

T/HNKX

团 体 标 准

T/HNKX XXXX—XXXX

金属非金属矿山采空区隐蔽致灾因素详查 技术规范

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

河南省矿业协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般要求	2
5 详查实施	3
6 详查程度及危险性分析	6
7 详查结论	8
附录 A（资料性） 金属非金属矿山采空区隐蔽致灾因素详查成果汇总表	9
附录 B（资料性） 金属非金属矿山采空区隐蔽致灾因素详查成果附图	13

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由河南省矿业协会提出并归口。

本文件起草单位：河南省有色工程勘察有限公司、栾川龙宇铝业公司、河南邦泰合力管理咨询有限公司、洛阳有色矿业集团嵩县矿业公司、河南安钢集团舞阳矿业有限责任公司

本文件主要起草人：丰耀东、李铁军、吴亚明、张海江、葛虎胜、吴清星、马挥、宗文彬、宋斌、刘峰、朱纪朋、张莱庆、陈鹏、刘超、李磊、郭非凡、杜博、李孟、袁野、肖盼盼、李雨

本文件由河南省矿业协会负责解释。

金属非金属矿山采空区隐蔽致灾因素详查技术规范

1 范围

本规范规定了金属非金属矿山采空区隐蔽致灾因素详查的一般要求、详查实施、详查程度及危险性分析、详查结论等内容。

本规范适用于矿山企业对所属的矿山开展的采空区隐蔽致灾因素详查工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

GB 16423-2020 金属非金属矿山安全规程

GB 50021 岩土工程勘察规范

GB 50585 岩土工程勘察安全规范

GB/T 12719 矿区水文地质工程地质勘查规范

GB/T 32864 地质灾害危险性评估规范

GB/T 50218 工程岩体分级标准

AQ 2061-2018 金属非金属地下矿山防治水安全技术规范

DB 41/T 1523-2018 金属非金属地下矿山采空区安全技术规程

KA/T22.1-2024 矿山隐蔽致灾因素详查规范 第1部分：总则

KA/T22.3-2024 矿山隐蔽致灾因素详查规范 第3部分：金属非金属矿山及尾矿库

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

金属非金属矿山

直接从事金属非金属矿产资源生产或建设的业务单元，包含金属非金属地下矿山和金属非金属露天矿山。

3.2

隐蔽致灾因素

采空区及其周边存在的、难以直接观察识别的、可能引发灾害事故的地质条件、工程缺陷和环境因素，包括但不限于：采空区失稳、突水溃砂、有毒有害气体聚集、地压异常、地表塌陷等。

3.3

采空区

在采矿过程中，由采矿作业所形成的未被充填或未完全充填的硐室、巷道、采场等空间的总称。

3.4

采空区顶板极限安全厚度

保证上部露天采剥作业设备和人员安全所需的地下采空区最小上覆岩体厚度。

3.5

地球物理勘探

利用岩石或地层与其围岩的物理性质（如密度、波速、电阻率、极化率、磁性、放射性等）差异，通过专用仪器观测地球物理场的变化，进而查明地下介质结构和物质组成的间接性勘探方法，简称物探。在地面开展的地球物理勘探，简称地面物探；在井下开展的地球物理勘探，简称矿井物探；在钻孔内或钻孔间开展的地球物理勘探，简称钻孔物探。

3.6

地面钻探

在采空区地表预定位置，利用钻机设备向地下施工钻孔，以获取深部岩土体物理力学参数、岩芯样本、水文地质信息，或直接揭露采空区空间形态、充填状况及围岩稳定性的原位探查技术方法。

3.7

井下钻探

在矿山现有的井下巷道、硐室或工作面内，利用专用钻机向岩层内部（包括顶板、底板、侧帮及前方）施工钻孔，以探查邻近或深部采空区分布、积水积气状况、导水裂隙带发育高度及构造活化情况的原位探查技术方法。

