

某边山公路工程地质环境特征 及其地质灾害危险性评估

贺鹰¹ 张国胜²

(1 山西省地质工程勘察院 太原 030024; 2 山西省第三地质工程勘察院 晋中 030620)

摘要: 公路工程地质灾害的发生往往与公路沿线及其周边的复杂的地质环境条件密切相关, 边山地带往往是崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害高易发区, 线路沿程长, 地形、地质条件复杂, 决定了线路工程地质灾害危险性评估有其特殊性。本文以山西太原西山运煤公路专线为例, 简要地介绍了线路工程地质灾害评估工作的基本特点, 对线路工程的地质灾害危险性评估工作提供了一定的参考价值。

关键词: 地质灾害; 崩塌; 泥石流; 危险性评估; 土地适宜性

0 前言

拟建公路为运煤专用线路, 为减少大型运载车辆对城市环境的影响, 拟沿城市边山地带新建运煤专用公路, 线路总长 43km。而边山地带往往是崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害高易发区, 加上该线路邻经城市边山煤矿采空区, 沿线地形地质条件复杂, 对公路工程沿线进行周详的地质环境调查, 查明地质灾害类型及其特征, 评价地质灾害的危险性, 为建设单位防治地质灾害提供一定依据, 为尽可能减少因不合理的工程活动引发的地质灾害给人民生命财产造成的损失起到一定的预防作用。

1 工程概况

拟建线路位于太原市西部, 沿边山总体呈近南北走向, 线路里程 K0+000-K43+076, 全长 43.076km, 拟建工程按二级公路标准设计, 设计行车时速为 60m/h, 路基宽 12m, 全线共设置长 380m 的隧道 1 座, 总长 3945m 的大桥 11 座, 总长 378m 的中桥 5 座, 总长 29m 的小桥 2 座, 涵洞共计 45 道; 分离式立交 7 处, 天桥 14 处, 通道 20 处。

2 地质环境特征

2.1 拟建线路评估范围的划分

线路沿程地形地貌复杂, 岩土体工程地质性质较差; 破坏地质环境的人类工程活动强烈, 拟建公路属“重要建设项目”, 沿线边山地带崩塌、滑坡、泥石流等灾害点多, 影响范围不仅限于线路两侧, 工程建设还有削坡、架桥等复杂工程有可能对周边也产生影响, 原则上线路工程评估范围以线路中线向两侧外扩 1000m 为限, 评估面积约 86km²。

2.2 地质环境特征

根据地形地貌特征, 将线路评估范围划分为低山丘陵区、冲洪积倾斜平原区、冲积平原区 (见图 1), 其中低山丘陵区占线路总长的 50.2%, 冲洪积倾斜平原区占线路总长的 20.9%, 冲积平原区占线路总长的 28.9%, 线路 K0+000-K9+800 与 K37+000-K43+076 段评估区呈现平原区的气候特征, K9+800-K37+000 段评估区呈现山区的气候特征。评估区内地表水系属黄河流域汾河水系, 主要河流有汾河、虎峪沟、玉门沟、九院沙沟、冶峪沟、风峪沟等, 除汾河长年有水外, 其它河沟均属季节性河流。

评估范围位于太原断陷和西山向斜次级构造单元内。区域地层走向以 NE 向为主; 断裂构造以走向 NE、NNE 向平行排列的高角度断裂为主, 次为 NW 向断裂带; 褶皱构造不甚发育, 以走向 NE 和近 SE 向舒缓褶

皱为主。评估区内地层由老到新依次有下古生界奥陶系，上古生界石炭系、二叠系及新生界新近系、第四系。

评估范围内大面积为黄土（ Q_3 ）覆盖，汾河、虎峪河等河沟中，为全新统（ Q_4 ）冲积、冲洪积碎石、砂卵石、亚粘土。评估区线路西侧长约 16km 地段出露有软硬相间的灰岩、页岩或砂岩、泥岩。总体上岩层产状较为平缓，岩体结构为软硬相间，软质岩体抗风化能力差，易软化、泥化，被水侵蚀掏空，降低抗滑力，从而使上覆岩体产生滑动或使上部硬质岩石形成临空面，形成危岩体或石质崩塌。

