

# 高边坡“h”型抗滑桩施工技术研究

陈官金 李洪元

中国水利水电第九工程局有限公司

**摘要：**h型抗滑桩是一种新型组合式抗滑桩，其研究价值较高，应用前景较广泛，根据h型抗滑桩桩身复杂、结构尺寸大的特征，对传统施工顺序进行研究并优化是十分有必要的。重点通过研究前后排桩施工顺序安排、锚索孔定位、连系梁纵筋位置的控制以及大型钢筋笼吊装施工等问题，在提高桩身质量、缩短工期等方面有着十分深远的意义，同时为类似的工程提供参考依据。本文主要阐述了“h”型抗滑桩与格构梁联合支护形式的施工工艺，同时针对“h”型抗滑桩支护形式研究冠梁、锚索与抗滑桩能够更有效地形成一个支护整体。

**关键词：**高边坡；“h”型抗滑桩；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.21.035

## 前言

在国外，滑坡工程中早在20世纪30年代就开始应用抗滑桩。随着各国经济的恢复和发展，自1948年意大利的迈特公司研制出第一台旋挖钻机后，经过几十年的发展，机械旋挖抗滑桩逐渐成为工程建设中滑坡治理的主要手段之一。

而在国内，预应力锚索成了20世纪80年代以来边坡抗滑治理的新形式。锚索抗滑是目前铁路、公路、水电、建筑和矿业等领域中最基础和重要的抗滑结构形式。随着大型机械的发展，旋挖钻机也得到了很大的提升。因此，在边坡治理中，抗滑桩形式逐渐多样化。其中，“h”型桩作为一种新型边坡抗滑桩之一，在国内研究甚少。对于连系梁的植筋破坏桩身质量问题更是缺乏研究。因此，对于h型抗滑桩施工工艺进行研究并改善施工工艺显得十分必要。

## 一、研究的理论和实践依据

### （一）h型抗滑桩介绍

“H”型抗滑桩是一种创新型的组合式抗滑桩，由前排桩、后排桩和连系梁构成。它具有高刚度、强抗弯矩能力、良好的稳定性和卓越的阻滑性能，已广泛应用于滑坡治理和边坡防护领域。“H”型抗滑桩的工作原理是利用滑坡下滑推力作用于后排桩的抗滑段，将一部分推力传递给位于稳定基层的锚固段，同时通过连系梁将另一部分推力传递给前排桩。前排桩通过嵌入稳定基层的锚固段来消除连系梁传递的剩余下滑推力，从而保持滑坡体的稳定。

### （二）h型抗滑桩施工工艺

就目前而言，抗滑桩施工工艺与普通桩基施工差异性不大，均可采用机械成孔。但在本工程中，抗滑桩为前后排，还存在桩间板、连系梁、冠梁及锚索等附属加固措施，结合本工程现场实际，边坡施工关键施工点施工工艺及施工顺序存在极大的优化进步空间，对于施工中安全、质量、进度及成本的控制也是十分有意义的。

### （三）连系梁植筋钻孔破坏桩身钢筋的处理

由于抗滑桩施工工艺简单，目前国内施工工艺大多是根据施工经验来进行施工。为保证桩身完整性，连系

梁钢筋制安方式大多采用植筋，就目前而言，植筋技术已经较为成熟，但本工程中，抗滑桩和连系梁钢筋都十分密集，采用传统的植筋技术很容易造成将抗滑桩钢筋笼纵筋箍筋破坏，从而降低抗滑桩桩身质量，进而导致抗滑桩的抗滑能力降低。目前对植筋钻孔不破坏桩身钢筋的问题研究并不多，所以研究和改善植筋钻孔工艺，保护桩身钢筋不被破坏是十分有必要的。

### （四）锚索钻孔破坏桩身钢筋的处理

预应力锚索与抗滑桩配合使用是在实际工程中十分常见的，本文案例中，锚索钻孔孔径为150mm，而在抗滑桩有1.6m、1.8m、2m的规格，所有后排抗滑桩均设置有锚索拉结，由于抗滑桩钢筋笼纵筋间距较小，仅直径为1.6m的抗滑桩通过微调钢筋笼纵筋间距才能满足锚索钻孔要求，直径为1.8m、2m的抗滑桩在不采取任何措施的情况下，在锚索钻孔时其桩身钢筋极易被破坏，导致桩身质量问题。所以目前研究抗滑桩锚索钻孔破坏桩身钢筋的问题是十分有必要的。

## 二、工程基本情况

某安置房建设工程项目-施工（二标段）工程，该工程有总长约417m，高约0m~35.93m的岩质边坡，采用了预应力锚索抗滑桩的方式来对高边坡进行治理，其中高边坡为顺向坡，产生山体滑坡等地质灾害的概率大大增加。基于本次边坡工程其特有的施工条件及施工内容，针对其中高边坡“h”型抗滑桩整体的各施工工艺环节存在的联系及施工困难进行攻坚克难，以保证工程质量。

