



中华人民共和国能源行业标准

NB/T 10528—2021

煤矿老空区普查技术规范

Technical specification for census of goaf area in coal mine

2021-01-07 发布

2021-04-01 实施

中华人民共和国国家能源局 发布

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
4.1 目的任务	2
4.2 老空区基本类型	2
4.3 普查条件复杂程度类型	2
4.4 普查程度要求	3
4.5 普查工作布置原则及工程量	3
4.6 工作流程	4
5 遥感解译	5
5.1 解译原则	5
5.2 老空区地表特征解译标志	6
5.3 提交成果	6
6 地面调查与测绘	6
6.1 目的任务	6
6.2 布置原则	6
6.3 调查内容	7
6.4 提交成果	7
7 地球物理探测	8
7.1 目的任务	8
7.2 工作布置原则	8
7.3 电法勘探	8
7.4 地震勘探	11
7.5 放射性勘探	12
7.6 高精度重力勘探	14
7.7 井间 CT 法	15
7.8 提交成果	16
8 钻探验证	16
8.1 目的任务	16
8.2 布置原则	16
8.3 技术要求	17
8.4 提交成果	19
9 老空水评价	19
9.1 目的任务	19

9.2 老空水来源 19

9.3 动态监测 19

9.4 积水量计算 19

9.5 老空水水质评价 19

9.6 老空水的处置 20

9.7 气体处置 20

10 煤矿老空区普查成果报告 20

10.1 成果文字报告 20

10.2 附图 20

10.3 附表 21

10.4 附件 21

附录 A (资料性附录) 地球物理探测方法选择 22

附录 B (资料性附录) 煤矿老空区地球物理异常特征 24

附录 C (资料性附录) 老空水积水量计算 25

附录 D (资料性附录) 煤矿老空区普查成果报告提纲 27

参考文献 29

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由国家能源局提出。

本标准由中国煤炭工业协会科技发展部归口。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准起草单位：中国地质科学院水文地质环境地质研究所、中国煤炭地质总局水文地质局、河北地质大学、太原理工大学、冀中能源峰峰集团有限责任公司。

本标准主要起草人：李向全、方向清、蔺国华、刘国辉、张永波、侯新伟、王振兴、王铁记、马剑飞、张春潮。

煤矿老空区普查技术规范

1 范围

本标准规定了煤矿老空区普查工作的总则、遥感解译、地面调查与测绘、地球物理探测、钻探验证、老空水评价、成果报告编制的基本要求。

本标准适用于为煤矿企业防灾和政府国土规划而开展的老空区专项普查工作。

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。

GB 3838 地表水环境质量标准

GB/T 14848 地下水质量标准

DZ/T 0069 地球物理勘查图图式图例及用色标准

MT/T 898 煤炭电法勘探规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

垮落带 caving zone

由采煤引起的上覆岩层破裂并向采空区垮落的岩层范围。

[煤矿防治水细则(国家煤矿安全监察局关于印发《煤矿防治水细则》的通知,煤安监调查[2018]14号)第八章附则,第一百三十七条]。

3.2

导水裂缝带 water flowing fractured zone

开采煤层上方一定范围内的岩层发生垮落和断裂,产生裂缝且具有导水性的岩层范围。

3.3

弯曲带 sagging zone

导水裂缝带上方的岩层产生弯曲下沉的范围。

3.4

采空区 gob area

采煤以后不再维护的空间。

3.5

小窑 old kiln

开采历史久远、资料缺失的小煤矿采空区。

3.6

老空区 goaf area

采空区、小窑和已经报废井巷的总称。

3.7

老空水 **goaf water**

老空区中的积水。

4 总则

4.1 目的任务

通过调查与测绘、遥感解译、地球物理探测、钻探验证等综合手段,查明工作区区域水文地质条件、老空区及积水分布,分析老空区充水条件,为科学有效地进行煤矿水害防治工作和政府国土规划提供科学依据。

4.2 老空区基本类型

4.2.1 根据老空区积水情况划分为两种类型:

- a) 无水老空区:不存在积水的老空区;
- b) 积水老空区:存在积水的老空区。

4.2.2 根据煤层开采层数划分为两种类型:

- a) 单层老空区:由单个煤层开采所形成的老空区;
- b) 多层老空区:由多个煤层开采所形成的老空区。

4.2.3 根据开采深度划分为三种类型:

- a) 浅部老空区:老空区埋藏深度在 50 m 以浅;
- b) 中深部老空区:老空区的埋藏深度在 50 m~200 m 之间;
- c) 深部老空区:老空区的埋藏深度在 200 m 以深。

4.3 普查条件复杂程度类型

根据基础资料积累情况、地形条件、煤炭开采层数、分布情况、充水条件将老空区普查复杂程度划分成三种类型,见表 1。

表 1 老空区普查条件复杂程度类型表

分类依据	简单型	中等型	复杂型
基础资料	煤矿开采资料全面清楚	有部分的煤矿开采资料	无煤矿开采资料
地形条件及地面建设情况	地形平坦,无建筑设施	地形较为平坦,少量建筑设施	地形起伏较大且有大量建筑设施
开采层数	单个水平开采煤层	单个水平开采煤层	多个水平开采煤层
煤层倾角	煤层倾角小于或等于 15°	煤层倾角 15°~55°	煤层倾角大于或等于 55°
煤层分布情况	分布规律单一	分布规律较单一	分布规律复杂
充水条件	附近无地表水体,含水层富水性弱,钻孔平均单位涌水量 $q \leq 0.1 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$	附近无地表水体,含水层富水性较强,钻孔平均单位涌水量 $0.1 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}) < q \leq 1.0 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$	附近存在地表水体且与地下水水力联系密切;存在沟通区域性强含水层(带)的强导水构造,含水层富水性强,钻孔平均单位涌水量 $q > 1.0 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$
注:本着就高不就低的原则,符合两条及以上即划分为该类型。			

4.4 普查程度要求

4.4.1 重点查明井田与外围小窑分布情况。

4.4.2 查明工作区区域水文地质条件,主要查明含水层类型、富水性、地表主要水源、历年来突水等情况。

4.4.3 大致查明工作区煤矿开采历史及现状情况,包括煤层开采编号、开采层数、开采深度,不同时期的开采手段、开采规模。

4.4.4 基本查明老空区的分布、范围、埋藏深度、单层或多层结构情况,圈定老空区分布范围。

4.4.5 基本查明老空区积水埋深、积水范围,评价积水量,分析积水来源。

4.4.6 查明老空水水质情况,包括水温、pH、主要水化学成分、有毒有害成分,分析地表水与地下水水力联系。

4.4.7 对无水老空区,进行气体成分检测,确定有毒有害气体聚集和分布特征。

4.4.8 对老空区垮落带、导水裂缝带、弯曲带进行调查。

4.5 普查工作布置原则及工程量

4.5.1 布置原则

4.5.1.1 根据国民经济建设战略布局、人文生态环境需要、煤矿安全开采影响程度,结合以往地质工作确定普查区。优先考虑闭坑矿山区、矿山水害严重区,调查范围一般根据井田确定。

4.5.1.2 按照广泛收集资料、高精度遥感解译、详细地质调查、综合地球物理方法探测、钻探施工验证、样品测试分析、综合评价的工作程序和技术手段开展调查。依据现有老空区资料,在不影响普查任务的前提下,上述工作程序和技术方法可酌情取舍。

4.5.1.3 地质调查成果、地球物理探测成果和钻探验证情况要进行综合对比分析和科学研究,提高老空区、老空水探测解释准确性。

4.5.1.4 普查区复杂程度简单型,以资料收集为主,不投入实际工作量。普查区复杂程度中等型,普查比例尺一般为 1 : 5 000。普查区复杂程度复杂型,普查比例尺一般为 1 : 2 000。对于老空区范围较小的井田,可适当放大比例尺。

4.5.2 工程量

4.5.2.1 普查基本工程量

普查基本工程量应依据复杂程度类型、调查方法的特点,结合普查区具体情况确定,以满足普查程度要求为原则。

4.5.2.2 地面调查工程量

依据复杂程度类型布设地面调查工程量,工程量定额见表 2。

4.5.2.3 地面地球物理探测工程量

地面地球物理探测工程量布设,依据普查区复杂程度类型和探测深度来安排。根据不同老空区类型、地形地质情况变化及工作精度要求,优先采用探测效果好、采集信号可靠、低成本高效率的方法。一般采用两种或两种以上的地球物理探测方法,取长补短,提高探测精度。地球物理探测技术工程量定额见表 3。

