

公路瓦斯隧道采空区瓦斯评价与治理方法 指南

目 录

1	总则	- 1 -
2	规范性引用文件	- 2 -
3	术语	- 3 -
4	采空区勘察	- 5 -
4.1	一般规定	- 5 -
4.2	勘察方法	- 5 -
4.3	勘察阶段	- 9 -
4.4	资料要求	- 10 -
5	采空区瓦斯危害性评价	- 12 -
5.1	一般规定	- 12 -
5.2	评价指标体系确定	- 12 -
5.3	评价指标权重确定	- 13 -
5.4	危害性等级划分标准	- 14 -
5.5	评价方法	- 15 -
6	采空区瓦斯治理方法及要求	- 17 -
6.1	一般规定	- 17 -
6.2	通风措施	- 17 -
6.3	钻孔抽放瓦斯	- 18 -
6.4	注氮置换瓦斯抽放	- 24 -
6.5	抽放管理	- 25 -
6.6	资料要求	- 26 -
7	质量检验与工程验收	- 27 -
7.1	质量检验	- 27 -
7.2	交工验收	- 27 -
附录 A	采空区勘察物探方法分类	- 28 -
附录 B	钻孔内气体的采集方法及要求	- 29 -
附录 C	采空区垮落带、裂隙带计算方法	- 30 -
附录 D	采空区瓦斯资源量评价	- 32 -
附录 E	层次分析法	- 39 -
附录 F	关系矩阵法	- 42 -
附录 G	影响因素综合评判法	- 45 -
附录 H	可拓学评判法	- 46 -
附录 I	采空区瓦斯抽放工程参数设计	- 49 -
附录 J	瓦斯抽放运行记录表	- 51 -

1 总则

1.0.1 为贯彻国家有关法规和政策，规范公路瓦斯隧道建设管理行为，使瓦斯隧道采空区施工符合安全实用、技术先进、经济合理、环境保护的要求，预防瓦斯隧道穿越采空区施工安全事故的发生，保证施工人员及其他相关人员的人身安全、财产安全，特制定本指南。

1.0.2 本指南适用于新建高速公路瓦斯隧道采空区的勘察、评价、施工及验收，其他类型公路瓦斯隧道采空区可参照执行。

1.0.3 公路瓦斯隧道采空区的勘察设计，应贯穿于隧道建设的全过程，并根据不断更新的地质、环境、安全及施工信息资料，及时修正设计。

1.0.4 公路瓦斯隧道采空区治理施工应执行国家节能、节材和环保等有关法律法规，积极采用新技术、新材料、新设备、新工艺。

1.0.5 线路选线时应充分考虑隧道施工、运营期间的安全风险和经济代价，尽量避开煤矿开采区域；绕避困难时，宜以较短距离或从其边缘地带通过。

1.0.6 隧道设计应充分利用瓦斯风化带等有利地质条件，规避采空区瓦斯风险，不能规避时，应进行充分论证和技术经济比较。

1.0.7 公路瓦斯隧道采空区勘察、评价、治理施工可参照本指南执行外，尚应符合国家现行的法律、法规及国家、行业现行的标准、规范的规定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JTG C20-2011	公路工程地质勘察规范
GB 51044-2014	煤矿采空区岩土工程勘察规范
AQ 1027-2006	煤矿瓦斯抽放规范
JTG/T 3374-2020	公路瓦斯隧道设计与施工技术规范
JTG F80/1-2017	公路工程质量检验评定标准
JTG/T 3222-2020	公路工程物探规程
TB 10120-2019	铁路瓦斯隧道技术规范

