

山 东 省 地 方 标 准

DB37/T 1811—2022

代替 DB37/T 1811—2011

地质钻探安全施工规范

Specification for safety construction of geological drilling

地方标准信息服务平台

2022-07-25 发布

2022-08-25 实施

目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 钻探设备与设施 ..... 2

5 钻探设备安装 ..... 7

6 钻探施工 ..... 9

7 钻探现场用电 ..... 11

8 安全防护 ..... 12

9 现场管理 ..... 12

附录 A（资料性） 塔基承载力计算（天然） ..... 14

附录 B（资料性） 塔基承载力计算（混凝土） ..... 15

地方标准信息服务平台

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替DB37/T 1811—2011《地质钻探安全标准》，与DB37/T 1811—2011相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 文件标题修改为《地质钻探安全施工规范》；
- b) 文件范围增加“安全管理”的要求（见第1章）；
- c) 增加了规范性引用文件12项，删除1项（见第2章）；
- d) 删除了“术语”中3.4“避雷装置”；
- e) 修改了“钻机选型、钢丝绳固定和连接、卷扬机抱闸使用和报废、固定工作台”的规定（见4.1.1、4.1.6、4.1.8、4.2.10）；
- f) 增加了“防护罩配置、升降机使用、钻塔（架）安装”的规定（见4.1.2、4.1.3、4.1.5、4.1.7、4.1.9、4.2.6、4.2.7、4.2.8、4.2.9）；
- g) 删除了4.3.1中“不得超负荷作业”内容和“柴油发电机”（见4.4.1、4.4.2、4.4.3、4.4.5）；
- h) 增加了“空压机”、“绞车钢丝绳”、“打捞器”、“井控装置”、“厂房安装”、“吊钳安装”、“绷绳设置”、“安全标志”、“防护用品”的内容（见4.5、4.6.3、4.6.4、4.7、4.8.1.6）、4.8.2、4.8.4、4.8.11.2、4.8.14）；
- i) 更改了部分条款编号（见4.5、4.6、9.1、9.2、9.3、9.4、9.5、9.6、9.7）；
- j) 第6章更改为“第5章”，相应条款号亦做更改；
- k) 增加了“地基处理”、“钻机安装”、“发电机”的内容（见5.1.1、5.2.3、5.4）；
- l) 更改了“天然地基”、“起放塔”、“人员防护”、“拆卸塔衣”、“钻塔拆卸”、“人工搬运”、“倒链使用”的规定（见5.1.4、5.2.2、5.2.4、5.2.5、5.2.7、5.5.1.1、6.5.1.3、5.5.2.4）；
- m) 第5章更改为“第6章”，相应条款号亦做更改；
- n) 增加了“钻探施工作业”、“钻进机械故障”、“双泵运行”、“事故处理”、“现场管理”的规定（见6.1.1、6.1.9、6.1.10、6.3.9、6.4）；
- o) 更改了“钻机验收”、“高压胶管”、“提引器”（见6.1.2、6.1.4、6.2.5）；
- p) 增加了“配电箱”、“配电系统”、“电机启动”的规定（见7.2.5、7.2.6、7.3.2、7.3.3、7.3.7）；
- q) 更改了“现场配电条件”“现场验电”“配电系统”的规定（见7.1.1、7.2.1、7.3.1）；
- r) 删除了“7.3.9、7.3.10、7.5.2”的内容；
- s) 增加了“避雷针安装”、“绿色勘查”、“防洪、防汛、防灾”的规定（见8.1.2、8.1.4、8.2.2、8.2.3、8.2.4、8.3）；
- t) “环境保护”更改为“绿色勘查”（见8.3）；
- u) 删除了第9章“辅助设施”；
- v) 增加了第9章“现场管理”的内容。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东省应急管理厅提出并组织实施。

本文件由山东省安全生产标准化技术委员会金属非金属矿山安全分技术委员会归口。

本文件及其所代替的文件的历次版本发布情况为：

——2011年首次发布为DB37/T 1811—2011；

——本次为第一次修订。

地方标准信息服务平台

# 地质钻探安全施工规范

## 1 范围

本文件规定了钻探设备与设施、钻探设备安装、钻探施工、钻探现场用电、安全防护、现场管理的要求。

本文件适用于固体矿产钻探、水文水井钻探及地热钻探等现场的安全管理。不适用于水上、石油、天然气钻探、页岩气钻探等，工程地质钻探、采空区钻探参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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/T 2550 气体焊接设备 焊接、切割和类似作业用橡胶软管  
GB 2811 头部防护 安全帽  
GB 2894 安全标志及其使用导则  
GB/T 3787 手持式电动工具的管理、使用、检查和维修安全技术规程  
GB/T 5972 起重机 钢丝绳 保养、维护、检验和报废  
GB/T 5976 钢丝绳夹  
GB/T 6067.1 起重机械安全规程第1部分：总则  
GB 6095 安全带  
GB 6722 爆破安全规程  
GB/T 7144 气瓶颜色标志  
GB/T 7894 水轮发电机基本技术条件  
GB/T 29639 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则  
GB 39800.4 个体防护装备配备规范 第4部分：非煤矿山  
GB 50057 建筑物防雷设计规范  
GB 50194 建设工程施工现场供用电安全规范  
AQ 2004 地质勘探安全规程  
AQ 2049 地质勘查安全防护与应急救援用品（用具）配备要求  
AQ/T 2064 金属非金属矿产资源地质勘查单位安全生产标准化实施指南  
DZ/T 0088 地质钻探用钻塔系列  
DZ/T 0227 地质岩心钻探规程  
DZ/T 0148 水文水井地质钻探规程  
DZ/T 0260 地热钻探技术规程  
JGJ 46 施工现场临时用电安全技术规范  
SY/T 5964 钻井井控装置组合配套、安装调试与使用规范  
TSG 23 气瓶安全技术规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地质钻探 geological drilling

