|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 93.020 |
| CCS | |  | | --- | |  |   P 22 |

团体标准

T/CASMES XXXX—XXXX

建筑基坑土钉墙施工规范

Construction specification for soil nailing wall of foundation pit

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中国中小企业协会  发布

目次

[前言 II](#_Toc172549573)

[1 范围 1](#_Toc172549574)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc172549575)

[3 术语和定义 1](#_Toc172549576)

[4 基本要求 1](#_Toc172549577)

[5 设计 1](#_Toc172549578)

[6 施工 7](#_Toc172549579)

[7 质量检测 10](#_Toc172549580)

1. 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。

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。

本文件由中交建筑集团有限公司提出。

本文件由中国中小企业协会归口。

本文件主编单位：中交建筑集团有限公司、新疆万林建设工程有限公司。

本文件参编单位：新疆星宇建设工程有限公司、伊宁市城市建设有限责任公司、新疆正塔建筑安装有限公司、新疆渝江盛世建设工程有限责任公司、新疆华星盛世建筑安装工程有限责任公司、新疆谦和建设工程有限责任公司、新疆贺翔建筑工程有限责任公司、喀什宇川建设工程有限公司、新疆凯悦鑫工程建设有限责任公司、新疆昊鑫宇建设集团有限公司、克拉玛依市禹荣有限责任公司、新疆远航市政安装工程有限公司、新疆凌纭建设工程有限公司、新疆三友工程建设有限公司、乌恰县帕米尔建筑工程开发有限公司、新疆华玺建设工程有限公司、新疆广利丰建设工程有限公司、克州诚鑫建设工程有限公司、鄯善新星建筑安装工程有限公司、新疆博际建筑工程有限责任公司、皓泰工程建设集团有限公司、新疆山水建设工程有限公司、新疆祥达世纪建设有限公司、新疆汉块建设工程有限公司、新疆丝路光普建设工程有限公司、新疆铬瑞建设工程有限责任公司、新疆树林增建设工程有限公司、新疆瑞隆建设集团有限责任公司、乌恰县就业创业市政有限责任公司、克孜勒苏柯尔克孜自治州第一建筑安装工程有限责任公司、新疆恒瑞建安工程建设有限公司、新疆鑫城工程建设有限责任公司、新疆澳地建设工程有限公司、新疆希尔路桥工程有限公司。

本文件主要起草人：韩鹏、李秋艳、陈青、张丹华、何沈糠、潘今占、李凌锋、徐雪梅、伍超华、范梅、马成傲、左新、金广平、高阳、孙亮、王吉全、金钰、邓永霞、吴明、吴校辉、张建康、段俊丽、张晓云、丁德忠、胡彤伟、王德荣、刘宏、曹之君、王锦健、蒲双权、周锋、敬英、杨文智、王云菲、王璐、印志、马月娇、杨赢、陈江川、牛京康。

建筑基坑土钉墙施工规范

* 1. 范围

本文件规定了建筑基坑土钉墙施工的基本要求、设计、施工和质量检测。

本文件适用于建筑基坑土钉墙的施工、监理和验收。

* 1. 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。

JGJ 94 建筑桩基技术规范

JGJ 120 建筑基坑支护技术规程

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

建筑基坑 building foundation pit

为进行建（构）筑物及市政基础设施施工所开挖的地面以下空间。

土钉墙 soil nailing wall

采用土钉加固的基坑侧壁土体与喷射混凝土面层等组成的支护结构。

* 1. 基本要求

土钉墙适用于开挖深度不大、地层条件一般、地下水位（或经人工降水措施后）低于基坑底面、影响范围内无重要建筑或地下管线、对基坑变形控制要求不严、地下空间允许施作土钉的基坑。