4.5.2.4 钻探工程量

验证钻孔布设在地球物理探测工作圈定的疑似老空区。钻探工程量定额总体依据调查区面积大小、老空区数量、疑似积水区数量而定。钻孔深度需根据实际老空区深度确定。基本工程量定额见表 4。

表 2 地面调查主要技术定额

复杂类型	比例尺	水文地质观测点 个/km ²	地裂缝、地面塌陷 条	小窑 个	采样分析 件
中等	1 : 5 000	5~10	全部	全部	主要控制水点
复杂	1 : 2 000	15~20	全部	全部	全部水点

表 3 地球物探探测主要技术定额

浅部老空区				
复杂类型	电法勘探 点/km ²	地震勘探 点/km ²	放射性勘探 点/km ²	其他方法 点/km ²
中等	≥1 200	≥500	1 200~2 000	400~625
复杂	≥2 400	≥1 000	2 500~5 000	625~1 250
中深部老空区				
复杂类型	电法勘探 点/km ²	地震勘探 点/km ²	放射性勘探 点/km ²	其他方法 点/km ²
中等	≥900	≥500	1 000~1 500	400~625
复杂	≥1 200	≥1 000	1 250~2 500	625~1 250
深部老空区				
复杂类型	电法勘探 点/km ²	地震勘探 点/km ²	放射性勘探 点/km ²	其他方法 点/km ²
中等	≥400	≥500	800~1 200	200~400
复杂	≥900	≥1 000	1 000~2 000	400~625

表 4 钻探查证工程量表

老空区类型	疑似无水老空区	疑似积水老空区
钻孔查证百分比 %	10	100

4.6 工作流程

4.6.1 前期准备工作

前期准备工作包括以下内容：

- a) 资料收集:充分收集普查区自然地理、社会经济、地质环境背景、煤炭资源勘查开发、水文地质工程地质环境地质勘查、开采矿井等方面的资料;
- b) 综合分析:对收集资料进行综合分析,初步制定野外工作计划;
- c) 野外踏勘:进行野外踏勘和走访调查;
- d) 编写实施方案:在综合分析和野外踏勘的基础上,编写实施方案。

4.6.2 遥感解译

对普查区进行两期以上遥感解译,初步圈定重点普查区。

4.6.3 地面调查与测绘

进行老空区特征和水文地质条件调查。

4.6.4 地球物理探测

运用多种地球物理勘探方法组合,圈定疑似老空区和老空积水区。

4.6.5 钻探验证

对圈定的疑似老空区和老空积水区进行钻探验证。

4.6.6 老空水评价

对于圈定的老空区积水量进行计算,进行老空水水质评价,分析充水来源、充水通道及评价对煤炭开采的危险性。

4.6.7 成果报告

根据调查资料,综合分析,绘制图件,编写煤炭老空区普查成果报告。

5 遥感解译

5.1 解译原则

5.1.1 多种遥感影像相结合在开展之前,要尽量收集不同空间分辨率、不同时像、高波谱分辨率等各种类型的遥感影像。将各种遥感影像结合起来进行解译,取长补短,获取更多的地质信息。

5.1.2 遥感扫描影像解译时,首先要了解影像图框外提供的各种信息,包括图像覆盖的区域及其所处的地理位置、影像比例尺、影像重叠符号、影像注记、影像灰阶等。

5.1.3 了解图外相关信息后,再对影像作认真观察并遵循先整体、后局部的原则,对解译的影像作整体的观察,了解各种地理环境要素在空间上的联系,综合分析目标地物与周围环境的关系。

5.1.4 从已知地区(掌握资料多或所熟悉的地质情况)着手,摸清各种自然要素之间相互依存、相互制约的关系,逐步掌握解译标志,相互阐明,彼此印证,然后重点突破,弄清遥感图像上未知的影像显示并推广到面。

5.1.5 先勾绘比较清楚的,把握性较大的地质界线,然后再逐一解决疑难问题。

5.1.6 与地面调查与测绘相互配合、补充、修正。

5.1.7 选择遥感影像的空间分辨率,需要考虑两个因素:一是遥感解译比例尺,二是最小地物的大小,可按照表 5 执行。

表 5 成图比例尺与遥感图像空间分辨率

遥感影像的成图比例尺	1 : 2 000	1 : 5 000
空间分辨率 R/m	0.2	0.6

5.2 老空区地表特征解译标志

5.2.1 塌陷坑的遥感解译标志

色调呈深色调夹浅色调,影像特征为指纹状或带状斑状,形状似圆形或椭圆形碟状洼地,植被分布不均匀。

5.2.2 地裂缝的遥感解译标志

色调深浅不一,影像特征呈线状或条带状,形状似直线状陡坎或线状低凹地形。植被分布不均匀,山体出现垭口,平地常有陡坎。

5.2.3 老空区解译间接标志

5.2.3.1 道路污染和改线是从遥感影像上识别塌陷区的重要间接标志。

5.2.3.2 居民点密度的降低是塌陷区识别的一个间接标志。

5.2.3.3 地表水系改变、植被和土地利用类型变化等也可以作为识别塌陷地的间接标志。

5.3 提交成果

应提交成果如下:

- a) 老空区遥感解译成果报告;
- b) 老空区遥感解译成果图;
- c) 老空区原始遥感影像资料。

6 地面调查与测绘

6.1 目的任务

通过资料收集和现场踏勘,初步确定老空区范围,分析老空区充水条件,为探查工程布置和技术方法选择提供依据。

6.2 布置原则

6.2.1 地面调查顺序为走访调查、现场调查。

6.2.2 老空区的调查应以收集资料、调查访问为主。调查内容包括历史资料、以往老空区危害、老空区地面沉降监测资料、正在进行的采掘活动。

6.2.3 现场踏勘路线应控制老空区对地面、人文生态环境、地层破坏影响范围。

6.2.4 开采历史及塌陷情况调查应以自老空区形成以来为起始;水文地质条件变化及历史突水情况,应重点对近五年情况进行调查。

6.2.5 应对普查区地面裂缝、建筑物裂隙走向、倾向、地面塌陷程度进行详细调查。

6.2.6 点坐标及高程要采用国家坐标系(2 000 坐标系)进行实测,参见 MT/T 1091。

6.3 调查内容

6.3.1 资料收集

- 6.3.1.1 普查区开采历史、规模、深度、采掘手段、采掘范围及以往老空区危害。
- 6.3.1.2 矿区历史上形成的地质、水文地质、地球物理勘探、矿井、核实、闭坑报告。
- 6.3.1.3 矿产采掘工程平面图、井上下对照图、采区平面布置图、开采规划图、矿区充水性图以及相关的文字资料。
- 6.3.1.4 原开采矿井的历年产量报表、开采工艺资料。
- 6.3.1.5 普查区的覆岩破坏和地表移动、变形观测资料。
- 6.3.1.6 普查区已有的勘察、设计、施工、监测与检测资料。

6.3.2 老空区特征

- 6.3.2.1 煤层的分布、层数、厚度、深度、埋藏特征和上覆岩层的岩性、地质构造等。
- 6.3.2.2 煤层的采高,开采范围、时间、方法、老空区的塌落、密实程度、空隙和积水等。
- 6.3.2.3 矿井的井巷分布、断面尺寸、空间形态及相应的地表对应位置,顶板管理方法、顶板支护方式、顶板垮落情况(垮落带、导水裂缝带高度和垮落物充填情况)。
- 6.3.2.4 老空区积水赋存、分布及其变化幅度、水质和补给情况,各矿井充水条件、涌水量情况,老空区附近的抽水和排水情况及其对老空区稳定性的影响。
- 6.3.2.5 矿井突水、冒顶和有害气体类型、分布特征和危害程度等灾害性事故情况。
- 6.3.2.6 地表变形特征及分布,包括地表陷坑、地面沉陷、台阶、地裂缝的位置、形状、大小、深度、延伸方向及其与地质构造、开采边界、工作面推进方向等的关系。