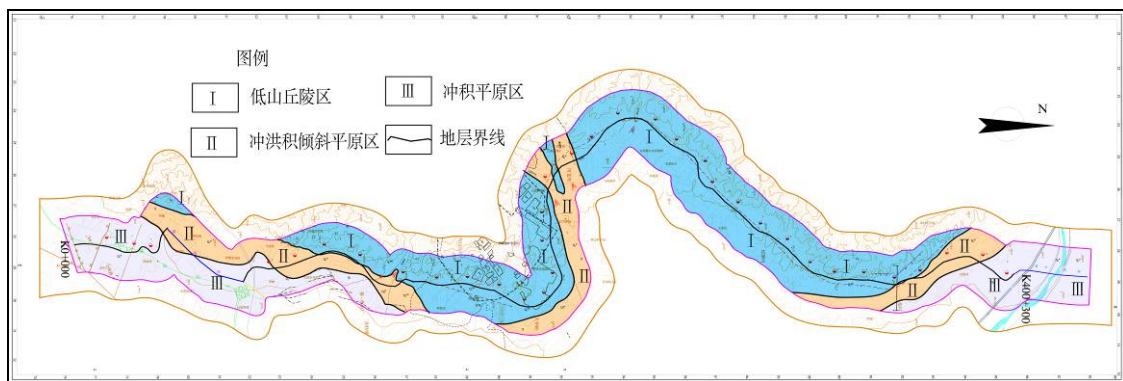


图 1 线路评估范围地貌分区

3 地质灾害危险性评价

3.1 泥石流灾害

拟建线路紧邻边山布设，沿途跨越多条沟谷，较大的沟谷有风峪沟、冶峪沟、九院河沟、虎峪沟、玉门沟等。据调查，1996 年 8 月 4 日，由强降雨诱发，九院沟、虎峪沟、玉门沟及风峪沟发生特大泥石流地质灾害，曾造成西山部分矿井坑道进水，设备被淹，并有人伤亡。据有关部门初步统计，当次泥石流灾害造成直接经济损失累计达 8.16 亿元。

泥石流发生有两个必备条件，一个是降雨量，一个是物源。据《泥石流灾害防治工程勘查规范》DZ/T0220-2006 表 G.1，5 条沟谷的泥石流易发程度均为中度易发。对照《规范》附录 B 中的表 B.1，评估区具备爆发泥石流的降水量条件，强度较大的降雨主要集中在 6~9 月份，雨量大，来势猛，持续时间较长，为泥石流形成提供了动力条件。

水的作用一方面是浸润饱和和山坡松散物质，使其向下滑动的摩擦阻力减小，另一方面水流对松散物质的侧蚀掏挖作用产生滑坡、崩塌等，增加了泥石流形成的物质来源。而随着煤矿的不断开采，采煤引发的沟谷边坡土体松动，产生了崩塌、滑坡，也增加了泥石流物源，在河道处进行的城市建筑对河道产生堵塞，所有这些因素都导致泥石流发生的可能性加大。

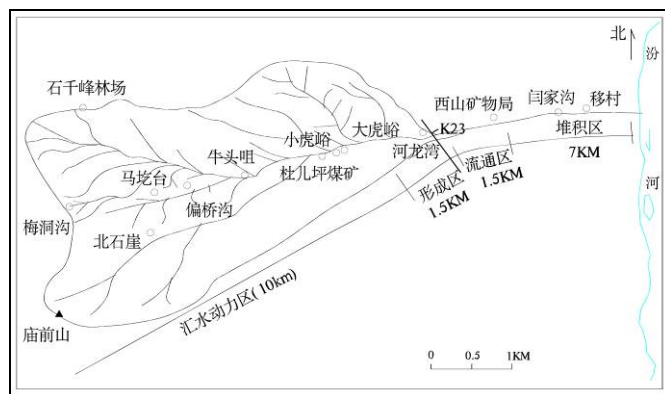


图 2 虎峪沟泥石流示意图

建设工程在沟谷处往往是以桥梁形式跨越，均位于可能发生泥石流的沟谷堆积区或接近于堆积区（图 2），每座桥梁的造价均大于 500 万元。泥石流可能冲毁位于沟谷中的桥墩，使桥梁发生破坏，对建设工程产生危害，其危险性大。

