

ICS XXXXXXX 点击此处添加国家标准文献分类号

CCS X XX 点击此处添加中国标准文

ZJSEE

浙江省电力学会标准

T/ZJSEE XXXX-YYYY

架空输电线路岩石锚杆基础勘察技术规程

Technical code of exploration for rock bolt foundation for overhead transmission line

(与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

浙江省电力学会 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号、代号和缩略语	2
5 基本规定	3
6 岩石分类和指标	3
6.1 岩石分类	3
6.2 岩石描述	4
7 岩石锚杆基础专项勘察	4
7.1 勘察目的	4
7.2 勘察任务	4
7.3 适用条件	5
7.4 勘察深度及技术要求	5
8 岩土工程勘察方法	6
8.1 工程地质调查	6
8.2 钻探、取样与原位测试	6
8.3 岩土室内试验	6
8.4 其他专项试验	7
9 岩土工程勘察成果	7
9.1 原始资料	7
9.2 成果报告内容	7
10 现场检验与检测	7
10.1 现场检验	7
10.2 岩石锚杆检测	8
附 录 A	9
岩石坚硬程度的定性划分	9
附 录 B	10
附录 B 岩石风化程度的鉴别	10
附 录 C	11

附录 C 岩体完整程度的定性划分.....	11
附 录 D.....	12
附录 D 岩体按结构类型分类.....	12
附 录 E.....	13
附录 E 岩石可钻性分级.....	13
附 录 F.....	14
附录 F 岩体等代极限剪切强度 T_s 值(KPA).....	14
附 录 G.....	15
附录 G 锚杆与岩层间的极限粘结强度标准值 T_B (KPA).....	15
附 录 H.....	16
附录 H 塔基场地复杂程度划分.....	16
附 录 I.....	17
附录 I 锚杆基础勘察工程地质条件一览表.....	17
索 引.....	18

前 言

为规范浙江省内架空输电线路岩石锚杆基础勘察工作内容、方法及技术要求，确保工程质量，制定本标准。

本标准（或本部分或本指导性技术文件）由浙江省电力学会电力设计专业委员会提出并解释。

本标准（或本部分或本指导性技术文件）起草单位（包括第一承担单位和参加起草单位，按对标准的贡献大小排列）：中国能源建设集团浙江省电力设计院有限公司、国网浙江省电力有限公司建设分公司、衢州光明电力设计有限公司、丽水市正阳电力设计院有限公司、台州宏远电力设计院有限公司、温州电力设计有限公司、浙江华云电力工程设计咨询有限公司、安徽华电工程咨询设计有限公司、国网浙江省电力有限公司。

本标准主要起草人：

本标准（或本部分或本指导性技术文件）首次发布。

架空输电线路岩石锚杆基础勘察技术规程

1 范围

本标准规定了岩石锚杆基础勘察的目的与任务；规定了岩石锚杆基础勘察工作内容和技术要求；规定了钻探、物探、原位试验、工程地质调查、室内试验等勘察方法的具体内容以及原体试验的基本要求；规定了岩土工程勘察成果的基本要求。

本标准适用于省内架空输电线路岩石锚杆基础专项勘察。

架空输电线路岩石锚杆基础的勘察，除应符合本标准的规定外，还应符合国家、行业、国家电网公司现行有关标准、规范和规程的规定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50021	岩土工程勘察规范
GB/T 50218	工程岩体分级标准
GB/T 50266	工程岩体试验方法标准
DL/T 5076	220kV及以下架空送电线路勘测技术规程
GB 50548	330kV~750kV架空输电线路工程勘测规范
DL/T 5122	500kV架空送电线路勘测技术规程
GB 50741	1000kV架空输电线路勘测规范
DL/T 5219	架空输电线路基础设计技术规程
DL/T 5093	电力岩土工程勘测资料整编技术规程
DL/T 5160	电力工程岩土描述技术规程
DL/T 5159	电力工程物探技术规程
DL/T 5544	架空输电线路锚杆基础设计规程
CECS 22	岩土锚杆(索)技术规程
Q/GDW 11333	架空输电线路岩石基础技术规定
SY/T 5426	岩石可钻性测定及分级方法
DZ/T 0227	地质岩芯钻探规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

