

高速公路边坡稳定性与加固技术研究

昭通先行

昭通先行道路桥梁工程有限公司，云南省昭通市，657000；

摘要：昭通至泸州高速公路 K30+340~K30+700 填方边坡处治实践，采用抗滑桩、钢花管注浆加固处理。抗滑桩通过穿过滑坡体深入滑床，桩顶钢花管注浆，显著提高了边坡的稳定性，有效控制了边坡的滑动。通过监测数据验证，抗滑桩能够显著提高斜坡地基边坡的稳定性，处置效果明显。表面位移和深部位移的监测结果显示，抗滑桩有效控制了边坡滑动，变形量较小且趋于稳定。

关键词：高速公路边坡；抗滑桩；钢花管注浆

DOI：10.69979/3029-2727.24.05.030

1 概述

S10 昭泸高速是连接昭通到泸州的重要主干线公路，来往车辆多，已经运营了两年半，该公路为双向 4 车道高速公路，设计行车速度 80Km/h，标准路基宽度 25.5m，设计行车荷载公路 I 级。地质灾害位于牛场收费站 L1 匝道至铜厂坡隧道进口位置，距离牛场镇 2Km，距离镇雄县城 33Km。2023 年 7 月底至 8 月初该地区降雨集中且夹有特大暴雨，导致该区域出现地质灾害山体滑坡。滑坡位于铜厂坡隧道出口（对应主线桩号 K30+340~K30+700 段）。

滑坡体主要为挖方路基过渡至填方路基段，坡脚靠河边位置，发生土体滑动随即牵引范围不断扩大，直至延伸至高速公路（上行线）路基位置，路面、中央分隔带和坡面产生多条拉张裂缝。

滑坡体已经发生大规模滑动，若不采取紧急处理措施，存在滑坡范围继续扩大趋势，将对高速公路运营造成重大安全隐患，同时威胁高速公路下方居民生产、生活安全。

2 工程地质及水位条件

镇雄县位于滇东北地区，区域上属于滇东岩溶高原湖盆亚区的北部，滑坡所在区域位于镇雄县西侧的构造侵蚀低中山地貌区，周边斜坡整体西高东低，属于单斜地貌，斜坡坡度较大，约 20~35° 不等，局部斜坡坡脚大于 70°，整体起伏较大。属于复杂地貌类型。

高速公路周边斜坡范围内地面标高介于 1300m~1500m 之间，相对高差约 200m。滑坡体位于牛场坡隧道口附近，该滑坡所在位置位于高速公路路面、格构梁及

其下方的农田中，整体斜坡坡向约 62°，坡度约 20~26°，局部斜坡坡度较陡。高速公路上方斜坡坡度约 20~25°，斜坡上方为陡崖，出露厚层状砂岩。岩体节理裂隙发育，且不具有明显规律性，局部岩层产状有突变现象。小断层的存在对于工程建设过程中边坡开挖后的稳定性具有不利影响。

项目区勘探深度范围地下水位埋藏较深，地下水位接近强风化层位置，属于基岩裂隙水，水位在崩坡积层中，属于松散岩类孔隙水。

3 滑坡的构造及滑坡的成因分析

3.1 土体自身条件

该段边坡下有不透水层，边坡较陡，不能满足山体自身稳定要求。不透水粘土层的不规则分布，易形成新的滑床。在边坡开挖施工后，山体的整体性被破坏，自身的重力产生剪力破坏。边坡失稳后，在坡顶形成拉张裂缝。地表水和浅的地下水从裂缝流到粘土层中。由于该土层不透水，大量水流集中在不透水层上。滑体的运动使得积水变成了泥浆，泥浆逐渐从透水层中渗透到坡面。同时也使得内摩擦系数降低，摩擦力减小，滑体摩擦角也随之减小，形成滑床，最终导致滑坡。

3.2 施工原因

由于山体自身处于一种不饱和的稳定状态，开挖边坡后产生了新的临空面。使得本身趋近于稳定的滑坡体失去平衡，在长时间土体的自重驱动力下，而具有滑移的趋势。当新的临空面出现时，积水不断从透水层的表面流出。水流沿纵向不均匀分布，在透水层与不透水层间形成一层很光滑的滑动面（带）。由于山体自身具有

滑移的趋势，加上滑动带的形成，山体内部的摩擦系数骤然下降，摩擦力减小。最终形成滑坡。

3.3 人为因素

坡面排水主要是通过设置坡顶截水沟、平台截水沟、边沟、排水沟、急流槽来实现。路基施工过程中未做好坡体排水，坡体排水未采用渗沟、盲沟及斜孔将水排除边坡外侧。水渗进土体，使土体的密度增加，增加土体剪切应力的主要原因。增加坡体的下滑力。从而导致土体抗剪强度降低。雨水由此渗入而带来斜坡滑坡。