3.2 崩塌、滑坡地质灾害

（1）崩塌

经调查，评估区现状发现有 5 处典型崩塌，其特征见表 1。与线路距离较近，可能对线路产生影响的是 B₅崩塌。该崩塌属人工切坡，因坡度过陡，临空面大引发崩塌。目前坡体较为稳定。

崩塌统计 表 1

编号	与线路位置关系	类型	坡向 (°)	坡角 (°)	规模					影响因素	稳定性
					长 (m)	宽 (m)	厚 (m)	体积 (m ³)	级别		
B ₁	K8+900 左 950m	岩质	150	75	50	20	1.5	1500	小型	采石	不稳定
B ₂	K10+220 左 300m	岩质	120	70	50	20	2.5	2500	小型	人工采石 削坡	稳定
B ₃	K10+750 左 100m	岩质	110	85	30	15	1.0	450	小型	人工采石 削坡	不稳定
B ₄	K11+450 左 300m	岩质	165	50	20	15	2	600	小型	人工采石 削坡	稳定
B ₅	K13+800 左 50m	土质	100	85	15	3	1	300	小型	人工 开挖	稳定

建设工程高挖方路段 表 2

序号	里程桩号	长度 (m)	最大挖方高度 (m)	挖方高度大于 15m 的长度 (m)	边坡岩性
1	K10+100-K10+575	475	17.4	20	Q ₃ 、Q ₂
2	K14+575-K14+975	400	25.6	44	Q ₃ 、Q ₂
3	K15+475-K15+875	400	20.7	30	Q ₃ 、P _{2s}
4	K16+975-K17+525	550	17.6	10	Q ₃ 、Q ₂ 、P _{2s}
5	K18+550-K18+830	280	27.4	12	Q ₃ 、Q ₂ 、P _{2s}
6	K19+625-K19+950	325	32.6	18	Q ₃ 、Q ₂ 、P _{2s}
7	占线路总长度%	6.5		0.32	

工程建设中有多处挖方，其中可能产生崩塌、滑坡的典型高挖方路段有 6 处，见表 2。在线路 K26+000-K36+800 段沿线路西侧低山丘陵区断续有高低不同的边坡挖方工程，而线路东侧断续分布有不低于 10m 的填方边坡。

在线路 K22+158-K22+538 处拟建长 380m 的隧道一条，隧道高 5m，宽 12.5m，为拱式单道隧道。隧道最大埋深 43.4m。

（2）滑坡

经调查，评估区现状发现有 8 处典型滑坡，其特征见表 3。可能威胁到线路的滑坡为 H₆ 和 H₈ 滑坡。H₆ 位于拟建线路黄坡大桥的北端，为土质滑坡，现状条件下危害性小，当修建桥梁时，对坡体开挖可能导致滑坡复活（图 3），从而可能威胁到施工人员及设备或直接威胁桥体工程。

上述已有边坡崩塌、滑坡或开挖、填方边坡，组成岩性上部为第四系上更新统亚砂土，下部为中更新统粘土、亚粘土和基岩。在降水、重力、振动等因素影响下，在施工过程中或工程建成后，边坡部位上部松散地层极易沿层面发生崩塌、滑坡。可能对现场施工人员构成威胁，或在公路建成后可能阻断交通，并威胁过往车辆。预测建设工程在上述路段地质灾害危害性中等，危险性中等。

