

ICS 29.240

P62

备案号: J2547—2018

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5544—2018

架空输电线路锚杆基础设计规程

Code for design of anchor foundation of overhead
transmission line

2018-06-06发布

2018-10-01实施

国家能源局发布

中华人民共和国电力行业标准

架空输电线路锚杆基础设计规程

Code for design of anchor foundation of overhead
transmission line

DL/T 5544—2018

主编部门：电力规划设计总院

批准部门：国家能源局

施行日期：2018年10月1日

中国计划出版社

2018 北 京

国家能源局 公告

2018年第8号

依据《国家能源局关于印发《能源领域行业标准化管理办法(试行)》及实施细则的通知》(国能局科技〔2009〕52号)有关规定,经审查,国家能源局批准《煤层气定向井井身质量控制要求》等87项行业标准,其中能源标准(NB)47项、电力标准(DL)40项,现予以发布。

附件:行业标准目录

国家能源局
2018年6月6日

附件:

行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
80	DL/T 5544—2018	架空输电线路 锚杆基础 设计规程			中国计划 出版社	2018-6-6	2018-10-1

前 言

根据《国家能源局关于下达2015年能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技〔2015〕283号文)的要求,标准编制组经广泛调查研究,总结了近年来我国输电线路锚杆基础的设计、施工和运行经验,收集、整理和分析国内外锚杆基础设计与应用成果,并在广泛征求有关单位意见的基础上,制定本标准。

本标准主要技术内容是:总则,术语和符号,基本规定,锚杆基础设计,构造要求,施工、试验及检测要求,环境保护和水土保持等。

本标准由国家能源局负责管理,由电力规划设计总院提出,由能源行业电网设计标准化技术委员会负责日常管理,由中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送电力规划设计标准化管理中心(地址:北京市西城区安德路65号,邮政编码:100120,邮箱: bz_zhongxin@eppei.com)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主编单位: 中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司

参编单位: 中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司
中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司
中国电力科学研究院

主要起草人: 冯衡 曾二贤 刘玮 韩大刚 尚思良
余铁稳 鲁先龙 吴海洋 包永忠 邹峥
黄兴 王伟 叶静 风程永锋 杨景胜
李强 周肠 杨洋 白强

主要审查人: 段松涛 叶超 余亮 李三 杨靖波
尹鹏 周纬 侯中伟 薛峰 刘洪义
董建尧 王学明 刘翔云 施菁华 赵庆斌

目 次

1 总 则	(1)
2 术语和符号	(2)
2.1 术语	(2)
2.2 符号	(3)
3 基本规定	(5)
3.1 一般规定	(5)
3.2 锚杆基础的分类及适用条件	(5)
3.3 材料	(6)
4 锚杆基础设计	(8)
4.1 一般规定	(8)
4.2 单锚计算	(10)
4.3 群锚计算	(13)
4.4 复合式锚杆基础	(14)
5 构造要求	(15)
6 施工、试验及检测要求	(16)
6.1 施工	(16)
6.2 基本试验	(17)
6.3 检测	(19)
7 环境保护和水土保持	(21)
附录 A 岩土勘察要求	(22)
附录B 锚杆基础型式图	(27)
附录C 单锚抗拔试验要点	(29)

附录D 锚杆验收试验曲线	(31)
本标准用词说明	(32)
引用标准名录	(33)
附：条文说明	(35)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Basic requirements	(5)
3.1	General requirements	(5)
3.2	Classification and applicability of anchor foundation	(5)
3.3	Materials	(6)
4	Design of anchor foundation	(8)
4.1	General requirements	(8)
4.2	Anchor calculation	(10)
4.3	Anchor group calculation	(13)
4.4	Compound anchor foundation	(14)
5	Structure requirements	(15)
6	Construction ,testing and inspection requirements	(16)
6.1	Construction	(16)
6.2	Basic test	(17)
6.3	Inspection	(19)
7	Environmental protection and soil and water conservation	(21)
Appendix A	Geotechnical investigation requirements	(22)
Appendix B	Anchor foundation type diagram	(27)
Appendix C	Key points for pullout resistance	

testing on anchor	(29)
Appendix D Anchor acceptance test curve	(31)
Explanation of wording in this code	(32)
List of quoted standards	(33)
Addition :Explanation of provisions	(35)

1 总 则

1.0.1 为了在架空输电线路锚杆基础设计中贯彻国家基本建设方针和技术经济政策，做到安全可靠、先进适用、经济合理、资源节约、环境友好，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于架空输电线路锚杆基础的设计。

1.0.3 架空输电线路锚杆基础的设计，应从实际出发，结合地区特点，积极采用新技术、新工艺、新设备、新材料，推广采用节能、降耗、环保的先进技术和产品。

1.0.4 架空输电线路锚杆基础勘察、设计、施工、试验、检测及环境保护除应遵守本标准的规定外，尚应符合现行国家及行业标准的有关规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 锚杆基础 anchor foundation