根据工程前期准备工作开展的抗滑桩锚索施工对桩身主钢筋破坏解决方案的制定，确定桩身主钢筋间距调整的具体参数以及如何定位钢筋调整位置；同时制定冠梁钢筋在不破损桩身主筋的情况下，保证其植筋工艺质量。

### （一）本工程结构主要施工参数

本工程所研究的“h”型抗滑桩相关主体部位如下所示：

#### 1) 抗滑桩

表2-1 抗滑桩配筋表

桩身直径	钢筋类型	钢筋直径	使用部位
1.6~2m	HRB400	32	纵筋
	HRB400	14	螺旋箍筋
	HRB400	25	架立筋
	HRB400	25	架立筋

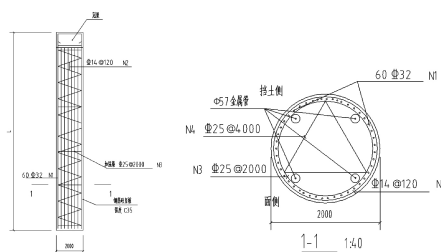


图2-1 抗滑桩配筋图

2) 锚索

表2-2 锚索材料表

锚索号	倾角(°)	自由长度(m)	锚固长度(m)	富余长度(m)	规格
1	25	12	8	1	8s15.2
2	25	9	8	1	8s15.2
3	25	12	8	1	5s15.2
4	25	9	8	1	5s15.2
5	25	12	6	1	5s15.2
6	25	9	6	1	5s15.2
7	25	6	6	1	5s15.2

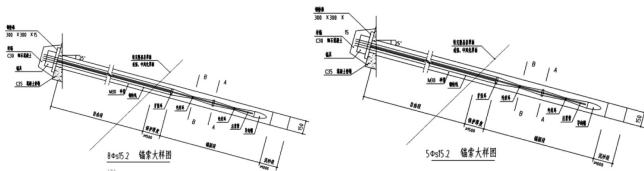


图2-2 锚索大样图

3) 冠梁

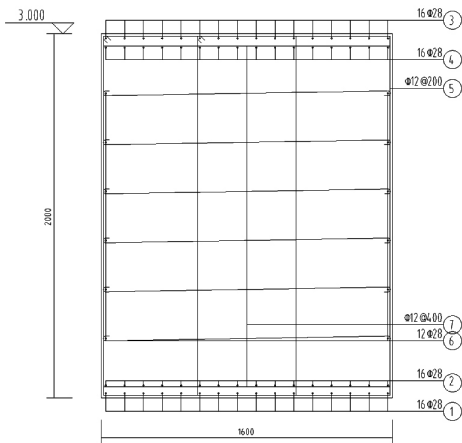


图2-3 冠梁配筋图

(二) 抗滑桩锚索洞口施工破坏孔桩主筋以及定位

预应力锚索与抗滑桩配合使用是在实际工程中十分常见的，在本工程中，锚索钻孔孔径为150mm，而在抗滑桩有1.6m、1.8m和2m的规格，所有后排抗滑桩均设置有锚索拉结，由于抗滑桩钢筋笼纵筋间距较小，仅直径为1.6m的抗滑桩通过微调钢筋笼纵筋间距才能满足锚索钻孔要求，直径为1.8m、2m的抗滑桩在不采取任何措施的情况下，在锚索钻孔时其桩身钢筋极易被破坏，导致桩身质量问题。

所以本工程在施工过程中对于直径为1.6m的抗滑桩，通过调整锚索钻孔位置的两根纵筋间距，并采用预埋直径为200mm的圆环钢筋用于对钻孔位置的定位，以保证锚索钻孔时不破坏桩身钢筋，其中微调钢筋间距在设计中是允许的。

对于1.8m及2m的抗滑桩，显然调整钢筋间距过大，容易使抗滑桩出现结构薄弱环节，通过方案比对，科研小组最终选择采取调整钢筋间距后再进行纵筋加密的方法，在锚索钻孔位置两侧均增设同规格钢筋，加以补强。

