

山区高速公路隧道瓦斯预测技术及施工工艺研究

喻兴洪

贵州省公路工程集团有限公司

摘要: 山区高速公路隧道建设环境较为复杂, 如果施工期间遇到瓦斯, 将会面临各种隐患, 通过何种方式预测隧道内瓦斯浓度是需要施工人员重点探讨的一项内容。下面, 以山区高速公路隧道施工风险作为切入点, 分析了预测山区高速公路隧道瓦斯方法与实施, 阐述了预测瓦斯突出危险, 最终对山区高速公路隧道施工技术要点进行了总结, 希望文中内容能够为相似工程建设提供支持, 提升隧道施工水平, 改善我国交通环境。

关键词: 山区高速公路; 支护作业; 瓦斯预测; 煤层突出

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.12.049

山区高速公路施工期间, 隧道施工开展危险性大, 而且总体施工具有不可预见性和隐蔽性, 施工时可能会发生各种地质灾害, 一旦发生灾害, 会造成巨大经济损失, 因此, 需要依据施工现场具体情况, 制定符合需求的施工方案, 保证施工人员安全。瓦斯是山区高速公路隧道施工中较为常见一种, 且危害性较大的地质灾害, 随着人们对其研究的不断深入, 施工技术得到了显著提高。但是, 从具体施工情况来看, 瓦斯在隧道施工中具有较强变化性, 如果未做好设计、施工作业, 将会造成巨大经济损失, 可见, 加强对山区高速公路隧道施工技术的分析意义重大。

一、山区高速公路隧道施工风险

近几年, 我国经济得到飞速发展, 各项基础设施如火如荼地进行, 建设了大量基础设施。高速公路对人们出行, 经济发展都会发挥着重要作用。开展山区高速公路隧道施工期间, 受施工区域内地质情况影响, 容易发生各种地质灾害, 一旦发生灾害, 将会影响施工人员安全, 降低工程质量, 会造成严重经济损失^[1]。通过对我国大量山区高速公路隧道建设经验来看, 瓦斯是山区高速公路隧道施工中较为严重的地质灾害, 其具有较强的破坏性和危害性, 这会加大施工作业开的难度。开展隧道施工期间, 瓦斯可能出现较强突出性, 可能会在施工期间发生爆炸事故, 造成这一现象的主要原因就是开展山区高速公路隧道施工时, 工程施工区域靠近煤层, 而煤层内瓦斯容易出现泄漏问题, 如果没有采取合理措施进行处理, 势必发生严重事故。因此, 在开展山区高速公路隧道施工时, 针对可能出现的瓦斯风险, 要做好灾害预测工作, 从而保证后续施工顺利开展^[2]。

瓦斯是一项有害气体, 其主要位于隧道顶部, 与空气相比扩散速度更快, 前者能够达到后者的1.6倍左右, 瓦斯一旦遇到明火, 容易发生爆炸, 危害巨大。瓦

斯自身性质不稳定, 在隧道施工期间, 一旦与煤层发生接触, 容易发生瓦斯发生泄漏, 会引发事故。通过对大量山区高速公路隧道施工经验进行总结与分析可以确定, 施工期间如果遇到瓦斯, 危害性主要体现以下几个方面:

(1) 煤层突出

开隧道工程期间, 一旦遇到煤层, 在重力作用下, 煤层可能会发生突然坍塌事故, 这一事故的发生, 将会形成大量瓦斯。坍塌的煤层主要以煤块形式存在, 大量煤块堆积在隧道内, 清理起来难度大, 这会延误工期, 导致工程无法在工期内竣工^[3]。

(2) 煤层压出

隧道施工作业开展时, 受施工环境等因素影响, 会发生剧烈振动, 部分煤层在振动、构造应力等各项因素影响下, 会形成整体压力, 在这一压力作用下, 虽然煤层不会出现较大位移, 但是从实际情况来看, 压出煤层有大裂隙大块状, 也有小块状, 这会对后续施工开展造成不良影响, 而且在这一期间, 会发生瓦斯外泄现象^[4]。

(3) 煤与瓦斯突出

山区高速公路隧道施工作业开展时, 受地应力、压力等各项作用影响, 煤与瓦斯会在短时间内, 煤层与瓦斯都会从隧道洞壁上突出, 而且在这一期还会伴随声响, 会产生大量动能, 大量瓦斯会被释放出来, 而且会发生瓦斯爆炸事故, 这会出现二次破坏, 这一方面会对山区高速公路隧道施工开展造成不良影响, 延误工期, 另一方面也会造成人员伤亡^[5]。

