

引文格式:***,***,***,等.汶马高速公路鹧鸪山隧道非煤地层瓦斯赋存特性与风险防控研究[J].现代隧道技术,2024,61(1):1-6.

,,***, et al. Study on Occurrence Characteristics and Risk Prevention Measures of Gas in Non-coal Strata in Zhagushan Tunnel on Wenchuan-Maerkang Expressway[J]. Modern Tunnelling Technology, 2024, 61(1): 1-6.

汶马高速公路鹧鸪山隧道非煤地层瓦斯赋存特性与风险防控研究

***¹ ***² ***² ***^{1,2}

(1. **有限责任公司, 成都 610000; 2. ****研究院有限公司, 成都 610000)

摘要: 炭质千枚岩是我国西南地区广泛分布的变质岩,隧道穿越炭质千枚岩地层中发生了多次瓦斯异常涌出事故,严重威胁施工人员安全,造成建设成本剧增。以汶马高速公路鹧鸪山隧道为例,开展炭质千枚岩地层瓦斯气体组分、碳同位素测试、岩体成熟度与吸附能力、瓦斯压力测试分析。结果表明,炭质千枚岩处于成熟—高成熟阶段,具有有机成因生烃能力;岩体最大瓦斯吸附能力为0.59~0.73 mmol/g,瓦斯吸附量低,运移通道不发育,瓦斯解吸导致的安全风险不高;在地质构造复杂的区域,炭质千枚岩地层的瓦斯分布不均匀,局部聚积大量承压瓦斯,危害程度较高。施工中应主要预防地质构造复杂区域瓦斯气体和高压封闭岩体形成的气囊导致瓦斯突出事故的发生。

关键词: 炭质千枚岩; 非煤地层瓦斯; 成熟度; 瓦斯赋存; 风险防控

中图分类号: U456.3

文献标志码: A

1 引言

随着交通建设在中国西部地区的不断推进,四川交通路网逐渐覆盖地质条件复杂、构造强烈的盆周山区,高山峡谷的特殊地形导致隧道工程数量和隧道长度迅速增加。瓦斯是该区域隧道工程面临的主要灾害之一,严重威胁隧道施工安全^[1-4]。

瓦斯分为煤层瓦斯与非煤地层瓦斯,对于煤系地层,学者针对瓦斯来源、涌出特性和运移规律开展了大量研究,提出了明确的瓦斯风险等级和防控措施^[5-9]。炭质千枚岩在我国西南地区广泛分布,资晓鱼等^[10]通过模拟计算和现场测试研究了千枚岩隧道形变破坏规律与支护措施;张建峰等^[11]以玉磨铁路甘庄隧道为例分析了炭质千枚岩隧道突涌水机制及防控措施;曾彩云等^[12]通过试验测试了千枚岩堆积体渗透特性;刘汉香等^[13]通过三轴多级循环加卸载试验得出了千枚岩力学特性及能量耗散特征。长期以来,学者研究主要针对炭质千枚岩物理

力学特性、大变形防治、涌突水防控等方面,缺少对炭质千枚岩地层瓦斯来源、赋存特性与风险防控相关研究。

汶马高速公路鹧鸪山隧道穿越长距离炭质千枚岩地层,隧道施工过程中发生瓦斯异常涌出,类似炭质千枚岩地层的白马隧道、米亚罗3号隧道等在施工过程中也检测存在瓦斯,表明炭质千枚岩地层存在非煤地层瓦斯风险,与煤系地层相比其瓦斯成因、赋存特性不明确,瓦斯防控存在盲目性,施工风险更加突出。本文结合鹧鸪山隧道工程地质、设计与施工情况,通过观察施工现场瓦斯涌出现象,开展气体成分检测、碳同位素测试以及炭质千枚岩成熟度、瓦斯吸附能力、瓦斯压力测试,分析区域地质构造情况,提出了炭质千枚岩地层瓦斯成因与赋存特性,并进一步明确了隧道瓦斯风险防控重点,既为炭质千枚岩非煤地层瓦斯来源和赋存特性提供科学分析,也为类似地层瓦斯防治提供参考。

