

文章编号:1001-4179(2015)14-0041-04

穿越长江输气管道工程地质勘察技术研究

邵玉冰, 刘培培, 庞云铭, 李 强, 岳全庆

(长江三峡勘测研究院有限公司(武汉), 湖北 武汉 430074)

摘要:黄冈至大冶天然气管道穿越长江段拟采用定向钻法施工。为准确查明穿越段的地质情况,选择最佳穿越路径,提前制订了相应的施工方案和故障处理措施。通过采用传统小口径钻探,并结合声波、高密度电法、松散岩土层可视化探查技术、井下全息彩电探测和三维建模等一系列优质、先进的勘察技术方法,经综合分析,获取了详实的地质勘察资料,确保了工程的顺利、成功实施。详细介绍了勘察过程,其综合勘察技术及工程经验可供同类工程参考。

关 键 词:定向钻穿越长江;区域性断裂;岩溶;松散岩土层;可视化探查;井下全息彩电探测

中图法分类号: P642

文献标志码: A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.14.012

我国天然气资源分布不均,气源主要分布在西部,而用气市场主要集中在经济相对发达的东部,因此,必须进行天然气资源的跨区域调配。

输气管道建设在天然气资源跨区域调配中扮演着重要作用,而输气管道穿越大江大河一般是控制性节点工程。目前,国内大型河流穿越工程的施工工艺主要为盾构、钻爆和定向钻 3 种,其中,钻爆法施工安全性较低,盾构法成本较高,而定向钻法工期短、安全性高、成本低、对周围环境影响较小,因此近年来被广泛应用。

本文主要以地质条件极为复杂的黄大线输气管道长江穿越工程为典型案例,研究和探讨定向钻穿越工程中的勘察方法和手段,以实现在复杂地质条件下获取详实地质勘察资料,确保穿越工程顺利、成功实施。

1 穿越工程概况

(1) 工程背景。黄冈-大冶天然气输气管道(以下简称黄大线)为鄂东地区连接西气东输、川气东送两条国家级输气干线的支干线。输气管道拟采用定向钻的施工方法于黄冈和鄂州之间穿越长江。穿越隧道长度近 2.7 km,穿越处长江江面常水位宽度约 1 700 m,江堤之间的宽度约 2 290 m。

(2) 穿越段地质概况。穿越段位于扬子断块的桐

柏-大别断隆与下扬子隆陷带接壤处。30 km 半径范围内,主要分布襄樊-广济断裂、麻城-团风断裂、巴河断裂 3 条大断裂,其中襄樊-广济断裂从穿越段南端通过。

穿越段两岸地势开阔平坦,水陆交通便利。覆盖层厚 11~35 m,总体呈北厚南薄状。从上至下依次为黏性土、粉细砂及卵砾石等。下伏基岩为白垩-第三系东湖群、二叠系栖霞组及茅口组地层,岩层走向与穿越轴线近直交,倾角陡立,岩性以中厚-厚层浅灰钙质砂岩、砾岩、紫红色泥质砂岩居多,其次为含绢云母粉砂岩、灰质白云岩、碳质灰岩、钙质砂岩、泥岩,以及沿襄樊-广济断裂侵入的安山质火山岩等。襄樊-广济断裂从穿越河段南岸通过,在穿越断面上的水平宽度大于 300 m,构造岩主要由碎块岩、含角砾碎裂岩、碎粉岩、含角砾糜棱岩组成,岩体破碎、性状较差。

穿越段岩体风化整体上具垂直分带性。强风化带岩体分布不连续,铅直厚一般为 0.5~4.5 m,受襄樊-广济断裂影响,穿越段南侧强风化岩体分布厚度较大,达 2.5~8.5 m,襄樊-广济断裂主断带强风带岩体铅直厚度在 30 m 以上;中等风化带岩体铅直厚度一般为 3~12 m,南岸襄樊-广济断裂影响带一般呈中等风化状;本次勘察未揭穿微风化带。