锚杆作为主要受拉构件的基础型式。

2.1.2 岩石锚杆基础 rock anchor foundation

以岩体作为锚固主要持力层的锚杆基础。

2.1.3 土层锚杆基础 soil anchor foundation

以土体作为锚固主要持力层的锚杆基础。

2.1.4 复合式锚杆基础 compound anchor foundation

由锚杆和其他类型基础相组合而成的基础型式。

2.1.5 锚杆 anchor, anchorage

将拉力传至稳定岩体或土体的锚固体系。通常包括锚杆杆体、注浆体、锚具和可能使用的连接器。

2.1.6 锚杆杆体 anchor tendon

由锚筋、防腐保护体以及隔离架和对中支架等组成的整套锚杆组装杆件。

2.1.7 锚筋 anchor bar

锚杆杆体的核心受拉构件，主要为钢筋、钢管或地脚螺栓。

2.1.8 锚固剂 anchor agent

在锚孔内为锚筋和孔壁之间提供粘结锚固力的填充物。通常指砂浆或细石混凝土。

2.1.9 高压注浆 high pressure grouting

为提高锚杆承载力，对锚杆周边地层及锚固体进行的施加一定压力的注浆。

2.1.10 基本试验 basic test

为获得锚杆设计参数或极限承载力而进行的现场试验。

2.1.11 验收试验 acceptance test

为验证工程锚杆的安全性而进行的现场试验。

2.2 符 号

2.2.1 作用与作用效应

G ——基础及上覆土自重；

G_{gk} ——基础自重和锚杆群所包围土体的自重；

M_k 、 My_k ——荷载效应标准组合下，作用于承台底面绕群锚形心 X 轴和 Y 轴的力矩；

T_i ——荷载效应基本组合下，锚杆基础中第 i 根锚杆的上拔力设计值；

T_{ik} ——荷载效应标准组合下，锚杆基础中第 i 根锚杆上拔力；

T_k ——荷载效应标准组合下，锚杆基础上拔力。

2.2.2 材料性能与抗力

f_t ——锚筋的抗拉强度设计值；

R_t ——单根锚杆的抗拔极限承载力标准值；

R_s ——锚筋抗拉强度承载力设计值；

R ——锚筋与锚固剂间的极限粘结承载力设计值；

R_{t-} ——锚杆与岩土间的极限粘结承载力标准值；

R_5 ——岩体的抗剪承载力标准值；

R_I ——复合式锚杆基础的上部基础抗拔承载力特征值

； R_2 ——复合式锚杆基础的锚杆部分抗拔承载力特征值；

t_a ——锚筋与锚固剂间的粘结强度设计值；

T_{b7} ——锚杆与岩土间的极限粘结强度标准值；

t_s ——岩体等代极限剪切强度标准值。

2.2.3 几何特征

A_n ——单根锚筋的净截面积；

库七七www.kqgw. 标准下载

a——锚杆群的外切圆直径；
d——锚筋直径；
D——锚杆(孔)直径；
h——锚杆基础在岩土层内的埋深；
 h_0 ——锚杆在岩土层内的锚固长度；
 L ——锚筋在锚固剂内的计算锚固长度；
 L ——锚杆在岩土层内的计算锚固长度；
 n ——锚杆数量
 u_1 ——锚杆群的外围周长；

X_i 、 Y_i ——锚杆*i*至通过群锚形心Y轴和X轴的距离。

2.2.4 其他

γ_0 ——结构重要性系数；
 K ——锚杆基础的上拔承载力安全系数；
 k_1 ——复合式锚杆基础的上部基础承载力发挥系数；
 k_2 ——复合式锚杆基础的锚杆部分承载力发挥系数；
 s ——群锚效应系数；
 γ ——粘结强度降低系数；
 α ——锚固长度影响系数；
 θ ——岩体等代剪切角。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 使用锚杆基础的塔位应依据岩土工程勘察成果，综合安全性、经济性和施工可行性确定。

3.1.2 锚杆基础的选型和设计应在调查和勘察的基础上，根据工程要求、岩土工程条件、锚杆承载力要求、施工条件等因素综合确定。

3.1.3 锚杆基础的地基应逐基逐腿勘察，具体的勘察要求可根据本标准附录A确定。

3.1.4 锚杆基础应采用理论计算、工程类比和试验测试相结合的设计方法，合理发挥地基承载能力。

3.1.5 锚杆基础的设计使用年限不应低于上部结构的设计使用年限，其材料、防腐措施和构造应达到相应的要求。

3.1.6 锚杆采用的材料和部件应满足锚杆的设计要求和稳定性，相互之间不得产生不良影响。锚杆材料和部件的质量标准及验收标准，除满足本标准提出的要求外，尚应符合国家现行标准的有关规定。

3.2 锚杆基础的分类及适用条件

3.2.1 锚杆基础按锚固持力层类别可分为岩石锚杆基础和土层锚杆基础，按受力特征可采用直锚式、承台式和复合式等型式，锚杆基础型式图见本标准附录B。

3.2.2 岩石锚杆基础适用于岩体基本质量等级为I级~IV级的岩石地基，其他质量等级的岩石地基中使用岩石锚杆基础时，应有充分的试验依据。

3.2.3 土层锚杆的锚固段应设置在不易产生显著蠕变的稳定土层，必要时应进行地基处理并进行试验验证。

3.2.4 存在下列情况之一的场地，不宜采用锚杆基础：

- 1 成孔性差的岩土；
- 2 地下水不良影响；
- 3 腐蚀性等级为强、中的地基土。

3.2.5 存在下列情况之一的场地，不应采用锚杆基础：

- 1 岩溶发育；
- 2 采空区不宜建筑的场地。

3.3 材 料

3.3.1 锚杆锚固剂宜采用细石混凝土、水泥砂浆等材料，高压注浆材料可采用水泥浆，经试验验证后也可采用新型锚固剂和注浆材料。细石混凝土强度等级不宜低于C30，水泥砂浆强度等级不应低于M30，水泥浆强度不应低于30MPa。

3.3.2 锚筋可采用钢筋、钢管或地脚螺栓，应符合下列规定：

- 1 钢筋、钢管力学性能指标按表3.3.2确定。

表3.3.2 锚筋强度设计值(N/mm²)

种 类		抗拉强度设计值子	
钢筋	HRB335	300	
	HRB400	360	
	HRB500	435	
钢管	Q235	壁厚≤16	215
		16<壁厚≤30	205
	Q345	壁厚≤16	305
		16<壁厚≤30	290