(4) 爆炸事故

爆炸事故主要分为以下两种:

第一种, 粉尘爆炸。煤层内含有大量可燃物, 其在施工期间, 进行压出或突出期间, 在隧道的空气内会悬浮大量小颗粒, 一旦遇到火源, 可能会在隧道内会发生粉尘爆炸。此外, 煤层内会含有一氧化碳等各种有害气体, 当有害气体浓度过高时, 将会导致隧道施工人员发生中毒, 情况严重时会发生施工人员死亡。

第二种, 瓦斯爆炸。隧道施工期间, 一旦隧道内瓦斯浓度过高, 遇到明火, 将会发生爆炸。

(5) 坍塌事故

隧道施工经常会遇到大量不良地质, 隧道周围多数区域, 地层强度偏低, 而且在煤层内含有大量软分层, 这一情况的存在, 会导致巷道整体稳定性差, 实际施工期间, 会产生剧烈振动, 振动现象会致使隧道发生坍塌事故, 这会对隧道施工开展造成不良影响, 会造成巨大

损失。

二、预测山区高速公路隧道瓦斯方法与实施

(一) 超前探测隧道瓦斯情况

隧道施工作业是一项复杂工作，容易受各项因素影响，而煤系地层对整个施工作业会造成直接影响。施工人员为了精准掌握施工区域内煤层赋存情况，主要包括的内容有煤层厚度、层位、倾斜角度等，每一项内容都会对后续施工开展造成影响，因此，要做好相应探测工作^[6]。隧道施工作业正式开展前，应当在对隧道工程所在区域情况进行全面分析基础上，采取超前探测方式开展探测作业，通过探测能够确定煤层的整体分布情况，确定各项参数，从而为后续隧道施工开展提供数据支持。施工人员应当沿着隧道方向设置超前煤钻孔，具体钻孔时，要将钻孔深度控制在0.5m以上，如果施工条件允许，要适当加大钻孔深度，让钻孔穿越隧道所在区域煤层的全厚度，深入煤层底部，深入深度要超过0.5m。开展施工作业时，针对水平超前探煤钻孔施工作业超距离需要超过20m，为了保证整个施工顺利开展，提高工程质量，需要以上一循环探孔终孔所在的具体位置作为基准，如果发现工作面与其距离达到20m，此时应当停止施工作业，然后开展下一个循环施工^[7]。

(二) 测定煤层瓦斯情况

采取超前探测钻孔时，针对相对完整的钻孔，需要做好封孔、注浆等施工作业，而且在这一期间，要对煤层瓦斯原始压力大小进行全面测定，确定原瓦斯压力，同时，还要利用水泥砂浆封闭探测钻孔。煤层对于隧道施工的开展会造成严重影响，为了全部掌握初始状态瓦斯压力值，在施工现场，应当设置大量测压孔、前探孔，通过这一方式，能够有效避免出现混乱现象。在测压作业时，可以采取主动引入式测压法，能够大幅度缩短测压时间，完成相应测试作业，得到精准数据，从而为后续施工开展提供数据支持。开展打钻期间要选取煤样，应当将取样重量控制在2kg-3kg，工作人员要采用塑料袋封装煤样，而且要在塑料袋上粘贴标签，精准记录各项基础信息，然后将煤样转移到实验室内，通过实验方式完成相应分析，通过分析结果，获取瓦斯压力测试结果，最终通过计算，可以确定煤层瓦斯含量，为后续施工开展提供支持。

三、预测瓦斯突出危险

(一) 一次预测

将煤层所在区域作为基准，当开挖面与煤层中间距离达到10m，或者更远时，开展第一次预测作业，煤层瓦斯压力法是现阶段应用较为常用的方法。煤层瓦斯没有突出危险时，应当以煤层所在区域为基准，当煤层与开挖面在5m-10m之间时，开展二次预测^[8]。如果煤层瓦斯存在突出危险，要以煤层为基准，在煤层与开挖面距离在7m-10m之间时，采取放防突措施，开展二次预测。

(二) 二次预测

开展二次预测作业应当在隧道开挖工作面掘进与煤

层相距不小于5m处进行，全面检测瓦斯浓度、压力等各项指标。如果在实际检测期间，发现检测的某一项指标超出了规定的临界值，都要视作危险作业面。在开展打钻施工作业期间，一旦发现喷孔或夹钻延长、煤层赋存条件与较正常情况相比出现了显著改变时，也都要作为突出危险作业面，施工时，需要依据作业面的具体情况，做好防护。

