

文章编号: 1674—8247(2019)05—0073—04
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2019.05.015

浅层天然气对浅埋隧道安全性的影响研究

张小林 应 黎 冯 君

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:隧道瓦斯和浅层天然气溢出一直是困扰隧道安全施工的一大难题,也是隧道工程常见病害的主要类型之一。在隧道施工时,若有高浓度瓦斯溢出,可能存在瓦斯爆炸的风险,而部分线路长度较短、隧道埋深较浅,浅层天然气的预测预报容易被忽视。本文以成都—天府国际机场快线为研究对象,针对区域构造条件、现场钻孔天然气测试及室内试验三方面结果进行分析研究,研究表明浅层天然气对隧道能够带来较大安全隐患,隧道勘察设计期间有必要开展关于浅层天然气的专项勘察研究。

关键词:浅层; 天然气; 瓦斯隧道; 瓦斯预测

中图分类号:U452.1⁺1 **文献标志码:**A

Study on Influence of Shallow Natural Gas on Safety of Shallow-buried Tunnels

ZHANG Xiaolin YING Li FENG Jun

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: Spill of tunnel gas and shallow natural gas is a difficult problem. For tunnel safety construction, and it is also one of the main common diseases in tunnel engineering. There is a risk of gas explosion if there is spillover of gas with high-concentration during tunnel construction. As some railway lines are featured by short length and shallow-depth tunnel, the prediction of shallow natural gas is easy to be ignored. Taken Chengdu-Tianfu airport express as the research object, Analysis and research are taken from the results of 3 aspects, namely, the regional structural conditions, on-site borehole gas testing and laboratory test. Research shows that the shallow natural gas can bring great hazard to tunnel safety. It is necessary to carry out special investigation and research on shallow natural gas during survey and design period of tunnel.

Key words: shallow; natural gas; gas; tunnel; prediction

长期以来,铁路隧道瓦斯和浅层天然气爆炸一直是困扰隧道安全施工的一大难题,也是隧道工程常见病害类型之一。

匡亮、张振强^[1-2]等人对铁路瓦斯隧道高低等级划分界限进行了研究,重新提出了瓦斯隧道分类标准;袁帅^[3]通过对铁路瓦斯隧道通风方案和方法的深入

研究,提出了针对特长隧道的瓦斯气体防治方法;郑书星^[4]等人等通过数值模拟的方法提出了隧道瓦斯新的分级标准。蒋敏^[5]通过研究瓦斯对隧道的危害性,提出了瓦斯隧道的防治措施。唐小兵^[6]研究了通风设备与降低瓦斯浓度和保证施工安全的关系;陈家清^[7]等人通过对洪福隧道的研究,提出了控制隧道瓦

收稿日期:2018-08-21

作者简介:张小林(1972-),男,高级工程师。

引文格式:张小林,应黎,冯君. 浅层天然气对浅埋隧道安全性的影响研究[J]. 高速铁路技术, 2019, 10(5): 73-76.

ZHANG Xiaolin, YING Li, FENG Jun. Study on Influence of Shallow Natural Gas on Safety of Shallow-buried Tunnels[J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(5): 73-76.

斯浓度的措施;洪开荣^[8]通过对国内外各典型隧道的分析,阐述了未来隧道发展方向;周莹^[9]以兰渝铁路玄真观隧道为研究对象,分析了非煤系瓦斯在隧道的分布和运移规律。李波^[10]运用数值模拟,取得了公路瓦斯隧道的流场、分布、运动规律;康小兵^[11]等人通过对瓦斯检测数据的分析,总结了瓦斯浓度的影响因素。当铁路隧道线路长度较短、埋深较浅时,浅层天然气的预测预报容易被忽视,施工时可能会发生天然气爆炸或燃烧,给隧道施工安全带来隐患。因此加强隧道浅层天然气预测预报工作十分必要。

本文通过对某穿越油气田浅埋隧道的研究,分析浅层天然气对隧道安全性的影响,以浅层天然气的储

存条件和测试结果分析研究了隧道穿越浅层天然气危害性。

1 区域地质及储存条件

1.1 区域地质概况

线路穿越苏码头油气田。该油气田位于四川盆地川西中新生代沉积凹陷区南部、成都凹陷低缓构造带东侧、苏码头-盐井沟断褶背斜构造带的北端,气田两侧被熊坡断层和苏码头-盐井沟断层所夹持。背斜核部出露侏罗系蓬莱镇组,两翼主要出露白垩系地层,部分区域被第四系覆盖。构造圈闭要素如表 1 所示。