锚杆 anchor

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。

锚杆基础 anchor foundation

锚杆作为主要受拉构件的基础型式。

岩石锚杆基础 rock anchor foundation

以岩石作为锚固主要持力层的锚杆基础。

土层锚杆基础 soil anchor foundation

以土层作为锚固主要持力层的锚杆基础。

复合锚杆基础 compound anchor foundation

由锚杆和其他基础类型相组合而成的基础型式，通常有掏挖式复合锚杆、板柱式复合锚杆。

岩土工程勘察 investigation

根据建设工程的要求，查明、分析、评价建设场地的地质、环境特征和岩土工程条件，编制勘察文件的活动。

岩土工程勘探 geotechnical exploration

岩土工程勘察的一种手段，包括钻探、井探、槽探、坑探、洞探以及物探、触探等。

现场检验 in-situ inspection

在现场采用一定手段，对勘察成果或设计、施工措施的效果进行核查。

风化岩 weathered rock

因物理、化学和生物等风化营力作用，原生岩石发生分解破碎，且结构、成分和性质产生不同程度变化的岩石。

残积土 residual soil

岩石风化后未经搬运，残留在原地形成的土。

坡积土 slope wash

山坡上方的碎屑物质在水流或重力作用下运移到坡下或山麓处堆积形成的土。

岩石质量指标 (RQD) rock quality designation

每次进尺中等于或大于 10cm 的柱状岩芯的累计长度与每个钻进回次进尺之比(以百分数表示)。

岩石可钻性 rock drillability

岩石被碎岩工具钻碎的难易程度，即岩石的抗钻性能，与岩石的强度、硬度、弹塑性、研磨性和结构特征相关。

岩石压入硬度 indentation hardness of rock

岩石抵抗其他物体刻划或压入其表面的能力。

岩体基本质量 rock mass quality

岩体所固有的、影响工程岩体稳定性的最基本属性。本标准规定，岩体基本质量由岩石坚硬程度和岩体完整程度所决定。

结构面 structural plane (discontinuity)

岩体内部具有一定方向、一定规模、一定形态的和特性的面、缝、层和带状的地质界面。

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。

便携式钻机 Portable drilling rig

总体重量较轻，便于携带、拆卸、搬运、组装的小型岩土工程钻探机械。

4 符号、代号和缩略语

下列符号、代号和缩略语适用于本文件。

R_c ——岩石饱和单轴抗压强度；

$I_{s(50)}$ ——岩石点荷载强度指数；

E ——岩体变形模量；

μ ——岩体泊松比；

φ ——岩体或结构面内摩擦角；

c ——岩体或结构面黏聚力；

- τ_s ——岩体等代极限剪切强度；
 τ_b ——锚固剂和岩石地基间粘结强度；
HR——岩石压入硬度；
 K_f ——风化系数；
 J_v ——体积节理系数；
 K_v ——岩体完整性系数。

5 基本规定

- 5.1 岩石锚杆基础勘察属于专项勘察，应在架空输电线路施工图定位勘察基础上开展，勘察工作应满足本规范要求。
- 5.2 岩石锚杆基础勘察应针对架空输电线路杆塔类型、基础条件和施工方法等工程条件开展工作。
- 5.3 岩石锚杆基础勘察应根据岩石性质、场地复杂程度等级、周边环境风险等级制定勘察方案，采用综合的手段，布置合理的勘察工作量，查明工程地质条件，提供岩土参数和工程建议。
- 5.4 在编制勘察大纲或作业指导书时，应严格审核勘察工作量，明确主要技术要求和技术方案。
- 5.5 勘察手段及方法应根据需解决的岩土工程问题及勘探施工条件，按适用、准确、可靠的原则确定。
- 5.6 在基础施工过程中，应配合设计、施工进行现场检验，必要时进行相应的施工勘察工作，解决施工过程中出现的岩土工程问题。

6 岩石分类和指标

6.1 岩石分类

- 6.1.1 岩石按成因应分为岩浆岩、沉积岩和变质岩。
- 6.1.2 岩石按坚硬程度应按表1分为坚硬岩、较硬岩、较软岩、软岩和极软岩。现场工作中可按本标准附录A的规定进行定性划分。

