维普资讯 http://www.cqvip.com

文章编号:1004-4116(2007)01-0080-0005

公路工程建设地质灾害危险性评估的方法与内容

——以诸永高速公路为例

黄晓辉,陈秀清

(甘肃有色工程勘察设计研究院,甘肃 兰州 730000)

摘 要:地质灾害危险性评估已依法被作为地质灾害易发区工程建设可行性研究报告的组成部分。本文以诸永高速公路为例,介绍了公路工程建设场区地质灾害危险性评估工作中工程分类、现状评估、预测评估、综合评估的内容与方法。对地质环境条件复杂、地质灾害发育、工程类型繁多的公路工程地质灾害危险性评估具有借鉴作用。

关键词:公路工程;地质灾害;现状评估;预测评估;综合评估;防治措施

中图分类号:X141 **文献标识码**:B

0 引言

2003年11月24日,中华人民共和国国务院第394号令公布的《地质灾害防治条例》规定:"在地质灾害易发区内进行工程建设应当在可行性研究阶段进行地质灾害危险性评估,并将评估结果作为可行性研究报告的组成部分"。自从《条例》实施以来,在地质灾害易发区进行工程建设时均要进行地质灾害危险性评估工作,但由于地质灾害危险性评估工作是一项新的环境地质工作,与建设工程紧密结合,建设项目类型、规模不同,采取的方法与手段各异,特别是预测评估,不同类型或不同规模的建设工程其方法与内容差别很大。根据我们近几年对数十项公路工程建设场地地质灾害危险性评估报告的编写实践,以诸永高速公路工程为例,向读者介绍公路工程建设场地地质灾害危险性评估的内容和方法,以提高公路工程建设场地地质灾害危险性评估的水平。

1 工程概况

诸永高速公路位于浙江省诸暨市—永嘉县,由推荐方案、比较线方案组成,推荐方案线路总长235.15km,比较线共7段,总长132.1 km,推荐线和比较线总长367.3km(图1),估算总投资148亿

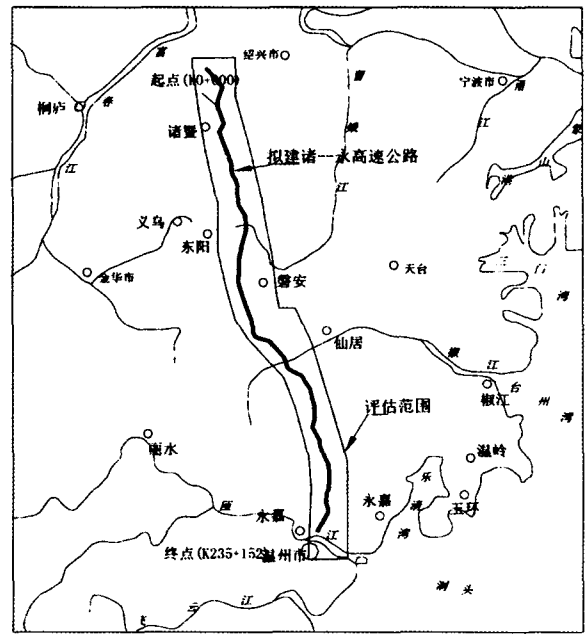


图1 拟建诸—永高速公路示意图

Fig.1 Sketch map showing proposed Zhuji-Yongjia highway

收稿日期:2006-11-02

作者简介:黄晓辉(1967~),男,工程师,从事岩土工程和水文地质环境地质工作;E-mail:hxh6776@163.com。

维普资讯 http://www.cqvip.com

元人民币,工程总占地面积 1 125×10⁴ m²。该线路共有7类工程组成,推荐线线路工程:①路堤路段193段,90.98 km;②路堑路段180段,31.92 km;③半填半挖路段68段,12.48 km;④隧道路段,77座,46.85 km;⑤桥梁路段,108座,52.97 km;⑥互通、枢纽路段,45座;⑦服务区7处,0.75km²。

