

# 工程地质勘察中断层的活动性研究

邱建强

(华北地质勘查局五一四地质大队,河北承德 067000)

**【摘要】** 断层是导致地质灾害的重要因素之一,为保证工程项目的安全,正确判定断层的活动性是避免地质灾害的必要手段。拟建布袋沟尾矿库库区内存在一条 NW 走向断层,以该断层为例,通过地表调查、地球物理探测(高密度电法、电测深)、工程钻探、槽探等多种手段对目标断层进行调查研究,查明该断层为正断层,NW 向延伸,长 1.55 km,宽 1.5~2.5 m,产状 NE 70°/72°,控制深度 420 m,断层规模为一条小型断层,第四纪以来未有明显活动迹象,为非全新世活动断层。断层工程稳定性较好,对工程建设无大影响。但考虑断裂构造角砾存在,虽然已经固结,但相对围岩较容易风化,成为一定的松散层,可能形成地下水下渗通道,建议工程建设时予以关注。

**【关键词】** 工程地质勘察;断层;钻探;槽探;活动性研究

**【中图分类号】** P 642

**【文献标识码】** B

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2021.01.012

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Study on Fault Activity in Engineering Geological Survey

Qiu Jianqiang

(514 Brigade North China Geological Exploration Bureau, Chende 067000, Hebei, China)

**【Abstract】** Fault is one of the important factors leading to geological disasters. In order to ensure the safety of engineering projects, it is necessary to determine the activity of fault to avoid geological disasters. There is a NW fault located within the proposed Budaigou Tailing Reservoir area. Taking the fault as an example, the fault in the proposed reservoir area is investigated through methods such as geological survey, geophysical exploration (high density resistivity and electrical sounding), drilling and trench excavation. The fault is 1.55 km long and 1.5~2.5 km wide normal fault, northwest extending. The occurrence is 70°/72°, and control depth being 420 m. The fault is a small non-holocene active fault with no obvious activity since Quaternary. The stability of fault engineering is good, which has no influence on engineering construction. However, considering the existence of fault structure breccia, although it has been consolidated, it is easy to be weathered relative to the surrounding rock, forming a certain loose layer, which may cause groundwater infiltration channel. So it is recommended to pay attention to it in engineering construction.

**【Key words】** engineering geological survey; fault; drilling; trench excavation; fault activity

### 0 引言

断层是导致地质灾害的重要因素之一,断层发生活动将对工程造成重大损失<sup>[1]</sup>。断层对工程项目的破坏可分为:断层活动诱发地震导致的破坏、断层缓慢蠕动导致的地裂缝和地表位移、断层活动导致的次生灾害如滑坡、泥石流等。因此,断层的活动性研究在工程地质勘察中尤为重要<sup>[2]</sup>。为保证工程项目的安全,正确判定断层的活动性是避免地质灾害的必要手段。在工程进行设计和施工前,工程勘察人员必须给予高度的重视,以避免断层给工程项目的安全带来的隐患。

### 1 工程概况

#### 1.1 基本情况

根据矿山生产需要,拟在布袋沟新建一座尾矿库,拟建尾矿库为一等库,根据前期地质测绘和水文地质调查,库区内存在一条 NW 走向断层。

以建设项目中 NW 向断层为依托,按活动断层调查相关技术和规范要求,通过地表调查、地球物理探测(高密度电法、电测深)、工程钻探、槽探等多种手段对目标断层进行调查研究<sup>[3]</sup>,查明其在区内的位置、产状、影响范围等空间分布特征以及活动性,评价断层对尾矿库建设的影响。

## 1.2 地形地貌

研究区位于燕山中段北部山麓。总的地势是西高东低。境内山峦起伏,地貌复杂,海拔为 460~1010 m。主要地貌可分为低山和河谷阶地地貌。

## 1.3 地质条件

### 1.3.1 地层

#### (1) 侏罗系

白旗组( $J_3b$ ):下部为凝灰岩、流纹质凝灰角砾岩,夹薄层砂岩及砂砾岩。上部为灰绿色、灰紫色安山岩,夹薄层气孔状安山岩;

张家口组( $J_3z$ ):由流纹岩、粗面岩和中酸性亚碱性火山碎屑岩组成,中夹薄层凝灰质砂岩、砂砾岩。该组岩性及厚度变化很大,分层性不好。

#### (2) 第四系

上更新统( $Q_3^{pl+dl}$ ):为洪积粉土、粉质黏土及少量坡积物。主要分布于河谷两岸的山麓边缘地带,山间平缓洼地也有分布。

全新统( $Q_4^{al+pl}$ ):沉积物性质为冲积砂、砾石、粉质黏土、洪积砂砾石层。分布于河谷,形成现代河床、河漫滩相沉积物,有时形成 I 级阶地。在山间沟谷及沟口地带、发育冲洪积物,在沟口形成冲洪积扇。