滑坡统计 表 3

编号	与线路位置关系	类型	坡向(°)	坡角(°)	规模					影响因素	稳定性
					长(m)	宽(m)	厚(m)	体积(m ³)	级别		
H1	K9+710 左 500m	岩质	80	50	80	1000	50	400000	中型	断裂	较稳定
H2	K10+800 左 900m	岩质	15	80	160	100	5	80000	小型	暴雨	较稳定
H3	K14+310 左 550m	土质	270	50	40	80	10	32000	小型	暴雨	稳定
H4	K15+000 左 600m	岩质	70	50	200	85	3	51000	小型	暴雨	不稳定
H5	K16+000 左 350m	土质	170	60	35	20	8	5600	小型	暴雨	较稳定
H6	K16+200 右 20 m	土质	170	45	70	120	13	99000	小型	暴雨	不稳定
H7	K16+500 左 350m	岩质	170	75	240	170	11	449000	中型	暴雨	较稳定
H8	K34+250 左 80m	岩质	120	35	10	100	3~8	40000	小型	暴雨	不稳定

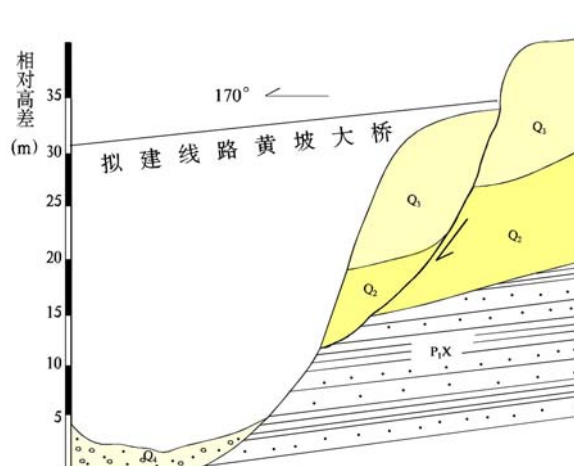


图 3 H₆ 滑坡示意图

3.3 地裂缝、地面塌陷地质灾害

线路 K14+800-K16+300、K19+900-K20+400 及 K20+400-K21+500 处穿越煤矿 2、3 号煤层采空区。据调查访问,已出现的地裂缝、地面塌陷距拟建公路最近约 50m, T₁ 采空塌陷区位于 K15+400 左 200m 处,采深约 230~260m,塌陷区面积约 4000m²; T₂ 采空塌陷区位于 K15+800 左 500m 处,采深约 320~350m,塌陷区面积约 5600m²; L₁ 裂缝位于 T₂ 塌陷内,线路 K15+800 左 500m 处,裂缝走向 135°,长约 150m,宽约 1m。开采时间为 1994~2005 年和 2006~2008 年,目前采空区、地裂缝、地面塌陷还处于不稳定状态,对拟建公路构成潜在隐患。公路建成后,在运煤车辆动载荷作用下,采空区有可能发生残余变形,危害公路的正常运营。线路下伏煤层如若继续开采,地表变形量、变形影响范围会更大,预测线路在 K14+800-K16+300 处及 K19+900-K21+500 遭受采煤引发的地裂缝、地面塌陷地质灾害危害性大,可能产生的经济损失大于 500 万元。地质灾害危险性大。

3.4 综合评价

根据国土资源部国土资发[2004]69 号文附件 1 中表 8-1,将线路评估范围划分为地质灾害危险性大、中、小三个区。

地质灾害危险性大区(A)为线路K4+000—K7+000与K10+100—K26+000段,分为2个亚区,占线路总长的43.9%,地质灾害类型为崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、地面塌陷等,其中挖方引发的边坡崩塌滑坡危险性中等,地裂缝地面塌陷危险性大,泥石流危险性大;

地质灾害危险性中等区(B)为线路K26+000—K36+800段,占线路总长的25.1%,主要地质灾害类型为挖方引发的崩塌、滑坡,地质灾害危险性中等;