3.8

三维激光扫描

利用激光测距原理，通过高速激光扫描测量采空区表面大量点的三维坐标，从而获取采空区三维形态数据的测量技术。

3.9

合成孔径雷达干涉测量

利用合成孔径雷达复图像的相位信息提取地表三维信息或形变信息的测量技术。

3.10

采空区风险分级

根据采空区隐蔽致灾因素的严重程度、发生概率和可能造成的后果，对采空区风险进行的等级划分。

4 一般要求

4.1 矿山及矿山企业是采空区隐蔽致灾因素详查的责任主体。

4.2 矿山是采空区隐蔽致灾因素详查工作的实施主体，负责详查工作内容的落实和过程管理。

4.3 矿山及矿山企业主要负责人（含法定代表人、实际控制人、实际负责人）是详查工作的第一责任人，负责保障详查工作所需资金、物质和人员，明确相关部门和人员的责任。

4.4 详查工作应由具备相应资质和技术人员的技术服务机构或矿山企业自身专业队伍实施。

4.5 详查工作应建立完整、可追溯的技术档案，所有原始记录、数据、图件和报告应长期保存。

4.6 金属非金属矿山采空区详查范围主要包括矿山采矿权范围内可能引发坍塌、透水等灾害事故的本矿山开采形成的采空区（空场法开采的遗留采空区、崩落法开采的悬顶采空区、充填法开采未接顶的采空区）、历史开采遗留的采空区（老空区）、废弃的井巷等。

4.7 采空区详查工作应系统查明以下内容：

- a) 采空区基本属性：形成时间、原因、位置、空间形态（尺寸、体积、埋深）、处理方式（封堵、崩落、充填、隔离等）及效果；
- b) 稳定性状况：顶底板岩性、结构、厚度、物理力学性质，岩体质量指标（RQD），地应力状态，已有变形迹象；
- c) 废弃井巷的位置、范围、周边水体分布情况等；
- d) 水文地质条件：积水量、积水范围、静水压力、补给来源与通道，与地表水体及含水层的水力联系；
- e) 气体灾害因素：采空区内氧气（O₂）、甲烷（CH₄）、一氧化碳（CO）、硫化氢（H₂S）、二氧化碳（CO₂）等气体的浓度及分布；
- f) 地表变形效应：地表沉降、塌陷、地裂缝的分布范围、规模、活动性及其与地下采空区的对应关系；
- g) 环境影响：采空区对露天边坡、地下巷道、井筒、重要建（构）筑物的稳定性的当前影响及潜在风险。
- h) 历史遗留松散物堆场（排土场、废石堆场、尾砂堆场等）、滑坡、泥石流、历史洪水等资料

4.8 对于崩落方式治理露天边坡采空区的，明确采空区顶板极限安全厚度，判断爆破方式及爆破工艺参数是否合理，根据爆破区域的塌落、隆起情况进行初步辨识采空区是否安全，分析采空区周边作业条

件是否具备；对于充填方式治理露天边坡采空区的，分析防控方案是否保证采空区充填体的强度需求，计算充填中和充填后采空区自身的稳定性和对边坡稳定性的影响。

4.9 采用充填方式进行治理的地下开采采空区，应对充填体进行强度检测；采用崩落方式治理的，要对“天窗”等安全设施进行检查，确保崩落过程中卸压通道通畅；采用隔离方式治理的采空区，分析隔离内外部因素的影响并考虑隔离体本身的安全性。

4.10 采空区详查应在分析已有资料和现场调查测绘的基础上，针对实际工程量支撑的实测资料以及收集到的采空区相关要素资料，评估其完整性和可靠性。相关资料完整可靠的，可编制采空区详查报告；否则应开展现场探查、测试与试验等工作。

5 详查实施

5.1 详查工作程序

5.1.1 详查工作应遵循“资料收集与分析→现场初步调查→勘查方案设计→综合方法探查→数据解译与验证→成果集成”的系统性流程以及“由已知到未知、由面到点、多手段协同验证”的技术路线。