表 1 岩石坚硬程度分类

坚硬程度	硬质岩		软质岩		
	坚硬岩	较硬岩	较软岩	软岩	极软岩
R_c (MPa)	$R_c > 60$	$60 \geq R_c \geq 30$	$30 \geq R_c \geq 15$	$15 \geq R_c \geq 5$	$R_c \leq 5$

注：1 当无法取得饱和单轴抗压强度数据时，可用点荷载试验强度换算，换算方法按现行国家标准《工程岩体分级标准》GB/T 50218执行。

2 当岩体完整程度为极破碎时，可不进行坚硬程度分类。

- 6.1.3 岩石按风化程度可分为：未风化、微风化、中等风化、强风化、全风化。现场工作中可按本标准附录B的规定进行定性划分。不易判断时，可根据风化系数 K_f 判定。

表2 岩石风化程度定量分类

风化程度	未风化	微风化	中等风化	强风化	全风化
风化系数 K_f	0.9-1.0	0.8-0.9	0.4-0.8	<0.4	/

注：1 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

- 6.1.4 岩体按完整程度可分为：完整、较完整、较破碎、破碎、极破碎。现场工作中可按本标准附录C的规定进行定性划分。岩体完整程度的定量评价，可采用岩体完整性指数 K_v 值和节理裂隙体积系数 J_v 按表3划分。

表3 岩体完整性程度定量划分

J_v (条/ m^3)	<3	3-10	10-20	20-35	≥ 35
K_v	>0.75	0.75-0.55	0.55-0.35	0.35-0.15	≤ 0.15
完整程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎

6.1.5 岩体基本质量等级应根据岩石坚硬程度和岩体完整程度，按表4的规定进行划分。

表4 岩石基本质量等级分类

坚硬程度 \ 完整程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
坚硬岩	I	II	III	IV	V
较硬岩	II	III	IV	IV	V
较软岩	III	IV	IV	V	V
软岩	IV	IV	V	V	V
极软岩	V	V	V	V	V

6.1.6 岩石在钻探过程中应就岩石质量指标 (RQD) 加以描述，如采用非标准钻头，应统计岩芯采取率，必要时对岩芯进行拍照留档。

6.2 岩石描述

6.2.1 岩石的描述包括名称、风化程度、颜色、主要矿物、结构、构造、胶结物、坚硬程度、完整程度及产状要素等。对沉积岩应着重描述沉积物的颗粒大小、形状、胶结物成分和胶结程度；对岩浆岩和变质岩应着重描述矿物结晶大小和结晶程度。

6.2.2 岩体的描述应包括结构面、结构体、岩层厚度和结构类型，并符合下列规定：

- 结构面的描述包括类型、性质、产状、组合形式、发育程度、延展情况、闭合程度、粗糙程度、充填情况和充填物性质以及充水性质等；
- 结构体的描述包括类型、形状、大小和结构体在围岩中的受力情况等；
- 结构类型可按本标准附录D进行分类；
- 岩层厚度分类应按表5的规定执行。

表5 岩层厚度分类

层厚分类	单层厚度 h (m)	层厚分类	单层厚度 h (m)
巨厚层	$h > 1.0$	中厚层	$0.1 < h \leq 0.5$
厚层	$0.5 < h \leq 1.0$	薄层	$h \leq 0.1$

6.2.3 岩石宜采用金刚石钻头或硬质合金钻头回转钻进，记录有效钻探进尺下的钻进速度 (:m/h)；

7 岩石锚杆基础专项勘察

7.1 勘察目的

在施工图定位勘察成果的基础上，结合塔位地质条件，针对拟采用锚杆基础的塔位，按照锚杆基础要求进行专项勘察，提出满足锚杆基础设计要求的岩土参数，编制岩土工程勘察报告。

7.2 勘察任务

岩石锚杆基础勘察任务如下：

- a) 查明塔位地层分布，成因和时代。
- b) 查明塔位岩石的类别、坚硬程度、岩层产状、节理裂隙发育程度、风化程度、风化厚度和岩体完整程度，确定岩体基本质量等级等。
- c) 评价塔位岩体的可钻性和可挖性。
- d) 查明塔位地下水类型、补给及排泄条件。

