

广西壮族自治区工程建设地方标准 DB

DBJ/TXX-XXX-201X

备案号：JXXXXXX-XXX

锚杆检测技术规程

Technical specification for testing of anchors

（征求意见稿）

201X-XX-XX 发布

201X-XX-XX 实施

广西壮族自治区住房和城乡建设厅 发布

广西壮族自治区工程建设地方标准

锚杆检测技术规程

Technical specification for testing of anchors

DBJ/TXX-XXX -201X

备案号 JXXXX-201X

批准部门：广西壮族自治区住房和城乡建设厅

主编单位：广西壮族自治区建筑工程质量检测中心

施行日期：201X 年 XX 月 XX 日

201X 南宁

前 言

根据广西壮族自治区住房和城乡建设厅《关于下达 2016 年度广西壮族自治区工程建设地方标准及标准设计图集制（修）订项目计划的通知》（桂建标[2016]7 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考了有关国内标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定了本规程。

本规程主要内容包括：1. 总则、2. 术语和符号、3. 基本规定、4. 基本试验、5. 验收试验、6. 蠕变试验、7. 锁力监测、8. 锚固质量无损检测、附录和条文说明。

本规程由广西壮族自治区住房和城乡建设厅负责管理，由广西建筑工程质量检测中心负责具体技术内容的解释。本规程实施过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验、积累资料，随时将意见或建议反馈给广西壮族自治区住房和城乡建设厅标准定额处（地址：南宁市金湖路 58 号广西建设大厦，邮编：530022）或广西建筑工程质量检测中心（地址：南宁市西乡塘区北际路 1 号，邮编：530005），以供修订时参考。

本规程主编单位：广西壮族自治区建筑工程质量检测中心

本规程参编单位：

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

目次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	5
3 基本规定	8
3.1 一般规定	8
3.2 检测工作程序	8
3.3 检测方法的选择及检测数量	10
3.4 验证与扩大检测	12
3.5 检测报告	12
4 基本试验	14
4.1 一般规定	14
4.2 仪器设备及其安装	15
4.3 现场操作	17
4.4 检测数据分析与判定	19
5 验收试验	21
5.1 一般规定	21
5.2 仪器设备及其安装	21
5.3 现场操作	22
5.4 检测数据分析与判定	23
6 蠕变试验	26
6.1 一般规定	26

6.2 仪器设备及安装.....	26
6.3 现场操作	26
6.4 检测数据分析与判定	27
7 锁力监测.....	29
7.1 一般规定	29
7.2 仪器设备及安装.....	29
7.3 现场操作	31
7.4 监测数据处理与信息反馈.....	33
8 锚杆锚固质量无损检测	34
8.1 一般规定	34
8.2 仪器设备	34
8.3 现场检测	35
8.4 检测数据分析与评定.....	36
附录 A 锚杆拉拔反力装置.....	42
附录 B 锚杆基本试验曲线.....	45
附录 C 锚杆验收试验曲线.....	46
附录 D 锚杆蠕变试验曲线.....	47
附录 E 锚杆模拟试验	48
附录 F 单根锚杆检测结果表.....	51
附录 G 单元工程锚杆检测成果表.....	52
附录 H 补偿荷载整体张拉方法	53
附录 I 检测与监测记录表	58
本规程用词说明	66
引用标准名录.....	67
附：条文说明.....	68

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	5
3	Basic Requirements	8
3.1	General Requirements.....	8
3.2	Programme of Inspection.....	8
3.3	Selection of Test methods ,Number of Test Anchors	10
3.4	Verification and Extended Tests.....	12
3.5	Test Report.....	12
4	Basic Test.....	14
4.1	General Requirements.....	14
4.2	Equipments and Installation.....	15
4.3	Field Operations.....	17
4.4	Test Data Interpretation	19
5	Acceptance Test.....	21
5.1	General Requirements.....	21
5.2	Equipments and Installation.....	21
5.3	Field Operations.....	22
5.4	Test Data Interpretation	23
6	Creep Test.....	26
6.1	General Requirements.....	26
6.2	Equipments and Installation.....	26

6.3	Field Operations.....	26
6.4	Test Data Interpretation	27
7	Anchor Lock-offload Monitoring	29
7.1	General Requirements.....	29
7.2	Equipments and Installation.....	29
7.3	Field Operations.....	31
7.4	Monitoring Data Processing and Information Feedback .	33
8	Nondestructive Testing of Rock Bolt System.....	34
8.1	General Requirements.....	34
8.2	Equipments	34
8.3	Field Operations.....	35
8.4	Test Data Interpretation	36
	Appendix A Anchor Drawing Counterforce Device.....	42
	Appendix B Test Curves of Basic Test.....	45
	Appendix C Test Curves of Acceptance Test	46
	Appendix D Test Curves of Creep Test	47
	Appendix E Model test of Anchor	48
	Appendix F Test results tables of Anchor.....	51
	Appendix G Test results tables of Engineering Anchors	52
	Appendix H Stressing Method of Differential Loads	53
	Appendix I Record Sheets of Testing and monitoring.....	58
	Explanation of Wording in This Specification	66
	List of Quoted Standards	67
	Addition: Explanation of Provisions.....	68

1 总则

1.0.1 为了规范锚杆检测，做到安全适用、技术先进、数据准确、评价正确，为设计、施工及验收提供可靠依据，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑工程和市政工程中岩土锚杆的检测和监测。

1.0.3 锚杆检测应根据各种检测方法的适用范围和特点，结合地质条件、锚杆类型、施工工艺及施工质量可靠性、使用要求等因素，合理选择检测方法。

1.0.4 锚杆检测除应符合本规程外，尚应符合国家和广西壮族自治区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

一端与外部承载构件连接，另一端锚固在稳定岩土体内，将拉力传递到岩土体中的一种受拉构件。杆体可选用钢绞线、预应力螺纹钢筋、普通钢筋或钢管等，当杆体采用钢绞线时，称为钢绞线锚杆，亦可称为锚索；杆体采用钢筋时，称为钢筋锚杆。

2.1.2 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。

2.1.3 荷载分散型锚杆 load-dispersive anchor

在一个钻孔内，由两组或两组以上单元锚杆组成的复合锚固体系；各组单元锚杆的锚固段是相对独立的，且分布在锚杆总锚固段的不同空间部位。

2.1.4 永久性锚杆 permanent anchor

永久性工程中的锚杆。

2.1.5 临时性锚杆 temporary anchor

临时性工程中的锚杆。

2.1.6 拉力型锚杆 tensile anchorage

将张拉力直接传递到杆体锚固段，锚固段注浆体处于受拉状态的锚杆。

2.1.7 压力型锚杆 compression anchorage

将张拉力直接传递到杆体锚固段末端，且锚固段注浆体处于受压状态的锚杆。

2.1.8 全长粘结锚杆 full-length bonded rock bar

锚杆孔全长填充粘结材料的锚杆。

2.1.9 预应力锚杆 pre-stressed rock bar

施加了预应力的锚杆。

2.1.10 摩擦型锚杆 friction-type rock bar

靠锚杆体与孔壁之间的摩擦力起锚固作用的锚杆。

2.1.11 自钻式锚杆 self-drilling rock bolt

锚杆本身兼有造孔钻杆功能，将造孔、注浆和锚固结合为一体的锚杆，亦称自进式锚杆。

2.1.12 锚杆杆体 rock bolt tendon

由筋材以及防腐保护体、支架等组成的整套锚杆组装杆体。

2.1.13 锚杆锚固段 fixed anchor length

通过注浆体，实现锚杆杆体与岩土体之间力的传递的锚杆区段。

2.1.14 锚杆自由段 free anchor length

从锚头锁定点至锚杆锚固段最近端的锚杆区段。

2.1.15 杆体粘结段 tendon bonding length

与注浆体相料结的杆体区段。

2.1.16 杆体自由段 tendon free length

与锚杆自由段填充体和锚固段注浆体物理隔离，并能独立于填充体和注浆体自由轴向变形的杆体区段。

2.1.17 基本试验 basic test

工程锚杆正式施工前，为确定锚杆设计参数和施工工艺，在现场进行的锚杆极限抗拔承载力试验。基础锚杆的基本试验又称为承载力试验。

2.1.18 蠕变试验 creep test

为确定锚杆在不同加荷等级的恒定荷载作用下位移随时间变化规律的试验。

2.1.19 验收试验 acceptance test

为检验工程锚杆抗拔承载力是否符合设计要求而进行的锚杆抗拔试验。

2.1.20 抗拔承载力检测值 proof load of pull bearing capacity

通过验收试验获得的锚杆抗拔承载力。

2.1.21 验收荷载 load of acceptance test

满足锚杆抗拔承载力设计验收要求的荷载值。

2.1.22 锚杆锁定力 anchor lock-offload

预应力锚杆张拉锁定完成时的初始预应力。

2.1.23 持有荷载 retention load

锚杆在工作期间，自由段杆体的拉力。对预应力锚杆，当发生预应力损失时。也称为驻留荷载。

2.1.24 锚杆拉力 anchor pulling force

锚杆在工作状态下承受的荷载。锚杆拉力可分为锚杆自由段杆体拉力和锚杆锚固段杆体轴力。

2.1.25 锚杆无损检测 nondestructive testing of rock bolt system

对锚杆锚固质量的非破坏性检测。

2.1.26 声波反射法 soundwave reflection

采用激振声波信号，实测加速度或速度响应曲线，依据波动理论进行分析，评价锚杆锚固质量的无损检测方法。

2.1.27 锚固密实度 compactness of rock bolt

锚杆孔中填充粘结物的密实程度，一般用锚杆孔中有效锚固长度占设计长度的百分比来评价。

2.1.28 锚杆模拟试验 simulation test bolt

在实验室或现场，对检测可能遇到的各种类型的锚杆缺陷进行的模拟检测试验。

2.2 符号

2.2.1 抗力和材料性能

C_b ——锚杆一维纵向声波传播速度；

C_t ——锚杆锚固后，杆体与粘结材料、周围介质组成的一维纵向声波传播速度；

C_m ——同类锚杆的波速平均值；

D ——锚杆密实度；

E_0 ——锚杆入射波波动总能量；

E_r ——锚杆反射波波动总能量；

E ——杆体弹性模量；

k_e ——锚杆蠕变率；

q_{sk} ——锚固段注浆体与岩土层之间的粘结强度；

Q_u ——锚杆极限抗拔承载力；

R_l ——锚杆抗拔承载力特征值；

T_y ——锚杆抗拔承载力检测值。

2.2.2 作用与作用效应

N_k ——荷载标准组合的锚杆轴向拉力值，或锚杆轴向拉力标准值；

P ——锚杆拉力、轴力；

P_o ——锚杆锁定力；

Q ——锚杆试验荷载；

$\bar{Q}$ ——最大试验荷载状态下各组单元锚杆的理论荷载；

Q_0 ——锚杆试验的初始荷载；

Q_{0i} ——第 1 组单元锚杆的初始荷载；

$Q_{\max}$ ——锚杆的最大试验荷载；

q_s ——锚杆锚固段注浆体与岩土层之间的粘结力；

ΔQ_k ——第 k 组单元锚杆安装工具锚夹片前，对第 $(1 \sim k-1)$ 组单元锚杆施加的第 k 级补偿张拉荷载值； $k=1$ ，

2，……， n 。

2.2.3 几何参数

A_s ——锚杆杆体的截面面积；

B ——反力支座边宽或承压板边宽；

d ——锚杆锚固段钻孔直径；

L ——锚杆长度；

L_a ——锚杆锚固段长度；

L_f ——锚杆自由段长度；
 L_{tb} ——杆体粘结段长度；
 L_{tf} ——杆体自由段长度；
 s ——锚杆位移、锚杆蠕变量；
 s_e ——锚头弹性位移；
 s_p ——锚头塑性位移；
 s_1 —— t_1 时间测得的蠕变量；
 s_2 —— t_2 时间测得的蠕变量。

2.2.4 计算系数

β ——锚杆杆系能量修正系数；
 η ——锚杆杆系能量反射系数。

2.2.5 其他

ΔL_1 ——从初始荷载至最大试验荷载，杆体自由段长度的理论弹性伸长值；
 ΔL_2 ——从初始荷载至最大试验荷载，拉力型锚杆杆体自由段长度与 1/2 杆体粘结段长度之和的理论弹性伸长值；
 t ——时间；
 t_x ——缺陷反射波到达时间；
 Δt_e ——杆底反射波旅行时间。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 本规程锚杆检测分为基本试验、验收试验、蠕变试验、锁力监测和锚固质量无损检测。

3.1.2 锚杆基本试验、验收试验、蠕变试验的试验锚杆的参数、材料、施工工艺、所处的地质条件应与工程锚杆相同。

3.1.3 锚杆锁力监测与锚固质量无损检测的工程锚杆应具有代表性。

3.1.4 锚杆基本试验、验收试验、蠕变试验在试验前应确保试验锚杆处于独立的受力状态，不应受支撑构件、垫层或混凝土面层的影响。

3.1.5 锁力监测应包括锁定力测试和后续使用过程中锚头持有荷载的监测。

3.1.6 锚杆锚固质量无损检测内容应包括锚杆杆体长度检测和锚固密实度检测。

3.2 检测工作程序

3.2.1 检测工作应按图 3.2.1 的程序进行。

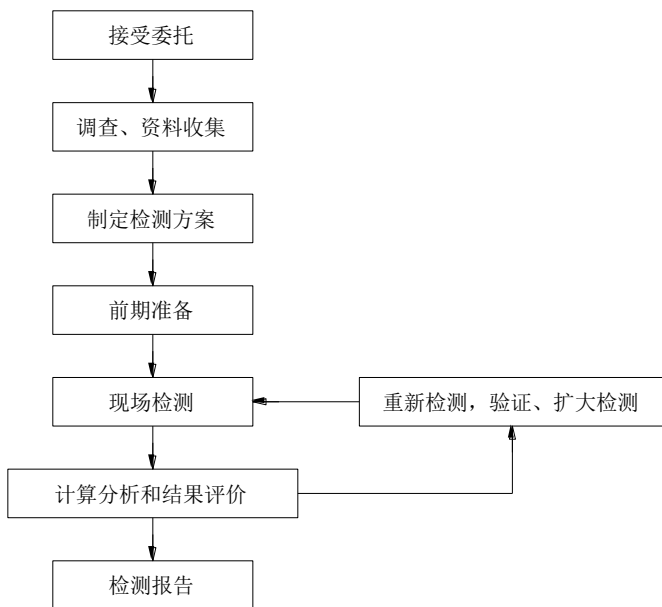


图 3.2.1 检测工作程序框图

3.2.2 调查、资料收集宜包括下列内容：

- 1 收集被检测工程的岩土工程勘察资料、锚杆设计文件、施工记录，了解施工工艺和施工中出现异常情况；
- 2 委托方的具体要求；
- 3 检测项目现场实施的可行性。

3.2.3 检测方案的内容宜包括：工程概况、地质条件、锚杆设计要求、施工工艺、检测监测方法、抽检数量、受检锚杆选取原则、检测工期及检测配合事项。

3.2.4 锚杆检测用计量器具必须在计量检定或校准周期的有效期内，检测前应对仪器设备进行检查调试。当现场操作环境不符合

仪器设备使用要求时，应采取有效的防护措施。

3.3 检测方法的选择及检测数量

3.3.1 锚杆检测应根据岩土锚固工程的具体情况和检测目的。选择基本试验、蠕变试验、验收试验、锁力监测和锚固质量试验等多种试验方法综合检测。

3.3.2 锚杆检测开始时间应符合下列规定：

1 当进行锚杆基本试验、蠕变试验以及基础锚杆验收试验时，锚固段注浆体强度不应低于设计强度的 90%，或锚固段注浆体的龄期应达到 28d；

2 当进行支护锚杆验收试验时，锚杆锚固段注浆体强度不应低于 15MPa 或不应低于设计强度等级的 75%。

3 锚杆锚固质量无损检测宜在锚固 7d 后进行。

3.3.3 永久性锚杆应进行锚杆的基本试验；临时性锚杆采用新型锚杆，或锚杆用于未应用过的地层时，应进行锚杆的基本试验。

3.3.4 锚杆基本试验的地层条件、杆体材料、锚杆参数和施工工艺应与工程锚杆相同。基本试验的检测数量，永久性锚杆不应少于 6 根，临时性锚杆不应少于 3 根。

3.3.5 对锚固段主要位于黏性土层、填土层、全风化与强风化的泥质岩层中或节理裂隙发育张开且充填有黏性土的岩层中的预应力锚杆，宜进行蠕变试验，试验数量不应少于 3 根。

3.3.6 锚杆验收试验的目的是检验施工质量是否达到设计要求，施工完成后的锚杆应进行验收试验。

3.3.7 验收试验的受检锚杆选择，应符合下列规定：

- 1 施工质量有疑问的锚杆应全部进行锚杆验收试验。
- 2 应优先选取下列条件中的锚杆：
 - 1) 局部地质条件复杂部位的锚杆；
 - 2) 设计方认为重要部位的锚杆。

3 除本条第 1 款和第 2 款规定的受检锚杆外，其余受检锚杆宜随机选取。

3.3.8 本规程第 3.3.7 条第 2 款和第 3 款的锚杆检测数量不应少于锚杆总数的 5%，且同一土层不应少于 5 根。

3.3.9 对于永久性锚杆和安全等级为一级的支护工程中的临时性锚杆，应进行锚杆锁力监测。监测点应选择在受力较大且具有代表性的位置，监测数量应符合表 3.3.9 的规定：

表 3.3.9 锚杆的监测数量

锚杆总数（根）	监测数量（根）	
	临时性锚杆	永久性锚杆
<100	不应少于锚杆总数的 5%， 且不应少于 5 根	不应少于锚杆总数的 8%，且不应少于 5 根
100~300	不应少于锚杆总数的 3%， 且不应少于 5 根	不应少于锚杆总数的 5%，且不应少于 5 根
>300	不应少于锚杆总数的 1%， 且不应少于 5 根	不应少于锚杆总数的 3%，且不应少于 5 根

3.3.10 锚杆锚固质量宜分项目或单元进行抽样检测。

3.3.11 锚固质量无损检测的受检锚杆选择，应符合下列规定：

- 1 工程重要部位或重要功能的锚杆应全部进行检测；
- 2 施工质量有疑问锚杆；
- 3 应优先选取下列条件中的锚杆：

1) 局部地质条件复杂部位的锚杆;

2) 施工较困难部位的锚杆。

4 除本条第 1 款、第 2 款和第 3 款规定的受检锚杆外, 其余受检锚杆宜随机选取。

3.3.12 本规程第 3.3.11 条第 2 款、第 3 款和第 4 款的锚杆检测数量不应少于总锚杆数的 10%, 且每批不宜少于 20 根。

3.4 验证与扩大检测

3.4.1 锚杆锚固质量无损检测时, 锚杆模拟试验的现场标准锚杆检测完成后, 若条件许可, 宜采用钻孔取芯等有效手段进行复核验证。

3.4.2 锚杆锚固质量无损检测时, 锚杆模拟试验的室内标准锚杆检测完成后应剖开 PVC 或 PE 管, 测量、记录每根室内标准锚杆的长度及缺陷位置, 计算其密实度, 并与原设计参数进行比对。

3.4.3 当验收试验出现不合格锚杆时, 应扩大抽检。扩大抽检的数量应为不合格锚杆数量的 2 倍。

3.4.4 锚杆锚固质量无损检测时, 当单项或单元工程抽检锚杆的不合格率大于 10%时, 应对未检测的锚杆进行加倍抽检。

3.5 检测报告

3.5.1 检测报告应做到结论准确, 用词规范。

3.5.2 检测报告的内容应包含下列基本内容:

1 工程名称、工程地点、委托单位、建设单位、勘察单位、设计单位、监理单位、施工单位名称等基本信息;

- 2 检测机构的名称和地址；
 - 3 检测目的、检测依据、检测数量、检测日期等；
 - 4 地质条件描述；
 - 5 锚杆设计参数等；
 - 6 检测仪器设备型号、编号及现场仪器标定结果、检测过程叙述；
 - 7 检测结果描述，宜列表叙述所有被测锚杆的检测结果；
 - 8 附图附表：包括锚杆各种检测的测试结果图表等。
- 3.5.3**锚杆检测的各种照片。