长江是该区域的最低排泄基准面,地表水总体向

收稿日期:2015-04-18

作者简介:邵玉冰,男,工程师,主要从事水电工程地质勘察工作。E-mail:16845096@qq.com

长江排泄。地下水按埋藏和径流条件可分为孔隙水、基岩裂隙水和岩溶水等。

2 地质勘察难点分析

从地质条件看,襄樊-广济断裂、巴河断裂等区域性的大断裂分别从穿越段南端和近场区通过,穿越段沿线还分布深厚覆盖层(厚度近 30 m,主要岩性有黏性土、砂、圆砾及卵石);且下伏灰岩、灰质白云岩等碳酸盐岩,及砾岩、钙质砂岩、泥质砂岩、泥岩等软硬极为不一的沉积岩,和沿断裂侵入的各类火成岩。

长江复杂的地理特点及穿越段特有的复杂地质条件给勘察、设计、施工带来了诸多难题,主要包含以下 3 个方面。

(1) 黄大线长江穿越段南岸分布有襄樊-广济大断裂,且断裂带规模逾 600 m,定向钻隧道需斜穿断裂带 300 余米。断裂带规模大,地质条件复杂,之前国内尚无大型定向钻穿越的成功经验,因此,能否准确查明断裂带地质条件,成为制约该次穿越成败的重要因素。

(2) 河床南侧,定向钻穿越隧道沿线分布有厚达约 230 m 的可溶岩-灰岩及灰质白云岩,可溶岩体内发育的溶洞、脉状透水通道使定向钻施工面临巨大风险,存在掉钻、卡钻、泥浆外泄或地下水渗漏等问题。

(3) 河床中部,定向钻穿越隧道沿线分布厚达近 480 m 的砾岩,砾岩基质与砾石的软硬不均,是定向钻导向施工的一大难题,同时砾石原岩大部为灰岩、石英质岩等岩石,其岩质坚硬,部分颗粒较大,定向钻钻进施工难以将其破碎,还为施工排渣带来较大困难。因此,能否准确查明砾岩内砾石成分、颗粒大小、级配等参数,从而制定合理、有效的施工处理方案显得尤为重要。

3 勘察研究概况与实施情况

(1) 区域性断裂带勘察、研究概况与实施情况。区域性断裂——襄樊-广济大断裂从穿越段南端通过,定向钻需穿越断裂带至少 300 m,之前国内外尚无大型水域定向钻穿越的成功经验。鉴于此,在勘察时除采用传统小口径钻探外,还结合了声波、高密度电法及松散岩土层可视化探查技术等综合手段。

首先,通过小口径钻探基本查明了穿越段范围内断裂带主要岩性及其性状特征。其次,采用钻孔声波和地表高密度电法测试,统计分析不同性状岩体的声波波速和电阻率反映值,以高密度电法测试剖面结合钻孔揭露情况,为深埋地下的断裂带进行构造和岩性分带。

然后采用补充勘探和松散岩土层可视化探查技

术,对穿越段关键部位进行地质验证和地质信息收集,查明断裂带的空间展布、构造岩和沿断裂侵入岩体的特征及分布规律,以此充分研究定向钻施工可能遇到的地质问题。针对各种问题存在的部位,提出切实可行的解决方案,为首次实现大型水域定向钻成功穿越区域性断裂奠定了坚实基础。

(2) 可溶岩灰岩层勘察、研究概况与实施情况。穿越段河床南侧分布可溶岩灰岩及灰质白云岩,岩体内发育的溶洞及存在的脉状透水体使定向钻施工面临巨大风险,可能引起泥浆外泄或地下水涌漏等问题。