5.2 资料收集与分析

5.2.1 在开展现场工作前，应系统收集并综合分析本规范第4.7条所涉及的全部已有资料。

5.2.2 应对收集资料的完整性、可靠性和适用性进行评价，识别资料缺口和关键问题，为现场勘查方案设计提供依据。

5.3 采空区现场调查与测绘

5.3.1 采空区现场调查测绘应包括下列内容：

- a) 查明采空区上覆岩层结构、岩性、完整性、岩体风化程度、节理裂隙发育程度及其他采空区评价与治理所需的岩土物理力学指标；
- b) 查明采空区上覆岩体垮落情况，冒落带、裂隙带和弯曲下沉带发育特征及地表塌陷、移动变形特征；
- c) 查明采空区自燃发火、积水、有毒有害气体等致灾因素；
- d) 查明采空区的分布范围、埋藏深度和空间尺寸；
- e) 确定采空区极限安全厚度。

5.3.2 对生产区和规划区安全生产有影响的采空区，应采用物探、钻探、测绘与遥感技术的方式进行探查。

5.3.3 应采用“空-天-地-井”一体化的综合勘查技术体系：

- a) 空/天：采用 InSAR、高分辨率遥感进行大范围形变扫描与地质环境本底调查。
- b) 地：采用地面物探、测绘、钻探进行中浅部精细探测与验证。
- c) 井：采用矿井物探、井下钻探、三维激光扫描进行井下空间直接探测。

5.3.4 方法选择应遵循以下原则：先无损后有损、先间接后直接、先区域后局部、多种方法相互验证。任何单一的物探方法解释成果均需有其他方法或工程手段验证。

5.4 地球物理勘探探测

5.4.1 在收集调查地形地貌、地质、采矿等资料的基础上，确定采空区的埋深、平面分布范围、垮落及充水状态、覆岩类型和特性、周围介质的物性差异等，因地制宜的综合选择有效物探的方法；确定物探范围、测网（测线、测点）布置以及施工参数；制定实施计划及安全保障措施。

5.4.2 采空区物探可根据勘探目的和要求选择相应的地面物探或矿井物探方法。地面物探主要包括探地雷达法、弹性波法、高密度电阻率法、瞬变电磁法或者重力梯度勘探法等；矿井物探主要包括瞬变电磁法、探地雷达法、弹性波法（单点地震反射波法、地震波反射共偏移法、瑞利面波法）、超声波探测法、三维激光扫描、声呐探测等。

5.4.3 地面物探主要用于探查采空区的分布范围和深度，定性判定采空区的密实程度以及充水情况。矿井物探主要用于探查采空区的垮落裂隙带高度、采空区的密实程度和充水状态、采空区空隙率的计算、空腔体的分布范围和空间尺寸等。

5.4.4 物探应根据勘查要求编制工作大纲。检查点的数量、观测精度、测点测线平面布置、点距、线距和高程的测量精度等野外作业工作参数的选择应符合相关规范的要求。

5.4.5 采空区探查采用物探方法时，物探范围应包含初步推断的采空区和外延区。初步推断的采空区

根据收集的资料和现场调查结果综合圈定，外延区的范围为初步推断的采空区边界基础上向外延展不少于 100 m。物探方法的数量应符合下列要求：

- a) 对于影响生产区的分布不明的采空区，应采用不少于 2 种物探方法探测；对于影响生产区的位置已知但要素掌握不全的采空区，应采用不少于 1 种物探方法探测。
- b) 对于规划区内的不明采空区，应采用不少于 1 种物探方法探测。

5.4.6 具备地面物探条件的，应结合地质、地形地貌条件、采空区和地层物性特征、干扰源特征等信息综合确定物探方法：

a) 埋深小于或者等于 50 m 的采空区，应选用探地雷达法、弹性波法、高密度电阻率法、瞬变电磁法或者重力梯度勘探法等物探方法：

-探地雷达法：中心频率选择：100 MHz 天线（探测深度约 20-30 m）；50 MHz 天线（深度 30-50 m）。点距 ≤ 0.1 m，采用连续测量；现场工作首先布置网格化测网（线距 5-10 m），然后现场试验确定最佳时窗与滤波参数，然后将收集的数据通过增益、滤波、地形校正、偏移归位等进行处理。

-高密度电阻率法：选用温纳或施伦贝格装置，电极间距设置 1.5-3.0 m（兼顾深度与分辨率）；首先进行剖面测量，剖面长度大于目标体宽度的 3-5 倍，数据处理中发现的低阻异常（可能充水/泥）或高阻异常（可能空洞）需结合地质判断。

