

我国水利水电工程高边坡的加固与治理 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/492/2021_2022__E6_88_91_E5_9B_BD_E6_B0_B4_E5_c67_492193.htm

我国水利水电工程高边坡的加固与治理 摘要：我国广大水电建设者在与滑坡灾害作斗争的过程中不断总结经验教训，开展科技攻关，总结出了一整套水电高边坡工程勘测、设计、施工新技术。通过混凝土抗滑桩、混凝土沉井、预应力锚索、锚杆、以及减载、排水等加固、治理边坡的方式和措施的应用，成功地建成了天生桥二级、三峡、李家峡等复杂的高边坡工程。关键词：高边坡；抗滑结构；锚固；减载；排水；治理；水利水电工程

边坡稳定问题是水利水电工程中经常遇到的问题。边坡的稳定性直接决定着工程修建的可行性，影响着工程的建设投资和运行安全。我国曾有过几十个水利水电工程在施工中发生过边坡失稳问题，如天生桥二级水电站厂区高边坡、漫湾水电站左岸坝肩高边坡、安康水电站坝区两岸高边坡、龙羊峡水电站下游虎山坡边坡等等。为治理这些边坡不但耗去了大量的资金，还拖延了工期，成为我国水利水电工程施工中一个比较严峻的问题，有的边坡工程甚至已经成为制约工程进度和成败的关键。我国正在建设和即将建设的一批大型骨干水电站，如三峡、龙滩、李家峡、小湾、拉西瓦、锦屏等工程都存在着严重的高边坡稳定问题。其中三峡工程库区中存在10几处近亿立方米的滑坡体，拉西瓦水电站下游左岸存在着高达700 m的巨型潜在不稳定山体，龙滩水电站左岸存在总方量1 000万m³倾倒蠕变体等。这些工程的规模和所包含的技术难度都是空前的。因此，加快水利水电边坡工程的科研步

伐，开发出一套现代化的边坡工程勘测、设计、施工、监测技术，已经成为水利水电科研攻关的重大课题。高边坡的地质构造往往比较复杂，影响滑坡的因素也很多，因此，我国广大水电科技人员在与滑坡灾害作斗争的过程中，不断总结经验教训，积极开展科技攻关，总结出了一整套水电高边坡工程勘测、设计和施工新技术，成功地治理了天生桥二级、漫湾、李家峡、三峡、小浪底等工程的高边坡问题。本文仅就水利水电工程岩质高边坡的加固与整治措施作一简要介绍。

1、混凝土抗滑结构的应用

1.1 混凝土抗滑桩

我国在50年代曾在少量工程中试用混凝土抗滑桩技术。从60年代开始，该项技术得到了推广，并从理论上得到了完善和提高。到80年代，高边坡中的抗滑桩应用技术已达到了一定的水平。抗滑桩由于能有效而经济地治理滑坡，尤其是滑动面倾角较缓时，其效果更好，因此在边坡治理工程中得到了广泛采用。如：天生桥二级水电站于1986年10月确定厂房下山包坝址后，11月开始在厂房西坡进行大规模的开挖，加上开挖爆破和施工生活用水的影响，诱发了面积约4万m²、厚度约25~40 m、总滑动量约140万m³的大型滑坡体。初期滑动速度平均每日2 mm，到次年2月底每日位移达9 mm。如继续开挖而不采取任何工程处理措施，预计雨季到来时将会发生大规模的滑坡，为此，采取了抗滑桩等一整套治理措施。抗滑桩分成两排布置在厂房滑坡体上，在584 m高程上设置1排，在597 m高程平台上设置1排，桩中心距6 m，桩深为25~39 m，其中心深入基岩的锚固深度为总深度的1/4，断面尺寸为3 m×4 m，设置15 kg/m轻型钢轨作为受力筋，回填200号混凝土，每根抗滑桩的抗剪强度为12 840 kN，17根全部建成后，可以承

受滑坡体总滑动推力218 280 kN。第一批抗滑桩从1987年3月上旬开工，5月下旬开始浇筑，6月1日结束。第二批抗滑桩施工是在1987~1988年枯水期内完成的。抗滑桩开挖深度达3~4 m后，在井壁喷30~40 cm厚的混凝土。对岩体较好的井壁采用打锚杆、喷锚挂网的方法进行支护，喷混凝土厚度10~15 cm。对局部塌方部位增设钢支撑。抗滑桩开挖到设计要求深度后，进行钢筋绑扎和钢轨吊装。混凝土浇筑采用水下混凝土的配合比，由拌和楼拌和，混凝土罐车运输直接入仓，每小时浇筑厚度控制在1.5 m内，特别是在滑动面上下4 m部位，还需下井进行机械振捣。在浇到离井口5~7 m时，要求分层振捣。每个井口设两个溜斗，溜管长度为10~14 m，管径25 cm。抗滑桩的建成，对桩后坡体起到了有效的阻滑作用。天生桥二级水电站厂房高边坡采用打抗滑桩、减载、预应力锚杆、锚索、排水、护坡等综合治理措施后，坡体的监测成果表明：下山包滑坡体一直处于稳定状态，而且有一定的安全储备。安康水电站坝址区两岸边坡属于稳定性极差的易滑地层，由于对两岸进行了大规模的开挖施工，所形成的开挖边坡最大高度达200余m，单坡段一般高度在30~40 m。大量的开挖造成边坡岩体的应力释放，断面暴露，再加上雨水的侵入，破坏了边坡的稳定，致使边坡开挖过程中发生十几处大小不等的工程滑坡，严重地影响了工程的施工，成为电站建设中的重大技术难题。采用抗滑桩是稳定安康溢洪道边坡的主要手段，在263 m高程平台上共设置了9根直径1 m的钢筋混凝土抗滑桩，每根桩都贯穿几个棱体，最深的达35 m，桩顶嵌入溢洪道渠底板内。为了不干扰平台外侧基坑的施工，桩身用大孔径钻机钻成，孔壁完整，进度较快，两个月就

