

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM 076—2023

煤矿采空区积水探测技术规范

Technical specification for water detection in goaf of coal mine

2023 - 11 - 29 发布

2023 - 11 - 29 实施

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 总则.....	2
5 探测技术.....	2
6 积水量评估.....	4
7 探测结果评价.....	5
8 探测报告.....	6
附录 A（资料性） 煤矿采空区积水探测报告编写提纲.....	7
参考文献.....	8

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。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：陕西陕煤曹家滩矿业有限公司、中国矿业大学、陕西煤业股份有限公司、六盘水师范学院、西安荣岩地质勘探有限公司、西安捷达测控有限公司。

本文件主要起草人：李涛、王锐、高颖、李增林、范立民、左成芳、华照来、孙魁、王路、孙强、蒋泽泉、丁维波、梁玉森、刘静、李博、马腾飞、刘建刚、秦天天、第五少波。

本文件为首次发布。

煤矿采空区积水探测技术规范

1 范围

本文件规定了煤矿采空区积水探测总则、探测技术、积水量评估、探测结果评价与探测报告等。本文件适用于在建和生产煤矿采空区积水探测。

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 12719 矿区水文地质工程地质勘探规范
 GB/T 14157 水文地质术语
 GB/T 37807 露天煤矿井采采空区勘查技术规范
 GB/T 40130 煤矿专门水文地质勘查规范
 DB61/T 1247 煤矿地下水监测规范
 DZ/T 0148 水文水井地质钻探规程
 DZ/T 0315 煤炭行业绿色矿山建设规范
 MT/T632 井下探放水技术规范
 MT/T 865 导水裂缝带高度的钻孔冲洗液漏失量观测方法
 NB/T 10173 煤矿井下定向钻进技术规程
 T/CECS 55 地下水原位测试规程
 T/GRM 054 保水采煤技术规范
 T/GRM 055 煤矿隐蔽致灾因素普查技术规范
 T/SXDZ 030 煤矿井下探放水作业规程
 T/SXDZ 019 采空区积水积气调查报告编制细则
 应急管理部令（2022）第8号 煤矿安全规程
 煤安监调查（2018）14号 煤矿防治水细则
 安监总煤调（2013）135号 煤矿地质工作规定

3 术语和定义

GB/T 14157和GB/T 14498界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

采空区 Goaf

地下煤炭资源通过某种方式开采后留下的空间及其围岩失稳而产生位移、开裂、破碎和垮落的整个地下区域空间。

3.2

采空区积水 Ponding in goaf

采空区、老窑和已经报废井巷中的积水。

3.3

探测技术 Detection technology

针对采空区、老窑和已经报废井巷中的积水范围、积水水位、水力联系等积水特征，而采取钻探、物探、水文试验、化探、巷探的探测方法。

3.4

采空区积水复杂程度 Complexity of ponding in goaf

根据探测揭露的采空区地质、水文、采矿条件，对采空区积水的探测结果完整性、采矿地质条件复杂性、防治水难易性等的综合评价。

3.5

采空区积水量 Water accumulation in goaf

采空区中静态储水量和动态补给量。

3.6

积水线 Waterline

经调查确定的积水边界线。

3.7

探水线 Water exploration line

积水线外推一定距离开始探放水的边界线。

3.8

警戒线 Warning line

探水线外推一定距离开始对潜在水患加强水情观测、警惕积水威胁的起始线。

4 总则

4.1 水害防治

水害防治应坚持“预测预报，有疑必探，先探后掘，先治后采”的煤矿水害防治原则。未查明采空区积水时，不得进行采掘活动。

4.2 综合探测

采空区积水探测应采取“物探先行，钻探验证”的原则，两种方法应相互验证，查明采空区积水条件。

4.3 成果评价

基于采空区探测成果，对采空区积水量合理估算，对采空区积水探测成果科学评价，采取有效探放措施。

4.4 循环利用

按采空区积水水文要素，加强积水循环利用，达到节能减排目的。

5 探测技术

5.1 地质调查

5.1.1 地质调查可适用于采空区积水地表及大气降水补给和采空区涌水点的调查。

5.1.2 采空区积水补给、径流、排泄调查可采用全球定位系统（GPS）、RTK、无人机、摄像机、照相机等设备仪器，通过地面走访、踏勘、井下测量等方法确定，应按 GB/T 37807 执行。

