

全炳欣, 赵俊刚. 工程地质选线在设计中的应用与研究[J]. 灾害学, 2018, 33(S1): 152-155. [QUAN Bingxin and ZHAO Jungang. Application and Research of Engineering Geological Line Selection in Design[J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(S1): 152-155. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.Z1.029.]

工程地质选线在设计中的应用与研究^{*}

全炳欣, 赵俊刚

(山西省交通规划勘察设计院, 山西 太原 030012)

摘要: 公路设计选线涉及地形地貌、环境保护、工程地质等多重因素, 在长大干线和区域地质条件复杂的情况下, 地质选线尤为重要。以山西省东大公路初步设计为例, 工程地质人员的前期参与, 使得路线成功地绕避了滑坡群和不良地质病害等地质环境, 减少地质勘察工作投入, 避免了后期改线, 也规避了运营风险和治理资金浪费, 降低了安全隐患, 达到了预期效果。从而体现了地质环境在前期工作中的重要性, 得出了一些针对工程地质在前期设计过程中的设计结论, 供相关专业人士探讨。

关键词: 公路设计; 选线; 工程地质; 前期设计; 地质环境; 地质灾害

中图分类号: U412.32; X43; P642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2018)S1-0152-04

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.Z1.029

影响公路选线的因素很多, 主要有社会因素和自然因素, 在自然因素中, 尤其是在地质条件复杂的情况下, 工程地质选线尤为重要。

人类工程活动都是在一定的地质环境中进行的, 二者之间必然产生特定方式的相互关联和相互制约。公路工程地质环境对人类的工程活动制约也是多方面的, 一方面表现为通过一定作用影响公路工程各组成部分的稳定和正常使用, 另一方面表现为通过作用影响公路工程的安全, 最后还表现为由于某些地质条件的不具备而提高了工程造价, 视地质环境的具体特点和人类工程活动的方式和规模而异^[1-3]。

如果在工程设计过程中无视地质条件的特点或对边坡稳定性判断失误, 有时会引起大规模的崩塌或滑坡, 不仅增加工程量、提高造价和延长工期, 有时还会危及施工人员的安全。所以工程地质在前期设计中是首要的制约因素^[4-8]。

以下, 将结合山西省浑源县东大线改线工程前期设计过程中工程地质的运用详细阐述工程地质在公路设计过程中的重要性。

1 项目概况

原东大线从浑源县城西南侧穿过, 经过县城后, 原东大线向东先后经过悬空寺景区、恒山风景区、恒山水库, 因该路段地势陡峻、地质条件

复杂, 公路线形指标较低, 又受制于景区及水库, 无改扩建空间。随着浑源县城整体发展, 该段时常出现交通拥堵现象, 交通事故也不断发生, 存在很大的安全隐患和环境污染。鉴于以上原因, 对现有东大线进行了改线设计。

按照交通部《JTG B01-2014 公路工程技术标准》的规定, 综合考虑拟建项目在路网中的功能、布局以及沿线经济发展的需要等因素, 本项目全线采用双向双车道二级公路标准。

2 工程地质调查

在初步设计开始之前, 对原工可路线方案进行工程地质调查。

2.1 地形地貌

路线起点位于大同盆地边缘, 地形开阔, 地势平坦, 路线主要穿越基岩山脉-翠屏山, 翠屏山属于北岳恒山构造剥蚀中山区, 微地貌为基岩中陡坡、基岩冲沟, 地表受强烈侵蚀切割作用, 地形破碎, 冲沟发育, 冲沟多呈“V”字形, 走向以南北向为主。最高点位于翠屏山顶, 海拔1 525.00 m, 最低点位于杨峪沟沟口附近, 海拔1 162.89 m, 相对高差约360 m, 植被以荒草灌木为主。