4 基本试验

4.1 一般规定

4.1.1 本方法可用于确定锚杆极限抗拔承载力，提供锚杆设计参数和验证锚杆施工工艺。

4.1.2 锚杆基本试验加卸载方法宜采用多循环加卸载法。

4.1.3 锚杆基本试验最大试验荷载（ $Q_{\max}$ ）预估值的确定应符合下列规定：

1 拉力型锚杆应取锚固段注浆体与岩土体之间破坏荷载预估值、杆体与锚固段注浆体之间破坏荷载预估值两者中较小者的（1.0~1.5）倍；

2 压力型锚杆应取锚固段注浆体与岩土体之间破坏荷载预估值的（1.0~1.5）倍，且不宜超过锚固段注浆体局部抗压破坏荷载的 0.90 倍；

3 钢绞线锚杆杆体应力不应超过杆体极限强度标准值的 0.85 倍；钢筋锚杆杆体应力不应超过杆体屈服强度标准值的 0.90 倍；

4 预估锚杆的锚固段注浆体与岩土体间破坏荷载、锚杆杆体与锚固段注浆体之间破坏荷载，可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑边坡工程技术规范》GB 50330、《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086、《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T 401、《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120、《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282、《锚杆锚

固质量无损检测技术规程》JGJ/T 182 等规范的有关规定进行计算；

5 当设计有要求时，应按设计要求取值。

4.2 仪器设备及其安装

4.2.1 锚杆基本试验宜采用液压千斤顶加卸载，其作用力方向应与锚杆轴线重合；对荷载分散型锚杆，当采用并联千斤顶同步张拉法进行试验时，其单元锚杆的作用力方向尚应与其单元锚杆的轴线重合。

4.2.2 试验仪器设备性能指标应符合下列规定：

1 荷重传感器、压力传感器或压力表的准确度应优于或等于 0.5 级；

2 试验用油泵、油管在最大加载时的工作压力不应超过规定工作压力的 80%；

3 荷重传感器、千斤顶、压力表或压力传感器的量程应与测量范围相适应。测量值宜控制在全量程的 20%~80%；

4 位移测量仪表的测量误差不应大于 0.1%FS。分度值/分辨力应优于或等 0.01mm。

4.2.3 荷载量测可采用放置在千斤顶上的荷重传感器直接测定，或采用并联于千斤顶油路的压力表或压力传感器测定油压，根据千斤顶校准结果换算荷载。

4.2.4 锚头位移宜采用位移传感器或百分表测量，且应符合下列规定：

- 1 位移测量方向应与锚杆的轴向变形方向平行；
- 2 应安装 1~2 个位移测量仪表；对采用并联千斤顶同步张拉法进行试验的荷载分散型锚杆，每组单元锚杆应安装 1 个位移测量仪表；
- 3 位移测量系统应设置基准桩和基准梁，位移测量仪表的基座应固定在基准梁上，不得使用千斤顶作为位移测量基准点；
- 4 基准桩应优先设置在与试验加载装置不同标高的下一台阶的岩土层中；
- 5 基准桩、基准梁和固定位移测量仪表的夹具应避免太阳照射、振动及其他外界因素的影响。

4.2.5 锚杆试验加载反力装置应符合下列规定：

- 1 加载反力装置提供的反力不得小于最大试验荷载的 1.2 倍；
- 2 加载反力装置的构件应满足承载力和变形的要求。

4.2.6 提供加载反力的连续墙、排桩、腰梁、圈梁等支撑构件或喷射混凝土面层，其提供的反力不得小于最大试验荷载的 1.2 倍；加载反力装置施加给岩土层的压应力不宜大于岩土承载力特征值的 1.5 倍。

4.2.7 锚杆中心、支座边（承压板边）、基准桩中心之间的距离应符合表 4.2.7 的规定。

表 4.2.7 锚杆中心、支座边（承压板边）、基准桩中心之间的距离

反力装置类型	距离			示意图
	两支座净距	基准桩中心与锚杆中心	基准桩中心与支座边（承压板	

			边)	
支座横梁反力装置	$\geq 4B$ 且 $\geq 6d$ 且 $> 2.0m$	$> 2.0m$	$\geq 1.5B$ 且 $> 2.0m$	附录 A 中 图 A.0.2-1
支撑凳式反力装置	$\geq 3.0d$	$> 1.0m$	$\geq 1B$ 且 $> 1.0m$	附录 A 中 图 A.0.2-2
承压板式反力装置		$> 1.0m$	$\geq 1B$ 且 $> 1.0m$	附录 A 中 图 A.0.2-3

注：1 B 为支座边宽或承压板边宽；d 为锚杆钻孔直径。

- 2 当按本规程第 4.2.4 条第 4 款设置基准桩时，基准桩与锚杆距离，基准桩与反力装置的距离可不执行表 4.2.7 的规定。

4.3 现场操作

4.3.1 锚杆试验加载反力装置可根据试验条件选择支座横梁反力装置、支撑凳式反力装置或承压板式反力装置，加载反力装置的选择应符合表 4.3.1 的规定：

表 4.3.1 锚杆试验加载反力装置选择原则

类型	是否设置有连续墙、排桩、腰梁、圈梁等	反力装置
基础锚杆		支座横梁反力装置
支护锚杆	有	支座横梁反力装置、支撑凳式反力装置或承压板式反力装置
	无	支座横梁反力装置或支撑凳式反力装置

4.3.2 锚杆基本试验中初始荷载（ Q_0 ）的选取宜符合下列规定：

- 1 支护型锚杆，宜取最大试验荷载的 10%；
- 2 基础锚杆，宜取 0。

4.3.3 试验中加荷速度宜为（50kN~100kN）/min，卸荷速度宜为加荷速度的 2 倍。

4.3.4 试验中锚头位移基准值的确定应符合下列规定：

- 1 在初始荷载作用下，应每间隔 5min 测读一次锚头位移；
- 2 当相邻两次锚头位移增量不大于 0.01mm 时，可视为锚头位移稳定，取最后一次读数作为锚头位移基准值。

4.3.5 荷载分散型锚杆张拉方法的选择，应符合下列规定：

- 1 宜采用本规程附录 H 的补偿荷载整体张拉方法；
- 2 当设计认可时，可采用单元锚杆逐组张拉方法，且应从最短单元锚杆至最长单元锚杆的顺序对各组单元锚杆进行逐组张拉试验；
- 3 当试验条件满足本规程第 4.2.1 条的规定时，也可采用并联千斤顶组对全部单元锚杆进行同步张拉试验。

4.3.6 基本试验的加、卸载等级和测读间隔时间宜按表 4.3.6 确定。

表 4.3.6 基本试验的多循环加卸载法的荷载分级和锚头位移观测时间

循环次数	分级荷载与最大试验荷载的百分比（%）						
	初始荷载	加载过程			卸载过程		
第一循环	10	20	40	50	40	20	10
第二循环	10	30	50	60	50	30	10
第三循环	10	40	60	70	60	40	10
第四循环	10	50	70	80	70	50	10
第五循环	10	60	80	90	80	60	10
第六循环	10	70	90	100	90	70	10
观测时间(min)		5	5	10	5	5	5

4.3.7 基本试验锚头位移测读和加卸载应符合下列规定：

1 每级加荷观测时间内，当锚头位移增量不大于 0.1mm 时，可施加下一级荷载；不满足时应在锚头位移增量 2h 内小于 2mm 时可施加下一级荷载；

2 加至基本试验最大试验荷载（ $Q_{\max}$ ）预估值后，当未出现本规程 4.3.7 条规定时，且继续加载后满足本规程 4.1.3 条对锚杆杆体应力的要求时，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。

4.3.8 出现下列情况之一时，应终止加载：

1 从第二级加载开始，后一级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；

2 锚杆杆体破坏；

3 锚头位移不收敛。

4.4 检测数据分析与判定

4.4.1 试验结果应按每级荷载对应的锚头位移列表整理。多循环加卸载法应按本规程图 B.0.1 的格式绘制锚杆的荷载-位移（ $Q-s$ ）曲线、荷载-弹性位移（ $Q-s_e$ ）曲线和荷载塑性位移（ $Q-s_p$ ）曲线。

4.4.2 单根锚杆试验应取破坏荷载前一循环的最大试验荷载为该锚杆极限抗拔承载力；在最大试验荷载下未达到破坏标准时，单根锚杆的极限承载力取最大试验荷载值为该锚杆极限抗拔承载力。

4.4.3 荷载分散型锚杆的锚杆极限抗拔承载力（ Q_u ）应按下列方

法分析确定：

1 当采用补偿荷载整体张拉方法试验时，应按本规程第 4.4.2 条的规定取值；

2 当采用单元锚杆逐组张拉方法、并联千斤顶组同步张拉方法进行试验时，单元锚杆的极限抗拔承载力应按本规程第 4.4.2 条的规定取值，锚杆极限抗拔承载力应取单元锚杆极限抗拔承载力最小值与其单元锚杆组数之乘积。

4.4.4 参与统计的试验锚杆，当极限抗拔承载力的极差不超过其算术平均值的 30% 时，该批锚杆极限抗拔承载力可取其平均值；当极差超过算术平均值的 30% 时，宜增加试验锚杆数量，并应根据级差过大的原因，按实际情况重新进行统计后确定极限承载力。

4.4.5 基础锚杆抗拔承载力特征值(R_t)应按极限抗拔承载力(Q_u)的 50% 取值。

4.4.6 检测报告除应包括本规程第 3.5.2 条规定的内容外，尚应包括下列内容：

- 3 受检锚杆孔位对应的地质剖面图或柱状图；
- 4 加载反力装置，试验方法，张拉方法；
- 5 本规程第 4.4.1 条要求绘制的曲线及对应的数据表；
- 6 每根试验锚杆的极限承载力及确定依据。

5 验收试验

5.1 一般规定

5.1.1 本方法可用于确定验收荷载作用下锚杆的工作性状，判定锚杆抗拔性能是否满足设计要求，为工程验收提供依据。

5.1.2 锚杆验收试验加卸载方法宜采用单循环加卸载法。

5.1.3 锚杆验收试验最大试验荷载值应符合下列规定：

- 1 基础锚杆最大试验荷载值取 2 倍锚杆抗拔承载力特征值；
- 2 支护型锚杆最大试验荷载值根据支护结构安全等级为一级、二级、三级，其最大试验荷载应分别不少于其轴向拉力标准的 1.4 倍、1.3 倍和 1.2 倍；
- 3 当设计对最大试验荷载值有要求时，应根据设计要求取值。

5.1.4 锚杆验收试验的最大试验荷载不应小于锚杆验收荷载。

5.2 仪器设备及安装

5.2.1 试验加载设备宜采用液压千斤顶，试验仪器设备应符合本规程第 4.2.2 条的规定。

5.2.2 荷载量测应符合本规程第 4.2.3 条的规定。

5.2.3 锚头的位移测量及其仪器的技术要求应符合本规程第 4.2.4 条的规定。

5.2.4 反力装置应符合本规程第 4.2.5、4.2.6 条的规定。

5.2.5 锚杆中心、支座边（承压板边）、基准桩中心之间的距离应

符合本规程第 4.2.7 条的规定。

5.3 现场操作

5.3.1 试验反力装置应满足本规范第 4.3.1 条规定，对已锁定的预应力锚杆应解除预应力。

5.3.2 锚杆验收试验中初始荷载（ Q_0 ）的选取宜符合下列规定：

- 1 支护型锚杆，宜取最大试验荷载的 10%；
- 2 基础锚杆，宜取 0。

5.3.3 试验中加卸荷速度、锚头位移基准值的测读应符合本规程第 4.3.3、4.3.4 条的规定。

5.3.4 荷载分散型锚杆试验的张拉方法应符合本规程第 4.3.5 条的规定。

5.3.5 锚杆验收试验的单循环加卸载法应符合下列规定：

- 1 荷载分级和锚头位移观测时间应符合表 5.3.5 的规定；

表 5.3.5 验收试验的单循环加卸载法的荷载分级和锚头位移观测时间

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

2 每级荷载施加完成后，在观测时间内测读锚头位移不应少于 3 次。

3 锚头位移相对收敛标准：当观测时间内锚头位移增量不大于 1.0mm 时，可视位移收敛，否则，观测时间应延长至 60min，并应每隔 10min 测读锚头位移 1 次；当该 60min 内锚头位移增量小于 2.0mm 时，可视为锚头位移收敛，否则视为不收敛。

4 锚头位移达到相对收敛标准时，可施加下一级荷载；

5 当出现本规程第 5.3.5 条规定的终止加载情况时，可终止加载。

5.3.5 当出现下列情况之一时，应终止加载：

- 1 当出现本规程 4.3.6 条第 1~3 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。

5.4 检测数据分析与判定

5.4.1 试验结果的整理以及单循环加载试验应绘制锚杆的荷载-位移（ $Q-s$ ）曲线图。

5.4.2 锚杆弹性变形验算应符合下列规定：

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 杆体自由段长度的理论弹性伸长值可按下列公式计算：

$$\Delta L_1 = \frac{(Q_{\max} - Q_0)L_{tf}}{EA_s} \quad (5.4.2-1)$$

式中：

ΔL_1 ——从初始荷载至最大试验荷载，杆体自由段长度的理论弹性伸长值（mm）；

$Q_{\max}$ ——最大试验荷载（kN）；

Q_0 ——初始荷载（kN）；

L_{tf} ——杆体自由段长度（m）；

E ——杆体弹性模量（MPa）；

A_s ——杆体横截面积（ m^2 ）。

3 锚杆杆体自由段长度与 1/2 杆体粘结段长度之和的理论弹性伸长值，可按下式计算：

$$\Delta L_2 = \frac{(Q_{\max} - Q_0)(L_{tf} + L_{tb} / 2)}{EA_s} \quad (5.4.2-2)$$

式中：

ΔL_2 ——从初始荷载至最大试验荷载，杆体自由段长度与 1/2 杆体粘结段长度之和的理论弹性伸长值（mm）；

$Q_{\max}$ ——最大试验荷载（kN）；

Q_0 ——初始荷载（kN）；

L_{tb} ——杆体粘结段长度（m）；

L_{tf} ——杆体自由段长度（m）；

E ——杆体弹性模量（MPa）；

A_s ——杆体横截面积（m²）。

5.4.3 合格锚杆的判定应符合下列规定：

1 在抗拔承载力检测值下，锚杆位移稳定或收敛；

2 在抗拔承载力检测值下测，锚杆弹性变形不小于自由段长度变形计算值的 80%，且不大于自由段与 1/2 锚固段长度之和的弹性变形计算值；

3 当设计有要求时，锚杆的总位移量应满足设计要求。

5.4.4 检测报告除应包括本规程第 3.5.2 条规定的内容外，尚应包括下列内容：

1 受检锚杆孔位对应的地质剖面图或柱状图；

2 加载反力装置，试验方法，张拉方法；

- 3 本规程第 5.4.1 条要求绘制的曲线及对应的数据表；
- 4 基础锚杆抗拔承载力确定标准，抗拔承载力；
- 5 支护锚杆评定依据，抗拔承载力检测值；
- 6 支护锚杆变形验算结果。

6 蠕变试验

6.1 一般规定

6.1.1 本方法可用于检测锚杆蠕变特性，为控制蠕变量和预应力损失提供锚杆设计参数。

6.1.2 对塑性指数大于 17 的土层锚杆、强风化的泥岩层中或节理裂隙发育张开且充填有粘性土的岩层中的锚杆，应进行蠕变试验。

6.2 仪器设备及安装

6.2.1 试验加载设备宜采用液压千斤顶，试验仪器设备应符合本规范第 4.2.2 条的规定。

6.2.2 锚头的位移测量及其仪器的技术要求应符合本规范第 4.2.4 条的规定。

6.2.3 反力装置应符合本规程第 4.2.5、4.2.6 条的规定。

6.3 现场操作

6.3.1 试验中加卸荷速度、锚头位移基准值的测读应符合本规程第 4.3.3、4.3.5 条的规定。

6.3.2 蠕变试验加卸载法应符合下列规定：

1 加载分级和锚头位移观测时间应按表 6.3.2 的规定确定，在观测时间内荷载应保持恒定；

表 6.3.2 蠕变试验的加载分级和锚头位移观测时间表

加荷等级 (kN)	观测时间 (min)			
	临时锚杆		永久锚杆	
	t_1	t_2	t_1	t_2
$0.25N_k$	—	—	5	10
$0.50N_k$	5	10	15	30
$0.75N_k$	15	30	30	60
$1.00N_k$	30	60	60	120
$1.20N_k$	45	90	120	240
$1.50N_k$	60	120	180	360

注: t_1 为每级加载总观测时间的 50%; t_2 为每级加载总观测时间。

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

3 在非最大试验荷载作用下, 观测时间达到表 6.2.3 中的规定值时, 可施加下一级荷载;

4 在最大试验荷载作用下, 观测时间达到表 6.2.3 中的规定值时, 可卸载; 卸载时, 每级荷载持荷 5min, 并在第 0min、5min 测读锚头位移。

6.4 检测数据分析与判定

6.4.1 试验结果应按每级荷载对应的锚头位移列表整理, 绘制每级荷载下锚杆的锚头位移—时间对数 ($s - lgt$) 曲线。

6.4.2 蠕变率应按下式计算:

$$k_e = \frac{s_2 - s_1}{\lg t_2 - \lg t_1} \quad (6.4.2)$$

式中：

k_e ——锚杆蠕变率（mm）；

s_1 —— t_1 时间测得的蠕变量（mm）；

s_2 —— t_2 时间测得的蠕变量（mm）。

6.4.3 锚杆在最后一级荷载作用下的蠕变率不应大于 2.0 mm/对数周期。

6.4.4 检测测报告除应包括本规程第 3.5.2 条规定的内容外，尚应包括下列内容：

- 1 受检锚杆孔位对应的地质剖面图或柱状图；
- 2 加载反力装置，试验方法，张拉方法；
- 3 本规程第 6.3.1 条要求绘制的曲线及对应的数据表；
- 4 锚杆蠕变率。

7 锁力监测

7.1 一般规定

7.1.1 锚杆使用过程中，可使用锁力监测的方法确定锚杆锁力随时间的变化情况，同时分析锚杆受力情况及其工作状态，指导现场安全、文明、信息化施工，为验证及优化设计参数、施工验收及安全运营提供依据。

7.1.2 现场监测前宜收集资料除应包括本规程第 3.2.2 规定的内容外，尚应包括下列内容：

- 1 工程范围内及相邻环境的岩土资料、水文地质资料、施工资料及项目周边环境情况；
- 2 锚杆材料参数。

7.1.3 监测方案除应包括本规程第 3.2.3 规定的内容外，尚应包括下列内容：

- 1 水文地质情况、周边环境情况；
- 2 监测周期、频率、报警值；
- 3 应急预案、监测数据处理与信息反馈。

7.2 仪器设备及安装

7.2.1 锚杆锁力监测的仪器设备可选用锚杆测力计。

7.2.2 锚杆测力计、测试仪表组成的测量系统应符合下列规定：

- 1 测量值宜控制在测量系统全量程的 25%~80%；
- 2 振弦式测试系统测量误差不得大于 2.5%FS，分辨率宜为

1 Hz ;

3 电子应变测试系统测量误差不得大于 1%FS，分辨率宜为

1 $\mu\epsilon$;

4 光纤光栅测试系统测量误差不得大于 1%FS，分辨率宜为 1pm。

7.2.3 锚杆测力计的安装应符合下列规定：

1 测力计安装前应测读基准值；

2 测力计受力方向应与锚杆轴线重合，以防测力计受力偏心；

3 锁力监测时，测力计应安装在工作锚和垫板之间（图 7.2.3）；

4 测力计安装时应记录相关情况及测试数据，安装后应对测力计、引出的观测电缆等设置保护装置。

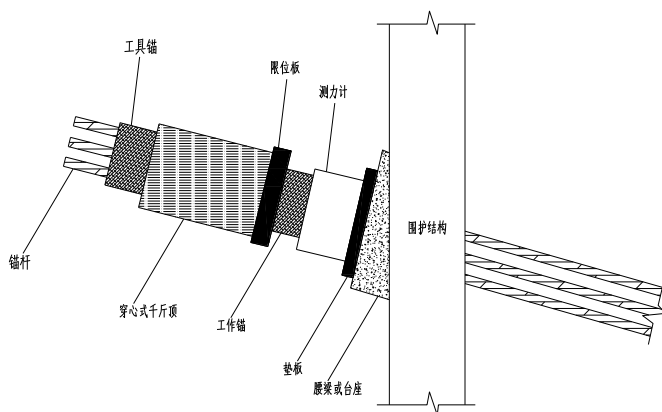


图 7.2.3 仪器设备安装顺序图

7.3 现场操作

7.3.1 锁力监测应符合下列规定：

1 锚杆测力计正确安装后，张拉施压前测定初始力值，锚杆锁定后，应连续 3 次测定锚杆锁定力，并取平均值作为锚杆拉力的锁定值。

2 监测周期内，每次测定锚杆拉力时，应连续 2 次观测，并取算术平均值作为本次的观测值。两次观测时间间隔为 5~10 分钟。

3 每次观测应同步测量锚杆测力计的环境温度，并记录施工进度、运营状况、天气等影响锚杆受力的因素。

4 若监测的锚杆需要重新张拉时，应按本条第 1 款重新测定锁定值，并记录施加压力最大值、测量锚杆测力计的环境温度等。

7.3.2 现场监测记录表应根据传感器的类型确定，各记录表应包括以下内容：

1 安装记录表：工程名称、安装日期、测力计类型、监测内容、安装位置及测点编号、锚杆编号、测力计编号、安装时间及环境温度、张拉施压前的实测值，以及记录人、校对人等。