5.2 物探

采空区积水宜采用地面和井下物探技术实施勘探。物探技术可包括地震探测技术、地质雷达探测技术、无线电坑道透视法探测技术、瞬变电磁法探测技术、高密度电法探测技术和直流电法超前探测技术

等。地震探测技术、地质雷达探测技术和无线电坑道透视法探测技术适用于采空区积水范围探测，瞬变电磁法探测技术、高密度电法探测技术和直流电法超前探测适用于采空区积水含水性探测。

5.2.1 地震探测

地震探测应按从震源到接收点之间介质物性变化反映的波传播速度、类型等，并通过测定方法评价岩层在平面或垂向上的连续关系确定。

5.2.2 地震雷达探测

地质雷达探测应从地面向地下发射高频电磁波脉冲，通过接收不同介质发射分析地下结构确定。

5.2.3 瞬变电磁法探测

瞬变电磁法探测应利用不接地回线或接地线元向地下发射一次脉冲磁场，在一次脉冲磁场间歇期间利用线圈或接地电极观测地下介质中引起的二次感应涡流场，探测介质电阻率确定。

5.2.4 高密度电法探测

高密度电法探测应以岩土导电性的差异为基础，分析人工施加稳定电流场的作用下地下传导电流分布规律确定。

5.3 钻探

钻探应利用井上下钻探设备，通过钻探技术实施。钻探技术可包括地面钻探技术、井下超前探技术和定向钻探技术。

5.3.1 地面钻探

地面钻探时，应采用大型车载钻机或井架作为提升系统，通过地面钻探对老空区探测，可适用于浅部采空区和井下高承压条件下的探测。

5.3.2 井下超前探

井下超前探应采用井下钻机，于井下巷道探水线以外实施，应布置扇形或半扇形钻孔组，对采空区积水探测。

5.3.3 定向钻探

定向钻探应利用自然造斜规律，采取人工造斜手段，或两者并用，使钻孔按预定轨迹延伸，对采空区积水探测。

5.4 水文试验

复杂水文地质条件下煤矿采空区积水探测时，应利用水文试验设备和材料，采用原位测试技术，对采空区积水勘探。水文试验可包括简易水文观测、抽水试验、放水试验和示踪试验。

5.4.1 简易水文观测

简易水文观测应按GB/T 40130、GB 12719、DZ/T 0148和MT/T 865执行，应观测钻孔涌水量、地下水水位、水压、钻孔漏失量等采空区积水的水文信息。

5.4.2 抽水试验

抽水试验应通过地面钻孔抽水，定量评价采空区富水性，测定水文地质参数，判断水文地质条件。应按GB 12719执行。

5.4.3 放水试验

放水试验应在井下打孔，揭露采空区，利用采空区中的静水压力，地下水自动涌入矿井，引起采空区水位下降，获取相应水文地质参数。

5.4.4 示踪试验

示踪试验应测试采空区之间或与含水层、地表水的连通性，按T/CECS 55执行。

5.5 化探试验

化探试验应对采空区积水的水样取样测试，采空区探放过程中存在水文条件显著变化时，应对采空区积水化学特征连续测定。

5.6 巷探

采用钻探、物探或地质调查分析方法难以确定采空区积水地质情况或经济不合理时，可采用巷探方法。巷探施工中应做好施工安全工作。

6 积水量评估

6.1 评估方法

6.1.1 经验法

经验法采空区积水量可按公式（1）计算：

$$Q = Q_1 + Q_2 = K_1 \times W \times L + \frac{K_2 \times M \times F}{\cos \alpha} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

Q —采空区积水总量， m^3 ；

Q_1 —采空区巷道积水量， m^3 ；

Q_2 —采空区内积水量， m^3 ；

K_1 —采空区巷道积水系数，无量纲，煤巷取 0.5~0.8，岩巷取 0.8~1.0；

K_2 —采空区内积水系数，无量纲，取 0.25~0.5；

W —积水巷道原有断面， m^2 ；

L —不同断面的巷道长度， m ；

M —采空区的平均采高或煤厚， m ；

F —采空积水区的水平投影面积， m^2 ；

α —煤层倾角， $^\circ$ 。

6.1.2 比拟法

依据相似采矿地质条件的采空区积水量，预测新的采空区积水量，可按公式（2）计算：

$$Q = Q_3 \times \frac{M \times F}{M_3 \times F_3} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