2 锚筋可采用HRB500、HRB400 或 HRB335 级热轧带肋钢筋，直径宜为22mm~40mm,应满足现行国家标准《钢筋混凝土用

钢第二部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2的要求。

3 锚筋中不宜设置接头，无法避免时连接强度应满足下列要求：焊接件不小于被连接锚筋强度的1.05倍，套接件不小于被连接锚筋的强度。

3.3.3 水泥宜采用普通硅酸盐水泥，强度等级不宜低于42.5，其质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175要求，不宜采用高铝水泥。

3.3.4 混凝土细骨料应符合现行国家标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52的要求。

3.3.5 拌合水应符合现行行业标准《混凝土拌合用水标准》JGJ 63的要求。

3.3.6 锚固剂使用的外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的要求，严禁掺入氯盐。锚固剂和高压注浆，可使用膨胀剂。

4 锚杆基础设计

4.1 一般规定

4.1.1 锚杆基础应进行下列承载能力和稳定性验算：

- 1 锚杆基础的地基承载力计算；
- 2 锚杆杆体强度和承台强度承载力计算；
- 3 土层锚杆基础应控制锚杆基础在设计地面处的水平位移；
- 4 对位于坡地的锚杆基础，应进行整体稳定性验算。

4.1.2 锚杆基础设计时，所采用的作用效应和相应的抗力限值应符合下列规定：

1 计算锚杆基础地基承载力时，作用效应应按照正常使用极限状态下作用的标准组合；相应的抗力应采用地基承载力特征值或单锚杆抗拔承载力特征值；

2 计算锚杆基础稳定时，作用效应应按照承载能力极限状态下作用的基本组合，但分项系数为1.0；

3 计算地基变形和基础位移时，作用效应应按照正常使用极限状态下作用的准永久组合；相应的限值应为地基变形和基础位移允许值；

4 确定基础承台厚度、基础内力、锚筋规格和验算材料强度时，作用效应应按承载力极限状态下作用的基本组合，采用相应的分项系数；

5 锚杆基础的结构重要性系数应按照现行有关建筑结构设计规范的规定采用，除临时性建筑外，重要性系数 γ_0 不应小于 1.0。

4.1.3 锚杆基础中单根锚杆所承受的上拔力，可按下式计算：

• 8

$$T_{ik} = \frac{T_k - G_k}{n} \pm \frac{M_{xk} Y_i}{\sum_{i=1}^n Y_i^2} \pm \frac{M_{yk} X_i}{\sum_{i=1}^n X_i^2} \quad (4.1.3)$$

式中： T_{ik} ——荷载效应标准组合下，锚杆基础中第*i*根锚杆上拔力(kN)；

n ——锚杆数量；

T_k ——荷载效应标准组合下，锚杆基础上拔力(kN)；

G ——基础及上覆土自重(kN)；

M_k 、 M_{yk} ——荷载效应标准组合下，作用于承台底面绕群锚形心X轴和Y轴的力矩(kN·m)；

X 、 Y ——锚杆*i*至通过群锚形心Y轴和X轴的距离(m)。

4.1.4 直锚式锚杆基础可忽略水平剪力的作用；承台式锚杆基础，当承台嵌入基岩深度满足本标准第5.0.6条时，水平剪切力由上部承台承受。

4.1.5 单锚杆的上拔承载力应按下列公式计算：

$$T_1 \leq R, \quad (4.1.5-1)$$

$$T_i \leq R, \quad (4.1.5-2)$$

$$T_{ik} \leq \frac{R_i}{K} \quad (4.1.5-3)$$

式中： T_i ——荷载效应基本组合下，锚杆基础中第*i*根锚杆的上拔力设计值(kN)；

K ——锚杆基础的上拔承载力安全系数，应按表4.1.5确定；

R_i ——锚筋抗拉强度承载力设计值(kN)，可按公式(4.2.1)确定；

R_a ——锚筋与锚固剂间的粘结承载力设计值(kN)，可按公式(4.2.2)确定；

R ——单根锚杆的抗拔极限承载力标准值(kN)，按本标准第4.1.6条确定。

表4.1.5 锚杆基础的上拔承载力安全系数k

杆塔类型	上拔承载力安全系数
悬垂型杆塔	2.0
耐张直线(0°转角)及悬垂转角杆塔	2.2
耐张转角、终端、大跨越塔	2.5

4.1.6单锚杆的抗拔极限承载力标准值应符合下列规定：

1 可参照地质条件相同的基本试验资料，结合下列公式确定：

岩石锚杆 $R_s = \min(R_p, R_r)$ (4.1.6-1)

土层锚杆 $R_s = R_r$ (4.1.6-2)

式中： R_s ——锚杆与岩土层间的极限粘结承载力标准值(kN)，可

按公式(4.2.3)确定；

R_r ——岩体的抗剪极限承载力标准值(kN)，可按公式

(4.2.4)确定。

2 条件复杂或有特殊要求时，可通过现场基本试验确定。

4.1.7 锚杆基础的下压承载力应按照现行国家标准《架空输电线路基础设计技术规程》DL/T 5219计算，可不计入锚杆作用。

4.1.8 承台的受弯、受剪、冲切承载力应按照国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《架空输电线路基础设计技术规程》DL/T 5219及《建筑桩基技术规范》JGJ 94计算。

4.1.9 钢筋混凝土主柱的承载力应按照现行行业标准《架空输电线路基础设计技术规程》DL/T 5219计算。

4.1.10 锚杆基础的防腐应满足现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046的有关规定，防腐措施应使防腐材料在施工期间免受损伤，并保证防腐长期有效。