收稿日期:2024-02-13

修回日期:2024-03-02

基金项目:国家自然科学基金(51804261)。

作者简介:*** (19**--),男,高级工程师,主要从事*****工作,E-mail:*****。

通讯作者:*** (19**--),男,硕士,高级工程师,主要从事*****工作,E-mail:*****。

2 鷓鴣山隧道瓦斯涌出情况

2.1 隧道原设计情况

鹧鸪山隧道位于四川省阿坝藏族羌族自治州理县与马尔康县交界处,隧道平均长度为8 778 m,最大埋深约1 350 m,洞口高程3 266 m,为高海拔超特长公路隧道。隧道洞身穿越的地层为三叠系上统新都桥组、三叠系上统侏倭组及三叠系中统杂谷脑组,其中新都桥组和侏倭组炭质千枚岩广泛分布,如图1所示。

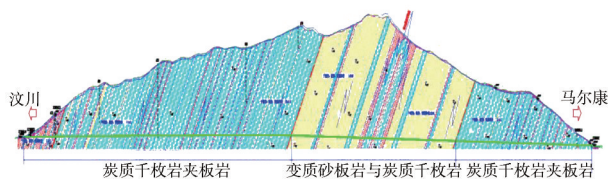


图1 鸪鹑山隧道地质纵断面
Fig.1 Geological profile of Zhegushan Tunnel

在鹧鸪山隧道钻探等勘察过程中未发现瓦斯气体,临近类似隧道工程施工过程中也未发现瓦斯,加上炭质千枚岩地层瓦斯问题认识不充分,因此原设计为非瓦斯隧道,要求加强通风与超前预报。

2.2 隧道施工瓦斯涌出情况

鷓鴣山隧道出口右洞掘进至距洞口约1 862 m、埋深约710 m时,正穿越断层,掌子面围岩为炭质千枚岩,钻孔时有无色、刺鼻性气味的不明气体喷出;挖掘机在掌子面右侧拱脚扒渣时,一股高压气体喷出掀起碎石块将挖机前玻璃击碎,喷气口位置形成了一个约2 m³大小的喷腔;如图2所示,上台阶地面积水处发现大量气泡冒出,采用低浓度光干涉瓦斯检测仪检测发现,瓦斯浓度超过10%的最大量程。左洞掘进至距洞口1 869 m时,加深炮眼内同样有高压气体喷出。施工过程中高压气体导致右洞上台阶初期支护变形掉块,掌子面坍塌,瓦斯大量涌出。连续通风3 h后,掌子面瓦斯浓度仍在1.5%。

2.3 隧道瓦斯级别鉴定

采用等面积重心法对隧道出风口进风量和回风断面瓦斯浓度进行测定,共测量 27 次,获得鹧鸪山隧道左洞绝对瓦斯涌出量为 $0.994 \text{ m}^3/\text{min}$,右洞绝对瓦斯涌出量为 $1.039 \text{ m}^3/\text{min}$ 。参照当时实施的《铁路瓦斯隧道技术规范》(TB10120—2002)的规定,隧道为高瓦斯隧道。



图2 鹧鸪山隧道掌子面炭质千枚岩与上台阶地面气泡
Fig.2 Carbonaceous phyllite on tunnel face of Zhagushan tunnel and bubbles on upper bench ground

3 区域地质构造情况

鹧鸪山隧道区域构造体系属北西向鲜水河大断裂带与北东向龙门山华夏系构造带之间的金汤弧线构造北侧马尔康北西向构造,如图3所示。隧道位于马尔康北西向构造带内,即米亚罗断裂带以西,松岗—抚边河断裂带以东,为一系列呈北西—南东向展布的线状紧密褶皱,并伴有数条同方向展布的压扭性断裂。隧道区内褶皱主要为钻金楼倒转背斜,刷马路口向斜及其次级构造三家寨倒转背斜,新生沟倒转向斜,隧道受米亚罗断裂直接影响并穿越钻