7.3 适用条件

7.3.1 岩石锚杆基础的适用条件应综合安全性、经济性和施工可行性确定，其适用条件如下：

- a) 地质构造影响小、陡倾节理裂隙不发育的塔位；
- b) 黏土质等软弱夹层薄、岩体完整性较好的塔位；
- c) 第四系覆盖层及全风化层厚度一般不超过3m的塔位；
- d) 岩体基本质量等级为 I ~ IV 级的岩石地基，质量等级 V 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。

7.3.2 以下地质条件不宜采用岩石锚杆基础：

- a) 塔腿距周边陡坡、陡坎、陡崖的距离较近，可能影响岩石锚杆基础的整体稳定性；
- b) 塔基岩体破碎，成孔性差，锚杆注浆时可能严重漏浆；
- c) 塔基及其附近岩溶发育或存在采空区；
- d) 塔基岩性为极软岩；
- e) 施工和运行过程中地下水对塔基岩土性质和锚杆基础可能有明显不良影响。

7.4 勘察深度及技术要求

7.4.1 锚杆基础专项勘察应根据不同的地貌类型和地质条件复杂程度，采用针对性勘察方法，布置合理工作量，开展岩土工程勘察工作。

7.4.2 岩石锚杆基础勘察应采用工程地质调绘和岩土工程勘探相结合的方法。

7.4.3 岩土工程勘探可采用钻探、槽探、坑探、钎探、洛阳铲以及物探等，钻探可采用背包钻机、山地钻机等轻便型钻探设备。

7.4.4 岩石锚杆基础塔位应逐腿勘探，勘探点可分为钻探点和辅助点，钻探点应采用钻探方法，辅助点可采用其他方法。

7.4.5 钻探点应结合塔基场地复杂程度进行布置，塔基场地复杂程度划分见附录H。

7.4.6 钻探点数量应满足以下要求：

- a) 简单场地钻探点不少于1个，可布置在任一塔腿；
- b) 中等复杂场地钻探点不少于2个，可布置对角或相邻两个塔腿；
- c) 复杂场地钻探点不少于3-4个，可逐腿布置。；
- d) 对于基岩完全裸露，岩体结构明确的岩石地基，可不布置钻探点，宜采用综合工程地质调查法。

7.4.7 岩石锚杆基础勘察时，钻探深度应满足以下要求：

表 4 锚杆基础勘察钻探深度

地基类型	风化程度或状态	勘察深度 (m)
硬质岩石	强风化	≥6
	中等风化、微风化	≥4
软质岩石	强风化	≥8
	中等风化、微风化	≥6

7.4.8 当有足够的地区经验或试验成果时，可采用微动、地质雷达等作为主要勘探手段，必要时采用钻探等进行验证。

7.4.9 岩石锚杆基础勘察，应符合下列要求：

- a) 查明各塔腿的地形地貌、岩石的类别、岩层产状、节理裂隙发育程度、岩体结构、风化程度和风化厚度、地下水位等条件；
- b) 逐腿提供主要地层的物理力学指标及承载力特征值等设计和施工所需岩土参数；
- c) 分析地下水对锚杆基础施工和运行期间的不利影响；
- d) 评价岩体的可挖性和可钻性。
- e) 对采用锚杆基础的适宜性作出评价；

7.4.10 岩土参数应依据基本试验结果取值。

8 岩土工程勘察方法

8.1 工程地质调查

8.1.1 岩石锚杆基础线路工程的各个阶段均应进行工程地质调查，必要时进行工程地质调绘。

8.1.2 岩石锚杆基础专项勘察工程地质调查，应针对塔位开展，宜包括下列主要内容：

- a) 塔位所在场地的稳定性，是否受不良地质作用及地质灾害的影响；
- b) 塔位及其附近地表岩土构成，对于基岩裸露的塔位，应描述其岩性、坚硬程度、产状、结构构造，并应对岩体风化程度与岩体结构进行分类。