2 锁力监测记录表：工程名称、测试日期、测力计类型、锚杆编号、测力计编号、已测定的张拉施压前的力值、测试时间及环境温度、测试值及计算力值、最终测定的锁定值，锚杆设计参数、张拉设备、施加压力最大值，以及记录人、校对人等。

7.3.3 锚杆锁力监测应从锚杆张拉前开始，永久性锚杆不应少于工程竣工后 24 个月。监测频率应符合下列规定：

1 施工期间，锚杆张拉锁定后至拉力稳定前，宜 1 次/d，稳定后宜 1 次/（3~7）d。

2 工程竣工后宜（1~2）次/30d。

7.3.4 锚杆锁力监测必须确定监测报警值，报警值应由锚杆设计单位确定。报警值应根据土质特征、设计结果及当地经验等因素确定。当无工程经验时，锚杆锁力的控制值可按表 7.3.4 确定，报警值取控制值的 80%：

表 7.3.4 锚杆锁力的控制值

项目	控制值	
	锚杆拉力值	变化速率
锚杆锁力	$\leq f_{\text{锁}} \text{ 或 } \geq 0.8 f_1$	$4\% f_1$

注： $f_{\text{锁}}$ 为锚杆锁定值， f_1 为锚杆极限抗拔承载力标准值。

7.3.5 当出现下列情况之一时，应提高监测频率：

- 1 锁力值达到报警值；
- 2 锁力值的变化较大或速率加快；
- 3 长时间连续降雨或基坑大幅度降水等导致锚杆处水位急剧变化的情况；
- 4 锚杆处地面荷载突然增大；
- 5 相邻处土方卸载、邻近锚杆张拉锁定、支撑拆除、爆破震动等影响锚杆受力的施工节点；
- 6 出现其他影响杆锚杆受力及周边环境安全的异常情况。

7.4 监测数据处理与信息反馈

7.4.1 锚杆锁力监测数据整理应剔除异常数据。

7.4.2 锚杆锁力监测结果的整理应符合下列规定：

- 1 本次内力、单次变化、累积变化等监测成果表；
- 2 锁力-时间曲线图；
- 3 锁力变化情况-时间曲线图；
- 4 锁力-荷载曲线图；
- 5 锁力-工况曲线图；
- 6 分析监测数据，并预测锁力的变化趋势。

7.4.3 监测报告除应包括本规程第 3.5.2 条规定的内容外，尚应包括下列内容：

- 1 监测的内容、相关技术资料；
- 2 监测锚杆孔位对应的地质剖面图或柱状图；
- 3 锚杆测力计安装记录；
- 4 监测锚杆布置图；
- 5 本规程第 7.4.2 条要求绘制的曲线及对应的数据表；
- 6 数据处理依据和必要的分析过程。

8 锚固质量无损检测

8.1 一般规定

8.1.1 本方法适用于声波反射法检测全长粘结锚杆的杆体长度和锚固密实度。锚杆杆体声波的纵波速度宜大于围岩及粘结物的声波纵波速度。锚杆的有效检测长度范围宜通过现场试验确定。

8.1.2 锚固密实度检测前，宜按照本规程附录 E 进行锚杆模拟试验。锚固密实度结果分析宜对照锚杆模拟试验成果或类似工程锚杆锚固密实度检测资料进行。

8.2 仪器设备

8.2.1 采集器应具有实时显示和记录波形信号、检测参数的功能。

8.2.2 采集器模拟放大的频率带宽不宜窄于 10Hz，应具有滤波频率可调功能，A/D 不应低于 16 位，采样间隔应小于 25。

8.2.3 采集器宜采用轻便节能、手持式操作设计，应能与超磁致伸缩声波振源或其他瞬态冲击振源匹配工作。

8.2.4 激振器激振频率范围应在 10Hz~50kHz，宜使用超磁致伸缩声波振源。

8.2.5 接收传感器感应面直径应小于锚杆直径，可通过强力磁座或其他方式与杆头耦合。

8.2.6 接收传感器频率响应范围宜在 10Hz~50kHz。当响应频率为 160Hz 时，加速度传感器的电荷灵敏度宜为

$10\text{pc}/(\text{m}\cdot\text{s}^2) \sim 20(\text{pc}/\text{m}\cdot\text{s}^2)$ ；当响应频率为 50Hz 时，加速度传感器的电压灵敏度宜为 $50\text{mV}/(\text{cm}\cdot\text{s}) \sim 300\text{mV}/(\text{cm}\cdot\text{s})$ 。

8.2.7接收传感器宜采用加速度型。

8.3 现场检测

8.3.1受检锚杆应符合下列规定：

- 1 锚杆杆体直径宜均匀；
- 2 锚杆端头应外露，外露面应平整，外露杆体应与内锚杆体处于同一直线，外露段不宜过长；
- 3 锚杆外露段长度有特殊要求时，应进行相同类型锚杆的模拟试验；
- 4 由多根杆体连接而成的锚杆，施工方应提供详细的杆体连接资料；
- 5 检测前应分离受检锚杆与喷护体或其它构件的连接。

8.3.2测试参数设定应符合下列规定：

- 1 采样时间间隔或采样频率应根据锚杆长度、杆系波速和频域分辨率合理设置；
- 2 锚杆杆体波速应通过测试于试验锚杆杆体同材质、同直径的自由杆获得，锚杆杆系波速应参照模拟试验或类似工程锚杆锚的波速。

8.3.3激振器和接收传感器的安装和操作应符合下列规定：

- 1 激振与接收宜采用端发端收或端发侧收的方式；
- 2 接收传感器应使用强磁或其他方式固定，传感器轴心应与

锚杆轴线平行；

3 应采用瞬态激振方式，激振器与锚杆杆头应紧密接触；应通过现场试验选择合适的激振方式和适度的冲击力；

4 实心锚杆的激振点宜选择在杆头靠近中心位置，保持激振器的轴线与锚杆轴线基本重合；中空式杆的激振点宜紧贴在靠近接收传感器一侧的环状管壁上，保持激振器的轴线与锚杆轴线平行。

8.3.4 单根锚杆的有效波形记录不应少于 3 个，且一致性较好。

8.4 检测数据分析与评定

8.4.1 锚杆杆体长度计算应符合下列规定：

1 锚杆杆体反射信号识别可采用时域反射波法、幅频域频差法等；

2 杆底反射波与端入射波首波波峰间的时间差即为杆底反射时差，若有多次杆底反射信号，应取各次时差的平均值；

3 时间域杆体长度应按下式计算：

$$L = \frac{1}{2} C_m \times \Delta t_e \quad (8.4.1-1)$$

式中：L——杆体长度（m）；

C_m ——同类锚杆的波速平均值，若无锚杆模拟试验资料，应按下列原则取值：当锚固密实度小于 30% 时，取杆体波速平均值 C_b ；当锚固密实度大于或等于 30% 时，取杆系波速平均值（ C_t ）（m/s）；

Δt_e ——时域杆底反射波旅行时间（s）；

4 频率域杆体长度应按下式计算

$$L = \frac{C_m}{2\Delta f} \quad (8.4.1-2)$$

式中： Δf ——幅频曲线上杆底相邻谐振峰间的频差
(Hz)。

8.4.2 杆体波速和杆系波速平均值的确定应符合下列规定：

1 在自由状态下检测各种材质和规格的锚杆杆体波速值，杆体波速应按下列公式计算平均值：

$$C_b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{bi} \quad (8.4.2-1)$$

$$C_{bi} = \frac{2L}{\Delta t_e} \quad (8.4.2-2)$$

$$\text{或 } C_{bi} = 2L \cdot \Delta f \quad (8.4.2-3)$$

式中： C_b ——杆体波速平均值 (m/s)；

C_{bi} ——与工程锚杆相同材质和规格的第 i 根自由杆波速值
(m/s)， $|C_{bi} - C_b| / C_b \leq 5\%$ ；

n ——参加波速平均值计算的相同材质和规格的锚杆数量
($n \geq 3$)。

2 宜在现场锚杆试验中选取不少于 5 根相同材质和规格的同类型锚杆的杆系波速值按下列公式计算平均值：

$$C_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{ti} \quad (8.4.2-4)$$

$$C_{ti} = \frac{2L}{\Delta t_e} \quad (8.4.2-5)$$

$$\text{或 } C_{ti} = 2L \cdot \Delta f \quad (8.4.2-6)$$

式中: C_t ——杆系波速平均值 (m/s) ;

C_{ti} ——第 i 根试验锚杆的杆系波速值 (m/s) ,

$$|C_{ti} - C_b| / C_b \leq 5\% ;$$

n ——参加波速平均值计算的相同材质和规格的锚杆数量
($n \geq 5$) 。

8.4.3 缺陷位置应按下列公式计算:

1 时间域缺陷反射波信号到达时间应小于杆底反射时间; 若缺陷反射波信号的相位与杆端入射波信号反相, 二次反射信号的相位与入射波信号同相, 依次交替出现, 则缺陷界面的波阻抗差值为正; 若各次缺陷反射波信号均与杆端入射波同相, 则缺陷界面的波阻抗差值为负。

2 频率域缺陷频差值应大于杆底频差值。

3 锚杆缺陷反射信号识别可采用时域反射波法、幅频域频差法等。

4 缺陷反射波信号与杆端入射首波信号的时间差即为缺陷反射时差, 若同一缺陷有多次反射信号, 则应取各次缺陷反射时差的平均值。

5 缺陷位置应按下列公式计算:

$$x = \frac{1}{2} \cdot \Delta t_x \cdot C_m \quad (8.4.3-1)$$

$$\text{或 } x = \frac{1}{2} \cdot \frac{C_m}{\Delta f_x} \quad (8.4.3-2)$$

式中: x ——锚杆杆端至缺陷位置距离 (m) ;

Δt_x ——缺陷反射波旅行时间 (s) ;

Δf_x ——幅频曲线上缺陷相邻谐振峰间的频差 (Hz)。

8.4.4 锚固密实度计算应符合下列规定：

1 锚固密实度可根据下式按长度比例估算：

$$D=100\% \times (L_r - L_x) / L_r \quad (8.4.4-1)$$

式中： D ——锚固密实度；

L_r ——锚杆入岩深度；

L_x ——锚固不密实段长度。

2 除孔口段末端部分外，锚固密实度可依据反射波能量法按下列公式估算：

$$D= (1-\beta\eta) \times 100\% \quad (8.4.4-2)$$

$$\eta=E_r / E_0 \quad (8.4.4-3)$$

$$E_r=E_s-E_0 \quad (8.4.4-4)$$

式中：

D ——锚固密实度；

η ——锚杆杆系能量反射系数；

β ——杆系能量修正系数，可通过锚杆模拟试验修正或根据同类锚杆经验取值，若无锚杆模拟试验数据或同类锚杆经验值，可取 $\beta=1$ ；

E_0 ——锚杆入射波总能量，自入射波波动开始至入射波持续波动结束时间段内 (t_0) 的波动总能量；

E_s ——锚杆波动总能量，自入射波波动开始至杆底反射波波动持续结束时刻 ($2L / C_m + t_0$) 的波动总能量；

E_r ——($2L / C_m + t_0$) 时间段内反射波波动总能量。

8.4.5 受检锚杆的锚固质量应进行单根评定。

8.4.6 单项或单元工程应分别评定锚杆杆体的长度和锚固密实度。

8.4.7 对于杆体长度不小于设计长度的 95%，且不足长度不超过 0.5m 的锚杆，可评定锚杆长度合格。

8.4.8 锚杆锚固密实度评定应符合下列规定：

1 锚固密实度宜根据表 8.4.8 进行评判。

表 8.4.8 锚固密实度评判标准

质量等级	波形特征	时域信号特征	频幅信号特征	密实度 D
A	波形规则，呈指数快速衰减，持续时间短	$2L / C_m$ 时刻前无缺陷反射波，杆底反射波信号薄弱或没有	呈单峰形态，或可见微弱的杆底谐振峰，其相邻频差 $\Delta f \approx C_m / 2L$	$D \geq 90\%$
B	波形较规则，呈较快速衰减，持续时间较短	$2L / C_m$ 时刻前可见明显的缺陷反射波或清洗的杆底反射波，但无杆底多次反射波	呈单峰或不对称的双峰形态，或可见较弱的谐振峰，其相邻频差 $\Delta f \geq C_m / 2L$	$80\% \leq D < 90\%$
C	波形欠规则，呈逐步衰减或间歇性趋势形态，持续时间较长	$2L / C_m$ 时刻前可见明显的缺陷反射波或清晰的杆底反射波，但无杆底多次反射波	呈不对称多峰形态，可见谐振峰，其相邻频差 $\Delta f \geq C_m / 2L$	$75\% \leq D < 80\%$
D	波形不规则，呈慢速衰减或间歇增强后衰减形态，持续时间长	$2L / C_m$ 时刻前可见明显的缺陷反射波及多次反射波，或清晰的、多次杆底反射波信号	呈多峰形态，杆底谐振振封明显、连续，或相邻频差 $\Delta f > C_m / 2L$	$D < 75\%$

注：1 当锚杆空浆部位集中在底部或浅部时，应降低一个等级；

2 当锚固密实度达到 C 级以上，且符合工程设计要求时，应评定锚固密实度合格。

2 应根据标准锚杆图谱进行评判。

8.4.9 单根锚杆锚固质量无损检测分级评判应按表 8.4.9 进行。

表 8.4.9 单根锚杆锚固质量无损检测分级评价表

锚固质量等级	评价标准
I	密实度为 A 级，且长度合格
II	密实度为 B 级，且长度合格
III	密实度为 C 级，且长度合格
IV	密实度为 D 级，或长度不合格

8.4.10 单元或单项工程锚杆锚固质量全部达到III级及以上的应评定为合格，否则应评定为不合格。

8.4.11 检测报告除应包括本规程第 3.5.2 条规定的内容外，尚应包括下列内容：

- 1 检测的内容、相关技术资料；
- 2 监测锚杆孔位对应的地质剖面图或柱状图；
- 3 锚杆测力计安装记录；
- 4 检测锚杆布置图；
- 5 单根锚杆检测结果表和单元工程锚杆检测结果表。

附录 A 锚杆拉拔反力装置

A.0.1 锚杆试验加载反力装置应符合下列规定：

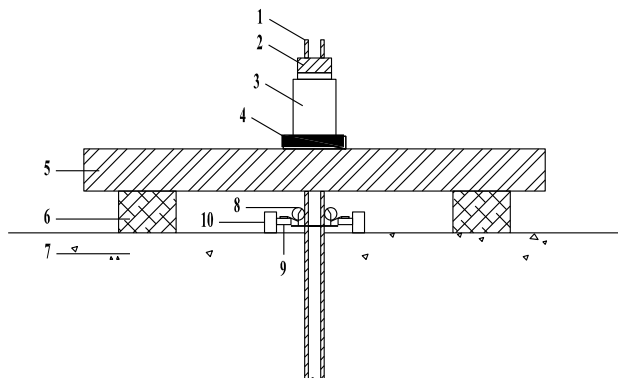
1 加载反力装置提供的反力不得小于最大试验荷载的 1.2 倍；

2 加载反力装置的构件应满足承载力和变形的要求。

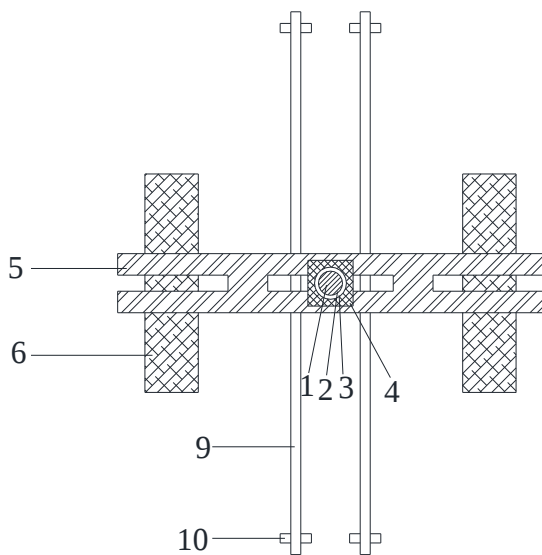
A.0.2 锚杆试验加载反力装置可根据试验条件选择支座横梁反力装置（图 A.0.2-1）、支撑凳式反力装置（图 A.0.2-2）或承压板式反力装置（图 A.0.2-3）。加载反力装置的选择应符合下列规定：

1 基础锚杆应采用支座横梁反力装置；

2 支护锚杆可采用支座横梁反力装置、支撑凳式反力装置；
支护型岩石锚杆和锚杆支护结构体系中设置有连续墙、排桩、腰梁、圈梁等支撑构件的土层锚杆，也可采用承压板式反力装置；