以查明地质情况、探明地下资源为目的的钻探工作。

3.2

钻塔 derrick

地质钻探过程中，升降、钻进作业时用于悬挂钻具、管材用的特定构架。

3.3

钻架 drill stand

能整体起落的钻塔。

3.4

防坠器 fall preventer

在限定距离内，能快速制动锁定，防止活动工作台坠落的保护装置。

4 钻探设备与设施

4.1 钻机

4.1.1 钻机应依据钻孔设计深度、钻孔结构、垂直度、地层条件、钻探方法等合理选择，钻机的最大提升力应满足钻塔（钻架）的要求。

4.1.2 钻塔（钻架）、发电机（柴油机）、电动机、泥浆泵、搅拌机等设备、设施应与选定的钻机相匹配。

4.1.3 钻机传动部位应有防护装置。防护罩宜采用龙骨加钢板制作，钢板厚度 1.5 mm~2.0 mm，规格应超过其传动轴部位最高点 50 mm~70 mm，或超过皮带轮外缘 80 mm~100 mm。万向轴防护罩采用半圆形钢板制作，钢板厚度 6.0 mm~8.0 mm，规格应超过其传动轴部位最高点 50 mm~70 mm，并将支腿固定牢固。转动轴头应设置轴头罩，裸露齿轮应设防护罩。轴头罩和齿轮防护罩应稳固可靠，方便拆卸，并涂防锈漆。

4.1.4 升降机钢丝绳破断拉力应满足单绳最大载荷要求，安全系数应大于 7。

4.1.5 游动滑车处于孔口时，升降机卷筒钢丝绳圈数应不少于 3 圈，卷起钢丝绳时，钢丝绳应规则排列。使用拉力表时，应安装保险绳。

4.1.6 钢丝绳固定和连接应符合如下要求。

- a) 钢丝绳夹使用应符合 GB/T 5976 规定。采用钢丝绳夹连接时，同时应保证连接强度不小于钢丝绳最小破断拉力的 85 %。钢丝绳夹规格应与钢丝绳直径相匹配，数量符合表 1 规定，绳夹间距及尾段余长应为钢丝绳直径的 6 倍~7 倍，但尾段余长最短不应小于 120 mm。绳夹方向应一致，U 形螺栓应扣在钢丝绳尾段上，夹座应扣在工作段上。
- b) 采用插接连接时，插接长度应不小于钢丝绳直径的 15 倍，并且不小于 300 mm，连接强度不小于钢丝绳最小破断拉力的 85 %，每一股至少整股穿插不少于 5 次，每股绳头应进行熔接处理。

表1 钢丝绳夹最少安装数量表

绳夹规格（钢丝绳公称直径 T） mm	T≤18	18<T≤26	26<T≤36	36<T≤44	44<T≤60
钢丝绳夹最少数量/组	3	4	5	6	7

4.1.7 钢丝绳直径应与天车和游动滑车滑轮相匹配，提引器应连接可靠，各部位装配应符合要求。

- 4.1.8 卷扬机抱闸应灵活可靠。使用时应经常检查抱闸制动片磨损情况、调整手把制动行程，确保性能稳定、可靠。当抱闸磨损超过止带厚度 1/3 或其制动力下降时，应予以更换。
- 4.1.9 配有主动送钻装置的卷扬机，主动电机工作时，电磁离合器应脱开，自动送钻装置处于非工作状态。
- 4.1.10 水刹车使用前应将水腔内空气放净，盛水容器中水液面高度应高出叶轮 500 mm 以上，水容器容量应根据钻机类型进行配置，最低不应少于 0.1 m<sup>3</sup>。卷扬机刹车盘高热时，不可急淋冷水。
- 4.1.11 离合装置应灵活可靠，不打滑。

## 4.2 钻塔（架）

- 4.2.1 钻塔（架）应符合 DZ/T 0088 的规定。
- 4.2.2 钻塔（架）大钩额定起重量应满足升降机最大提升力的要求。
- 4.2.3 钻塔（架）体应无锈蚀、无变形，其构件不应任意打眼、调换、少装或改装。
- 4.2.4 插接钻塔的插接部位应用穿钉或螺栓紧固。应根据钻塔高度设计不少于二层的斜拉手。
- 4.2.5 K 型钻塔不设置绷绳，在使用时沉箱应灌满水，保持钻塔的稳定。
- 4.2.6 高度超过 5 m 的钻井平台应设置逃生滑梯。四周设置宽度不低于 1 m，倾角不大于 75° 的阶梯，每级阶梯高度不应大于 0.2 m，阶梯应使用防滑钢板。平台周边应设置垂直高度不低于 1.2 m 防护栏杆。设置二层塔台的钻塔，从二层塔台侧面应安装逃生钢索，钢索与地面夹角以 45° 为宜。
- 4.2.7 固体矿产钻探钻机应配置塔衣，对塔体全覆盖，并绑扎牢固；水文水井、地热、固体矿产钻机应设置后厂房。
- 4.2.8 钻塔（架）配置塔梯的，塔梯应坚固、可靠。梯阶间距应小于 400 mm，坡度宜小于 75°。若坡度大于 75°，应设防护栏圈。登高作业应设速差防坠器。
- 4.2.9 钻塔座式天车应安装安全挡板。吊式天车和钻塔导向滑轮应安装保险绳，保险绳应选用直径不小于 12.5 mm 钢丝绳。
- 4.2.10 固定工作台。
- a) 高空固定工作台应与钻塔连接可靠，下方支撑杆应保持完好，无锈蚀，上方应使用钢丝绳拉结牢固，钢丝绳直径不应低于 12.5 mm。
  - b) 固定工作台应设置防护栏，栏杆采用直径 15 mm、壁厚 1.5 mm~2 mm 的钢管，高度不低于 1 200 mm，竖栏间隔小于 200 mm。台面踏板厚度应采用大于 3 mm 花纹钢板，焊接，或采用厚度大于 50 mm 的木板，螺栓连接。
  - c) 固定工作台应配备安全带。安全带应符合 GB 6095 的规定，应牢固系于塔腿部件上。固定工作台上除放置必需的工具外，不应放置其他杂物，工作台上的工具应有可靠的防坠措施。

## 4.3 泥浆泵与搅拌机

- 4.3.1 泥浆泵压力表、安全阀应齐全可靠，额定泵压应满足孔内冲洗液流动阻力要求。
- 4.3.2 泥浆泵应安置于方便钻机操作人员观察泵压表的位置。
- 4.3.3 泥浆泵、搅拌机的皮带传动部位应配备防护罩。防护罩采用厚度为 1.5 mm~2.0 mm 角钢龙骨加钢板焊接，规格应超过皮带轮外缘 50 mm~70 mm。
- 4.3.4 高压胶管应安装防脱落、防缠绕装置，配备导向绳和防坠沙袋。

