

牛角坪大桥断层破碎带的综合勘探

管 嵘

(铁道第二勘察设计院, 四川成都 610017)

The Overall Survey for the Fault Cracked Belt of Niujiaping Bridge

Guan Rong

摘 要 结合牛角坪大桥桥址勘察实例,介绍了断层破碎带的综合勘探方法,对钻探和物探手段的鉴别效果进行了比较,并简要分析了造成物探与钻探结果差异的原因,提出综合勘探方法运用的一些基本原则。

关键词 断层破碎带 物理勘探 钻探

1 概述

牛角坪大桥全长 570.85 m,孔跨结构为“ $1 \times 24 \text{ m} + (110 + 192 + 110) \text{ m} + 3 \times 32 \text{ m} + 1 \times 24 \text{ m}$ ”,其中, $(110 + 192 + 110) \text{ m}$ 为预应力混凝土连续刚构,最大墩高约 106 m。该桥以高墩、大跨度跨越“V”字形沟谷,两岸地形主要为陡峭的坡面及悬崖峭壁,局部有基岩出露,如图 1 所示。

勘察的目的是查明桥址区区域断层位置、宽度,断层带组成物质及其胶结程度,节理发育分布、风化程度及其导水性能,大桥主跨地段地层岩性,基岩风化带厚度,节理发育分布,岩体完整性及其导水性能,并据此对两处桥址(左、右两方案相距 35 m)进行优化选择。

通过现场综合测井和室内岩石试验,查明桥址墩、台下岩层的物理力学性质。

2 桥址工程地质条件

收稿日期 2005-06-17

作者简介 管 嵘(1971—),男,1994年毕业于成都理工大学水文地质与工程地质专业,工学学士,工程师。

地质问题。

参 考 文 献

- [1] 刘起霞,李清波等.环境工程地质[M].郑州:黄河水利出版社,2001
- [2] 杜恒俭等.地貌学及第四纪地质学[M].北京:地质出版社,1981
- [3] 西安城市规划局等.西安城市工程地质图集.西安:西安地图出版

2.1 地层岩性

(1) 卵石土(Q_4^{al+pl})

灰黄色,稍密—中密,饱和 卵石成分较杂,多为灰岩、辉绿岩质,直径为 30~200 mm,夹少量漂石,充填砂、圆砾等,局部圆砾含量稍高,分选性较差,厚 2~10 m,分布于河床中。

(2) 角砾土(Q_4^{dl+col})

黄灰色,稍湿—潮湿,稍密—中密,角砾约占 60%,石质成分以灰岩、砂岩、页岩为主,棱角状,直径为 2~20 mm,夹少量碎石,余为粉质黏土充填,厚 2~20 m。

(3) 粉质黏土(Q_4^{el+dl})

褐黄色,硬塑状,含少量碎石角砾,厚度一般为 0~2 m,局部地段厚 2~8 m,分布于两岸自然斜坡上。

(4) 三叠系下统嘉陵江组(T_{1j})灰岩夹泥质灰岩

灰色,中—厚层状构造,隐晶质结构,节理发育,溶蚀发育。

(5) 凝灰质砂岩夹泥岩、凝灰岩

凝灰质砂岩为灰绿色,黄绿色,中厚—厚层状,质坚硬,节理较发育,凝灰质泥岩为紫红色,质较软,薄—中层状,多以薄层状与中厚层状的凝灰质砂岩呈互层

社,1998

- [4] TB10012—2001 铁路工程地质勘察规范
- [5] TB10077—2001 铁路工程岩土分类标准
- [6] TB10049—2004 铁路工程水文地质勘察规程
- [7] TB10102—2004 铁路工程土工试验规程
- [8] 铁道第一勘察设计院.铁路工程地质手册[M].北京:中国铁道出版社,2002