3 术语

3.0.1 采空区

地下固体矿床开采后形成的空间，及其围岩失稳而产生位移、开裂、破碎垮塌，直到上覆岩层整体下沉、弯曲所引起地表变形和破坏的地区或范围。狭义的采空区指开采空间。

3.0.2 瓦斯隧道

在隧道勘察或施工过程中，隧道内存在瓦斯，该隧道应定为瓦斯隧道。

3.0.3 瓦斯

在煤层及煤系地层中赋存和逸出的烷烃类气体，其成分以甲烷（ CH_4 ）为主。根据生成和赋存条件将其分为煤层瓦斯和非煤瓦斯两类。

3.0.4 瓦斯浓度

空气中瓦斯占有量与空气体积之比，以百分数表示。

3.0.5 瓦斯含量

煤层在自然条件下，每吨煤所含有的瓦斯数量，是游离瓦斯与吸附瓦斯量之总和，单位： m^3/t 。

3.0.6 瓦斯抽放

采用专用设备和管路把煤（岩）层或采空区（空洞、裂隙）中的瓦斯抽出到隧道回风系统或大气中的措施。

3.0.7 瓦斯资源量

能够向开采空间排放瓦斯的煤层和岩层中赋存瓦斯的总量。

3.0.8 瓦斯抽放率

矿井、采区、工作面或采空区等的抽放瓦斯量占其抽排瓦斯总量的百分比。

3.0.9 抽放泵站

为抽放采空区瓦斯设置抽放泵、管路及其配套设施的场所。

3.0.10 瓦斯抽放系统

瓦斯抽放泵站的抽放系统。

3.0.11 抽放钻孔

用于隧道内抽放瓦斯的钻孔。

3.0.12 采场三带

开采煤层上方，根据岩层沉降和破碎特点划分的三个典型范围，包括弯曲下沉带、裂隙带和垮落带。

3.0.13 垮落带

由采煤引起的上覆岩层断裂并向采空区垮落的范围。

3.0.14 裂隙带

垮落带上方岩层产生断裂或裂隙但仍保持其原有层状的区域。

3.0.15 弯曲下沉带

裂隙带顶界至地表的整个区域。

4 采空区勘察

4.1 一般规定

4.1.1 隧道穿越、邻近采空区时，应按不同勘察阶段的要求，采用综合勘探手段开展采空区勘察工作。当采空区瓦斯地质条件复杂时，其工作范围应适当扩大，内容适当加深，其成果应满足隧道设计和施工的需要。

4.1.2 已建隧道或拟建隧道施工及运营过程中发生新采或复采时，应进行补充勘察。

4.1.3 勘察工作布设时应避免对自然环境、地下管线、地下工程造成不良影响，勘察完工后应及时、妥善回填。

4.1.4 采空区勘察过程中应采取防止采空区内有毒有害气体和地表裂缝、隐伏塌陷坑等对人员、设备和环境等造成潜在危害的措施。

4.2 勘察方法

4.2.1 资料收集是采空区勘察的首选方法。主要是从地方自然资源、煤管、矿企等部门和单位收集有关文件、图纸资料，并对其有效性加以分析和验证。主要包括以下主要内容：

- 1 区域地质调查、遥感地质、矿产地质、水文地质报告，项目压覆资源和地灾评估报告及其相应图纸资料。
- 2 矿区地质勘查、储量核实、动态监测报告，包括矿产的种类、分布、厚度、储量、深度和埋藏特征。
- 3 煤矿开采及瓦斯灾害资料，包括瓦斯矿井分布、开采水平、通风方式、采空区范围、采煤方法、瓦斯灾害记载、煤矿采掘工程平面图、井上下对照图、采区平面布置图、开采规划图以及相关的文字资料。
- 4 隧道邻近的已建成和在建的其他公路隧道、铁路隧道、水工隧道等地下工程瓦斯地质资料。

4.2.2 地质调查与测绘是公路采空区勘察的基本方法和基础工作，包括区域工程地质调绘、采空区专项调查和采空区测绘三部分。调查测绘的精度应根据勘

察阶段和工程特点决定。

1 区域工程地质调绘是运用传统的地质调查方法，结合采空区的分布、规模等特点，对区内的工程地质条件及其相关内容，如地面塌陷、裂缝等进行调查和描述，并按照一定的精度要求，将某些地质要素特征反映在一定比例尺的地形图上。

2 采空区专项调查是采空区勘察主要方法之一，通常与资料收集同时进行、相互补充，包括实地调查和走访调查。针对所收集的资料进行现场核查，对一些资料不全或可信度较差，甚至没有相关资料的矿区，通过走访、地面和井下调查（条件允许的情况下，应深入井下进行现场调查），对矿井坑口的分布位置、采空区基本要素进行专项调查。

采空区基本要素包括：矿山的性质、开采矿种、开采规模、开采层位（单层或多层），开采的起始和终止时间，开采方式、顶板管理方式、回采率、埋深、采高、煤层顶底板岩性、地表变形特征及地下水赋存情况等。

3 采空区测绘：一是对采空区地表移动变形特征的现状如裂缝宽度、深度、长度与延伸方向，以及塌陷规模进行测绘和描述；二是对井下巷道、井口及采空区进行测绘和描述。

4.2.3 物探是在资料收集、地质调查与测绘的基础上，针对资料缺少的小型矿区、老矿区，尤其是开采不规范的采空区，根据其地形条件、地质条件、采空区埋深及分布情况，选择适宜的物探方法，对初步认定的采空区和疑似采空区路段进行物探。物探可采用电法、电磁法、地震法、测井法、重力法等方法。各物探方法的使用条件可按本指南附录 A 的规定采用。

