

ICS 点击此处添加 ICS 号  
点击此处添加中国标准文献分类

DB 61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/ XXXXX—XXXX

## 公路边坡微型抗滑桩加固处理技术规范

Technical code for reinforcement treatment of mini-slide piles on highway  
slopes

编制说明

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

陕西省市场监督管理局 发 布

# 《公路边坡微型抗滑桩加固处理技术规范》

## 编制说明

### 1.工作简介

#### 1.1 任务来源

根据陕西省市场监督管理局下发的《关于下达 2023 年度陕西省地方标准制修订项目计划的通知》（陕市监函〔2023〕410 号），由中交第一公路勘察设计研究院有限公司主持承担陕西省地方标准《公路边坡微型抗滑桩加固处理技术规范》的起草工作。

承担单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

参编单位：西安公路研究院有限公司

#### 1.2 目的意义

传统滑坡治理方式多采用抗滑桩或抗滑桩结合其他圬工结构进行治理，但传统抗滑桩截面尺寸大，刚度及强度均较大，大断面抗滑桩成孔采用人工成孔或大型旋挖钻机，人工挖孔安全风险大、施工周期长，效率低，不适合应急抢险工程；大孔径旋挖钻机及成桩设备对场地要求高，在山麓、沟谷陡坡中施工不便。因此针对滑坡治理的其他工程治理措施就应运而生，微型桩因其施工的便捷和灵活性，近年来在滑坡工程治理中得到了越来越广泛的应用。

微型桩系一种小口径桩，其断面尺寸一般小于 300 mm，长径比较大（一般大于 30），桩体可采用微型灌注桩、钢管桩、预制桩等，桩型多样，布置形式灵活。微型桩的主要优点有：施工机具小，适用于狭窄的施工作业区；对土层适应性强；施工振动、噪音小，在环境公害受到严格控制的市区作业尤其适用；桩位布置形式灵活，可以布置成垂直或斜桩；采用二次注浆，与同体积灌注桩相比，承载力较高。

由多根微型桩按照一定的规则阵列式组合到一起，组成一个个形状规则的微型桩群，并在桩顶辅之用钢筋混凝土结构把各根桩联系到一起，既能起到传统抗滑桩的作用，又能充分发挥微型桩施工便利的优点，当微型桩承受滑坡推力较大时，还可以根据地层条件在微型桩上施加斜向锚索，形成锚拉式微型抗滑桩，以充分发挥微型抗滑桩的水平向承载能力。

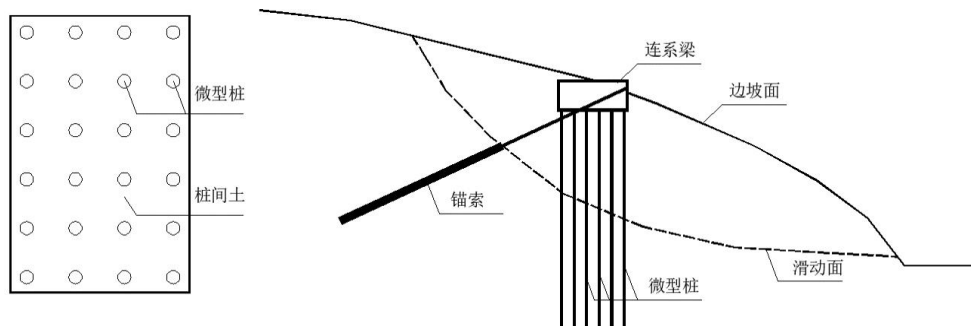


图 1 典型微型抗滑桩布置示意图

微型抗滑桩作为滑坡加固工程措施，相对于传统抗滑桩具有施工快速、耐久性好、结构抗震性能好、施工人员安全保障高、低碳环保等优点，对施工场地的适应性强，对环境影响小，因而成为一种具有广泛使用前景的边坡治理工程措施，更符合中小型滑坡治理“快速、安全、环保”的防治理念。

陕西省南北地形地貌差异大，属于地质灾害多发的省份，其中滑坡是全省地质灾害最主要灾种。陕南秦巴山区是滑坡多发区，规模以中小型居多，以堆积层滑坡为主，陕北南部、关中北部的低中山区也多发滑坡地质灾害。强降雨、连续阴雨天气以及人类活动为滑坡发生的主要诱因。陕西省公路边坡地质灾害具有点位多，突发性强等特点，规模一般不是特别大，对滑坡的治理方案在施工便捷性，对道路的快速保通性，以及安全经济性方面均提出了越来越高的要求。微型抗滑桩所具有的特点和优点，对于处治此类滑坡具有较为广泛的适用性。