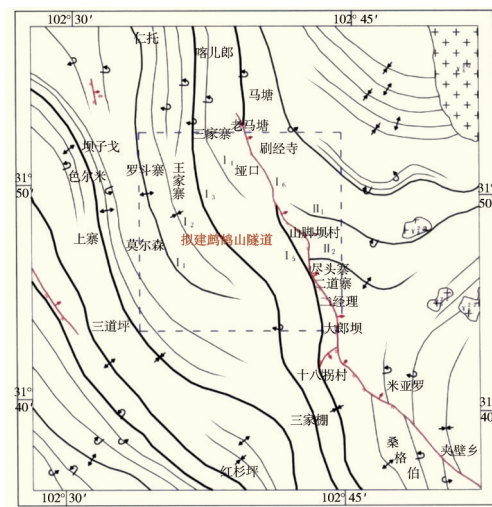


图3 鸪鹄山隧道区域地质构造图

Fig.3 Regional geological structure of Zhagushan tunnel

金楼倒转背斜。区域构造应力强烈,破碎带宽40~100 m,岩体节理、贯通裂隙发育,层间结合度较差。

4 炭质千枚岩与气体测试

4.1 鹧鸪山隧道炭质千枚岩生烃能力测试

有机质的成熟度代表着有机质向烃类转化的程度,是烃源岩生烃潜力的重要预测指标。评价有机质演化程度最有效的参数是镜质体反射率。镜质体是一种煤素质,随着煤化程度的增加,镜质体的反射率增大。

岩石热解法是一种能够快速评价烃源岩的方法。通过对烃源岩进行程序升温热解,使岩样中的烃类和干酪根在不同温度下挥发和裂解,根据热解后所得产物的类型及数量对烃源岩进行综合评价。

对鹧鸪山隧道炭质千枚岩样品进行镜质体反射率 $R_0(\%)$ 测试和岩石热解法 $T_{\max}(\text{℃})$ 测试,获得结果如表1所示。

表1 炭质千枚岩镜质体反射率与岩石热解测试结果

Table 1 Vitrinite reflectance and rock pyrolysis test results of carbonaceous phyllite

取样地点	样品编号	$R_0/(\%)$	$T_{\max}/(\text{℃})$
鹧鸪山隧道	右洞-1	0.898	445
	右洞-2	1.353	438
	左洞-1	0.582	430
	左洞-2	1.271	462
	左洞-3	1.613	446

4.2 鹧鸪山隧道炭质千枚岩气体组分分析

使用真空双阀铝膜密封气袋,采用真空集气法收集鹧鸪山隧道左右洞掌子面钻孔内气体,实验室按《天然气的组成分析气相色谱法》(GB/T 13610)要求进行气体成分和含量分析,结果如表2所示。

测试结果表明,取样气体中主要成分为 CO_2 和 N_2 ,其次为 CH_4 和 O_2 ,可见左右洞炭质千枚岩地层中

表2 炭质千枚岩气体组分分析

Table 2 Gas composition analysis of carbonaceous phyllite

取样位置	样品编号	气体组分/ $(\times 10^{-2} \text{mol/mol})$						
		O_2	N_2	CH_4	CO_2	C_2H_6	C_3H_8	H_2S
鹧鸪山隧道	右洞-1	10.36	38.41	12.33	38.83	0.05	0.02	2.58×10^{-4}
	右洞-2	4.87	18.77	11.40	64.83	0.09	0.04	7.33×10^{-4}
	左洞-1	9.97	39.60	7.51	42.85	0.04	0.01	2.14×10^{-4}
	左洞-2	10.24	40.05	6.02	43.63	0.03	0.01	2.14×10^{-4}
	左洞-3	10.04	39.96	6.90	43.02	0.04	0.02	2.09×10^{-4}

赋存有多种有毒有害气体,且均有瓦斯存在,其中右洞瓦斯含量略高于左洞。测试结果与现场瓦斯检测结果相符。

4.3 鹧鸪山隧道瓦斯气体碳同位素分析

通过 $\delta^{13}\text{C}_1$ 气样碳同位素分析可测试含碳气体的来源。对鹧鸪山隧道所取含碳气样进行含量及碳同位素测定,测定结果换算成国际标准PDB的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值。测试结果如表3所示。