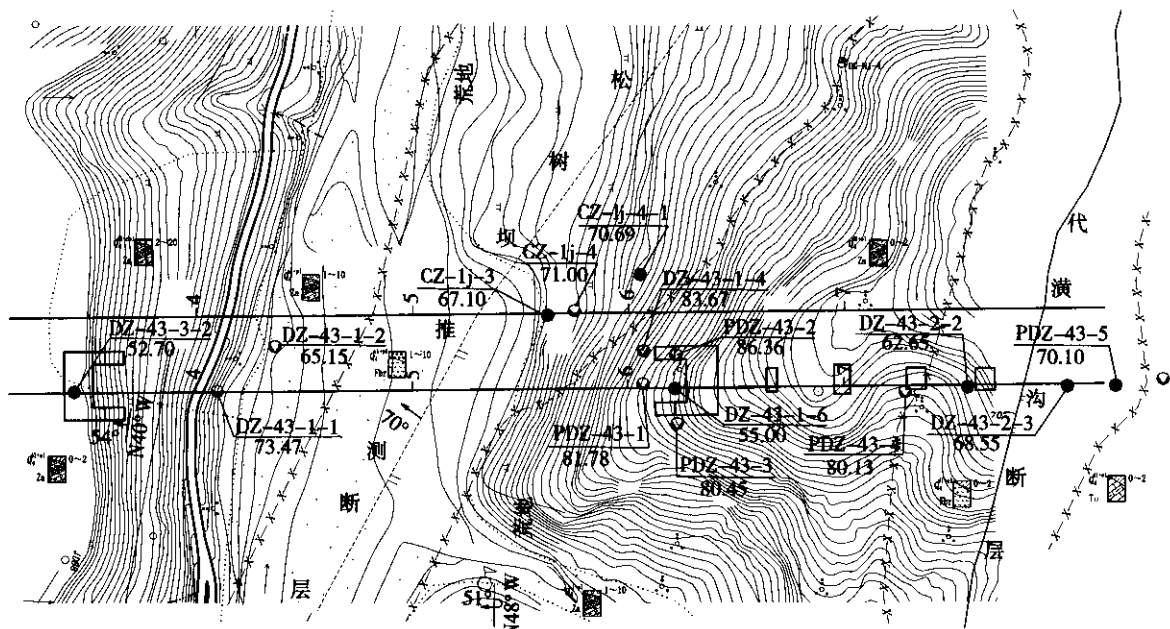


图 1 牛角坪特大桥桥址平面

状产出,易风化。

(6) 断层角砾岩

灰黄色、紫色、灰绿色、深灰色、浅灰等杂色,原岩主要为凝灰质砂岩、凝灰质泥岩 岩体破碎,产状紊乱,节理极发育,节理间距小于 0.3 m,多微张,节理面无充填或充填少量矿物质 断层角砾层理多呈片麻状,局部片理化及绿泥石化 局部充填石英岩脉,岩芯中可见断层擦痕,分布于松树坝(推测)断层、代沟断层及其分支断裂地段。

(7) 断层压碎岩

灰色、浅灰色,原岩为灰岩,地表无出露,岩芯中原岩构造凌乱,钙、泥质胶结,以泥质胶结为主,节理多微张—张开,充填黄褐色黏土,岩芯可见揉皱、扭曲现象,岩质软硬不均,手锤敲击易碎,角砾及小碎块质较硬,表面见擦痕,溶蚀现象较发育,分布于代沟—大竹河断层地段。

2.2 地质构造

测区构造单元为扬子准地台,桥位处于扬子准地台北缘,属大巴山前缘拗陷带,褶皱、断裂、裂隙发育;区域褶皱为紧密线状褶皱,岩层产状为 $N27 \sim 48^\circ W/32 \sim 78^\circ N$ 断层呈北西西向分布,近断层处岩层有倒转现象。桥址位于星子山向斜和黄草梁向斜之间,主要断裂有:

① 松树坝断层

该断层为一逆断层,发育于震旦系下统南沱群地层中,走向为 $N50^\circ W$,倾向 NE,倾角约为 70° ;与线路

交角为 $50 \sim 70^\circ$,向 SE 方向延伸约 500 m 后与代沟—大竹河主断裂带相交,属代沟—大竹河断层面上盘发育的次级断裂。

② 代沟—大竹河断层

为区域性逆断层,产状约为 $N42^\circ W/50 \sim 70^\circ N$,与线路交角约 75° 。震旦系下统南沱群凝灰质砂岩夹凝灰岩、泥岩逆冲于三叠系下统嘉陵江组(T_1j)灰岩夹泥质灰岩层上,缺失自寒武系至二叠系地层,岩层倒转。受构造作用,岩层新老覆盖关系发生倒转,断裂轴向延伸达 45 km 沿构造轴线可见压碎岩和角砾岩,断层谷发育,主断面有明晰的断层擦痕 断层破碎带宽 50 ~ 100 m,影响带宽 100 ~ 120 m 破碎带内岩石为角砾岩、糜棱岩、压碎岩,影响带内岩石破碎、扭曲、节理发育。

③ 松树坝断层隐伏分支小断裂(F_1)

钻孔 PDZ-43-2、PDZ-43-1-6、PDZ-43-3 揭示,推测其与线路交角约 60° ,走向为北西向,稍有扭曲,倾向 NE,倾角为 $70 \sim 80^\circ$,断层性质不明。

2.3 地震烈度

根据《中华人民共和国国家标准》(GB18306—2001)公布的《中国地震动峰值加速度区划图》(1/400 万)和《中国地震动反应谱特征周期区划图》(1/400 万)划定,测区地震动峰值加速度为 $0.05g$,地震动反应谱特征周期为 $0.35 s_0$ 。

2.4 水文地质特征

测区内地表水主要为双沟河水,地下水主要富存于河床内所覆盖卵石土层中,水量较丰,其次在断层破

碎带中较发育,基岩裂隙水及岩溶裂隙水不发育。

3 勘探方法及成果

单纯采用钻探方法确定断层破碎带,工期长、成本高,且可能造成某些关键层位的误判与漏判。物探方法

受地形、岩性、地下水等环境条件影响较大。采用钻探与物探相结合的方法,查明断层破碎带的边界、位置分布,以钻探、孔内声波测井进行验证,并对测井资料数据和岩样测试指标进行对比,以便综合确定物理力学参数。牛角坪大桥桥址纵断面如图2所示。

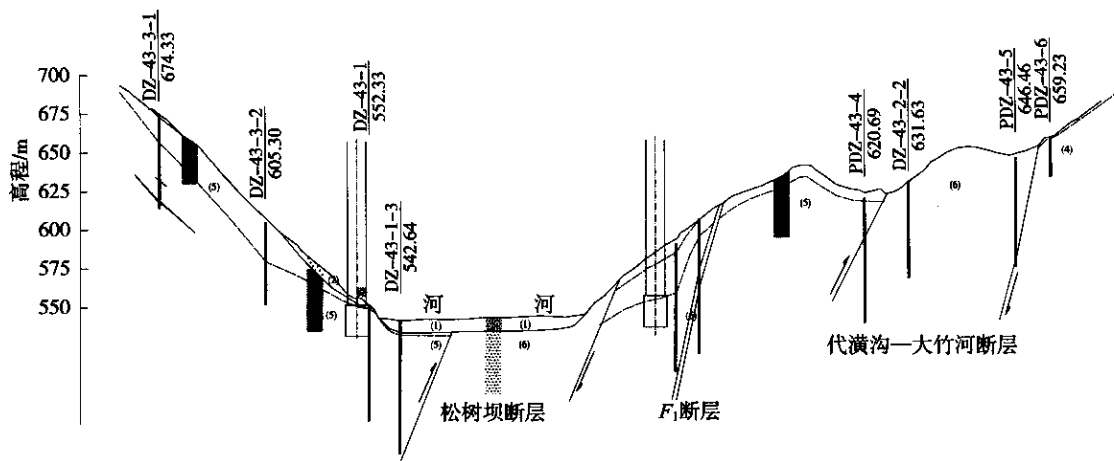


图2 牛角坪大桥桥址纵断面

3.1 物探手段的适用性及范围

根据工区弹性波层析成像水平同步实测资料的统计结果,各类岩土弹性波速度值如表1所示。

表1 岩土弹性波速度统计

岩土(风化程度)	弹性波速度 (m/s)	岩土(风化程度)	弹性波速度 (m/s)
粉质黏土	950~1 600	凝灰质砂岩(W_2)	3 400~4 600
泥质砂岩(W_4)	1 600~2 400	凝灰质岩(W_1)	2 600~3 500
凝灰质砂岩(W_4)	1 000~2 200	断层角砾岩	1 600~3 780
凝灰质砂岩(W_3)	2 200~3 800		

