

公路土钉支护技术指南

长沙理工大学 主 编

人民交通出版社

China Communications Press

Guidelines for Soil Nailing in Highway Engineering

公路土钉支护技术指南

长沙理工大学 主 编

)

人民交通出版社

二〇〇六 北京

公路土钉支护技术指南

长沙理工大学 主 编

人民交通出版社出版发行

(100011 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号)

各地新华书店经销

北京交通印务实业公司印刷

开本: 880 × 1230 1/16 印张: 4.5 字数: 120 千

2006 年 10 月 第 1 版

2006 年 10 月 第 1 次印刷

印数: 0001—4000 册 定价: 22.00 元

统一书号: 15114 · 0995

中华人民共和国交通部

交公便字[2006]02号

关于公布《公路工程抗冻设计与施工技术指南》、《公路工程水泥混凝土外加剂与掺合料应用技术指南》与《公路土钉支护技术指南》的函

各有关单位：

为提高公路工程质量及耐久性,促进新技术、新材料、新工艺在公路建设中的应用,及时指导工程实践,我司组织编制了《公路工程抗冻设计与施工技术指南》、《公路工程水泥混凝土外加剂与掺合料应用技术指南》与《公路土钉支护技术指南》,作为公路工程技术指南,予以公布。

指南作为参考性的技术资料,为相关工程技术人员提供技术参考。各地参考使用时,要本着对工程质量负责的原则,结合当地实际情况,灵活运用。

《公路工程抗冻设计与施工技术指南》、《公路工程水泥混凝土外加剂与掺合料应用技术指南》、《公路土钉支护技术指南》分别由吉林省交通厅、交通部公路科学研究院、长沙理工大学主编和解释,如有问题,请与各主编单位联系,联系方式如下:

吉林省交通厅:长春市解放大路 2518 号,130021,电话:0431—5917293。

交通部公路科学研究院:北京市西土城路 8 号,100088,电话:010—62079687。

长沙理工大学:长沙市天心区赤岭路 45 号,410076,电话:0731—5219011。

特此函告。

交通部公路司

二〇〇六年一月五日

前 言

随着我国公路建设的快速发展,土钉支护技术越来越多地应用于各种公路边坡的锚固工程之中。为了满足公路建设的需要,根据交通部交公路字发[1999]739号文件的要求,由长沙理工大学会同有关教学、设计、施工、研究单位编写了《公路土钉支护技术指南》(以下简称《指南》)。

本《指南》是我国交通行业第一本土钉支护技术指南。在编写过程中,主编单位成立了课题研究组,开展了长达数年的多项专题研究,同时收集和参考了大量国内外资料,调查总结了近年来国内多条高速公路应用土钉支护技术的实践经验,并以各种形式广泛征求了国内有关勘察、设计、施工、科研、教学及工程管理单位的意见,反复讨论,多次修改,最后经审查定稿。

本《指南》包括十章,涵盖了公路土钉支护工程中的勘察、设计、施工、试验、监测及质检等各个方面,对涉及到的理论和技术要求做了规定和说明。

我国幅员辽阔,各地地质条件不一,岩土性质复杂,且土钉支护在我国公路工程中应用历史还较短,因此有关土钉支护的研究和实践还有待深入。请各有关单位将实施本《指南》过程中所发现的问题和意见函告长沙理工大学岩土工程研究所(长沙市天心区赤岭路45号,邮编410076),以便下次修订时参考。