## 4.4 柴油发电机

- 4.4.1 柴油发电机应符合 GB/T 7894 的规定。
- 4.4.2 各紧固件无松动，零部件连接可靠，润滑系统、供油系统接头无破裂和渗漏现象。

## 4.5 空压机



4.5.1 空压机启动前应检查储气罐、冷却器是否放净水，检查压力表、温度计、安全阀灵敏度和可靠性。

4.5.2 空压机启动后，首先打开储气罐放气阀，待压缩机运转正常后，关闭放气阀，检查输气管是否存在漏气和鼓包现象，一旦发现漏气或鼓包应停机维修。

4.5.3 空压机应定期进行维护保养，并按照规定进行检测。

#### 4.6 绳索取心绞车

4.6.1 应根据现场情况，将绳索取心绞车安放在便于打捞内管的适当位置。

4.6.2 若将绳索取心绞车安放在钻探现场厂房内，应采用直径 6 mm~8 mm 的钢丝绳将 4 根支腿固定在基座上；若安放在厂房外，应采用 4 根钢钎分别将 4 根支腿锚固在平整、密实的地面上，钢钎直径不小于 50 mm，长度不小于 1 000 mm。

4.6.3 绞车使用的钢丝绳应完好，发现锈蚀、断丝、磨损严重、折弯现象，应及时更换。

4.6.4 取心时，打捞器提至孔口时，应在打捞器与内管总成之间连接安全绳。

#### 4.7 井控装置

4.7.1 钻探设备安装井控装置的，应符合 SY/T 5964 规定。

4.7.2 在钻孔施工时，对可能存在高温高压水喷涌、气体逸出等井喷事故的钻孔，应安装井控装置。

#### 4.8 基座与地板

4.8.1 根据钻孔设计深度、设计角度、设备类型、地基和环境条件合理选定基座的类型（基台木、槽钢和工字钢等）和结构形式。

4.8.2 机台基座安装应稳固、周正、水平。

4.8.3 基座的规格尺寸应比钻塔底盘尺寸大 200 mm~500 mm。连接螺栓直径不应小于 16 mm，并加防松垫片。

4.8.4 钢质基座应按使用说明书规定进行安装，不应使用有裂纹的、变形的槽钢和工字钢做地梁，其主要着力点下均应垫好木板或枕木。

4.8.5 钻探现场地板宜采用木板铺设，木板厚度应大于 40 mm，铺设应平整、紧密、牢固。必要时在孔口周围可增加铺设花纹钢板，其厚度应大于 5 mm。

4.8.6 前后厂地板应做到齐平无孔洞，前后厂房落差超过 25 cm 时，应设踏步。

#### 4.9 吊钳和液压拧管机

4.9.1 吊钳和液压拧管机应安装在合适位置，根据需要调节高度，尾部应挂保险绳，不用时应绑扎牢固，不影响作业人员操作。

4.9.2 悬挂吊钳和液压拧管机的钢丝绳应完好，悬吊重锤离地高度不应该超过 1.0 m。

#### 4.10 活动工作台

4.10.1 活动工作台底盘、立柱、栏杆应成整体，部件装配齐全，应安装可靠的制动、防坠、防窜、手动定位、安全挂钩、行程限制等安全装置。

4.10.2 活动工作台应配备 2 根导滑绳和 1 根提引绳（或平衡）绳。导滑绳和提引绳（或平衡绳）应采用直径 9 mm~12.5 mm 的钢丝绳。导滑钢丝绳上下两端均应安装行程限位装置。

4.10.3 活动工作台应配备 1 对防坠器。防坠器应采用直径不小于 12 mm 的滚珠或柱高不小于 9 mm 的滚柱；数量不应少于 8 颗。

4.10.4 活动工作台围栏高度宜为 1 200 mm，铺设木质地板，厚度不小于 50 mm，当采用花纹钢板时，



厚度不小于 3 mm。底盘周围护板高度应不低于 150 mm。

4.10.5 活动工作台每次限乘 1 人。乘活动工作台高空作业时，应配备个人速差防坠器，先闭锁手动制动装置后方可进行作业。

4.10.6 电动式活动工作台应采用自控式，自控装置应采用安全电压，电缆要与活动工作台保持良好绝缘。

4.10.7 手动式活动工作台的手拉绳以棕绳为宜，直径不小于 30 mm，长度应与钻塔高度相匹配。

4.10.8 手动式活动工作台的平衡重锤应安装在钻塔外，最低点与地面之间的距离应大于 2.5 m。重锤下落范围应设围栏。重锤应制成牢固的容器，不应散挂它物。

#### 4.11 绷绳与地锚

4.11.1 钻塔绷绳应根据不同条件采用直径 12.5 mm~20 mm 的钢丝绳，18 m 以下的钻塔设 4 根，18 m 以上的分两层设 8 根。

4.11.2 绷绳的安装位置要力求对称(三角架绷绳相互夹角相等)，绷绳与水平面的夹角宜小于 45°，受条件限制时，不应大于 60°。

4.11.3 各绷绳应张力均匀，张紧适宜。

4.11.4 绷绳应安装紧绳器(反正螺旋)，其数量应与绷绳数量相同，抗拉强度应与绷绳的抗拉强度相匹配。

4.11.5 地锚断面及埋设要求应符合表 2 规定。

表2 地锚断面及埋设要求

名称	断面面积 mm <sup>2</sup>	地锚长度 mm	埋设深度 mm	地锚材质	与绷绳夹角
水文水井钻机	≥200×200 (方形)	≥1 200	≥1 200	钢质	90°
固体矿产钻机	≥90×90 (方形)	≥1 200	≥1 200	钢质	90°

4.11.6 采用扦插地锚，地锚直径：固体矿产钻机≥50 mm，水文水井钻机≥100 mm，长度均≥1 200 mm，埋设深度≥1 200 mm。

4.11.7 分两层设置的绷绳，不应共用同一个地锚。

#### 4.12 高压水龙头

4.12.1 高压水龙头应设防缠绕装置、安装防坠装置。

4.12.2 维修高压水龙头时应切断电源，停止钻机运转。

#### 4.13 钻杆

4.13.1 钻杆摆放应分类整齐有序。平放钻杆时，应离地放在支撑物上，每层钻杆中间应加垫木，钻杆长度超过 8 m 时，中间应加垫木。

4.13.2 钻机提、下钻时，钻杆下端放置钻杆立根时，钻杆立根处底梁应加密，钻杆上部摆放支架应采用直径 51 mm、壁厚 3.5 mm 无缝钢管，采取焊接固定。钻杆立根长度超过 12 m 时，应增设钻杆支架层数。