4.4 鹧鸪山隧道炭质千枚岩瓦斯吸附能力测试

表3 炭质千枚岩瓦斯碳同位素分析

Table 3 Carbon isotope analysis of carbonaceous phyllite

取样位置	样品编号	gas		
		$\text{CH}_4/(\%)$	$\text{CO}_2/(\%)$	$\delta^{13}\text{C}_1/(\text{‰})$
鹧鸪山 隧道	右洞-1	11.40	64.83	-26.3
	左洞-1	7.51	42.85	-24.8
	左洞-2	5.09	44.01	-12.5

为表征炭质千枚岩对瓦斯气体吸附能力,将采集到的岩样破碎筛选40~60目置于封闭容器内,测试在相同温度、不同压力条件下,岩样吸附达到平衡时所吸附瓦斯气体的体积。炭质千枚岩样品瓦斯吸附曲线如图4所示。

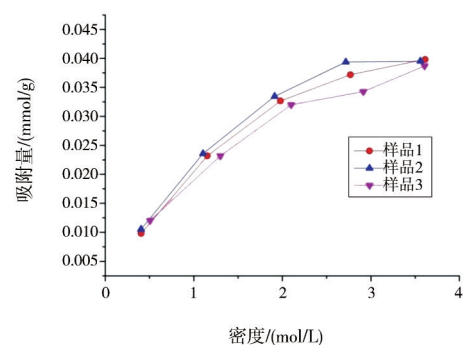


图4 炭质千枚岩瓦斯吸附曲线

Fig.4 Gas adsorption curve of carbonaceous phyllite

采用 Supercritical Dubinin–Radushkevich (SDR) 公式对瓦斯吸附曲线进行拟合,结果如表4所示。

$$N_{\text{ex}} = N_{\text{m}} \exp \left[-D \left(\ln \frac{\rho_{\text{a}}}{\rho_{\text{g}}} \right)^2 \right] \left(1 - \frac{\rho_{\text{g}}}{\rho_{\text{a}}} \right) \quad (1)$$

式中: N_{ex} 和 N_{max} 分别为过剩吸附量和最大吸附量; D 为拟合常数; ρ_{a} 和 ρ_{g} 分别为吸附相和气相密度。测试样品最大瓦斯吸附量为0.59~0.73 mmol/g。

表4 炭质千枚岩瓦斯吸附SDR拟合结果
Table 4 SDR fitting results of gas adsorption on carbonaceous phyllite

样品	$N_{\text{max}}/(\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1})$	D	R^2
样品1	0.073 01	0.108 93	0.986
样品2	0.068 36	0.113 6	0.989
样品3	0.059 19	0.111 84	0.999

4.5 鹧鸪山隧道瓦斯压力测试

瓦斯压力是表征岩体内部瓦斯压缩能的关键参数,是影响瓦斯突出危险性和强度的关键因素之一。在鹧鸪山隧道发生瓦斯涌出的掌子面正前方、侧前方、径向共钻孔12个,成功封孔7个,深度约80 m。在7个钻孔中,有1个钻孔当天瓦斯压力就达到0.5 MPa,且有明显的间接性喷孔现象;有1个钻孔瓦斯压力达到0.15 MPa,有明显气体喷孔现象;有1个钻孔瓦斯检测浓度达到30%,1个钻孔瓦斯检测浓度达到3%。

5 瓦斯来源与赋存特性分析

5.1 鹧鸪山隧道瓦斯来源分析

瓦斯的成因可分为有机成因和无机成因两类。有机成因主要是腐泥型干酪根和腐殖型有机质变质过程中产生瓦斯气体,无机成因瓦斯通常由幔源岩浆携带或地壳运动产生,与深大活动断裂、活动构造关系密切。鹧鸪山隧道左右洞气体中均检测到瓦斯气体,炭质千枚岩镜质体反射率为0.582%~1.613%,岩样热解 T_{max} 为430℃~462℃,参照镜质体反射率与岩样热解划分有机质成熟度界线(表5),炭质千枚岩有机质处于成熟—高成熟阶段,地层岩体变质演化过程中具有有机成因生烃能力。