尽管微型桩在滑坡治理中得到了越来越广泛的应用，但国内关于微型桩的标准主要集中于微型桩用于竖向支撑桩时的相关技术规定和要求。目前在进行微型抗滑桩设计时，其计算方法及理论仍主要依据传统抗滑桩理论和计算方法，迄今为止还没有专门针对微型抗滑桩的系统性规范条款，基于此开展《公路边坡微型抗滑桩加固处理技术规范》的编制，为陕西省公路边坡地质灾害快速处治提供指导。

### 1.3 主要工作过程

2023年4月由中交第一公路勘察设计研究院有限公司向陕西省市场监督管理局提出申请的《公路边坡微型抗滑桩加固处理技术规范》标准获得陕西省市场监督管理局批准立项。本标准制订任务下达后，中交第一公路勘察设计研究院有限公司积极组织，成立标准编写小组，明确标准编写任务。

标准编制过程中,开展了资料成果收集和典型工程调研工作。通过广泛调研,为标准编制工作奠定了坚实基础。开展资料成果收集,收集了国内外关于公路工程微型抗滑桩设计施工的相关技术标准、规范、科研论文,梳理总结了成功的工程经验、成熟的科技成果。开展了典型工程调研,掌握了典型公路边坡微型抗滑桩加固设计参数、施工工艺等,为规范编制提供了依据。

草案形成:2023年4月完成了标准草案后,编写人员就标准内容反复进行了认真讨论,并邀请相关行业内知名专家提供建设性的意见和建议。而后编制组就专家提供的意见和建议,分析比对,借鉴其他地方标准经验、查阅资料,向国内工程建设单位一线技术人员了解现状,经多次修改完善于2023年11月形成了标准初稿。征求意见稿形成:2023年11月通过大纲评审后,编制组根据评审专家意见有对标准初稿进行了反复讨论与修改,于2024年12月形成了征求意见稿。

1.4 编制单位及人员分工

由中交第一公路勘察设计研究院有限公司主编,参编单位包括:西安公路研究院有限公司。

编制组人员组成及分工如下:

表 1 单位分工表

序号	单位名称	分工
1	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	标准编制的承担单位,负责标准的起草,资料的搜集、调研,相关指标的验证,组织省内外专家的研讨。
2	西安公路研究院有限公司	标准的参与编制单位,参与标准的起草,重点参与相关指标内容编写及其验证工作。

表 2 编写组分工一览表

序号	姓名	单位	职务/职称	专业	分工 (细化到节)
1	XXX	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	中心副总工/正高	交通运输工程领域工程	总体负责,负责标准的统稿工作,具体负责第1章、第2章编写
2	XXX	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	中心主任、正高	岩土工程	负责第3章、6.3节编写
3	XXX	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	高工	地质工程	负责第5.1、6.4、6.5、6.6节编写

4	XXX	中交第一公路 勘察设计研究 院有限公司	中心副主任 /高工	材料工程	负责第 6.7、6.8 节编写
5	XXX	中交第一公路 勘察设计研究 院有限公司	中心总工、 正高	岩土工程	负责第 6.1、6.2 节编写
6	XXX	中交第一公路 勘察设计研究 院有限公司	高工	地质工程	负责第 5.2、7.1、8.4 编写
7	XXX	中交第一公路 勘察设计研究 院有限公司	正高	岩土工程	负责第 4.1、5.3 节编写
8	XXX	中交第一公路 勘察设计研究 院有限公司	高工	岩土工程	负责第 7.2 节编写
9	XXX	中交第一公路 勘察设计研究 院有限公司	高工	地质工程	负责第 4.2、8.3 节编写
10	XXX	西安公路研究 院有限公司	高工	材料工程	负责第 4.3、4.4 节编写
11	XXX	西安公路研究 院有限公司	正高	岩土工程	负责第 8.1、8.2 节编写
12	XXX	西安公路研究 院有限公司	高工	公路工程	负责第 7.3 章编写
13	XXX	中交第一公路 勘察设计研究 院有限公司	高工	地质工程	负责附录编写

## 2 标准编制原则和标准主要内容

### 2.1 标准制订指原则

目前在进行微型抗滑桩设计时，其计算方法及理论仍主要依据传统抗滑桩理论和计算方法，迄今为止还没有专门针对微型抗滑桩的系统性规范条款，基于此开展《公路边坡微型抗滑桩加固处理技术规范》的编制，为陕西省公路边坡地质灾害快速处治提供指导。相关成果以规范的形式提供，标准制订指原则如下：