表 1 苏码头构造圈闭要素表

圈闭类型	地质层位		高点海拔/m		高点海拔 /m	最低圈闭 线/m	闭合度 /m	闭合面积 /km ²	轴长		构造走向	
			绝对值	相对值					长轴/km	短轴/km		
背斜	蓬底	南高点	338	114	- 480	- 720	240	104	31.78	3.78	NE	
		北高点	809	157	- 580	- 720	140					
	遂宁组底界		408	126	- 800	- 1 200	400	143.6	32.31	5.80	NE	
	沙溪庙组底界		409	135	- 1 440	- 1 600	160	43.05	17.22	2.95	NE	
	须三底	码①上盘		403	150	- 2 620	- 3 000	380	27.9	19.21	1.74	NE
		码①下盘	秦皇寺高点	517	112	- 3 160	- 3 200	40	42.14	21.4	2.7	NE
			秦皇寺北高点	648	105	- 3 160	- 3 200	60				
			新店子高点	786	116	- 3 120	- 3 200	80				

1.2 构造特征

苏码头油气构造为北东向构造,轴部地层为上侏罗统蓬莱镇组上部地层,翼部有白垩系地层分布,外围有第四系地层广布,两翼不对称,北西翼陡,南东翼缓,为不对称长轴背斜。断层发育,具一定规模的断层有 4 条,主要分布在背斜西北翼及构造南段,走向北东,倾向南东,均为逆断层,发生在上侏罗统蓬莱镇组地层内。构造剖面如图 1 所示。

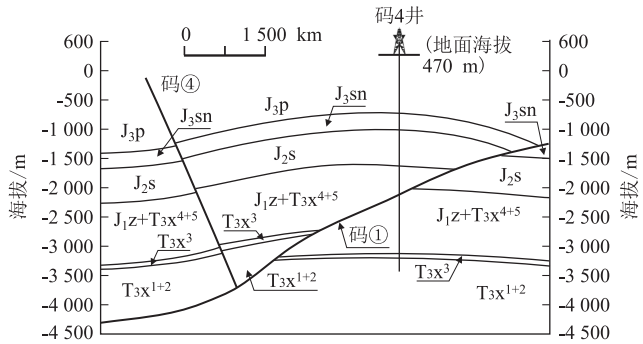


图 1 地震 INLINE510 测线综合解释剖面图

1.3 储集层特征

蓬莱镇组储集层岩性为灰绿色薄-中厚层状细砂岩和粗粉砂岩。储集层主要为粒间溶孔、溶蚀扩大孔,次为粒内溶孔、铸模孔和残余粒间孔,裂缝偶见。孔隙

度分布于 2%~18% 之间,主要分布于 4%~8% 和 8%~16% 两个区间,平均为 10.62%。最大渗透率为 34.1 mD,最小为 4.04×10^{-3} mD,主要分布于 0.01~100 mD 之间,平均为 1.31 mD。蓬莱镇组岩芯孔隙、渗透率分布如图 2 所示,孔隙度-渗透率关系如图 3 所示。

1.4 储气条件分析

苏码头构造在轴部出露少量蓬莱镇组地层,两翼地表出露白垩系地层。因此,在构造两翼,储层的盖层条件较好,构造轴部蓬莱镇组中上部储层盖层条件相对较差,中下部储层盖层条件相对较好。

对苏码头构造的主要断层进行断面压力分析后发现,断层封闭作用随断层的埋深减小而变弱,因此蓬莱镇组上部断层对气藏起破坏作用,但若砂体不直接和断层接触,仍可依赖泥岩的侧向封闭作用防止油气沿断面纵向散失。蓬莱镇中下部断层的断面压力大于地层压力,断层是封闭的。这也说明在浅部,油气有沿断层向上运移浸染浅部地层的能力,甚至有在局部富集形成浅层天然气气囊的可能。在麓山站-博览城北站的 MI1872-LB-35-1 钻孔,测试到浅层天然气,其浓度高达 4%,远高于周边其它钻孔,且 MI1872-LB-35-1 钻孔恰好位于断层部位。因此,隧道施工时,一定要注意断层和节理裂隙部位的局部浅层天然气富集。