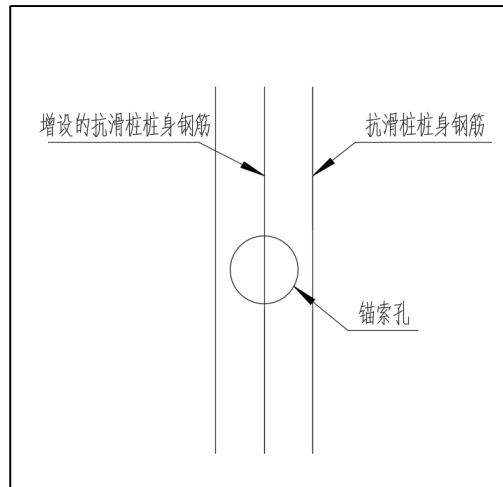


图2-4 纵向钢筋加密施工示意图

(三) 保证桩身主钢筋不破损进行冠梁植筋

本工程中，抗滑桩和连系梁钢筋都十分密集，采用传统的植筋技术很容易造成将抗滑桩钢筋笼纵筋箍筋破坏，从而降低抗滑桩桩身质量，进而导致抗滑桩的抗滑能力降低。本工程针对连系梁植筋破坏桩身钢筋的问题，采取了直接在抗滑桩浇筑完混凝土并达到相应强度后将抗滑桩保护层剔除，然后植筋钻孔，这样可以快速进行植筋定位。这种解决措施方便快捷，易于施工，施工质量高。

三、施工技术研究分析

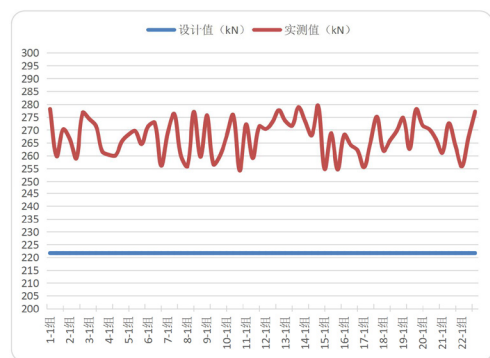
在经过之前对“h”型抗滑桩施工技术的研究和将确定的方案进行现场实施后，2022年主要是为形成科研成果，将在现场实施的相关施工过程记录以及试验数据进行收集和系统性的整理，为今后类似工程的建设积累经验。

(一) 相关实验数据的收集和整理

1) 混凝土结构后锚固抗拔力试验

针对连系梁的植筋效果，选取的是使用LR-30T 锚杆拉拔仪(193007)通过连续加载的方式进行检测，本工程共计70处连系梁，共计6440处植筋，按照《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145-2013以及相关试验规范要求，每300处为一组，每组不少于3个试验点，共计检测22组，试验结果统计如下所示：

表3-1 连系梁后锚固试验统计表



根据上述试验结果统计，本工程所检测的22组，共计66处后锚固点均未出现钢筋松动情况，满足设计要求。

## 2) 锚索承载力检测

本工程抗滑桩部分的锚索共计193处, 共计进行预应力锚索拉拔检测38处, 根据《建筑边坡工程技术规范》GB5033-2013及相关的锚索技术规程, 采用的是锚索张拉机, 配置百分表(0-10mm)、压力表(0-100)Mpa1.5级进行检测, 设计值根据锚索型号的不同, 设计值在200kN~600kN, 检测结果均为“锚头位移变形稳定, 最大变形小于理论变形量, 评定为合格”。

## (二) 研究成果分析整理

根据公开号为“CN208701714U”的专利文献, 科研小组提出了一种高边坡抗滑桩和挡土墙联合支护结构。然而, 由于工程项目特征限制, 无法将抗滑桩和挡土墙应用于超高边坡的支护, 并且无法保证高边坡的稳定性。经过分析总结后, 科研小组认为将抗滑支护单元和格构梁结合设计是最优方案。建议将抗滑支护单元铺设于斜度为 $75^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的边坡坡面, 并包括多根抗滑桩。同时, 在斜度为 $35^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 的边坡坡面上铺设格构支护单元, 并包括多根格构梁。此外, 在相邻两个抗滑支护单元、相邻两个格构支护单元以及相邻的抗滑支护单元与格构支护单元之间设置直排梁, 直排梁铺设在斜度为 $0^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 的边坡坡面上, 将相邻的抗滑桩或格构梁连接为一体。这种设计方案能够更好地满足工程项目特征, 并提供对高边坡的稳定性保障。

在边坡支护施工过程中, 首先需要对边坡表面进行挖掘, 形成台阶状结构。然后, 使用抗滑桩结构对每个坡面进行分层支护。相邻两层的抗滑桩支护结构通过连桩冠梁连接在一起, 提高整体支护结构的稳定性。这种支护方式可以有效保护边坡和台阶面, 并确保高边坡的稳定性。此外, 采用分层支护方法还可以确保每层支护的高度不超过旋挖钻机钻孔深度的限制, 从而使常规施工机械装备能够顺利完成施工任务, 并降低施工难度。

具体来说, 在连桩冠梁或抗滑桩中嵌入于边坡表面以下。连桩冠梁或抗滑桩由强度等级不低于C35的混凝土浇筑而成, 并且内部还嵌入有钢筋笼。通过在连桩冠梁或抗滑桩中嵌入钢筋笼, 不仅增加了结构强度和承载力, 还增强了连桩冠梁的强度, 防止边坡台阶面发生滑坡。这样, 整个支护结构就能够连接成一个完整的整体, 增强了支护结构的整体性和稳定性。