4.2 单锚计算

4.2.1锚筋抗拉强度承载力设计值 R_s ，可按下式计算：

$$R_s = f_y A_n \quad (4.2.1)$$

式中: A_n ——单根锚筋的净截面积(m^2);

f_y ——锚筋的抗拉强度设计值(kPa)。

4.2.2 锚筋与锚固剂间的粘结承载力设计值 R ,可按下列式计算:

$$Ra = \pi d l t_a 5 \gamma \quad (4.2.2)$$

式中: d ——锚筋直径(m);

l_a ——锚筋在锚固剂内的计算锚固长度(m),不应小于本规范第5.0.7条规定的构造长度;

t_a ——锚筋与锚固剂间的粘结强度设计值(kPa),可按表4.2.2取值;

γ ——采用2根或2根以上钢筋点焊成束做锚筋,界面的粘结强度降低系数,取0.70~0.85。

表4.2.2 锚筋与锚固剂间的粘结强度设计值 t_a (kPa)

锚固剂抗压强度(MPa)	25	30	40
T_a	800	900	1000

4.2.3 锚杆与岩土层间的极限粘结承载力标准值 R ,可按下列式计算:

$$R_3 = \pi D l_1 z \quad (4.2.3)$$

式中: D ——锚杆直径(m);

l_1 ——锚杆在岩土层内的计算锚固长度(m),不应小于本规范第5.0.7条规定的构造长度;

t_b ——锚杆与岩土层间的极限粘结强度标准值(kPa),宜根据试验确定,无试验资料时可参照表4.2.3-1和表4.2.3-2采用。

ψ ——锚固长度影响系数,应由试验确定;无试验资料时,可按表4.2.3-3取值。

表4.2.3-1 锚杆与岩层间的极限粘结强度标准值 t (kPa)

岩石类型	极软岩	软岩	较软岩	较硬岩	坚硬岩
T_b	150~250	250~600	600~900	900~1500	1500~2500

注:适用于锚固剂为C30级细石混凝土和M30级水泥砂浆。

表4. 2. 3-2 锚杆与土层间的极限粘结强度标准值t (kPa)

黏性土状态	硬塑	坚硬
Tb	50~65	65~100

注: 1 适用于锚固剂为C30级细石混凝土和M30 级水泥砂浆。

2 本表中z 值适用于普通注浆施工, 当采用高压注浆(压力>2. 5MPa)加固锚固段周边土层时, 可根据试验值确定 n值, 但增加值不宜大于本表50%。

表4. 2. 3-3 锚固长度影响系数w

地层类别	岩层			土层		
	锚固长度(m)	9~12	6~9	<6	14~18	10~14
W	0.8~0.6	1.0~0.8	1.0	0.8~0.6	1.0~0.8	1.0

4. 2. 4 岩体抗剪极限承载力的确定, 应符合下列规定:

1 岩体抗剪极限承载力的确定, 是基于如图4. 2. 4中虚线所示倒锥体为假想破裂面, 认为均匀分布于倒圆锥体表面的等极限剪切应力t。的垂直分量之和来抵抗上拔力。

2 单根锚杆的岩体抗剪极限承载力标准值, 见图4. 2. 4(a),

可按下式计算:

$$R_s = \pi h z_g (D + h \tan \theta) \quad (4. 2. 4)$$

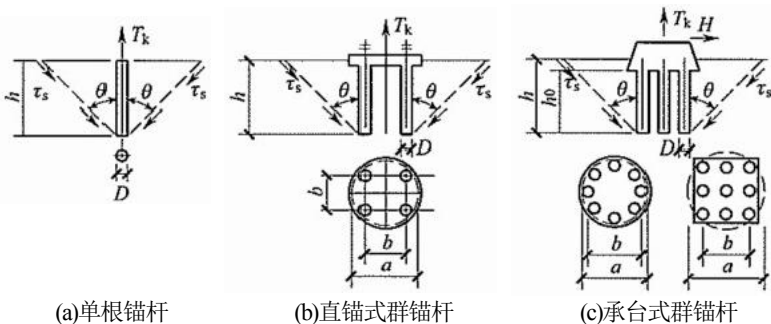


图4. 2. 4 岩体剪切计算简图

式中：h——锚杆基础在岩土层内的埋深(m)；

0——岩体等代剪切角，小于或等于45°，可根据实际地质情况确定；

Ts——岩体等代极限剪切强度标准值(kPa)，当无试验资料时可按表4.2.4取值。

表4.2.4 岩体等代极限剪切强度标准值 t_s (kPa)

岩石类型	极软岩	软岩	较软岩	较硬岩	坚硬岩
Ts	15~25	25~45	45~75	75~90	90~150

注：1 表中数值为等代剪切角为45°的取值，当等代剪切角小于45°时，可由试验或经验等确定。

2 本表中 t_s 取值应综合考虑岩体的完整程度和风化程度，岩体越破碎、风化越严重时，取表中同类岩的较低值。

4.3 群锚计算

4.3.1 群锚抗拔承载力应符合下列公式的要求：

$$T_k \leq \frac{\xi n R_i}{K} + G_k \quad (4.3.1)$$

式中： ξ ——群锚效应系数，应由试验确定；无试验资料时，可取0.7~0.9。

4.3.2 岩石锚杆基础，还应验算整体破坏时岩体抗剪承载力，见图4.2.4(b)、(c)，可按下式计算：

$$T_k \leq \frac{\pi h \tau_s (a + h \tan \theta)}{K} + G_k \quad (4.3.2)$$

式中：a——锚杆群的外切圆直径(m)，当锚杆群为正方形布置时取 $a = \sqrt{2}b + D$ ；当锚杆群为圆形布置时，取圆环轴线直径加锚杆孔径，即 $a = b + D$ 。