本《指南》由长沙理工大学负责解释。

主 编 单 位:长沙理工大学

副 主 编 单 位:清华大学

参 编 单 位:中国人民解放军广州军区司令部建筑设计院

中国人民解放军总参谋部工程兵科研三所

湖南省高速公路管理局

主 要 起 草 人:张起森 黄生文 陈肇元

参 加 编 写 人:陈浩军 宋二祥 赵明伦 曾宪明 郭红仙 黄 庆

江水德 魏 武

本指南统稿人:黄生文

目次

1 总则	1
2 术语、符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
3 基本规定	5
4 工程调查与岩土工程勘察	8
5 土钉支护的构造设计	10
5.1 土钉支护的一般类型	10
5.2 土钉构造及布置	12
5.3 支护面层	14
5.4 土钉与面层的连接	15
5.5 防腐蚀耐久性要求	16
5.6 排水系统	18
5.7 复合土钉支护	19
5.8 绿化与环境	20
6 土钉支护结构计算	22
6.1 一般规定	22
6.2 支护的整体稳定性分析	25
6.3 混凝土面层设计	28
7 土钉支护施工技术	30
7.1 一般规定	30
7.2 施工准备	31
7.3 土方开挖	31
7.4 临时排水系统施工	33
7.5 土钉设置	34
7.6 喷射混凝土面层施工	36
7.7 地梁、网格梁的施工	38
7.8 特殊地质条件下的土钉施工与险情应急措施	39
8 土钉现场试验	41
8.1 一般规定	41

8.2 土钉基本试验	42
8.3 土钉验收试验	44
8.4 土钉徐变试验	45
9 土钉支护施工监测	46
10 质量检验与工程验收	47
10.1 一般规定	47
10.2 各分项工程的中间检验	47
10.3 竣(交)工验收	48
附件 《公路土钉支护技术指南》条文说明	51

1 总则

1.0.1 为适应我国公路工程建设需要,统一公路土钉支护的设计、施工、试验及检测技术要求,做到技术先进、经济合理、安全可靠并确保质量,特制定本《指南》。

1.0.2 本《指南》适用于新建和改建公路工程中设置在原位岩土体或压实填土内的永久性土钉支护和临时性土钉支护的设计、施工、试验及质量检测。适用的支护工程,包括土钉挡土结构(土钉墙)、土钉加筋边坡以及土钉加筋桥台等。土钉也可用于已有砌体或挡土墙的加固及小型滑坡的整治。

1.0.3 本《指南》适用于钻孔注浆型土钉。对于其他类型的土钉如不注浆的角钢(或圆钢)及钢筋等击入钉,也可参照本《指南》的基本规定进行支护的稳定性分析,但击入钉只适用于临时性支护。

1.0.4 土钉支护类型包括:

- (1)由土钉与含钢筋网或土工格栅网的喷射混凝土面层构成的支护结构;
- (2)由土钉与将各个钉头拴系在一起的钢筋混凝土网格梁及边梁或地梁组成的支护结构,其中又包括网格梁下有喷射混凝土层和无喷射混凝土层两种;
- (3)独立的土钉及钉头混凝土保护块构成的支护结构;
- (4)由土钉与立柱及挡土板构成的支护结构;
- (5)由现浇或预制的钢筋混凝土面板拼装成连续面层并与土钉结合构成的支护结构。

1.0.5 采用土钉支护应因地制宜,充分考虑具体的支护对象及其地质条件、荷载、工程要求,充分考虑土钉支护的结构形式、适用性及局限性,并应与其他支护技术比较,进行技术经济论证。

1.0.6 土钉支护工程的设计与施工必须紧密结合,充分利用这一支护形式适用性强和应用灵活的特点,尽可能在设计前进行现场试验,获得有关设计参数,并应根据现场施工获得的信息及时进行现场动态设计和信息化施工。

1.0.7 土钉支护工程的地质勘察、设计、施工,以及所用的有关各种材料、排水设施等的要求,除本《指南》已作规定者外,尚应符合最新的国家及交通部有关规范、标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 土钉 soil nails

用于加固和稳定岩土体的细长筋体,置入岩土体中后依靠与周围岩土体之间的黏结力或摩擦力,在岩土体发生变形的条件下被动受力并主要承受拉力。

2.1.2 土钉支护 soil nailing

以密集的土钉群作为筋体用于加固和稳定岩土边坡的柔性被动支护技术,或指利用土钉技术形成的支护结构。土钉支护通常由土钉群、被加固的原位岩土体、混凝土或钢筋混凝土块、板、梁柱等连续或不连续的面层及必要的排水、防水系统组成。