此外, 钢筋笼由多根支撑筋、多个外箍筋环、多个内箍筋环和多根内接筋组成。这些内箍筋环、支撑筋和外箍筋环通过焊接连接在一起, 每根内接筋都套在内箍筋环中, 并分别与两个内箍筋环的两端进行焊接。最佳选择是将内接筋在钢筋笼横断面中投影为等边三角形。外箍筋环和内箍筋环都采用圆形设计。等边三角形具有更稳定的支撑结构, 可以显著增强连桩冠梁或抗滑桩的强度和承载能力。此外, 在连桩冠梁或抗滑桩的横断面上采用圆形设计, 其外径不小于1.8m。桩支护体系还包括桩间板, 该板布设于边坡表面, 将相邻两根抗滑桩连接为一体。相邻两根抗滑桩之间的距离不超过4m

通过以上的工程方案和支护结构设计, 可以有效地解决高边坡的稳定性问题, 并提供了施工难度降低的可能性。这些技术和方法对于高边坡工程项目具有重要意义, 并且在实际应用中显示出了良好的效果。因此, 在实际工程中, 我们可以根据具体情况选择合适的支护结

构和施工方法, 来保证高边坡工程的安全和稳定性。

## 四、技术创新点

(1) 本工程为安置房项目, 业主对高边坡支护质量、安全需求是较高的, 通过本课题的研究, 提高了本项目高边坡支护的施工质量, 保证使用安全。

(2) 在整个施工过程中, 不断进行深入研究和分析, 成功结合施工现场实际情况, 申报了两项专利, 分别是关于联合支护体系以及结合“h”型抗滑桩分层支护特点, 并进行了专利申请。

(3) 通过对抗滑桩施工工艺的原理研究, 从技术措施方面进行优化, 成果解决了锚索钻孔破坏抗滑桩主筋以及连系梁植筋破坏桩身主筋的问题, 保障了工程质量。

(4) 获得了本项目业主、监理方的高度认可。

(5) 实现了项目部在公司房建项目施工中, 对于建筑边坡治理的施工技术进步, 能够为公司类似项目提供相应的施工经验及施工工艺方法。

## 五、施工技术创新

1) 一种结合边坡格构梁抗滑桩的支护系统, 包含抗滑支护单元和格构支护单元。边坡坡面上铺设抗滑支护单元, 斜度为 $75^{\circ} \sim 90^{\circ}$ , 由多根抗滑桩组成。边坡坡面上铺设格构支护单元, 斜度为 $35^{\circ} \sim 75^{\circ}$ , 由多根格构梁组成。相邻的抗滑支护单元和格构支护单元之间以及相邻的抗滑支护单元与格构支护单元之间设置直排梁。直排梁铺设在边坡坡面上, 斜度为 $0^{\circ} \sim 35^{\circ}$ , 并将相邻的抗滑桩或格构梁连接在一起。这种技术方案充分利用了格构梁和抗滑桩的优势, 增强了整个支护结构的稳定性和整体性。此外, 采用了适合机械设备成孔深度范围内的高度控制方法, 降低了施工难度。

本次高边坡支护结构采用多层桩支护体系。桩支护体系包括多根抗滑桩, 相邻两层桩支护体系之间设置台阶。台阶表面设有连桩冠梁, 将相邻的两根抗滑桩连接在一起。在边坡支护施工过程中, 首先在边坡表面形成台阶, 然后采用抗滑桩结构对每个边坡坡面进行分层支护。相邻两层抗滑桩支护结构通过连桩冠梁连接成整体。这种技术方案提升了整个支护结构的整体性, 有效地保护了边坡坡面和台阶面, 确保了高边坡的稳定性。此外, 采用分层支护方法, 每层支护高度都不超过旋挖钻机可钻孔深度限制, 常规施工机械设备即可完成施工任务, 降低了施工难度。

## 参考文献

- [1] 刘松, 王晨, 武兰蕊. H型抗滑桩治理边坡的效果评价[J]. 陕西水利, 2022.
- [2] 余政兴, 孙宁. 引发某近坝库岸滑坡失稳临界蓄水位研究[J]. 水利技术监督, 2021.
- [3] 宁宇, 黄青富, 郝李坤, 石崇. 联合h型桩在滑坡体阻滑中应用数值模拟研究[J]. 科学技术与工程, 2021.
- [4] 王晨涛, 刘欣, 张尧禹, 沈宇鹏. h型抗滑桩的分析方法及在滑坡治理工程中的应用[J]. 路基工程, 2020.
- [5] 罗勇, 姜波, 李春峰, 曾耀. h型抗滑桩滑坡治理中的变形特性及内力研究[J]. 地下空间与工程学报, 2017.