全部完成。这9根抗滑桩按两种工作状态考虑：在溢洪道未形成时，抗滑桩按弹性基础上的悬臂梁考虑，不考虑桩外侧滑面上部岩体的抗力；在溢洪道建成后抗滑桩桩顶嵌入溢洪道底板，此时按滑坡的下滑力考虑。抗滑桩混凝土标号为R28250号，钢筋为40级钢。抗滑桩于1982年1月施工，3月完成后，基坑继续下挖，边坡上各棱体的基脚相继暴露。同年11月，在Fb75与F22断层构成的棱体下面坡根爆破开挖后，发现在263 m高程平台上沿Fb75、F22断层及7号抗滑桩外侧近南北向出现小裂缝，且裂缝不断扩大，21天后7号抗滑桩外侧的Fb75~F22棱体下滑，依靠7号抗滑桩的支挡，桩内侧山体得以保存。

1.2 混凝土沉井

沉井是一种混凝土框架结构，施工中一般可分成数节进行。在滑坡工程中既起抗滑桩的作用，有时也具备挡土墙的作用。天生桥二级水电站首部枢纽左坝肩下游边坡，在二期工程坝基开挖浇筑过程中，曾于1986年6月和1988年2月两次出现沿覆盖层和部分岩基的顺层滑动。滑坡体长80 m，宽45 m，高差35 m，最大深度9 m，方量约2万m³。为了避免1988年汛后左导墙和护坦基础开挖过程中滑体再度复活，确保基坑的安全施工，对左岸边坡的整体进行稳定分析后，决定在坡脚实施沉井抗滑为主和坡面保护、排水为辅的综合治理措施。沉井结构设计根据沉井的受力状态、基坑的施工条件和沉井的场地布置等因素决定，沉井结构平面呈“田”字形，井壁和横隔墙的厚度主要由满足下沉重量而定。井壁上部厚80 cm，下部厚90 cm；横隔墙厚度为50 cm，隔墙底高于刃脚踏面1.5 m，便于操作人员在井底自由通行。沉井深11 m，分成4、3、4 m高的3节。沉井施工包括平整场地、沉井制作、沉井下沉、填心4个阶段。下沉

采用人工开挖方式，由人力除渣，简易设备运输，下沉过程中需控制防偏问题，做到及时纠正。合理的开挖顺序是：先开挖中间，后开挖四边；先开挖短边，后开挖长边。沉井就位后清洗基面，设置 25 锚杆(锚杆间距为 2 m，深 3.5 m)，再浇筑 150 号混凝土封底，最后用 100 号毛石混凝土填心。沉井工程建成至今，已经受了多年的运行考验。目前，首部边坡是稳定的，沉井在边坡稳定中的作用是明显的。

1.3 混凝土框架和喷混凝土护坡

混凝土框架对滑坡体表层坡体起保护作用并增强坡体的整体性，防止地表水渗入和坡体的风化。框架护坡具有结构物轻，材料用量省，施工方便，适用面广，便于排水，以及可与其他措施结合使用的特点。天生桥二级水电站下山包滑坡治理采用混凝土护面框架，框架分两种型式。滑面附近框架，其节点设长锚杆穿过滑面，为一设置在弹性基础上节点受集中力的框架系统；距滑面较远的坡面框架，节点设短锚杆，与强风化坡面在一定范围内形成整体。下山包滑坡北段强风化坡面框架采用 50 × 50 cm、节点中心 2 m 的方形框架，节点处设置两种类型锚杆：在 550 ~ 560 m 高程间坡面，滑面以上节点垂直于坡面设置 36 及 32、长 12 m 砂浆锚杆，在 565 ~ 580 m 高程间坡面则设垂直于坡面的 28、长 6 m 的砂浆锚杆，相应地框架配筋为 8 20 和 4 20。框架要求在坡面挖 30 cm 深，50 cm 宽的槽，部分嵌入坡面内，表层填土并掺入耕植土，形成草本植被的永久护坡。在岩性较好的部位可采用锚杆和喷混凝土保护坡面。

100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 www.100test.com