Q_3 —比拟的采空区积水量， m^3 ，通过实测获得；

M_3 —比拟的采空区的平均采高或煤厚， m ，通过实测获得；

F_3 —比拟的采空积水区的水平投影面积， m^2 。

6.1.3 块段法

采用块段法时，可将采空区划分成若干个块段，每个块段分别测量积水面积、煤层倾角、煤层开采高度，按经验估算法计算每个块段积水量，然后求和获得总的采空区积水量。

6.1.4 理论法

依据采空区积水的水文参数和采矿参数，可按公式（3）计算：

$$Q = \mu \times V \dots \dots \dots (3)$$

式中：

μ —采空区释水系数，可通过水文试验获得；

V —采空区储水的体积， m^3 ，根据采空区形态、积水高度、积水面积等参数计算获得， m^3 。

6.2 适用条件

- a) 积水量评估宜采用经验估算法；
- b) 积水面积、煤层倾角、煤层开采高度等变化较大时，可采用块段法估算；
- c) 采矿地质条件不清楚时，可先采用比拟法估算，然后再通过试放水修正；
- d) 有可靠水文试验结果时，可适用理论估算法；
- e) 多种算法差距较大时，宜采用较大的估算结果；
- f) 有采空区动态补给量时，应估算动态水量。

6.3 积水面积计算方法

采空区为规则的矩形时，积水面积可采用矩形几何计算方法获得；为非规则的形体时，可将积水范围绘制成图，采用GIS、CAD软件等面积测量功能计算。

7 探测结果评价

7.1 积水复杂程度分级

采空区积水复杂程度分级应在资料收集分析、物探、钻探、水文试验、化探及巷探等探测的基础上确定。采空区积水复杂程度分级可按表1确定。采空区积水复杂程度划分应按影响因素，采取就高不就低原则确定。

表1 采空区积水复杂程度分级

积水复杂程度	地质条件	采矿条件	积水范围	积水水位	动态补给条件
积水复杂 (III)	地质条件复杂	采矿条件复杂	不清楚或面积大于 10 万 m ²	不清楚	不清楚
积水中等 (II)	地质条件中等	采矿条件中等	清楚，形状不规则，积水面积 1~10 万 m ²	清楚，水位差大	清楚，正常补给量大于 60m ³ /h
积水简单 (I)	地质条件简单	采矿条件简单	清楚，形状规则，积水面积小于 1 万 m ²	清楚，水位差小	清楚，正常补给量不大于 60m ³ /h

7.2 地质条件分级

采空区地质条件复杂程度划分标准应根据构造地质条件、水文地质条件、瓦斯地质条件、顶底板条件、倾角、其他特殊地质因素确定，可按表2确定，应采取就高不就低原则划分。

表2 采空区地质条件复杂程度分级

地质条件复杂程度	构造地质条件	水文地质条件	瓦斯地质条件	顶底板条件	倾角	其他特殊地质条件
复杂 (III)	复杂	复杂	煤层瓦斯含量不小于 8 m ³ /t	破碎	25°以上	有陷落柱、天窗等
中等 (II)	中等	中等	煤层瓦斯含量不小于 4m ³ /t，且小于 8 m ³ /t	局部破碎	8°~25°	有陷落柱、天窗、等，但不充水
简单 (I)	简单	简单	煤层瓦斯含量小于 4m ³ /t	完整	8°以下	无陷落柱、天窗、油气井等

7.3 采矿条件分级

采空区采矿条件复杂程度划分标准应根据采矿资料完整性、煤层稳定性、煤层采掘复杂程度、采空区积水时间等因素确定，可按表3确定，采空区采矿条件复杂程度，应采取就高不就低原则划分。

表3 采空区采矿条件复杂程度分级

采矿条件复杂程度	采矿资料完整性	煤层稳定性	煤层采掘复杂程度	积水时间
复杂 (III)	缺失	极不稳定	切眼、巷道、煤柱数量大、不规整，采矿方法粗犷，采空区冒落物不清楚	大于 5 年
中等 (II)	关键参数未缺失	较稳定~不稳定	有一定切眼、巷道、煤柱，较为规整，采矿方法较为先进，采空区冒落物基本清楚	3~5 年
简单 (I)	完整	稳定	有少量切眼、巷道、煤柱数量大，规整，采矿方法先进，采空区冒落物清楚	小于 3 年