勘察期间,建立了以钻孔连续水文试验及井下全息彩电探测技术为基础的钻孔全孔分段岩溶脉状透水体分析方法。

首先,对可溶岩层岩性进行矿物分析(见表 1),了解岩体内可溶矿物含量和分布发育规律。

表 1 栖霞组灰质白云岩岩矿鉴定分析成果

鉴定物名称	取样 孔号	桩号	孔深/ m	矿物成分
灰质白云岩	ZK75	K2+326	46.5	细晶白云石约占 70%;微细白云石粉砂屑及暗色泥质约占 20%;粗晶方解石约占 10%
微晶-泥晶灰岩	ZK06	K2+351	47.8	微晶方解石占 75%;零星分布的泥质约占 15%;零散分布的粉细砂、细砂约占 8%;零星分布的绿泥石约占 2%
绢云母页岩	ZK75	K2+326	27.6	片状绢云母约占 60%;细晶方解石 17%;粉砂、细砂约占 10%;泥质碎屑约占 10%;碳质微粒 3%
钙质胶结粉砂岩	ZK74	K2+370	35.3	粉砂石英约占 85%;细晶方解石 10%;碳质、铁质碎屑 4%;绢云母岩屑 3%

其次,对钻孔进行全孔段连续压水试验,了解脉状透水体发育的深度范围。再次,利用井下全息彩电探测技术查明可能的脉状透水体规模与走向。

最后,结合钻孔揭示的岩体构造特征(主要指构成脉状透水体的长大岩溶裂隙产状、性状等)以及上覆江水水头高度,综合计算分析定向钻穿越处地下水可能产生的涌漏量,或在较大泥浆压力下施工时可能产生的泥浆渗漏量。

勘察期间的分析计算结果与施工实际吻合较好,为定向钻选择最佳穿越路径、提前制订相应施工处理措施提供了基础,保证了定向钻穿越工程顺利实施。

(3) 砾岩层勘察、研究概况。砾岩基质与砾石软硬不均,是定向钻导向施工的一大难题。因此,能否准确查明砾岩内砾石成分、颗粒大小、级配等参数,从而制订合理、有效的施工处理方案显得尤为重要。

传统的试验分析方法一般是磨碎分离、筛分,但黄大线穿越段砾岩成岩胶结极好,岩体难以磨碎分离。勘察实践过程中,引入了全息数字化技术,采用室内岩芯薄片建立了砾岩三维模型,准确查明了砾石颗粒大小、含量等重要参数,为定向钻施工方案设计和采取有

效应对措施提供了可靠地质依据。

4 关键勘察技术方法探究

(1) 松散岩土层可视化探查技术。深厚松散岩土层结构松散,勘察中通常采用的小口径钻探方法取芯较为困难,存在获取地质信息不足的问题。即使增大钻探口径,或采用双管双动、双管单动等改良措施,也仅能一定程度上提高岩土的取芯率。

松散岩土层可视化探查技术,采用透光率 92.8% 以上的高透明 PMMA 管(PMMA 管也称亚克力管,有机玻璃管,英文为 AcrylicTube,耐紫外线和大气老化,机械强度和韧性良好,最高使用温度为 80℃)制作与钻孔孔径相匹配的各种不同口径的护壁器,并通过全息彩电,了解松散层的物质组成和结构特征。其具体实施步骤如图 1 所示。