4.3.3 土层锚杆基础，还应验算土体整体破坏时的承载力，可按下式计算：

$$T_k \leq \frac{u_l \tau_b l_b}{K} + G_{gk} \quad (4.3.3)$$

式中： u_1 ——锚杆群的外围周长(m)；

Ggk ——基础自重和锚杆群所包围土体的自重(kN)。

4.4 复合式锚杆基础

4.4.1 复合式锚杆基础的抗拔承载力应由上部基础和锚杆部分共同组成，其抗压承载力由上部基础承担。

4.4.2 复合式锚杆基础的抗拔承载力，可按下列公式计算：

$$T \leq k_1 R_1 + k_2 R_2 \quad (4.4.2)$$

式中： k_1 上部基础承载力发挥系数，应由试验确定；

R_1 ——上部基础抗拔承载力特征值(kN)，按现行行业标准《架空输电线路基础设计技术规程》DL/T 5219确定；

k_2 ——锚杆部分承载力发挥系数，应由试验确定；

R_2 ——锚杆部分抗拔承载力特征值(kN)，按第4.3节公式(4.3.1)~(4.3.3)右侧算式确定，并扣除基础及上覆土层自重，锚杆自重可忽略。

4.4.3 上部基础的承台立柱或地脚螺栓可进行偏心设置，必要时可采用斜柱。

5 构造要求

5.0.1 锚筋宜采用表面有肋的钢筋或地脚螺栓；当采用光圆钢筋或钢管时，末端宜采用可靠的锚固措施；锚筋直径不应小于16mm。

5.0.2 锚筋与承台的连接应有可靠的锚固措施，全锚入承台的锚筋锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的要求。

5.0.3 锚杆保护层厚度不应小于25mm，锚筋上应设置对中支架。

5.0.4 锚孔直径宜取2.0倍~3.0倍锚筋直径，并满足锚筋保护层厚度要求。土层锚杆的锚孔直径不宜小于120mm。

5.0.5 直锚式和承台式锚杆基础的锚孔间距宜取3.0倍~4.0倍锚孔直径，不应小于2.5倍锚孔直径，且净距不应小于160mm。

5.0.6 岩石群锚杆基础承台嵌入基岩的深度不宜小于0.5m。

5.0.7 岩石锚杆的锚固长度宜采用3m~8m，土层锚杆的锚固长度宜采用6m~12m，且锚固段长度不应小于表5.0.7规定的构造长度。

表5.0.7 锚杆在岩土层中的锚固段构造长度(m)

锚固岩土层	未风化和微风化岩层	中等风化岩层	强风化岩层	黏土层
锚固段构造要求长度	25d	35d	45d	50d

注：d为锚筋直径。

5.0.8 直锚式锚杆基岩表面宜按照地区工程经验采取防风化措施。

5.0.9 对裂隙发育的岩石地基，宜设置压力注浆孔，压力注浆孔口应采取有效的封堵措施。

6 施工、试验及检测要求

6.1 施 工

6.1.1 锚杆基础施工前，应进行安全和技术交底。

6.1.2 施工开挖后，发现岩土条件与岩土工程勘察报告不符时，应及时反馈。

6.1.3 钻孔应提出下列要求：

1 当主要地层为具有软化或崩解性的岩土层时，不宜使用水循环钻进；

2 锚筋施工前，应将锚孔中的石粉、沉渣清除干净；

3 锚孔的成孔质量应符合表6.1.3的要求。

表6.1.3 锚孔的成孔质量要求

序号	检查项目	检验内容和合格标准
1	锚孔位置	水平方向误差不大于孔间距的5%
2	锚孔直径	允许偏差为0~+20mm
3	钻孔深度	不小于设计值，不宜大于设计深度500mm
4	钻孔倾斜度	不大于锚杆长度的1%
5	孔底沉渣厚度	不宜超过50mm

6.1.4 锚筋组装与安放应提出下列要求：

1 锚筋进场后应进行外观检查，要求锚筋平直，并清除表面油渍、锈渍、污渍等；

2 应保证锚筋处于钻孔中心；

3 安放锚筋时，应防止杆体扭曲、压弯；

4 锚筋质量应符合表6.1.4的要求。

表6.1.4 锚筋质量要求

序号	检查项目	检验内容和合格标准
1	锚筋长度	$\pm 100\text{mm}$, -30mm
2	断面尺寸	不小于设计值
3	弯曲度	$\leq 2.5\text{mm/m}$
4	外观质量	锚筋两端面应与轴线垂直, 无毛刺; 锚筋没有裂纹、离层和结疤等缺陷

6.1.5 锚固剂及灌注施工应提出下列要求:

1 混凝土用砂应选择中粗砂, 石子宜选择级配良好的碎石, 粒径为 $5\text{mm}\sim 10\text{mm}$, 不得选用风化碎石;

2 细石混凝土的坍落度宜为 $180\text{mm}\sim 220\text{mm}$;

3 安放锚筋前应进行二次清孔, 并及时浇灌锚固剂; 当孔壁过于干燥时需对孔壁充分润湿; 易风化的岩石应尽量缩短开孔与灌注之间的时间间隔;

4 细石混凝土应每 $300\text{mm}\sim 500\text{mm}$ 分层灌注并振捣密实;

5 锚杆养护期间, 禁止受到扰动。

6.2 基本试验

6.2.1 锚杆基础采用新工艺、新材料或缺乏地区应用经验时, 应进行基本试验。

6.2.2 基本试验应在施工图设计之前, 根据工程实际情况分组选取代表性地段实施。

6.2.3 基本试验应符合下列要求:

1 基本试验的岩土工程条件及采用的锚固剂、锚孔参数和施工工艺应与工程锚杆相同;

2 每组试验数量不少于3个;

3 最大试验荷载根据设计预估的极限承载力确定，试验宜做到破坏；

4 锚杆抗拔极限承载力试验的最大试验荷载不宜超过锚筋屈服强度标准值，当锚固体极限抗拔力及预估地基土极限承载力很高时，为获得锚杆设计的基本参数或极限承载力，可采用强度更高或截面更大的锚筋；