### 1.3.2 岩浆岩

(1) 早元古代变质闪长岩,呈灰色—灰白色,半自形粒状结构,交代残留结构,块状构造;

(2) 中元古代角闪石英正长岩,呈肉红色,粒状结构,块状构造,主要矿物成分为石英、正长石及角闪石等;

(3) 中元古代石英正长岩,呈肉红色,粒状结构,块状构造,主要矿物成分为石英、正长石等;

(4) 燕山期流纹斑岩,呈灰白色,斑状结构,块状构造,斑晶主要为石英,基质主要为长英质矿物。

### 1.3.3 地质构造

区内断裂构造较发育,主要是东西向丰宁—隆化深断层及燕山期北东向和北西向断裂。东西向深断裂继承性多期活动,生成于新太古末期,它控制了中、上元古界地层的发育和海西期岩浆侵入活动,燕山期继承性活动,使长城系地层逆冲到侏罗系、白垩系地层之上。燕山期构造运动形成的断陷盆地,控制了中生界地层的沉积。

## 2 断层空间分布特征

### 2.1 地表特征

目标断层在基岩区地表出露,通过调查揭示断层地表分布特征:

(1) 断层在局部零星出露,出露地貌为鞍部,发育为蚀变破碎带,见已经固结构造角砾岩。构造角砾岩为角砾结构,块状构造,角砾大小不等,大者可达 3~4 cm,岩性为白色流纹斑岩,胶结物为固结粉末状长英质矿物。围岩均为流纹斑岩,蚀变严重,局部破碎,可见高岭土化,风化面黄褐色,新鲜面灰白色,斑状结构,块状构造,斑晶主要为石英,基质主要为长英质矿物,发育一组近东西向节理,走向约 W 270°;

(2) 构造破碎带附近围岩可见一组断面,见清晰擦痕,控制宽度约 1.5~2.5 m,反映断层控制宽度约 2 m。断层擦痕表层发育斜向上正阶步,表层铁染呈锈黄色。局部断面产状 NE 70°/70°,根据擦痕方向初步判断断层为正断层;

(3) 零星出露断层破碎点延伸走向约 NW 310°,之间推测断层隐伏产出。隐伏段地貌均发育为冲沟。

### 2.2 物探剖面特征

对于隐伏断层采用高密度电阻率法和激电测深法予以揭露。综上两种地球物理勘探成果,在隐伏冲沟或斜坡上多条物探剖面均揭示了断层隐伏产出。

(1) 由于断层围岩的破碎引起水含量略高,断层在高密度电阻率法剖面上表现为发育相对高阻之间的低阻带或高低阻之间的骤变带;

(2) 多条物探剖面特征相似,较好揭示断层产状特征:倾向约 NE 50°,倾角约 70°,向下延深 420 m,形成的低阻影响宽度约 4~5 m,考虑高密度电阻率法体积效应,破碎带的实际宽度要小,推测断层规模为一条小型断层;

(3) 联合物探剖面揭示断层 NW 走向,与地表调查断层为同一条断层;

(4) 断层形成的低阻异常均未延伸至地表第四系坡积形成的电阻区内,揭示断层上断点埋深较深。

### 2.3 空间分布特征

综合地表调查和物探解译信息,确定 NW 断层空间特征为:平面上目标断层自 D10 点至 D3 点北西向延伸穿过尾矿库区,长 1.55 km,控制宽度 1.5~2.5 m;剖面上,断层产状 NE 70°/72°,控制深度 420 m。

## 3 断层活动性研究

### 3.1 钻探

为研究断层活动性,在断层两盘分别予以钻探,形成联合钻孔。断层上盘 1 个钻孔(4 号)、下盘 2

个钻孔(1号、3号),1个揭露断层跨越断层两盘钻孔(2号)。各钻孔平面距离控制在8 m以内,划分地层具有可对比性,将地层分为四层,分层描述如下:

第一层:第四系粉质黏土,黄褐色,可塑,稍有光泽,干强度中等,韧性中等,无摇晃反应,局部含少量角砾。该层在2号、3号、4号钻孔连续分布,仅在1号钻孔处由于位于冲沟边部发生缺失。该层标高大致相同,无落差;

