# 宁夏同沿高速公路 K174滑坡病害分析及整治

杨 杰 王国余
(宁夏公路勘察设计院有限责任公司 宁夏银川 750004)

**摘 要** 介绍宁夏同沿高速公路 K174段在路基施工过程中形成了牵引式工程滑坡，针对其工程地形地质条件，提出了抗滑桩为主的综合治理措施，对今后类似的滑坡整治有一定的借鉴。

**关键词** 应急措施 牵引式滑坡 抗滑桩

## 1 概况

宁夏同心至沿川子段高速公路 K174 + 775～K175 + 240段左侧滑坡位于宁夏固原市泾源县大湾乡牛营村北侧约 300 m处，路线从较平缓山坡的中下部以深路堑通过，走向 179°。

该路段原设计最大挖深约 24 m，施工开挖形成高大临空面，由于坡体岩土松软、强度低，加之地表、地下水的影响，坡体前缘失去支撑而发生变形，K174 + 970～K175 + 100段左侧岩土体向东向西滑塌，形成牵引式工程滑坡。滑坡演变速度很快，经采取应急措施在滑坡前部填土反压及夯填裂缝，反压土体于两天内完成，反压后第四天滑坡稳定，不少裂缝已变小和消失，为滑坡治理创造了条件。

## 2 滑坡区工程地质条件

### 2.1 地貌特征

该区属剥蚀丘陵地貌，位于清水河与泾河支流分水岭地带。路线自黄土梁的宽浅垭口部位通过，山势为中间低、东西两侧渐高，自然坡度 10°～15°，海拔高 1 990～2 050 m。山坡圆缓，坍塌、坍滑等不良地质现象较为发育。斜坡上部梁峁坡地呈阶梯状旱地。

### 2.2 地层岩性

本区出露的地层上覆第四系上更新统马兰黄土、低液限粉土，下伏第三系渐新统清水营组砂岩、泥岩。马兰黄土厚约 3～4 m，灰黄色为主，地表植物根系多，垂直节理、卸荷裂隙发育，结构松散，稍湿—潮湿，显弱湿陷性。低液限粉土（$Q_4^{al}$）分布于黄土下部，据钻探资料，该层在斜坡范围内呈透镜状分布，厚度 2.0～3.5 m，最厚可达 10.0 m，暗灰色，孔隙发育，松散—稍密状态，潮湿—饱和。该层富含有机质，从已开挖的断面可见树枝、树根、叶片，树枝最大直径 15～20 cm；并见有螺壳，开挖时散发出“沼气”，具有静水环境中沉积的特征。第三系渐新统清水营组（$E_2^s$）泥岩、泥质砂岩和砂岩分布于坡体下部，泥岩为红褐色、深灰色、灰白色，砂岩为红、褐红色，泥质胶结，结构较疏松，呈半成岩状，岩层受构造及外动力地质作用影响，产状变化较大，总体上基岩向西缓倾，倾角约 5°。岩体风化强烈，软弱，强度较低。

## 3 滑坡变形及形成条件

### 3.1 滑坡变形情况

该滑坡发生之前左侧已开挖至路基设计高，第二级边坡窗孔式护面墙已完成，进入 6月份降雨量增大，在山坡上发现断续裂纹，至 7月 6日，在 K174 + 920～K175 + 120左侧坡口外多处产生贯通裂缝，最大延伸长 145 m，宽 10 cm左右，最远一条裂缝距坡口线 35 m，同时，在坡脚附近 3～6 m范围内产生隆起变形。

7月 9日，发现原最远一条裂缝后部又产生多条圈椅状裂缝，后缘裂缝已距原坡口线 105 m左右，坡口线附近裂缝前部已整体下错约 2 m，路堑脚附近隆起抬升，进一步发展至路基中线附近。滑坡体沿滑动方向长 150 m，沿路线方向宽约 240 m。

鉴于以上情况，经指挥部、设计、施工单位商定采取应急反压措施，在 K174 + 920～K175 + 120段坡脚附近填土反压，反压高 6 m，反压大平台宽 12 m，并留 2 %的流水坡，大平台下按 1∶1.5放坡，使滑体临时稳定，避免产生更大的危害。同时要求施工单位做好应急预案、坡面巡视、加密观测。为避免雨水下渗危害，要求对坡口线附近裂缝用粘土夯填，对坡口附近下错较大坡体，采用塑料布覆盖等措施，尽量避免地表水渗入坡体。