当场地土质不均匀、开挖深度深、周边建（构）筑物变形控制要求严时，宜采用土钉墙与预应力锚杆、支护桩、超前微型桩、小直径预制桩等一种或几种联合支护。

土钉墙设计施工应考虑施工作业周期和季节、振动等环境因素对陡坡开挖面上暂时裸露土体稳定性的影响。

土钉可采用钻孔、打入等方式设置。

土钉墙用于基坑阳角部位时，应分析土钉交叉作用对稳定性的不利影响。

* 1. 设计
     1. 一般规定

根据工程经验，可采用工程类比方法，初步确定土钉墙设计基本参数。

土钉墙设计应包括下列内容：

1. 确定土钉墙的平面、剖面尺寸及分层施工高度；
2. 确定土钉的类型、布置方式和间距；
3. 确定土钉的直径、长度和倾角；
4. 确定土钉钢筋或钢管的类型、直径和构造；
5. 确定注浆参数与注浆方式；
6. 确定土钉与面层的连接构造；
7. 混凝土面层与坡顶防护设计；
8. 土钉抗拉拔承载力计算；
9. 土钉墙整体稳定、抗隆起稳定分析验算；
10. 当与截水帷幕结合时的地下水渗透稳定性验算；
11. 坡顶和槽内排水系统设计以及遇滞水排水措施；
12. 提出质量控制及施工与监测要求。
    * 1. 设计计算

土钉锚固体与岩土体极限粘结强度参数宜以现场测试结果为依据进行取值。

土钉锚固体与土体极限粘结强度标准值 *qsk* 可取现场实测平均值的 0.8 倍。进行初步设计或无现场实测资料时，可按表1 的数据取值，施工过程中应按本规程第8.4节的规定进行验证、调整。

1. 土钉锚固体与土体极限粘结强度标准值 *qsk*

| 土体类型 | 土体状态 | *qsk*（kPa） |
| --- | --- | --- |
| 填土 | — | 16～20 |
| 淤泥 | — | 10～16 |
| 淤泥质土 | — | 16～20 |
| 黏性土 | *I*L＞1 | 18～30 |
| 0.75＜*I*L≤1 | 30～40 |
| 0.50＜*I*L≤0.75 | 40～53 |
| 0.25＜*I*L≤0.50 | 53～65 |
| 0.0＜*I*L≤0.25 | 65～73 |
| *I*L≤0.0 | 73～80 |
| 粉土 | e＞0.90 | 20～40 |
| 0.75＜e≤0.90 | 40～60 |
| e≤0.75 | 60～90 |
| 粉细砂 | 稍密 | 20～40 |
| 中密 | 40～60 |
| 密实 | 60～80 |
| 中砂 | 稍密 | 40～60 |
| 中密 | 60～70 |
| 密实 | 70～90 |
| 粗砂 | 稍密 | 60～90 |
| 中密 | 90～120 |
| 密实 | 120～150 |
| 砾砂、卵石 | 中密 | 130～160 |
| 密实 |
| 1. 表中数据为常压注浆值，当采用高压注浆时可按试验确定或按经验适当提高；当采用打入式钢管土钉时，表中数值可上调 15％～20％。 | | |

土钉墙设计的计算可取单位支护长度并按平面应变问题进行分析。

单根土钉极限抗拔承载力计算应符合公式（1）的规定：

()

式中：

——土钉抗拔安全系数，基坑侧壁安全等级为二级、三级的土钉墙，分别不应小于 1.6 和 1.4；

——第 *j* 层土钉轴向拉力标准值，单位为千牛（kN）；

——第 *j* 层土钉极限抗拔承载力标准值，单位为千牛（kN）。

单根土钉的轴向拉力标准值按公式（2）计算：

()

式中：

——第 *j* 层土钉与水平面的夹角，单位为度(°)；

——坡面倾斜时的主动土压力折减系数；

——第 *j* 层土钉轴向拉力调整系数；

——第 *j* 层土钉处的主动土压力强度标准值，单位为千帕（kPa）；

——第 *j* 层土钉与相邻土钉的水平间距，单位为米 (m)；

——第 *j* 层土钉与相邻土钉的垂直间距，单位为米 (m)。

坡面倾斜时的主动土压力折减系数按公式（3）计算：

()

式中：

——土钉墙坡面与水平面的夹角，单位为度（°）；

——基坑底面以上各土层按厚度加权的等效内摩擦角平均值，单位为度（°）。

土钉轴向拉力调整系数按公式（4）和（5）计算：

()

()