6.3.3 水文地质条件

- 6.3.3.1 工作区的气象条件及其对地下水动态的影响。
- 6.3.3.2 工作区附近的河流、渠道、湖泊、水库等地表水体的相对位置、水位、流量等水文情况。
- 6.3.3.3 工作区井泉位置、标高、深度、出水层位、水位、涌水量、水质、水温、气体溢出情况。
- 6.3.3.4 含水层和隔水层的埋藏条件,地下水类型、流向、水位及其变化幅度,地下水的补给排泄及径流条件。
- 6.3.3.5 工作区开采煤层的充水水源、充水通道、充水强度、充水方式,垮落带、断裂带、弯曲带的富水性及其与含水层的关系。
- 6.3.3.6 矿井生产期间井巷出水层位、涌水量,水害及防治情况,地下水的水质、污染源及其可能的污染程度和腐蚀性。

6.4 提交成果

地面调查与测绘需提交以下成果:

- a) 老空区调查与测绘成果报告;
- b) 老空区地表形变特征及小窑分布图;
- c) 调查测绘实际材料图;
- d) 调查测绘原始资料(记录卡片、野外记录簿等)。

7 地球物理探测

7.1 目的任务

应用地面电法勘探、地震勘探、放射性勘探、高精度重力勘探、井间层析成像(以下简称 CT 法)等地球物理探测方法,查明老空区空间分布,圈定垮落带、导水裂缝带大致分布范围及其埋深,确定老空区积水范围。

7.2 工作布置原则

7.2.1 在基本掌握工作区地形、地层、岩性、构造、矿层分布及其开采方式和开采状况的前提下,根据探测对象的埋深、规模及其与周围介质的物性差异,选择符合普查设计要求的地球物理方法(参见附录 A 中 A.1)。

7.2.2 通过工作区内已知地段的方法有效性试验,证明其所选方法有效并确定最佳施工参数。

7.2.3 优先选择在以往的同类探测中经过证实的有效成熟方法或经钻孔验证其探测效果可靠的新技术。

7.2.4 针对实际地形、地层、老空区特征情况,一般须采用两种或两种以上的地球物理探测方法组成综合探测模式,其方法的选用参考 A.2。

7.2.5 探测精度依据老空区或老空区积水的规模及其分布复杂程度等因素确定,一般不小于 1:5 000。探测范围的相对误差应小于或等于 30%,参见 DZ/T 0153。

7.2.6 地球物理测线布置范围应大于设定的探测范围,一般要求测线为直线形式,覆盖全区,测量剖面尽量通过已知钻孔、老空区或采空塌陷区。

7.2.7 测线尽量避开地形起伏、地面建筑物和干扰源(振动噪声,电磁干扰)影响区域。

7.2.8 测线方向与探测老空区或巷道走向应垂直,根据所掌握的工作区内的老空区分布布线,测线间距要以达到控制探测老空区的分布精度要求为准,至少要有 2 条~3 条物探测线穿过老空区异常分布区,异常区测线上至少有 3 个~5 个以上探测目标体的异常测点,地质条件复杂时还应适当加密。

7.2.9 地球物理探测资料的数据处理不得使用未经检查或检查不合格的数据,处理软件应使用经实践检验证明有效的软件。在资料解释中,不同类型采空区的地球物理异常判别特征可参照附录 B。

7.2.10 地球物理探测方法应与现场地面调查、遥感解译和钻探方法相结合,采用由已知到未知的工作方式。

7.2.11 每种地球物理探测方法的野外重复检查工作量不小于总工作量的 5%,质量不满足设计要求时,检查工作量应增至总工作量的 20%,质量仍不符合设计要求,应重新探测。

7.3 电法勘探

7.3.1 适用条件

7.3.1.1 电法勘探适用于老空区探测,查明其垮落带和导水裂缝带的埋深、分布形态及边界,依据其电异常分布特征,或结合其他地球物理探测方法可判断老空区积水或充填情况。

7.3.1.2 电法勘探适用于地下巷道探测,在巷道的深径比大于或等于 1/5 时,能查明其埋深、分布形态及边界,依据其电异常分布差异,或结合其他地球物理方法可判断其积水情况,一般情况下,可初步查明其平面分布位置与大致埋深。其探测相对误差小于或等于 $\pm 20\%$ 。

7.3.1.3 地势平坦、接地条件较好、场地环境等可满足观测仪器设备布设范围的情况下,优先选择探地雷达技术、高密度电阻率法、电测深法(电阻率和激发极化)、直流电剖面法;对于接地条件不好或中深部老空区宜选择甚低频电磁法、瞬变电磁法、音频大地电磁法、可控源大地电磁法等。

7.3.1.4 存在明显电磁干扰的工作区要优先选用传导类电法。

7.3.1.5 对于老空区的含水性探测应优先采用核磁共振法或激发极化法。

7.3.2 工程布置

7.3.2.1 埋深小于 50 m 的老空区地面电法测点点距不宜大于 10 m,埋深 50 m~200 m 的老空区点距应以 20 m 为宜,埋深大于 200 m 的老空区一般采用 40 m 点距,可根据实际情况对局部异常地段进行加密控制,按照 MT/T 898 执行。

7.3.2.2 老空区埋深中、浅区域,一般采用探地雷达或瞬变电磁法进行扫面控制,利用高密度电法或电测深剖面法对扫面电异常解释的老空区边界进行佐证性探测,其佐证剖面应布置在老空区的主要分布区域或复杂分布地段。探测深部老空区主要采用音频大地电磁法、可控源音频大地电磁法瞬变电磁法等,必要时可布置若干条电测深剖面。

7.3.2.3 地表高压线、建筑物影响区域,采用多极距直流电阻率剖面法对瞬变电磁法进行补充探测。

7.3.2.4 通过建筑物、道路、高压电线和其他障碍区域时,电磁法测线可进行适当偏移,但电磁法的线框偏移误差不宜大于 10%。直流电法测线偏移时,供电极距应进行相应同等偏移。

7.3.2.5 直流电法可根据河谷、山谷、山脊等实际情况布设测线。

7.3.3 试验工作

7.3.3.1 选择工作区内典型已知地段进行方法有效性试验,对其地电异常特征进行研究,分析其探测效果和精度是否满足设计要求。在试验前对测区自然电场、电磁噪声水平进行调查。

7.3.3.2 试验剖面选择 1 条~3 条,点距以 5 m~20 m 为宜。

7.3.3.3 高密度电法试验极距不得大于设计最小水平分辨尺度的 1/3,最小隔离系数为 1,最大隔离系数不得使其勘探深度小于设计探测深度的 1.5 倍,依据其试验结果确定实际布极间距和隔离系数区间。

7.3.3.4 对于埋深小于 200 m 的老空区,直流电剖面法应采用 2 个~3 个供电极距进行试验;对于埋深 ≥ 200 m 的老空区,直流电剖面法应采用 3 个~4 个供电极距进行试验。

7.3.3.5 对于埋深小于 200 m 的老空区,瞬变电磁试验线框大小应以 40 m~80 m 为间隔变化,选择 3 个以上发射频率进行试验;试验线跨过已知老空区和正常地层,采用两组参数进行试验。对于埋深大于或等于 200 m 的老空区,瞬变电磁试验线框大小应以 80 m~100 m 为间隔变化,仍选择 3 个以上发射频率进行试验;试验剖面线应跨过已知老空区和正常地层,采用两组参数进行试。

7.3.3.6 音频大地电磁法或可控源音频大地电磁法除了进行仪器设备的校正外,要进行大于探测深度 1.5 倍范围内的不同步长频点上的试验观测。

7.3.3.7 对试验采集数据进行相应处理和解释,选定最佳资料处理解释流程及相应软件。

7.3.4 野外工作

7.3.4.1 一般情况下,按照 MT/T 898 开展野外地球物理探测工作。

7.3.4.2 野外观测记录本应统一编号和编页,试验和参数测定工作应设专用记录本。原始记录内容和格式符合相关规范。

7.3.4.3 测线通过老空区沉降地表裂隙时,应记录裂隙位置、走向、发育大小。测点进行偏移时,应对测点坐标、高程进行实测。

7.3.4.4 野外观测数据应采用电子文件形式储存,也可采用纸质书写记录方式;在发现异常时,应对异常区位置进行记录、对异常点进行重复观测,同时对上一个点进行回测。

7.3.5 数据处理

7.3.5.1 处理前应根据试验得出的结论,有针对性地选择处理流程和处理参数。

7.3.5.2 处理前应具备下列基础资料:

- a) 野外原始记录本、野外原始记录电子文档;
- b) 测线、测点坐标;
- c) 测线、测点位置图(包括地层、构造和钻孔分布);
- d) 已有的钻孔柱状及测井曲线;
- e) 工作区地面塌陷变形及地形图。

7.3.5.3 数据处理时要对初步处理结果进行分析,将获得的相关电性图件与已知资料对比,对解释异常区,必要时进行补充探测。

7.3.5.4 原始数据可靠,测点空间位置正确,处理方法选择适当,处理参数及流程选择合理,图件布局合理、清晰、美观,有效异常显示突出。

7.3.5.5 反演计算结果既符合曲线拟合精度,又符合实际地质和老空区的分布规律。

7.3.6 地面电法数据解释

7.3.6.1 解释基本原则

解释工作应遵循下列原则:

- a) 结合所承担的地质任务,研究并掌握老空区及相关地层的相应电性标志特征;
- b) 结合实际地质资料,采用正反演技术确定老空区及相关地层对应电性标志;
- c) 在识别各种电性标志特征的基础上,进行老空区及相关地层电性标志特征的对比;
- d) 对浅、中、深层均应全面对比并分清主次,特别注意采空区的对比,确定点、线、面标志及其相关标志,并分析各标志的纵、横向联系;
- e) 依据定性、定量解释结果,结合区域地质规律、勘探区地质规律,划分老空区及相关煤层和地层的综合解释标志;
- f) 综合分析老空区及相关煤层和地层的综合标志的空间展布规律,推断出工作区内构造、地层与煤层形态和老空区及其积水区分布。

7.3.6.2 典型老空区电异常特征

7.3.6.2.1 小窑电异常特征

小窑一般表现小范围、不规则的、零乱断续的高阻异常,老空区充水的情况下则出现局部的低阻或高低相间异常。

7.3.6.2.2 大型老空区电异常特征

对于无水老空区,变形带、裂缝带和垮落带的岩层,分别对应于盖层下凹异常、弱低阻异常和高阻异常,只有裂缝带对应于高激电异常反映;对于充水老空区其上述三带分别对应于盖层下凹异常、弱低阻异常和低阻异常;对应于自上而下激电异常增高的趋势,电磁异常在其水体内消失,核磁共振异常与水体有直接对应关系。

7.3.6.2.3 特殊情况老空区电异常特征

老空区上覆地层冒落至煤层采空区,其上覆岩层异常在此出现中断下移,呈现相对低阻异常分布,若采空积水则为明显低阻区。

7.4 地震勘探

7.4.1 适用条件

7.4.1.1 地震勘探适用于探测老空区的分布边界,大致划分出其垮落带和裂缝带的分布形态,查明地下巷道分布位置,配合电法勘探推测其积水程度。

7.4.1.2 地势相对平坦,地下岩层界面相对分布稳定,场地环境满足观测仪器设备布设范围需要,能获取有效地震波信号。

7.4.1.3 折射波法还应满足下列条件,参照 DZ/T 0300:

- a) 被探测界面的下层波速应大于上覆地层的波速;或局部虽然有低速层,但检波器排列范围内能够接收到返回地面的折射波;
- b) 被探测界面应相对稳定并应有延续性。

7.4.1.4 反射波法和地震映像法还应满足被探测采空区、标志层厚度不宜小于有效波长的 $1/4$,多层采空区间的垂直距离不小于 2 倍煤层厚度。

7.4.1.5 面波法和微振法适用于存在明显环境震动噪声干扰的工区和点测方式。

7.4.2 工程布置

7.4.2.1 应优先选择地震映像法、二维地震折射波法,其次选用地震折射波法、面波法和微动法,对需要精准查明分布复杂的老空区选用三维地震反射波法。

7.4.2.2 测线布设应符合下列规定:

- a) 测线应呈直线布置,当受场地条件限制时,可平移测线,对于二维地震勘探要保持每条测线上的激发和接收沿该线分布,也可布置成非纵测线,同时应考虑旁侧、界面倾角和速度变化的影响;
- b) 地形坡度大于 15° 时,应实测激发点和检波点的位置及高程,并沿排列方向测绘地形剖面;
- c) 地震映像法、二维地震反射法和地震折射法应布置测线间的联络测线。

7.4.2.3 地震勘探野外工作的观测系统类型选定和测量参数的设置,应在工作区内已知地层和老空区分布地段通过现场试验方式确定并有相应的试验记录。

7.4.2.4 同一工作区地震仪器设备、观测系统和测量参数应相同,观测点距或道间距不大于探测目标体水平尺度的 $1/3$,展开排列的最大炮检距应为目的层深度的 1.0 倍~2.0 倍。

7.4.3 试验工作

7.4.3.1 应选择工作区内典型已知地段进行方法有效性试验,对其地震异常特征进行研究,分析其探测效果和精度是否达到设计要求。

7.4.3.2 场地环境噪声调查

在工区内的典型地震地质条件地段,按实际设计观测系统的排列方式布置接收系统,利用地震仪的内置触发方式接收场地环境震动噪声信号并以数据文件的形式对其保存。

7.4.3.3 表层速度调查

为获取表层速度分布,初步了解折射波盲区范围及地下岩性界面的倾斜程度,开展大于表层深度 4 倍的排列长度的零偏移相遇折射波法试验。

7.4.3.4 排列参数选择(选排)试验

在工作区内的地层界面相对平缓、标志层和已知采空区地段进行选择试验。试验排列长度一般为

实际排列长度的4倍~6倍,道间距 \leq 实际初设道间距,选用3种以上的记录采样间隔(频率),进行零偏移距激发,仪器工作因素的选择应以尽可能接收到来自设计探测深度内的各种波的信息为原则。实际试验中可采取固定排列,通过改变震源偏移距的方式获取多个不同偏移距的记录剖面。利用该选排试验结果作为地震探测最佳(时间、空间)窗口选择的依据。

7.4.4 野外工作

7.4.4.1 原则上参照 DZ/Z 0300 开展野外工作。

7.4.4.2 观测记录长度或最低频点应满足探测深度的1.5倍,每道样点不应少于1024个。

7.4.4.3 每日野外开工、收工时,应对仪器工作状态,电源、导线进行漏电检查,记录场地干扰调查;操作员认真做好每一点的班报观测记录(观测系统,震源位置及接收点线号,道间距值,记录长度,记录文件名,地形,岩性,干扰情况),每天做好室内验收和资料归档并填写验收与归档登记卡。

7.4.4.4 同一记录中相邻道或10%以上道为坏道,或抽检重复观测大于或等于总测线长度的5%,复测的波速均方相对误差超过 $\pm 15.0\%$,界面深度相对误差大于10.0%的资料为不合格观测数据,不得作为原始记录资料,应重新测量。

7.4.5 数据处理

7.4.5.1 地震探测资料应采用专业软件进行处理和反演解释,主要处理内容包括数字滤波、速度谱分析、反褶积,处理和解释结果应采用二维或三维图件表示。

7.4.5.2 折射波法应进行初始时刻的拾取,反射波法应进行静、动校正,对于多次覆盖反射波资料还应抽道,并进行共深度点(CDP)叠加,微震法应进行相关分析,面波法应进行频率~波数($f \sim k$)变换并拾取波速频散曲线。

7.4.6 数据解释

7.4.6.1 折射波法的资料解释应根据地球物理条件、方法特点和精度选择折射波解释计算方法;横向突变低速异常,结合原始记录上有无伴随振幅衰减、波形变化等现象一般为采空区反映。

7.4.6.2 面波法和微动法资料推断解释应以钻孔或物性资料为依据,速度频散曲线的“之”字形拐点和曲率变化异常往往属采空区反映,其反演低速带则对应于采空区分布位置。

7.4.6.3 地震映像法和地震反射波法利用波组分布异常特征推断采空区及其充水程度,即:变形带对应同相轴向下弯曲分布;裂缝带对应同相轴突变,强度变弱,频率变低;垮落带对应相轴消失或分叉。对于横向范围较小的采空区和巷道则呈现上凸绕弧分布,其下方分布低频波异常。采空区如充水,往往呈现多次反射波异常。