#### (1) 服务行业、服务工程

系统总结传统抗滑桩工程的成熟经验，从普通抗滑桩设计理论与实际施工经验出发，融合微型抗滑桩已有设计与研究成果，开展微型抗滑桩设计应用标准制

订工作。结合现有研究成果，针对微型抗滑桩的勘察设计、施工、检测一系列过程，开展地质勘察、结构设计、工程监测、施工检测等方面的标准编制，明确微型抗滑桩的勘察设计流程，设计验算的基本流程与计算方法和原则，明确微型抗滑桩的设计文件基本组成和编制要求等。通过不断的调查研究，逐步完成标准编制，使其填补当下公路微型抗滑桩领域标准的空白，为陕西省公路建设中微型抗滑桩的规范化推广应用提供技术支撑，也可国内其他省区公路微型抗滑桩就的设计施工提供技术指导和参考。

### **(2) 先进性与实用性并重**

本规范致力于微型抗滑桩应用规范化，广泛收集最新微型抗滑桩研发成果，吸纳微型抗滑桩成功案例的设置条件、结构类型、节点要求、制作工艺、施工工法以及验收要求等，总结制订出一套适用于微型抗滑桩勘察设计、施工、检测验收的地方标准。统筹规范陕西省公路边坡微型抗滑桩应用技术问题，努力填补微型抗滑桩应用标准方面的技术空白，为广大工程设计、施工人员应用微型抗滑桩提供技术支撑，促进公路建设高质量、高效率和集约化发展。

### **(3) 突出重点、有的放矢**

本规范对微型抗滑桩设计、施工、检测验收整个过程进行相关规定，充分考虑微型抗滑桩与传统抗滑桩的差异性，以及当前微型抗滑桩应用中存在的共性问题。突出微型抗滑桩快速施工、扰动小、环保等特点，重点针对微型抗滑桩勘察设计基本方法、施工工艺、质量控制等方面提出技术指标，明确解决方法。

### **(4) 协调一致，简洁明确**

本规范在满足公路边坡微型抗滑桩技术特点的同时，需注重与国家标准、行业标准之间协调一致、互为补充，厘清主从关系，在公路行业标准规范体系顶层设计的指导下开展制订工作，避免重复或矛盾。同时遵循地方标准技术条文要求不低于国家和行业标准的一般要求，进一步规范用语、细化条款，形成适用于陕西地区的微型抗滑桩勘察、设计、施工及检测验收的推荐性标准。

## **2.2 标准的适用范围与主要内容**

(1) 本地方标准适用于指导陕西省内各等级公路沿线山体滑坡及不稳定斜坡等地质灾害治理工程中的微型抗滑桩设计

(2) 本地方标准包含以下主要内容：1 范围、2 规范性引用文件、3 术语和定义、4 基本规定、5 边坡微型抗滑桩工程勘察、6 边坡微型抗滑桩工程设计、7

微型抗滑桩施工、检测与监测要求、8 安全生产与环境保护。

### 2.3 与原标准主要差异情况

本标准为首次发布。

### 3 主要技术要求的说明

#### (1) 试验（或验证）准确度、可靠性、稳定性的分析和说明

本标准根据陕西实际情况，制定了公路边坡微型抗滑桩加固处理技术标准，针对公路边坡微型抗滑桩工程的适用条件、材料技术要求、设计、施工、质量管理提出了系列要求。明确了适用的条件，规定了微型抗滑桩设计技术要求和方法，明确了施工工艺和质量检验及控制指标要求。

本标准在制定期间，采用室内试验、现场检测、调研等手段，反复对公路边坡微型抗滑桩加固工程的各项技术指标进行详细地分析与提炼，确保各项技术标准在准确度、可靠性、稳定性方面均有定量评价。经验证，本标准技术要求下的边坡微型抗滑桩加固工程安全、可靠，经济效益和社会效益显著。

#### (2) 公路边坡灾害危害程度与防治工程安全分级与设计方案中荷载及组合标准结合问题

本标准以《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330-2013）、《公路滑坡防治设计规范》（JTG/T 3334-2018）、《公路路基设计规范》（JTG D30-2015）等规范中相关分级标准，将公路边坡灾害危害程度等级与安全等级相组合，形成个工况条件下安全系数标准，指导设计。

滑坡危害程度按照表 3 确定。

表 3 滑坡危害程度分级

危害对象		危害程度			
		小型滑坡	中型滑坡	大型滑坡	巨型滑坡
公路通过滑坡前部	桥梁	★	★	▲	▲
公路通过滑坡中部	路堤	★	★	▲	▲
公路通过滑坡后部	路堤	☆	★	▲	▲
	路堑	○	○	☆	★
	桥梁	★	★	★	★