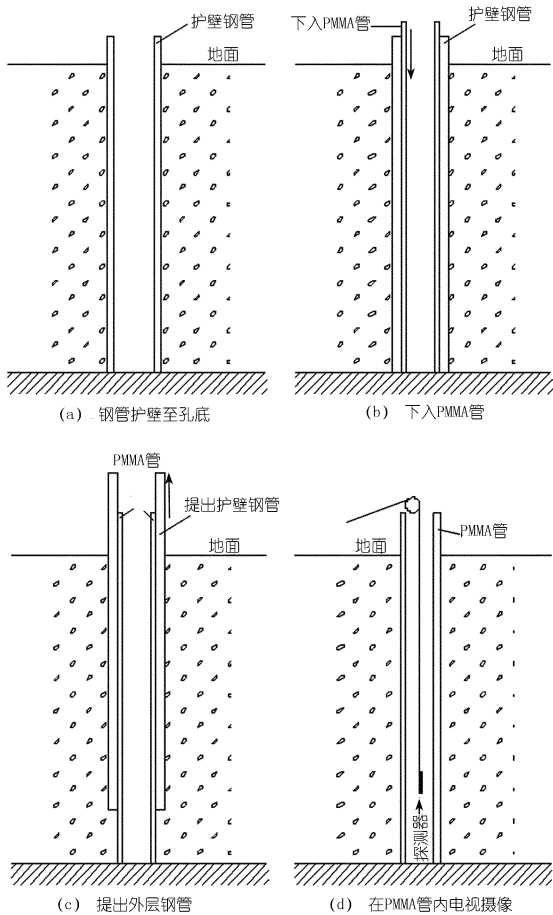


图 1 松散岩土层可视化探查示意

可视化探查技术可不计较芯样的完整性,能真实、直观地反映松散岩土层的结构特征和配比(见图 2),大大提高了地质原始资料的准确性。本次勘察过程中,运用这项技术在查明松散断裂破碎带构造岩分布、划分主断裂带、次级断裂带、次级断裂及侵入岩体分布方面发挥了不可或缺的作用,确保了国内大型水域定向

钻首次成功穿越区域型大断裂。



图 2 松散岩土层可视化解析成果

(2) 全息影像探测技术。针对地下岩溶,常规勘察方法多通过钻进情况(如掉钻、漏浆等)判别岩溶发育部位,其缺点在于对岩溶发育的深度、规模、成因等判别比较粗糙,容易遗漏中小规模溶蚀裂隙。

考虑到定向钻穿越的特殊施工工艺,一方面钻进施工中伴随着巨大的泥浆压力,中小型岩溶裂隙构成的脉状透水体也可能造成泥浆大量外泄,导致穿越失败;另一方面,隧道深埋于长江水位以下,较大的上覆水头可能导致地下水向隧洞内大量渗漏,不利于隧洞长期稳定和管道安全。因此,准确查明穿越段岩溶发育的深度、规模,以及岩溶裂隙发育走向等地质信息极为重要。

全息影像探测技术,将带有特制方位仪的全息影像设备放入钻孔,可有效查明基岩内主要岩溶裂隙通道发育程度、规模及特征,为设计施工方案时提前制定相应处理措施提供依据。其具体实施步骤如下:①以常规的钻进方法进行钻进和护壁。②对下入彩电探测器的空段实施清洗,以排出水流清澈不混浊为准。③清洗完毕即下入彩电探测器。④用探头自带的方位仪,读取孔内断层出露的最高点和最低点方位;在确定方位时将探测器分别移动至断层顶、底面,计算测绳长度差。⑤进入室内编辑,分析影像成果(见图 3)。

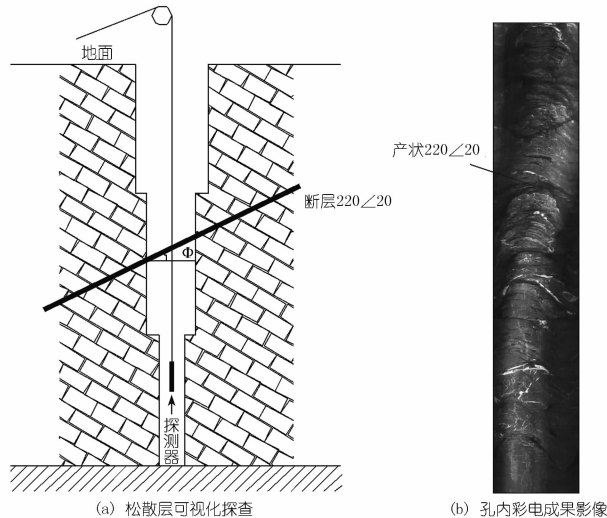


图 3 钻孔彩电全景探测实施及成果影像图

钻孔全息影像资料,可不计较钻孔取芯的完整性,而获得常规钻探工艺不能取得的埋藏于地下的岩溶裂隙的产状、规模等信息,对准确判别深埋地下的岩体岩溶发育情况有重要意义,为该工程准确判别可溶岩层岩溶发育情况提供了保证。