7.4.6.4 处理和反演工作应结合已知矿区勘查报告、开采进度图、现场地面塌陷调查和物性资料进行老空区分布的定性与定量推断解释,绘制出地震探测成果图。

7.5 放射性勘探

7.5.1 适用条件

7.5.1.1 放射性勘探适用于圈定老空区及其裂缝带的分布位置,佐证其他地球物理方法对老空区探测的推断结论。主要方法为常规法测氡和活性炭法测氡。

7.5.1.2 工作区应有表土层,厚度宜大于1000 mm。

7.5.1.3 仅用于陆地非水域探测工作。

7.5.2 工程布置

7.5.2.1 在工期允许的条件下,优先选用活性炭法测氡,其次采用常规法测氡。

7.5.2.2 放射性勘探的测线布置应避开扰动土、沼泽地、田埂和地下潜水面接近地表的地段,尽量与其他地球物理方法的测线重合。

7.5.2.3 测点间距在工作比例尺平面图中应为 0.5 cm~2.0 cm,一般实地为 5 m~10 m,在异常区应加密测点,至少有 3 个异常点分布在异常区内。

7.5.3 试验工作

7.5.3.1 工区内选择横跨已知采空区边界或穿越已知小窑地段进行方法有效性试验,研究氡异常分布特征,分析探测效果和精度是否达到设计要求。

7.5.3.2 试验点距不应大于设计最小水平分辨目标尺度的 1/4,同一条试验剖面上要求在不同日期重复观测,将两次观测结果进行相关分析,证明方法的有效性和可靠性并对试验观测数据进行背景值和异常下限分析。

7.5.3.3 开展常规法测氡的不同抽气次数试验,确定最佳抽气次数;进行活性炭法测氡的活性炭吸附器不同埋置时间的试验,确定最佳埋置时间。

7.5.4 野外工作

7.5.4.1 天然放射性 γ 测量法的现场施工参照 EJ/T 605 执行。

7.5.4.2 常规法测氡的现场施工应符合下列规定:

- a) 取气深度一般为 700 mm~1 000 mm 并应有防止大气渗入的措施,一般抽气为 6 次~10 次。每点记录其点线号及其坐标,取气深度、观测时间和 3 次~4 次观测均值;并对测点处的岩性和地面沉降程度进行记录。
- b) 测试时间宜在 8:00~18:00 之间,且不应在雨天开展取样测量工作;若遇雨天,应雨后 24 h 方能工作。

7.5.4.3 活性炭法测氡的现场施工应符合下列规定:

- a) 盖有罩杯的活性炭吸附器埋深一般为 400 mm,并应有防止大气渗入的措施,埋置时间一般为 4 d~6 d,同一测区活性炭吸附器的埋置深度和埋置时间应相同;
- b) 野外记录相应测点号及其坐标、埋置日期、老空区沉降程度等内容;
- c) 野外取回的活性炭样品应在 10 h 之内测量完毕,并进行活性炭样品本底数测定,上述测量和标定结果均应做好记录。

7.5.5 数据处理

7.5.5.1 参照 EJ/T 605 对测氡数据分别进行质量评价和数据处理。

7.5.5.2 数据处理主要包括:

- a) 由实测仪器示值(计数率)计算相应点处的氡(活度)浓度。其中,活性炭法测氡还需将活性炭样品的埋置时间归一化至 30 d,对野外收回活性炭样品超过 10 h 后的测量结果进行伽马照射量率衰减修正。
- b) 对剖面测量需绘制氡浓度或计数率剖面图,对面积测量需绘制氡浓度或计数率等值线图。图件比例尺一般不小于 1:500。
- c) 利用数理统计的方法确定背景参数(背景值和标准差)。当测区内地质条件、景观条件和工作方法影响其背景参数的确定时,应采取分区统计方式确定背景参数。
- d) 一般以背景值的 1.5 倍~3.0 倍定为氡异常下限,以此进行异常登记。同时依据背景参数进行异常晕的划分与圈定。

7.5.6 数据解释

7.5.6.1 研究异常的分布规律和特征,分辨异常性质,排除假异常。

7.5.6.2 因观测条件变化引起观测数值的变化时,应进行多次观测,查明原因后再进行解释。

7.5.6.3 结合已知矿区勘查报告、开采进度图、现场地面塌陷调查、物性资料和试验结论,解释推断老空区范围,通常依据异常最大值的二分之一等值线圈定老空区或小窑在地面的投影分布范围。

7.6 高精度重力勘探

7.6.1 适用条件

7.6.1.1 高精度重力勘探适用于规模较大的老空区探测,初步查明垮落带和裂缝带的大致分布范围,配合其他地球物理方法探测其埋深、分布形态及边界。

7.6.1.2 工作区无影响正常观测的震动。

7.6.2 工程布置

7.6.2.1 根据任务性质、探测对象的大小及其异常特征来确定测网密度和工作比例尺,线距应不大于最小探测采空区部位可引起的异常的长度,点距的选择应使异常特征能在平面图或剖面图上反映出来,一般线距为 20 m~50 m,点距为 5 m~20 m。

7.6.2.2 根据探测老空区的规模和埋深确定布伽重力异常的总精度。误差分配上应重点控制测点重力值误差及布伽改正误差。

7.6.2.3 重力仪精度应优于 $\pm 10 \times 10^{-8} \text{ m/s}^{-2}$,分辨率应达到 $\pm 5 \times 10^{-8} \text{ m/s}^{-2}$ 。

7.6.2.4 根据重力仪性能、工作区大小等情况布置重力观测基点网。基点网应均匀分布全工作区,组成基点网的闭合圈独立边数应不大于 12 边。总基点的重力值可以是假设的,但其大小应保证全区不出现负的重力观测值。总基点的高程可采用实测高程或假设(相对)高程。

7.6.2.5 收集或实测用于地形改正的地形图,其比例尺视地形改正的精度而定,一般不小于 1:2 000。

7.6.3 试验工作

7.6.3.1 选择工作区内典型已知地段进行方法有效性试验,对重力异常特征进行研究,分析其探测效果和精度是否达到设计要求。

7.6.3.2 试验点距一般为设计点距的二分之一,异常变化较大处适当加密。

7.6.3.3 试验剖面要求进行重复观测,以分析和评价观测精度和可靠性。

7.6.3.4 进行近、中、远区地形改正试算,分析地形影响范围。

7.6.4 野外工作记录

7.6.4.1 原则上参照 DZ/T 0171—2017 的规定开展野外工作。

7.6.4.2 野外使用的重力仪性能稳定、精度、分辨率等各项技术指标满足设计要求,其重力格值已在国家标准基点上标定。

7.6.4.3 每日野外观测开始前应检查仪器的纵、横水泡(粗检),并测定光线灵敏度,检查和测定结果均应记入记录本。

7.6.4.4 每日野外观测前或中途停顿后再开始观测前,应按基点—测点—基点的次序进行单程观测法,以检测仪器的工作状态。基点上前后两次平均读格之差一般应不大于 0.3 格,否则应检查原因。

7.6.4.5 基点观测应记录连续三次读数均值,在测点上观测应记录两次读数均值。同时记录观测时间和仪器内温。

7.6.4.6 基、测点观测时,同一组读数中任意两个读数相差不得超过 $10 \times 10^{-8} \text{ m/s}^{-2}$ 。水泡调平要求准到 1/5 刻度,观测中允许变化 1/2 刻度。

7.6.4.7 野外观测时,重力仪平盘脚架面与高程测量放尺点的高度应尽量一致,要求高差不超过 2 cm,

在特殊情况下不能满足这一要求时,应量取高差,并进行架高改正。

7.6.4.8 高精度重力野外观测点位误差不大于 0.1 m,并记录或保存其点线号、坐标和高程、岩性、地貌和干扰情况。

7.6.5 数据处理

7.6.5.1 高精度重力资料各项校正值应精确到 $1 \times 10^{-8} \text{ m/s}^{-2}$ 。

7.6.5.2 地形改正分近区、中区和远区,即近区地改范围为 0 m~20 m,中区范围为 20 m~200 m,远区范围为 200 m 以远。可根据地形起伏和测量精度选择地改范围。

7.6.5.3 处理后的重力异常数据绘制出重力异常剖面图、平面图。

7.6.6 数据解释

高精度重力异常的解释采用专用二维或三维反演拟合软件,充分利用已知地质、钻孔和物性资料对其反演约束,并对反演成果做出地质属性和老空区分布的解释,做出相应的解释成果图。