#### 4.14 消防设施

4.14.1 地质钻探现场每部机台应至少配备 2 个 4 kg 及以上 ABC 型干粉灭火器。

4.14.2 地质钻探现场机台使用发电机组时，每部发电机组至少应配备 2 个 4 kg 以上 ABC 型干粉灭火器。

4.14.3 钻探现场储油设施储油超过 5 t 以上时,应配备 30 kg ABC 型干粉灭火推车 1 台和体积大于 1 m<sup>3</sup> 的消防沙箱。

#### 4.15 电焊机

4.15.1 电焊机的一次侧电源线应绝缘良好,不应随地拖拉,其长度应不大于 5 m,电焊机二次侧引出线宜采用防水橡套绝缘铜芯软电缆,长度应不大于 30 m,一次线、二次线接线柱处应有防护罩。

4.15.2 电焊机外壳应有可靠保护接地,接地电阻值应小于 10 Ω。焊接时二次线应绝缘良好,并与焊接工件可靠连接,不应以其它导电物件作为二次线。二次线不应搭在易燃、易爆物体上。

#### 4.16 气焊、气割设施

4.16.1 氧气瓶、乙炔瓶颜色应符合 GB/T 7144 规定的要求标识。

4.16.2 气焊、气割线应按照 GB/T 2550 规定配备,采用橡胶软管,氧气线为蓝色,乙炔线或液化气管为红色,内径为 8 mm。气线长度不能低于 10 m,以 10 m~15 m 为宜。

4.16.3 乙炔瓶应安装回火防止器。气瓶的安全附件(瓶圈、瓶帽等)应齐全,并按照 TSG 23 要求定期检验。

4.16.4 氧气瓶、乙炔瓶间距应大于 5 m,距明火应大于 10 m,不可靠近热源。

4.16.5 氧气瓶、乙炔瓶夏季应有防晒措施,冬季应有防冻措施,不可使用明火烘烤。

4.16.6 气瓶使用时应有固定支架,不应倒放、敲击气瓶;氧气瓶应留有不低于 0.05 MP 的余压。

#### 4.17 手持电动工具

4.17.1 使用手持式电动工具应符合 GB/T 3787 规定,其外壳、手柄、负荷线、插头、开关等应完好无损,使用前应作空载检查,运转正常方可使用。

4.17.2 钻探现场应配备高压绝缘手套、绝缘鞋、500 V 摇表、万用表和一定数量的验电笔。

#### 4.18 安全标志

4.18.1 安全标志应符合 GB 2894 的要求,钻探现场每部机台应配备必要的安全标志,主要有“必须戴安全帽”、“必须系安全带”、“必须穿防护鞋”、“必须穿防护服”、“小心触电”、“不应合闸,有人工作”及夜间安全警示等。

4.18.2 安全标志应悬挂在醒目位置和重要危险区域。

#### 4.19 应急设施

4.19.1 钻探现场每部机台配备应急医药箱、担架和氧气瓶或氧气袋。医药箱内应备有内服药和外用药及基本医疗用品。

4.19.2 内服药包括解热镇痛类、治疗感冒类、止咳化痰类、抗菌消炎类、消化道和腹泻类、抗过敏类、清凉解暑类、急救类等。

4.19.3 外用药包括外用消炎消毒类、外用止痛类、皮肤过敏类、蚊虫叮咬类、烫伤及跌打损伤类等。

4.19.4 可能存在有毒有害气体逸出的钻孔,现场人员应提前佩戴好防毒面具或空气呼吸器。

4.19.5 在高原地区或无人区施工,应配备必需的应急食品。

#### 4.20 相关设施

##### 4.20.1 通讯、定位设备

地勘单位应为在偏远、艰险地区的地质钻探现场配备有效的无线电通讯、定位设备，并定期维护保养。存在气体突出钻探、高原钻探、超深孔钻探等风险性较大钻探现场应安装现场监控设备，并做到实时监控。

#### 4.20.2 人员防护

4.20.2.1 地勘单位应为钻探人员配备安全帽、防护鞋、工作服等相关防护用品。安全帽应符合 GB 2811 的规定，防护鞋应符合 GB 39800.4 的规定，工作服及其他防护用品配备标准应符合 AQ 2049 的规定。

4.20.2.2 钻探现场所有作业人员应正确使用防护用品，穿戴整洁。

### 5 钻探设备安装

#### 5.1 钻探现场地基的修筑

5.1.1 钻探现场地基的修筑应符合 AQ 2004 规定。地基应平整、坚固、稳定、适用。基座下填方部分不应超过其面积的 1/4，如超过 1/4，应对地基进行特殊处理，确保其承载力满足要求。

5.1.2 确定钻探现场地基，首先应查清钻探现场范围内地下各种电缆、管道及构筑物等情况。钻孔边缘距地下电力电缆线水平距离应大于 5 m，距地下通讯电缆、构筑物、管道等水平距离应大于 2 m。易燃、易爆等特殊管线应按相关规定执行。

5.1.3 在山坡上修筑钻探现场地基，岩石坚固稳定时，坡度应小于 80°；地层松散不稳定时，坡度应小于 45°，清除坡上活石，避开可能发生泥石流等自然灾害的地带。

5.1.4 天然地基允许承载的力应大于钻塔底座施工过程中实际承受的压力（塔基承载力计算见附录 A）。天然地基允许承载的力不满足要求时，应对地基进行加固处理。

5.1.5 天然地基加固处理时，孔深小于 1 000 m 的固体矿产钻孔和孔深小于 500 m 的水文水井钻孔，可采用浅槽地基或卧枕地基。浅槽地基铺设石子要夯实，木卧枕规格不小于 200 mm×200 mm×1 500 mm，数量不少于 6 根。孔深超过上述深度的钻孔，应采用混凝土基础（塔基混凝土基础尺寸见附录 B），混凝土强度标号不宜小于 C20，数量应不少于 4 个。