式中：

——第 *j* 层土钉至基坑顶面的垂直距离，单位为米 (m)；

——基坑深度，单位为米 (m)；

——作用在以 为边长的面积内的主动土压力标准值， 单位为千牛（kN）；

——计算系数；

——经验系数，可取 0.6～1.0；

——土钉层数。

单根土钉的极限抗拔承载力按公式（6）确定：

()

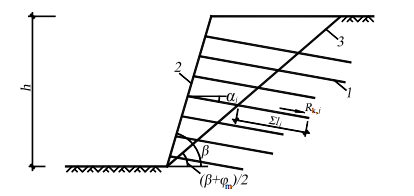
式中：

——第 *j* 层土钉的极限抗拔承载力标准值，单位为千牛（kN）；

——第 *j* 层土钉的锚固体直径，单位为米（m），对成孔注浆土钉，按成孔直径计算，对打入钢管土钉，按钢管直径计算；

——第 *j* 层土钉在第 *i* 层土的极限粘结强度标准值，单位为千帕（kPa），应由土钉抗拔试验确定，无试验数据时可根据工程经验并结合表 1 取值；

——第 *j* 层土钉滑动面以外的部分在第 *i* 土层中的长度，单位为米（m），计算单根土钉极限抗拔承载力时，取图 1 所示的直线滑动面，直线滑动面与水平面的夹角取。



标引序号说明：

1——土钉；

2——喷射混凝土面层；

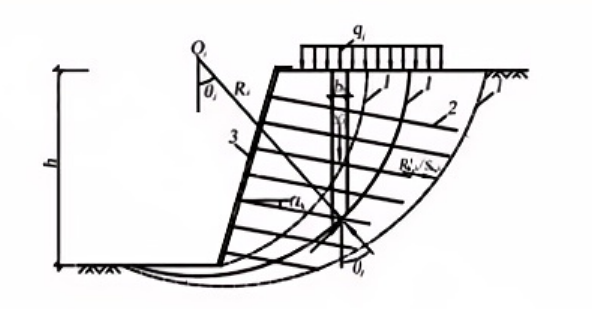
3——滑动面。

1. 土钉抗拔承载力计算图

对基坑侧壁安全等级为三级的土钉墙，可按公式（6）确定单根土钉的极限抗拔承载力。

当单根土钉的极限抗拔承载力标准值大于 时，应取 =。

土钉墙应根据施工期间不同开挖深度及可能滑动面采用圆弧滑动简单条分法按图 2 和公式（7）～（8）进行整体稳定性验算。



标引序号说明：

1——滑动面；

2——土钉；

3——喷射混凝土面层。

1. 整体稳定性验算简图

()

()

式中：

——圆弧滑动稳定安全系数，基坑侧壁安全等级为二级、三级的土钉墙， 分别不应小于 1.3、1.25；

——第 *i* 个滑动圆弧的抗滑力矩与滑动力矩的比值，滑力矩与滑动力矩之比的最小值宜通过搜索不同圆心及半径的所有潜在滑动圆弧确定；

——第 *j* 土条滑弧面处土的黏聚力，单位为千帕（kPa）；

——第 *j* 土条滑弧面处土的内摩擦角，单位为度（°）；

——第 *j* 土条的宽度，单位为米（m）；

——第 *j* 土条滑弧面中点处的法线与垂直面的夹角，单位为度（°）；

——第 *j* 土条的滑弧长度，单位为米（m），取=/；

——第 *j* 土条上的附加分布荷载标准值，单位为千帕（kPa）；

——第 *j* 土条的自重，单位为千牛（kN），按天然重度计算；

——第 *k* 层土钉或锚杆在滑动面以外的锚固段的极限抗拔承载力标准值与杆体受拉承载力标准值（或），单位为千牛（kN）；

——第 *k* 层土钉或锚杆的倾角，单位为度（°）；

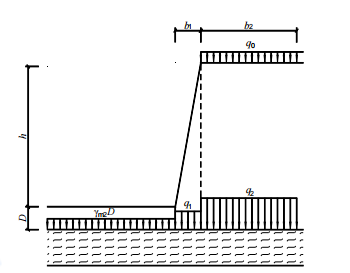
——滑弧面在第 *k* 层土钉或锚杆处的法线与垂直面的夹角，单位为度（°）；

——第 *k* 层土钉或锚杆的水平间距，单位为米（m）；

——计算系数，可取=0.5sin()tan；

——第k层土钉或锚杆与滑弧交点处土的内摩擦角，单位为度（°）。

基坑底面下有软土层的土钉墙结构应进行坑底抗隆起稳定性验算，按图 3 和公式（9）～公式（13）进行。



1. 坑底抗隆起稳定性验算

()