-瞬变电磁法：使用小线圈（边长 20-40 m）或中心回线装置，关注早期道数据，提升浅部分分辨率。现场采用面积性扫描，点距 10-20 m，一维反演，绘制电阻率-深度切片。

-弹性波法：主要指面波勘探（多道面波分析）。道间距 1-2 m，偏移距 5-10 m，锤击震源；点测或短剖面，提取瑞雷波频散曲线，反演获得横波速度剖面，低速区指示松散或破碎。

-首选“探地雷达+高密度电法”组合，雷达快速精确成像，电法验证并判断充填性质；在地形复杂或干扰区，可降级为“高密度电法+面波勘探”组合。

b) 埋深大于 50 m 且小于或者等于 150 m 的采空区，应选用弹性波法、瞬变电磁法或者高密度电阻率法等物探方法：

-首选“地震反射波法+瞬变电磁法”黄金组合，地震查形态结构，TEM 判含水性；在电性条件好的地区，可用“高密度电法+瞬变电磁法”组合，兼顾效率与成本。

c) 埋深大于 150 m 的采空区，应选用弹性波法、瞬变电磁法、可控源音频大地电磁法或者视电阻率垂向电测深法等等物探方法。

-可控源音频大地电磁法：发射源距测区 1-3 km，测量频率范围 0.1-10000 Hz；沿构造走向布设测线，点距 50-100 m，二维/三维联合反演，精细刻画深部电性结构，低阻闭合圈异常是重要识别标志。

-视电阻率垂向电测深法：传统但有效的基准方法，采用对称四极装置，极距 AB/2 从几米至上千米；在关键异常点或验证点布设，绘制电测深曲线，进行一维反演，获取地层电阻率与厚度。

-“CSAMT+地震勘探”是最佳组合，提供电性与结构双重约束；在经费或施工条件受限时，可采用“大功率 TEM+电测深”组合进行控制。

5.4.7 具备矿井物探条件的，应根据探测目的、探测距离和地质条件等综合确定物探方法，并应符合以下要求：

a) 矿井物探应选用瞬变电磁法、探地雷达法、弹性波法（单点地震反射波法、地震波反射共偏移法、瑞利面波法）或者超声波探测法等物探方法；

b) 矿井物探应对地面物探解译的物探异常区进行重点跟踪。

5.4.8 物探测网布置及其测网密度应符合以下要求：

a) 物探测线应垂直或者大角度相交于初步推断的采空区，测线长度应覆盖外延区。

b) 地面物探方法的测网线距在初步推断的采空区范围内应不大于 10 m，在外延区应不大于 20 m；测网的点距在初步推断的采空区范围内应不大于基于采空区稳定性经验方法分析获得的采空区极限暴露尺寸，原则上不大于 10 m，对于可能存在的窄小采空区应适当缩小测网的线距和点距。

c) 矿井物探方法的测网密度一般应符合下列要求：

-探地雷达法：应进行高精度连续测量，巷道探测应不少于 3 条测线，点距应不大于 2 m，应在探测区域的顶板中央布置 1 条纵向测线，两帮（或拱腰）各布置 1 条纵向测线，形成空间立体控制，若巷道宽度大于 5 m 或地质条件复杂，应在顶板增加 1-2 条测线；掘进迎头工作面应不少于 2

条测线，2条测线应在工作面内呈交叉布置（如“十”字形或“X”形），探测方向与工作面夹角应不大于45°。

-瞬变电磁法：巷道探测应不少于3条测线，点距应不大于10m。

-单点地震反射波法：应选用锤击或者机械震源，炮间距应小于20cm，每炮应不少于2道接收，超前探应不少于3炮。

-地震波反射共偏移法：采用锤击震源时，应不少于2道，应不少于12炮，炮间距、道间距和炮检距应不小于1m，覆盖次数应不少于6次，测线深度不少于三倍的目标深度和排列长度之和；采用炸药震源时，应不少于2炮，应不少于12道，源间距和道间距应不小于1m，炮检距应不小于2m，覆盖次数不少于12次，测线深度不少于三倍的目标深度和排列长度之和。