(a) 立面图



(b) 平面图

图 A. 0. 2-1 支座横梁反力装置示意图

1—试验锚杆；2—工具锚；3—穿心式千斤顶；4—垫板；5—主梁；6—反力
支座；7—垫层；8—位移测量仪表；9—基准梁；10—基准桩

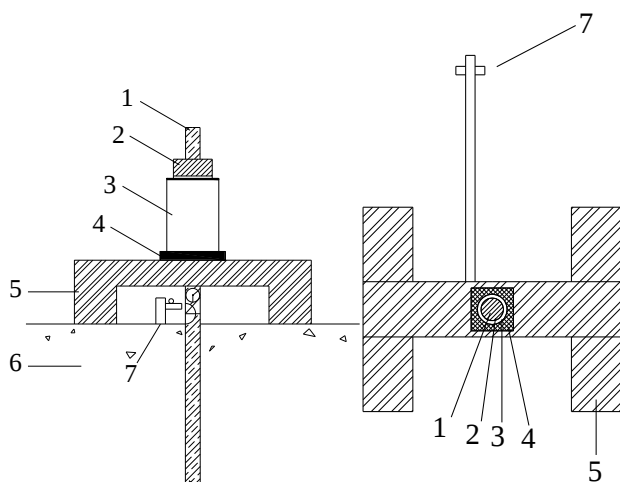


图 A.0.2-2 支撑凳式反力装置示意图

1—试验锚杆或土钉；2—工具锚；3—穿心式千斤顶；4—垫板；
5—支撑凳；6—喷射混凝土土层、岩土层；7—基准梁与基准桩

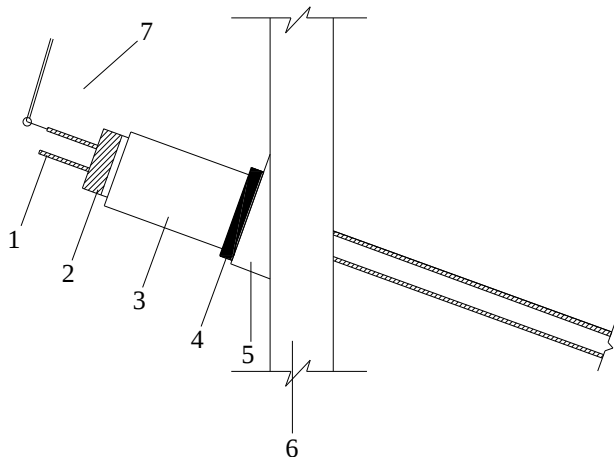


图 A.0.2-3 承压板式反力装置示意图

1—试验锚杆；2—工具锚；3—穿心式千斤顶；4—承用板；
5—腰梁或台座；6—支挡结构；7—位移测量装置

附录 B 锚杆基本试验曲线

B.0.1 锚杆基本试验荷载-位移曲线（图 B.0.1）。

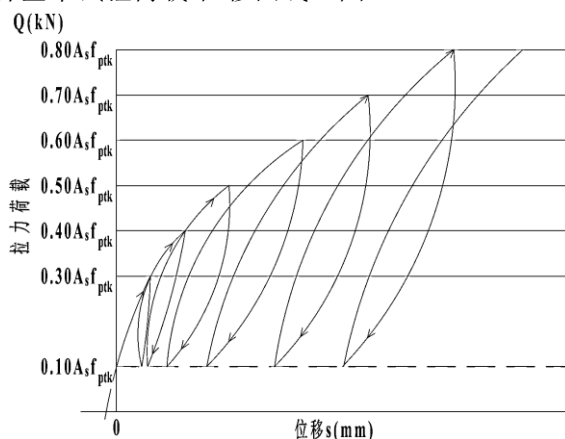


图 B. 0. 1 锚杆基本试验荷载-位移曲线

B.0.2 锚杆荷载-弹性位移、荷载-塑性位移曲线（图 E.0.2）。

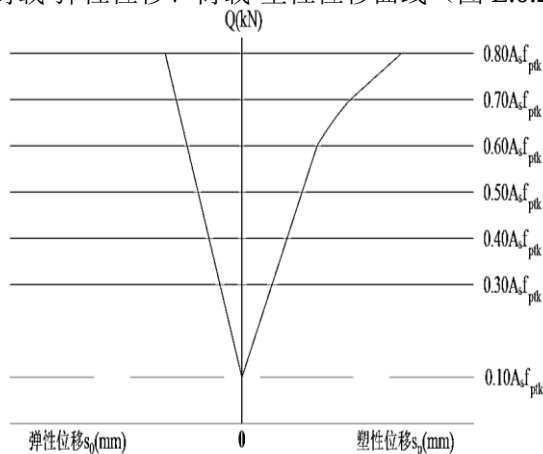


图 B. 0. 2 锚杆荷载-弹性位移、荷载-塑性位移曲线

附录 C 锚杆验收试验曲线

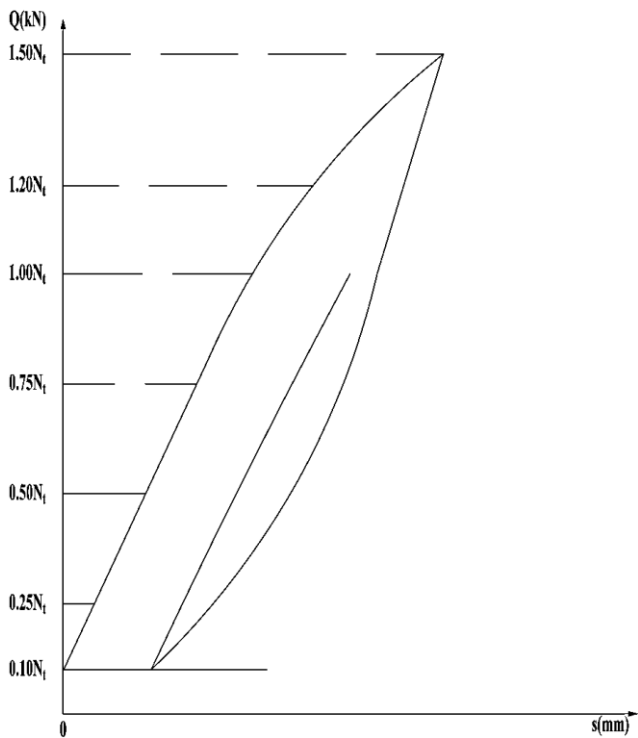


图 C 锚杆荷载-位移曲线

注： N_t ——锚杆轴向拉力设计值 (kN)

附录 D 锚杆蠕变试验曲线

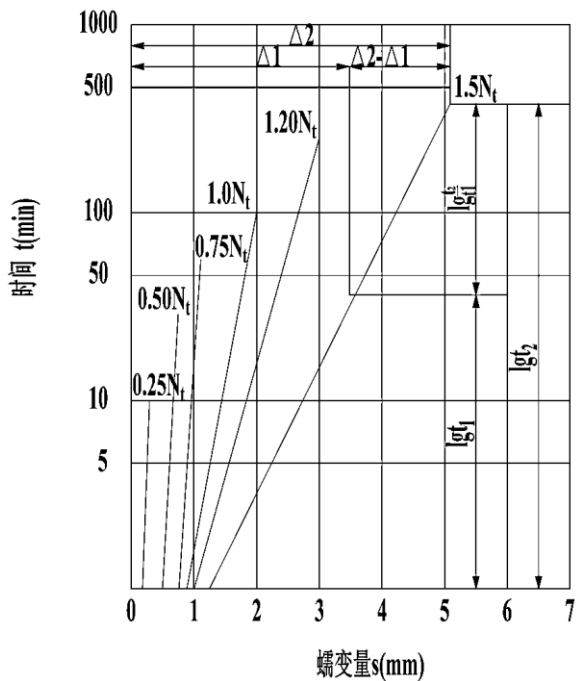


图 D 锚杆蠕变量-时间对数曲线

附录 E 锚杆模拟试验

E.1 一般规定

- E.1.1** 锚杆模拟试验适用于全长粘贴型锚杆。
- E.1.2** 锚杆模拟试验宜由工程建设单位或其授权人组织进行。
- E.1.3** 锚杆模拟试验宜进行室内试验和现场试验。
- E.1.4** 锚杆模拟试验之前应编写试验方案，检测完成后应编写试验检测报告或验证总结报告。
- E.1.5** 现场锚杆模拟试验宜包括所要检测工程的全部锚杆类型和规格，同时应考虑有代表性的周岩地质条件。
- E.1.6** 锚杆模拟试验宜使用拟用于工程锚杆检测的同类型仪器设备。

E.2 标准锚杆设计、制作和检测

E.2.1 室内标准锚杆设计应符合以下规定：

- 1** 模拟锚杆孔宜采用内径不大于 90mm 的 PVC 或 PE 管，其长度应比被模拟锚杆长度长 1m 以上。
- 2** 锚杆宜采用所检测工程锚杆相同类型，其长度宜涵盖设计锚杆长度范围，锚杆外露段长度与工程锚杆设计相同，外露杆头应加工平整。
- 3** 标准锚杆宜包含所检测工程锚杆的等级和主要缺陷类型。
- 4** 胶粘材料宜与所检测工程锚杆相同，设计缺陷宜用橡胶管等模拟。

E.2.2 现场标准锚杆设计应符合下列规定：

1 试验场地宜选在与被检测工程锚杆围岩条件类同的围岩段，且不影响主体工程施工和便于钻孔取芯施工。

2 锚杆孔宜采用与被检锚杆同样的方式造孔，孔径应与工程锚杆孔径相同。

3 锚杆宜采用与被检测工程锚杆相同的材质与类型，长度宜涵盖工程锚杆长度范围，外露段长度与工程锚杆设计相同，杆头应加工平整。

4 注浆材料宜选用与工程锚杆相同的注浆材料和配合比，注浆后自然养护。

E.2.3 室内标准锚杆制作应符合下列规定：

1 根据室内标准锚杆设计，将外径略小于 PVC 或 PE 管内径的泡沫塑料或内空软橡胶管套在设计不密实段的锚杆杆体上，两端用胶带密封防止浆液渗入。

2 模型制作用 PVC 或 PE 管应一端封堵，将锚杆杆体插入 PVC 或 PE 管中，然后注浆、封口，砂浆凝固前不得敲击、碰撞管体或拉拔锚杆，自然养护。

E.2.4 现场标准锚杆制作应符合下列要求：

1 根据现场标准锚杆设计，将外径略小于 PVC 或 PE 管内径的泡沫塑料或内空软橡胶管套在设计不密实段的锚杆杆体上，两端用胶带密封防止浆液渗入。

2 按现场标准锚杆设计图钻孔，按被检测工程锚杆相同的施工工序完成锚杆施工。砂浆凝固前不得敲击、碰撞或拉拔锚杆，

自然养护。

E.2.5标准锚杆检测应符合下列要求：

- 1 检测方法应采用声波反射法。
- 2 检测宜在 3d、7d、14d、28d 龄期时分别进行。
- 3 检测除应符合本规程第 6 章的规定外，宜改变激振方式、激振力、接收传感器类型和仪器参数等进行检测，并取得全部记录。

E.3 验证与复核

E.3.1室内标准锚杆检测完成后应剖开 PVC 或 PE 管，测量、记录每根室内标准锚杆的长度及缺陷位置，计算其密实度，并与原设计参数进行比对。

E.3.2现场标准锚杆检测完成后，若条件许可，宜采用钻孔取芯等有效手段进行复核。

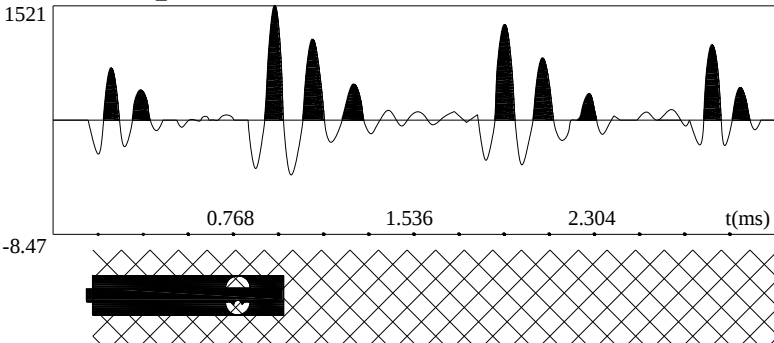
E.4 实验资料整理

E.4.1应整理分析每根标准锚杆的全部检测波形，选取与验证复核相符的记录，制作标准锚杆检测图谱。

E.4.2应计算每根试验标准锚杆的杆体波速、杆系波速，并应计算杆体波速平均值和各种缺陷类型的杆系波速平均值，杆系能量修正系数。

E.4.3应编写锚杆模拟试验报告。报告应明确试验仪器、仪器设置的最佳参数、检测精度、检测有效范围，并提供杆体波速、杆系波速、杆系能量修正系数及标准锚杆检测。

附录 F 单根锚杆检测结果表

检测波形及解释示意图	工地名: lcs_5 日期: 2004-12-24  锚杆长: 2.204m, 自由端长: 0.061m, 锚固等级: III合格, 顶底比值: 0.493 0:1.528~1.736m, 空浆, 轻微							
	设计参数	类型	Φ (mm)	L(m)	L ₀ (m)	L ₁ (m)	D(%)	其他
检测参数	类型	Φ (mm)	L(m)	L ₀ (m)	L ₁ (m)	D(%)	其他	
检测结果								

检测:

解释:

校对:

附录 G 单元工程锚杆检测成果表

工程名称:		项目名称:				单元编号:		
检测单位:		仪器型号:				检测日期:		
序号	锚杆编号	设计参数		检测参数		分级	检测评价	备注
		L (m)	D (%)	L (m)	D (%)			

检测:

校对:

审核:

附录 H 补偿荷载整体张拉方法

H.0.1 本方法可用于荷载分散型锚杆，为实现在最大试验荷载状态下各组单元锚杆理论荷载相等，而进行的各组单元锚杆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。

H.0.2 由 n 组单元锚杆组成的荷载分散型锚杆，补偿荷载整体张拉应从最长（第一组）单元锚杆开始，依次分别对各组单元锚杆进行差异荷载张拉。

H.0.3 第 k 组单元锚杆安装工具锚夹片前，对 $1 \sim (k-1)$ 组单元锚杆施加的第 k 级补偿荷载值（ ΔQ_k ），可按下列公式计算：

压力型锚杆：

$$\Delta Q_k = \sum_{i=1}^k \left(\frac{L_{tfi} - L_{tfk}}{L_{tfi}} \right) \bar{Q} \quad (\text{H.0.3-1})$$

$$Q = \frac{Q_{\max}}{n} \quad (\text{H.0.3-2})$$

拉力型锚杆：

$$\Delta Q_k = \sum_{i=1}^k \left(\frac{L_{tfi} - L_{tfk}}{L_{tfi} + L_{thi} / 2} \right) \bar{Q} \quad (\text{H.0.3-3})$$

式中： ΔQ_k ——第 k 组单元锚杆安装工具锚夹片前，对第 $1 \sim (k-1)$ 组单元锚杆施加的第 k 级补偿荷载值（ kN ）； $k=1, 2, \dots, n$ ，且当 $k=1$ 时，取

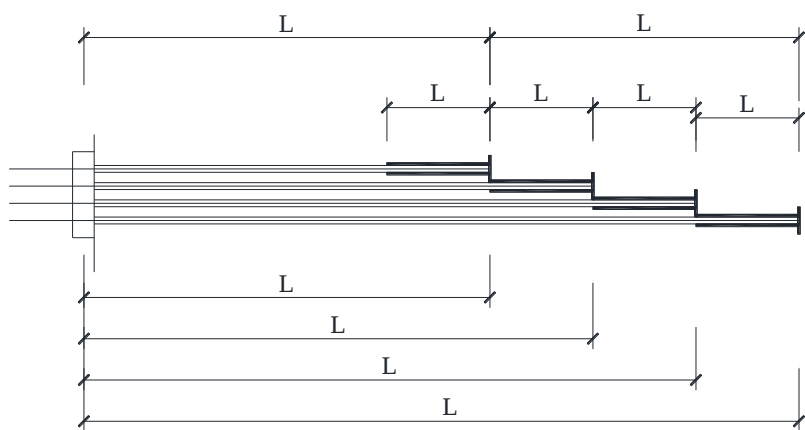
$$\Delta Q_1 = 0 \text{ kN} ;$$

L_{tfi} ——第 i 组单元锚杆的杆体自由段长度（ m ）；

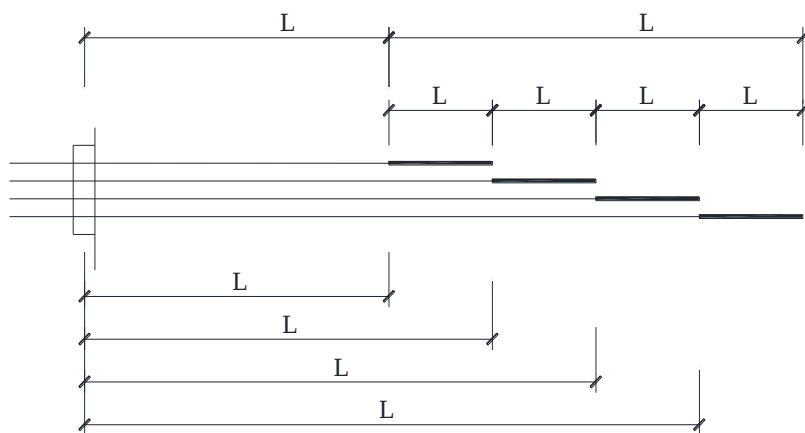
- L_{thi} ——第 i 组单元锚杆的杆体粘结段长度 (m) ;
- $\overline{Q}$ ——最大试验荷载状态下各单元锚杆的理论荷载 (kN) ;
- Q_{max} ——第 i 组单元锚杆的杆体自由端长度 (m) ;
- n ——荷载分散型锚杆的单元锚杆组数。

H.0.4 由 n 组单元锚杆组成的荷载分散型锚杆 (图 H.0.4-1) , 补偿荷载张拉实施步骤 (图 H.0.4-2) 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工具锚夹片;
- 2 第一组单元锚杆张拉至第 2 级补偿张拉荷载 (ΔQ_2) , 安装第二组单元锚杆工具锚夹片;
- 3 第 1~2 组单元锚杆共同张拉至第 3 级补偿张拉荷载 (ΔQ_3) 安装第三组单元锚杆工具夹片;
- 4 第 1~3 组单元锚杆共同张拉至第 4 级补偿张拉荷载 (ΔQ_4) , 安装第四组单元锚杆工具夹片;
- 5 依次将第 1~ ($n-1$) 组单元锚杆共同张拉至第 n 级补偿张拉荷载 (ΔQ_n) , 安装第 n 组单元锚杆工具夹片,
- 6 将 1~ n 组单元锚杆整体张拉至初始荷载 (Q_0) 。



(a) 压力型



(b) 拉力型

图 H.0.4-1 荷载分散型锚杆示意图

L_f —— 锚杆锚杆自由段长度； L_n —— 锚杆锚固段长度； L_{tfi} —— 拉力型锚杆第 i 单元锚杆杆体自由段长度； L_{thi} —— 第 i 单元锚杆杆体粘结段长度；
 L_{ni} —— 压力型锚杆第 i 单元锚杆锚固长度 ($i=1\sim4$)

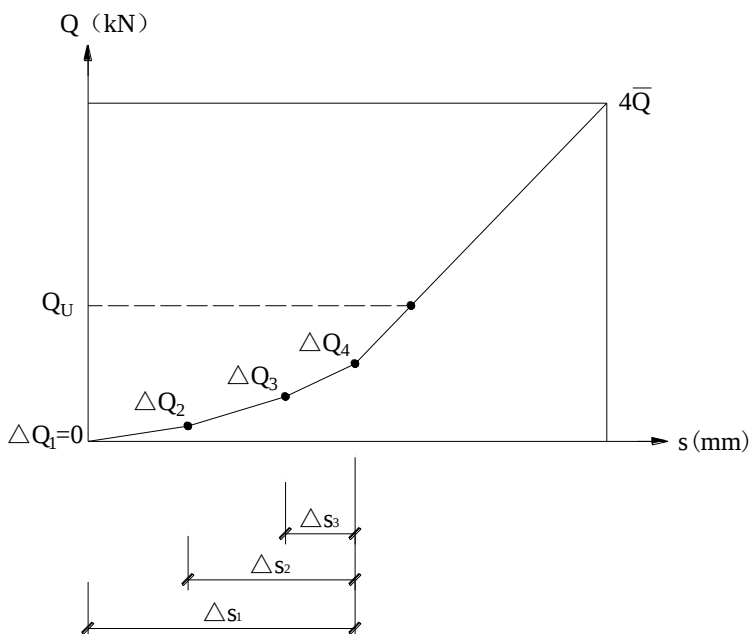


图 H.0.4-2 荷载分散型锚杆补偿荷载张拉实施步骤示意图

$Q_{\max}$ —— 锚杆的最大试验荷载； Q_u —— 锚杆的初始荷载；

Q —— 最大试验荷载状态下各单元锚杆的理论荷载；

ΔQ_k —— 第 k ($k=1\sim 4$) 级补偿张拉荷载；

Δs_k —— 第 k ($k=1\sim 3$) 组单元锚杆的差异伸长率

H.0.5 按本规程第 H.0.3 条和第 H.0.4 条的规定进行补偿荷载张拉，且整体张拉至锚杆初始试验荷载时，其单元锚杆初始荷载可按下列公式计算：

1 拉力分散型锚杆：

$$Q_{0i} = \left(\frac{L_{tfi} - L_{tfn}}{L_{tfi} + L_{thi} / 2} \right) \bar{Q} + \frac{Q_0 - \Delta Q_n}{\sum_{k=1}^n \frac{L_{tfi} + 1 / 2 L_{thi}}{L_{tfk} + 1 / 2 L_{thk}}} \quad (\text{H.0.5-1})$$

2 压力分散型锚杆：

$$Q_{0i} = \left(\frac{L_{tfi} - L_{tfn}}{L_{tfi}} \right) \bar{Q} + \frac{Q_0 - \Delta Q_n}{\sum_{k=1}^n \frac{L_{tfi}}{L_{tfk}}} \quad (\text{H.0.5-2})$$

H.0.6 本规程第 H.0.3 条和 H.0.5 条确定的补偿张拉荷载值和单元锚杆初始荷载值，适用于由锚固段相同、设计荷载相同、杆体面积相同的 n 组单元锚杆组成的荷载分散型锚杆；当各组单元锚杆的设计参数不同时，补偿张拉荷载值和单元锚杆初始荷载值的计算方法应按本规程第 H.0.1 条的原则确定。