2.1.3 土钉挡土结构 soil nailed retaining structures

直立或陡峻边坡的土钉支护,其形式类似一般的重力式挡土墙,对支护背面的未被加固的土体起着挡土结构的作用。但土钉支护本身的受力特征与机理,与一般的重力挡土墙有根本的区别。土钉挡土结构的边坡坡度一般大于等于 70° ,通常在开挖过程中修建。采用从上到下分层修建的施工工序是土钉挡土结构的重要特征之一。

2.1.4 土钉加筋边坡 soil nailed slopes

缓坡形式的土钉支护,边坡坡度小于 70° ,且一般小于 45° 。对于填土边坡和开挖边坡坡角小于 45° 的土钉加筋边坡一般不设喷射混凝土面层,而采用钢筋混凝土网格梁将各土钉连成一个整体或采用独立的混凝土块保护钉头,并用植草盖表土。

2.1.5 钻孔注浆钉 grouted nails

采用土中成孔,置入金属筋体,然后用水泥净浆或砂浆沿全长注浆填孔,形成以钢筋作为中心体、周围用浆体包裹的一种土钉。

2.1.6 击入钉 driven nails

是用角钢、钢管或钢筋作为钉体,将其直接击入土中而成的一种土钉。

2.1.7 喷射注浆土钉 jetting nails

将镀锌的多孔钢管或钻杆作为加筋体,通过高频冲击器($>70\text{Hz}$)打入土中或插入钻孔中,然后在钢管中高压($>13.8\text{MPa}$)喷射浆液,浆液从钢管壁的小孔中喷入岩土体并产生水力裂隙,形成含土钉的注浆岩土体。

2.1.8 土体 soil mass

本《指南》中所指的土体泛指自然状态的岩土,包括《公路工程地质勘察规范》(JTJ 064—1998)中的松土、普通土、硬土和软岩。

2.1.9 临时土钉支护 temporary soil nailing

指使用期限不超过 24 个月,仅在施工阶段为维持开挖面土体稳定而临时设置的土钉支护。

2.1.10 永久土钉支护 permanent soil nailing

指使用期限为两年以上并永久发挥作用的土钉支护。

2.1.11 复合土钉支护 composite soil nailing

指与预应力锚杆、锚索、微型桩或其他岩土体加固方法联合使用时的土钉支护。

2.1.12 带套管的防腐蚀土钉 encapsulated corrosion protected nails

将外面套有塑料管或钢管的加筋体插入钻孔中,并在钻孔注浆前用浆体充填管子,形成密封的防腐蚀土钉,多用于需要高度防腐蚀保护的永久支护结构中。

2.1.13 钉头 nail head

是土钉外端未粘结的钢筋部分。

2.1.14 面层 facing

是土钉支护结构中唯一的外露部分,其作用是保证土钉间局部岩土体的稳定性,限制开挖后的边坡松散,保护边坡免遭侵蚀和风化。面板类型有:焊接的金属网、喷射混凝土、预制或现浇的钢筋混凝土板、现浇的钢筋混凝土梁等。面板类型控制了结构的外观。