5.1.6 钻探现场周围应有排水措施。在山谷、河沟、地势低洼地带或雨季施工时，钻探现场地基应修筑拦水坝或防洪设施。在林区、草原、特殊矿产地等特殊地区作业时，应遵守防火等特殊相关规定。

#### 5.2 钻塔、钻架安装与拆卸

5.2.1 安装、拆卸钻塔或钻架前，应对其构件、工具、绳索等进行严格检查。

5.2.2 安装、拆卸钻塔或起放钻架等应在机长统一指挥下，制定安装和拆卸方案，有序地进行，安装四角塔时，安全带应高挂低用，拆卸四角塔时，安全带应低挂高用。

5.2.3 钻塔的安装应按其结构技术要求进行，塔腿应坐在基座或基台木上并固定牢固，塔腿与塔腿之间应安装斜拉手。

5.2.4 拆装钻塔应严格按操作规程进行作业，塔上塔下不应同时作业。

5.2.5 进入钻探现场应按规定穿戴工作服、防护鞋、安全帽，塔上作业应系好安全带，应穿防滑工作鞋上塔作业。

5.2.6 5 级及以上大风天气，应检查钻塔绷绳连接情况，必要时卸掉塔衣，做好防风工作。

5.2.7 夜间、雷雨、雾、雪、5 级以上大风等天气时，不应进行安装、拆卸钻塔或起放钻架等作业。

5.2.8 起吊塔件使用的挑杆应有足够的强度。拆卸钻塔应从上而下逐层拆卸。不应从塔上向下抛掷物件。竖起或放倒钻架前，应埋牢起落架地锚，深度不小于 1.2 m，数量不少于 3 个，绷绳应连接可靠。使用吊车起放钻塔，吊车应满足起重量要求，不应超负荷起吊。安装、拆卸四角塔，应逐层有序安装、拆卸，安装时斜撑应配备齐全。

5.2.9 安、拆钻塔应铺设工作台板，使用的木质台板厚度应大于 50 mm。

5.2.10 竖起或放倒钻架时，作业人员应离开钻架起落范围，并应有专人监控绷绳和地锚松紧程度以及钻架起落过程中的位移情况，缓慢起、放钻架。

5.2.11 安装斜孔钻架，应使钻架两前腿所包含的平面与水平面的夹角小于钻孔设计倾角  $2^{\circ} \sim 5^{\circ}$ ，后腿与水平面夹角为  $80^{\circ} \sim 83^{\circ}$ 。

### 5.3 机电设备安装

5.3.1 安装机电设备应稳固、周正、水平。各相应的传动轮应对线，连接螺栓须加防松螺帽或弹簧垫圈。

5.3.2 安装钻机时，钻塔（架）天车轮前缘切点、钻机立轴（或转盘）中心与钻孔中心应成一条直线，垂直度范围  $\pm 15$  mm。

5.3.3 各种防护设施、安全装置应齐全完好，外露的转动部位应设置牢固可靠的防护罩或者防护栏杆。

5.3.4 机电设备应安装在干燥、清洁、通风良好的地方。发电机、电动机、配电箱、电器开关等应有防水、防雨、防泥浆设施。

### 5.4 发电机安装

5.4.1 发电机应符合 GB/T 7894 的规定。

5.4.2 发电机组与厂房周边的距离应大于 0.6 m。

5.4.3 发电钻探现场厂房应防雨、防火、牢固可靠，外部应悬挂安全用电警示标志。

5.4.4 发电机应放置在干燥平坦坚实处，排烟管应用石棉布与厂房隔离，并应有可靠接地。

5.4.5 机房内不应堆放杂物和易燃、易爆物品，发电机组应与储油装置保持 5 m 以上的安全距离。

5.4.6 使用移动式柴油发电机供电时，其总容量应满足最大负荷的需要和大容量发动机启动时的要求。作为备用电源时，与外电应有安全连锁装置。

5.4.7 并列运行的柴油发电机应装设同步连锁装置。

5.4.8 发电机厂房应装设避雷装置，避雷针安装符合规定要求。

### 5.5 现场设备吊装与搬运

#### 5.5.1 人工搬运

5.5.1.1 人工搬运、装卸重物，检查杠棒、跳板、绳索等工具完好可靠。抬运的重物一般距地面 200 mm～300 mm 为宜。多人搬运重型设备时，要有专人指挥，提前规划好搬运路线，做好人员的安全防护。

5.5.1.2 使用钢管滚动搬运重物时，要有专人指挥，路面要坚实平整，绳索套结要牢靠，重物有缺口时应加垫衬；上下坡时，应加保险绳，下坡时，重物下侧方向不应站人。当使用卷扬机或其它机械拖运时，应操作平稳，并采取防倾斜措施，牵引钢丝绳两侧不应站人。

5.5.1.3 装卸时应轻装轻放，不应抛掷，设备管材等物资堆放平稳，捆扎牢固。

#### 5.5.2 汽车吊装搬运

5.5.2.1 吊装搬运作业，应符合 GB/T 6067.1 的规定。

5.5.2.2 作业前，汽车吊应伸出全部支腿，支腿地面应平整坚实，并在撑脚板下垫好垫木。

5.5.2.3 起吊作业时，汽车驾驶室内不应有人，被起吊物不应越过驾驶室上方，且不应在驾驶室的前方起吊。

5.5.2.4 起吊过程中应起吊重物慢，下落时慢，回转要稳。

5.5.2.5 起吊过程中发现吊车倾斜、支腿不稳等异常现象，应立即放下重物，下放过程中切忌制动。



5.5.2.6 不应在架空输电线路下面进行起吊作业，在输电线路一侧工作时，起重臂、钢丝绳或重物与输电线的最小距离应符合表 3 规定。

表3 起重臂、钢丝绳或重物与输电线的最小距离

输电线路电压 V (kV)	$V < 1$	$1 \leq V \leq 35$	$V \geq 60$
最小距离 (m)	1.5	3	$0.01(V-50)+3$
注：V表示电压。			