H.0.7 荷载分散型锚杆补偿荷载张拉测试数据可按表 I.0.10 的格式进行记录。

附录 I 检测与监测记录表

I.0.1 锚杆抗拔试验数据可按表 I.0.1 的格式记录。

表 I.0.1 锚杆抗拔试验数据记录表

工程名称：									
序号：		锚杆编号：		检测日期： 年 月 日					
锚杆类型： 加载反力装置： ☐锚杆轴向拉力标准值☐锚杆承载力特征值（kN）： 最大试验荷载 kN）： ☐基本试验☐验收试验☐多循环加卸载法☐单循环加卸载法☐分级持荷载法									
千斤顶编号及型号：压力表编号：百分表编号：									
荷载 级别	荷载 (kN)	油压 (MPa)	测读 时间 (min)	位移表读数 (mm)			位移 (mm)		备 注
				表 1	表 2	平均	增量	累计	

记录： 校对： 第 页 共 页

I.0.3 传感器埋设记录可按表 I.0.3 的格式进行记录。

表 I.0.3 传感器埋设记录表

工程名称：					
锚杆编号：		测试项目：			
传感器类型：		安装日期： 年 月 日			
其他信息：					
序号	测点编号	测点位置	传感器编号	埋设完成后读数	备注

记录： 校对： 第 页 共 页

I.0.4 锚杆测力计安装记录可按表 I.0.4 的格式进行记录。

表 I.0.4 锚杆测力计安装记录表

工程名称：							
杆测力计类型：		测试项目：		安装日期： 年 月 日			
其他信息：							
序号	测点 编号	测点 位置	锚杆测 力计编 号	安装 时间	环境 温度 (℃)	张拉前测 力计读数 (基准)	备注

记录： 校对： 第 页 共 页

I.0.5 预应力锚杆锁定力测试数据可按表 I.0.5 的格式进行记录。

表 I.0.5 预应力锚杆锁定力测试数据记录表

工程名称:										
锚具型号:						张拉设备编号:				
测力计类型:						标定情况:				
其他信息:										
检测日期: 年 月 日										
序号	锚杆编号	测力计编号	测力计基准值	环境温度(℃)	测读时间	测力计度数	力值(kN)	力值平均值(kN)	实测锁定力值(kN)	备注

记录: 校对: 第 页 共 页

I.0.6锚杆自由段杆体拉力监测数据可按表 I.0.6 的格式进行记录。

表 I.0.6 锚杆自由段杆体拉力监测数据记录表

工程名称：										
测力计类型：					标定情况：					
其他信息：										
初测日期：		年	月	日	上次监测日期：		年	月	日	
监测日期：		年	月	日						
锚杆编号	测力计编号	上次拉力(kN)	测读时间	环境温度(℃)	本次测力度数	本次拉力(kN)	本次拉力变化(kN)	累计拉力变化(kN)	工程施工或运行情况	备注

记录： 校对： 第 页 共 页

I.0.7锚杆锚固段杆体拉力监测数据可按表 I.0.7 的格式进行记录。

表 I.0.7 锚杆锚固段杆体拉力监测数据记录表

工程名称:											
监测编号:					锚杆编号:						
传感器类型:					标定情况:						
其他信息:											
初测日期:			年	月	日	上次监测日期:			年	月	日
监测日期:			年	月	日						
序号	测点编号	传感器编号	上次拉力(kN)	测读时间	本次传感器数	本次拉力(kN)	本次拉力变化(kN)	累计拉力变化(kN)	工程施工或运行情况	备注	

记录： 校对： 第 页 共 页

I.0.8 荷载分散型锚杆补偿荷载张拉数据可按表 I.0.8 的格式进行记录。

表 I.0.8 补偿荷载张拉数据记录表

工程名称：					
锚杆类型：		单元锚杆组数：		试验加载反力装置：	
最大实验荷载（kN）：		初始荷载（kN）：		分级补偿张拉荷载（kN）：	
千斤顶编号及型号：		压力表编号：		钢板尺编号：	
补偿荷载张拉日期： 年 月 日					
锚杆编号	分级补偿荷载（kN）	油压表读数（MPa）	测读时间（min）	分级位移（mm）	备注

记录： 校对： 第 页 共 页

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词，说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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，在条件许可时，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 本规程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 《锚杆检测与监测技术规程》（JGJ/T401-2017）
- 2 《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》（GB 50086-2015）
- 3 《锚杆锚固质量无损检测技术规程》（JGJ/T182-2009）
- 4 《建筑基坑支护技术规程》（JGJ 120-2012）
- 5 《岩土锚杆（索）技术规程》（CECS22：2005）
- 6 《建筑地基基础设计规范》（GB 50007-2011）
- 7 《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330-2013）
- 8 《高压喷射扩大头锚杆技术规程》（JGJ/T 282-2012）

广西壮族自治区工程建设地方标准

锚杆检测技术规程

条文说明

目次

1 总则.....	71
2 术语和符号.....	72
2.1 术语.....	72
2.2 符号.....	83
3 基本规定.....	85
3.1 一般规定.....	85
3.2 检测工作程序.....	85
3.3 检测方法的选择及检测数量.....	86
3.4 验证与扩大检测.....	93
3.5 检测报告.....	94
4 基本试验.....	95
4.1 一般规定.....	95
4.2 仪器设备及安装.....	99
4.3 现场操作.....	102
4.4 检测数据分析与判定.....	109
5 验收试验.....	111
5.1 一般规定.....	111
5.2 仪器设备及安装.....	113
5.3 现场操作.....	113
5.4 检测数据分析与判定.....	113

6 蠕变试验	117
6.1 一般规定	117
6.2 仪器设备及安装	122
6.3 现场操作	122
6.4 检测数据分析与判定	123
7 锁力监测	124
7.1 一般规定	124
7.2 仪器设备及安装	125
7.3 现场操作	125
7.4 监测数据处理与信息反馈	126
8 锚固质量无损检测	127
8.1 一般规定	127
8.2 仪器设备	127
8.3 现场检测	127
8.4 检测数据分析与评定	128

1 总则

1.0.1、1.0.2 自中国工程建设标准化协会标准《土层锚杆设计与施工规范》CECS22-90 颁布以来，我国的岩土锚固工程得到了迅速发展。其应用领域和应用规模日趋扩大，岩土锚固的新材料、新结构和新技术不断涌现，原有的土层锚杆设计与施工规范已不能适应岩土锚固工程建设的需要，故对《土层锚杆设计与施工规范》进行修订十分必要。

鉴于岩石锚杆和土层锚杆的设计与施工，就其设计原则、材料选用与施工工艺来说，基本上是相同的。而且，某些边坡或基坑工程所需锚固的对象既有岩石又有土层，因而这次规范修订时将岩土锚杆统一包容于本规程之中，以更有利于满足工程建设的需要。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1~2.1.5 关于锚杆的定义和分类说明如下。

1 锚杆按杆体材料可分为钢绞线锚杆和钢筋锚杆。

2 锚杆按使用功能可分为支护锚杆和基础锚杆。

支护锚杆——将围护结构承受的侧向荷载，通过拉锚作用传递到周围的稳定岩土体中去的锚杆。

基础锚杆——将基础承受的向上荷载，通过拉锚作用传递到基础下部的稳定岩土体中去的锚杆。

主要承受地下水浮力的基础锚杆也称作抗浮锚杆。

基础锚杆与支护锚杆的抗拔安全系数不一样，在现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 中，基础锚杆的抗拔安全系数取为不小于 2；在现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 和《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086 等规范中，支护锚杆的抗拔安全系数取为 1.4~2.6 不等。基础锚杆大多属于隐蔽性工程，一旦出现质量问题，很难进行工程处理，因此，在本规程中，对基础锚杆的试验要求更严一些。

3 锚杆按岩土性质可分为岩石锚杆和土层锚杆。

岩石锚杆——主要锚固段设置于岩石中的锚杆。

土层锚杆——主要锚固段设置于土层中的锚杆。

关于土钉与锚杆的异同点，从设计角度来看，土钉与锚杆是有区别的，一般来说，支护锚杆应穿越潜在滑动面，进入稳定的岩土体；土钉大多是整体受力，长度较短，与被加固土层形成一个整体，增加坡体的稳定性。从检测与监测的角度来看，土钉与锚杆均承受轴向拉力，可将土钉视为设置于土层中的全长粘结型或摩擦型锚杆，作为锚杆的一种特殊形式。因此，本规程未独立编写有关土钉的章节。当土钉与锚杆的规定有差异时，编制了其专用条款，其余规定尚应执行与其相适应的锚杆共性条款。

4 锚杆按使用年限可分为临时性锚杆和永久性锚杆。

临时性锚杆和永久性锚杆的区别在于主体工程竣工后，在使用期间，锚杆是否还需要发挥作用。如果锚杆的设计使用功能仅限于主体工程施工期间，则锚杆为临时性锚杆；如果在主体工程施工期间和使用期间均要求锚杆具备使用功能，则锚杆为永久性锚杆。也有规定设计使用时间小于或不超过 24 个月的锚杆为临时性锚杆，如现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330、《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086。

5 锚杆按杆体是否施加预应力可分为预应力锚杆和非预应力锚杆。

常见的预应力锚杆有：拉力型与压力型预应力锚杆、压力分散型与拉力分散型锚杆、可拆芯式锚杆、高压喷射扩大头锚杆、树脂卷锚杆、快硬水泥卷锚杆、胀壳式中空注浆锚杆、摩擦型锚杆等。非预应力锚杆有：普通水泥浆（砂浆）锚杆、普通中空注

浆锚杆、自钻式锚杆、纤维增强塑料锚杆、高压喷射扩大头锚杆等。

6 锚杆按锚固段注浆体受力状态可分为拉力型锚杆和压力型锚杆。

拉力型锚杆（图 1）——在锚杆工作状态下，锚固段注浆体处于拉剪受力状态的锚杆。拉力型锚杆的主要特点是锚杆受力时锚固段注浆体处于拉剪受力状态。这种锚杆结构简单，是目前使用最广的类型，特别在坚硬或中硬岩土体中使用，效果良好。

压力型锚杆（图 2）——在锚杆工作状态下。锚固段注浆体处于压剪受力状态的锚杆。压力型锚杆是近年来发展起来的一类锚杆，它是由设置于钻孔内、端部伸入稳定岩土体中的无粘结钢绞线、底端承载体（与钢绞线连接）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压应力，利用注浆体与周围岩土体的剪切抗力，提供锚杆所需的承载力。

7 锚杆按锚固段分布状况可分为荷载集中型锚杆（图 1、图 2）和荷载分散型锚杆（图 3、图 4）。

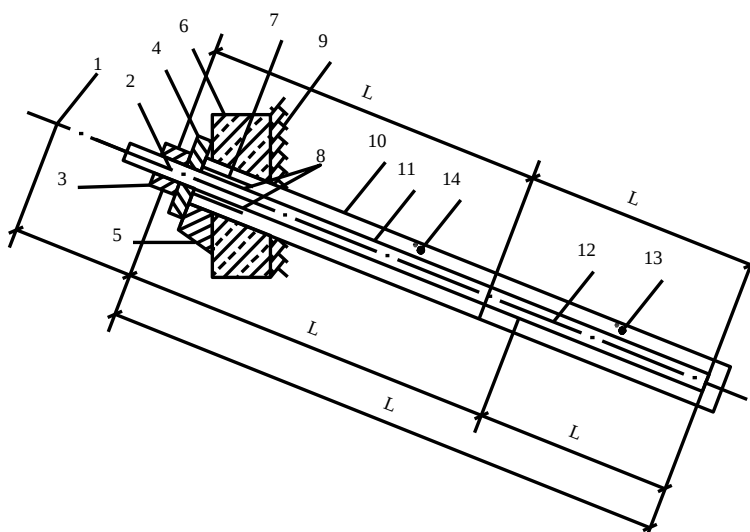


图 1 拉力型锚杆构造示意图

1—张拉工具锚锁定点；2—工作锚锁定点；3—锚头；4—垫板；5—台座；
6—支挡结构；7—锚头套管；8—隔离环；8—岩土层；10—钻孔；11—隔离
套管；12—杆体；13—注浆锚固段；14—锚杆自由段填充体； L_x —锚杆长
度； L —杆体外延张拉段长度； L —锚杆锚固段长度； L —锚杆自由段长
度； L —杆体粘结段长度； L —杆体自由段长度；

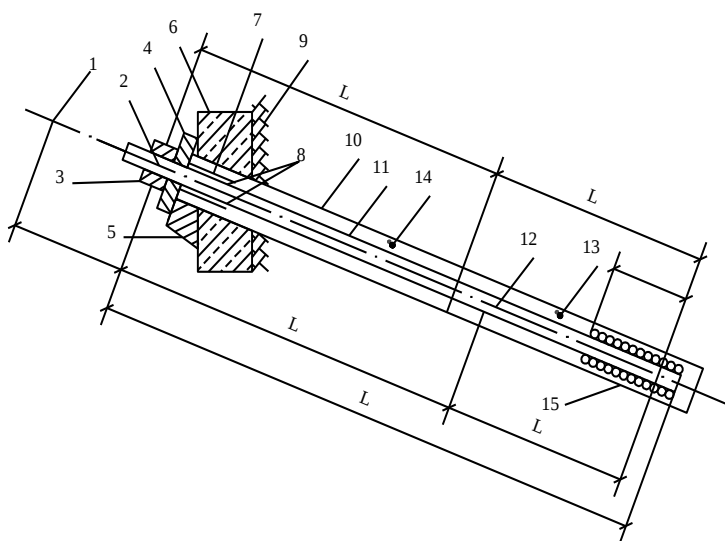


图 2 压力型锚杆构造示意图

1—张拉工具锚锁定；2—工作锚锁定；3—锚头；4—垫板；5—台座；
6—支挡结构；7—锚头套管；8—隔离环；8—岩土层；10—钻孔；11—隔离
套管；12—杆体；13—注浆锚固段；14—锚杆自由段填充体；15—承载体；
 L_x —锚杆长度； L —杆体外延张拉段长度； L —锚杆锚固段长度；
 L —锚杆自由段长度； L —杆体粘结段长度； L —杆体自由段长度；

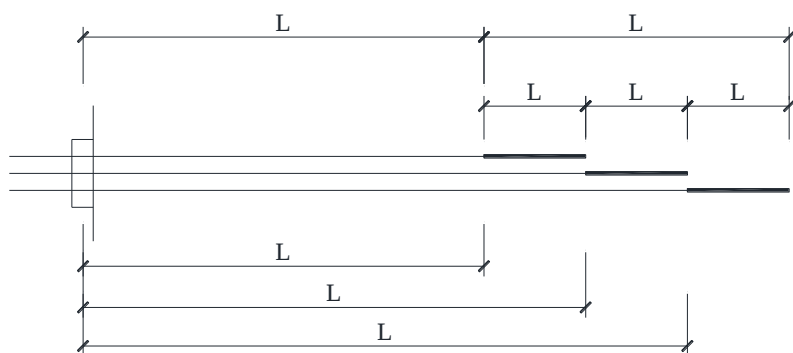


图 3 拉力分散型锚杆简图

L —锚杆自由段长度； L —锚杆锚固段长度；

L —第 i 组单元锚杆杆体自由段长度； L —第 i 组单元
锚杆杆体粘结长度 ($i=1,2,3$)

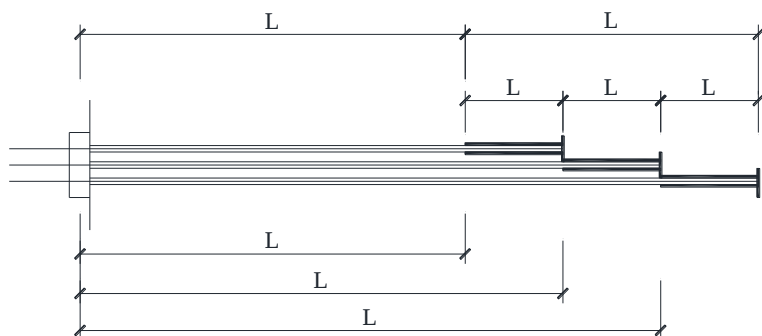


图 4 压力分散型锚杆简图

L —锚杆自由段长度； L —锚杆锚固段长度；

L —第 i 组单元锚杆杆体自由段长度； L —第 i 组单元
锚杆杆体粘结长度 ($i=1,2,3$)

荷载分散型锚杆是近年来发展起来的一类锚杆，指在一个钻孔内，安装两组或两组以上单元锚杆，构成复合锚固体系，每组单元锚杆的长度是不同的，各单元锚杆的锚固段相对独立且在钻孔中的空间分布位置也不相同。对于钻孔某一区段，可能既是某组单元锚杆的锚固段，同时又是另一组单元锚杆的非粘结段；般地，一组单元锚杆由对称分布的两个单元锚杆组成，有时候也将一组单元锚杆设计为一个单元锚杆。

与荷载集中型锚杆分为拉力型锚杆和压力型锚杆一样，荷载分散型锚杆也分为拉力分散型锚杆和压力分散型锚杆。顾名思义，由拉力型单元锚杆组成的荷载分散型锚杆称为拉力分散型锚杆，由压力型单元锚杆组成的荷载分散型锚杆称为压力分散型锚杆。

图 3 为三组单元锚杆的拉力分散型锚杆简图，实际工程中，锚杆锚固段长度 L ，可能是一次性浇灌.但在计算分析时，认为或假设第 1 组单元锚杆杆体粘结段长度为 L_{b1} 而不是 $(L_{b1} + L_{b2})$ 或 L_a 。图 4 为三组单元锚杆的压力分散型锚杆简图。

实际工程中，还有一种称之为拉压复合型的锚杆，即在同一根锚杆中，既有拉力型单元锚杆也有压力型单元锚杆。由于目前应用较少，因此，本规程未独立编写相关内容，有关检测与监测工作可参照本规程相关章节的规定执行。

8 关于承载体。

目前工程上常用的承载体有两类，一类是图 2 所示“承载体”，由塑料波纹管及管内水泥浆构成，长度为 1m~3m，需工厂预制，这是国外标准做法；另一类是图 4 所示“承载体”。由钢板、增强塑料等制成的片形、U 形、合页形承载体。长度通常较短。近年来，国内工程从日本引进了图 2 所示“承载体”的锚杆技术。在锚杆承受拉力时，承载体提供了两种抗力，一个是注浆体施加给承载体横截面上的压力，另一个是注浆体施加给承载体侧表面上的剪力。

2.1.6~2.1.16 这几条是关于锚杆各部分的定义。

针对拉力型锚杆，一般将锚杆划分为锚杆锚固段和锚杆自由段，但随着压力型锚杆、荷载分散型锚杆的出现，仅采用锚杆锚固段和锚杆自由段的定义对锚杆的描述已显不足，本规程引入杆体粘结段和杆体自由段两个定义。以完善论述的完整性。

锚杆锚固段、锚杆自由段、杆体粘结段和杆体自由段的关系参见图 1~图 4。本规程均采用杆体自由段长度与杆体粘结段长度对锚杆变形进行验算。

实际工程中，设计施工参数有孔深、杆体长度、隔离套管长度，锚杆锚固段长度等参数。

杆体粘结段指与注浆体相粘结的杆体区段，可以是锚杆锚固段的全部，也可以是一部分。杆体自由段指与周围填充体和注浆体采用套管进行物理隔离的杆体区段，包括锚杆自由段和杆体非粘结段；杆体自由段可以等于锚杆自由段，也可大于锚杆自由

段。从岩土理论分析，设计时应要求锚杆自由段不小于岩土体理论滑动面以内的锚杆区段长度，杆体自由段应超过理论滑动面以内的锚杆区段长度。

锚杆主要由锚杆自由段和锚杆锚固段两部分组成，锚杆长度为锚杆自由段长度与锚杆锚固段长度之和（图 1～图 4）。

拉力集中型锚杆：锚杆自由段长度小于等于杆体自由段长度。其杆体长度由杆体自由段和杆体粘结段两部分组成，锚杆长度等于杆体自由段长度与杆体粘结段长度之和（图 1）。

压力集中型锚杆：由于全长均采用无粘结钢绞线，与注浆体实现了物理隔离，因此，其杆体长度主要由杆体自由段组成，锚杆长度基本等于杆体自由段长度（图 2）。从注浆体实现设计意图来分，锚杆仍然由锚杆自由段与锚杆锚固段两部分组成，锚杆长度等于锚杆自由段长度与锚杆锚固段长度之和，视情况，还应考虑承载体的长度。

拉力分散型锚杆：对整根锚杆进行描述时，锚杆自由段等于最短单元锚杆自由段，锚杆锚固段应为所有单元锚杆的锚固段之和；按各单元锚杆分开表述时。各组单元锚杆长度等于其杆体自由段长度与杆体粘结段长度之和（图 3）。事实上，在本规程各章节中，包括变形验算，也是要求各单元锚杆单独进行。