8.1.3 工程地质调查成果宜包括现场照片、文字说明和其它适用的图表。可包含在勘察报告内，必要时单独成册。

8.2 钻探、取样与原位测试

8.2.1 勘探方法的选取应综合考虑勘察阶段和场地条件复杂等级。

8.2.2 除常规钻探外，可采用轻便型钻探设备。

a) 使用麻花钻、钎探等设备对松散覆盖层适应性较好。钻进回次不宜大于0.3m，钻进过程中做好记录。遇坚硬物时应停钻，根据岩土状态分析原因。若确定下部为碎石土层、强风化层等相对硬层时，可选择终孔。

b) 背包钻、山地钻机等设备因其取芯直径较小，应采用提高取芯率的钻进工艺。钻进回次不宜大于0.5m，钻进过程中做好记录。

8.2.3 工程物探方法可根据勘察任务和场地条件选择使用，例如判断覆盖层厚度、判别岩石空洞等。物探成果应结合其它勘探成果进行综合解译，并应有已知的物探参数或丰富经验配合验证。山区常用物探方法有微动法、雷达法、高密度电法、面波法等。

8.2.4 动力触探可作为判断岩石风化程度的辅助方法。

8.2.5 取样应根据地层特性、均匀性和试验要求确定，并应符合下列要求：

- a) 土样应立即封存，防止样品质量降低，并尽快试验，土样存放不应超过三周；
- b) 岩石试样可采取钻探岩芯制作或在探井、探槽中刻取，采取的毛石试样尺寸不应小于加工要求；
- c) 可在塔位处采取块状岩石、岩芯进行点荷载试验；
- d) 不同质量等级土试样的取样工具、方法、试样的质量等级及相适应的试验项目应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021的规定。

8.3 岩土室内试验

8.3.1 岩石锚杆基础勘察的室内试验项目以岩石试验为主。

8.3.2 室内试验方法应符合现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266的规定。

8.3.3 岩石试验应符合下列要求：

a) 岩石的矿物成分和物理性质试验项目可根据工程需要和岩石特性选取。对于岩块，建议进行的试验项目有：块体密度试验、单轴抗压强度试验、点荷载试验，可选试验项目为：波速测试、抗拉强度试验、摆球硬度试验；

b) 岩石的抗压强度试验应根据需要测定天然与饱和状态下的强度，岩石的弹性模量和泊松比可根据单轴压缩变形试验测定；

c) 当间接确定岩石的抗压强度和模量时，可进行点荷载试验与声波波速测试，抗拉强度试验应采用劈裂法，能制成规则试样的各类岩石均可采用劈裂法。

8.4 其他专项试验

8.4.1 复杂地质岩体条件下，可进行必要的岩体原位专项试验，如混凝土与岩土接触面直剪试验、岩体结构面剪切试验、钻孔成像分析等。

9 岩土工程勘察成果

9.1 原始资料

9.1.1 岩石锚杆基础勘察原始资料主要包括综合工程地质调查记录表、现场素描图、钻探记录表、野外分层记录表、岩芯照片、原位测试数据及曲线、土工试验数据、测量放样成果表、管线平面分布图和物探成果图表等，所有原始资料建立档案，填报资料归档清单，备查。

9.1.2 对现场采集的各项原始资料和搜集资料应进行校核与分析，确保无误后方可使用；各阶段的勘测成果应资料完整，数据无误，图表清晰，结论有据，建议合理。

9.2 成果报告内容

岩石锚杆基础专项勘察报告，应主要包括以下内容：

- 工程概况
- 岩土工程条件
- 水文地质条件
- 岩石工程特性分析与评价
- 地基基础分析与评价
- 结论与建议
- 附表、附图及照片

10 现场检验与检测

10.1 现场检验

10.1.1 现场检验包括基坑检验与开挖边坡检验两部分内容。现场检验应充分收集、分析相关的岩土工程资料、施工资料及设计资料，并与设计人员、施工方紧密配合。

10.1.2 下列情况应进行基坑检验：

- a) 岩石锚杆承台基坑揭露的地质条件与勘察资料有明显差异的；
- b) 基坑揭露岩体可见较大裂隙、空洞，现场处理困难或可能对岩体稳定造成影响的；

- c) 单个基坑内岩体风化差异较大的；
- d) 基坑内见贯穿基底的软弱夹层或断层破碎带的；
- e) 计划进行岩石锚杆真型试验的。

10.1.3 基坑检验应以现场鉴定调查为主，可采用钻机、回弹仪、波速仪等设备进场检验。必要时进行施工勘察。

10.1.4 基坑检验应符合下列要求：

- a) 了解基坑开挖深度、基底标高是否符合设计要求；
- b) 检查基底地层岩性与勘察报告相符情况；
- c) 检查由于基坑开挖，基底、侧壁岩土是否存在扰动情况；
- d) 查验基底岩体风化程度是否均匀，是否存在软弱夹层、空洞、宽大裂隙等特殊构造。

