉压型锚索,弹性伸长量计算仅考虑锚筋自由段长度,而不再区分锚杆自由段长度。

3 预应力锚杆(索)类型

3.1 一般规定

3.1.2 预应力锚杆(索)的选型受地质条件、荷载大小、施工工艺等多种因素的影响,初步设计时可按下表确定。

表 1 预应力锚杆(索)工作特性

锚杆类型	工作特性
拉力型预应力锚杆(索)	单锚的极限受拉承载力 200kN~1000kN; 当锚固段长大于 8m(岩层)和 10m(土层)时,锚杆(索)抗拔承载力的提高极为有限。
压力型预应力锚杆(索)	单锚的极限受拉承载力 $\leq 300\text{kN}$ (土层)和 $\leq 1000\text{kN}$ (岩石); 当锚固段长大于 8m(岩层)和 10m(土层)时,锚杆极限抗拔承载力的提高极为有限; 具有良好的腐蚀性能。
拉力分散型预应力锚杆(索)	锚杆极限抗拔承载能力可随锚固段长度增加成比例提高; 单位长度锚固段承载力高,蠕变量小。
压力分散型预应力锚杆(索)	锚杆极限抗拔承载能力可随锚固段长度增加成比例提高; 单位长度锚固段承载力高,蠕变量小; 具有良好的防腐性能。

3.1.3 锚杆(索)的抗拔力并不与锚固长度增加成正比,当锚固长度达到一定的长度后,锚杆(索)的抗拔力提高并不明显,《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 等标准均提出了拉力型或压力型锚杆(索)的锚固段构造要求最大长度,当超过这一长度时,可改用荷载分散型锚杆(索)。

3.1.4 拉力型锚杆(索)工作状态下锚固体处于受拉状态,因注浆锚固体抗拉强度小,易出现张拉裂缝,地下水极易通过裂缝渗入锚杆内部,从而导致锚杆杆体的防腐性差;压力型锚杆工作状

态下锚固体处于受压状态,注浆锚固体不易开裂,锚杆防腐蚀性较好。

3.2 锚杆(索)类型

3.2.1~3.2.2 预应力锚杆(索)的工作特性为: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,并将拉力传递给拉力型锚杆的粘结段、压力型锚杆的锚端段,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。

4 材 料

4.1 一般规定

4.1.1 有粘结钢绞线、无粘结钢绞线和环氧涂层钢绞线,应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的有关规定;无粘结钢绞线尚应符合现行行业标准《无粘结预应力钢绞线》JG/T 161 的有关规定;预应力螺纹钢筋应符合现行国家标准《预应力混凝土用螺纹钢筋》GB/T 20065 的有关规定。

4.2 杆 体

4.2.2 承载体是压力型锚杆(索)的关键受力部位,锚杆(索)拉力需通过承载体转化为对注浆体的压力。高分子聚酯纤维承载体具有耐腐蚀、高强高韧性的特点。钢制承载体由带有若干圆孔的钢板制作而成,无粘结钢绞线穿过圆孔并借助挤压锚与钢制承载体相固定。

4.2.4 隔离架应具有足够的强度、刚度,使其在安装过程中不致损坏,受力时不产生过大变形,与水泥砂浆接触时无不良反应。

4.2.9 对于锚杆(索)的使用寿命最大的威胁来自腐蚀,为规避锚杆(索)腐蚀风险,确保岩土锚固工程的长期稳定性,《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003 提出,腐蚀环境中的永久性锚杆应采用Ⅰ级防腐保护构造设计;非腐蚀性环境中的永久性锚杆及腐蚀环境中的临时性锚杆应采用Ⅱ级防腐保护构造设计。防腐保护构造设计技术要求可按《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086 的相关要求执行(表 2)。

表 2 锚杆 I、II 级防腐保护构造

防腐保护等级	锚杆类型	预应力锚杆及锚具防腐保护构造要求		
		锚头	自由端	锚固段
I	拉力型 拉力分散型	采用过渡管,锚具用混凝土封闭或用钢罩保护	采用注入油脂的护管或无粘结钢绞线,并在护管或无粘结钢绞线束外再套有光滑套管	采用注入水泥浆的波形管
	压力型 压力分散型	采用过渡管,锚具用混凝土封闭或用钢罩保护	采用无粘结钢绞线,并在无粘结钢绞线束外再套有光滑管	采用无粘结钢绞线
II	拉力型 拉力分散型	采用过渡管,锚具用混凝土封闭或用钢罩保护	采用注入油脂的保护套管或无粘结钢绞线	采用注入水泥浆的波形管或注浆
	压力型 压力分散型	采用过渡管,锚具用混凝土封闭或用钢罩保护	采用无粘结钢绞线	采用无粘结钢绞线