第二层:第四系坡积角砾,黄褐色,角砾主要成分为流纹斑岩、角闪石英正长岩及凝灰岩,一般粒径0.2~3 cm,最大超过10 cm,充填物为粉质黏土,砾石约占50%~70%,多呈棱角状及次棱角状,局部夹卵石。该层在4个钻孔中连续分布,并无缺失,为连续的一层。该层标高有较小变化,有高低落差,四个钻孔高程形成弧形高程变化,表现为坡上地貌特征,因此此层落差为山区地貌原因所致;

第三层:流纹斑岩,灰白色,斑状结构,块状构造,斑晶主要为石英,基质主要为长英质矿物。该层在4个钻孔中均有揭露,同附近围岩揭示岩性一致。该层同第四层在4孔中见明显侵入接触关系(见图1)。

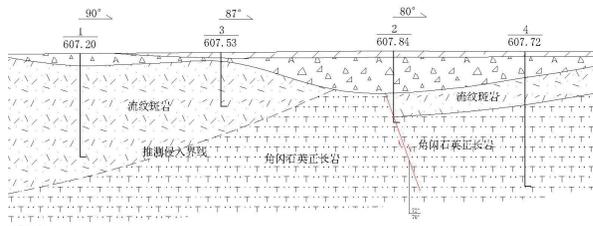


图1 流纹斑岩与角闪石英正长岩侵入接触关系

第四层:角闪石英正长岩,肉红色,粒状结构,块状构造,主要矿物成分为石英、正长石及角闪石等。该层在2号、4号钻孔有揭露。其中,2号钻孔揭示断层断面,揭示深度13.20~16.40 m处可见构造角砾岩,其错断第三层和第四层基岩岩性,断层下盘为角闪石英正长岩,上盘为流纹斑岩,断层产状为NE 70°/72°,形成的构造角砾岩宽度2 m,与地表特征相似(见图2)。构造角砾岩为角砾结构,块状构造,角砾成分既有下盘角闪石英正长岩,也有上盘流纹斑岩,大小1.5~4.0 cm不等,胶结物为长英质矿物,已胶结成岩。

本次联合钻孔表明:(1)断层上盘相对下降,下盘相对上升,进一步确定该断层为正断层;(2)断层角砾已经固结,未见新近活动形成的断层泥;(3)基岩深度标高稳定,未有明显地层落差;(4)覆盖第四系坡积地层连续,未见明显地层落差。因此,目标断



图2 钻孔揭露构造角砾岩

层上断点埋深至少在分布连续的第四系地层以下,断层为非全新世活动断层。

### 3.2 槽探

在断层上断点附近予以槽探工程,研究断层上断点有无进入最新全新世地层。探槽 TC1 揭露地层岩性描述如下:

第一层:第四系粉质黏土,黄褐色,可塑,稍有光泽,干强度中等,韧性中等,无摇晃反应,局部含少量角砾。该层连续分布,标高大致相同,无落差。

第二层:第四系角砾,黄褐色,主要成分为流纹斑岩、角闪石英正长岩及凝灰岩,一般粒径0.2~3.0 cm,最大超过10 cm,充填物为粉质黏土,砾石约占50%~70%,多呈棱角状及次棱角状,局部夹卵石。该层连续分布,标高大致相同,无落差。

第三层:角闪石英正长岩,风化面呈灰白色,新鲜面呈灰黑色,粒状结构,块状构造,主要矿物成分为石英、正长石及角闪石等。

第四层:位于探槽4.5~6.5 m处,构造角砾岩,黄褐色,碎裂结构,角砾状构造,主要由角砾碎块组成,呈棱角状,大小混杂,排列紊乱。基质由细小的破碎物硅质和钙质胶结物组成,已胶结成岩,产状为NE 70°/72°,断层厚度2 m。构造角砾岩风化严重。

第五层:流纹斑岩,灰白色,风化面呈灰黑色,新鲜面呈灰白色或肉红色,斑状结构,块状构造,斑晶主要为石英,基质主要为长英质矿物。该层可见明显断层痕迹(见图3)。

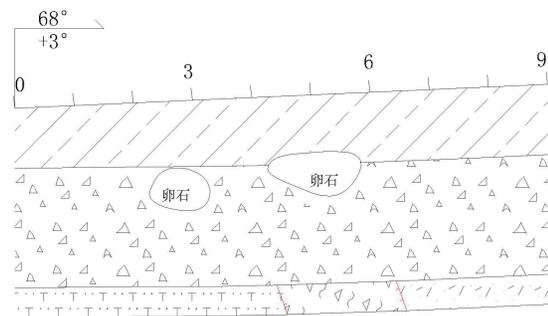


图3 探槽 TC1 剖面图

本次槽探表明,断层仅分布于基岩中,基岩未见明显落差。且断层上断点延伸到基岩顶部,其上被第四系两套地层覆盖。因此,目标断层为非全新世活动断层<sup>[4-6]</sup>。