5 结 语

定向钻特殊的施工方法,对地质勘察精度要求颇高,需根据不同地段的地质条件制定相应施工方案和故障处理措施,不断调整施工参数。

黄大线长江穿越段地质条件极为复杂,但自 2009

年黄大线长江穿越工程地质勘察工作开展以来,采取多种勘察方法和研究手段,有效提高了勘察精度,勘察资料详实、准确、可靠,为工程决策与工程建设提供了重要依据,并提出了一系列合理化工程建议,被设计方或业主采纳,使工程提前竣工并通过验收,节约工程投资数千万元。工程现已正常运行多年,取得了明显的综合效益。本项目勘察同时也获得湖北省优秀勘察一等奖。该项目勘察中采用的多种勘察手段及分析方法,对复杂地质条件下大型水域定向钻穿越工程的勘察工作有着重要的参考价值和指导意义,已在国内得到广泛运用。

(编辑:徐诗银)

Research on geological survey technology of directional drilling of gas pipeline crossing Yangtze River

SHAO Yubing, LIU Peipei, PANG Yunming, LI Qiang, YUE Quanqing

(Sanxia Exploration and Survey Co., Wuhan 430074, China)

Abstract: The directional drilling method is to be used in the construction of gas pipeline from Huanggang to Daye crossing Yangtze River. In order to ascertain the geological condition of the crossing section, so as to select an optimal crossing route, we have worked out the construction scheme and treatment measures of accident in advance. By using traditional small caliber drilling and together with a series of advanced survey technologies such as sonic wave, high density resistivity method, visual detect for loose soil layer, down-hole holographic color TV Technology and 3-D modeling etc., the geological condition of the crossing stratum was made clear accurately, which ensured the smooth and successful construction of the works. This paper gives a detail introduction to the survey process and the comprehensive technologies, which can be referred by the similar works.

Key words: directional drilling crossing Yangtze River; regional fracture; karst; loose rock and soil stratum; visual detect; down-hole holographic color TV Technology

(上接第 18 页)

线路工程特别是深埋长隧洞,必须加强施工期隧洞超前地质预报,这已成为相关行业共识^[4-5],并预列工程专项经费,将超前预报工作纳入施工组织设计,对可能突发地质灾害提出可靠应对措施与应急预案。

参考文献:

- [1] 彭土标.水力发电工程地质手册[M].北京:中国水利水电出版社,2011.
- [2] 张继勋.深埋长大引水隧洞主要工程地质问题及处理方法研究

[C]//第一届水工岩石力学会议论文,郑州,2005.

- [3] 姜云,李永林,李天斌,等.隧道工程围岩大变形类型与机制研究[J].地质灾害与环境保护,2004,(4).
- [4] 铁路隧道超前地质预报技术指南(铁建设[2008]105号)[S]. 2008.
- [5] DB42/T 561-2009 公路隧道施工地质预报规程[S].

(编辑:徐诗银)

Preliminary study on key geological problems of a large-scale water diversion project in Southwest China

WANG Jiexiang, CHEN Changsheng, SHI Cunpeng, FANG Yanguo, WANG Wangsheng

(Sanxia Exploration and Survey Co., Wuhan 430074, China)

Abstract: A large-scale water diversion project located in south edge of Qinghai-Tibet plateau is 660 km long, which stretches over three geotectonic units of first-level, so its tectonic setting and earthquake condition are complex. In combination with the stage results in feasibility study, we carry out several preliminary studies on the following issues: anti-seismic and anti-shear problems of buildings in the areas of route passing across active faults, water inrush of tunnel and underground water environment problem, geological problems of deep buried tunnels, engineering problems of soft rock and other special geo-mechanics. The analysis results demonstrate that the above mentioned problems are prominent in local sections and could be solved by engineering measures. We put forward suggestions for further study.

Key words: water diversion route; deep buried tunnel; large deformation of soft rock; special soil