()

()

()

()

式中：

——抗隆起安全系数，安全等级为二级、三级的土钉墙，分别不应小于 1.6、1.4；

——地面均布荷载，单位为千帕（kPa）；

——基坑底面以上土的天然重度，单位为千牛每立方米（kN/m3）， 对多层土取各层土按厚度加权的平均重度；

——基坑深度，单位为米（m）；

——基坑底面至抗隆起计算平面之间土层的天然重度，单位为千牛每立方米（kN/m3），对多层土取各层土按厚度加权的平均重度；

——基坑底面至抗隆起计算平面之间土层的厚度，单位为米（m），当抗隆起计算平面为基坑底平面时，取 D=0；

——承载力系数；

——抗隆起计算平面以下土的黏聚力，单位为千帕（kPa）；

——抗隆起计算平面以下土的内摩擦角，单位为度（°）；

——土钉墙坡面的宽度，单位为米（m），当土钉墙坡面垂直时，取 b=0；

——地面均布荷载的计算宽度，单位为米（m），可取=h。

* + 1. 土钉杆体的受拉承载力应符合公式（14）的规定：

()

式中：

——第 *j* 层土钉的轴向拉力设计值，单位为千牛（kN）；

——土钉杆体的抗拉强度设计值，单位为千帕（kPa）；

——土钉杆体的截面面积单位为平方米（m2）。

* + 1. 构造

土钉墙墙面坡度宜为 1:0.2～1:0.5，一般不宜大于 1：0.1。

土钉应和混凝土面层有效连接，应设加强钢筋等构造措施。

土钉的长度宜为土钉墙支护高度的 0.5 倍～1.2 倍，密实砂土和坚硬黏土可取低值；对软塑黏性土不应小于 1.0 倍。顶部土钉的长度宜加长。

土钉间距宜为 1.2 m～2.0 m，局部软弱土中可小于 1.2 m。

土钉与水平面夹角宜为 5°～20°，当用压力注浆且有可靠排气措施时倾角可接近水平；当上层土较软弱时，可适当增大倾角；当遇有局部障碍物时，允许调整钻孔位置和方向。

土钉钢筋不应低于 HRB400 级，钢筋直径宜为 16 mm～32 mm，钻孔直径宜为 80 mm～150 mm。

应沿土钉全长设置对中定位支架，其间距宜取 1.5 m～2.5 m，土钉钢筋保护层厚度不宜小于 20 mm。

土钉注浆材料宜采用水泥浆或水泥砂浆，其强度等级不宜低于 20 MPa。

喷射混凝土面层的厚度宜为 80 mm～150 mm，混凝土强度等级不宜低于 C20；混凝土面层内应配置钢筋网和通长的加强钢筋，钢筋网宜采用 HPB300 级钢筋，钢筋直径宜为 6 mm～10 mm，间距宜为 150 mm～300 mm；加强钢筋的直径宜取 14 mm～20 mm，当充分利用土钉杆体的抗拉强度时，加强钢筋的截面面积不应小于土钉杆体截面面积的 1/2。当面层厚度大于 120 mm 时，宜设置双层钢筋网。

钢筋网搭接长度应大于 300 mm。

土钉与加强钢筋宜采用焊接连接，其连接应满足承受土钉拉力的要求。

当采用钢管土钉时，钢管外径不宜小于 48 mm，壁厚不宜小于 3 mm；钢管注浆孔应设置在钢管里端 1/2～2/3 总长范围内。注浆孔孔径宜取 5 mm～8 mm，均匀对称分布。