11.1.5 现场检验完成后，可根据设计或施工要求提供检验报告，做好验槽记录。检验记录内容应包括施工揭露的地质条件与勘察资料是否相符，施工过程中是否揭露特殊岩土层，对基坑、边坡中出现的岩土工程问题的处理措施或建议。当岩土工程条件十分复杂，可根据工程需要编制现场检验报告。检验报告内容应包括基坑开挖和边坡施工实际过程、现场检验方法与过程、异常岩土处理措施、下一步工作建议等主要内容。

10.2 岩石锚杆检测

10.2.1 锚杆检测应符合下列规定：

- a) 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；
- b) 最大试验荷载取锚杆荷载标准组合上拔力设计值的1.5倍，且不应超过锚筋（普通钢筋）屈服强度标准值的0.9倍；
- c) 验收试验采用分级加荷法，初始荷载宜取最大试验荷载的10%，分级加荷值宜取锚杆最大试验荷载的30%、50%、70%、80%、90%和100%；
- d) 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15、20、25、30、45、和60min时记录锚头位移增量；
- e) 试验完成后，应绘制锚杆荷载-位移（P-S）曲线。

10.2.2 当符合下列条件时，检测的锚杆应评定为合格：

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

10.2.3 不合格锚杆应按如下方式处理：

- a) 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；
- b) 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。

附录 A

附录 A 岩石坚硬程度的定性划分

表 A 岩石坚硬程度的定性划分

名称		定性鉴定	代表性岩石
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	未风化—微风化的花岗岩、闪长岩、灰绿岩、玄武岩、安山岩、片麻岩、石英岩、石英砂岩、硅质砾岩、硅质灰岩等
	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
软质岩	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
	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、泥岩、泥质砂岩等
极软岩		锤击声哑，无回弹，有较深凹痕，手可捏碎；浸水后，可捏成团	1.全风化的各种岩石； 2.各种半成岩

附录 B

附录 B 岩石风化程度的鉴别

表 B 岩石风化程度的鉴别

岩石类型	风化程度	野外特征	开挖或钻探情况
未风化		结构和构造未变，没有破碎情况，颜色新鲜，矿物组织成分未变，敲击声脆，很难击碎	开挖需爆破，钻进困难
硬质岩石	微风化	结构和构造基本未变，仅节理面有铁锰质渲染和矿物略有变色。有少量风化裂隙，岩体完整性好	开挖需爆破，一般金刚石岩芯钻方可钻进
	中等风化	组织结构部分破坏，矿物成分基本未变，仅沿节理面出现次生矿物。风化裂隙发育，岩体被切割20cm~50cm的岩块，锤击清脆，且不易击碎	不能用镐挖掘，一般金刚石岩芯钻方可钻进
	强风化	组织结构已大部分破坏，矿物成分已显著变化，长石、云母已风化成次生矿物，裂隙很发育，岩体被切割2cm~20cm的岩块，用手可折断	用镐可挖掘，干钻不易钻进
软质岩石	微风化	结构和构造基本未变，仅节理面有铁锰质渲染和矿物略有变色。有少量风化裂隙，岩体完整性好	开挖用撬棍或爆破，一般金刚石、硬质合金均可钻进
	中等风化	组织结构部分破坏，矿物成分发生变化，节理面附近的矿物已风化成土状，风化裂隙发育，岩体被切割20cm~50cm的岩块，锤击击碎	开挖用镐或撬棍，硬质合金均可钻进
	强风化	组织结构已大部分破坏，矿物成分已显著变化，含大量黏土矿物，风化裂隙很发育，岩体被切割成碎块，干时可用手折断或捏碎，浸水或干湿交替时可较迅速地软化或崩解	用镐可挖掘，干钻可钻进
全风化		组织结构已基本破坏，但尚可辨认，有残余结构强度，风化成土混砂砾状或土夹碎粒状，岩芯手可掰断捏碎	用镐锹可挖掘，干钻可钻进
残积土		组织结构已全部破坏，已风化成土状	锹镐易挖掘，干钻易钻进，具可塑性