压力分散型锚杆：对整根锚杆进行描述时，锚杆自由段等于最短单元锚杆自由段，锚杆锚固段应为所有单元锚杆的锚固段之

和；按各单元锚杆分开表述时，各组单元锚杆长度近似等于其杆体自由段长度（图 4）。

此外，从严格意义上来说，锚杆尚应包含杆体外延张拉段。杆体外延张拉段（tendon external length）指从锚头锁定点至千斤顶锁定点的杆体长度，在锚杆施工完成后，一般会切剪掉外延张拉段杆体。

2.1.7~2.1.19 这三条是关于锚杆的三种试验方法，即基本试验、蠕变试验和验收试验。基本试验是用于确定或验证锚杆极限抗拔承载力，国内工程界习惯称作基本试验，严格意义应称作极限抗拔承载力试验。

2.1.20 本条是关于持有荷载试验的定义。持有荷载试验可用于确定锚杆持有荷载和锚杆锁定力。对未埋设锚杆测力计的锚杆采用持有荷载试验测试锚杆的持有荷载是一种有效的方法；对已埋设锚杆测力计的锚杆，可采用持有荷载试验，验证锚杆锁定力测试结果与锚杆拉力监测结果的准确性。

2.1.21、2.1.22 在行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120-2012 中，锚杆抗拔承载力检测值有两种含义，本规程提出了验收荷载、抗拔承载力检测值和最大试验荷载三个概念，验收荷载根据设计资料确定，取刚好满足设计抗拔力要求的荷载值或者满足设计抗拔力要求的最小荷载值，如果仅对单根锚杆进行评价。可以这样来理解验收荷载：若锚杆抗拔承载力检测值小于锚杆验收荷载，则锚杆抗拔承载力不满足设计要求，若锚杆抗拔承载力检

测值大于等于锚杆验收荷载，则锚杆抗拔承载力满足设计要求；验收试验中，锚杆最大试验荷载指拟施加的最大加载量，它可等于验收荷载，也可大于验收荷载，一般最大试验荷载大于锚杆验收荷载；抗拔承载力检测值是根据验收试验数据分析得到的受检锚杆的抗拔承载力试验结果。将抗拔承载力检测值与验收荷载进行比较即可评价锚杆抗拔承载力是否满足设计要求。显然，抗拔承载力检测值既不是锚杆抗拔承载力特征值也不是锚杆极限抗拔承载力。

2.1.23、2.1.24 本规程中，出现了四个相关联而又有区别的概念：张拉荷载、锚杆锁定力、预应力和持有荷载。简单解释如下：张拉荷载指在锚杆锁定前，通过工具锚和张拉千斤顶对锚杆施加的张拉荷载。锁定力指在工作锚发挥锁定作用后，传递于锚头的初始预抗力。预应力指预应力锚杆在施[时施加的应力，显然初始预应力与锁定力是“相等的”，通常情况下，锚杆张拉锁定后，随着时间和周闹环境的变化，锚杆预应力会发生变化，一般会变小，即所谓的预应力损失。持有荷载指锚杆在工作期间，自由段杆体的拉力；无论是预应力锚杆还是非预应力锚杆，锚杆杆体都存在持有荷载；对预应力锚杆，锚杆张拉锁定时，锚杆持有荷载与初始预应力以及锁定力是“相等的”。

2.1.25 锚杆拉力监测包括（预应力）锚杆自由段拉力监测、锚杆锚固段拉力监测。

锚杆自由段拉力监测一般采用锚杆测力计进行监测，测力计安装在工作锚与支挡结构（如腰梁、台座等）之间，假设支挡结构两侧的锚杆杆体轴力是相等的，那么，测力计测得的力等于杆体自由段的拉力，测力计测得的力随时间的变化反映了锚杆自由段的拉力随时间的变化。锚杆自由段拉力随时间的变化可能是减少的，即通常所谓的预应力损失的变化；也可能是增加的，即周围岩土体对支挡结构和锚杆施加了作用力。

需要注意的是：此处指的自由段为锚头附近的锚杆自由段。对于压力型锚杆，由于锚固段范围的杆体自由段与其锚固段注浆体存在不同程度的摩阻力，不同深度的杆体中的持有荷载会有一定的差别。

预应力锚杆锚固段拉力监测一般通过埋设与安装传感器来进行监测，实际测量的是锚固段杆体抗力或变形（通过变形计算拉力），也可称为锚杆轴力监测。

2.2 符号

关于锚杆抗拔承载力特征值：

现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007、现行行业标准《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T282 采用锚杆抗拔承载力特征值作为设计参数，前者采用符号 R_t 表示锚杆抗拔承载力特征值，后者采用符号 T_{ak} 表示锚杆抗拔（承载）力特征值。本规程与前者一致，采用符号 R_t 表示锚杆抗拔承载力特征值。

关于锚杆轴向拉力标准值：

现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB50330（采用符号 N_k 表示锚杆轴向拉力标准值）、《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086（采用符号 N_e 表示锚杆拉力标准值）和现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》GJ120（采用符号 N_k 表示荷载标准组合的锚杆轴向拉力值，或锚杆轴向拉力标准值）等标准采用锚杆轴向拉力标准值作为设计参数，本规程采用符号 N_k 表示锚杆轴向拉力标准值。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.2 锚杆基本试验、蠕变试验属于施工前进行的试验项目，目的是为设计提供依据和验证施工工艺，因此，要求这些试验锚杆应具有两方面的代表性：一是地质条件应具有代表性；二是锚杆参数和施工工艺应具有代表性，宜与工程锚杆相同。

3.1.3 锚杆锁力监测与锚固质量无损检测的工程锚杆应具有代表性，从而保证样本的试验结果能反映总体的质量情况。

3.1.4 试验时锚杆应与垫层等脱离，处于独立受力状态；否则，当锚杆与支撑体系（支撑构件）、混凝土面层连为一体时，试验得到的不是单一锚杆的承载力。

3.1.6 全长粘结型锚杆检测的内容包括锚杆杆体长度、锚固密实度，摩擦型、膨胀型、管契型等非粘结型锚杆可采用声波反射方法检测杆体长度。

3.2 检测工作程序

3.2.2 根据锚杆检测（监测）工作的特殊性，本条对资料收集工作提出了具体要求。为了正确地对锚杆质量进行检测（监测）和评价，提高锚杆检测（监测）工作的质量，做到有的放矢，应尽可能详细了解和搜集有关技术资料。另外，有时委托方的介绍和提出的要求是笼统的、非技术性的，也需要通过调查来进一步明确

委托发的具体要求和现场实施的可行性；有些情况下还需要检测技术人员到现场了解和搜集。

3.2.3 本条提出的检测（监测）方案内容为一般情况下包含的内容，某些情况下还需要包括试验平台架设方案以及场地、道路、供电、照明等要求。制定监测方案时应根据监测目的、锚固工程结构特点、设计文件及监测要求确定监测期限、选择监测参数及合适的监测方法，选取合适的监测设备和提出具体实施措施。有时检测（监测）方案还需要与委托发或设计方共同研究制定。

3.2.4 在检测与监测的实施过程中，涉及的仪器设备分两类：一类是辅助性的工具型设备，它应满足一般性的安全要求；另一个是影响量测数据的传感器和记录仪器，它应满足量值溯源的有关规定。为了充分满足量值溯源规定，一方面要求检测（监测）所用仪器应进行定期检定或校准，且使用时应在检定或校准的有效期之内；另一方面，即使计量器具在有效计量检定周期之内，但由于锚杆检测（监测）工作环境较差，仍可能由于使用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，检测（监测）前还应加强对计量器具、配套设备的期间核查，有条件时可建立校准装置进行自校，发现问题后应重新检定。

3.3 检测方法的选择及检测数量

3.3.1 影响工程锚杆锚固效果的因素很多，即便从验收试验的角度，也涉及很多内容，本规程涉及的锚杆检测主要包括施工前的

基本试验和蠕变试验：施工过程和使用过程的锚杆锁力监测：施工后的验收试验和锚固质量试验。

岩土锚固工程的具体情况可包括地质条件、设计要求、施工工艺、支护结构和主体结构等情况，锚杆检测方法与检测目的之间的关系见表 1。

表 1 检测方法与检测目的的关系表

检测方法	检测目的
基本试验	确定锚杆极限抗拔承载力。提供设计参数和验证施工工艺
蠕变试验	确定预应力锚杆的蠕变特性
验收试验	确定锚杆抗拔承载力检测值，判定其是否满足设计要求
锁力监测	确定预应力锚杆的初始预拉力，为锚杆张拉锁定工艺提供依据；确定锚杆施工过程和使用过程的锚头持有荷载
锚固质量无损检测	判定锚杆杆体长度检测和锚固密实度是否满足设计要求

3.3.2 注浆体是一种与龄期相关的材料，在一定时间内，其抗压强度随时间的增加而增长。在最初几天内强度快速增加，随后逐渐变缓，其物理力学参数变化趋势亦大体如此。锚杆工程受季节气候、施工环境或工期紧等因素的影响，往往不允许等到全部工程锚杆施工完成并都达到 28d 龄期强度后再开始检测。为做到信息化施工，尽早发现锚杆的施工质量问题并及时处理，同时考虑到支护锚杆验收试验的最大试验荷载只是其设计极限抗拔承载力的 75%左右，对注浆体强度的要求可适当放宽。因此，对于验收试验的检测与测试，规定注浆体强度应大于设计强度的 75%。对基

基础锚杆，由于锚杆验收试验的最大试验荷载与其设计极限承载力相当，因此基础锚杆验收试验检测开始时间应与锚杆基本试验相同。锚杆锚固龄期太短，粘结材料强度低，与锚杆模拟试验类比行差，难于检测锚固不密实缺陷。

3.3.3 锚杆基本试验是锚杆性能的全面试验，目的是确定锚杆的极限承载力和锚杆参数的合理性，为锚杆设计、施工提供依据。新型锚杆或已有锚杆用于未曾应用过的地层时，由于没有任何可参考或借鉴的资料，规定均应进行基本试验。只有用于有较多锚杆特性资料或锚固经验的地层时，才可以不做基本试验。

3.3.4 鉴于岩土层条件的多变性，为了准确地确定锚杆的极限承载力，本条对基本试验的锚杆检测数量作了规定。

临时性锚杆基本试验的检测数量不应少于 3 根，与现行相关规范一致：永久性锚杆和基础锚杆（基础锚杆为永久性锚杆）基本试验的检测数量不应少于 6 根，与现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 对岩石锚杆的规定一致。

特别地，对安全等级为一级支护工程中的锚杆、设计等级为甲级地基基础工程中的锚杆，由于其施工难度大或破坏后果严重：对采用新工艺、新材料或新技术的锚杆和无锚固工程经验的岩土层内的锚杆，如：荷载分散型锚杆，由于其技术，上不够成熟，供参考与借鉴的资料不多，应引起高度的重视。

3.3.5 本条是在现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086 和现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》

JGJ 120 规定需进行锚杆蠕变试验的情况的基础上。经适当调整而成，即将黏土层、淤泥质土层合并为黏性土层。

岩土锚杆的蠕变是导致锚杆预应力损失的主要因素之一。工程实践表明，黏土层、淤泥质土层、填土层、极度风化的泥质岩层，或节理裂隙发育张开且充填有黏性土的岩层对蠕变极为敏感，因而在该类地层中设计锚杆时，应充分了解锚杆的蠕变特性，以便合理地确定锚杆的设计参数和荷载水平，并采取适当措施控制蠕变量，从而有效控制预应力损失。目前国内开展锚杆蠕变试验的数量尚不多，应更多地开展有关试验研究。

3.3.6 锚杆的预期使用功能和安全性需通过有代表性的锚杆验收试验来判断和评价，锚杆验收试验的目的是及时发现设计，施工过程中存在缺陷，在分部工程验收前，以便采取相应的措施加以解决，确保锚杆的质量和工程安全。目前，工程锚杆施工完成后，其他各种试验都不能代替现场抗拔验收试验。故验收试验应严格执行。验收试验的抽检数量按本规程第 3.3.8 条的规定执行。

3.3.7 由于检测成本和周期问题，很难做到对岩土锚固工程的全部锚杆进行检测。施工后验收检测的最终目的是查明隐患、确保安全。本规程从三个方面进行了规定：一是施工质量有疑问的锚杆应全部进行锚杆验收试验。这类锚杆应在检测方案中予以确定，不能在检测完成后，将检测结果不合格的锚杆归为施工质量有疑问的锚杆：由于它不具有代表性，因此，其检测数量不能计入本规程第 3.3.8 条的抽检数量中去，也不执行本规程第 3.4.3 条的扩

大检测规定。二是为了在有限的检测数量中更能充分暴露锚杆存在的质量问题，应优先抽检本条第 2 款所列的锚杆。三是应考虑抽样的随机性。

3.3.8 锚杆验收试验的检测数量的规定，是综合国内外有关规定并结合我国的实践经验而提出的。现行设计施工规范规定为不应少于锚杆总数的 5%，且不得少于 3 根或 5~6 根（表 2），考虑到锚杆数量一般较多以及为使验收结果具有代表性，本规程将锚杆验收试验的检测数量规定为不应少于锚杆总数的 5%，且不得少于 5 根。

国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086 - 2015 的强制性条文 12.1.19 条规定：“工程锚杆必须进行验收试验。其中占锚杆总量 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”。为与该规定相衔接，本条规定的检测数量为第三方的检测数量，其他锚杆可由施工单位自行检测。

ISO/DIS 22477-5 强制性规定：锚杆验收试验应全数检测。

表 2 相关规范对锚杆验收试验的检测数量规定

规范	检测数量百分比	最少检测数量
《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086-2015	多循环试验：5%	多循环试验：3 根
	单循环试验：剩余全部锚杆	
欧盟规范 ISO/DIS 22477-5	全数检测	
《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013	5%	5 根
《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011	5%	岩土锚杆：6 根 土层锚杆：5 根
《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120-2012	5%	3 根
《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282-2012	5%	3 根
《水电水利工程预应力锚索施工规范》DL/T 5083-2010	5%	3 根
《水电水利工程边坡施工技术规范》DL/T 5255-2010	5%（预应力锚杆）	—
	200 根一组，每组 3 根（非预应力锚杆）	—
《公路工程质量检测评定标准 第一分册 土建工程》JTG F80/1-2004	1%	3 根
《铁路路基工程施工质量验收标准》TB 10414-2003	施工单位 3% 监理单位不少于 施工单位的 20%	—

3.3.9 现行的相关标准对锚杆锁力监测的内容及数量的规定见表 3。

锚杆锁力监测应以下列部位为重点：

- 1) 受力较大且有代表性的位置；
- 2) 支护结构中部、阳角处和地质条件复杂的区段；
- 3) 施工工艺不同或使用新的施工工艺的锚杆；
- 4) 设计要求监测的部位。

表 3 相关标准对锚杆拉力监测的内容及数量的规定

相关规范	监测要求	监测数量		
			永久性锚杆	临时性锚杆
《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086-2015	永久性锚固工程或安全等级为 I 级的临时性锚固工程	锚杆总量（根）	监测预加力的锚杆数量（%）	
		< 100	8~10	5~8
		100~300	5~7	3~5
		> 300	3~5	1~3
		并不应少于 3 根。		
《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120-2012	一级、二级基坑支护应测，三级基坑支护选测	同一剖面的每层锚杆上设置测点，对监测数量未做规定。		
《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013	一级边坡应测，二级边坡选测，三级边坡可不测	非预应力锚杆的应力监测根数不宜少于锚杆总数 3%，预应力锚索的应力监测根数不宜少于锚索总数的 5%，且均不应少于 3 根。		
《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011	地基基础设计等级为甲、乙级的，基坑的锚杆拉力应测，丙级为可不测。	不得少于锚杆总数的 5%，且不得少于 6 根		
《建筑基坑工程监	一级基坑支护	每层锚杆的内力监测点数量应为该		

相关规范	监测要求	监测数量		
			永久性锚杆	临时性锚杆
测技术规范》GB 50497-2009	应测，二级基坑支护宜测，三级基坑支护可测	层锚杆总数的 1~3%，并不应少于 3 根。		
《水利水电工程边坡设计规范》SL 386-2007	对于 1、2 级边坡的预应力锚杆的锚固力为应测，3 级边坡的为宜测；对于 1 级边坡的非预应力锚杆的应为宜测，2 级边坡的为可测。	预应力锚固力的锚杆监测数量应不少于预应力锚杆总数的 5%，1 级、2 级边坡的不宜少于 3 根。		

3.3.10 大型工程包含的项目较多，有些项目的施工周期较长，采用多个单元进行施工与验收，可按项目和单元检测，与施工、验收相对应。

3.3.11 重要部位如岩锚吊车梁、起重机锚固墩、地下厂房顶等。

3.4 验证与扩大检测

3.4.1 标准锚杆试验主要用于考核检测单位的锚杆无损检测能力与水平，修正计算参数。

3.4.3 关于锚杆验收试验出现不合格锚杆的扩大抽检规定，采用了建设工程领域的现行处理方法，按不合格锚杆数量的 2 倍进行扩大抽检。

本规程第 3.3.7 条第 1 款规定施工质量有疑问的锚杆应全部进行锚杆验收试验，若试验结果不满足设计要求，则应对不合格锚杆进行工程处理，但不执行本规程第 3.4.3 条的扩大抽检规定。

3.5 检测报告

3.5.2 检测（监测）报告应根据所采用的检测（检测）方法和相应的检测（监测）内容，出具检测（检测）结论，为使报告内容完整和具有较强的可读性，报告中应包括常规内容的论述。还需特别强调：检测（检测）报告应包括检测（监测）数据和曲线以及主要计算依据。实际工作中，检测（监测）单位可适当调整报告内容，以满足检测（监测）报告符合工程所在地行政主管部门的规定和要求。

4 基本试验

4.1 一般规定

4.1.1基本试验包括支护锚杆基本试验、基础锚杆基本试验。锚杆基本试验的主要目的是确定锚杆的极限抗拔承载力，验证锚杆设计参数和施工工艺的合理性，为锚杆设计、施工提供依据。

4.1.2锚杆抗拔试验加卸载方法分为多循环加卸载法、单循环加卸载法、分级维持荷载法。

目前，多循环加卸载法的名称已无异议，关于单循环加卸载法、分级维持荷载法的名称尚有争议，所以本规程统一采用多循环加卸载法。

4.1.3锚杆抗拔承载力达到极限状态，有三种可能性：第一种情形是锚固段注浆体与岩土层之间发生破坏；第二种情形是杆体与注浆体之间发生破坏或注浆体发生破坏；第三种情形是锚杆杆体破坏。这涉及岩土体、注浆体和锚杆杆体三种材料介质，很显然，从工程实践的角度来看，岩土体的工程特性是最难弄清楚的，锚杆杆体材料的力学特性是清楚的，注浆体介于两者之间，是比较清楚的。人们希望通过基本试验实现第一种破坏形式，从而确定锚固段注浆体与岩土层之间的破坏荷载。对于硬质岩石，宜确保不发生锚杆杆体破坏的情形。因此，应根据地质条件、锚杆类型等情况合理确定锚杆基本试验的最大试验荷载 $Q_{\max}$ ）。

1 拉力型锚杆：对土层锚杆、软质岩中的岩石锚杆，一般不会发生锚杆杆体与锚固段注浆体之间的破坏，最大试验荷载可取预估锚杆的锚固段注浆体与岩土体之间破坏荷载（ T_{y1} ）的 1.0 倍～1.5 倍；对硬质岩石中的岩石锚杆，可能发生锚杆的锚固段注浆体与岩体之间破坏、也可能发生锚杆杆体与锚固段注浆体之间破坏，最大试验荷载应根据计算结果取其最小破坏荷载的 1.0 倍～1.5 倍。由于预估锚杆破坏荷载的不确定性，规定基本试验的最大试验荷载应比预估破坏荷载高出 0%～50%。

2 对压力型锚杆，锚杆的破坏应控制在锚周段注浆体与岩土体之间。不宜发生锚周段注浆体局部抗压等其他形式的破坏。

压力型锚杆锚固段注浆体局部受压破坏荷载可按现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086 的规定，按下式计算：

$$T_{zjt} = 1.35A_p \left(\frac{A_m}{A_p} \right)^{0.3} \eta f_{ck} \quad (1)$$

式中： T_{zjt} ——压力型锚杆锚周段注浆体局部受压破坏荷载（N）；

A_p ——单元锚杆承载体与锚周段注浆体横截面净接触面积。即受乐面积中扣除孔道部分的面积（ mm^2 ）；

A_m ——锚固段注浆体横截面面积（ mm^2 ）；

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（ N/mm^2 ）。

3 本款规定是为了避免发生锚杆杆体破坏。通常，钢绞线、
 本款规定是为了避免发生锚杆杆体破坏。通常，钢绞线、钢筋的
 设计是可控因素，可根据具体试验目的的不同，适当增加钢绞
 线、钢筋的截面积或改用抗拉强度更高的杆体。