-瑞利面波法：应选用锤击或者机械震源，应不小于6道，应不小于5次叠加，道间距应不小于20cm，炮间距应不小于50cm。

5.5 钻探探查

5.5.1 采空区钻探应根据探查目的，基于工程地质调查、测绘和物探成果，验证金属非金属矿山采空区、巷道及其“三带”特征、地表裂缝的分布和延展情况，结合各类隐蔽致灾因素特征，确定适宜的钻探施工方式和钻孔数量；在地面施工技术可行、经济合理的情况下，优先选用地面钻孔；井下具备施工条件时，可设计井下钻孔，优先选用定向钻孔；制定实施计划及安全保障措施。

5.5.2 钻探工作布设时应考虑其对工程自然环境、地下管线、地下工程的影响，钻探完工后应及时、妥善回填或封孔。

5.5.3 岩土试样的采取方法应符合GB/T50123、GB/T50266和GB51044的规定，同时应结合详查目的、详查阶段要求、地层条件、采空区“三带”特征。

5.5.4 通过地面钻探、井下钻探等方式对物探圈定的疑似采空区进行验证，根据钻探或者采掘揭露情况对物探成果进行验证。验证钻孔应符合以下要求：

a) 验证钻孔的布设应根据已有资料及物探成果综合确定，验证钻孔应布置在初步推断的采空区范围之内。

b) 验证钻孔的数量应根据疑似采空区的范围、地质条件、矿体产状和立体空间分布综合确定，每个典型的疑似采空区应布置不少于1个验证钻孔，对于上部有建(构)筑物的物探异常区，应增加验证钻孔数量。

-当疑似采空区异常区平面投影面积 $>5000\text{ m}^2$ 时，除中心孔外，应在长轴方向或边界关键部位增加钻孔，原则上每增加 $3000\text{--}5000\text{ m}^2$ 宜增加1个孔。

-当异常区形态极不规则（如条带状、分叉状）或存在多个异常中心时，应在每个形态单元或异常中心至少布置1个钻孔。

-上部有建(构)筑物区域：除在异常区下方布孔外，应在建(构)筑物外围投影线附近增加至少1个控制性钻孔，以查明潜在灾害影响范围。若建筑物重要或规模大，钻孔应形成监测剖面。

-规划的首采工作面、主要运输巷道正下方：应提高验证密度，必要时采用“网格化”布孔，以确保安全。

c) 验证钻孔应钻进至采空区或者穿过疑似采空区不少于5m，若采空区为多层或充填物松散易塌孔，应酌情增加穿过深度至8-10m，以确保获取底板完整岩样并保障成孔；未发现采空区时，钻孔应达到物探推断的采空区底板深度以下至少10m，或达到开采煤层底板以下足够深度（如20-30m），确保无遗漏。

d) 采用井下钻探验证时，应在掘进巷道朝向疑似采空区方向布置验证钻孔，布置孔时应采用扇形布孔，至少包含1个正前方向水平孔、1个仰孔（探查上部）和1个俯孔（探查下部），以控制立体空间，扇形面夹角根据探测距离确定，钻孔还应满足AQ2061关于超前探放水的安全规定和要求。

e) 露天矿山采空区验证钻孔的施工平台，应在疑似采空区上部不少于2个露天台阶设计高度，且应大于2倍的采空区顶板极限安全厚度。

5.5.5 采空区验证钻孔的钻探以及通过钻探发现的采空区，应符合以下要求：

a) 应通过分析钻进深度、岩芯采取率、掉钻、卡钻、埋钻、吸风、漏水量、水位变化、起火(冒烟、冒气)等数据，验证采空区边界、悬顶或者垮落等情况；

b) 应选用钻孔三维激光扫描、声呐、钻孔地震波CT、钻孔电磁波CT、钻孔地质雷达等方法探测采空区边界及形状，选用钻孔电视等方法进行采空区验证；

- c) 应选用钻孔水文观测、钻孔电阻率 CT、钻孔瞬变电磁法或者钻孔激发极化法等方法探测采空区积水情况；
- d) 对于有稳定性分析需求的采空区，应开展取芯、测斜、钻探编录、RQD、结构面粗糙和风化程度统计等工作。