无粘结预应力钢绞线的材料性能、制作要求应符合《无粘结预应力钢绞线》JG/T 161 的相关规定。

4.2.11 调查表明,锚杆(索)的腐蚀破坏以锚头及其附近的杆体为主,因此当锚杆(索)张拉完成后,应及时对外露的筋体、锚具和承压板进行防腐保护。保护层厚度太小时,露天环境条件下极易引起筋体、锚具和承压板锈蚀,因此本条提出了保护层最小厚度要求。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.2 预应力锚杆(索)边坡工程的安全等级,应根据《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的要求,按边坡损坏后可能造成的破坏后果的严重性、边坡类型和边坡高度确定。

5.1.3 有机质土层作为预应力锚杆的锚固地层,会引起锚固体腐蚀破坏;液限 ω_L 大于 50% 的土层,由于其高塑性会引起明显蠕变,不能长久保持恒定的锚固力;松散的土层,锚固体单位面积上的摩阻力极低,难以达到工程所需的锚固力。

5.1.4 预应力锚杆(索)能主动提供支护抗力,可有效抑制开挖地层的变形;可显著提高地层软弱结构面或潜在滑裂面的抗剪强度,提高边坡稳定性;可改善岩土体的应力状态;可有效利用和加强岩土体的自稳能力;可提供较大的支护力。

5.2 锚杆(索)设置与构造

5.2.1 预应力锚杆的设置应充分考虑相邻建(构)筑物基础的形式、埋深、分布等情况,预应力锚杆的设置不得破坏已有基础或桩基,并应减小对基础或桩基的影响。

5.2.2 边坡预应力锚杆(索)通常是以群体的形式出现的,如果预应力锚杆布置得很密,会引起锚固段应力叠加,引起预“群锚效应”,应力锚杆(索)位移增大,从而使预应力锚杆(索)极限抗拔力不能有效发挥。群锚效应与锚固体间距、直径、长度及地层性状等因素有关。

5.2.3 为降低地面交通荷载等对锚固段承载力的影响,预防因采用较高的注浆压力而使上覆土层隆起,本条规定预应力锚杆(索)锚固段上部覆盖土层厚度不宜小于 4.0m,岩层厚度不宜小于 2.0m。

5.2.4 预应力锚杆轴线与水平面的夹角小于 10° 后,预应力锚杆外端灌浆饱满度难以保证,因此建议夹角一般不小于 10° 。由于预应力锚杆水平抗拉力等于拉杆强度与锚杆倾角余弦值的乘积,预应力锚杆倾角过大时预应力锚杆有效水平拉力下降过多,同时将对锚肋作用较大的垂直分力,该垂直分力在锚肋基础设计时不能忽略,同时对施工期锚杆挡墙的竖向稳定不利,因此锚杆倾角宜为 $10^\circ \sim 35^\circ$ 。

5.2.6 预应力钢筋隔离层的设置方法可采用在除锈去污后的钢筋上涂上润滑油脂,然后套上塑料管,与锚固段相交处的塑料管管口应密封并用铅丝绑扎。预应力钢丝束隔离层的设置方法可采用玻璃纤维布缠绕两层,外面再用粘胶带缠绕;也可将钢丝束的自由段插入特别护管内,护管与孔壁间的空隙可与锚固段同时进行注浆;预应力钢绞线隔离层的设置方法是在其杆体上涂防腐油脂,然后套上聚丙烯防护套。

5.3 锚杆(索)设计计算

5.3.6 对压力型及压力分散型预应力锚杆(索),由于承载体面积小于锚固段注浆体横截面积,注浆体工作时实际上呈现局部受压状态,故应对锚固段注浆体的承压能力进行验算。本条的计算公式参考了国家标准《预应力混凝土结构设计规范》JGJ 369 局部受压混凝土承载力计算公式。应当说明,预应力锚杆锚固段注浆体是在有侧限条件下工作的,有侧限的注浆体的抗压强度增大系数 η 与注浆体周边的岩土特性有关,应通过试验确定。

5.3.7 当采用普通钢垫板进行局部承压计算时,可按现行国家

标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定执行;当采用整体铸造的垫板时,需通过专门的试验确认其传力性能,该试验可按现行行业标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85 所述试验方法进行。