相关规范规定：对钢绞线、钢丝束，不应超过杆体极限承载
 力的（0.8～0.9）倍；对普通钢筋，不应超过杆体极限承载力的
 （0.9～1.0）倍。

锚杆杆体极限承载力可按下列公式计算：

$$T_{gt} = f_{ptk} A_s \tag{2}$$

$$T_{gt} = f_{pyk} A_s \tag{3}$$

$$T_{gt} = f_{yk} A_s \tag{4}$$

式中：

T_{gt} ——锚杆杆体极限承载力；

A_s ——锚杆杆体钢筋或钢绞线的截面面积，对钢绞线可按现
 行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T5224 的有关规定取
 值，也可按表 4 确定；

f_{ptk} ——钢绞线抗拉强度标准值，可按表 4 确定；

f_{pyk} ——预应力螺纹钢筋屈服强度标准值，可按表 5 确定；

f_{yk} ——普通钢筋屈服强度标准值，可按表 6 确定。

种类	直径 (mm)	钢绞线参考截面 面积 A (mm ²)	抗拉强度 设计值	屈服强度 标准值	抗拉强度 标准值
					197

1×3 三股	8.6 10.8 12.9	37.7 58.9 84.8	1220	1110	1720
			1320	1670	1860
			1390	1760	1960
1×7 七股	9.5 12.7 15.2 17.8	51.8 98.7 140.0 191.0	1220	1540	1720
			1320	1670	1860
			1390	1760	1960
	21.6		1220	1590	1720
			1320	1670	1860

表 4 钢绞线面积和抗拉强度标准值（MPa）

4 对验证性基本试验。或当设计有要求时，可按设计要求取值。

5 预估锚杆的锚周段注浆体与岩土体间破坏荷载、锚固段注浆体与岩土体之间粘结强度取值，以及预估锚杆杆体与锚固段注浆体之间破坏荷载、锚杆杆体与锚固段注浆体粘结强度取值是锚杆设计的核心内容，可根据设计文件按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑边坡工程技术规范》GB 50330、《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086、《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T 401、《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120、《高压喷射扩大头锚杆技术规程》JGJ/T 282、《锚杆锚固质量无损检测技术规程》JGJ/T 182 等规范的相关规定进行计算。由于现行标准关于这方面的规定存在不同程度的差异，当设计文件引用两本及以上技术标准，且存在破坏荷载

预估值不一致时，应要求设计人员予以明确。

表 5 预应力螺纹钢筋屈服强度标准值（MPa）

种类	直径 (mm)	符号	抗拉强度 设计值 f_{py}	屈服强度 标准值 f_{pyk}	抗拉强度 标准值 f_{ptk}
预应力螺 纹钢筋	18 25 32 40 50	PSB785	650	785	980
		PSB930	770	930	1030
		PSB1080	900	1080	1230

表 6 普通钢筋屈服强度标准值（MPa）

种类		直径 (mm)	抗拉强度 设计值 f_{py}	屈服强度 标准值 f_{pyk}	抗拉强度 标准值 f_{ptk}
热轧钢筋	HRB335 HRBF335	6~50	300	335	455
	HRB400 HRBF400 RRB400	6~50	360	400	540
	HRB500 HRBF500	6~50	435	500	630

4.2 仪器设备及安装

4.2.1 锚杆抗拔试验均涉及仪器设备及其安装，为此，将有关这方面的内容进行了统一规定。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。

4.2.2 为保证液压系统的安全，要求试验用油泵、油管在最大加载时的压力不应超过规定工作压力的 80%。荷重传感器、千斤顶、压力表或压力传感器的最佳使用范围约为量程的 $1/4 \sim 3/4$ 。因此，应根据最大试验荷载合理选择量程适当的测量设备。调查表明，部分检测机构由于千斤顶或其他仪器设备所限，存在“大秤称轻物”的现象，本规程规定荷重传感器、千斤顶、压力表或压力传感器的量程不应大于试验要求的最大加载量的 4 倍且不应小于最大加载量的 1.25 倍。

对于大量程（50mm）百分表，计量检定规程规定：全程示值误差和回程误差分别不超过 40 μ m 和 8 μ m 相当于满量程测量误差不大于 0.1%。

4.2.3 用荷重传感器（直接方式）和油压表（间接方式）两种荷载测量方式的区别在于：前者采用荷重传感器测力，千斤顶仅作为加载设备使用而不是作为测量仪器使用，不需考虑千斤顶活塞摩擦对出力的影响；后者采用并联于千斤顶油路的压力表测量力时，应根据千斤顶的校准结果换算力。同型号千斤顶在保养正常状态下，相同油压时的出力相对误差约为 1%~2%，非正常时可高达 5%。采用传感器测量荷重或油压，容易实现加卸荷与稳压自动化控制，且测量精度较高。采用压力表测定油压时。为保证测

量精度，其精度等级应优于或等于 0.5 级，不得使用 1.5 级压力表控制加载。

4.2.4 本条是关于位移测量系统的要求。试验时应对锚头或锚头附近杆体的轴向位移进行测量，为方便安装位移测试仪表，可在锚杆杆体上安装卡具或焊接小钢板。位移测量点和位移测量基准点均不得设置在千斤顶上。

对于支护锚杆，基准桩宜设置在试验加载装置的下方，不宜沿试验加载装置的水平方向设置，如此，试验锚杆受力时，对基准桩的影响较小，而且可采用较小尺寸的基准梁。

4.2.6 加载反力装置施加给岩土层的压应力不宜大于岩土承载力特征值的 1.5 倍，与现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的相关规定一致。但对于基坑、边坡，尚应注意其岩土承载力的各向异性特性。

4.2.7 关于锚杆中心、支座边（承压板边）、基准桩中心之间的距离的规定，作如下说明：

1 1 支座横梁反力装置规定的锚杆中心与支座边的距离应大于或等于 $2B$ （ B 为支座边宽）且大于 1.0m ，其依据是根据广东省建筑科学研究院进行的支墩地基周围土体变形性状测试分析的结果确定的。其研究成果表明：支墩底面地基荷载小于其地基土极限承载力时，支墩周围地表地基土变形量：距离支墩边大于 $1B$ 且大于 2m 处地基变形在 2mm 以内，距离支墩边大于 $1.5B$ 且大于 3m 处地基变形在 1mm 以内，距离支墩边大于 $2B$ 且大于 4m 处地基

变形量在 0.5mm 左右。当支墩底面地基荷载大于地基土极限承载力时，支墩周围地表地基土变形量较大，可能沉降也可能隆起。

2 支撑凳式反力装置规定的锚杆中心与支座边的距离应大于等于 $1.5d$ (d 为锚杆钻孔直径)，是考虑到在基坑侧壁上安装有关测试设备较困难，与基础锚杆相比，做了-定的调整，要求放宽了一些。

3 基准桩中心与基础锚杆中心的距离的确定参考了广东省建筑科学研究院等单位的研究成果，其成果表明：抗拔锚杆周围土体的变形：当距锚杆的距离 $\geq 6d$ 且 $>1.0m$ 时，锚杆周围地表地基土体的变形大都在 1mm 以下：当距锚杆的距离 $\geq 6d$ 且 $>2.0m$ 时，锚杆周围地表地基土体的变形大都在 0.5mm 以下。

4 基准桩中心与支护锚杆（土钉）中心、反力支座边的距离的确定，与基础锚杆相比，考虑到在基坑、边坡等侧壁上安装有关测试设备的难度，基准桩中心与锚杆中心的距离以及基准桩中心与反力支座边的距离均做了一定的调整。

5 当按本规程第 4.2.4 条第 4 款设置基准桩时，基准桩受反力支座、受检锚杆的影响较小，故基准桩与锚杆距离、基推桩与反力装置的距离可不执行表 4.2.7 的规定。

4.3 现场操作

4.3.1 锚杆抗拔试验的加载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。

1 支座横梁反力装置是将支座设置在离锚杆一定距离处，将

横梁设置于支座上，再在横梁上安装（穿心式）千斤顶，由横梁将荷载反力传至支座及其周围岩土层中去的一种加载反力装置。

2 支撑凳式反力装置是介于支座横梁反力装置和承压板式反力装置中的一种反力装置，它将支座与横梁固定为一体。尤其适用于坡面上安装。

3 承压板式反力装置是将承压板置于锚杆支撑构件上，在板中心开有一孔洞，试验锚杆杆体穿过孔洞，再在承压板上安装穿心式千斤顶，由承压板下的支撑构件提供荷载反力的一种加载反力装置。

在正常情况下，支座横梁反力装置对试验结果影响较小，承压板式反力装置的影响较大，支撑凳式反力装置的影响介于二者之间。从在坡面上反力装置安装的难易角度来看，支座横梁反力装置较难安装，承压板式反力装置较易安装，支撑凳式反力装置介于二者之间。

基础锚杆为永久性锚杆，其实际使用寿命与建（构）筑物的生命周期相同，且为隐蔽工程，其作用与抗拔桩同等重要。基础锚杆的过早失效将严重影响建（构）筑物的安全，因此其抗拔试验反力装置应选用较为严格的支座横梁反力装置。

与支撑凳式反力装置和承压板式反力装置相比，支座横梁反力装置对试验结果的影响要小些，因此，有条件时宜优先选择支座横梁反力装置。但考虑到支护锚杆试验采用支座横梁反力装置在大多数情况下安装存在较大的困难，本规程规定，当支护结构

设置有连续墙、排桩、腰梁、圈梁等支承构件时，可选用承压板式反力装置，当然。在这种情况下，选择支撑凳式反力装置会更为合适。

4.3.2~4.3.3 这两条是关于初始荷载取值、加卸荷速度测读的规定。

关于初始荷载的取值，锚杆宜取最大试验荷载预估值的 10%；对钢绞线预应力锚杆，考虑到在解除预应力后钢绞线可能存在扭曲变形，需在一定的荷载作用下才可能基本消除钢绞线可能存在的扭曲变形以确保钢绞线预应力锚杆试验数据的有效性。

4.3.5 本规程给出了荷载分散型锚杆的三种张拉方法，当对分散型锚杆进行基本试验和验收试验时，应选择其中的一种张拉方法进行锚杆张拉。

4.3.6 多循环加卸载法是锚杆基本试验的主要试验方法。一般分六个循环完成加卸载试验，第一循环的最大试验荷载值为预估最大试验荷载的 50%，依次增加 10%，至第六循环加载至预估最大试验荷载的 100%。每一循环均从初始荷载开始加载至本循环的最大试验荷载值后，然后卸至初始荷载。假设严格规定“分级荷载为预估最大试验荷载的 10%，每级加卸载为一倍的分级荷载，那么，完整的加卸载表应为表 7，实际工程中，均减少了荷载的加卸载级数，如现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 将第六循环的九级加载（假设初始荷载取 10%）减少为三级荷载（表 8），现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 减少为四

级荷载（表 9）。本规程也作了调整，调整的原则：在加载过程中，当试验荷载值不大于预估最大试验荷载的 50%时，取两倍“分级荷载”进行加载，当试验荷载值大于预估最大试验荷载的 50%时。按一倍的“分级荷载”进行加载；卸载时，取 2 倍~3 倍“分级荷载”进行卸载，从而得到本规程表 4.3.5。

表 7 基本试验多循环加卸载法的完整加卸载分级表

循环次数	试验荷载值与预估最大试验荷载的百分比（%）																		
	加载过程										卸载过程								
第一循环	10	20	30	40	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	40	30	20	10
第二循环	10	20	30	40	50	-	-	-	-	60	-	-	-	-	50	40	30	20	10
第三循环	10	20	30	40	50	-	-	-	60	70	60	-	-	-	50	40	30	20	10
第四循环	10	20	30	40	50	-	-	60	70	80	70	60	-	-	50	40	30	20	10
第五循环	10	20	30	40	50	-	60	70	80	90	80	70	60	-	50	40	30	20	10
第六循环	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10

表 8 多循环加卸载法的加卸载分级与锚头位移观测时间

循环次数	分级荷载与最大试验荷载的百分比（%）						
	初始	加载过程			卸载过程		
第一循环	10	20	40	50	40	20	10
第二循环	10	30	50	60	50	30	10
第三循环	10	40	60	70	60	40	10
第四循环	10	50	70	80	70	50	10
第五循环	10	60	80	90	80	60	10
第六循环	10	70	90	100	90	70	10
观测时间（min）		5	5	10	5	5	5

表 9 循环加载试验的加载分级与锚头位移观测时间

加载标准 循环次数	预估破坏荷载的百分数（%）								
	每级加载量				累计加载量	每级卸载量			
第一循环	10	—	—	—	30	—	—	—	10
第二循环	10	30	—	—	50	—	—	30	10
第三循环	10	30	50	—	70	—	50	30	10
第四循环	10	30	50	70	80	70	50	30	10

第五循环	10	30	50	80	90	80	50	30	10
第六循环	10	30	50	90	100	90	50	30	10
观测时间 (min)	5	5	5	5	10	5	5	5	5

关于每级荷载持荷时间即观测时间，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，测读两次位移，即获得持荷 5min 的锚头位移差。避免了“在每个分级荷载作用下，在观测时间内测读锚头位移不应少于 3 次”观测时间含糊不清的现象。在每一循环的最大荷载作用下，由于需要对位移进行判稳，因此，观测时间应大于 10min。

荷载持荷过程中是否需要判断位移达到相对稳定标准，现行规范中有要求的也有不要求的。本规程规定：在每一循环的非最大荷载作用下，不判稳；在每一循环的最大荷载作用下，判稳。主要考虑到除第一循环外，从第二循环开始，每一循环的非最大荷载均不大于前一循环的最大试验荷载，前一循环的最大试验荷载已进行了判稳，故下一循环的荷载在不大于上一循环的最大试验荷载的条件下可不再判稳。

4.3.7 现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011 规定岩石锚杆应连续 4 次（每次间隔 5min）测读的锚头位移增量均

小于 0.01mm 才达到相对稳定标准，0.01mm 是百分表的读数精度，在现场试验时难以操作。本规程采用 30min 时间间隔的位移增量作为判别位移稳定标准的依据，有利于现场操作。

4.3.8 在实际工程中，锚杆抗拔试验终止加载一般对应以下三种情况：

1 千斤顶的油压明显下降，即使油泵继续供油但荷载无法恢复到试验荷载水平，无法继续加载。

2 千斤顶的油压基本稳定或通过油泵持续供油能保证千斤顶的油压基本稳定，在这过程中，锚头位移持续增加，随着时间的变化，或位移增量满足本条第 2 款的规定，或本级持荷时间满足本条第 3 款的规定。

关于按锚杆位移增量控制的破坏标准，目前有的规范采用：后一级荷载产生的锚头位移增量达到或超过前一级荷载产生位移增量的 2 倍的规定，实践证明此规定要求偏严。国家标准《复合土钉墙基坑支护技术规范》GB50739-2011 将土钉破坏标准规定为：后一级荷载产生的位移增量超过前一级荷载（第一、二级除外）产生位移增量的 3 倍；现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086-2015 修改为黏性土 10min 内（砂性土、岩层 5min 内）的变形大于 2mm 即为破坏；而基桩和地基检测类规范均规定：后一级荷载产生的位移增量超过前一级荷载产生位移增量的 5 倍。行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120-2012 将锚杆修改为：从第二级加载开始，后一级荷载产生的

单位荷载下的锚头位移增量达到或超过前一级荷载产生的单位荷载下的位移增量的 5 倍。本条采用了行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120-2012 的有关规定。

3 实现了试验目的，如本条第 4 款的情形。从而终止加载、开始卸载。

基于预应力支护锚杆弹性变形验算的要求，终止加载后，应进行卸载并按规定测读锚头位移。当出现本条第 2~4 款情况之一时，是可以进行正常的卸载操作的，当出现本条第 1 款情况时，可能难以进行正常的卸载操作，这时，可从残余荷载开始进行卸载。

另一种特殊情况是千斤顶漏油等试验装置出现故障，终止试验，出现这种情况时，应重新试验。

4.4 检测数据分析与判定

4.4.1 试验报告应将试验得出的荷载-位移值绘制成曲线，以便对检测结果进行分析。

4.4.2 当出现本规程第 4.2.10 条第 1~4 款情况之一时，可认为锚杆已加载至极限状态，由于最后一级荷载的锚头位移未满足位移稳定标准的要求，故应取前一级荷载值为锚杆的极限抗拔承载力，但是，对于多循环加卸载法，有可能前一级荷载值小于前一循环最大试验荷载值。因此，要求取前一循环最大试验荷载值为锚杆的极限抗拔承载力。

当出现本规程第 4.2.10 条第 4 款情况时，无法判断锚杆是否加载至极限状态，只能取最大试验荷载值为锚杆的极限抗拔承载力。

4.4.3 对于荷载分散型锚杆，当采用单元锚杆逐组张拉方法或并联千斤顶同步张拉方法进行试验时，应分别确定每组单元锚杆的极限抗拔承载力，再确定该锚杆的极限抗拔承载力。

4.4.4 锚杆极限抗拔承载力统计方法与现行相关规范一致。

4.4.5 基础锚杆抗拔承载力采用极限抗拔承载力（ Q_u ）和抗拔承载力特征值（ R_t ）表示。与国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011 的规定一致。

5 验收试验

5.1 一般规定

5.1.1 锚杆验收试验也称为抗拔承载力检测试验，包括支护锚杆验收试验、基础锚杆验收试验。锚杆验收试验是一种采用接近于锚杆实际工作条件的试验方法，对锚杆施加大于设计轴向拉力值的短期荷载，判定锚杆抗拔承载力检测值是否满足设计要求，或验证工程锚杆是否具有与设计要求相近的抗拔安全系数，为工程验收提供依据。

5.1.3 本条是关于锚杆验收荷载取值的规定。

由于现行锚杆设计方面的规范较多，相关规范对锚杆设计体系和抗拔安全系数有不同的规定；设计参数有采用锚杆轴向拉力标准值的，也有采用锚杆轴向拉力特征值的；因此，本规程从三方面规定锚杆验收荷载值：

1 对于基础锚杆按照现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 规定，锚杆抗拔安全系数取 2.0。验收荷载应取抗拔承载力特征值（ R_k ）的 2.0 倍。

2 对支护结构安全等级为一级、二级、三级工程中的锚杆，分别为 $1.4N_k$ 、 $1.3N_k$ 、 $1.2N_k$ （ N_k ：锚杆轴向拉力标准值）；

3 按设计要求确定，包括设计图纸上标明的验收荷载和按设计所依据的技术标准来确定验收荷载。

5.1.4 本条是关于锚杆和土钉验收试验的最大试验荷载（ $Q_{\max}$ ）取

值的原则性规定。

1 最大试验荷载不应小于锚杆验收荷载。

本规程针对锚杆验收试验，提出了验收荷载、验收试验的最大试验荷载和抗拔承载力检测值三个概念。首先，在制定试验方案时，应确定验收荷载，这是设计对具体工程项目提出的锚杆承载力要求；然后确定评价规则，本规程第 5.3.6~5.3.7 条给出了两种评价规则，依据评价规则来确定验收试验的最大试验荷载，验收试验的最大试验荷载可以等于验收荷载也可以大于验收荷载；最后，根据试验结果确定抗拔承载力检测值。将抗拔承载力检测值（或及其统计值）与验收荷载进行比较，评价工程锚杆是否满足设计要求。

2 应确保杆体有足够的强度。

在验收试验的最大试验荷载作用下，对钢绞线锚杆，杆体应力不应大于杆体设计强度的 0.85 倍；对钢筋锚杆，杆体应力不应大于杆体设计强度的 0.90 倍；见本规程第 4.1.3 条规定。

3 当对检测结果采用统计评价时，规定最大试验荷载宜为（1.1~1.2）倍锚杆验收荷载，是与本规程第 5.3.7 条的规定相协调，以确保评价结果的客观性和科学性以及可操作性。