5.6 测绘与遥感技术探查

5.6.1 测绘与遥感技术是进行采空区隐蔽致灾因素详查的核心手段之一，主要用于获取采空区地表及近地表的宏观、连续、高精度的形变与地理信息数据。

5.6.2 测绘与遥感技术贯穿于采空区隐蔽致灾因素详查的过程中，应遵循“由面到点、先宏观后微观、多技术协同验证”的原则。

5.6.3 遥感技术主要用于大范围、周期性的地表变形监测和地质环境调查，其主要的技术方法有：合成孔径雷达干涉测量、高分辨率光学遥感。

5.6.4 地面测绘旨在对遥感圈定的异常区进行量化的精确测量，并建立长期监测基准，其主要技术方法有：全球导航卫星系统、无人机摄影测量、传统大地测量。

5.6.5 井下测量直接获取采空区内部的空间几何信息，是详查的关键，其主要的技术方法有：三维激光扫描、钻孔电视/孔内摄像。

5.6.6 星载遥感（InSAR）技术

5.6.6.1 宜选用 C 波段或 L 波段 SAR 卫星数据，时间序列应覆盖至少 2 年。

5.6.6.2 应采用时间序列 InSAR 技术处理数据，获取矿区地表形变速率场、累计形变量及形变时间序列。

5.6.6.3 形变监测精度应优于 ± 10 mm/年。对识别的显著形变异常区（如形变速率大于 10 mm/年）应进行重点标注与分析。

5.6.7 无人机与近地面测绘技术

5.6.7.1 InSAR 圈定的形变异常区或重点区域，应采用无人机搭载光学、激光雷达（LiDAR）、多光谱或热红外传感器进行详查。

5.6.7.2 无人机倾斜摄影测量宜用于生成高精度实景三维模型和数字表面模型，地面分辨率宜优于 5 cm。

5.6.7.3 无人机 LiDAR 宜用于植被茂密区的地形获取或高精度体积计算。

5.6.7.4 5 热红外遥感可用于识别地表温度异常，辅助判断地下渗水或氧化升温区。

5.6.7.5 应在地面关键部位布设 GNSS 监测点，对遥感形变结果进行实地验证与补充监测。

5.6.8 井下与孔内测量技术

5.6.8.1 应采用防爆型三维激光扫描仪对可进入的采空区进行内部扫描，获取精确的空间点云模型，并据此计算体积、暴露面积等几何参数。

5.6.8.2 宜采用钻孔电视或全景成像技术，观测钻孔揭露的岩体结构、裂隙、出水点和采空区边界。

5.7 安全保障措施

5.7.1 所有现场作业必须遵守 GB 16423 等安全规程。

5.7.2 井下作业、进入密闭空间或可能存在有毒有害气体的区域前，必须进行通风和检测。

5.7.3 钻探作业，尤其是探放水钻孔，必须符合 AQ 2061 的规定。

6 详查程度及危险性分析

6.1 对于影响生产区安全生产的采空区，应查明以下要素，并分析其危险性：

- a) 采空区形成的时间、原因、位置、空间形态、处理方式，掌握采空区的基本情况；
- b) 废弃井巷的位置、范围、周边水体分布，掌握废弃井巷的基本情况；
- c) 采空区内存在的有害气体种类及浓度，分析采空区内是否存在有毒有害气体聚集；
- d) 采空区内的积水面积、积水量，分析采空区透水的可能性；
- e) 采空区周边岩性和构造分布，分析采空区自身的稳定性及采空区坍塌、边坡失稳、滑坡等风险；
- f) 采空区地表的沉降变形、塌陷范围和裂缝分布，分析地表水体对采空区的补给情况以及采空区自身坍塌、淹井、边坡失稳、滑坡等风险。

6.2 对于影响规划区安全生产的采空区，应基本查明以下要素，并分析其危险性：

- a) 采空区的位置、大致空间状态，掌握采空区的基础情况；
 b) 废弃井巷的位置、范围、可能存在的周边水体，掌握废弃井巷的基础情况；
 c) 采空区内是否存在积水，分析其对规划区安全生产的影响。