5.3.11 对不同性状的地层选择适宜的传力结构,其目的是将锚固力均匀地作用于边坡坡体,并满足在持续的锚固力作用下,不致出现传力结构的破损及地层的明显变形。传递预应力锚杆(索)拉力的格梁、腰梁、台座等的截面尺寸和配筋,应根据预应力锚杆(索)拉力标准值、地层承载力和预应力锚杆工作条件经计算确定。

6 施 工

6.1 一般规定

6.1.1 预应力锚杆(索)的施工具有很强的隐蔽性,科学、合理、有序地组织预应力锚杆施工,对确保锚固工程的质量影响很大,因此,预应力锚杆(索)施工前应充分核对设计要求、现场地层条件、环境条件,制定详细的施工组织设计。施工组织设计应对预应力锚杆(索)施工的主要环节(钻孔,杆体制作,存储及安放,注浆,张拉与锁定,封锚)有明确的技术要求,确定施工方法、施工材料、施工机械、施工程序、质量管理、进度计划、安全管理等事项。

6.2 定位与钻孔

6.2.3 套管护壁指在钻孔全部或部分长度内设置套管进行护壁的钻进工艺。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,有利于保证注浆饱满度和注浆质量,提高孔壁地层与注浆体的粘结强度。对于砂土、粉土、碎石土、填土、破碎及极破碎岩体等易塌孔、掉块或缩孔地层,地下水有承压性或流动性的地层,土层中的压力型锚杆在地层受扰动后可能危及邻近周边建筑物或公用设施的稳定时,宜采用套管护壁钻进工艺或自钻自进工艺;在裂隙发育的岩层进行锚杆施工时,可对锚固段周边孔壁进行渗水试验,当透水率大于 100Lu 时可采用填充注浆等预处理措施。

由于压力分散型预应力锚杆构造特殊,各单元锚杆尾端的承载体位于不同截面,有部分泥砂、石屑易残存在承载体截面上,在

注浆过程中,由于泥砂、石屑容重大于水泥砂浆,各单元锚杆承载体附近的泥砂、石屑随着水泥砂浆的注入向孔底移动,导致承载体与水泥砂浆之间结合不紧密,影响承载体的压力有效传递到附近的水泥砂浆上,对锚杆受力不利。当成孔质量较高、洗孔干净时,也可采用无套管护壁钻孔。

6.2.5 当孔底沉渣不易清除干净时,可在钻孔底部设置沉渣段收集沉渣。根据不同地层及钻进方式,岩层建议取 $0.2\text{m}\sim 0.5\text{m}$,土层中取 $0.5\text{m}\sim 2.0\text{m}$ 。地层较好、粗颗粒含量少、干成孔、锚杆俯角较小等条件下沉渣较薄,取较小值,反之则取大值。

6.3 杆体制作、存放和安装

6.3.1 预应力钢绞线不宜接长及焊接组装,否则容易影响其力学性能。采用预应力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。

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,锚杆定位架的外径宜小于孔径 $4\text{mm}\sim 6\text{mm}$;波纹管内径宜大于内定位架外径 $4\text{mm}\sim 6\text{mm}$ 。压力型锚杆(索)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(索)及有多束锚筋的端帽主要起导向作用。

6.3.3 预应力钢材应存放于干燥的仓库中。露天及现场存放应在地面上架设枕木,严禁与潮湿地面直接接触,并加盖篷布或搭盖防雨棚,尽量缩短存放期限,特殊环境应在订货中采用防锈包装。预应力钢材表面浮锈不影响使用,但锈蚀成目视可见的“麻坑”将影响其力学性能。

6.4 注 浆

6.4.2 水泥浆或水泥砂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,常影响注浆作业正常进行;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,常影响锚固效果。

6.4.3 压力及压力分散型锚杆(索)宜将注浆管管口放置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。二次或多次注浆宜在一次注浆浆体终凝前进行。

6.5 张拉和锁定

6.5.1 正式张拉前,取 0.1~0.2 倍拉力标准值对各钢绞线预紧十分重要,有利于消除张拉过程中各钢绞线的受力不均匀性以及减小预应力锚杆(索)的预应力损失。

6.5.3 锁定时张拉荷载应考虑杆体材料的内缩变形、自由段摩擦引起的预应力损失的影响,预应力锚杆锁定后预应力变化一般不应超过锚杆拉力标准值的 10%。超出此范围时,为了满足设计要求的性能,应进行补偿张拉。