滑坡位于隧道洞口	★	★	▲	▲
----------	---	---	---	---

注：①滑坡影响区内有高压输电塔、油气管道等重要建筑物，以及村庄和学校时，滑坡危害程度可定为严重或特严重。

②当滑坡处于稳定状态时，其危害程度可定为轻。

③滑坡危害程度分级符号：○—轻、☆—中等、★—严重、▲—特严重。

滑坡防治工程安全等级按照表 4 确定。

**表 4 滑坡防治工程安全等级**

滑坡危害程度	安全等级		
	高速公路、一级公路	二级公路	三、四级公路
轻	I	III	III
中等	I	II	III
严重	I	II	II
特严重	I	I	II

注：①滑坡防治工程安全等级由高到低依次为 I 级、II 级、III 级。

②滑坡影响区有桥梁、隧道、高压输电塔、油气管道等重要建筑物、以及村庄和学校的二、三、四级公路，滑坡防治工程安全等级宜提高一级。

③区域内唯一通道的二、三、四级公路，滑坡防治工程安全等级宜提高一级。

设计安全系数应依据滑坡防治等级和荷载组合，按表 5 选取。

**表 5 滑坡抗滑稳定设计安全系数取值表**

防治等级	设计	校核		
	工况 I	工况 II	工况 III	工况 IV
I	1.3	1.25	1.15	1.05
II	1.25	1.20	1.10	1.02
III	1.2	1.15	1.05	不考虑

①工况 I——基本组合，为设计工况，考虑基本荷载；

②工况 II——特殊组合，为校核工况，考虑基本荷载+降雨荷载

③工况 III——特殊组合，为校核工况，考虑基本荷载+地震荷载

④工况 IV——特殊组合，为校核工况，考虑基本荷载+降雨荷载+地震荷载

### (3) 微型抗滑桩构造要求与承载力计算方法确定

微型桩治理滑坡时的主要作用机理为抗剪、抗弯和其独特的抗拉拔性能，但因其单个桩的长细比大、截面抗弯刚度小、柔性大，故应设在滑体较薄、推力不至于过大、桩前不临空的地段。



由于微型桩的特殊构造,为保证钢材保护层厚度和工作性能,微型桩的桩径不宜过小。但微型桩桩径过大时,其工作性能接近于传统抗滑桩,加筋材料过多,经济上也不合理,施工不便捷。桩的间距也很重要,当微型桩的间距较大时(超过桩径的 6 倍),可以不考虑群桩效应。当间距较小(小于桩径的 4 倍)时,需要考虑群桩效应。

微型桩的破坏位置基本位于滑面附近,在破坏区以外,微型桩桩身的内力衰减很快,因此,从微型桩的抗弯能力来看,当桩身达到一定长度后,再增加桩的长度对于抗滑作用的意义不大。

微型桩大型物理模型试验表明,微型桩单桩与群桩的弯矩分布范围不同,单桩受荷段弯矩集中分布于滑面以上 10 倍桩径的范围,群桩受荷段弯矩分布于整个受荷段,其中滑面以上 15 倍桩径范围内弯矩较大。群桩与单桩受荷段最大负弯矩均位于滑面以上 7 倍桩径处。微型桩嵌固段主要承受正弯矩(迎滑侧受拉),且分布于滑面以下 10 倍桩径的范围内,最大正弯矩位于滑面以下 5 倍桩径处。

群桩各排桩的剪力分布形式基本相同,滑面以下 7 倍桩径至滑面以上 7 倍桩径范围内的剪力方向与滑动方向相同,最大正剪力位于滑面处;滑面以上 7~20 倍桩径与滑面以下 7~23 倍桩径范围内剪力方向与滑坡滑动方向相反,受荷段最大负剪力约位于滑面以上 13 倍桩径处,嵌固段最大负剪力约位于滑面以下 12 倍桩径处。

综合以上试验结果,再考虑一定的安全系数后,提出以  $30d$  和  $1/3$  桩长作为嵌固段桩长的限制指标。

#### (4) 微型抗滑桩结构内力计算方法确定

不同于普通抗滑桩,微型桩的桩径小、长细比大,其抗弯刚度小,更接近柔性材料的性质,因此在实际工程设计施工时经常以微型桩群桩的形式出现,微型桩除了靠自身抗弯和抗剪性能抵抗滑坡推力外,还会和周围的桩间岩土体产生较为复杂的桩-土相互作用以此来承担一部分的滑坡推力。因此,对于微型桩抗滑作用机理研究可以大致从微型桩桩身抗弯、抗剪性能和桩-土相互作用两个方面进行。