2 地质环境条件

工程场区属亚热带季风气候区,温暖湿润,降水丰富。多年平均气温15℃～18℃,年降水量1 200～2 000mm,年蒸发量800～1 100mm,相对湿度80%,全年无霜期>200天。总的气候特点是,降水集中,延续时间长,梅雨、暴雨、台风是本区地质灾害的主要诱因之一。

诸永高速公路所经区域河流分属钱塘江、椒江和瓯江水系。主要河流有浦阳江、东阳江、永安溪、楠溪江等。

拟建公路起始于浙西中山区南东侧,途经浙东低山丘岭区、浙中盆地区、浙南中山区,终于瓯江北侧楠溪江冲积平原。线路跨越中低山、丘陵、断陷盆地、河谷坡地及河谷平原等地貌单元和会嵇山、大盘山、括苍山等山脉。海拔多在400～800m,最高峰1 382m。

绍兴—江山深大断裂由工程场区推荐线K27-K28之间NE-SW向通过,使评估区分属浙西北扬子准地台东北部的东南边缘和浙东南华南加里东褶皱系的NE端。以NE向绍兴—江山断裂带为界,其WE为浙西北地层区(江南地层区),ES为浙东南地层区(华南地层区)。

工程场区分布松散岩类孔隙水、碎屑岩类孔隙裂隙水、基岩裂隙水和碳酸盐岩岩溶水4种类型的地下水。

3 现状评估

3.1 评估级别和范围

工程建设区地质环境条件属复杂类型,建设项目属重要建设项目,根据《技术要求》,该工程建设区地质灾害危险性评估属一级评估。根据线路工程的特点、地形地貌、地质环境条件和建设用地外围可能存在的地质灾害对本工程的影响,评估范围一般以公路轴线两侧各500～600m为评估区边界,地质环境复杂区段以公路轴线两侧外推1 000m为评估边界,工程两侧有重大地质灾害点,评估范围扩大至地质灾害源区。由此确定的评估面积370 km²。评估区地理坐标:东经120°13′02″～120°46′46″;北纬28°03′16″～29°56′06″。

3.2 主要灾害类型

评估区现状地质灾害以崩塌、滑坡为主,共71处。其中新发现地质灾害点35处,根据地质灾害区划和航空遥感资料查证地质灾害点36处。其中崩塌36处(占50.70%),滑坡31处(占43.66%),潜在塌陷(采空区)2处,洞穴1处,岩溶1处;其中位于设计线路上的9处,500m范围内46处,500m范围以外16处。推荐线57处,比较线14处。

3.3 现状评估内容与方法及结果

地质灾害危险性由地质灾害的发育程度(稳定性)和其危害程度进行评估(表1);地质灾害的发育程度(稳定性)主要以工程地质比拟法和地质历史分析法进行评估(滑坡和崩塌灾害的稳定性主要根据表2进行定性分析);地质灾害的危害程度根据其已造成的死亡人数(或威胁人数)和直接经济损失(或威胁资产)进行定量评价(表3)。评价结果:①36处崩塌,现状稳定的9处,基本稳定的10处,不稳定的17处;现状危害程度一般级的27处,较大级的8处,重大级的1处;根据稳定性中等的4处。②31处滑坡,现状稳定的7处,基本稳定的10处,不稳定的14处;现状危害程度一般级的26处,较大级的5处;根据稳定性和危害程度综合评估地质灾害危险性小的28处,中等的3处。③采空区2处,不稳定,危险性中等;洞穴1处,基本稳定,危险性小;岩溶1处,不稳定,危险性中等。

表1 地质灾害危险性评估分级表

Table 1 Risk grade assessment of geological hazards

危险性分级	地质灾害发育程度	地质灾害危害程度
危险性大	强发育(不稳定)	危害大(重、特重)
危险性中等	中等发育(基本稳定)	危害中等(中)
危险性小	弱发育(稳定)	危害小(轻)