5 试验采用分级循环加载。

6.2.4 单锚抗拔基本试验要点应符合本标准附录C的要求。

6.2.5 对于锚杆主要持力层为全风化、强风化的岩层及土层时，宜进行群锚竖向抗拔与水平复合受力试验。

6.2.6 群锚竖向抗拔与水平复合受力试验宜按照下列方法进行：

1 抗拔采用慢速维持荷载法加载，抗拔加载法参照现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106中“单桩竖向抗拔静载试验”执行；

2 水平荷载采用多循环加卸载，水平加载法参照现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106中“单桩水平静载试验”执行；

3 复合试验各方向的受力应根据最大试验荷载进行同比例分级；

4 在每加一级竖向荷载后，在保持竖向荷载恒定情况下，施加水平第一级荷载，并按照现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ106 循环5次加卸载，记录水平位移，同时记录竖向位移，然后施加第二级竖向荷载，再施加第二级水平荷载，以此类推。

6.2.7 对于塑性指数大于17的土层锚杆，强风化的泥质岩石锚杆，节理裂隙发育、张开且充填有黏性土的岩石锚杆，应进行蠕变试验。蠕变试验的锚杆每组不得少于3根。蠕变试验具体可按照现行行业标准《岩土锚杆(索)技术规程》CECS 22的规定执行。

6.3 检 测

6.3.1 锚杆基础检测应符合下列规定：

1 工程锚杆检测宜采用单锚抗拔验收试验，试验数量不小于锚杆总数的5%，且每基塔应不少于3根；

2 最大试验荷载取锚杆荷载基本组合上拔力设计值，且不应超过锚筋（普通钢筋）屈服强度标准值的0.9倍；

3 验收试验采用分级加荷法，初始荷载宜取最大试验荷载的0.1倍，分级加荷值宜取锚杆最大试验荷载的0.3倍、0.5倍、0.7倍、0.8倍、0.9倍和1.0倍；

4 验收试验中，每级荷载均应稳定5min~10min，并记录位移量；最后一级试验荷载应维持10min，并在1min、5min和10min各记录一次位移量；如在1min~10min内锚头位移增量超过1.0mm，则该级荷载应再维持50min，并在累计15min、20min、25min、30min、45min和60min时记录锚头位移增量；

5 试验完成后，应绘制荷载一位移(P-S)曲线，参见本标准附录D。

6.3.2 当符合下列条件时，检测的锚杆应评定为合格：

1 锚杆在最大试验荷载下所测得的弹性位移量，应超过该荷载杆体自由段长度理论伸长值的90%，且小于杆体自由段长度与1/3锚固段长度之和的理论弹性伸长量；

2 在最后一级荷载作用下，1min~10min锚杆蠕变量不大于1.0mm，如超过，则6min~60min内锚杆蠕变量不大于2.0mm。

6.3.3 不合格锚杆应按如下方式处理：

1 锚杆验收试验不合格时，应在同一基塔增加锚杆检测数量，增加数量应为不合格锚杆的3倍，若仍有不合格锚杆，应分析原因，并再扩大检测比例；

2 按不合格锚杆占锚杆总量的百分率推算工程锚杆实际承载力与设计值的差值，确定处理方案。

6.3.4 工程需要时可进行群锚抗拔与水平复合受力验收试验，试验方法按本标准第6.2.6条执行。

6.3.5 锚杆基础的检测宜采用本标准第6.3.1条和第6.3.4条的方法，当有其他可靠的方法和手段时也可采用。

7 环境保护和水土保持

7.0.1 锚杆基础设计应符合国家环境保护和水土保持的相关法律法规的要求。

7.0.2 山区线路锚杆基础应结合杆塔全方位长短腿与不等高基础配合使用。

7.0.3 锚杆基础宜结合基面实际地形采取截、排水和余土处理措施，以及自然地貌恢复方案。

7.0.4 锚杆施工应选用噪声小、粉尘少、对环境影响小的施工机具，当需要时，可采取降噪、防尘及除尘措施。

附录 A 岩土勘察要求

A.0.1 线路各设计阶段的锚杆基础岩土工程勘察应满足下列要求：

1 初步设计阶段，应根据区域地形地貌、岩土性质、地下水等岩土工程条件，初步判断可能采用锚杆基础的区段，有针对性地进行重点踏勘，对岩土工程条件复杂或缺少资料的地段，宜布置适量勘探工作，在岩土报告中提出相应的意见和建议；

2 施工图设计阶段，应在初步设计阶段选定的区段，结合塔位地质条件，初步确定可采用锚杆基础的塔位，并按照锚杆基础要求进行勘察，提出满足锚杆基础设计要求的岩土工程勘察报告。

A.0.2 锚杆基础的适用条件应符合本标准第3.2节的规定。

A.0.3 对拟采用锚杆基础的塔位应逐基逐腿进行勘察，并根据设计要求和岩土工程条件，制定合理的勘察方案，选择合理的勘察手段和仪器设备。

A.0.4 锚杆基础勘察深度应满足表A.0.4 的要求。

表A.0.4 锚杆基础勘察深度

地基类型	风化程度或状态	勘察深度 (m)
硬质岩石	强风化	≥10
	中等风化、微风化	≥8
软质岩石	强风化	≥12
	中等风化、微风化	≥10
老黏土	硬塑及坚硬	≥15