1 采空区物探应根据现场地形、地质条件、采空区埋深及分布情况、干扰因素、勘察目的和要求等选择物探方法。

2 地面物探宜用于探查采空区的分布范围和深度，井内（间）物探宜用于探查采空区覆岩破坏现状、垮落带高度、采空区的充填密实程度和充水状态、地下巷道等空洞的分布、采空区空隙率的估计等。

3 对于单一方法不易判定的采空区，应采用两种及以上物探方法进行，相互印证，尽量排除其他原因引起的数据异常和多解性，应根据钻孔验证情况及时对解译成果进行修正或进行二次解译。对重要工程（桥梁、隧道）部位或多层

采空区勘察时，宜采用多种物探方法进行组合勘探。工程质量应符合《公路工程物探规程》(JTGT C22)的要求。

1 在有钻孔的工作区，应采用综合测井、孔内电视及跨孔物探等方法进行井中物探。

4.2.4 钻探是采空区勘察最直接、最可靠的方法。钻探在初勘阶段为辅助勘察手段，工作量不宜过大，详勘阶段作为主要勘探方法，应加密钻孔以探明采空区范围和规模。

1 钻探应对收集的资料、地质调查与测绘及物探成果进行验证，并查明以下内容：

1) 采空区上覆岩层岩性、结构特征及采空区的分布范围、空间形态和顶底板高程；

2) 采空区引起的垮落带、裂隙带和弯曲带的分布、埋深和发育状况；

3) 采空区中是否赋存瓦斯等有毒有害气体；

4) 采空区的水文地质条件，包括地下水水文、水化学类型。

2 钻孔应综合考虑下列情况进行布置：

1) 资料收集的完整性、有效性及地质调查与测绘成果；

2) 物探异常区域；

3) 地表变形观测资料；

4) 综合测井的需要。

3 钻孔成孔孔径应根据采空区埋深、覆岩岩性，以及取样、测试、监测和钻进工艺要求确定。

4 钻进方法应采用全孔取心回转钻进工艺，钻头宜采用金刚石或硬质合金钻头；对完整地层可采用普通单层岩心管钻头；对软硬互层、破碎松散层可采用双层岩心管钻头；对需要验明采空区覆岩破坏类型特征层位的重点部位，应采用双层岩心管连续取心。

5 钻孔岩心应按钻进回次先后顺序排列，注明孔号、深度、岩心长度、收获率和岩石名称，且每一回次应用岩心票隔开。岩心应拍摄彩色照片或录像保存。存放岩心的岩心盒应平稳安放，不得日晒、雨淋和融冻，搬运时应加盖并轻拿轻放。

6 钻孔地质描述除应满足一般工程地质地层岩性描述的要求外，应准确记录采空区顶、底板的深度，重点描述采场三带特征。

7 钻探施工要点与技术要求及采场三带判定依据应分别符合表4.2.4-1和4.2.4-2的规定。

表 4.2.4-1 钻探施工要求及技术要求

钻机	冲洗液	地质编录	现场技术要求
根据采空区所处的地形、埋深、井身结构合理选用钻机	1.致密稳定地层中宜采用泥浆钻进； 2.黄土或破碎地层可采用无冲洗液钻进，必要时可采用氮气等惰性气体作为循环介质	1.现场记录、拍照应及时、准确、按回次进行，不得事后追记； 2.描述内容应规范、完整、清晰； 3.钻探记录和岩心编录，应由专业技术人员承担，并有记录员及机长签字； 4.及时绘制钻孔柱状图	1.地下水位，标志地层界面及采空区顶、底板测量误差应控制在 $\pm 0.05\text{m}$ 以内。 2.取心钻进回次进尺应限制在3.0m以内。 3.除原位测试及有特殊要求的钻孔外，钻孔均应全孔取心。坚硬完整岩层取心收获率不应低于85%，强风化、破碎的岩石收获率不应低于50%。 4.注意观测地下水位并进行简易水文地质观测。 5.每班应准确测量1-2次钻进液性能并做记录。 6.孔斜每百米应小于 1° ，全角变化率连续3点不超 $1.4^\circ/25\text{m}$ 。 7.钻孔深度应达到采空区底板以下不小于3m的深度。

表 4.2.4-2 采空区钻探现场三带判定依据

垮落带判定依据	裂隙带判定依据	弯曲带判定依据
1.突然掉钻； 2.埋钻、卡钻； 3.孔口水位突然消失； 4.孔口吸风； 5.进尺特别快； 6.岩心破碎混杂，有岩粉、淤泥、枕木等； 7.瓦斯等有害气体上涌	1.突然严重漏水或漏水量显著增加； 2.钻孔水位明显下降； 3.岩心有纵向裂纹或陡倾角裂缝； 4.钻孔有轻微吸风现象； 5.瓦斯等有害气体上涌； 6.岩心采取率小于75%	1.全孔返水； 2.无耗水量或耗水量小； 3.岩心收获率大于75%； 4.进尺平稳； 5.岩心完整。