由表1可知,各岩层与断层角砾岩的弹性波速度存在一定差异,测区具备开展弹性波层析成像法的地球物理勘探条件。

区内完整岩层的纵波速度一般为2.5~5.5 km/s,断层破碎带的纵波速度一般为1.6~2.7 km/s,存在一定的速度差异,具备开展声波测井的地球物理勘探条件。

以声波测井曲线(速度 v_p -深度 h 曲线),结合钻探成果进行解释。相同岩性井段,测井曲线表现为高幅值、较稳定、无大幅度跳跃时,该井段解释为完整岩体;反之,相同岩性井段测井曲线表现为低幅值块状异常或大幅的跳跃时,解释为破碎带。

3.2 实施情况

先通过野外调绘及物探(弹性波层析成像)初步确定双沟河河床中松树坝断层破碎带的边界,再以钻探、取样进行验证。根据野外调绘、钻孔情况,采用弹

性波层析成像法(CT),布置2处物探纵断面和1处物探横断面,分别位于左、右两方案桥址和两桥址之间;结合弹性波层析成像(CT)查明地质构造、破碎带范围,以确定和优化桥址方案。采用弹性波层析成像(CT)、声波测井详细划分孔内地层岩性剖面,查明地质构造,划分破碎带范围及深度位置,测定岩体波速,提供岩体力学强度参数并评价岩体的完整程度。

3.3 综合勘探成果

通过综合勘探、测试,基本查明桥址处各断层破碎带的空间分布和岩体的基本参数。

(1) 松树坝断层

首先采用物探方法确定双沟河河床中该断层破碎带位置,选择PDZ-43-2孔进行声波测井。经调查及钻探、综合测井、弹性波层析成像(CT)等综合勘察手段,确定该断层破碎带在桥址附近宽80~160 m,分布于YD2K421+465~YD2K421+570段,向SE方向延伸。据钻孔揭示,断层破碎带物质以灰绿色、深灰色断层角砾岩为主,凝灰质胶结,层理多呈片麻状,局部片理化及绿泥石化,弱变质,局部充填石英岩脉;岩芯中可见断层擦痕,岩芯多呈碎石状($\phi 30 \sim 70$ mm为主)、角砾状($\phi 2 \sim 20$ mm)、土状、泥状,少量呈短柱状($L 20 \sim 230$ mm)岩质极软,手锤敲击易碎,部分手捏可碎。对较完整岩样的测试表明,其天然抗压强度极差,岩块纵波速度值(V_p)为3~3.7 km/s。

(2) 代沟河—大竹河断层

选择PDZ-43-4、PDZ-43-5孔进行声波测井。

岩芯多为角砾状、碎块状、短柱状,局部为柱状;原岩分别为凝灰质砂岩(上盘)及灰岩(下盘)。节理发育—很发育,多为微张;凝灰质砂岩节理中充填灰白色钙质,灰岩节理中充填黄褐色泥状物或灰白色钙质,局部为深灰色炭状物质。较完整岩样的测试结果表明,凝灰质砂岩天然抗压强度很差,其岩块纵波速度值(V_p)为 3~3.7 km/s;灰岩天然抗压强度(R_0)仅为 16~36 MPa,天然饱和抗压强度(R_{sa})仅为 6~13 MPa;灰岩岩块纵波速度值(V_p)为 2~2.2 km/s(充填黄褐色泥质)、3~3.6 km/s(充填灰白色钙质)。

(3) 小断裂(F_1)