5.5.3 手动葫芦吊装搬运

- 5.5.3.1 手动葫芦应有明确的额定负荷标记。不应超负荷起重作业。
- 5.5.3.2 手动葫芦使用前，应确保转动部分灵活，链条无断节或裂纹，制动器安全可靠，销子牢固。三角架构件无裂纹、弯扭等缺陷，支撑牢固，必要时应加拦脚绳。
- 5.5.3.3 使用时，先将手链反拉，将起重链条倒松，使倒链有足够的起升距离。操作时注意慢慢拉紧，使起重链条逐渐受力，检查无异常现象后，方可正式起吊。
- 5.5.3.4 使用中拉链应与链轮方向一致，防止拉链脱槽。
- 5.5.3.5 使用手动葫芦，应根据其起重能力和实际起重量大小确定拉链的人数。手拉链拉不动时，应查明原因，不应盲目增加人数或猛拉，以免起重链条受力过大而断裂。
- 5.5.3.6 起吊过程中，如需暂时将起吊重物悬空，应将手拉链拴在起重链上，以防倒链自锁失灵而造成意外事故。
- 5.5.3.7 手拉链应有足够长度，操作人员应站在侧面操作。

6 钻探施工

6.1 钻进

- 6.1.1 钻探施工作业，应符合 DZ/T 0227、DZ/T 0148、DZ/T 0260 相关规定。
- 6.1.2 钻进前，应对设备安装、安全防护设施及安全措施进行检查验收，合格后方可开钻。
- 6.1.3 钻进过程中，升降机操作人员应在操作台上，观察孔内钻进情况，发现异常及时处理，不应擅自离岗位。钻进或提下钻时，不应加高座椅，手动离合器不应用脚踩踏。
- 6.1.4 开车（回转）及钻进时，应防止高压胶管缠绕钻杆。钻进中，不应用人扶持和拉扯高压胶管。高压胶管应有防脱装置，当高压胶管或水龙头发生故障时，应将钻具提至安全孔段，停机维修。
- 6.1.5 调整回转器、转盘时应停机，将变速手把放在空挡位置。
- 6.1.6 转盘钻机钻进时，转盘上不应站人和放置物品。
- 6.1.7 扩孔、扫孔遇阻力过大时，应查明原因，采取适当措施，不应强行开车（回转）。扫脱落岩心或钻进至溶洞等复杂地层时，应采取相应措施，并由班长操作。
- 6.1.8 机械运转时，不应进行机器部件的擦洗、拆卸和维修，不应跨越传动皮带、转动部位或从其上方传递物件，不应戴手套挂皮带或打蜡，不应用铁器拔、卸、挂传动皮带等不安全操作。
- 6.1.9 钻进过程中，钻机或泥浆泵出现机械故障时，应查明原因，采取适当措施，并将主动钻杆底部提至孔口附近。
- 6.1.10 泥浆泵双泵并行时，应选择泵量、泵压相同的泥浆泵，同时启动，并安装单向阀，避免泥浆回流。

6.2 升降钻具

- 6.2.1 升降钻具前，应检查升降机制动装置、离合装置、游动滑车、提引器及拧卸工具等，确保其灵

活可靠。提引器应有安全连锁装置，不应有裂纹、超负荷使用，天车应定期检查、加油。

6.2.2 卷扬机钢丝绳应定期检查。变形、磨损、断丝钢丝绳应按 GB/T 5972 的规定报废。

6.2.3 操作升降机应平稳、准确，不应猛刹猛放，升降过程中不应用手扶、摸钢丝绳。

6.2.4 操作升降机人员应与孔口和塔上作业人员协调配合。孔口作业人员应站在钻具起落范围以外，摘挂提引器时不应用手扶提引器底部并注意防止回绳碰打。

6.2.5 钻具或钻杆放倒时，提引器卡环应落到位、切口朝下。

6.2.6 钻具处于悬吊或倾斜状态时，不应用手探摸和探视悬吊钻具内的岩心。

6.2.7 使用拧管机时，抽、插上下垫叉及操纵手把应由一人操作，上垫叉应有防脱安全装置。

6.2.8 抽、插垫叉应快速、准确并防止砸手。发生跑钻时，不应抢插垫叉或强行抓抱钻杆。

### 6.3 孔内事故处理

6.3.1 孔内事故处理前，应全面认真检查钻塔构件、天车、游动滑车、钢丝绳、绳夹、提引器、吊钩、地脚螺丝、仪器、仪表等，确保其完好。

6.3.2 处理孔内事故时，应由机、班长操作，并设专人指挥，除直接操作人员外，其他人员应离开危险区域。孔壁不稳定时，应采取泥浆护壁等相应措施。

6.3.3 不应同时使用升降机、千斤顶或吊锤起拔孔内事故钻具。

6.3.4 不应超过钻塔和升降机、钢丝绳、吊钩等的额定负荷强力起拔孔内事故钻具。

6.3.5 打吊锤时，应统一指挥，吊锤下部钻杆应安装冲击把手或其它限位装置，不应用手扶、握钻杆或打箍。

6.3.6 使用千斤顶时，应垫实地梁，打紧卡瓦，绑牢提引器并围好孔口。顶拔时不应过猛，应间歇性顶拔。

6.3.7 反事故钻具，应采用钢丝绳反管或棘轮反管等方法，连接物件应牢固可靠。钻机反钻具时应低速慢转，反钻具过程中，扳杆回转范围内不应站人。不应使用管钳、链钳等工具反事故钻具。

6.3.8 孔内事故爆破应严格遵守 GB 6722 相关规定。

6.3.9 孔内事故处理时，塔上不应站人。

### 6.4 安全文明施工

6.4.1 钻探现场应采取封闭施工，各功能区划分清晰，各类工具、材料、设备设施摆放有序，危险部位悬挂安全警示标志。

6.4.2 现场应保持环境卫生，做到场地地面平整，地面无明显积水和泥浆。孔口应保持清洁，提下钻后应及时清扫孔口碎石和泥浆。

6.4.3 现场应设置工程概况牌、施工平面布置图和项目组织机构图，同一项目应统一尺寸和格式。

6.4.4 设备应定期检查维护，保证设备清洁、无油污，采取措施防止漏油、泥浆等跑冒滴漏。

6.4.5 地质钻探现场应根据环境条件设置防风、防雷、防暑、防寒、防尘、防灾等应急避险场所。超过 1 m 深的坑洞应加设钢质防护栏杆，使用醒目的红白相间颜色，高度不低于 1.2 m，悬挂明显的警示标志。