7.4 积水范围分级

采空积水范围应通过物探、钻探等技术探测分析后确定。积水范围清楚，积水面积小于1万m²，且积水形状为矩形等规则形体时，采空区积水范围复杂程度可划分为简单；积水范围清楚，积水面积1~10万m²，积水形状为不规则时，采空区积水范围复杂程度可划分为中等；积水范围不清楚或积水面积大于10万m²时，采空区积水范围复杂程度可划分为复杂。

7.5 积水水位变异性分级

采空积水水位通过物探、钻探等技术探测分析后，积水水位不清楚的可划分为复杂程度，积水水位清楚，但水位变异系数不大于 50%可划分为简单，水位变异系数大于 50%可划分为复杂，其中水位变异系数计算公式如公式（4）。

$$\gamma = \frac{S}{\bar{h}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

γ —采空区水位变异系数，%；

S —多个点采空区水位测定的方差，m；

\bar{h} —多个点采空区水位测定的水位平均值，m。

7.6 动态补给条件分级

采空区动态补给可通过化探、水文试验及理论计算获得，未采用探测技术且计算参数不清楚、不准确的可划分为复杂类型。采空区动态补给量清楚，且大于60 m³/h可划分为中等类型，小于60 m³/h可划分为简单类型。

7.7 应对措施

7.7.1 复杂类型

复杂类型的应根据采矿地质条件，按“预测预报，有疑必探，先探后掘，先治后采”要求，由专业队伍设计并实施补充勘探、防治水措施后，开展进一步采掘确定。

7.7.2 中等类型

中等类型的应在《煤矿防治水细则》要求的基础上，按地质、采矿复杂点、突水点、水位异常点等采取加强探放水措施确定。

7.7.3 简单类型

简单类型的应按《煤矿防治水细则》执行。

8 探测报告

8.1 采空区积水线、探水线和警戒线应在采空区积水探测工程结束后，经专业人员现场综合验收、现场验证、施工单位提交工程总结、地测部门评价探测效果、在查明采空区积水情况后确定。

8.2 采空区积水探测工程报告，可参照附录 A 编制。

附录 A
(资料性)
煤矿采空区积水探测报告编写提纲

A.1 文字说明书

A.1.1 前言

A.1.2 矿井概况

A.1.3 地质条件

应包括水文地质条件、瓦斯地质条件、构造地质条件、开拓方式和支护方式等。

A.1.4 探测情况

应包括探测范围、探测的方法、探测实施过程、探测结果等。

A.1.5 采空区积水探测结果评价

应包括采空区积水量计算、采空区积水探测结果评价等。

A.1.6 探放水及防治水建议

可包括分析采空区积水对采掘工作的影响，基于采空区积水复杂程度，给出探放水和防治水建议。

A.1.7 结论

应包括采空区积水特征总结。

A.2 附图内容

附图可包括下列内容：

- a) 矿井充水性图；
- b) 采空区积水平面图。

A.3 附表内容

附表可包括下列内容：

- a) 采空区调查记录表；
- b) 采空区探测原始记录表；
- c) 采空区积水量统计表。

参 考 文 献

- [1] DB34/T 4441-2023. 煤矿防治水体系建设.
- [2] 彭苏萍, 王金安. 承压水体上安全采煤[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2001.
- [3] 武强 主编. 煤矿防治水手册[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2013.
- [4] 武强, 董书宁, 张志龙. 矿井水害防治[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2007.
- [5] 范立民. 煤矿隐蔽致灾因素与探查[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2014.
- [6] 孟召平, 高延法, 卢爱红. 矿井突水危险性评价理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [7] 魏久传. 矿井地质手册: 水文·工程·环境卷[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2016.
- [8] 申宝宏、郑行周、弯效杰. 煤矿隐蔽致灾因素普查技术指南[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2015.
- [9] 葛亮涛, 高洪烈, 叶贵钧. 中国煤田水文地质学[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2001.
- [10] 解海军. 煤矿积水采空区瞬变电磁法探测技术研究[D]. 中国地质大学(北京), 2009.
- [11] 国家安全生产监督管理总局. 建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范[S]. 2017.
- [12] 国家安全生产监督管理总局. 煤矿安全规程[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2016.
- [13] 国家煤矿安全监察局. 煤矿防治水细则[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2018.
- [14] 中国地质调查局. 水文地质手册[M]. 北京: 地质出版社, 2013.
-