2.2 水文地质条件

项目区地下水按含水层岩性和赋水条件分为

^{*} 收稿日期: 2018-03-01 修回日期: 2018-07-05

第一作者简介: 全炳欣(1980-), 女, 湖北钟祥人, 硕士, 高级工程师, 主要从事道路与桥梁设计. E-mail: 47240915@qq.com

碎屑岩类裂隙水、碳酸盐岩类裂隙岩溶水和岩浆岩类裂隙水。

碳酸盐岩类裂隙岩溶水主要为基岩裂隙水,经取样分析,该水对混凝土结构及混凝土结构中的钢筋均无腐蚀性。但岩浆岩类裂隙水分布于构造剥蚀基岩山区。岩性主要为侏罗系凝灰岩,节理裂隙发育,为地下水活动创造了有利空间,不利于地下水形成完整的含水层,地下水多下渗到深部基岩或周围岩体内。地下水位埋藏较深,富水性弱。造成地面沉降、塌陷,对将来的隧道施工也可能出现滴水现象,也容易形成滑坡。

2.3 断裂构造

本项目共布设了 11 条路线方案,其中与工程地质有关的共有 6 条,分别是 A、B、C、H、J、K 线。

受区域构造影响,项目区断裂构造极为发育,其多数构造形迹明显反映了区域构造特征。各路线方案对应的断裂详见表 1 断裂统计一览表。

表 1 各路线方案断裂统计一览表

序号	位置	性质	影响
F1	AK6 + 200	逆断层	与路线相交,对路线有影响
F2	AK6 + 650	正断层	与路线相交,对路线有影响
F3	AK6 + 920	正断层	与路线相交,AK7 + 000 大桥位于断层附近,对桥台稳定性有一定影响
F4	AK8 + 100	正断层	与 A 路隧道相交,对隧道围岩影响较大
F5	AK8 + 470 BK7 + 870	正断层	与 A、B 路隧道相交,对隧道围岩影响较大
F6	AK9 + 700 BK8 + 380	逆断层	与 A、B 路隧道相交,对隧道围岩影响较大
F7	AK11 + 160 BK9 + 450	正断层	与 A、B 线路路基相交,对路线有影响
F8	AK11 + 440	逆断层	与 A 线路路基相交,对路基工程有一定影响,; 距离 B 线较近,对路线有影响
F9	BK8 + 100	逆断层	与 B 路隧道相交,对隧道围岩影响较大
F10	BK8 + 280 左 115m	逆断层	对隧道围岩影响较小
F11	BK8 + 916	正断层	与 B 线路相交,对路线有影响
F12	BK8 + 916	正断层	距离 B 线较近,对路基工程有一定影响
F13	BK9 + 600	正断层	距离 B 线较近,对路基工程有一定影响
F14	BK9 + 600	正断层	距离 B 线较近,对路基工程有一定影响

2.4 不良地质

项目区内的不良地质现象主要为滑坡、不稳

定边坡,各路线方案对应的滑坡详见表 2 滑坡影响一览表。

2.5 特殊岩土

本项目特殊岩土主要是湿陷性黄土和膨胀性岩土。

路堑边坡的膨胀性岩土主要分布在白垩系地层中,该地层岩性主要为砾岩,砾岩中广泛分布泥岩夹层,泥岩遇水之后极易膨胀软化,强度大幅度衰减,形成软弱结构面,造成边坡失稳。

项目区黄土集中分布在拟建路线的山前地带,主要为第四系上更新统坡洪积(Q_3^{dl+pl})黄土,沟谷出露少许第四系中更新统洪积(Q_2^{pl})黄土。呈黄褐~红黄色,结构疏松,具大孔隙,垂直节理发育,具自重湿陷性,湿陷厚度约 5 m~10 m。调绘期间发现多处落水洞,直径最大约 3 m,深度约 1 m~5 m。

项目区的膨胀性岩土主要为白垩系泥岩和侏罗系凝灰岩,且在项目区广泛分布,主要分布在基岩山区,该区域拟建的构筑物主要为深挖路堑和隧道工程。路堑边坡的膨胀性岩土主要分布在白垩系地层中,该地层岩性主要为砾岩,砾岩中广泛分布泥岩夹层,泥岩遇水之后极易膨胀软化,强度大幅度衰减,形成软弱结构面,造成边坡失稳;隧道工程的膨胀性主要分布在凝灰岩中,凝灰岩中含有一定量的亲水矿物,遇水后对洞体稳定性有一定影响。