4 在实际检测工作中，在条件许可的情况下，最大试验荷载宜尽可能大于验收荷载；如此，当出现个别锚杆不合格时，有利于进行设计复核和工程处理。

5.2 仪器设备及安装

5.2.1~5.2.5 应符合本规程 4.2.2~4.2.7 条的规定。

5.3 现场操作

5.3.1 试验的反力装置应符合 4.3.1 条的要求。预应力锚杆在试验前可能存在两种状态，第一种是预应力锚杆还没有进行张拉，要求试验前进行预紧，否则锚杆尤其钢绞线锚杆的实测位移可能较大；第二种情况是锚杆处于张拉锁定状态，要求试验前应解除预应力，以反映锚杆的实际受力状态和位移变化。

5.3.2 关于锚杆验收试验的初始荷载，从工程锚杆验收试验的角度考虑，本规程规定支护锚杆和基础锚杆初始荷载统一取最大试验荷载的 10%。

5.3.4 单循环加卸载法是锚杆验收试验的主要试验方法。单循环加卸载法的荷载分级采用的是按最大试验荷载进行分级，未采用按设计荷载或标准荷载值进行分级。可便于系统锚杆、的荷载分级，也方便检测技术人员操作。

本规程要求每级荷载均进行锚头位移判稳，目的是加强检测方法的严谨性。位移判稳标准采用了锚头位移相对收敛标准。

5.3.5 本条第 2 款为正常完成验收试验的终止加载条件，其余同本规程第 4.3.6 条的条文说明。

5.4 检测数据分析与判定

5.4.2 本条是关于支护锚杆弹性变形验算的具体规定。

1 关于理论弹性伸长值的计算。对拉力型锚杆：杆体自由段长度取千斤顶上方工具锚（也可简单地从锚头或工作锚开始计算）与隔离套管末端之间的杆体长度，杆体粘结段长度取隔离套管末端至杆体末端之间的杆体长度。对压力型锚杆：杆体自由段长度取工具锚（也可简单地从锚头或工作锚开始计算）至杆体末端之间的杆体长度。对全长粘结型锚杆，杆体自由段长度可取为 0，杆体粘结段长度取工作锚至杆体末端之间的杆体长度。

2 本规程规定应对支护锚杆进行弹性变形验算。对预应力支护锚杆，要求 $80\% \Delta L_1 < s_e < \Delta L_2$ （ s_e 为实测锚头弹性位移量）；对非预应力支护锚杆包括全长粘结型支护锚杆，杆体自由段长度为 0，可仅验算 $s_e < \Delta L_2$ 。

3 由于锚杆验收荷载小于锚杆轴向拉力标准值的 k 倍（ k 为锚杆抗拔安全系数部分规范的锚杆抗拔安全系数取值见表 10），因此，为评价工程锚杆的质量和性能，应进行弹性变形验算，并要求实测弹性位移量应在合理的区间范围之内。

若实测弹性位移远小于相应荷载下杆体自由段长度的杆体理论弹性伸长值的 80%，则表明杆体自由段长度小于设计值，或杆体自由段预应力筋的非粘结段长度不符合设计要求，因而当出现锚杆位移时将增加锚杆的预应力损失；若实测弹性位移大于杆体自由段长度与 1/2 杆体粘结段长度之和理论弹性伸长值，可能锚固段注浆体产生了明显的塑性变形或在相当范围内锚固段注浆体与杆体间的粘结作用已被破坏，这就意味着部分锚固段长度位于

滑移区或破坏区内，则表明锚杆的承载力将受到严重削弱，甚至将危及工程安全。

表 10 部分规范的锚杆抗拔安全系数取值

规范	安全系数类型	安全等级	临时性锚杆	永久性锚杆
《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086-2015	锚杆锚固段注浆体与地层间的粘结抗拔安全系数	一级	1.8	2.2
		二级	1.6	2.0
		三级	1.5	2.0
《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013	锚杆锚固体抗拔安全系数	一级	2	2.6
		二级	1.8	2.4
		三级	1.6	2.2
	锚杆杆体抗拔安全系数	一级	1.8	2.2
		二级	1.6	2.0
		三级	1.4	1.8
《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120-2012	锚杆抗拔安全系数	一级	1.8	—
		二级	1.6	—
		三级	1.4	—

5.4.3 根据锚杆实测的弹性变形与理论计算的弹性变形进行比较可以评价工程锚杆的质量和性能。当实测的锚杆弹性伸张偏离本条规定的上限值，并远大于自由段长度理论计算的弹性变形时，表明锚固体产生了明显的塑性变形或拉力型锚杆预应力筋与灌浆体之间的粘结破坏或压力型锚杆承压板（承载体）附近的灌浆体被压坏；当实测的锚杆弹性变形偏离本条规定的下限值，并远小于自由段长度理论计算的弹性变形时，表明自由段预应力筋的非粘结长度不符合设计要求，这就意味着部分锚固段长度位于滑移区或破坏区内，实测得到的有效抗拔力是不真实的，其后期预应力损失也会较大，锚固效果较差。

6 蠕变试验

6.1 一般规定

6.1.1 蠕变率是反映锚杆蠕变特性的一个主要参数，它表明蠕变的变化趋势，由此可判断锚杆的长期工作性能。

6.1.2 蠕变试验适用于特定岩土层的预应力锚杆，确定预应力锚杆的蠕变特性。工程实践表明，黏土层、淤泥质土层、填土层对蠕变极为敏感，因而在该类地层中设计锚杆时，应充分了解锚杆的蠕变特性，以便合理地确定锚杆的设计参数和荷载水平，并且采取适当措施，控制蠕变量，从而有效控制预应力损失。

影响锚杆蠕变特性的主要因素：锚杆材料与锚固结构的徐变性质、锚固段注浆体的徐变特性、被锚固介质的流变特性。其中钢材的徐变影响仅占预应力值的 1% 左右，混凝土或锚周段注浆体徐变引起的预应力损失约为 5%~6%，此值变幅不大。而对于岩体或土体中的预应力锚杆，大部分预应力损失则来源于岩土体的流变特性，所以应着重考虑锚固介质的特性。

蠕变试验包括蠕变速率试验和预应力损失试验，鉴于国内较少开展预应力损失的蠕变试验，本规程仅涉及蠕变速率试验，且由于蠕变试验数据较少，尚需积累更多的经验和数据、因此锚杆蠕变试验没有与锚杆基本试验和验收试验的位移稳定速率直接相结合。

欧盟规范的蠕变试验，一种是结合勘察性试验、适用性试验和验收试验进行，其测定的蠕变系数相当于本规程的锚杆位移稳定速率；另一种是在锚头位移不变的情况下，测定锚杆预应力损失的变化量。

欧盟规范 ISO/DIS 22477-5 中，其蠕变试验与三类锚杆抗拔试验的判稳标准相结合，蠕变试验没有独立成章编写。这里介绍适应性试验方法 1——对锚杆蠕变率的定义和测定要求，以及适应性试验方法 2——对蠕变试验预应力损失的测定要求。

1 适应性试验方法 1 对蠕变率的定义和测定要求

1) 锚杆蠕变率 α_1 ：定义为锚杆在恒定荷载作用下，由时间（对数）-位移曲线的末端直线段的斜率确定（图 5）：

$$\alpha_1 = (s_b - s_a) / \lg(t_b / t_a)$$

式中：

s_a ——在 t_a 时的锚头位移；

s_b ——在 t_b 时的锚头位移；

t_a ——相应观测时间段的起点；

t_b ——相应观测时间段的终点。

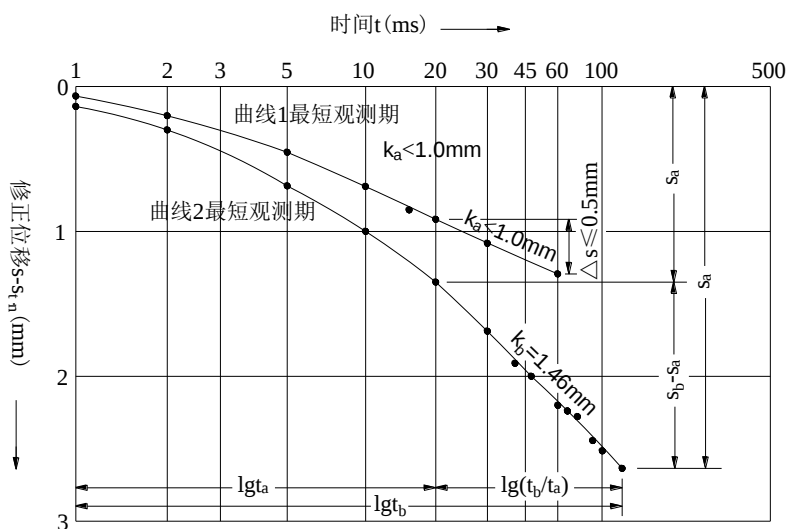


图 5 计算蠕变率 α_1 的时间-位移曲线图

2) 适应性试验方法 1 要求锚杆位移或蠕变率不超过表 11 的规定。

表 11 适应性试验方法 1：在验证荷载作用下容许位移或蠕变率的观测时间

		临时性锚杆		永久性锚杆	
		非黏性土和岩石	黏性土	非粘性土和岩石	黏性土
1	验证荷载	P_p	P_p	P_p	P_p

2	试验达到要求的最小观测时间： l_a (min) l_b (min) 位移： $\Delta s = s_b - s_a$ (mm)	10 30 ≤ 0.5	20 60 ≤ 0.5	20 60 ≤ 0.5	60 180 ≤ 0.5
3	试验延长观测时间： l_b (min) 蠕变率 α ;	≥ 30 2.0	≥ 60 2.0	≥ 120 2.0	≥ 720 2.0

2 适应性试验方法 2——对蠕变试验预应力损失的测定要求

适应性试验要求按图 6、表 12 进行试验，并卸载至锚杆锁定荷载进行锁定，观测锚杆的驻留荷载.其预应力损失应符合表 13 第 7 循环的规定。

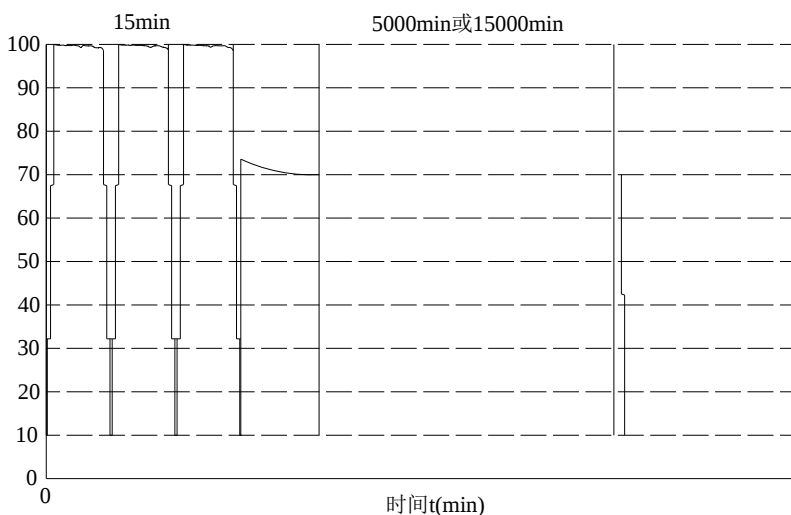


图 6 加载程序——适应性实验方案 2（永久锚杆）

表 12 加载程序-适应性试验方法 2

荷载分级 P_p (%)				最小观测时间 (min)
临时性锚杆		永久性锚杆		
循环 1	循环 2 和 3	循环 1	循环 2 和 3	
10	10	10	10	1
40	40	33	33	1
80	80	66	66	1
100	100	100	100	15
80	80	66	66	1
40	40	33	33	1
10	10	10	10	1

注：1 此循环时试验过程不得中止，除非位移数据已录有需要，

2 验证荷载（ P_p ）：临时性锚杆取工作荷载的 1.25 倍，永久性锚杆取工作荷载的 1.5 倍。

表 13 预应力损失允许值

观测时间	循环数	预应力损失值 k_1 (与施加荷载的比例.%)
5	1	1
15	2	2
50	3	3
150	4	4
500	5	5
1500	6	6
5000	7	7
15000	8	8

6.2 仪器设备及安装

6.2.1~6.2.3 应符合本规程 4.2.2~4.2.6 条的规定。

6.3 现场操作

6.3.2 国内外的研究资料表明，荷载水平对锚杆蠕变性能有明显的影响，即荷载水平愈高，蠕变量越大，趋于收敛的时间也越长。蠕变试验的加载分级和锚头位移观测时间表（表 6.3.2）和观测时间是根据现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120-2012 和现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086 的规定，并结合我国的工程实践综合而成。锚杆的蠕变主要发生在加荷初期，因而规定了加荷初期应多次记录锚杆的蠕变值。

蠕变试验卸载时，卸载等级与加载等级相同，每级荷载只需测读两次锚头位移。

6.4 检测数据分析与判定

6.4.2、6.4.3 蠕变率是锚杆蠕变特性的一个主要参数。它表明蠕变的变化趋势，由此可判断锚杆的长期工作性能。蠕变率是每级荷载作用下，观察周期内最终时刻蠕变曲线的斜率。如最大试验荷载下，锚杆的蠕变率为 $2.0\text{mm}/\text{对数周期}$ ，则意味着在 30min 至 50 年内，锚杆蠕变量达到 12mm 。

7 锁力监测

7.1 一般规定

7.1.1 锚杆拉力监测一般在工程施工中、工程竣工后进行。工程施工中的监测旨在测定锚杆拉力随时间的变化情况，正确地反应支护结构的受力情况，及时发现异常情况；并应将监测数据反馈设计方，设计方根据监测数据验证设计参数，及确定设计是否存在不足，为优化设计提供依据。工程竣工后的监测为工程验收及锚杆的正常安全的使用提供依据和保障。同时也为今后类似的工程积累技术经验，以便不断提高锚杆技术。

7.1.2 本条规定了锚杆拉力监测前应收集的资料，为保证锚杆拉力的监测质量，应尽可能详细地收集有关的资料，并实时也参建各方保持沟通，保证资料的现势性。同时还需要了解委托方提出的委托内容是否具体详细、委托要求是否合理可行。必要时应进行现场勘查，随时跟进工程施工进度，为现场监测做准备。

7.1.3 监测方案是监测工作的依据，是监测工作顺利有序进行的保证。本条规定提出的为一般工程下的监测方案包含的内容，涉及特殊工程时，比如包含爆破工程时，监测方案还需满足工程的相关规定。

7.2 仪器设备及安装

7.2.1 锚杆锁力监测的仪器设备宜安装在锚头处，故本规程建议使用环形测力计。测力计的规格应根据锚杆设计参数、量测精度等实际情况合理选择。

7.2.2 本条款对各种锁力测量系统的相关参数作出具体的规定，测量系统的选用应根据测力计的使用类型，并顾及各项参数及监测所需精度。

7.2.3 锁力监测的测力计应设置在支护结构和工作锚头之间，测力计的轴线应与锚杆轴线重合，且与测力计受力两侧接触的平面应平整。

7.3 现场操作

7.3.1 本条款对锁力监测的具体实施作出了规定。每次测读应在数值相对稳定后进行。

7.3.2 各个现场记录表在满足本规定的基础上，可自由设定格式及版面。

7.3.3 本条款对锚杆锁力监测的周期、频率作出了规定。在具体的工程项目中，监测的周期、频率还需根据锚杆的设计参数、施工进度、水文地质等情况确定。

7.3.4 锚杆设计单位应参考锚杆设计参数、当地土质特性及周边环境等因素，并进行必要的分析和计算以确定监测报警值。实际项

目中，报警值的确定除了依据设计结果外，还应参照相关标准及规定、类似的工程项目。

7.3.5 本条所列出的均为危险情况，一旦出现这些情况，支护结构和周边环境的安全将有可能受到威胁，因此必须通知参建各方，并提高监测频率。

7.4 监测数据处理与信息反馈

7.4.1 对于测量而言，粗差或因操作不规范引起的测量误差，往往显示为异常数据，如异常数据参与计算，将会影响测量的精确度。因此应正确分析异常数据，必要时进行现场重新测量，经判断后再决定是否剔除。

7.4.2 对于每次现场观测的数据成果，应进行整理、计算，及时汇总监测成果和绘制相关曲线，分析锚杆和支护结构的受力状态。必要时分析锁力与各因子之间的关系，选用合适的数学模型进行回归分析，对后期数据进行预测，并将结果反馈给参建各方，指导施工。

7.4.3 本条规定了监测报告的基本的内容，除此以外，监测报告一般还包括监测依据、监测周期及频率、监测设备的检校资料。

8 锚固质量无损检测

8.1 一般规定

8.1.1 摩擦型、膨胀型、管楔型等非粘结型锚杆可采用声波反射方法检测杆体长度。大量试验结果表明，锚杆锚固密实度越低，围岩波速越小，则锚杆杆体长度的检测效果越好。当锚杆锚固密实度较好时，锚杆杆底信号十分微弱，杆长难以确定。

8.1.2 通过锚杆模拟试验获得不同缺陷锚杆的波形，可作为工程锚杆的判断依据，同时对检测人员的检测水平和检测仪器的测试精度进行评估。

8.2 仪器设备

8.2.1 实时显示和记录波形信号、检测参数，确保检测人员在现场检测时能识别、判断信号的有效性，保持检测数据的质量。

8.2.7 由于锚杆直径小，激振频率高，故使用体积小、灵敏度和分辨率高加速度传感器比较合适。

8.3 现场检测

8.3.1 锚杆杆体的直径发生变化或直径较小时，检测信号较复杂，可能会影响杆体长度与密实度的检测的准确性与可靠性。锚杆外露段过长，当环境存在振动或激振力过大时会导致杆端自振，产生干扰，影响有效信号的识别、判断及杆系反射波能量分析。锚

杆杆体连接部位会产生反射波信号，容易与缺陷、杆底反射相混淆。

8.3.2 一维自由弹线性体的波速和有一定边界条件的一维弹线性体的波速存在一定的差异，即锚杆杆体的声波纵波速度与包裹一定厚度砂浆的锚杆杆系的声波纵波速度是不一样的。一般锚杆杆体的波速比杆系的波速高，计算砂浆包裹的锚杆杆体长度时应采用杆系波速，计算自由杆杆体长度时应采用杆体波速。

8.3.3 当前使用的检测探头有发射与接收一体式和分体式的。一体式探头安装操作简单，但激振信号干扰大，且接收人射波信号失真；分体式探头在杆端激发，在杆侧接收，可减弱激振干扰，使人射波能量计算准确、可靠，但是安装操作不方便。

8.4 检测数据分析与评定

8.4.1 一般情况下，锚杆的波阻抗大于围岩的波阻抗，故杆底反射波与杆端入射首波同相位，其多次反射波也是同相位的。当锚杆注浆密实的情况下，杆底反射波信号往往十分微弱，或有缺陷反射波信号干扰杆底反射波信号时，致使在时域和幅频域均难以清晰地识别杆底反射波信号及频差，故应使用瞬时谱法、小波法、能流法等方法提高杆底反射波信号的识别能力。在不利的情况下，检测锚杆长度是比较困难。

8.4.2 试验表明，锚杆的杆体波速与杆系波速是不同的，一般杆体波速高于杆系波速，波速差异的因素与声波波长、锚杆直径、胶粘物厚度、胶粘物波速及声波尺度效应等有关，因此锚杆杆长计

算时采用的波速平均值应考虑密实度的影响。由于杆系平均波速受多方面因素的影响，尚无法准确地确定与密实度的关系，但在实际检测工作中应考虑杆长检测精度与密实度有关。

8.4.3 当缺陷反射波信号较清晰时，可采用时域反射波法和幅频域频差法识别；当缺陷反射波信号难以辨认时，宜采用瞬时谱分析法、小波分析法和能流分析法等方法识别。

8.4.4 试验表明，锚杆的锚固密实度与锚杆杆系的能量反射系数之间存在紧密的相关关系，通过锚杆模型试验修正杆系能量系数使得两者的关系更具相关性。

8.4.5 按照检测的一般规定，应先对独立样品进行检测评价，每根锚杆对应单个独立样品。

8.4.6 按照检测原则，检测达到了群体数量时，应进行群体特性符合性评价，故对单元或单项工程应进行群体性锚杆的杆体长度、锚固密实度统计评价。

8.4.6 按照检测原则，检测达到了群体数量时，应进行群体特性符合性评价，故对单元或单项工程应进行群体性锚杆的杆体长度、锚固密实度统计评价。