四、山区高速公路隧道施工技术要点

山区高速公路覆盖范围大，经常需要在地质恶劣区域进行建设，这在一定程度上加大了施工难度，实际施工期间，为了保证山区高速公路隧道工程能够在工期内竣工，保证工程质量能够满足要求，避免施工期间发生安全事故，造成巨大经济损失，以及人员伤亡，要在对工程所在区域具体情况进行全面分析基础上，采用合理的隧道施工技术开展施工作业。具体施工开展时，施工人员要对施工现场情况进行全面分析，做好山区高速公路隧道所在区域瓦斯情况预测，依据预测结果，制定出一套符合需求的施工方案，后续施工开展要依据制定好的方案开展，保证施工方式合理，施工开展时采用的通风模式必须合理，避免由于通风不合理，引发安全事故。实际施工作业开展时，针对可能出现瓦斯外漏施工区域，要加强检测，施工人员可以采取加固岩体等方式，避免瓦斯发生外漏现象^[9]。施工开展时，需要贯彻“早预防，早治理”理念，如果在实际施工中，没有做好相应控制，一旦出现的瓦斯泄漏现象，要第一时间处理，将瓦斯影响范围控制在最小，以免事故扩大，造成更严重危害。山区高速公路隧道施工期间，需要做好以下工作：

(1) 加强对施工区域瓦斯情况的监测

隧道施工是一项对技术要求较高的工作，而且实际施工开展时受外界各项因素影响容易发生事故，为了保证施工顺利进行，该项施工作业必须由具有专业资质的人完成。开展施工作业时，施工单位需要安排多名持有瓦斯检员证书的工作人员进入施工现场，实时开展相应检测作业，通过检测确定山区高速公路隧道内瓦斯涌出量、浓度等各参数，精准判断是否可以开展施工，如果由于隧道内存在瓦斯，不得开展施工，以免发生安全事故，影响施工，导致工程无法在工期竣工。管理人员在实际工作开展时，需要携带便携式瓦斯检测仪，如果在检测期间，发现某个区域内瓦斯浓度异常，要及时上报检测结果，同时，需要组织施工场地内人员撤离到安全区域，也可以通过加强施工现场通风方式，降低区域内瓦斯浓度，避免发生火灾、爆炸等事故，造成巨大危害。同时，为了确保整个施工作业顺利进行，应当依据山区高速公路隧道具体情况，在隧道区域内安装一套完善视频监控体系，通过对这一系统进行应用，能够通过远程方式将隧道内的具体施工情况，全面、精准发送给管理人员和山区高速公路隧道工程建设的参与主体，从而为施工作业开展提供强有力的支持。

(2) 加强隧道通风

在山区高速公路隧道施工作业开展时，如果隧道内瓦斯浓度过高，势必会对施工人员的身体造成危害，这会提高施工事故发生概率，因此，要做好通风工作，确保通过通风后，隧道内瓦斯浓度不会超过0.5%。如果在实际施工期间，隧道通风后，瓦斯浓度仍然超出0.5%，需要立即停止施工作业，不得在瓦斯浓度过高情况下，继续施工。施工人员不得盲目追赶工期，要检测施工区域内瓦斯浓度，直到通过检查后，发现隧道内瓦斯浓度达到标准后，才能恢复施工。通过对大量山区高速公路隧道施工经验进行总结来看，在隧道通风，降低隧道瓦斯内浓度方面，可以利用大功率射流风机进行，其布置位置应当依据施工现场情况而定。通过实际情况来看，采用大功率射流风机，能够提高施工现场通风水平，从而大幅度降低隧道内瓦斯浓度，保证施工安全进行，以免发生事故。

(3) 施工技术分析

实际施工作业开展时，对于施工中采用技术的探讨可以从以下几个方面入手：

第一，初期支护。在这一施工环节，施工人员依据施工现场情况选择符合需求的钢管，同时，还要配置高性能水泥浆，完成配置后，开展注入作业，整个施工必须小心进行，不得出现马虎现象以免降低工程质量。在施工期间，利用水泥固结作用，避免拱顶开挖期间发生下沉问题，引发事故。开展山区高速公路隧道施工作业时，采取环形开挖预留核心土方法，左右隧道之间距离需要超过30m，完成先行洞仰拱施工作业，而且在这一期间，要保证施工精准无误，以免发生事故。完成上述施工作业后，进入后行洞上断面，依据该施工方法有序进行，避免受小净距施工影响，导致施工作业开展时，不同区域施工相互影响，致使工程无法在工期内竣工。完成隧道开挖，隧道成型后，要做好初期支护作业；完成全断面开挖作业后，开展仰拱作业，从而保证能够在最短时间内，让隧道可以封闭成环。