7.7 井间 CT 法

7.7.1 适用条件

7.7.1.1 井间 CT 法可查明井间老空区的分布,多用于精确圈定巷道式老空区和古巷道分布范围,推断其积水状况。主要方法为电磁波 CT 法和弹性波 CT 法。

7.7.1.2 工作区段的两侧具有平行井孔,孔口间标高不宜相差太大。

7.7.1.3 被探测的老采区或小窑规模大小与成像单元应具有可比性。

7.7.2 工程布置

7.7.2.1 井深至少应为井间距的 1.5 倍,一般井距为 20 m~50 m,成像段要大于孔间距。

7.7.2.2 依据探测老空区的特点、井壁质量、泥浆条件、井间距离和成像精度要求等条件选择成像方法。

7.7.2.3 跨井观测方式既可采用一发一收方式,也可采用一发多收方式。一般情况下,接收和发射点距相等,即:0.5 m~5 m。在井内完成一次完整的观测后,发射井和接收观测井应互换后实施第二次测量。

7.7.2.4 对水平分辨要求较高的探测任务,应在井间的地表处补加激发点或观测点。

7.7.2.5 深度标记间隔应与深度比例尺相适应,长度相对误差不宜大于 2%。

7.7.2.6 电阻率 CT 法钻井应为静充水条件下的裸眼井。

7.7.3 试验工作

7.7.3.1 选择工作区内典型已知地段内的井孔进行方法有效性试验,对重建异常体特征进行研究,分析探测效果和精度是否达到设计要求。

7.7.3.2 采用两种或两种以上的震源或供电强度在同一井间互为对测,以便筛选最佳发射强度。

7.7.3.3 弹性波 CT 法采用不少于两种采样频率和记录长度进行试验,选择满足探测精度要求的最佳记录参数。

7.7.3.4 电磁波 CT 法采用两种以上的供电时间进行试验,选择满足观测数据信噪比要求的最佳观测参数。

7.7.3.5 开展场地噪声调查,评估观测数据的信噪比。

7.7.4 野外工作

7.7.4.1 投入观测系统的各项技术指标应满足设计要求,各观测道间一致性满足设计要求,应对井中缆

绳进行抗拉和绝缘试验,对刻度进行校对。

7.7.4.2 弹性波 CT 法应符合下列规定:

- a) 井下震源或地表震源的激发能量能保证在观测井产生足够的信号强度,各炮记录有效地震波组信号连续可追踪,具有一定的信噪比;
- b) 井下检波器采用三分量接收,每一接收点处的三个分量记录均为合格记录;
- c) 检波器串移动时,至少有一个点的重复测量;
- d) 每对井间观测要求记录内容包括:收、发井号,井位坐标及井口高程,观测起止坐标位置,炮距和接收道距,接收数据等。

7.7.4.3 电磁波 CT 法应符合下列规定:

- a) 所采用的工作频率和发射功率能使接收信号的信噪满足设计要求,重复观测信号稳定;
- b) 每对井间观测要求记录内容包括:收、发井号,井位坐标及井口高程,井间距,孔深及地层岩性,观测方式,工作频率,发射强度,收、发点距,收、发点位及接收数据等。

7.7.5 数据处理

对井间 CT 法的观测数据进行地震接收坏道剔除或视电阻率中的系统误差的消除,通过数字滤波提高观测数据的信噪比。

7.7.6 数据解释

井间 CT 法的观测数据要利用专用层析成像软件反演重建井间剖面内的物性图像,结合已知水文地质、物性和钻孔资料,在综合分析的基础上,划分井间老空区或古巷道分布,编制解释成果图,推测其充水范围。

7.8 提交成果

7.8.1 地球物理探测提交纸质归档成果

7.8.1.1 工作设计及工作布置图。

7.8.1.2 工作成果报告,实物工作量图,仪器性能检测、标定表,野外观测质量检查表,原始地球物理异常图,综合解释成果图(符合 DZ/T 0069 的规定)。

7.8.2 地球物理探测提交电子归档成果

7.8.2.1 工作设计及工作布置图。

7.8.2.2 工作成果报告,原始观测记录,野外工作 GPS 记录,实物工作量图,地球物理异常图,数据处理图,反演成果图,综合解释成果图。仪器性能检测标定表,野外观测质量检查表,物性测量成果表,编辑整理后基本数据表,反演解释成果表。

8 钻探验证

8.1 目的任务

为验证老空区地球物理探测结果的准确性,应对地球物理方法圈定的老空区和疑似老空积水区进行钻探验证。

8.2 布置原则

8.2.1 对地球物理方法圈定的老空区数量进行不低于 10% 的抽查钻探验证。

- 8.2.2 对所有的老空积水区进行钻探验证。
- 8.2.3 钻孔穿过垂向所有老空区的深度范围。
- 8.2.4 对钻探查证结果与物探解释不一致的异常区,重新进行物探解释,再次钻探验证。
- 8.2.5 针对地表条件复杂或埋藏深度较大的老空区,可采用定向钻探技术。

8.3 技术要求

8.3.1 准备工作

- 8.3.1.1 分析研究调查和物探资料,现场踏勘确定验证孔位置。
- 8.3.1.2 编制钻孔施工设计书。主要内容包括预想钻孔柱状图、钻孔结构、工程技术要求其他注意事项。
- 8.3.1.3 除要求施工定向斜孔外,设备安装应牢固、周正,确保三点在一条垂线上。
- 8.3.1.4 在确保安全施工的同时,确保煤矿生产安全。

8.3.2 终孔原则

钻孔最终深度至最下层老空区开采煤层底板以下 5 m。

8.3.3 岩芯采取率

- 8.3.3.1 完整基岩岩层大于或等于 70%,半胶结岩层大于或等于 50%,基岩构造破碎带、风化带、导水裂缝带大于或等于 30%。
- 8.3.3.2 一般松散层不做取芯要求,应进行岩屑录井,岩屑录井每 5 m 取一个岩屑样,判定岩屑位置要消除滞后时间影响。如需要取芯采取率一般为 30%~70%。
- 8.3.3.3 取芯钻进回次进尺应控制在 2 m~5 m。

8.3.4 简易水文(地质)观测

- 8.3.4.1 全孔进行简易水文(地质)观测,初步查明导水裂缝带发育程度。
- 8.3.4.2 每回次进尺前后应各观测一次孔内水位,钻进过程中每小时观测一次冲洗液消耗量。若不足一小时的回次,每回次观测一次。若消耗量突变,则加密观测,必要时观测稳定水位。
- 8.3.4.3 钻进过程中如发现掉钻、耗漏水等异常情况,应严格记录起止深度,漏失量及漏失层位等。终孔后进行终孔近似稳定水位观测,并做好记录。

8.3.5 钻孔结构

一般终孔口径不应小于 110 mm,根据孔深或探测目的可适当调整,以满足设计要求。

8.3.6 钻孔偏斜

孔斜要求深度在 100 m 内斜度不大于 1.5°,孔深每增加百米。孔斜递增不大于 1°。每孔测斜不应少于 2 次,钻孔孔斜小于 2°

8.3.7 孔深误差

钻孔施工中严格执行钻孔孔深丈量规定。每钻进 50 m~100 m,测量一次;终孔或漏水严重处丈量钻具;孔深误差不大于 1.5%,超过限差的,应查明原因并进行合理评差。

8.3.8 水文地质测井

根据需要进行水文地质测井,测井方法包括:自然电位、视电阻率、自然伽马、伽马~伽马、井下电视等。

8.3.9 采样

- 8.3.9.1 岩、土样根据工作需要进确定。
- 8.3.9.2 采集老空区积水水样。
- 8.3.9.3 水样采取、保存、送样应按现行国家相关规程规范执行。

8.3.10 地质录井

- 8.3.10.1 地质描述内容包括：岩石的岩性、结构、构造、裂隙充填情况，统计裂隙率；全孔 RQD 指标统计。具备测量地层倾角条件的岩芯，应进行倾角测量。
- 8.3.10.2 典型钻孔应保存岩芯，并拍彩色岩芯照片。所有钻孔要保存岩芯，至野外验收后再处理。
- 8.3.10.3 密切注意观察导水裂缝带判别现象，见表 6。