维普资讯 http://www.cqvip.com

表2 滑坡(崩塌)稳定性判别表

Table 2 Stability discrimination of land slide

滑坡要素	不 稳 定	基本稳定	稳 定
滑坡前缘	滑坡前缘临空,坡度较陡且常处于地表径流的冲刷之下,有发展趋势并有季节性泉水出露,岩土潮湿、饱水。	滑坡前缘临空,有间断季节性地表径流,岩土体较湿,斜坡坡度在30°~45°之间。	前缘斜坡较缓,临空高差小,无地表径流和继续变形现象,岩土体干燥。
滑 体	滑坡体平均坡度>40°,坡面上有多条新发展的滑坡裂缝,其上建筑物、植被有新的变形迹象。	滑坡体平均坡度在30°~40°,坡面上局部有小的裂缝,其上建筑物、植被无新的变形迹象。	滑坡体平均坡度<30°,坡面上无裂缝发育,其上建筑物、植被未有新的变形迹象。
滑坡后缘	后缘壁上可见擦痕或有明显位移迹象,后缘有裂缝发育。	后缘有断续的小裂缝发育,后缘壁上有不明显的变形迹象。	后缘壁上无擦痕、无明显位移迹象,原有的裂缝已被充填。

表3 地质灾害灾情与地质灾害危害程度分级标准

Table 3 Grade scale of geological hazards

灾害程度分级	死亡人数(人)	受威胁人数(人)	直接经济损失(万元)
一般级(轻)	<3	<10	<100
较大级(中)	3~10	10~100	100~500
重大级(重)	10~30	100~1 000	500~1 000
特大级(特重)	>30	>1 000	>1 000

注:①灾情分级:采用"死亡人数"和"直接经济损失"栏指标对已发生的地质灾害进行灾度分级评价;

②危害程度分级:采用"受威胁人数"和"直接经济损失"栏指标对可能发生的地质灾害程度的预测分级。

4 预测评估

4.1 评估内容

根据公路建设过程中和建成后可能引发或加剧地质灾害的可能性与危害程度和工程建设本身可能遭受地质危害的可能性与危害程度进行评估。根据公路工程的特征分为路堤、路堑、半填半挖、隧道、枢纽与互通、桥梁和服务区7个工程类型进行评估。路堤工程主要考虑路基斜坡失稳和路堤边坡失稳问题;路堑工程主要考虑人工切坡引发的边坡失稳问题;半填半挖既考虑路堤侧可能引发路基斜坡的失稳和路堤边坡失稳问题,同时应考虑路堑侧开挖引发的边坡失稳问题;隧道工程主要考虑进出洞口开挖洞脸可能引发的边坡失稳问题和洞身围岩的稳定性问题;枢纽与互通工程主要考虑开挖、填筑后可能引发的边坡稳定性、路基稳定性及不均匀沉降等问题;桥梁工程主要考虑基础沉降变形和桥基与路基连接部位的桥头不均匀沉降等问题;服务区主要考虑建筑地基稳定性和工程本身可能遭受地质灾害的危险性。

4.2 评估方法

4.2.1 路堤路段评估要素及标准

根据路堤工程自身特点和所处地质环境特征,选择填筑高度、地形坡度、岩体风化程度、岩体结构类型、节理裂隙发育程度和液化土层及地下水发育程度等要素(表4),以定性分析为主,定量分析为辅的原则进行评估。建于斜坡上的路堤,评价要素组合主要取表4中1~6项和9、10项组合;建于平原区的路堤,评价要素取表4中1和6~10项组合。斜坡上的路堤权重主要考虑路基填筑高度、地形坡度、斜坡现状稳定性等要素;平原路堤权重主要考虑填筑高度、地基土类型和液化土层厚度等要素。定量评分的综合稳定性(危险性)指数见表5。

根据上述评估原则和方法,对全线90.98km(193段,占全线总长38.69%)的路堤路段分段进行了地质灾害危险性预测评估,评估结果:地质灾害危险性中等路段(稳定性较差)长度9.43km(32段,占路堤总长度的10.36%),其余均为地质灾害危险性小路段(稳定性好)。