对需调整拉力的预应力锚杆(索),锚头应设计成可进行补偿张拉的形式,而用混凝土封锚的方式不能实现对预应力的调整。

6.5.5 荷载分散锚杆(索)在一个钻孔中安装多个单元锚杆,每个单元锚杆都有独自の锚筋自由段,张拉时因为锚筋自由段长度不同,若对每个单元锚杆施加的荷载相同则单元锚杆之间的位移不同,即存在着位移差;若每个单元锚杆的位移相同则承担的荷载不同,即存在着荷载差。荷载分散锚杆的张拉方法,常见的有同步张拉法、补偿张拉法、单拉单锁法等。同步张拉法(等荷载张

拉法)即采用多个千斤顶对各单元锚杆等荷载同步张拉,不需考虑位移差或荷载差,操作亦简单;补偿张拉法原理为,按先长后短顺序依次张拉单元锚杆,逐次预先补偿在相同荷载作用下因锚筋自由段长度不等引起的弹性位移差,再整体张拉并锁定;单拉单锁法即采用一个千斤顶对各单元锚杆依次张拉锁定,应按先短后长顺序,如果先长后短,后张拉的单元锚杆对前面已锁定的单元锚杆有一定的卸载效应,会导致最后张拉的最短单元锚杆受力最大,从而使锚杆安全风险加大。这三种张拉方法理论上都能使单元锚杆受力相等,但后两种实际操作时很难保证,国际标准中仅建议采用同步张拉法,认为其它方法均不够准确。近些年来,国内多千斤顶等荷载同步张拉及锁定法工程应用越来越多,业界已经积累了丰富的经验。

补偿张拉工艺为(以由四个单元预应力锚杆组成的压力分散型预应力锚杆为例):

1 荷载、位移计算。

1) 每个单元锚杆所受的拉力,由下式计算:

$$P_n = \frac{P_d}{n}$$

式中: P_d ——预应力锚杆拉力值(N);

n ——单元预应力锚杆数量(个);

2) 每个单元预应力锚杆的弹性位移量(mm),由下式计算:

$$S_i = \frac{P_n L_i}{E_s A_s}$$

式中: L_i ——每个单元预应力锚杆的长度(mm);

E_s ——钢绞线的弹性模量(N/mm²);

A_s ——每个单元预应力锚杆钢绞线的截面积(mm²)。

3) 各单元预应力锚杆的预加荷载 P_i ,由下式计算:

$$P_i = P_{i-1} + [(i-1)P_n - P_{i-1}] \times \frac{S_{i-1} - S_i}{S_{i-1}} (i=2,3,4,\dots)$$

2 张拉步骤。

- 1) 将张拉工具锚夹片安装在第一单元预应力锚杆的钢绞线上,张拉至张拉管理图上荷载 P_2 ;
- 2) 在张拉工具锚夹片仍安装在第一单元预应力锚杆钢绞线的基础上,将张拉工具锚夹片安装在第二单元预应力锚杆的钢绞线上,继续张拉至张拉管理图上荷载 P_3 ;
- 3) 在张拉工具锚夹片仍安装在第一、二单元预应力锚杆钢绞线的基础上,将张拉工具锚夹片安装在第三单元预应力锚杆的钢绞线上,继续张拉至张拉管理图上荷载 P_4 ;
- 4) 在张拉工具锚夹片仍安装在第一、二、三单元预应力锚杆钢绞线的基础上,将张拉工具锚夹片安装在第四单元预应力锚杆的钢绞线上,继续张拉至张拉管理图上的组合张拉荷载 $P_{\text{组}}$;
- 5) 各单元预应力锚杆组合张拉至设计拉力值或锁定拉力值。