* + 1. 预应力锚杆

当基坑开挖深度大、基坑侧壁土质差或变形控制较严格时，可在土钉支护中局部采用预应力锚杆与土钉的联合支护方法。

局部预应力锚杆长度不宜小于按常规设计土钉长度的 1.35 倍。当设置两排及以上预应力锚杆时，其竖向间距应为原土钉间距的 2 倍～3 倍。

采用预应力锚杆复合土钉墙时，预应力锚杆应符合下列要求：

1. 应采用钢绞线锚杆；
2. 当预应力锚杆用于减小地面变形时，锚杆宜布置在土钉墙的较上部位，用于增强面层抵抗土压力的作用时，锚杆应布置在土压力大及墙背土层软弱的部位；
3. 锚杆的拉力设计值不应大于土钉墙墙面的局部受压承载力；
4. 预应力锚杆自由段长度应超过土钉墙坡体的潜在滑动面；
5. 锚杆与土钉墙的喷射混凝土面层之间应设置腰梁连接，腰梁可采用槽钢腰梁或钢筋混凝土腰梁，腰梁与喷射混凝土面层应紧密接触，腰梁规格应根据锚杆拉力设计值确定。
   * 1. 微型桩

当基坑侧壁由于土质差、侧壁土坡自稳性差时，可采用超前微型桩局部补强。

超前微型桩的直径宜取 108 mm～150 mm，间距宜为 500 mm～1000 mm。

采用微型桩垂直复合土钉墙时，微型桩应符合下列要求：

1. 应根据微型桩施工工艺对土层特性和基坑周边环境条件的适用性选用微型钢管桩、型钢桩、预制混凝土桩或灌注桩等桩型；
2. 采用微型桩时，宜同时采用预应力锚杆；
3. 微型桩的直径、规格应根据对复合墙面的强度要求确定；采用成孔后插入微型钢管桩、型钢桩的工艺时，成孔直径宜取 130 mm～300 mm，钢管直径宜取 48 mm～250 mm，工字钢型号宜取I10～I 22；孔内应灌注水泥浆或水泥砂浆并充填密实；采用微型混凝土桩时，其直径宜取 200 mm～300 mm；
4. 微型桩的间距应满足土钉墙施工时桩间土的稳定性要求；
5. 微型桩伸入基坑底面的长度宜大于桩径的 5 倍，且不应小于 1 m；
6. 微型桩宜与喷射混凝土面层贴合。
   * 1. 水泥土桩

采用水泥土桩复合土钉墙时，水泥土桩应符合下列要求：

1. 应根据水泥土桩施工工艺对土层特性和基坑周边环境条件的适用性选用搅拌桩、旋喷桩等桩型；
2. 伸入基坑底面的长度宜大于桩径的 2 倍，且不应小于 1 m；
3. 水泥土桩应与喷射混凝土面层贴合；
4. 桩身 28 d 无侧限抗压强度不宜小于 1 MPa。
   1. 施工
      1. 一般规定
         1. 土钉墙应按下列流程施工：
5. 按设计要求开挖工作面，修整边坡、埋设喷射混凝土厚度控制标志；
6. 施工土钉，包括成孔、安放土钉杆体钢筋、注浆等；
7. 铺设面层钢筋网，安设压网拉结筋、排水管及钢筋保护层垫块；
8. 设置坡顶、坡面和坡脚的排水系统。
   * + 1. 基坑开挖和土钉墙施工应按设计要求竖向分层水平分段进行，在上层土钉锚固体及喷射混凝土面层达到设计强度的 70% 后方可开挖下层土方。
       2. 在机械进行土方作业时，坡壁不应超挖或扰动坡面土体。坡面宜采用小型机具辅以人工修整，在坡面喷射混凝土支护前，应清除坡面虚土。

钉墙施工应采取下列排水措施：

1. 基坑周边地表应设置防渗排水沟和地表硬化等疏排水措施，排水沟宜远离坡肩；
2. 坡肩设高度不小于 20 cm 挡水墙，宽度不小于80 cm 的散水，防止地表水渗入；
3. 当地层中含有滞水时，坡面应插入长度为 400 mm～600 mm，直径不小于 40 mm 的排水管进行导排；
4. 坡脚宜设置排水盲沟、集水井等排水设施。
   * + 1. 不宜在冬施条件下进行土钉墙施工。必须在冬期进行施工时，应采取冬施措施，水泥浆注浆时温度不应低于5 ℃，喷射面层后应及时使用保温材料覆盖养护。