川西高原地区构造活动强烈,深大断裂发育,存在岩浆岩侵入,为深部气源的逸散提供了有利条件。隧道内气体成分检测发现 CO_2 浓度较高, N_2 浓度低于空气中正常 N_2 浓度。瓦斯 $\delta^{13}\text{C}_1$ 为-12.5%~-26.3%,参照既有研究成果,瓦斯气体有来自无机

表5 有机质成熟度界线

Table 5 Maturity boundary line of organic matter

演化阶段	未成熟	成熟	高成熟	过成熟
$R_0/(\%)$	<0.5	0.5~1.2	1.2~2.0	>2.0
$T_{\text{max}}/(\text{℃})$	I	<437	437~460	460~490
	II	<435	435~455	455~490
	III	<432	432~460	460~505

成因的成分存在。因此,鹧鸪山隧道瓦斯气体属于无机成因与有机成因的混合气体。

5.2 鹧鸪山隧道炭质千枚岩地层瓦斯赋存特性分析

鹧鸪山隧道炭质千枚岩样品测试最大瓦斯吸附量为0.59~0.73 mmol/g,而西南某矿煤层测试瓦斯最大吸附量为1.54 mmol/g^[14],约为炭质千枚岩吸附量的22倍。炭质千枚岩SEM扫描电镜扫描结果显示岩体表面存在少量孔隙,可为瓦斯气体吸附提供空间,但整体孔隙和裂隙不发育,储存瓦斯能力一般,也不利于瓦斯气体的扩散(图5)。因此炭质千枚岩地层吸附瓦斯大量涌出可能性较低。

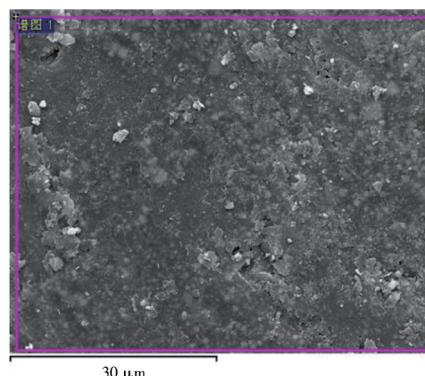


图5 炭质千枚岩SEM扫描图

Fig.5 SEM scanning image of carbonaceous phyllite

鹧鸪山隧道进入断层影响段炭质千枚岩地层后,诸多瓦斯涌出现象表明岩体内部存在一定压力的瓦斯气体。根据钻孔内瓦斯压力和瓦斯浓度测试发现,在掌子面前方、侧前方、径向存在多处瓦斯源,其中最高瓦斯压力达到0.5 MPa,浓度超30%,瓦斯赋存不均,风险较高。结合后续施工瓦斯超前探测情况表明,在地质构造复杂的区域,地应力和断裂构造对炭质千枚岩地层瓦斯赋存具有重要影响。隧道埋深越大,地应力越大,瓦斯含量及瓦斯压力就越高。断裂构造影响瓦斯在岩层中运移,对瓦斯产生积聚或释放作用,同时,断层附近伴生和派生构造发

育,导致瓦斯分布不均。在压力差的作用下,瓦斯气体通过断裂、贯通裂隙等封闭性构造通道运移并富集于储气带或气囊,造成瓦斯分布不均匀和局部聚积大量承压瓦斯。隧道的瓦斯涌出地点、涌出压力、涌出量等不确定,具有突发性和随机性的特点,预测防控难度较大,危害程度较高。

6 结 论

(1) 鹧鸪山隧道炭质千枚岩有机质发育,镜质体反射率和岩样热解测试表明炭质千枚岩有机质处于成熟—高成熟阶段,地层岩体变质演化过程中具有有机成因生烃能力,要高度重视炭质千枚岩地层瓦斯气体的生成。

(2) 鹧鸪山隧道炭质千枚岩测试瓦斯最大吸附量为0.59~0.73 mmol/g,SEM扫描电镜发现岩体表面孔隙和裂隙不发育,储存瓦斯能力相对较低,也不利于瓦斯气体的扩散。因此炭质千枚岩地层吸附瓦斯大量解吸导致瓦斯事故风险较低。