4 滑坡的治理方案

在疏通排水的基础上，采用矩形抗滑桩进行支挡加固，修复原道路路基路面及交安设施等措施进行综合治理，治理方案如下：

抗滑桩：在 K30+400~K30+500 段挖方边坡位置和 K30+500~K30+670 段路基填方体下部设置 50 根矩形抗滑桩进行支挡，其中 K30+400~K30+520 段挖方边坡位置在左幅路基边缘适当位置按 1:1.5 进行放坡开挖至抗滑桩桩位，K30+400~K30+520 段设置 20 根 2.0×3.0m 矩形抗滑桩，桩长 36~40m，桩心间距 6.0m，桩顶采用系梁（高 2.0m）连接；K30+520~K30+670 段设置 30 根 2.2×3.4m 矩形抗滑桩，桩长 34~40m，其中 21#~29# 桩心间距 6.0m，29#~50# 桩心间距 5.0m；桩顶采用系梁（高 2.0m）连接，K30+520~K30+600 段在现有二级填方坡脚位置设置，K30+600~K30+670 段现有三级填方坡脚位置设置，该段抗滑桩内侧采用浆砌片石按坡比 1:2 反压回填至原挡墙；抗滑桩采用 C30 混凝土浇筑，抗滑桩护臂采用 30cm 厚 C25 钢筋混凝土。

钢花管注浆：1、为防止抗滑桩桩间土溜滑，在 K30+405~K30+545 段 1#~25# 抗滑桩系梁底部桩间位置设置钢花管注浆进行加固，深度 15m。2、上行线 K30+520~K30+620 段路面裂缝范围 6m 宽挖除路面结构层后采用 15m 钢花管注浆加固，下行线 K30+420~K30+670 段全幅路面宽挖除路面结构层后采用 15m 钢花管注浆加固；

挡墙工程：对应桩号 K30+500~K30+700 段滑坡区坡脚河边设置 5~6m 高防冲刷挡墙以及高度 3m、宽度 1.5m 的防冲刷挡墙，共计 14 道，每道 5m 长；

坡面防护：1、K30+405~K30+500 段挖方边坡采用拱形骨架进行防护；2、K30+500~K30+600 段现填方坡面修复拱形骨架护坡；

排水工程：1、上行线 K30+160~K30+730 段右侧边沟清除沟体内淤积杂质，局部边沟破坏段拆除重建（保留原设计过水断面）。2、中央分隔带 K30+420~K30+730 段边沟清除沟体内淤积杂质，局部边沟破坏段拆除重建（保留原设计过水断面）。3、下行线 K30+500~K30+700 段右侧填方坡面拱形骨架内间隔 6m 设置仰斜式排水孔，长 40m；

交安工程：主体结构施工结束后，护栏按既有护栏等级、连接方式进行恢复，标线按原设计要求进行恢复。

5 边坡加固效果

抗滑桩已于 2024 年 5 月 30 日全部完成，表面位移监测。通过边坡纵、横向布置位移观测点，横向在路基边缘路肩、中分带路基边缘、抗滑桩桩顶、边坡表面位移监测，通过布置测站点，利用全站仪对水平、垂直相对位移进行监测。前两个月每周观测一次，最大位移 3mm；第三、四个月每周观测一次，最大位移 2mm；第五、六个月每半月观测一次，最大位移 1mm，监测半年后趋于稳定。前期坡面位移变化速率较大，后期较小并趋于稳定。高程变化量也较小，也呈现前期变化速率较大后期逐渐放缓的趋势，监测完成后高程、水平位移变化趋于稳定。有效控制了边坡变形及滑移。

6 结论与建议

针对实际情况，自然条件对施工的影响，采用抗滑桩整治是常用的有效措施之一。对于大型滑坡，排水、减载等是综合措施的一部分，对于中小型滑坡常用支挡、渗沟等处治方案，具有山体破坏少、滑坡收效快的特点。由于该处工程地质差，尽管滑坡后已趋稳定。为保证其土体的稳定性、路基运营安全，该处采用抗滑桩，具有设置灵活，可分散使用，省时省料，便于施工，易于建成，技术含量高的特点。

挖方路基边坡的滑体不大时，可采用开挖阶梯减重，以达到路基边坡的稳定。同时修筑明沟、排水涵管或集水井排除地下水。

对填方路堤的滑坡，一般可采用反压土方或修建挡土墙防护等方法处理；滑坡较大时，可用钢筋混凝土锚固桩、预应力锚索等方法因地制宜采用。所有构造物基础必须置于滑动面以下的硬岩层上或达到设计要求的深度。

在进行路基边坡滑坡治理过程中，不但要考虑自然因素，还要重视人为的因素。对待同一滑坡问题时，有

不同的处治方案，但无论采用哪种处理措施，如何找到它们之间的平衡点，有效性和经济性始终是作为一对矛盾体而存在的，这就成了边坡治理的关键，而解决此问题的有效方法就是结合当地的地质、水文和经济因素，在理论知识的指导下结合工程实际，最终做出合理、有效的治理方案。

参考文献

[1]《浅析水对边坡稳定的影响》吴良炎，《今日科苑》

2009-03-23

[2]《关于高边坡防护技术的探讨》陆青莲；杨建平，《科技与企业》2013-03-06

[3]《高速公路边坡抗滑桩加固分析》冯盛林，《山西建筑》2022-04-13

[4]《公路滑坡防治措施综述》潘海，《商情(教育经济研究)》2007-10-15

[5]《路基边坡滑坡整治》周怀龙；向燕《科协论坛(下半月)》2009-08-25