6.4.6 钻探现场进行焊割作业，应经过机长批准，清除周围可燃物。

6.4.7 雨天不可露天施焊。在潮湿地带作业时，操作人员应站在绝缘板上并穿好绝缘鞋，戴好防护手套。

6.4.8 高空平台作业，作业人员应系好安全带。安装钻塔时，安全带高挂低用，拆卸钻塔时，安全带低挂高用。

6.4.9 活动工作台的防坠装置应定期进行检查和试验，发现问题及时处理，记录试验过程。

## 7 钻探现场用电

### 7.1 现场供用电

7.1.1 地质钻探施工供用电应符合 GB 50194 规定，现场具备 TN-S 供电系统使用条件时，应按照 JGJ 46 规定执行。

7.1.2 临时变压器、增压器应设置防护栏杆，悬挂警示标志。

### 7.2 供用电线路

7.2.1 钻探施工现场的供用电线路及电气设备，使用前应进行验电。施工现场不应有裸露的带电导体。

7.2.2 钻探施工现场供用电线路应采用电缆。电缆应架空或在地下作保护性埋设，电缆接头处或经过通道、设备处应增设防护设施。电缆接头应牢固可靠，并应做绝缘防水处理。

7.2.3 地质钻探施工应将动力配电与照明配电分别设置。

7.2.4 配电箱、开关箱中导线的进线口和出线口应设在箱体的下底面。

7.2.5 配电箱内各类开关应标识醒目，分路标记明晰，箱门上按钮、指示灯等应有相应的明确标识。

7.2.6 配电箱上方和箱内，不应放置杂物。

### 7.3 设备用电

7.3.1 施工现场临时用电采用专用变压器供电的直接采用 TN-S 系统；外部供电系统为 TN-C 系统的，应采用 TN-C-S 系统；在与其他用电系统共用同一供电系统，且另一用电系统已采用 TT 系统的，方准采用 TT 供电系统。在同一配电系统中，TT 系统和 TN-S 系统不应同时存在。

7.3.2 施工现场应采用三级配电，二级保护系统，用电设备应符合“一机一闸一漏电保护器”规定，不应用同一个开关电器直接控制两台及两台以上用电设备（含插座）。

7.3.3 移动式配电箱、开关箱应安装在固定支架上，并有防潮、防雨、防晒措施。其中心点与地面的垂直距离宜为 0.8 m~1.6 m；固定式配电箱其底面应离开地面 20 cm 以上。

7.3.4 钻探现场电气设备外壳保护接地线应采用截面不小于 16 mm<sup>2</sup> 铜芯电缆。保护地线或工作零线应采用焊接、压接、螺栓连接或其他可靠方法连接，不应缠绕或钩挂。

7.3.5 单台容量超过 100 kVA 或使用同一接地装置并联运行且总容量超过 100 kVA 的电力变压器或发电机接地电阻值应小于 4 Ω；单台容量不超过 100 kVA 或使用同一接地装置并联运行且总容量不超过 100 kVA 的电力变压器或发电机工作接地电阻值应小于 10 Ω；在土壤电阻率大于 1 000 Ω·m 的地区，当达到上述接地电阻值有困难时，工作接地电阻值应不大于 30 Ω。

7.3.6 电动机、配电盘等电器设备外壳接地的，其接地电阻值应小于 10 Ω。

7.3.7 电动机功率超过 11 kVA 时，宜采取降压启动。如果其供电变压器容量相对较大且该电机的供电距离又相对较短，17 kVA 以上的电动机应采用降压启动。

7.3.8 修理电器设备时，应切断电源，挂警示牌并设专人监护，不应带电作业。

7.3.9 钻探现场潜水泵的负荷线应采用防水型橡套电缆，并不应承受拉力。

7.3.10 电气设备的负荷线应按其容量选用无接头的多股铜芯橡套软电缆。

7.3.11 雷雨时，不应进行户外用电设备的安装、维修和拆除作业。

### 7.4 照明用电

7.4.1 配电箱或开关箱配备 36 V 照明变压器，安装漏电保护装置。

7.4.2 照明线路应采用绝缘良好的电缆线。

7.4.3 钻探现场内宜采用 36 V 安全电压照明，灯具应离塔衣表面 300 mm 以上。采用 220 V 电压照明时，照明灯具应距人行便道和厂房 5 m 以上。



7.4.4 照明灯具宜选用 LED 或射灯灯具，钻探现场外照明灯具应有防水性能，并使用绝缘支架架设，高度不低于 2.5 m，满足强度需要。

7.5 外电防护

起、放钻架，钻架外边缘与输电线路边缘之间的安全距离应符合表4规定。

表4 钻架与输电线路最小安全距离表

电压 V (kV)	$V < 1$	$1 \leq V \leq 10$	$35 \leq V \leq 110$	$154 \leq V \leq 220$	$350 \leq V \leq 550$
最小安全距离 (m)	4	6	8	10	15

8 安全防护

8.1 雷电防护

- 8.1.1 地质钻探现场应至少配备 1 台接地电阻测试仪。
- 8.1.2 雷雨季节，钻塔应安装避雷装置，避雷针设计安装应符合 GB 50057 规定。
- 8.1.3 避雷针接闪器应为铜质材料，安装应高出塔顶 1.5 m 以上。避雷针与钻塔应使用高压瓷瓶间隔。
- 8.1.4 绝缘棒采用长度不小于 1.8 m 的绝缘材料制作，并有足够强度，与钻塔和避雷针宜采用螺栓连接，并固定牢固。
- 8.1.5 引下线采用截面不小于 25 mm<sup>2</sup> 的铜质裸绞线或者 35 mm<sup>2</sup> 钢芯铝质裸绞线，与钻塔及绷绳的距离应大于 1 m。
- 8.1.6 接地极宜采用 500 mm×300 mm×8 mm 铜板，埋设在密实地层中，与电机接地体、孔口管、绷绳地锚的距离应大于 3 m。其接地极距离泥浆池、循环槽、水池、人行通道不小于 2 m。
- 8.1.7 避雷针、引下线和接地极的连接应紧密牢靠，接地电阻值应小于 15 Ω。