6.3 采空区隐蔽致灾因素风险量化分级体系

6.3.1 金属非金属矿山采空区隐蔽致灾因素风险等级评估:金属非金属矿山采空区隐蔽致灾因素风险等级 $R = \sum (R_i \times \text{权重})$ ，依据风险等级划分区，确定采空区的风险等级。

单项风险等级 $R_i = \text{隐蔽致灾因素自身的严重程度}(S) \times \text{该因素导致灾害发生的可能性}(L)$ 。

金属非金属矿山采空区隐蔽致灾风险等级分为四级：蓝、黄、橙、红

-蓝：IV级，低风险， $1 \leq R \leq 20$

-黄：III级，一般风险， $20 < R \leq 40$

-橙：II级，较高风险， $41 < R \leq 70$

-红：I级，重大风险， $71 < R \leq 100$

6.3.2 隐蔽致灾因素自身的严重程度(S)和该因素导致灾害发生的可能性(L)评分标准

表1 6.3.2 隐蔽致灾因素自身 S (严重程度) 评分标准 (1~10 分)

S值	等级	通用描述
9-10	灾难性	导致群死群伤(可能造成10人以上死亡或失踪);造成全矿或大面积停产(超过6个月);导致主井筒、主要斜坡道、主要生产系统(如提升、通风、排水)毁灭性破坏;引发重大次生灾害(如山体滑坡、河流改道、大型地表建构物倒塌)。
7-8	极严重	可能造成多人伤亡(3-9人死亡);造成矿山一个主要中段或采区长期停产(1-6个月);关键设施严重损毁(如变电站、水泵房、主要运输巷道严重破坏);造成重大经济损失(直接经济损失巨大)。
5-6	严重	可能造成个别人员伤亡(1-2人死亡);导致局部生产区域停产(1周至1个月);重要设备损坏或巷道局部严重破坏,修复难度大;造成较大的经济损失。
3-4	中等	可能造成人员重伤;导致作业面或短时停产(数天至一周);设施出现结构性损伤,需要维修;造成一定的经济损失。
1-2	轻度	可能造成人员轻伤或仅构成安全隐患;导致生产短暂中断或效率降低(不超过24小时);设施出现非结构性缺陷或轻微损坏,易于修复;经济损失较小。

表2 L (发生灾害可能性) 评分标准 (1~10 分)

L值	可能性等级	判定依据
1-3分	L1(极低)	空间小、埋深大、岩体好、无积水、无扰动。自然状态下极稳定。
4-5分	L2(低)	条件相对较好,存在1-2项中等不利因素,但在当前环境下整体稳定。
6-7分	L3(中等)	存在多项明显不利因素(如中等规模、岩体一般、有积水等),稳定性趋于临界,需关注。
8-9分	L4(高)	条件恶劣,存在关键性高风险因素(如浅埋大跨度、高压积水、破碎岩体等),失稳可能性大。
10分	L5(极高)	集齐所有高风险特征,且已出现宏观失稳迹象,在诱发因素下随时可能发生灾害。

单一因素评判标准风险等级 $R_i = S \times L \times k$, k为动态修正系数

表3 采空区动态修正系数 k 取值表

工况	K值	适用范围
采空区存在3-5年，且期间未进行任何工程干预或专业监测	1.2	岩体与顶板稳定性
资料缺失的“历史遗留采空区”，岩性软弱	1.5	岩体与顶板稳定性、有毒有害气体成分及含量
暴雨	1.4	水文地质与积水状况、岩体与顶板稳定性
矿区发生有感地震	1.8	采空区空间几何特征、岩体与顶板稳定性
在采空区50-100米范围内进行大规模爆破	1.3	工程活动与扰动

6.3.3 隐蔽致灾详查因素权重占比

金属非金属矿山采空区隐蔽致灾详查因素：采空区空间几何特征、岩体与顶板稳定性、水文地质与积水状况、有毒有害气体成分及含量、工程活动与扰动以及地表的沉降变形、塌陷范围等。其权重占比如下表：