应急工程措施已于 7月 12日前完成，现场监测结果显示，反压工程完成后的第二天，滑体的滑动速率已明显降低，第四天滑体基本稳定，说明应急措施达到了预期目的。

### 3.2 滑坡主要特征

(1) 根据滑坡变形情况及后期勘察结论，滑体厚约 10～17 m，滑体大于 50万 $m^3$，为一大型牵引式滑坡。

(2) 滑面位于全风化与强风化岩层的交界带附近，推测其滑面依附构造面发育生成为岩石滑坡。

### 3.3 滑坡形成条件及其诱发因素分析

(1) 特殊的岩土性质。滑坡范围的第三系泥岩、泥质粉砂岩为易滑地层。该套岩层为半成岩状，胶结和固结程度都比较低，水理性差，持水性强，被水浸泡易软化，从而为滑坡创造了有利的物质条件。

(2) 活跃的地质构造。该区构造断裂十分发育，在第三系地层中形成众多缓倾角且倾向临空面的构造面，开挖后易沿构造面产生变形滑动破坏。

(3) 丰富的地下水。该区雨量大，雨水易于下渗，泥岩产状较平缓，相对隔水，形成局部潜水层，尤其粉砂岩与泥岩接触处地下水富集，一方面降低岩土强度，致使抗滑力减小，另一方面受动水压力、静水压力作用，增加下滑力，导致滑坡的产生。

杨 杰，男，工程师。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(4) 人类工程活动的影响。高速公路深路堑施工时，坡体前部开挖，使坡体侧向失去支撑，是滑坡产生的最直接诱发因素。

(5) 降雨对斜坡稳定的影响。本区降雨量较大，多年平均降雨量为 650.09 mm，降雨集中，且多暴雨和连续阴雨，使得区内斜坡体中地下水较为发育，该滑坡 6月初产生变形，在 7月 1～9日变形速率显著增加，与该段时间持续降雨关系密切。

## 4 整治措施

### 4.1 滑坡大清方方案

全部清除已滑动部分滑体约 40 ×$10^4$ $m^3$，清方后斜坡设计为台阶式，且挖至滑床，部分至滑床以下，清方约 60 ×$10^4$ $m^3$。大清方后斜坡高陡，加之后部滑面处为砂质泥岩岩层，地下水富集，如不采取强有力的加固防护措施，必留巨大隐患，因其受构造面控制，滑面可能下移，滑坡规模可能扩大。

### 4.2 以抗滑桩为主的综合治理方案

该方案以在第二级边坡平台上设置抗滑桩为主体工程，桩后适当减重，增加边坡加固防护工程措施，完善地表、地下排水系统等综合措施，稳定滑坡。

经专家综合评审，该方案技术可行，与大清方方案比较，经济上也是合理的。

#### 4.2.1 推力计算及岩土体强度指标的选择

采用不平衡推力法进行计算。由于滑坡推力大，为了减小滑坡对抗滑桩的推力，对桩后滑体适当刷方减载，在三级边坡坡顶设计 15 m宽平台，三、四级边坡坡率为 1∶1.5。根据《公路路基设计规范》，该滑坡设计安全系数天然状态下取 $K$ = 1.20，经减载后，滑坡推力计算结果及岩土体主要力学指标见表 1。

表 1 主要力学指标及减载后滑坡推力计算结果表

| 断面位置 | 抗滑桩处推力/kN | 坡脚推力/kN | 后缘 c/kPa | 后缘 φ/(°) | 主滑带 c/kPa | 主滑带 φ/(°) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| K174＋975 | 2 103 | 885 | 0 | 40 | 10 | 10.96 |
| K175＋050 | 1 532 | 707 | 0 | 40 | 10 | 10.93 |
| K175＋100 | 1 930 | 955 | 0 | 40 | 10 | 11.77 |

#### 4.2.2 滑坡支挡防护主要工程措施

(1) 坡形坡率设计 (见图 1)