表 6 老空区钻探现场描述要点与“三带”识别标志

老空区垮落带判据	导水裂缝带判据	无老空区判据
a) 突然掉钻； b) 埋钻、卡钻； c) 孔口水位突然消失； d) 孔口吸风或吹风； e) 进尺特别快； f) 岩芯破碎混杂，有岩粉、煤灰等； g) 打钻时有响声； h) 可见淤泥、粉末状煤渣等； i) 见坑木、砖瓦片等； j) 有瓦斯气上涌	a) 突然严重漏水或漏水量显著增加； b) 钻孔水位明显下降； c) 岩芯有纵向裂纹或陡倾角裂缝； d) 钻孔有轻微吸风现象； e) 钻孔有瓦斯气； f) 岩芯采取率小于 75%	a) 全孔返水； b) 无耗水量或耗水量小； c) 取芯率大于 75%； d) 进尺平稳； e) 开采矿层岩芯完整，无漏水现象
注：无老空区判据满足 2 条即可。		

8.3.11 钻孔编录

- 8.3.11.1 现场记录应及时、准确，按回次进行，不得多回次合并记录，不得事后追记。
- 8.3.11.2 记录内容应规范、完整、清晰、可证实。
- 8.3.11.3 钻探班报表由专人填写和保存。

8.3.12 钻探施工

- 8.3.12.1 致密稳定地层采用清水钻进。
- 8.3.12.2 较松散及裂隙发育地层中可用泥浆钻进。若要求统计地层耗水量，宜采用清水钻进。
- 8.3.12.3 钻遇导水裂缝带和垮落带泥浆漏失严重或塌孔时，采用堵漏措施施工。

8.3.13 水样品分析

- 8.3.13.1 查明老空水水质状况，分析老空水作为污染水源的可能性或开发利用价值。
- 8.3.13.2 现场分析内容应包括：水温、颜色、浑浊度、嗅和味，电导率、Eh 值、pH 值、溶解氧、肉眼可见物。
- 8.3.13.3 简分析内容应包括： Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} 、 K^{+} 、 NH_4^{+} 、 Cl^{-} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^{-} 、 CO_3^{2-} 、 NO_2^{-} 、 NO_3^{-} 、 F^{-} 、 As^{3+} 、 As^{5+} 、硬度，溶解性总固体、游离 CO_2 等。
- 8.3.13.4 全分析除简分析内容外应增加项目包括： Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Hg^{+} 、 Al^{3+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、

Cr^{6+} 、 Cd^{2+} 、 I^- 、 Br^- 、 PO_4^{3-} 、可溶性二氧化硅、耗氧量(BOD)和高锰酸盐指数(COD)。

8.3.14 气体分析

老空区无积水时宜抽取气体样本进行气体成分检测,确定气体成分、浓度和分布特征。

8.3.15 同位素分析

采取相关同位素样品,分析老空区积水来源。

8.3.16 封孔

钻孔施工结束后,对钻孔采用水泥浆封闭,以保证矿井生产安全。漏浆不严重时,全孔封孔;漏浆严重时,在裂隙密集带以上进行封孔。

8.4 提交成果

提交成果如下:

- a) 老空区钻探验证成果报告;
- b) 验证钻孔柱状图;
- c) 钻探野外原始资料;
- d) 水化学同位素测试资料。

9 老空水评价

9.1 目的任务

9.1.1 对圈定的老空积水区进行积水量评价计算,为疏排水提供依据。

9.1.2 对老空水水质进行评价,为老空水的处置提供依据。

9.2 老空水来源

9.2.1 根据水化学、同位素测试数据,分析老空水来源及补给情况。

9.2.2 根据物探、钻探和开采矿井资料,结合矿区水文地质条件,分析老空水充水通道。

9.2.3 根据煤层地质条件,确定老空区与煤层的空间关系,分析对相邻开采煤层的危险性。

9.3 动态监测

对老空水进行动态监测,监测内容包括水位、水量、水温、水质和气体等。

9.4 积水量计算

9.4.1 老空区巷道积水量计算,可参照附录 C 进行。

9.4.2 老空区积水量计算,可参照附录 C 进行。

9.5 老空水水质评价

9.5.1 老空区水质评价污染因子应根据地下水背景值,矿物成分主要污染物,难降解、易生物蓄积、长期接触对人体和生物产生危害作用的污染物,持久性有机污染物,国家和地方要求控制的污染物,反映地下水循环特征和水质成因类型的常规因子或超标因子来确定。

9.5.2 老空区水质评价标准采用 GB/T 14848 Ⅲ类水质标准。

9.5.3 老空区水质评价方法采用单因子评价法。

9.5.4 对于评价标准为定值的水质因子,其标准指数可按式(1)计算。

$$P_i = \frac{C_i}{C_{si}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- P_i ——第 i 个水质因子的标准指数,无量纲;
- C_i ——第 i 个水质因子的监测浓度值,单位为毫克每升(mg/L);
- C_{si} ——第 i 个水质因子的标准浓度值,单位为毫克每升(mg/L)。

9.5.5 对于评价标准为区间值的水质因子(如 pH 值),其标准指数可按式(2)和式(3)计算。

$$P_{pH} = \frac{7.0 - pH}{7.0 - pH_{sd}} \quad pH \leq 7 \text{ 时} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$P_{pH} = \frac{pH - 7.0}{pH_{su} - 7.0} \quad pH > 7 \text{ 时} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- P_{pH} ——pH 的标准指数,无量纲;
- pH ——pH 监测值;
- pH_{su} ——标准中 pH 的上限值;
- pH_{sd} ——标准中 pH 的下限值。

9.6 老空水的处置

- 9.6.1 煤矿开采前应查明老空区积水情况,包括老空区积水的分布、积水量和积水水质等。
- 9.6.2 为了避免煤矿突水事故的发生,提前对老空区积水进行疏排。
- 9.6.3 劣质老空水疏排应经过处置,处置方法可采用物理处理法、化学处理法、物理化学处理法、生物化学处理法等。经过处置的水尽可能综合利用。
- 9.6.4 经过处置的水如果排放,应达到 GB 3838Ⅲ类水质标准。

9.7 气体处置

针对老空区聚积气体的类型、成分、浓度和分布特征,对其环境影响和可利用情况进行评价,提出处置和利用建议。

10 煤矿老空区普查成果报告

10.1 成果文字报告

成果文字报告主要包括工作概况、地质环境概况、老空区遥感解译、地面调查与测绘、地球物理探测、钻探验证、老空区普查综合分析等内容,成果报告提纲参见附录 D。

10.2 附图

附图包括如下图件:

- a) 实际材料图;
- b) 老空区遥感解译成果图;
- c) 综合地球物理成果图;
- d) 钻探验证钻孔柱状图;
- e) 老空区分布图(比例尺 1 : 2 000~1 : 5 000);
- f) 老空区积水分布图(比例尺 1 : 2 000~1 : 5 000);

- g) 工作区环境地质图(比例尺 1 : 2 000~1 : 5 000);
- h) 老空区纵、横剖面图。

10.3 附表

附表如下:

- a) 水质分析表;
- b) 同位素分析表;
- c) 气体分析表。

10.4 附件

附件如下:

- a) 老空区遥感解译成果报告;
- b) 老空区地球物理探测成果报告;
- c) 老空区钻探验证成果报告。

附 录 A
(资料性附录)
地球物理探测方法选择

地球物理探测方法的选择参考表 A.1 和表 A.2。

表 A.1 方法适用范围

地球物理探测方法		探测 相对误差	无水老空区			积水老空区		
			浅层	中层	深层	浅层	中层	深层
电法勘探	电测深法	±10%	○	●	○	○	●	○
	直流电剖面法	±10%	●	○	○	○	○	○
	高密度电法	±5%	●			●		
	激发极化法	±10%	○	○	○	●	●	○
	甚低频电磁法	±15%	○	○	○	○	○	○
	音频大地电磁法	±20%		○	●		○	●
	可控源音频大地电磁法	±20%		○	●		○	●
	瞬变电磁法	±15%		●	○		●	○
	探地雷达法	±2%	●			●		
	核磁共振法	±5%	○	○		●	●	
地震勘探	地震折射波法	±10%	○			○		
	地震反射波法	±5%	●	●	●	●	●	●
	微动法	15%	○	○	○	○	○	○
	面波法	±5%	○			○		
	地震映像法	±5%	●			●		
放射性 勘探	常规法测氡	±20%	○	○	○	○	○	○
	活性炭法测氡	±15%	●	●	●	●	●	●
高精度 重力勘探	重力(场)测量	±15%	●	●	○	●	●	○
	重力梯度测量	±10%	○	○	○	○	○	○
井间 CT 法	电阻率 CT 法	±10%	●	●	●	●	●	●
	弹性波 CT 法	±5%	○	○	○	○	○	○
注 1: 浅层为 50 m 以浅,中层为 50 m~200 m,深层为 200 m 以深。 注 2: ●为推荐方法,○为可选方法。								