地质灾害危险性小区(C)为线路K0+000—K4+000、K7+000—K10+100及K36+800—K43+076段,分为3个亚区,占线路总长的31%。

依据《技术要求》8.3.3将公路工程评估区地质灾害危险性大区的路段划分为基本适宜区,危险性中等区的路段划分为基本适宜区,危险性小区为适宜区。

4 防治措施

地质灾害危险性评价一般是在工程详细勘察之前做的工作,对所调查到的地质灾害点往往处于宏观定性评价,所提防治措施是警示性的,评估成果不能完全满足灾害治理工程的需要,需进一步开展地质灾害勘察、治理设计等相关工作才能获得较准确的各灾害体的物理力学参数,为治理工程提供可靠依据。

对于该所遭受或引发的地质灾害的主要防治措施是:

对拟建线路下伏煤层采空引起的地裂缝、地面塌陷地质灾害应分别对待,对采空区进行详细勘查并按相关规范进行治理,对压煤区留设保护煤柱。

对沿线路边山工程切坡引发的崩塌、滑坡地质灾害,按相关规范(GB50330-2002),切坡时留安全坡角,高陡斜坡应分台阶开挖,修护坡、排水沟等。

对线路沿线泥石流沟谷可能发生泥石流灾害,主要是按相关规范(JTJ024-85)设计、施工桥梁,修固定排水沟渠,在沟谷汛期应加强监测,排查隐患,疏通沟谷堵塞物。

5 结语

(1)、该运煤专线公路工程,所处地质环境条件复杂,桥梁、隧道、涵洞等工程量繁多,沿线已有地质灾害和可能引发的地质灾害类型,有泥石流、崩塌滑坡、地裂缝、地面塌陷等。有工程建设高挖方典型路段6处,总长2780m;沿低山丘陵区线路还断续有15m以下挖填方路段,总长10.8km,建议应对沿线地质灾害隐患点建立长期的监测体系,以便发现险情及时处理。地质灾害工程的设计、施工、验收应当与主体工程的设计、施工、验收同时进行。

(2)、在工程建设的设计、施工中应加强地质环境的保护,尽量减轻人类工程活动对地质环境的不利影响,尽可能避免诱发或加剧地质灾害的发生。对沿线工程建设可能产生的堆渣,要按照相关规范、标准(GB18599-2001)对固体废物采取有效措施收集、堆放、贮存、处置,以免造成次生危害。

由上可见,在工程建设前进行地质灾害危险性评价是必要的,对工程建设过程中及工程运营后都提供了一定的警示作用,为保护国家、人民生命财产安全,防灾、减灾起到了预防作用。

参考文献

- [1] 中华人民共和国行业标准,崩塌、滑坡、泥石流监测规范(DZ/T0221-2006)[S],中国标准出版社,2006.9
- [2] 中华人民共和国行业标准,泥石流灾害防治工程勘察规范(DZ/T0220-2006)[S],中国标准出版社,2006.9
- [3] 刘传正,地质灾害勘察指南[M],北京:地质出版社,2000
- [4] 金太平,公路工程地质灾害危险性评估野外工作方法探讨[J],西部探矿工程,2005(17)
- [5] 熊鹰,袁素凤,如何做好高速公路工程地质灾害危险性评估[J],山西建筑,2009(35)

Risk assessment on geological hazards and characteristics of engineering geological condition in highway engineering

Abstract: Geological hazards of highway engineering are closely related with its surrounding complex geological condition, and the susceptible areas of geological hazards such as collapse, landslide and debris flow are often found in mountain front, and the particularity of geological hazards risk assessment is determined by long lines and complex condition of terrain and geology. Taken a highway line of Taiyuan west-mountain in Shanxi Province as an example, the characteristics of geological hazards assessment in line engineering was briefly introduced in this paper, which will be helpful in the geological hazards assessment of line engineering.

Key words: geological hazards; collapse; debris flow; risk assessment; land suitability