YD2K421+621.0 横断面 3 孔(PDZ-43-2、PDZ-43-1-6、PDZ-43-3)的钻探揭示,YD2K421+

634~+637 段发育一隐伏小断裂 F_1 ,推测与线路交角约 60°,走向为北西向,稍有扭曲,倾向 NE,倾角为 70°~80°,断层性质不明。断层破碎带垂直厚度 2~11 m 不等,岩芯多呈角砾状,少量碎块状、土状;PDZ-43-2 孔内声波测井成果反映,小断裂上下盘岩体较破碎—极破碎,柱状岩样试验表明,该处凝灰质砂岩抗压强度极差,部分力学强度值波动剧烈且以低值为主。上盘钻孔(DZ-43-1-5、PDZ-43-1、PDZ-43-1-4、CZ-j-1-5)及 DZ-43-1-4 孔弹性波层析成像(CT)揭示, F_1 断裂无次断裂构造,反映出 F_1 断裂规模不大,倾角较陡的特点。

推荐的物理力学指标如表 2 所示。

表 2 推荐的物理力学指标

地层 编号	土石名称	土的状态或 风化程度	密度 ρ /(g/cm ³)	黏聚力 /kPa	内摩擦角 /(°)	基底摩擦 系数 f	基本承载 力/kPa	边坡率		单轴饱和和极 限抗压强度 /MPa	桩周极限摩 阻力/kPa
								临时	永久		
(1)	卵石土	中密	2.2	/	40	0.45	300	支护	支护	/	150
(2)	角砾土	中密	2.1	/	35	0.35	220	1:1	1:1.25	/	90
(3)	粉质黏土	硬塑	1.9	25	18	0.3	180	1:1	1:1.25	/	55
(4)	灰岩夹泥质灰岩	W ₃	2.3	/	55	0.5	400	1:0.5	1:0.75	/	150
		W ₂	2.6	/	65	0.7	800	1:0.3	1:0.5	24	/
(5)	凝灰质砂岩、凝灰质砾岩夹凝灰质泥岩	W ₄	2.1	25	18	0.35	200	1:1	1:1.25	/	60
		W ₃	2.3	/	45	0.45	350	1:0.75	1:1	/	120
		W ₂	2.63	/	55	0.55	700	1:0.5	1:0.75	20	/
(6)	断层角砾岩	(Fbr)	2.2	/	40	0.40	300	1:0.75	1:1	/	120
(7)	断层压碎岩	(Ty)	2.5	/	45	0.50	500	1:0.75	1:1	/	180

3.4 钻探与物探成果比较

断层破碎带内钻进时进尺极快,局部不加压即可钻进。岩芯多呈碎石状($\phi 30 \sim 70$ mm 为主)、角砾状($\phi 2 \sim 20$ mm)、土状、泥状,手锤敲击易碎,部分手捏可碎。原岩层理多呈片麻状,局部片理化及绿泥石化,岩芯中可见擦痕,破碎带附近出露岩层可见明显的阶梯状擦痕。

(1) CT 与钻探的比较

在河流左岸,物探显示断层破碎带位于河床中部,倾角大,倾向左岸,对 1 号主墩影响有限。此处 4 个钻孔(DZ-43-1-1、DZ-43-1-2、DZ-43-1-3、CZ-lj-2)仅有 1 孔发现断层角砾岩,且厚度较小,岩芯完整程度随深度增加而下降,CT 成果与钻探结果基本一致。在河流右岸,CT 成果表明原桥址松树坝断层破碎带宽度大,新桥址则避开了松树坝断层主断裂带。在原桥址处,岩芯中擦痕显著,岩芯层理多呈片麻状,局部片理化及绿泥石化,手锤敲击易碎,部分手捏可碎,显示该处断层破碎带厚度大;在新桥址处,岩芯多以柱状、大块状为主,岩体完整性程度高,局部可见擦

痕,发育小型分支断裂。钻探与 CT 纵断面和横断面成果对松树坝断层破碎带的边界判定基本一致,并与野外调查结果相吻合。

(2) 声波测井成果与钻探比较

在高 V_p (纵波速度)值域,断层角砾岩、断层压碎岩与较完整的凝灰质砂岩、灰岩的值域重叠较多,在低 V_p 值域,该法尚不能有效区分由于断层而形成的节理发育和其他原因而形成的节理发育(尤其当灰岩节理较发育或裂隙充填物与原岩物理性质相差大时);当遇到质软的断层角砾、断层泥时,运用此法分辨断层破碎带与较完整岩体的效果欠佳。因此,声波测井方法鉴别断层破碎带效果不佳,但声波测井的岩体纵波速度与钻探样品岩块纵波速度指标相近。