4.2.2 路堑路段评估要素及标准

根据路堑工程自身特点和所处地质环境特征,选择开挖深度、地形坡度、植被、岩体风化程度、岩体结构类型、节理裂隙发育程度和岩体性质及地下水发育程度等要素(表6),以定性分析为主,定量分析为辅的原则进行稳定性评估。定量评分的综合稳定性(危险性)指数见表7。

根据上述评估原则和方法,对全线31.92km(180段,占全线总长13.57%)的路堑路段分段进行了地质灾害危险性预测评估,评估结果:地质灾害危险性中等路段(稳定性较差)长度18.53km(132段,占路堑总长度的58.05%),其余均为地质灾害危险性小路段(稳定性好)。

4.2.3 隧道路段评估要素及标准

根据隧道工程特点,分进出洞口与洞体两部分进行地质灾害危险性预测评估。由于隧道进出洞口

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 4　路堤地质灾害危险性预测评估评价要素表

Table 4　Elements for risk assessment of embankment geological hazards

序号	定性评价 定量评分	稳定性好 1	稳定性较差 3	稳定性差 5	权　重	
1	填筑高度(m)	<8	8～15	>15	0.15	0.25
2	地形坡度(°)	<20	20～35	>35	0.15	
3	覆盖层厚度(m)	<2	2～4	>4	0.1	
4	岩体风化程度	微风化	中风化	全风化	0.1	
5	现状斜坡稳定性　岩体结构	巨块状整体结构、大块状砌体结构	块(石)碎(石)状镶嵌结构	碎石状压碎结构		
	现状斜坡稳定性　节理发育	不发育—较发育,多数节理间距大于 0.4m。结构面组合稳定性好	发育,多数节理间距 0.2～0.4m。结构面组合稳定性中等。	很发育(尤其是顺坡节理),多数节理间距小于 0.2～0.4m。结构面组合稳定性差。	0.2	
6	区域断裂构造稳定性	稳定	较稳定	不稳定	0.1	0.1
7	地基土类型	硬基	浅表淤泥或夹软土	软基	0.1	0.25
8	液化土层	不发育	较发育	发育		0.2
9	地下水发育程度	不发育	较发育	发育	0.1	0.1
10	可比已建路堤	稳定	较稳定	不稳定	0.1	0.1

表 5　路堤工程预测评估综合指数划分标准表

Table 5　Composite index classification for embankment enginerring assessment

路基类型	稳定性较好	稳定性较差	稳定性差
斜坡路基	≤1	1～2.2	≥2.2
平原路基	≤1	1～2.2	≥2.2

表 6　路堑地质灾害危险性预测评估标准

Table 6　Risk assessment standards of road cut geological hazards

序号	定性评估 定量评分	稳定性好 1	稳定性较差 3	稳定性差 5	权　重
1	开挖深度(m)	小(<8)	较大(8～15)	大(>15)	0.2
2	地形坡度(m)	<20	20～35	>35	0.1
3	植　被	发　育	较发育	不发育	0.1
4	现状斜坡稳定性　岩体风化程度	微风化	中风化	全风化	0.2
	现状斜坡稳定性　岩体结构类型	巨块状整体结构大块状砌体结构	块(石)碎(石)状嵌结构	碎石状压碎结构	
	现状斜坡稳定性　节理裂隙发育程度(含软弱面发育特征)	不发育—较发育,多数节理间距大于 0.4m。结构面组合稳定性好	发育,多数节理间距 0.2～0.4m。结构面组合稳定性中等。	很发育(尤其是顺坡节理),多数节理间距小于 0.2～0.4m。结构面组合稳定性差。	
5	覆盖层厚度(m)	<2	2～4	>4	0.05
6	岩体性质	坚硬岩	较软岩	软岩	0.1
7	风化层厚(m)	<1	1～2	>2	0.05
8	区域断裂构造	不发育	较发育	发育	0.05
9	地下水发育程度	不发育	较发育	发育	0.1
10	可比路堑稳定性	稳定	较稳定	不稳定	0.05