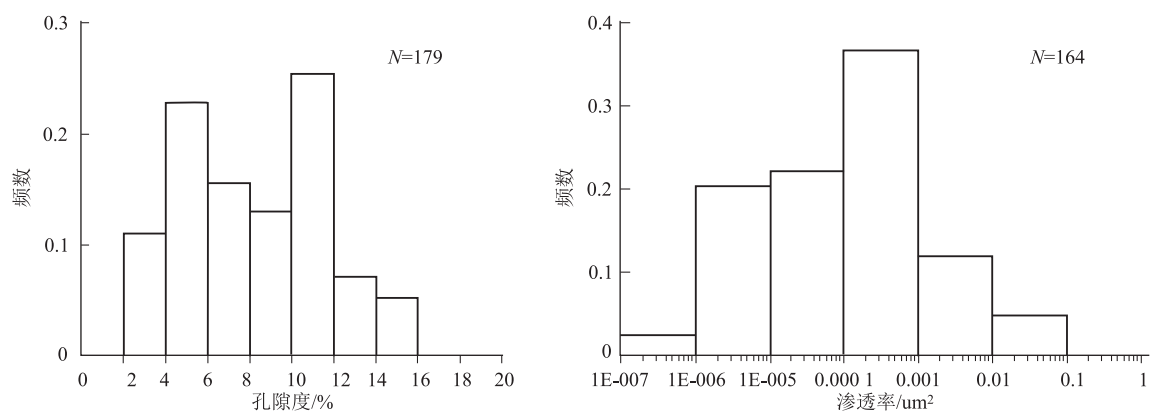


图 2 苏码头油气田蓬莱镇组岩芯孔隙度、渗透率分布直方图

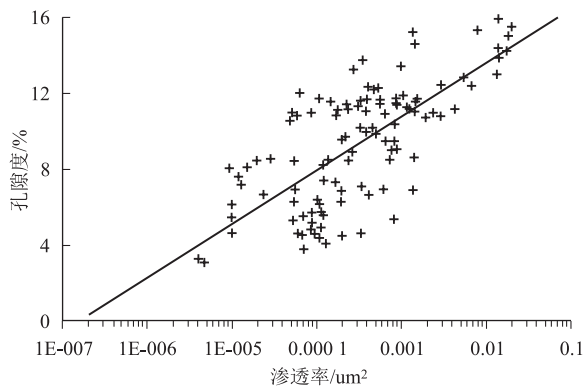


图 3 苏码头气田蓬莱镇组岩芯孔隙度 - 渗透率关系图

2 现场检测结果

对线路范围内 49 个钻孔进行检测,累计测点 199 次,其中 27 个钻孔有天然气显示,占 55.1%,代表性钻孔测试结果如表 2 所示。

钻孔天然气检测结果表明,在苏码头油气田范围内,油气向上运移浸染上部地层具有普遍性。但就浓度而言,除 MI1872-LB-35-1 钻孔外,天然气最大浓度高达 40 000 ppm(4%),接近天然气燃爆极限,其余钻孔天然气最大浓度均小于 10 000 ppm(1%),MI1872-LB-35-1 钻孔位于苏码头背斜核部,且与断层相连,其

表 2 天然气测试结果表

隧道名称	钻孔编号	孔深/m	中途天然气浓度/ppm	封孔 24 h 后测试浓度/ppm
麓山站 - 博览城北站	MI1872-LB-35	75	2 300/2 500/2 400	8 400/9 000/9 200
	MI1872-LB-35-1	80	5 600/6 400/7 200	20 000/30 000/40 000
	M18Z2-LB-36	80	2 100/2 200/2 400	7 600/8 200/8 000
	M18Z3-LB-81	80	1 600/1 650/1 700	8 400/8 520/8 500
	M18Z3-LB-82	80	2 100/2 400/2 550	8 800/9 200/9 100

余钻孔均处于背斜翼部,且地层连续,这说明浅层天然气分布受控于密度地层构造特征。

3 室内气相色谱试验

钻孔终孔封闭 24 h,现场测试结束后采用改进的大气取样仪立即取样,利用密封气袋装样,送试验室分析。

根据 GB/T 13610 - 2003《天然气的组成分析气相色谱法》,室内采用气相色谱法对气样进行成分和含量分析试验。试验结果表明,气样均以氧气和氮气为主,除少量二氧化碳、CH₄ 和微量其他含碳气体,未没有发现其他有毒有害气体。气样中可燃气体 CH₄ 的含量介于 1.80% ~ 2.52% 之间。钻孔检测气体成分如表 3 所示。对比室内试验结果和现场测试结果可知,室内试验结果的 CH₄ 含量略低于现场测试浓度,