表4 采空区隐蔽致灾详查因素权重占比表

隐蔽致灾详查因素	权重占比
采空区空间几何特征	0.15
岩体与顶板稳定性	0.25
水文地质与积水状况	0.2
有毒有害气体成分及含量	0.2
工程活动与扰动	0.1
地表的沉降变形、塌陷范围	0.1

6.3.4 采空区隐蔽致灾因素风险等级

采空区隐蔽致灾风险等级评估：采空区隐蔽致灾风险等级 $R=\sum$ （单项风险等级 $R_i \times$ 权重），依据风险等级划分区间，确定采空区隐蔽致灾因素风险等级。

7 详查结论

7.1 采空区详查结论应包括资料收集分析、现场探查等工作量，详查成果、详查程度、危险性分析及防治措施建议等内容，并在附录 A 中表 A.1 和表 A.2 体现。

7.2 编制采空区详查成果统计表和废弃井巷详查成果统计表(见附录 A 中表 A.3、A.4)。

7.3 应按附录 B 的要求，绘制采空区详查成果图。

表A. 2给出了条款中金属非金属矿山采空区隐蔽致灾因素详查实际工作量汇总，用于详查实际工作量汇总，内容可不局限于此。

表A. 2 金属非金属矿山采空区隐蔽致灾因素详查实际工程量汇总表

详查手段	详查目的	方法名称	工程量	单位	详查单位名称	备注
现场调查测绘				根据实际工作确定		
地面物探				km ²		
矿井物探				点		
地面钻探				孔/m		
井下钻探				孔/m		
现场测试				根据实际工作确定		
实验室测试				组		
其他				根据实际工作确定		

表A.3给出了条款中金属非金属矿山采空区详查成果内容，用于采空区详查成果统计，内容可不局限于此。

表A.3 金属非金属矿山采空区详查成果统计表

序号	所处位置	体积/m ³	形成时间	采矿方法	垮塌情况		积水情况		处理方式及情况	地表沉降、塌陷、裂缝情况	备注
			具体到年						封堵、崩落、 充填或者隔离		

责任单位：

责任人：

统计时间：

年 月

注：1. 无相关致灾因素时，填“/”。

2. 采矿方法分为空场法、崩落法、充填法。

3. 责任单位/部门为矿山相关隐蔽致灾因素归属管理单位或者部门，责任人为矿山相关隐蔽致灾因素归属管理人。

表A.4给出了条款中废弃井巷隐蔽致灾因素详查成果内容，用于废弃井巷隐蔽致灾因素详查成果统计，内容可不局限于此。

表A.4 废弃井巷详查成果统计表

序号	井巷开口坐标			井巷延伸方向	位置	尺寸/m	支护方式	废弃井巷处理情况		积水状况	周边水体情况及补给关系	备注
	X	Y	Z					处理时间	处理方式及状态			
											封堵、崩落、充填或者隔离	

责任单位：

责任人：

统计时间：

年 月

注：1. 无相关致灾因素时，填“/”。

2. 类型分为平硐、斜井、竖井、巷道。

3. 井口坐标填写2000国家大地坐标，高程填写1985国家高程。

4. 责任单位/部门为矿山相关隐蔽致灾因素归属管理单位或者部门，责任人为矿山相关隐蔽致灾因素归属管理人。

附录 B

(资料性)

金属非金属矿山采空区隐蔽致灾因素详查成果附图

金属非金属矿山采空区隐蔽致灾因素详查成果附图是以地下矿山采掘工程中段平面图、露天矿山采剥工程平面图以及典型剖面图作为底图，反应金属非金属矿山范围内各矿体采空区详查成果的综合图件。图中应绘制的主要隐蔽致灾因素内容有：

- a) 采空区的编号、类型、形成时间、位置、边界、顶底板标高等；
 - b) 废弃井巷的编号、类型、形成时间、位置、尺寸、开口坐标、延伸方向、封闭时间、封闭方法、封闭质量、周边水体连通情况等；
 - c) 采空区的处理方式(封堵、崩落、充填或者隔离)以及内部充填物料、接顶情况等；
 - d) 采空区内的积水范围、积水量、出水状态、出水量等；
 - e) 采空区周边岩性和构造分布等；
 - f) 采空区地表的沉降变形、塌陷范围和裂缝分布等。
-