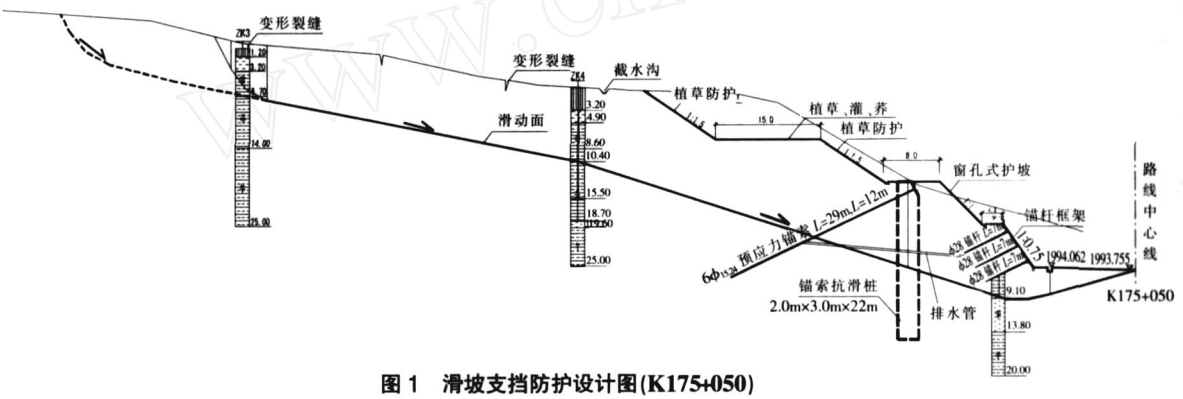



图 1 滑坡支挡防护设计图(K175+050)

(2) 抗滑桩工程。该滑坡治理工程的主体为锚索抗滑桩。在滑坡范围内从 K174＋900～K175＋140段共设置 41根锚索桩，桩中心间距 6 m，桩截面尺寸 (1.8～2.0) m × (2.6～3.0) m，桩长 20～24 m；每根桩顶设置两孔预应力锚索，1号～23号桩锚索长度为 31 m，24号～41号桩锚索长度 29 m，每束锚索均采用 6$\phi^s$15.24 mm高强度、低松弛钢绞线，锚固段长均为 12 m，单孔设计荷载为 750 kN。预应力锚索采用 $\phi$150 mm钻孔，锚孔下倾 25°。

(3) 边坡坡面加固防护工程。第一级边坡 K174＋775～＋879段采用窗孔式护面墙，K175＋161～＋240段采用植草防护；K174＋879～K175＋161段采用 $\phi$28锚杆框架植草防护；第二级边坡保留原设计窗孔式护面墙防护；第三、四级边坡采用植草防护；

第一级坡顶 3.0 m宽平台采用 M7.5浆砌片石封闭；第二级边坡顶 8.0 m宽平台靠二级坡坡口处采用 M7.5浆砌片石封闭 1.0 m宽，其余部分植草、灌、荚。第三级边坡顶 15.0 m宽卸荷平台上植草、灌、荚防护。

#### 4.2.3 排水工程

(1) 在边坡坡口线外距离约 5 m处设置截水沟，将坡面的水引至边坡外。

(2) 第一、二级平台上设水沟，将平台上的水引到边坡外，第三级边坡顶卸荷平台不设置排水沟。

(3) 在第一级边坡 K174＋950～K175＋050段范围内，距坡脚 0.8 m处设置一排仰斜排水孔，排水孔设置在每相邻两根抗滑桩之间，排水孔长 28 m，间距 6 m，上仰 5°，在桩坑开挖过程中根据地下水位深度及出水量大小可适当调整排水孔的长度。

## 5 结束语

牵引式滑坡具有非缓倾角主滑带，因其综合摩擦角常小于倾角，所以其本身有下滑力并牵动后段，两者共同作用促使其顺层下滑和牵动后段，并推挤反坡抗滑段一起滑动。

本段施工图阶段只做了一般的坡面防护，没有充分认识到外界的干扰可能会产生古滑坡复活，导致了施工过程中产生滑动变形，如不及时采取应急措施，滑坡体会进一步地演变，给工程治理带来更大的难度。经验、教训是宝贵的。

**参考文献**：

[1] 公路路基设计规范 (JTGD30 - 2004). 人民交通出版社.
[2] 刘国民等. 长沙国道绕城公路 K42＋800滑坡病害分析与整治对策研究. 中南公路工程，2005，30 (2).
[3] 宁夏公路勘察设计院. 固原至沿川子高速公路 A13合同段施工图设计文件. 2006.

收稿日期：2007 - 02 - 12

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net