桩-土相互作用方面的研究主要集中在桩间土体发挥抗剪强度所导致的应力转移现象,即“土拱效应”,1943 年,太沙基通过活动门试验证实了土体中也存在这种现象并将其定名为“土拱效应”,“土拱效应”产生的原因可简单概括

为，在荷载作用下，介质间的不均匀移动而导致的介质中应力状态发生改变，从而形成土拱。Wang 以太沙基的理论为支持，假定边坡为无限长刚塑性，对桩间土拱进行了相关研究，认为土拱效应在各类土体中都存在，其次桩间距是影响土拱拱压的一个重要因素。孙书伟、胡家冰、朱本珍和夏俞毛等人通过模型试验及数值分析研究土拱形成机制及结构特征，认为微型桩的桩间距越小，则桩间土拱效应越强，并建立了微型桩加固土拱的拱轴线方程。赵明华等考虑桩间的“土拱效应”，建立了对应的土拱简化计算模型。

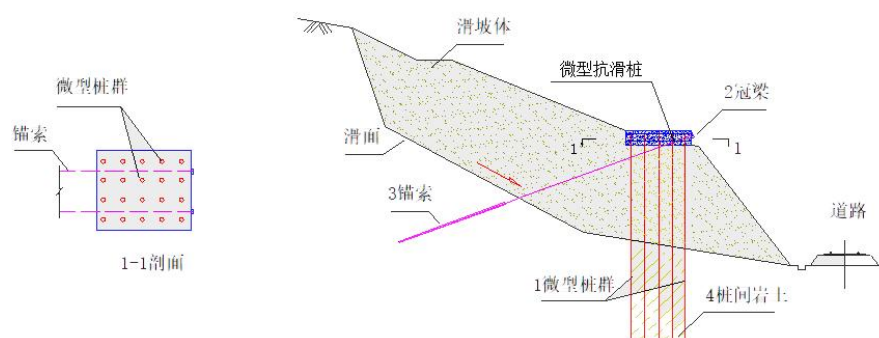


图2 微型抗滑桩计算模型

近年来，国内外研究者做了许多有关微型桩的物理模型试验、数值模拟试验以及现场试验等，研究的方面也较为广泛，包括微型桩的承载能力、“土拱效应”以及桩身内力计算等。例如，Bruce 等人进行了微型桩的抗压和抗拔载荷试验，研究了微型桩单桩的承载性能。Richards 等人通过试验证实了微型桩及微型群桩能够有效承担水平荷载。龚健等人将微型桩布置在软土地基中然后施加水平向荷载进行试验研究，研究证实了微型桩具有较好的承担水平荷载的能力。孙书伟等人结合物理模型试验以及数值模拟的方法，研究了“土拱效应”的形成机制和结构特征，并提出了微型桩加固土拱的拱轴线方程。Andrew 等人进行了大型物理模型试验研究了微型桩在稳定边坡中的荷载传递特性，结果指出对于无顶部连系梁的微型群桩应用  $p-y$  曲线法，实测的弯矩分布与理论计算得出的结果较为符合。付磊等人将微型桩埋置在砂土中进行室内模型试验，研究了微型桩的变形和受力特征，在试验的基础上利用三维有限元方法建立微型桩桩-土相互作用模型，并提出了微型桩加固砂土的  $p-y$  双曲线模型。微型桩变形及内力计算推荐采用弹性分析法。对于较完整的岩质滑坡，计算微型桩内力时，可假定作用于微型桩群的水平推力均匀分布于各排微型桩上；对于其他滑坡，各排微型桩所承担推力的比值可通过地区经验、试验及数值分析确定。微型抗滑桩的桩土作用机制较为复杂，土质边坡和岩质边坡的受力特点也不尽相同，岩质边坡中微型抗滑桩内力

计算可以抗剪及抗拉承载力为主，土质边坡中微型抗滑桩内力计算则需额外满足抗弯承载力要求。



图3 微型抗滑桩模型试验

## 4 知识产权说明

本标准的最终知识产权归中交第一公路勘察设计研究院有限公司所有。

## 5 采标情况

本标准为首次起草的陕西省地方标准，未采用国际标准和国外先进技术。

## 6 重大分歧意见的处理经过和依据

无

## 7 标准性质的建议说明

本标准对公路边坡微型抗滑桩加固工程中勘察、设计、施工及相关检测、监测标准进行了详细而明确的规定，可为陕西省内各等级公路沿线山体滑坡及不稳定斜坡等地质灾害治理工程中的微型抗滑桩设计、施工提供有力的技术指导，建议本标准审批发布为推荐性行业标准。

## 8 其他应予以说明的事项

无