2.2 符号

A ——土钉中钢筋的截面积。

H ——支护高度。

F_s ——支护的内部整体稳定性安全系数。

N ——土钉的最大设计内力。

T_L ——土钉的极限抗拔力。

R ——土钉设计的极限抗拉能力。

c ——土的粘聚力特征值。

d ——土钉钢筋直径。

d_0 ——土钉钻孔孔径。

f ——土钉钢筋的屈服强度。

f_y ——钢筋抗拉强度设计值。

l ——土钉长度。

l_a ——土钉在被动破坏面以上非稳定土体中的长度。

l_p ——土钉伸入破坏面一侧稳定土体中的长度。

p ——侧向土压力。

q ——地表均布荷载。

S_h ——土钉水平间距。

S_v ——土钉竖向间距。

γ ——土的重度。

φ ——土的内摩擦角特征值。

θ ——土钉倾角。

τ ——土钉与土体之间的界面粘结强度特征值。

μ ——土钉钢筋与其周围浆体之间的界面粘结强度特征值。

3 基本规定

3.0.1 土钉支护适用于下列土体:可塑、硬塑或坚硬的黏性土,胶结或弱胶结(包括毛细水粘结)的粉土、砂土和角砾,密实的填土、软岩和风化岩层等。

在松散砂土和夹有局部软塑或流塑黏性土的土层中采用土钉挡土结构时,应在开挖前采用注浆或设置微型桩等,预先加固开挖面上的土体。

在膨胀土和冻融地区对冰冻敏感的土体(如粉土)中采用土钉挡土结构时,应在设计中采取可靠的措施防止水分渗入土钉支护内的土体,并在支护混凝土面层与土体之间设置缓冲层以减轻膨胀或冻胀对面层的压力,必要时适当加强面层以及面层与钉头连接的承载能力。

在砾石层土体和有裂隙的岩层中设置土钉时,需采取专门措施,防止注浆浆体通过较大的孔隙流失。

在下列土体中,不宜设置永久土钉支护:标贯击数 $N < 9$ 、相对密度 $D_r < 0.3$ 的松散砂土;液性指数大于 0.5 的软塑、流塑黏土;含有大量有机物或工业废料的低强度回填土、新填土以及强腐蚀性土;在塑性指数大于 20 和液限大于 50% 且无侧限抗压强度小于 50kPa 的黏性土中,修建土钉支护工程时,应通过现场的土钉抗拔试验,检验土体的徐变性能。

3.0.2 土钉支护的设计与施工,应特别重视水的作用与影响,必须在地表和支护内部布设适宜的排水系统以疏导地表径流和地下水。对于永久性土钉支护的设计,应考虑长期使用过程中土体含水量的可能变化对土体抗剪强度的不利影响。当有丰富地下水源补给,地下水的流量较大,在支护施工的作业面上难以成孔和形成喷射混凝土面层时,应在施工前降低地下水位,并在地下水位以上进行支护施工。

3.0.3 土钉支护的设计施工,应充分考虑施工作业周期和降雨、振动等因素对陡坡开挖面临时裸露土体稳定性的影响,必须随开挖、随支护,尽快设置土钉和构筑喷射混凝土面层以减少边坡变形。

土钉支护在开挖施工过程中,应有现场测试与监控内容,没有监测方案不得进行施工。

3.0.4 永久土钉支护按其破坏后果的严重性,在设计中取不同的重要性系数 K_1 (表 3.0.4)。

表 3.0.4

工程对象	公路级别及支护工作状态		K_1
边坡土钉支护	高速公路、一级及干线二级公路	支护面层受车载或建筑物等主要外载影响 (图 3.0.4-1、图 3.0.4-2)	1.15
		支护面层不受车载或建筑物等主要外载影响	1.10
	一般二级公路及其以下等级的公路	支护面层受车载或建筑物等主要外载影响 (图 3.0.4-1、图 3.0.4-2)	1.05
		支护面层不受车载或建筑物等主要外载影响	1.00
桥台土钉支护	高速公路、一级及干线二级公路	内置组合式桥台	1.20
	一般二级公路及其以下等级的公路	整体式桥台	1.20
		内置组合式桥台	1.10

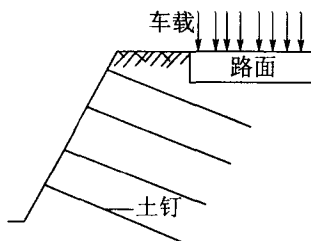


图 3.0.4-1 受车载作用的土钉支持

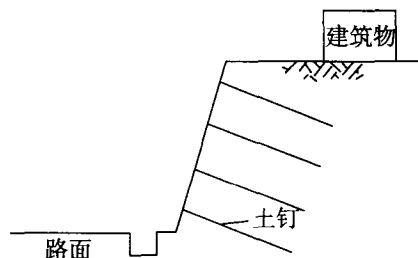


图 3.0.4-2 受建筑物荷载作用的土钉支护

3.0.5 永久土钉支护在施工过程中的稳定性验算,其重要性系数按临时支护取用。

3.0.6 临时土钉支护稳定性验算的重要性系数,按其破坏后果的严重性,取 0.90 ~ 1.0,但其与表 6.1.7 中稳定性安全系数的乘积应不低于 1.05。

3.0.7 土钉支护设计一般应包含以下内容:

- (1) 工程调查与岩土工程勘察;
- (2) 分析确定拟支护工程的破坏模式,并以此决定边坡的稳定性分析方法,决定边坡土钉支护的设计方案;
- (3) 支护的总体设计,确定支护的总体平面布置与关键的设计剖面;
- (4) 根据经验与工程类比,并通过土压力或边坡稳定性及土钉支护强度计算分析,选

定支护的结构构造,标明全部土钉的位置并逐一编号;通过土钉抗拔力验算,给出土钉的尺寸(直径、孔径、长度、锚固长度)、倾角和间距,支护面层的形式、构造和厚度,面层与土钉的联结方法,以及支护材料的规格和强度等级等;对于规模较大的土钉支护工程,设计前应进行现场基本试验,以确定岩土与土钉间的粘结强度和各设计参数;

(5)排水、防水系统设计;

(6)耐久性设计,提出支护的防腐蚀耐久性设计措施,以及长期使用过程中的检测要求;

(7)施工阶段的现场测控方案设计,包括保证边坡稳定的最大允许侧向位移量控制,为防止危及周围建筑物、道路、地下设施而采取的措施和应急方案;

(8)绿化与环境设计;

(9)施工方案及施工组织设计,通过计算和试验确定每步开挖的临界高度与临界长度,提出边坡开挖面裸露时间即自稳时间的限制,提出施工人员、设备的配备数量、工程计划进度、施工方法、施工工艺、施工工序、质量控制指标及其措施,以及施工安全与管理體系等;

(10)工程施工过程中的反馈设计或动态设计,根据现场施工开挖和钻孔获得的土样数据以及测控信息,必要时对土钉设计参数(直径、长度、倾角、间距等)和施工方法及时作出调整。

与以上内容相对应,给出土钉支护的设计及动态设计文件,包括最终的竣工图和说明等。

3.0.8 土钉支护的形式应根据工程的具体特点和功能要求,结合当地的地形、地质和施工条件,采用土钉挡土结构、土钉加筋边坡等类型。土钉支护还可以与削坡(上部削坡、下部土钉支护)、加筋土结构(上部加筋土填土结构、下部土钉支护原位土结构)、桩锚支护(上部土钉支护、下部桩锚结构)联合使用。当土钉支护位于不良土体且需严格限制支护的变形,或支护的高度甚大(如单级边坡高度超过 15m)时,应采用复合土钉支护。

4 工程调查与岩土工程勘察

4.0.1 土钉支护设计前,必须进行充分的工程调查,收集场地周围已建工程及本项公路建设工程的工程地质与水文地质勘察资料,查明支护周围已有建筑物、构筑物、埋设物(管线等)和道路交通等周边环境条件与施工场地条件,当地气象条件、水文地质条件及与周围地表水体的补给与排泄关系,地层、地质构造和岩土的物理力学特性及其潜在腐蚀性。