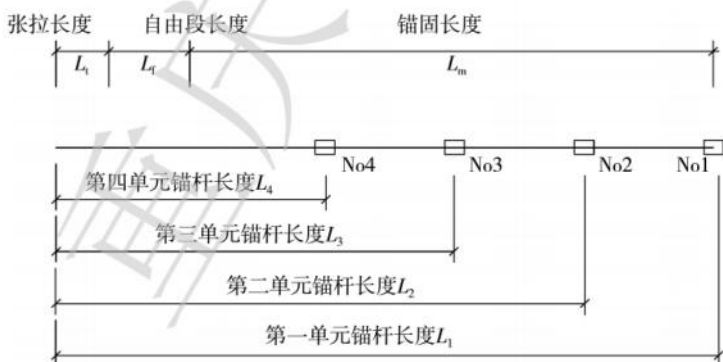


图 6 分散型锚杆(索)长度示意图

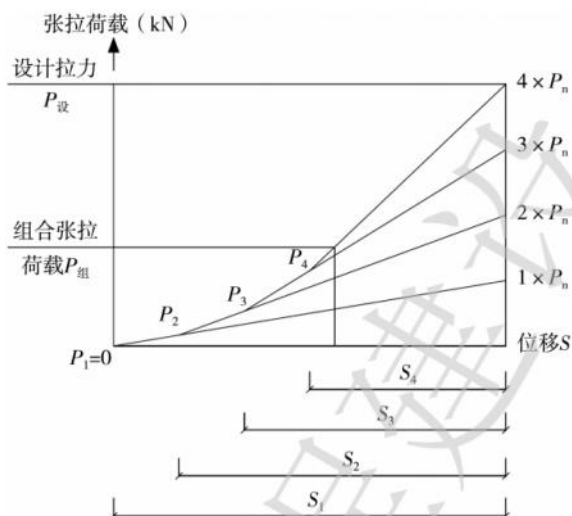


图 7 张拉管理示意图

6.6 施工检查

6.6.1~6.6.3 由于预应力锚杆(索)为隐蔽性工程,施工全过程中各环节的施工质量均应得到有效的控制,包括锚杆的杆体制作、成孔、灌浆以及预应力锚杆的张拉锁力锁定,涵盖锚杆施工全过程。预应力锚杆施工过程中检查、观测和记录,是保证锚杆施工质量的必要措施,也是施工质量验收的必备过程资料。

7 监测及维护

7.1 一般规定

7.1.1 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 提出应对安全等级为一级的边坡工程中的锚杆(索)开展拉力监测,《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120、《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T 401 也提出了类似要求,本条的技术要求与相关规范保持一致。对于锚杆,监测元器件可布设在主筋上,对于锚索,监测元器件可布设在外锚头工作锚和锚垫板之间。

7.1.2 本条强调监测技术要求应由设计单位提出。设计单位对支护结构中锚杆(索)的受力变形特点认识比较充分,由设计单位提出监测技术要求,便于根据监测成果验证设计参数,及时进行动态设计。

7.1.3 岩土锚固工程会经常受到暴雨、荷载增加、爆破、开挖、震动及周围出现腐蚀条件等不利因素影响,造成锚杆(索)工作荷载增加及工作性能降低。运维阶段定期开展检查和维护工作,可及时发现安全隐患,掌握工程在设计使用年限内的安全状态,为及时采取相关措施提供依据,如发现不利于工程安全的危险源应积极排除。

7.2 监测数量、测点布设及监测频率

7.2.2 把监测点尽可能布置在计算受力较大的同一监测断面上,便于对监测到的锚杆(索)拉力值与设计计算值进行比较,分析不同工况下锚杆(索)拉力的变化趋势。

7.2.4 由于锚杆(索)工作环境较差,可能会由于使用及安装不当或环境恶劣等造成计量器具受损或计量参数发生变化,因此,设备安装后应对其性能进行检查,发现问题应查明原因并重新检定。

7.3 检查与维护

7.3.2 现场应重点对锚头和邻近锚头自由段的锚杆腐蚀状况进行检查,可拆除锚头保护钢罩、混凝土保护层以及距锚头 1.0m 范围的自由段注浆体进行外观检查,或取样进行物理化学分析。应及时修复因检查维护锚杆被临时拆除的封锚混凝土等构造措施。

7.3.3 对检查发现的不利于锚杆(索)安全的不利因素提出相应的处置措施,如,检查发现锚杆(索)的变形超出设计范围时,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;发现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。

8 检验及验收

8.1 一般规定

8.1.5 施工质量不合格的检验批,应返工、返修,并应重新验收;通过返修或加固处理仍不能满足安全使用要求的锚杆(索)工程,严禁验收。

8.2 质量检验

8.2.4 预应力锚杆锁定值检验的目的是检验预应力锚杆的预应力初始锁定值、锁力变化过程以及锚杆工作预应力变化(如逆作法开挖),为是否进行补偿张拉和预应力锚杆有效控制边坡变形提供依据。

预应力锚杆的预应力锁定值检验方法引用《建筑边坡工程施工质量验收标准》DBJ50/T-100 的相关规定。