#### 4 结论

(1)目标断层性质为正断层,NW向延伸,长1.55 km,宽1.5~2.5 m,产状NE 70°∠72°,控制深度420 m,断层规模为一条小型断层。

(2)目标断层为基岩断层,第四纪以来未有明显活动迹象,为非全新世活动断层。

(3)断层工程稳定性较好,对工程建设无大影响。但考虑断裂构造角砾存在,其虽然已经固结,但相对围岩较容易风化,成为一定的松散层,可能形成地下水下渗通道,建议工程建设时予以关注。

#### 参 考 文 献

- [1] 唐荣昌,钱洪. 活断层的地质研究及其在工程安全性评价的意义[J]. 四川地震,1994(1):69-70.
- [2] 韦乖强,赵慧. 复杂地形条件下小线框瞬变电磁法探测断层的有效性分析[J]. 煤炭技术,2020,39(11):121-123.
- [3] 王志鹏,刘江平,易磊. 2D、3D高密度电法探测断层效果及其应用[J]. 科学技术与工程,2019,19(25):75-82.
- [4] 饶溯,胡滨. 断裂活动期次识别方法及其应用[J]. 中国石油和化工标准与质量,2019,39(10):97-98.
- [5] 吴中海. 活断层的定义与分类——历史、现状和进展[J]. 地球学报,2019,40(5):661-697.
- [6] 中华人民共和国国家标准. GB/T36072—2018 活动断层探测[S]. 中国国家标准化管理委员会,2018.

收稿日期:2020-03-27

(上接第55页)

无降雨作用、有支护结构有降雨作用的滑坡的稳定安全系数。在此基础上,进一步研究不同降雨入渗强度作用下滑坡的稳定性,综合评价降雨入渗的瞬态渗流作用对含软弱夹层滑坡的稳定性的影响规律,为滑坡排水优化设计提供建议。

#### 参 考 文 献

- [1] 刘新喜,夏元友,蔡俊杰,等. 降雨入渗下强风化软岩高填方路堤边坡稳定性研究[J]. 岩土力学,2007,28(8):1705-1709.
- [2] 马豪豪,刘保健,姚贝贝. 水对岩石力学特性及边坡稳定的影响及其机理分析[J]. 南水北调与水利科技,2012,10(4):86-89.
- [3] 毛昶熙,段祥宝,李祖贻. 渗流数值计算与程序应用[M]. 南京:河海大学出版社,1999.
- [4] 陈勇,杨贝贝. 基于ABAQUS的非饱和边坡流-固耦合分析[J]. 地下空间与工程学报,2016,12(4):938-945.
- [5] 王一兆,隋耀华. 降雨入渗对边坡浅层稳定性的影响[J]. 长江科学院院报,2017,34(4):122-125.
- [6] 陈学东,朱伟. 降雨入渗规律及其计算方法探讨[C]// 第二届全国非饱和土学术研讨会论文集,2005.

- [7] 金建立,庄妍. 降雨入渗对边坡稳定性的影响研究[J]. 河南科学,2017,35(7):1120-1124.
- [8] 刘垭均. 基于流固耦合的边坡稳定性分析[D]. 成都:西南石油大学,2018.
- [9] 李宁,刘冠麟,许建聪,等. 降雨条件下边坡有限元强度折减法计算平台开发及其应用[J]. 水文地质工程地质,2018,45(3):63-70.
- [10] 刘金龙,栾茂田,赵少飞,等. 关于强度折减有限元方法中边坡失稳判据的讨论[J]. 岩土力学,2005,26(8):1345-1348.
- [11] 陈子玉,宋彦辉,严豪. 有限元强度折减法应用的几个问题及拓展[J]. 水利与建筑工程学报,2017,15(5):196-200.
- [12] 蔡亚飞,蔡春明. 渗流-应力耦合及降雨入渗作用下的边坡稳定性分析[J]. 南华大学学报(自然科学版),2019,33(3):33-39.
- [13] 郑颖人. 边坡与滑坡工程治理(第二版)[M]. 北京:人民交通出版社,2010.
- [14] 傅能武. 降雨条件下某堆浸场边坡稳定性分析及防治对策[J]. 现代矿业,2017,580(8):279-280.
- [15] 邱胜光. 降雨入渗对非饱和土体边坡稳定性影响及治理对策[J]. 金属矿山,2019(11):62-67.

收稿日期:2020-05-26