注：本表老黏土特指第四系晚更新世(Q3) 及以前沉积形成、呈硬塑及坚硬状态的黏性土，但不包括膨胀土、红黏土等特殊土。

A.0.5 岩石锚杆基础应重点查明下列内容：

1 地基岩体岩性、成因、结构面发育情况、风化程度及其分界

线、上部覆盖土层厚度及其性质；

2 可溶岩的溶洞、溶沟、溶槽发育规模及其充填情况；

3 岩石的强度、软化系数；

4 地下水类型、地下水位及其变动幅度，地下水对建筑材料的腐蚀性。

A.0.6 土层锚杆基础应重点查明下列内容：

1 **地基土体成因、岩性、状态，是否存在软弱夹层或软弱透镜体；**

2 **土体的抗剪强度、压缩模量、地基承载力；**

3 地下水类型、地下水位及其变动幅度；

4 **地基土及地下水对建筑材料的腐蚀性。**

A.0.7 锚杆基础勘察成果除满足线路勘察规范要求外，尚应符合下列要求：

1 逐腿提供地质柱状图，对岩石地基岩性、坚硬程度、风化程度、岩体完整程度、岩体基本质量等级，黏性土岩性、湿度、状态，地下水位等明确描述；

2 逐腿提供岩石单轴抗压强度或点荷载强度、软化系数；

3 分析地下水对锚杆基础施工和运行期间的不利影响；

4 对采用锚杆基础的适宜性做出评价，并提出建议。

A.0.8 岩石的坚硬程度可按表A.0.8 划分。

表A.0.8 岩石坚硬程度划分

坚硬程度		定性鉴定	代表性岩石	岩石强度指标 (MPa)	
				饱和单轴 极限抗压 强度了k	点荷载 强度 Iscs0
硬 质 岩	坚硬岩	锤击声清脆，有回弹， 振手，难击碎，基本无吸水反应	米风化—微风化的花岗岩、闪长岩、辉绿岩、玄武岩、安山岩、片麻岩、石英岩、硅质砾岩、石英砂岩、硅质石灰岩等	>60	Iscs0) > 3.63

续表A.0.8

坚硬程度		定性鉴定	代表性岩石	岩石强度指标 (MPa)	
				饱和单轴 极限抗压 强度frk	点荷载 强度 Ist50)
硬 质 岩	较硬岩	锤击声较清脆，有轻微回弹，稍振手，较难击碎，有轻微吸水反应	1. 微风化的坚硬岩； 2. 未风化—微风化的大理岩、板岩、石灰岩、白云岩、钙质砂岩等	$30 < frk \leq 60$	$1.44 < I_{sc50} \leq 3.63$
	较软岩	锤击声不清脆，无回弹，较易击碎，浸水后指甲可刻出印痕	1. 中等风化—强风化的坚硬岩或较硬岩； 2. 未风化—微风化的凝灰岩、千枚岩、砂质泥岩、泥灰岩等	$15 < frk \leq 30$	$0.57 < I_{sc50} \leq 1.44$
软 质 岩	软岩	锤击声哑，无回弹，有凹痕，易击碎，浸水后手可掰开	1. 强风化的坚硬岩或较硬岩； 2. 中等风化—强风化的较软岩； 3. 未风化—微风化的页岩、泥质砂岩、泥岩等	$5 < frk \leq 15$	$0.13 < I_s(50) \leq 0.57$
	极软岩	锤击声哑，无回弹，有较深凹痕，手可捏碎，浸水后手捏成团	1. 全风化的各种岩石； 2. 各种半成岩	$frk \leq 5$	$I_{sc50} \leq 0.13$

注：根据现行国家标准《工程岩体分级标准》GB 50218, Jk=22.82fs:50

I_{ss0} ——直径为50mm标准试件的点荷载强度；

J_{ik}——岩石饱和单轴极限抗压强度。

库七七www.kqqw. 标准下载

A.0.9 岩体的完整程度可按表A.0.9 划分。

表 A.0.9 岩体完整程度划分

完整程度	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面类型	相应结构类型	完整性指数
	组数	平均间距(m)				
完整	1~2	>1.0	结合好或结合一般	裂隙、层面	整体状或巨厚层状结构	>0.75
较完整	1~2	>1.0	结合差	裂隙、层面	块状或厚层状结构	0.75~ 0.55
	2~3	1.0~0.4	结合好或结合一般		块状结构	
较破碎	2~3	1.0~0.4	结合差	裂隙、层面、小断层	裂隙块状或中厚层状结构	0.55~ 0.35
	≥3	0.4~0.2	结合好 结合一般		镶嵌碎裂结构 中、薄层状结构	
破碎	≥3	0.4~0.2	结合差	各种类型结构面	裂隙块状结构	0.35~ 0.15
		≤0.2	结合一般或结合差		碎裂状结构	
极破碎	无序		结合很差		散体状结构	<0.15

注：1平均间距指主要结构面(1~2组)间距的平均值；

2 完整性指数为岩体与岩块压缩波速度之比的平方，选定岩体和岩块测定波速时，应注意其代表性。

A.0.10 岩体基本质量等级可按表A.0.10 划分。

表A.0.10 岩体基本质量等级划分

完整程度 坚硬程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
	坚硬岩	I		i	IV
较硬岩	I	III	V	IV	V

续表A.0.10

完整程度 坚硬程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
	较软岩	III	V	V	V
软岩	IV	N	V	V	V
极软岩	V	V	V	V	V

注：基本质量等级为V级的岩体采用岩石锚杆基础时应满足本标准第3.2.2条的要求。

A.0.11 岩石的风化程度可按表A.0.11 划分。

表 A.0.11 岩石风化程度划分

风化程度	野外特征	风化程度参数指标	
		波速比K	风化系数K
未风化	岩质新鲜，偶见风化痕迹	0.9~1.0	0.9~1.0
微风化	结构基本未变，仅节理面有渲染或略有变色，有少量风化裂隙	0.8~0.9	0.8~0.9
中等风化	结构部分破坏，沿节理面有次生矿物，风化裂隙发育，岩体被切割成块状，用镐难挖，岩芯钻方可钻进	0.6~0.8	0.4~0.8
强风化	结构大部分破坏，矿物成分显著变化，风化裂隙发育，岩体破碎，用镐可挖，干钻不易钻进	0.4~0.6	<0.4
全风化	结构基本破坏，但尚可辨认，有残余结构强度，可用镐挖，干钻可钻进	0.2~0.4	m