4.0.2 土钉支护工程的地质勘察应遵照《公路工程地质勘察规范》(JTJ 064—1998)的基本原则进行。在本项公路建设工程已有初勘资料的基础上,进行详细的工程地质勘察。其勘察范围应根据支护的尺度和场地地质条件与环境条件而定。沿支护工程的长度方向内侧进行勘察的第一排钻孔间距一般可取 30m 左右,其位置至开挖面的水平距离应小于设计土钉的长度,垂直边坡走向的勘探横断面的宽度可从支护的面层位置算起向边坡内延伸 1.5~2 倍支护高度的水平距离;沿支护工程长度方向的第二排钻孔的间距可取 45m 左右,与第一排钻孔的水平距离可取支护高度(H);每个控制横断面上至少应有 1 个钻孔,钻孔设置在横断面宽度的支护面层内侧;对于控制性断面应在开挖面外侧且距开挖面水平距离 $0.75H$ 处布置一个钻孔(图 4.0.2)。钻孔的深度一般可取土钉最大埋深以下 5~10m。当场地有不良土层、古滑坡、土洞、岩溶、采空区等地段时应加密勘探点。此外,当边坡岩土中存在薄弱界面,如岩体中的断层、软弱夹层等潜在滑动面时,应确定其具体位置并对其作出详细描述。

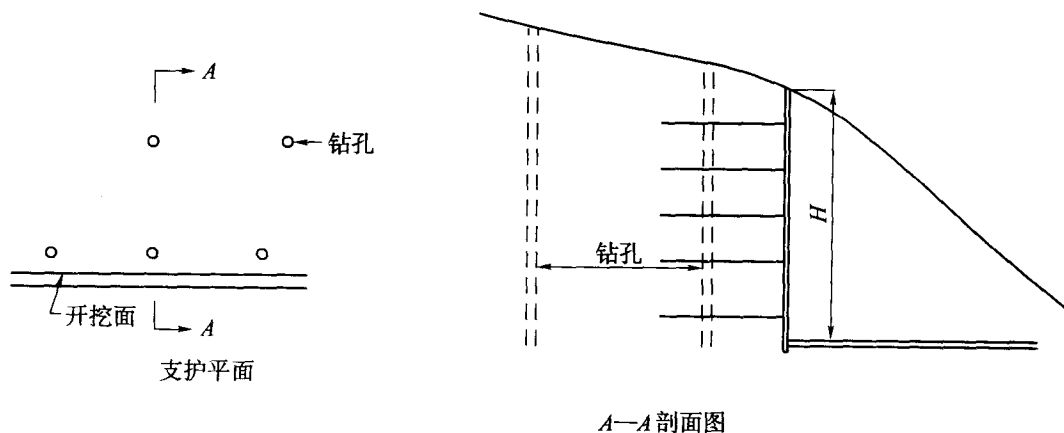


图 4.0.2 钻孔布置图

4.0.3 每一钻孔均应分层取岩、土样做室内岩土试验,主要岩土层的每一试验项目要

求不少于6个数据。室内测试项目一般应有重度、含水量、抗剪强度(砂土的直剪、黏性土的固结快剪、快剪或三轴固结不排水剪等)、黏性土的稠度、压缩性、膨胀性、砂土的颗粒分析与休止角,岩石的饱和抗压强度、软化系数、抗冻性等。通过测试确定每一层岩土的分类和物理性质,给出分层岩土的内摩擦角和黏聚力等力学性质指标。

4.0.4 每一控制横断面上应进行必要的钻孔原位测试,如砂砾和岩石的渗透试验、砂土和一般黏性土的标准贯入试验和触探试验等。

4.0.5 为土钉支护设计提供的工程调查与地质勘察报告应包括以下主要内容:

(1)任务、方法和过程的描述;

(2)场地地形、地貌、地层、地质构造和岩土性质的描述,不良地质和潜在滑动界面的说明与分析,岩土强度的分析评价,岩体结构稳定分析和土体稳定分析,根据室内和原位测试结果并结合当地经验和工程的特点,提出抗剪强度参数 c 、 φ 的建议值;

(3)场地水文地质条件,地表和地下水补给来源与地层的渗透系数,地下水位高程、流向、流量、补给来源与排泄形式及水质分析等,评价地表、地下水对土钉支护施工与长期工作性能的影响;

(4)土钉支护施工开挖过程对周边环境与设施影响的分析与建议;

(5)岩土腐蚀性及其对支护耐久性影响的评价;