第二，通过对大量施工经验进行总结可以确定，岩墙两侧拱脚区域是相对较为薄弱区域，为了保证施工顺利开展，针对这一区域，要做采取合理措施进行支护，实现对区域的保护。因此，具体施工开展时，可以在中岩墙处设置中空注浆锚杆。在施工现场，完成台阶开挖作业后，通过观察可以发现，在该区域会出现较为显著的释放应力现象，这一情况的出现，将会导致拱脚出现较为严重的变形情况，这会影响到施工开展，对于这一现象，施工人员应当依据的拱脚受力情况，采取合理措施防护。一般来说，要取上下端面的分界面，而且要在该处设置中空注浆锚杆，通过对设置的锚杆进行应用，可以保护隧道，确保其稳定。

第三，完成初期支护作业后，为了提高断面排水性，可以采用EVA蜂窝式防水板和无纺土工布进行处理；通过设置横行导水管和波纹管方式，在施工现场形

成能够将积水快速排出的断面排水系统，通过对该系统进行应用，能够避免隧道内出现积水，发生事故。需要施工人员特别注意的是，施工期间要控制好防水板搭接长度，而且具体铺设时，不得过紧。

第四，实际施工开展时，要考虑后期隧道仍然可能会渗出大量瓦斯，而为了避免这一现象的发生，提高隧道投入应用后抗裂防渗性能。施工人员可以采用C40气密性混凝土，针对隧道开展二次衬砌，从而使隧道能够形成一个良好防护体系，确保隧道投入应用后，不会出现瓦斯外渗现象，保证隧道稳定，延长寿命。

五、结语

近几年，我国山区高速公路隧道持续增多，实际建设期间，一些隧道会遇到煤层，这会存在安全隐患。通过对大量山区高速公路隧道建设情况进行分析可以发现，隧道施工环境复杂，煤层容易出现的压出、突出、瓦斯泄漏等各种危害，这会对危及施工人员的生命。由此可见，开展山区高速公路隧道施工作业时，要探测瓦斯情况，制定合理施工方案，不断总结施工经验，确保施工顺利开展。

参考文献

- [1] 吴何碧, 曹继翔, 张凌寒, 等. 基于前景-后悔理论的瓦斯隧道施工风险等级评估方法——以山西黎霍高速公路隧道施工为例[J]. 科技和产业, 2022, 22(11): 325-330.
- [2] 戎有龙. 高瓦斯公路隧道穿越薄煤层群安全施工技术[J]. 山西建筑, 2022, 48(06): 148-151.
- [3] 龙港, 黄飞, 李树清, 等. 大断面公路隧道穿越构造煤层瓦斯抽放技术研究[J]. 隧道建设(中英文), 2022, 42(S1): 486-492.
- [4] 孙龙俊. 瓦斯通风技术在高速公路隧道建设中的应用[J]. 绿色环保建材, 2021(09): 93-94.
- [5] 方义明, 金飞, 余平军. 公路隧道穿越瓦斯地段的施工控制技术研究[J]. 西部探矿工程, 2020, 32(02): 175-177.
- [6] 余颖纾. 运营高速公路隧道瓦斯检测系统应用及日常运行管理——以渝广高速公路华蓥山高瓦斯隧道为例[J]. 建材与装饰, 2019(23): 297-298.
- [7] 杨小珠. 高速公路隧道穿越微瓦斯段落的施工控制研究[J]. 交通世界, 2019(10): 90-91.
- [8] 毛金龙. 穿越煤层高瓦斯段公路隧道支护设计与施工技术研究[J]. 工程技术研究, 2018(16): 144-146.
- [9] 赖伟清, 梁勇. 公路隧道施工中瓦斯超前地质预报及瓦斯突出风险预测[J]. 四川水利, 2015, 36(03): 49-52.

作者简介：喻兴洪，1985年6月，汉，贵州六盘水，本科，专业：土木工程交通土建方向，工程师，从事工作方向：高速公路工程。