这是因为室内取样在现场测试之后,同时也说明通风对降低 CH₄ 浓度效果较好。

表 3 气体成分检测结果表

气体	试验编号			
	LQSSK-1-01	LQSSK-1-02	LQSSK-2-01	LQSSK-2-02
O ₂ (10 ⁻² mol/mol)	20.56	20.74	20.60	20.14
N ₂ (10 ⁻² mol/mol)	77.32	77.26	77.30	77.28
CH ₄ (10 ⁻² mol/mol)	1.97	1.80	2.03	2.52
CO ₂ (10 ⁻² mol/mol)	0.14	0.18	0.06	0.05
C ₂ H ₆ (10 ⁻² mol/mol)	0.01	0.02	0.01	0.01
C ₃ H ₈ (10 ⁻² mol/mol)	微量	微量	微量	微量

4 结论

本文以浅层天然气对浅埋隧道的瓦斯预测为研究对象,通过对地质构造条件、现场检测及室内试验结果进行分析研究,得出以下结论。

(1)铁路隧道在穿越含油气构造时,深部油气沿断裂向上浸染,隧道存在浅层天然气溢出危害。在勘察设计阶段有必要针对浅层天然气开展专项研究。

(2)为避免高浓度瓦斯溢出造成爆炸,隧道盾构施工工法建议在低瓦斯或无瓦斯区段采用,在高瓦斯区段宜采用明挖或暗挖施工工法,并采取相应的通风、防爆等措施。

参考文献:

- [1] 匡亮,张俊云,张振强. 铁路瓦斯隧道等级划分方法研究[J]. 铁道工程学报,2017,34(8):73-77.
KUANG Liang, ZHANG Junyun, ZHANG Zhenqiang. Research on the Classification Method of Railway Gas Tunnel [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2017, 34(8): 73-77.
- [2] 张振强. 铁路瓦斯隧道分类及煤与瓦斯突出预测方法研究[D]. 成都:西南交通大学,2015.
ZHANG Zhenqiang. Study on Classification and Coal and Gas Ejection Prediction for Railway Gas Tunnel [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2015.
- [3] 袁帅. 特长铁路瓦斯隧道施工通风优化及安全控制技术研究[D]. 成都:西南交通大学,2017.
YUAN Shuai. Optimization and Security Control Technology of Construction Railway Tunnel with Gas [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2017.
- [4] 郑书星,罗武装. 运用数值模拟探讨铁路瓦斯隧道分级标准[J]. 路基工程,2015,33(5):127-132.
ZHENG Shuxing, LUO Wuzhuang. Discussion on Classification Criterion for Railway Tunnel with Gas by Numerical Simulation [J]. Subgrade Engineering, 2015, 33(5): 127-132.
- [5] 蒋敏. 瓦斯隧道施工过程中瓦斯灾害危险性评价研究[D]. 湘潭:湖南科技大学,2012.
JIANG Min. Study on Gas Disasters Risk Assessment in the Gas Tunnel Construction process [D]. Xiangtan: Hunan University of Science and Technology, 2012.
- [6] 唐小兵. 隧道工程瓦斯灾害危险性评价体系研究[D]. 成都:成都理工大学,2009.
TANG Xiaobing. Study on Gas Disaster Risk Assessment System of Tunnel Engineering [J]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2009.
- [7] 陈家清,刘仁旭,卿志银,等. 洪福隧道施工期间的瓦斯防治[J]. 公路交通技术,2008,24(5):118-120.
CHEN Jiaqing, LIU Renxu, QIN Zhiyin, et al. Gas Prevention during Construction of Hongfu Tunnel [J]. Technology of Highway and Transport, 2008, 24(5): 118-120.
- [8] 洪开荣. 我国隧道及地下工程发展现状与展望[J]. 隧道建设,2017,37(2):123-134.
HONG Kairong. Status Quo and Prospect of Tunnels and Underground Works in China [J]. Tunnel Construction, 2017, 37(2): 123-134.
- [9] 周莹. 非煤系瓦斯隧道施工通风模拟及其瓦斯安全风险评价[D]. 成都:西南交通大学,2013.
ZHOU Ying. A Study on the Numerical Simulation of Tunneling Ventilation and the Risk Assessment of Gas Safety in the Non-coal Strata Gas Tunnels [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2013.
- [10] 李波. 公路瓦斯隧道施工通风模拟及优化研究[D]. 长沙:中南大学,2014.
LI Bo. Optimization and Simulation of Construction Ventilation for Highway Gas Tunnel [D]. Changsha: Central South University, 2014.
- [11] 康小兵,杜敏铭. 瓦斯隧道监测数据特征与模式预测技术研究[J]. 公路工程,2016,41(1):46-50.
KANG Xiaobing, DU Minming. Research on Characteristic and Pattern Forecasting Techniques with Monitoring Data of Gas Tunnel [J]. Highway Engineering, 2016, 41(1): 46-50.

(编辑:赵立红 白雪)