- 注：1 波速比 K_v 、为风化岩石与新鲜岩石压缩波速度之比；
 2 风化系数 K_f 为风化岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压强度之比；
 3 岩石风化程度，除按表列野外特征和定量指标划分外，也可根据当地经验划分；
 4 花岗岩类岩石，可采用标准贯入试验划分， $N \geq 50$ 为强风化， $50 > N \geq 30$ 为全风化；
 5 泥岩和半成岩，可不进行风化程度划分。

附录B 锚杆基础型式图

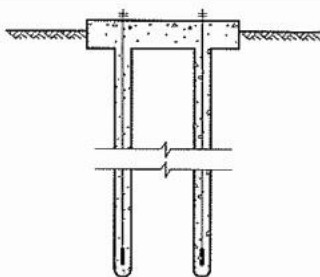


图 B.0.1 直锚式锚杆基础

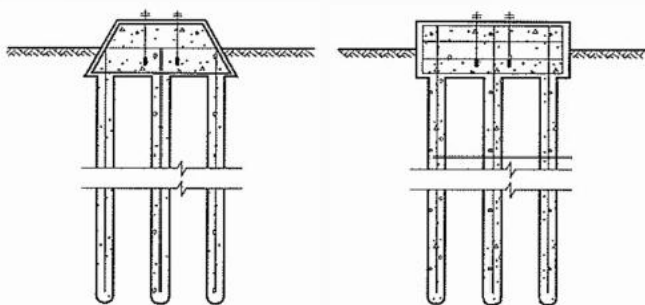
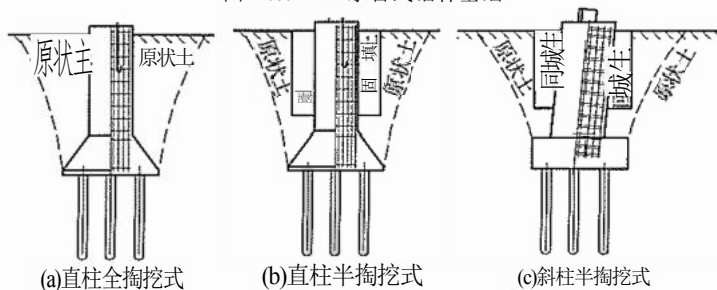


图 B.0.2 承台式锚杆基础



图B.0.3 掏挖—锚杆复合式基础

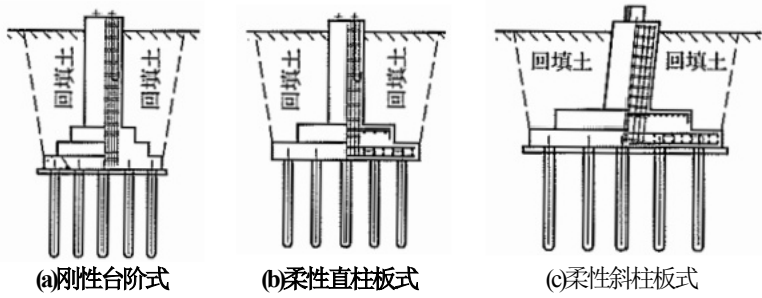


图 B.0.4 板柱—锚杆复合式基础

附录C 单锚抗拔试验要点

C.0.1 单锚抗拔基本试验的加荷等级和位移观测时间应符合表C.0.1的规定。

表C.0.1 锚杆单锚极限抗拔试验的加荷等级和位移观测时间

加荷值 (最大 试验 荷载 百分比)	初始荷载				10			■	
	第一循环				30				10
	第二循环	30			40			30	10
	第三循环	30	40		50		40	30	10
	第四循环	30	50		60		50	30	10
	第五循环	30	60		70		60	30	10
	第六循环	30	60	70	80	70	60	30	10
	第七循环	30	60	80	90	80	60	30	10
	第八循环	30	60	90	100	90	60	30	10
观测间隔时间(mm)		5	5	5	10	5	5	5	5

注：1 在每级加荷等级观测时间内，锚头位移增量小于0.1mm时，可施加下一级荷载，否则应延长观测时间，直至锚头位移增量在2h内小于2mm时，方可施加下一级荷载；

2 第七循环前加荷速率为100kN/min,其后循环加荷速率为50kN/min。

C.0.2 锚杆抗拔试验出现下列情况之一时，可判定锚杆破坏：

- 1 锚筋破坏；
- 2 后一级荷载产生的锚头位移增量达到或超过上一级荷载位移增量的2倍；
- 3 锚头位移持续增长，24h不能稳定；
- 4 锚筋从锚固体中拔出或锚固体从岩土层中拔出。

C.0.3 锚杆极限承载力的确定应符合下列规定：

1 应取破坏荷载的前一级荷载，在最大试验荷载下未达到第 C.0.2 条规定的破坏标准时，锚杆的极限承载力应取最大试验荷载；

2 当每组试验锚杆极限承载力的最大极差不大于平均值的 30%时，应取最小值作为锚杆的极限承载力推荐值。当极差大于 30%时，首先应分析离散原因，剔除偶然因素，且应增加锚杆试验数量，当确实存在离散大的情况，应按 95% 保证概率计算锚杆的极限承载力推荐值。

C.0.4 试验完成后，基本试验应根据试验数据绘制荷载一位移 (Q-s) 曲线、荷载一弹性位移 (Q-se) 曲线、荷载一塑性位移 (Q-sp) 曲线，具体可按照现行行业标准《岩土锚杆(索)技术规程》CECS 22 附录 E 的规定执行。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/7860302142040102>

12