3 路线方案比选

路线范围内断层发育,岩体破碎,滑坡较发育。通过初勘阶段地质调查和部分勘探进一步发现,恒山隧道东侧(临河侧)为断层破碎带,恒山隧道竖井到恒山隧道出口段,约两公里的范围内,分布有 13 条断层,平均每隔 200 m 即有一条断层存在。断裂构造发育方面, A 线发育断层 4 处, B 线断层 9 处, B 线受断裂的影响比 A 线严重; 路线范围内对工程有影响的滑坡 A 线发育 5 处, B 线发育 6 处, B 线受滑坡的影响比 A 线严重; B 线方案终点附近有 2 处不稳定边坡, A 线方案要优于 B 线方案; 隧道工程方面, B 线方案隧道围岩整体较差, A 线方案, 隧道出口附近围岩较好, 就隧道工程来看, A 线要优于 B 线方案。从工程地质角度总体评价, A 线方案优于 B 线方案。

C 线方案穿过一巨型滑坡, 直接威胁路线安全, 从工程地质角度比较, A 线方案明显优于 C 线方案。

H 线方案为 A 线孟家窑隧道比较方案, 优点是比 A 线方案缩短 0.53 km, 隧道造价较低。缺点是经过滑坡群, 处理滑坡群费用大, 并且施工及运营期间存在极大的安全隐患。

表 2 各路线方案滑坡影响一览表

序号	位置	影响
H1	AK4 + 400	位于线位附近，该处为填方路段，反压坡脚，施工后比较有利于边坡的稳定，但是在施工过程中及运营期间要做好排水措施，防止前缘冲刷，造成边坡失稳，威胁路基安全。
H2	AK4 + 800 左 110	距离较远，对路线影响甚微。
H3	AK7 + 100 BK6 + 960	目前整体较稳定，局部稳定性差，局部滑动面清晰可见。开挖后变成不稳定边坡，对 A、B 线杨峪沟 2#大桥桥台和路基工程影响较大，建议下阶段加大工作量，确定滑坡规模、滑动面位置等。
H4	AK7 + 400 右 170 m	距离较远，对路线影响甚微。
H5	AK7 + 400 右 210 m	距离较远，对路线影响甚微。
H6	AK7 + 450 左 20 m	位于线位附近，该处为填方路段，反压坡脚，施工后比较有利于边坡的稳定，但是在施工过程中及运营期间要做好排水措施，防止前缘冲刷，成边坡失稳，威胁路基安全。
H7	AK8 + 400 CK8 + 600	对 A 线无影响；位于 C 线隧道顶部，滑坡规模较小，洞身埋深较大，对 C 线影响甚微
H8	BK7 + 450 右 75 m	位于 B 线隧道进口附近，稳定性差，边坡后缘已产生拉张裂缝，隧道施工极易引起滑坡失稳，影响施工和隧道安全。
H9	BK7 + 900 左 220 m	无影响
H10	BK7 + 655 ~ BK8 + 060	位于隧道洞顶，稳定性差，目前后缘已出现拉张裂缝，滑坡失稳造成隧道偏压，对隧道工程影响较大。
H11	BK7 + 900 右 90 m	对隧道工程影响较小
H12	BK9 + 440 左 65 m	位于路线下游，稳定性较差，施工后，威胁路基安全。
H13	CK7 + 000	受水流冲刷及卸荷作用影响，坡体前缘局部已发生明显失稳，裂缝逐步向后缘扩张，边坡稳定性差。坡体规模较大，且位于线位上，对路线影响巨大，建议线位避开该滑坡。

J 线方案是考虑利用旧有东大线改造作为大灵线改线的比较方案。当时是浑源县交通运输局上报省交通运输厅，省交通运输厅组织审查原东大线改造方案，但方案没有通过，主要原因是：原有路平纵指标仅达 30 km/h 的速度，坡陡弯急，地质病害多，全线长 15.821 km 路基沉陷 4 段、地裂带 9 段、边坡坍塌及崩塌 8 段、路拱翘起 4 段，而且 5 处滑坡正在进行(图 1)。