土钉墙的施工偏差应符合下列要求：

1. 孔深允许偏差为 +50 mm；
2. 孔径允许偏差为 ±5 mm；
3. 土钉孔位允许偏差为 ±100 mm；
4. 成孔倾角偏差为 ±3°；
5. 钢筋网间距的允许偏差应为 ±30 mm。

微型桩的施工应符合 JGJ 94 的有关规定。

* + - 1. 土钉墙施工过程中，应结合施工过程中的基坑监测成果，进行信息化施工。
      2. 施工期间坡顶应按设计要求控制坡顶荷载。
    1. 支护施工
       1. 支护分层开挖深度应符合设计工况，不应超挖。
       2. 裸露坡面应及时支护。软弱、松散等自稳能力差的土体应采用以下措施：

1. 对修整后的坡面宜预先喷射 30 mm～50 mm 厚混凝土或喷洒一层水泥浆，待凝结后再进行成孔；
2. 在水平方向分小段间隔开挖并进行支护；
3. 先将作业深度上的坡壁做成较缓斜坡，待土钉设置后再清坡；
4. 在开挖前进行超前支护或加固土体。
   * 1. 土钉施工

土钉墙宜采用先成孔的钢筋土钉。对易塌孔的松散或稍密的砂土、稍密的粉土或填土，或易缩径的软土宜采用打入式钢管土钉。对先成孔或钢管土钉打入困难的土层，宜采用机械成孔的钢筋土钉。

钢筋土钉成孔应符合下列要求：

1. 土钉成孔范围内存在地下管线等设施时，应在查明其位置并避开后，再进行成孔作业；
2. 应根据土层的性状选择螺旋钻、冲击钻、地质钻、洛阳铲等成孔方法，采用的成孔方法应能减小对孔壁的扰动、保证孔壁的稳定性；
3. 当成孔遇不明障碍物时，应停止成孔作业，在查明障碍物的情况并采取针对性措施后方可继续成孔；
4. 对易塌孔的松散土层宜采用机械成孔工艺：成孔困难时，可采用压注水泥浆或跟管钻进等方法进行护壁。
   * + 1. 钢筋土钉制作安装应符合下列要求：
5. 土钉杆体钢筋使用前应调直、除锈和除油；
6. 当钢筋需要连接时，宜采用搭接焊，或机械连接，焊接应采用双面焊，双面焊的搭接长度或帮条长度不应小于主筋直径的 5 倍，焊缝高度不应小于主筋直径的 0.3 倍；
7. 土钉杆体钢筋应在孔内居中设置，定位器间距不应大于 2 m；
8. 对中支架的断面尺寸应符合土钉杆体保护层厚度要求，对中支架可选用直径 6 mm～8 mm 的钢筋焊制；
9. 土钉成孔后应及时插入土钉杆体，遇塌孔、缩径时，应在处理后再插入土钉杆体。
   * + 1. 钢筋土钉的制浆与注浆应符合下列要求：
10. 注浆材料宜用水泥浆，水泥浆水灰比宜为0.5～0.6；
11. 应采用专用机械设备进行浆液拌制及储备，随用随制备，在初凝前使用；
12. 注浆前，应将孔内残留及松动的废土清除干净；
13. 注浆时，注浆管应插至距孔底不大于 250 mm 处，在孔口部位宜设置止浆塞及排气管，应在新鲜浆液从孔口溢出后停止注浆；
14. 注浆后，当浆液液面明显下降时，应及时补浆，对于容易渗漏浆液的杂填土、砂卵石等地层应采取间隔注浆、多次补浆，保证注浆饱满；
15. 注浆开始或中途停止超过 30 min 时，应用水或稀水泥浆润滑注浆泵及其管路。
    * + 1. 打入式钢管土钉施工应符合下列要求：
16. 钢管端部应制成尖锥状，顶部宜设置防止钢管顶部施打变形的加强构造；
17. 钢管应按设计要求钻设注浆孔、焊接倒刺；
18. 注浆材料应采用水泥浆，水泥浆的水灰比宜取 0.5～0.6；
19. 注浆压力不宜小于0.6 MPa；
20. 应在注浆至管顶周围出现返浆后停止注浆，当不出现返浆时，可采用间歇注浆的方法。
    * 1. 面层钢筋网铺设