(6)必要的图表,如工程地质平面图、纵断面图、横断面图,有代表性的钻孔地质柱状图,岩土物理力学性质的现场和室内试验结果的有关图表等。

5 土钉支护的构造设计

5.1 土钉支护的一般类型

5.1.1 土钉挡土结构

土钉挡土结构是在施工过程中分步开挖、支护,并具有直立或较陡支护面的挡土结构,由设置在岩土中有规律排列的土钉群、被加固的岩土体与内夹钢筋网的喷射混凝土面层或网格梁或立柱加挡土板及排水系统组成。永久性土钉支护,一般应在初次构筑的施工喷射混凝土面层上再喷射一层混凝土或再浇筑一层混凝土。考虑到支模的方便,现浇混凝土面层适用于直立或接近直立的支护面。

土钉挡土结构可用于挖方边坡的临时支护(图 5.1.1a)),也可用于路堑或路堤的永久支护(图 5.1.1b)、图 5.1.1c)、图 5.1.1d))。当支护的路堑边坡高度较大时,宜做成台阶式支护,每隔 6~10m 高度设一宽度不小于 1m 的平台,并根据需要在平台内侧设矩形排水沟(图 5.1.1e))。土钉挡土结构的底部地面如为斜坡,也应有不小于 1m 宽的平台。

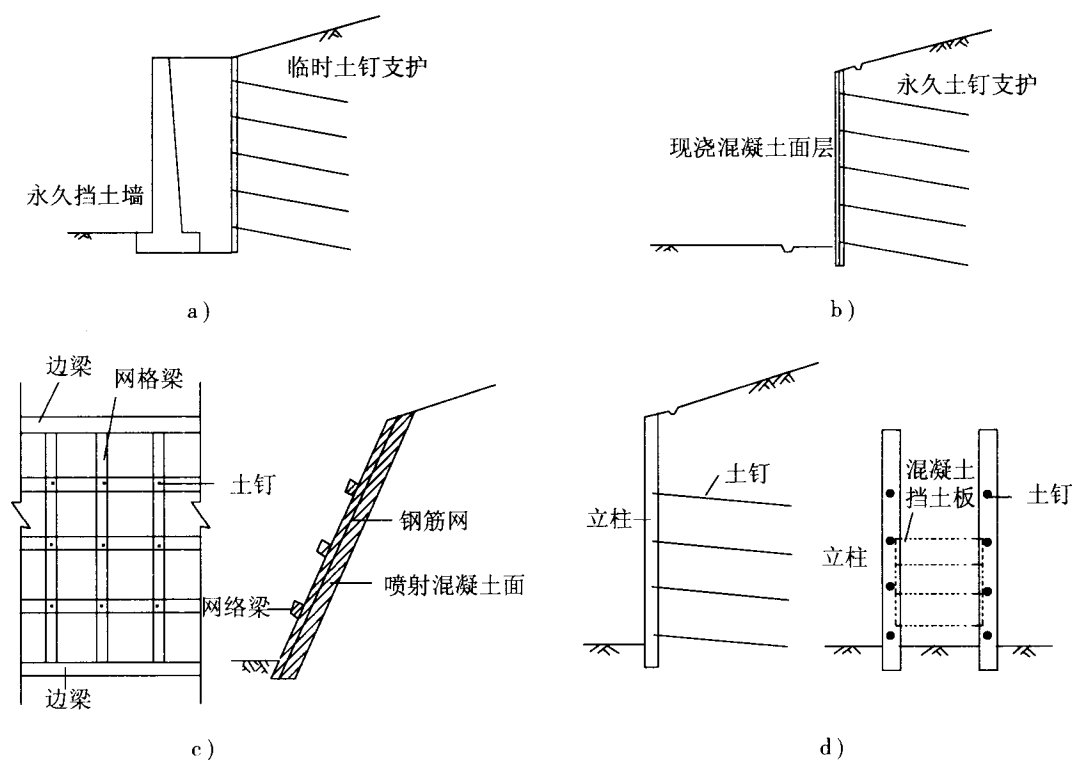


图 5.1.1