表 7　路堑工程预测评估综合指数划分标准表

Table 7　Composite index classification for roadcut engineering assessment

评价结果	稳定性好	稳定性较差	稳定性差
评分标准	<1	1～2.4	≥2.4

边坡与路堑边坡相似,故二者采用相同的评估标准(表 6、表 7)。洞体地质灾害危险性预测评估,主要根据洞体特征、岩体性质、地质构造、地下水发育程度、可比的已建隧道稳定性等要素进行综合评估。要素组合与判定,充分考虑各隧道与要素的相关性及要素独立性。如隧道洞体埋深单项要素不能决定

维普资讯 http://www.cqvip.com

洞体的稳定与否,还须结合岩体岩性、岩体结构稳定性等其他相关要素综合判断。评估结果:77座隧道,计长46.85km,危险性大的1段,160m;危险性中等的5.98km,占隧道总长的12.76%。

半填半挖、桥梁、互通与立交及服务区等工程路段的评估根据工程建设可能形成的填方边坡或开挖边坡等具体情况,参照路堤、路堑的评估方法与要素进行,不再赘述(评估结果略)。

5 综合评估

综合评估采用以定性评价为主,辅以必要的定量分析的原则。评估按路段将地质灾害危险性分为大、中、小三级。

评估的基本模式为:

$Wz = Max(Wx, Wy)$

Wz——评估区段(路段)地质灾害危险性分级结果。按地质灾害的危险性和危害程度分为大、中、小三级;

Wx——评估区段(路段)地质灾害危险性现状评估结果。按地质灾害的危险性分为大、中、小三级;

Wy——评估区段(路段)地质灾害危险性预测评估结果。按工程建设可能引发或加剧地质灾害的危险性和危害程度和工程建设可能遭受地质灾害的危险性与危害程度分为大、中、小三级。

根据上述方法综合评估结果:地质灾害危险性大的路段1段,长160m;危险性中等的路段216段,长度39.458km,占总长度的16.78%;其余路段均为地质灾害危险性小,长度195.53km,占总长度的83.15%。

6 结论

诸永高速公路是国家重点建设项目,工程类型繁多,工程场区地质环境条件复杂,地质灾害发育,地质灾害危险性评估工作难度大。本次工作,阐明了工程建设场区的地质环境条件,查明了建设区地质灾害的分布、类型和特征,进行了地质灾害危险性现状评估、预测评估和综合评估,在综合评估中所采用的能比较准确地划分地质灾害体稳定性的定量分析的方法在同类成果中尚不多见,其评估结果不仅比较客观地反映了地质环境条件对工程建设引发或加剧地质灾害的决定性作用,同时也反映了不同工程类型在工程建设中对地质环境条件改造强度所起的重要作用。评估结论为工程建设地质灾害防治指出了措施建议,取得了显著的社会经济效益。

参 考 文 献

[1] 最新地质灾害监测评估与防治技术[M]. 北京:中国知识出版社,2005.

[2] 滑坡与崩塌事故防治工程手册[M]. 北京:地震出版社,2005.

[3] 公路边坡防护与治理[M]. 兰州:人民交通出版社,2002.

[4] 最新国内外地质调查与灾害灾情评估理论及实践手册[M]. 北京:地质出版社,2006.

RISK ASSESSMENT OF GEOLOGICAL HAZARDS IN HIGHWAY CONSTRUCTION
——TAKING ZHUJI - YONGJIA HIGHWAT AS AN EXAMPLE

HUANG Xiao-hui, CHEN Xiu-qing

(*Gansu Non - ferrous Metal Engineering Survey and Design Institution, Lanzhou* 730000, *China*)

Abstract: Risk assessment of geological hazards is legally stipulated to be a part of feasibility study report on construction area where is prone to occur geological hazards. It takes the Zhuji - Yongjia Highway as an example to introduce engineering classification, present condition assessment, prediction assessment, composite assessment of risk assessment of geological hazards in highway construction, which will provide some helps to risk assessment in other highway construction area.

Key words: geological hazards; present condition; prediction assessment; composite assessment; protection measures