图 1 原路面破损严重



图 2 滑坡段

K 线方案是对原工可方案的局部优化方案，穿越滑坡和不良地质段较多，同时还有其他原因等，已不满足项目要求。

本项目全长不到 12.0 km，扣除前面 3.6 km 的河谷平原区外，剩余 8.4 km，断层、滑坡如此之多，地质条件的复杂性在全省低等级公路中也是很少遇到，可见地质条件的复杂性。综合考虑后，推荐 A 图 2 滑坡线方案。

4 效果分析

4.1 工程效益分析

通过项目全过程地质跟踪调查，发现其穿越不良地质条件较多，有 7 处滑坡、13 处断层、2 处不稳定边坡，对隧道、桥梁、边坡的稳定性影响较大，相应的处治造价较高。但是原工可报告中，仅有 1 处小型滑坡，造价仅 20 万元，无其他不良地质病害，与实际调查情况出入较大。

4.2 经济效益分析

本项目在国民经济方面具有较强的抗风险能力。在公路工程的前期设计过程中，尤其是地形地质条件复杂的项目，对地质工作的掌握是整个项目能否顺利进展的基础工作，起着至关重要的作用。

研究公路工程和地质环境之间的相互关系，可有效防止地质病害的发生，还可减少工程造价，降低设计、施工等过程中不必要的浪费。

4.3 社会效益

合理的地质选线规避了后期运营风险, 促进了社会的和谐稳定。加强城际、城乡间的交通联系, 实现交通一体化, 带动沿线及相关区域经济社会的发展, 对社会环境产生的影响是积极的。通过合理的地质选线, 采取适当、有效的措施, 消除或降低消极因素, 规避社会风险, 确保项目的顺利实施。

5 结语

(1) 对于地质条件复杂的段落, 如果不深入沿线调查、深刻分析地质灾害将会引起的后果、进行合理工程地质选线, 则会直接影响下阶段设计工作。

(2) 工程地质选线规避了有 7 处滑坡、13 处断层、2 处不稳定边坡, 节约了工程资金, 取得了良好的经济效益和社会效益。

(3) 地质选线的设计前期介入, 大大减少了后

期的不必要的重复工作, 促进了项目的快速进展。

参考文献:

- [1] 张倬元, 王士天, 王兰生, 等. 工程地质分析原理[M]. 北京: 地质出版社, 2016.
- [2] 丁小军, 陈波, 赵永国, 等. 我国公路工程地质勘察的现状及其管理体制存在的弊端[J]. 中外公路, 2009(8): 431-434.
- [3] 赵俊刚. 高速公路工程地质与特殊路基设计[J]. 山西交通科技, 2008(3): 35-38.
- [4] 叶亚丽, 许金良, 庄传仪, 等. 基于地质灾害危险性评价的公路路线优化技术研究[J]. 公路, 2011(9): 12-15.
- [5] 张增科. 公路不良地质路段灾害成因的调查[J]. 公路, 2004(7): 138-139.
- [6] 徐齐福, 李莉莉, 田启文, 等. 地形地质复杂地段的工程地质选线[J]. 中外公路, 2006(8): 11-13.
- [7] JTG C20-2011 公路工程地质勘察规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [8] 聂承凯, 孙永红. 公路工程地质选线与方案综合设计[J]. 公路, 2003(11): 79-80.

Application and Research of Engineering Geological Line Selection in Design

QUAN Bingxin and ZHAO Jungang

(Shanxi Provincial Design Institute of Communications, Taiyuan 030012, China)

Abstract: Highway design and line selection involves multiple factors such as topography, environmental protection, engineering geology and so on. The geological selection is particularly important in the case of complex geological conditions of the long main trunk line and the region. Taking the preliminary design of the Dongda highway in Shanxi Province as an example, the early participation of the engineering geological personnel makes the route avoid the geological environment such as the landslide group and the bad geological disease, reduce the input of the geological survey work, avoid the later line change, and avoid the operation risk and the management of the King-net, reduce the hidden danger of security, and get the expected effect. It reflects the importance of geological environment in the early work, and draws some conclusions on the design of engineering geology in the early design process for the relevant professionals to discuss.

Key words: highway design; route selection; engineering geology; pre-design; geological environment; geological hazard