8.2 绿色勘查

- 8.2.1 泥浆池应采取防渗、防溢措施，清运沉渣应使用专用运输设备。
- 8.2.2 泥浆沉渣、钻渣、生活垃圾应存放到指定位置，并做专门处理。
- 8.2.3 在基本农田区或有特殊保护要求区域作业时，现场施工完毕后应对岩心和沉渣进行清理，并用原土恢复原状。
- 8.2.4 钻孔封孔后，应将孔口使用钢板焊接牢固，标明相关信息。

8.3 防洪防汛防灾

- 8.3.1 地质钻探现场尽量避开易滑坡、易崩塌和泥石流发育的地段施工，作业区应选择地面干燥、地势平坦的背风场地，避开水道泄洪区，以预防自然灾害和地质灾害。
- 8.3.2 尽量避开洪水期或避免在可能受洪水侵袭的地段施工。必须施工时，应在来水方向挖好排水沟，并构筑楔形堤坝。
- 8.3.3 在汛期，物资和设备必须存放在洪水位警戒线以上。
- 8.3.4 汛期应每日了解气象信息，及时做好准备工作。

9 现场管理

9.1 组织机构

9.1.1 钻探现场应成立安全领导小组，组长由现场负责人担任，建立健全和落实钻探岗位人员安全责任制，建立安全管理制度和操作规程，配备项目安全员，现场负责人和安全员应持证上岗。

9.1.2 钻探现场应建立应急组织机构，项目经理、安全员、技术负责人安全职责应悬挂到醒目位置。

## 9.2 技术文件

9.2.1 钻探现场应进行危险源辨识和风险评价，制定并落实风险控制措施，编制风险分级管控清单，对重要风险应进行风险告知。

9.2.2 钻探现场应编制安全技术方案，必要时编制用电方案；针对安全风险进行安全技术交底，交底人、接底人和交底时间应记录清楚。

9.2.3 钻探现场应针对可能发生的生产安全事故，编制现场应急处置方案，应急处置方案编制应符合 GB/T 29639 要求，并经现场负责人批准。

9.2.4 钻探现场应保存各类安全记录和档案，符合 AQ/T 2064 的规定。

## 9.3 安全培训

9.3.1 钻探现场应对作业人员进行开工前的安全培训，培训内容和培训时间应符合法律法规的要求，培训内容至少应包括风险管理、操作规程和应急响应等内容，经考核合格后方可上岗作业，留存培训档案。

9.3.2 特殊工种应持证上岗。

## 9.4 设备管理

9.4.1 钻探现场使用设备应建立设备台账，标明型号、技术参数和使用状态，编制设备操作规程，明确安全注意事项。

9.4.2 制定设备维修保养计划，定期对现场设备设施进行维修保养，记录维修保养内容。

9.4.3 设备维修保养需要拆除安全防护设施的，在维修保养完成后，应将安全防护设施复位。

9.4.4 设备设施遇大雪、大雨和应急抢险结束等特殊情况后，应进行检查、维护保养，确保设备性能完好。

## 9.5 安全检查

现场人员应对安全生产状况进行经常性检查，对检查中发现的安全问题，应当立即处理，不能处理的，应当及时报告现场负责人，现场负责人应当及时处理。检查及处理情况应当如实记录在案。

## 9.6 应急响应

9.6.1 现场应落实应急人员和应急责任，配备应急设施，并开展应急演练，保留应急演练记录。

9.6.2 现场应标明应急疏散逃生路线，设置应急疏散逃生指示标牌。

附录 A  
(资料性)  
塔基承载力计算 (天然)

A.1 塔基承受的实际压力

$$Q_{实} = n \times Q_0 + Q_B \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：  
 $Q_{实}$ ——塔基承受的实际压力，kN；  
 $Q_0$ ——钻塔最大负荷，kN；  
 $Q_B$ ——钻塔重量，kN；  
 $n$ ——动负荷系数（一般取1.5~2.0）。

A.2 天然地基能承载的安全压力

$$Q_{安} = P_{抗} \times S \times r \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：  
 $Q_{安}$ ——天然地基能承载的安全压力，kN；  
 $P_{抗}$ ——天然地基安全抗压强度，kPa（见表A.1）；  
 $S$ ——基台木承压面与地基接触的总面积，m<sup>2</sup>；  
 $r$ ——基台木与地基接触不平衡系数（一般取0.5~0.6）。

A.3  $Q_{安} \geq Q_{实}$ ，否则，要进行加固处理

表A.1 各类岩土安全抗压强度表

岩土类型	抗压强度/kPa
需爆破尚能挖出的页岩及中等岩石	950~1 430
以镐头不易挖动的胶结砂岩及砾岩	760~950
以镐头不易挖动的软岩石及崩散的矿石	470~960
以镐头能挖动的致密砂岩及砾岩	470~570
以镐头能挖动的硬粘土	380~470
粗砂岩及砾岩	380~470
松中、粗砂岩及细的致密砂岩	280~380
用铁锹可以挖动的中等粘土	190~380
细松砂岩	90~190
软粘土	90~140

注：当天然地基土不均匀或其它特殊情况时，采用钎探、标贯等简要勘察手段，来确定钻探现场地基承载力。

附录 B  
(资料性)  
塔基承载力计算 (混凝土)

B.1 基础压力

B.1.1 基础面上的压力

$$Q_{基} = (n \times Q_0 + Q_B)/4 \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：  
 $Q_{基}$  ——基础面上的压力，kN。

B.1.2 土地面上的压力

$$Q_{地} = Q_{基} + W \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：  
 $Q_{地}$  ——土地面上的压力，kN；  
 $W$  ——基础重量（常忽略不计）。

B.2 基础尺寸

B.2.1 基础顶面积

$$A_1 = Q_{基}/R \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：  
 $A_1$  ——基础顶面积，m<sup>2</sup>；  
 $R$  ——混凝土抗压强度（通常为281 kPa）。

B.2.2 基础底面积

$$A_2 = Q_{地}/P \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：  
 $A_2$  ——基础底面积，m<sup>2</sup>；  
 $P$  ——地基土安全抗压强度，kPa。

B.2.3 基础高度

$$H = \frac{(A_2 - A_1) \times Q_{基}}{4A_2 \times \sqrt{A_1} \times f} \dots\dots\dots (B.5)$$

式中：  
 $H$  ——基础高度，m；  
 $f$  ——混凝土抗剪切强度（通常为351 kPa）。