(3) 综合勘察效果评价

综合测井、弹性波层析成像(CT)对于初步判明断层破碎异常带效果显著。经野外测绘和钻探验证,在缓坡地段和河床中使用效果较好,但受地形、岩性影响较大,陡坡地段判释效果差,对诸如砂岩类和具有一定粘—弹性力学特点的岩体,难以有效区分完整岩体中

大宁煤矿铁路专用线3号桥采空区勘察

李高明 高伟

(中铁郑州勘察设计咨询院有限公司, 河南郑州 450052)

The Investigation for the Mining Zone Below the Third Bridge over the Industrial Siding Railway in Daning Coal Mine

Li Gaoming Gao Wei

摘 要 采用瞬态瑞雷波法对大宁煤矿铁路专用线3号桥址区进行勘探和判释,查明了桥地区的采空情况和影响范围,为桥梁设计提供了准确的基础资料。

关键词 采空区 瑞雷波法 低速凹槽 采空影响区 采空裂隙带

1 概况

大宁煤矿铁路专用线3号桥斜跨芦苇河,在其两侧分布有2个煤矿:义城煤矿和柏山煤矿。在可行性研究阶段的调查访问中,未发现采空问题。在初步设计

阶段的现场钻探中,发现3号墩(DK7+192)处有采空空洞,性质为古煤矿采空。为查明桥址区(DK7+000~DK7+465)范围内古采空的分布情况,拟采用瞬态瑞雷波法进行现场勘察判释。

2 地形地质特征及地球物理条件

2.1 地形情况

测区位于芦苇河河漫滩中,地表大部分为卵石土,

的节理与断裂。同时,该方法无法探明隐伏的小型分支断裂,须结合钻探资料才能有效解释物探成果。

孔内声波测井需要钻孔内有水,对于节理发育的灰岩、砂岩和断层角砾,往往难以区分节理和断裂。根据对钻探岩样的岩块波速(V_p)测试结果对比,孔内声波测井法具多解性,易造成误判:①将断层破碎带误判为较完整—较破碎基岩;②将节理发育的完整灰岩误判为断层破碎带。其原因在于:①断层破碎带纵波速度与完整岩层有较多重合,导致结果的多解性;②灰岩、砂岩节理发育,节理裂隙充填物与岩体不一致导致纵波速度差异,目前尚难以区分由于节理发育和断层破碎带发育而产生的纵波速度差异;③数据采集及处理时间间隔过大,算法不完善,导致异常点被忽略或被平滑,从而影响结果的准确性。

4 结束语

弹性波层析成像(CT)能初步判定断层异常带,可用于桥址及主墩位置优化,但受地形影响较大。孔内声

波法受岩性、节理发育情况和水文条件影响大,存在有条件性、解释结果多解性等局限,对断层破碎带的鉴别效果差。钻探工作应在地质调查和物探指导下有目的进行,相互验证、补充,以进一步查明断层破碎带发育情况,提高勘探效率。综合应用多种勘察手段,能避免勘察片面性、局限性,提高地质成果资料的精度。

因此,在第四系土层分布广泛时,根据外业调查和区域地质资料,先以物探圈定断层破碎带的基本位置,然后用钻探结合工程需要进行验证,用物探手段对钻孔及断层破碎带范围进行确定。

参 考 文 献

- [1] 常士骥. 工程地质手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997
- [2] TB10027—2001 铁路工程不良地质勘察规程
- [3] 张卓元等. 构造地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1985
- [4] TB10013—2004 铁路工程物理勘探规程
- [5] TB10012—2001 铁路工程地质勘察规范
- [6] TB10014—98 铁路工程地质钻探技术规程
- [7] TB10077—2001 铁路工程岩土分类标准
- [8] TB10018—2003 铁路工程地质原位测试规程
- [9] TB10049—2004 铁路工程水文地质勘察规程