钢筋网与土层坡面净距不应小于 30 mm。

采用双层钢筋网时，第二层钢筋网应在第一层钢筋网被喷射混凝土覆盖后铺设。

钢筋网应与土钉或其他锚定装置连结牢固，喷射混凝土时钢筋不应晃动。

当与排桩、地下连续墙等联合使用时，面层钢筋应与排桩冠梁、地下连续墙进行连接。

按设计间距绑扎钢筋网片，应避免在同一截面位置搭接钢筋。水平搭接宽度不宜小于 300 mm，垂向搭接宽度不宜小于 0.5 m，钢筋搭接宜采用弯钩或焊接形式。

* + 1. 喷射混凝土
       1. 喷射混凝土的原材料应满足下列规定：

1. 水泥宜选用普通硅酸盐水泥，强度等级不应低于 P.042.5；
2. 砂采用中、粗砂；
3. 碎石粒径不宜大于 15 mm；
4. 速凝剂使用前，应做与水泥的相容性试验及水泥净浆凝结效果试验。
   * + 1. 喷射混凝土施工机具的选用应符合下列规定：
5. 混凝土喷射机应密封性良好，输料连续均匀，允许输送骨料最大粒径为 25 mm，输送水平距离不宜小于 100 m，垂直距离不宜小于 30 m；
6. 选用的空压机应满足喷射机工作风压和耗风量的要求，一般选用 9 m3/min 以上的空压机；
7. 输料管应能承受 0.8 MPa 以上的压力，并应有良好的耐磨性能；
8. 供水设施应保证喷头处足够的水压，水压应大于 0.2 MPa。

混合料的配比与拌制应符合下列规定：

1. 水泥与砂石之重量比宜为 1:4～1:4.5，砂率宜为 45%～55%，水灰比宜为 0.40～0.45；
2. 原材料称量允许偏差，水泥和速凝剂为 ±2%，砂石材料为 ±5%；
3. 混合料应拌合均匀，搅拌机拌合时间不少于 2 min，不掺速凝剂时，存放时间不应超过 2 h。

喷射混凝土作业应符合下列规定：

1. 喷射作业应分层分段依次进行，同一分段内喷射顺序应自下而上，一次喷射厚度宜为 40 mm～70 mm；
2. 喷射时，喷头与受喷面宜垂直，距离宜保持0.6 m～1.0 m；
3. 喷射混凝土终凝 2 h 后，应喷水养护，养护时间根据气温环境等条件，一般为 3 d～7 d；
4. 冬季施工时，不喷水养护，应采取必要的保温措施。
   1. 质量检测

土钉墙和复合土钉墙的质量检测内容应包括土钉（锚杆）的承载力检验、喷射混凝土面层的抗压强度试验、喷射混凝土面层厚度检查、锚固体强度等。

土钉墙应对土钉抗拔承载力进行检测，同一条件下，检测数量不宜少于土钉总数的 1%，且不宜少于 3 根。土钉抗拔试验宜分层、分区段进行，土钉试验应有代表性和针对性。土钉验收合格标准为：对安全等级为二级、三级土钉墙，抗拔承载力检测值分别不应小于土钉轴向拉力标准值的 1.3 倍、1.2倍。

土钉墙面层喷射混凝土厚度检查应符合下列规定：

1. 厚度可采用钻孔法或其他方法检查；
2. 检查数量宜为每 500 m2 取一组，每组不少于 3 个点；
3. 合格条件为，全部检查孔处厚度的平均值应大于设计厚度，最小厚度不小于设计厚度的 80%，并不应小于50 mm。
   * 1. 面层喷射混凝土应进行抗压强度试验，试块数量宜为每 500 m2 取 1 组，每组试块不得少于 3 件；对于单次喷射面积小于 500 m2 的，取样应不少于 1 组。
     2. 注浆锚固体应进行强度检验，宜为每 60 根土钉或锚杆制作 1 组试件。宜采用从孔口收集的返浆制作试件。
     3. 复合土钉墙中的水泥土搅拌桩或旋喷桩用作帷幕时，应按 JGJ 120 的规定进行质量检测。