表 A.2 方法组合条件表

采空区 类型	单一方法缺陷					推荐最佳互补组合方法		
	电法勘探	地震勘探	放射性勘探	重力勘探	井间 CT	浅部	中部	深部
无水 老空区	a) 存在电性等值效应;b) 三带异常边界不明显	a) 存在明显散射和吸收作用;b) 受地形影响;c) 成本高,且效率低;d) 不便于分析采空区充填物属性	a) 受地表采样条件限制;b) 不能判断地下采空区埋深和空间展布	a) 常强度低,要求采空区具有一定规模;b) 对地形校正要求精度高;c) 定量解释易产生多解性	a) 阻率 CT 存在电性等值效应;b) 弹性波 CT 不便分析采空区充填物的属性	探地雷达或地震映像法或高密度电阻率法与活性炭氦气吸附测量法	瞬变电磁法或地震反射波法与活性炭氦气吸附测量法	音频大地电磁法或地震反射波与活性炭氦气吸附测量法
积水 老空区	a) 存在电性等值效应;b) 存在低阻效应;c) 三带边界划分精度低	a) 存在明显散射和吸收作用;b) 受地形影响;c) 成本高,且效率低;d) 不便于分析采空区充填物属性	a) 受地表采样条件限制;b) 不能判断地下采空区埋深和空间展布	a) 异常强度低,要求采空区积水具有一定规模;b) 对地形校正要求精度高;c) 定量解释易产生多解性	a) 电阻率 CT 存在电性等值效应;b) 弹性波 CT 不便分析采空区充填物的属性	高密度电阻率法与活性炭氦气吸附测量法。	瞬变电磁法和地震反射波法与活性炭氦气吸附测量法或核磁共振法	地震反射波和音频大地电磁法或可控源音频大地电磁法与活性炭氦气吸附测量法

附录 B
(资料性附录)

煤矿老空区地球物理异常特征

老空区地球物理异常特征见表 B.1。

表 B.1 不同类型老空区地球物理异常表

采空区类型	电性异常	弹性异常	放射性异常	重力异常	井间 CT 异常
无水老空区	中高阻、弱介电、低激电,电磁低衰减,相对未采煤层呈高阻	低速、低密性,顶部呈现强反射绕弧型波组或未采煤层反射波同相轴中断,呈杂乱、显低频反射波异常特征	上方近地表富氡性,沿其边界分布明显高氡异常	较低密性,呈相对重力低异常	相对高阻、低密和低速性,呈现上边界过度分布的高阻或低速异常
积水老空区	中低阻、高介电、高激电、高核磁共振幅值性,电磁高衰减,相对未采煤层呈低阻或低频弱反射杂乱波异常	相对低速、低密性,顶部呈现强反射绕弧型波组或未采煤层反射波同相轴中断,呈弱杂乱低频、低幅反射波异常特征	上方近地表富氡性,沿其边界分布相对高氡异常	中低密性,呈弱重力低异常	相对低阻、低密和低速性,呈现上边界过度分布的低阻或低速异常

附 录 C
(资料性附录)
老空水积水量计算

C.1 老空区巷道积水量计算

老空区巷道积水量计算采用式(C.1)。

$$W_{\text{巷}} = WLK_{\text{巷}} \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

$W_{\text{巷}}$ ——与老空区连通的巷道积水量,单位为立方米(m^3)；

$K_{\text{巷}}$ ——巷道充水系数,可根据巷道的垮塌情况确定,一般情况下,煤巷取 0.5~0.8,岩巷取 0.8~1.0；

W ——积水巷道原有断面面积,单位为平方米(m^2)；

L ——积水巷道长度,单位为米(m)。

C.2 根据老空积水区的形态和规模,采用不同的公式计算老空区积水量

C.2.1 当老空积水区形状不规则,积水区走向长度和垂高不容易计算得到时,采用式(C.2)计算。

$$W_{\text{静}} = \frac{K_{\text{采}} HF}{\cos \alpha} \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

$W_{\text{静}}$ ——采空积水区静储量,单位为平方米(m^3)；

$K_{\text{采}}$ ——老空积水区充水系数；

H ——老空区积水高度,单位为米(m)；

F ——老空积水区面积,单位为平方米(m^2)；

α ——煤层倾角,单位为度($^{\circ}$)。

C.2.2 当老空积水区形状呈长方形,积水区走向长度和垂高比较容易计算得到时,采用式(C.3)计算。

$$W_{\text{静}} = \frac{K_{\text{采}} HLh}{\cos \alpha} \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

$W_{\text{静}}$ ——老空积水区静储量,单位为平方米(m^3)；

$K_{\text{采}}$ ——老空积水区充水系数；

H ——老空区积水高度,单位为米(m)；

L ——老空积水区走向长度,单位为米(m)；

h ——老空积水区垂高,单位为米(m)；

α ——煤层倾角,单位为度($^{\circ}$)。

C.2.3 当老空积水区形状为倒锥形分布时,采用式(C.4)计算。

$$W_{\text{静}} = \frac{1}{3} K_{\text{采}} SH \quad \dots\dots\dots (C.4)$$

式中：

$W_{\text{静}}$ ——老空积水区静储量,单位为平方米(m^3)；

$K_{\text{采}}$ ——老空区充水系数；
 S ——倒锥体底面积,单位为平方米(m^2)；
 H ——老空区积水高度,单位为米(m)。

C.3 老空积水区充水系数

老空区充水系数的确定,主要考虑上覆岩层的垮落及采空区的充填情况,可参照表 C.1 确定。

表 C.1 老空积水区充水系数

顶板类型	采区回采率		
	小于 30%	30%~60%	大于 60%
坚硬顶板	0.6~0.8	0.5~0.6	0.4~0.5
中等坚硬顶板	0.5~0.6	0.4~0.5	0.3~0.4
软弱顶板	0.4~0.5	0.3~0.4	0.2~0.3

附 录 D
(资料性附录)
煤矿老空区普查成果报告提纲

D.1 前言

D.2 工作概况

D.2.1 目的任务

D.2.2 工作区调查研究现状

D.2.3 工作方法、工作量及质量评述

D.3 地质环境概况

D.3.1 自然地理

D.3.2 区域地质条件

D.3.3 井田地质条件

D.3.4 井田水文地质条件

D.3.5 采掘现状

D.4 老空区遥感解译

D.4.1 遥感影像资料

D.4.2 遥感解译方法

D.4.3 解译结果

D.5 地面调查与测绘

D.5.1 地面调查工作量

D.5.2 调查与测绘方法与内容

D.5.3 地面调查成果

D.6 地球物理探测

D.6.1 物探方法类型与工作量

D.6.2 物探方法与工作内容

D.6.3 物探成果

D.7 钻探验证

D.7.1 钻探工作量

D.7.2 钻探方法与工作内容

D.7.3 钻探验证结果

D.8 老空区普查综合分析

D.8.1 老空区类型

D.8.2 老空区空间分布特征

D.8.3 老空区水质分析

D.8.4 老空区充水水源分析

D.8.5 老空区积水评价计算

D.9 结论建议

D.9.1 结论

D.9.2 建议

参 考 文 献

- [1] DZ/T 0153 物化探工程测量规范
 - [2] DZ/T 0171 大比例尺重力勘查规范
 - [3] DZ/T 0300 煤田地震勘探规范
 - [4] EJ/T 605 铀矿勘查氡及其子体测量规范
 - [5] MT/T 1091 煤矿床水文地质、工程地质及环境地质勘查评价标准
-

中华人民共和国能源
行 业 标 准
煤矿老空区普查技术规范
NB/T 10528—2021

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

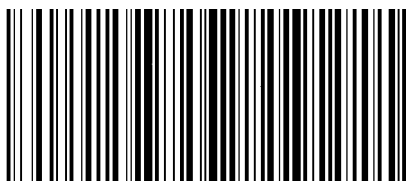
服务热线: 400-168-0010

2021年9月第一版

*

书号: 155066 · 2-36155

版权专有 侵权必究



NB/T 10528-2021



码上扫一扫 正版服务到

中国标准出版社授权北京万方数据股份有限公司在中国境内(不含港澳台地区)推广使用