4.2.5 样品采集与室内试验。对采空区上覆不同性质的岩、土层，应分别取代表性试样进行物理力学性质试验，提供稳定性验算及工程设计所需参数。分别取地表水及地下水样做水质分析。对煤层、采空区或可能储气部位，采集气体样品（附录 B），进行有毒、有害气体成分、含量测试。其采集与测试，应在采取安全、适宜的技术手段的前提下进行专项检测与评价。

4.3 勘察阶段

4.3.1 预可阶段勘察应符合下列要求：

1 应了解公路建设范围内地质条件、矿产分布、采掘及压覆资源情况，研究项目区内各路线方案采空区的分布范围及工程地质特征，分析评价采空区对路线方案及工程方案的影响程度，依据工程地质条件论证路线方案的可行性与合理性，为编制预可行性研究报告提供资料。

2 本阶段应以收集资料和采空区专项调查为主，勘察区域应满足预可研究要求，勘察成果应汇总在预可行性研究报告中。

4.3.2 工可阶段勘察应符合下列要求：

1 应初步查明公路建设范围内地质条件、矿产分布、采掘及压覆资源情况，论证拟建公路采空区及矿产资源的分布特征及其对公路工程的影响，为路线走廊带及方案比选提供依据。

2 本阶段应以收集资料、调查与测绘为主，必要时可辅以大比例尺卫片解译，以及进行少量勘探工作。

3 调查范围沿路线方向长度应为下伏采空区及其变形影响范围，宽度为中线两侧各不宜小于 1000m。

4.3.3 初步勘察应符合下列要求：

1 在可行性研究阶段勘察基础上，应进一步收集地质、采矿资料，基本查明采空区水文地质及工程地质条件、采空区分布及其要素特征，并取样测试采空区上覆岩层物理力学参数及瓦斯浓度，分析计算采空区地表已完成的沉陷量及瓦斯资源量，为路线方案比选、评价采空区稳定性及瓦斯危害性、确定采空区处治方案及处治设计提供依据，确定路线压覆资源范围。

2 本阶段应以采空区专项调查、测绘、地面变形观测及工程物探为主要勘察方法，辅以适当的钻探，有条件时应进行井下测量。

3 勘察范围沿路线长度应为压伏采空区的影响范围，宽度为路线中心两侧各不宜小于 500m。勘探宽度应考虑路基的挖深、填高及采空区的埋深及其移动角的影响。勘探深度应大于采空区埋深。

4.3.4 详细勘察应符合下列要求：

1 在初勘基础上，应查明以下内容，定量评价采空区瓦斯危害性及其

对公路施工的危害程度，为采空区瓦斯治理设计、确定施工方法提供依据：

- 1) 地层岩性及地层结构，采空区上覆岩、土体厚度；
- 2) 采空区分布、规模、要素特征及其三带分布特征；
- 3) 有毒、有害气体的类型、强度等级及分布特征；5)采空区充水情况及地下水类型、腐蚀性等。

- 4) 岩(土)体物理力学指标及构造物地基基础设计参数；

2 本阶段勘察应以钻探为主，辅以必要的物探及调绘工作，有条件时应进行井下测量。

3 勘察范围沿路线长度应为压伏采空区的影响范围，宽度应根据初勘阶段确定的采空区影响宽度，并考虑新采和复采的影响。勘探深度应达到采空区底板以下 3m。

4.4 资料要求

4.4.1 采空区勘察过程中及结束后，应将收集、调查、物探、钻探等有效原始资料及测量、观测、试验数据进行归档。归档资料应翔实、完整，签署完备。

4.4.2 原始资料应包括以下内容：

- 1 收集的矿井资料，包括文字资料及井上下对照图、采掘工程平面图、矿区规划图等。

- 2 物探成果报告及原始资料。

- 3 钻探施工记录。

- 4 地质调查记录。

- 5 采空区变形观测分析报告及原始记录。

- 6 岩土试验、水质分析及有毒有害气体分析测试报告。

4.4.3 采空区勘察成果报告应包括以下内容：

- 1 勘察工作概况，包括勘察依据、目的、任务、时间、方法、过程及工作量。

- 2 隧址区自然地理概况，包括地理位置、地形地貌、水文、交通、气象。

- 3 区域地质概况，包括地层岩性、地层构造、水文地质、工程地质、

以上内
容仅为
本文档
的试下
载部分，
为可阅
读页数
的一半
内容。
如要下
载或阅
读全文，
请访问：
[https://
/d. book
118. com
/825121
2141340
12003](https://d.book118.com/825121214134012003)