注：1 花岗岩类岩石， $N \geq 50$ 为强风化； $30 \leq N < 50$ 为全风化； $N < 30$ 为残积土。

2 泥岩和半成岩，可不进行风化程度划分。

.....

附录 C

附录 C 岩体完整程度的定性划分

表 C 岩体完整程度的定性划分

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
	组数	平均间距 (m)			
完整	1~2	>1.0	结合好或结合一般	节理、裂隙、层面	整体状或巨厚层状结构
较完整	1~2	>1.0	结合差	节理、裂隙、层面	块状或厚层状结构
	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	节理、裂隙、劈理、层面、小断层	裂隙块状或中厚层状结构
	≥3	0.4~0.2	结合好		镶嵌碎裂结构
			结合一般		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
		≤0.2	结合一般或结合差		碎裂结构
极破碎	无序		结合很差		散体状结构

注：平均间距指主要结构面间距的平均值。

附 录 D
附录 D 岩体按结构类型分类

表 D 岩体按结构类型分类

岩体结构类型	岩体地质类型	结构体形状	结构面发育情况	岩土工程特征	可能发生的岩土工程问题
整体状结构	巨块状岩浆岩和变质岩,巨厚层沉积岩	巨块状	以层面和原生构造节理为主,多呈闭合型,间距大于1.5m,一般为1组~2组,无危险结构	岩体稳定,可视为均质弹性各向同性体	局部滑动或坍塌,深埋洞室的岩爆
块状结构	厚层状沉积岩,块状岩浆岩和变质岩	块状柱状	具少量贯穿性节理裂隙,结构面间距0.7m~1.5m,一般2组~3组,有少量分离体	结构面相互牵制,岩体基本稳定,接近弹性各向同性体	
层状结构	多韵律的薄层、中厚层状沉积岩、副变质岩	层状板状	有层理、片理、节理,常有层间错动	变形和强度受层面控制,可视为各项异性弹塑性体,稳定性较差	可沿结构面滑塌,软岩可产生塑性变形
碎裂状结构	构造影响严重的破碎岩层	碎块状	断层、节理、片理、层理发育,结构面间距0.25m~0.5m,一般3组以上,有许多分离体	整体强度很低,并受软弱结构面控制,呈弹塑性体,稳定性很差	易发生规模较大的岩体失稳,地下水加剧失稳
散体状结构	断层破碎带,强风化及全风化带	碎屑状	构造和风化裂隙密集,结构面错综复杂,多填充黏性土,形成无序小块和碎屑	完整性遭极大破坏,稳定性极差,接近松散体介质	易发生规模较大的岩体失稳,地下水加剧失稳