(3) 鹧鸪山隧道在进入地质构造复杂的区域,炭质千枚岩地层的瓦斯分布不均匀,局部聚积大量承压瓦斯,危害程度较高。应重点防控瓦斯气体和高压封闭岩体形成的瓦斯气囊突然涌出,施工中需加强超前钻探和物探等综合预报方法,按要求施作加深炮眼,严格进行隧道通风与瓦斯检测,保障隧道施工安全。

参考文献

References

- [1] 孙 意. 成贵铁路四川红层段瓦斯特征分析及勘察阶段划分隧道瓦斯工区类别的建议[J]. 现代隧道技术, 2022, 59(1): 195–199.
SUN Yi. Analysis on Gas Characteristics of the Sichuan Red-Bed Section of Chengdu–Guiyang Railway and Suggestion on Division of Gas Working Areas in the Survey Stage[J]. Modern Tunnelling Technology, 2022, 59(1): 195–199.
- [2] 杨玉容, 黄红婷, 晏启祥, 等. 铁路隧道穿越瓦斯煤系地层的旋喷围桩防突工法探析[J]. 隧道建设(中英文), 2022, 42(7): 1300–1307.
YANG Yurong, HUANG Hongting, YAN Qixiang, et al. Outburst Preventive Construction of Rotary Jet Grouting Enclosure Pile for Railway Tunnel Crossing Gas- and Coal-Rich Strata[J]. Tunnel Construction, 2022, 42(7): 1300–1307.
- [3] 杨 义. 非煤系地层瓦斯隧道施工关键技术与管理研究[J]. 现代隧道技术, 2023, 60(1): 249–255.
YANG Yi. Research on Key Technologies and Management of Gas Tunnel Construction in Non-Coal Measure Strata[J]. Modern Tunnelling Technology, 2023, 60(1): 249–255.
- [4] 任青阳, 彭 洋, 孟 欣, 等. 复杂煤系地层隧道超前地质钻探法应用研究[J]. 公路, 2021, 66(5): 309–315.
REN Qingyang, PENG Yang, MENG Xin, et al. Application of Advanced Geological Drilling in Complex Coal Seams Tunnels[J]. Highway, 2021, 66(5): 309–315.
- [5] 郑仕跃, 彭文彬, 朱 应, 等. 高瓦斯多煤层隧道揭煤防突技术研究[J]. 西部交通科技, 2022(1): 118–120.
ZHENG Shiyue, PENG Wenbin, ZHU Ying, et al. Study on Anti-Outburst Technology of Uncovering Coal in High Gas Multi-Seam Tunnel[J]. Western China Communication Science & Technology, 2022(1): 118–120.
- [6] 杨 洋, 王才静, 方瀚卿, 等. 瓦斯隧道揭煤施工安全风险分析及开挖方法选择[J]. 云南水力发电, 2021, 37(12): 55–60.
YANG Yang, WANG Caijing, FANG Hanqing, et al. Safety Risk Analysis and Excavation Method Selection of Coal Uncovering Construction in Gas Tunnel[J]. Yunnan Water Power, 2021, 37(12): 55–60.
- [7] 许汝杭, 王海洋, 柯善剑, 等. 多煤层高瓦斯隧道爆破后瓦斯异常涌出量预测模型分析[J]. 现代隧道技术, 2021, 58(增1): 458–463.
XU Ruhang, WANG Haiyang, KE Shanjian, et al. Prediction Model Analysis of Abnormal Gas Emission after Blasting in Tunnel with Multiple Coal Seams and High Gas Concentration[J]. Modern Tunnelling Technology, 2021, 58(S1): 458–463.
- [8] 崔志成. 煤与瓦斯突出隧道爆破方案优化设计研究[J]. 铁道建筑技术, 2021(6): 105–109.
CUI Zhicheng. Research on Optimization Design of Blasting Scheme for Coal and Gas Outburst Tunnel[J]. Railway Construction Technology, 2021(6): 105–109.
- [9] 刘维青. 复杂地质条件下大断面隧道揭煤防突技术研究[J]. 铁道建筑技术, 2023(2): 161–165+186.
LIU Weiqing. Technology of Coal Uncovering and Preventing Outburst in Large-Section Tunnels under Complicated Geological Conditions[J]. Railway Construction Technology, 2023(2): 161–165+186.

- [10] 资晓鱼, 申玉生, 朱双燕, 等. 层状千枚岩隧道变形破坏规律与支护措施研究[J]. 现代隧道技术, 2021, 58(3): 196–204.
ZI Xiaoyu, SHEN Yusheng, ZHU Shuangyan, et al. Study on the Deformation Failure Laws and Support Measures for Tunnels in Layered Phyllite[J]. Modern Tunnelling Technology, 2021, 58(3): 196–204.
- [11] 张建峰, 郑晓悦, 于国亮, 等. 富水炭质千枚岩隧道突涌水灾变机制及防控措施研究[J]. 现代隧道技术, 2022, 59(5): 221–227+236.
ZHANG Jianfeng, ZHENG Xiaoyue, YU Guoliang, et al. Study on Water Inrush Mechanism and Control Measures for Water Bearing Carbonaceous Phyllite Tunnels[J]. Modern Tunnelling Technology, 2022, 59(5): 221–227+236.
- [12] 曾彩云, 赵晓彦, 万宇豪, 等. 考虑岩块定向性的汶马高速公路千枚岩堆积体渗透特性试验研究[J]. 岩土工程学报, 2023, 45(4): 862–868.
ZENG Caiyun, ZHAO Xiaoyan, WAN Yuhao, et al. Experimental Study on Permeability of Phyllite Talus in Wenchuan–Maerkang Expressway Considering Fragment Orientation[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2023, 45(4): 862–868.
- [13] 刘汉香, 别鹏飞, 李欣, 等. 三轴多级循环加卸载下千枚岩的力学特性及能量耗散特征研究[J]. 岩土力学, 2022, 43(增刊2): 265–274+281.
LIU Hanxiang, BIE Pengfei, LI Xin, et al. Mechanical Properties and Energy Dissipation Characteristics of Phyllite under Triaxial Multi-Stage Cyclic Loading and Unloading Conditions[J]. Rock and Soil Mechanics, 2022, 43(S2): 265–274+281.
- [14] 杨枫. 清洁压裂液强化煤层瓦斯解吸渗流特性研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2017.
YANG Feng. Research on Characteristics of Intensifying Gas Desorption and Seepage by Viscoelastic Surfactant Fracturing Fluid [D]. Chongqing: Chongqing University, 2017.

Study on Occurrence Characteristics and Risk Prevention Measures of Gas in Non-coal Strata in Zhegushan Tunnel on Wenchuan–Maerkang Expressway

***1 ***2 ***2 ***1,2

(1. **** Co., Ltd., Chengdu 610000; 2. *** Institute Ltd., Chengdu 610000)

Abstract: Carbonaceous phyllite is a kind of metamorphic rock widely distributed in Southwestern China. Multiple abnormal gas emission accidents have occurred in the tunnel excavatration through the carbonaceous phyllite stratum, seriously threatening the safety of construction personnel and causing a sharp increase in construction cost. Based on the Zhegushan Tunnel on the Wenchuan–Maerkang Expressway, the carbonaceous phyllite stratum is tested and analyzed in respect of the gas composition, carbon isotope test, rock mass maturity and adsorption capacity, and gas pressure. The results show that the carbonaceous phyllite is in the mature–highly mature stage and has the ability to generate organic hydrocarbons. The maximum gas adsorption capacity of the rock mass is 0.59–0.73 mmol/g, with low gas adsorption amount and underdeveloped migration channels. The safety risk caused by gas desorption is not high. In areas with complex geological structures, the gas distribution in the carbonaceous phyllite stratum is uneven, and a large amount of pressurized gas accumulates locally, resulting in a high hazard degree. During construction, the measures shall be taken to mainly prevent gas outburst accidents caused by gases in the areas with complex geological structures and air bags formed by high-pressure enclosed rock mass.

Keywords: Carbonaceous phyllite; Gas in non-coal strata; Maturity; Gas occurrence; Risk prevention and control