附 录 E
附录 E 岩石可钻性分级

表 E 岩石可钻性分级

岩石可钻性 分级	摆球硬度		机械钻速 (m/h)		常见岩石
	弹跳次数	塑性系数	金刚石	硬质合金	
1					次生土、土壤
2					黄土、粘土、冰
3					风化变质的页岩、千枚岩、泥灰岩、煤
4	<30	>0.37		>3.90	页岩、较致密的泥灰岩、盐岩、火山凝灰
5	28-35	0.33-0.39	2.90-3.60	2.50	硅化粉砂岩、碳质硅页岩、滑石透闪岩、橄榄大理岩、白色大理岩、石英闪长玢岩、黑色片岩、透辉石大理岩、大理岩
6	34-42	0.29-0.35	2.30-3.10	2.00	黑色角闪斜长片麻岩、白云斜长片麻岩、石英白云石大理岩、黑云母大理岩、白云岩、蚀变角闪闪长岩、角闪变粒岩、角闪岩、黑云石英片岩、角岩、透辉石榴石砂卡岩、黑云白云石大理岩
7	40-48	0.27-0.32	1.90-2.60	1.40	白云斜长片麻岩、石英白云石大理岩、透辉石化闪长玢岩、混合岩化浅粒岩、黑云角闪斜长岩、透辉石岩、白云石大理岩、蚀变石英闪长玢岩、黑云母石英片岩
8	46-54	0.23-0.29	1.50-2.10		花岗岩、砂卡岩化闪长玢岩、石榴子砂卡岩、石英闪长斑岩、石英角闪岩、黑云母斜长角闪岩、混合伟晶岩、黑云母花岗岩、斜长闪长岩、斜长角闪岩、混合片麻岩、凝灰岩、混合浅粒岩
9	52-60	0.20-0.26	1.10-1.70		混合岩化浅粒岩、花岗岩、斜长角闪岩、混合闪长岩、斜长闪长岩、钾长伟晶岩、橄榄岩、斜长混合岩、闪长玢岩、石英闪长玢岩、似斑状花岗岩、斑状花岗闪长岩
10	59-68	0.17-0.24	0.80-1.20		硅化大理岩、砂卡岩、混合斜长片麻岩、钠长斑岩、钾长伟晶岩、斜长角闪岩、鞍山质熔岩、长英质混合岩化角闪岩、斜长岩、花岗岩、石英岩、硅质凝灰砂砾岩、英安质角砾熔岩
11	67-75	0.29-0.35	0.50-0.95		凝灰岩、熔凝灰岩、石英角岩、英安岩
12	>70	<0.20	<0.60		石英角岩、玉髓、熔凝灰岩、纯石英岩

附录 F

附录 F 岩体等代极限剪切强度 τ_s 值(kPa)表 F 岩体等代极限剪切强度 τ_s 值(kPa)

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

注：1. 取值引用《架空输电线路基础设计规程》（DL/T 5219-2023）；2.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；3.本表中 τ_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。

附录 G

附录 G 锚杆与岩层间的极限粘结强度标准值 τ_b (kPa)表 G 锚杆与岩层间的极限粘结强度标准值 τ_b (kPa)

锚固剂类型	极软岩	软岩	较软岩	较硬岩	坚硬岩
细石混凝土和水泥砂浆	150~250	250~600	600~900	900~1500	1500~2500

注：1.取值引用《架空输电线路基础设计规程》(DL/T 5219-2023)；2.细石混凝土强度等级为 C30，水泥砂浆强度为 30MPa，采用水泥基灌浆料等其他锚固剂材料应参考相关标准及试验结果

附 录 H
附录 H 塔基场地复杂程度划分

表 H 塔基场地复杂程度划分

简单地段	地貌形态单一；地层结构简单，岩土性质好，无特殊性岩土，无不良地质现象；地下水对地基基础无不良影响；地震基本烈度小于 7 度。
中等复杂地段	地貌单元较多；地层结构较复杂，岩土性质较差，局部有特殊性岩土，不良地质现象较发育，地下水埋藏较浅，且对地基基础可能有不良影响；地震基本烈度 7-8 度。
复杂地段	地貌单元多；地层结构复杂，岩土性质差，特殊性岩土广泛分布；不良地质现象发育；地下水埋藏浅，且对基础有不良影响；地震基本烈度为 9 度。

附录 I

附录 I 锚杆基础勘察工程地质条件一览表

表 I 锚杆基础勘察工程地质条件一览表

杆塔 编号	杆塔 桩号-腿 号	岩土特性描述							主要物力指标							地下水 深度 (m)	地形地貌 描述	不良地质 作用	建议	
		土层名称	层底深度	地层描述	岩石坚硬 程度	岩体完整 性	岩体质量 等级	岩石可钻 性分级	重度	粘聚力	内摩擦角	岩石等代抗 剪强度	地基承载力 特征值	桩基参数						地基土水 平抗力系 数的比例 系数 m
			(m)						γ (kN/m ³)	(kPa)	(°)	τ_s (kPa)	fak (kPa)	极限侧阻力标 准值 qsik (kPa)	极限端阻力 标准值 Qpk (kPa)					(MN/ m ⁴)
XXX	Z001-A																			
XXX	Z001-B																			
XXX	Z001-C																			
XXX	Z001-D																			

