

# 团 体 标 准

TXXX XXX—XXXX

## 废弃矿井调查评价规范

Survey and evaluation specification of abandoned mines

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

XXXX 发布

# 目次

前言 .....	1
引言 .....	2
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	3
4 总则 .....	4
5 工作程序 .....	5
6 工作内容及技术要求 .....	5
7 废弃矿井环境风险评估 .....	9
8 图件编制 .....	15
9 成果报告编写 .....	16
参考文献 .....	21

## 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。

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专利的责任。

本文件由河南省地质灾害防治和生态保护修复协会提出并归口。

本文件起草单位：河南省地质研究院、河南省地质科学研究所、郑州市生态环境局、郑州市生态环境监测和安全中心、河南工程学院、河南省地下水污染防治与修复重点实验室、中国地质调查局金属矿山生态环境评价与修复技术创新中心。

本文件主要起草人：谢朝永、郭林、逯祯、何凯、张晨、何欣琳、郭晓静、杨艳霞、任建德、樊德军、刘沙沙、苏建仓、李瑞杨、王小娟、孙学静、余冰、刘润胜、李根灿、郑文科、严海麒、郑红星、黄亚、蔡春楠、郭强。

## 引言

目前国家尚无现行有关废弃煤矿井调查评价的标准可供执行。

为规范废弃矿井调查评价工作，满足封井回填工程设计精度需求，依托《新密市双洎河流域超化段废弃矿山井调查评估与封井回填工程》中央地下水污染防治试点项目成果，借鉴《焦作市废弃矿井封井回填项目》、《淮河源（桐柏县）废弃矿井封井回填工程》成果经验，形成了该《废弃矿井调查评价技术规范》（以下简称本文件）。

# 废弃矿井调查评价技术规范

## 1 范围

本文件主要适用于闭坑或因资源整合、企业破产、无证滥采而关停的煤炭、金属、化工、稀土等矿种废弃矿井的调查评价。也可供废弃钻井、废弃水源井调查评价参考。

本文件规定了废弃矿井调查评价的总则、工作程序、工作内容及技术要求、废弃矿井环境风险评估、图件编制、成果报告编写等要求。

## 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 50026-2007工程测量规范  
GB 15218-1994地下水资源分类分级标准  
GB/T 14175-1993水文地质术语  
GB/T 14848-2017地下水质量标准  
GB 5084-2005农田灌溉水质标准  
GB 5049-2006生活饮用水卫生标准  
GB 3838-2002地表水环境质量标准  
GB 5085.3-2007危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别  
DZ/T 0190-1997区域环境地质勘查遥感技术规程  
DZ/T 0153-2014物化探工程测量规范  
DZ/T 0072-1993电阻率测深法技术规程  
DZ/T 0073-2016电阻率剖面法技术规程  
DZ/T 0070-2016时间域激发极化法技术规程  
DZ/T 0148-2014水文水井地质钻探规程  
DZ/T 0181-1997水文测井工作规范  
DZ/T 0133-1994地下水动态监测规程  
DD 2019-03水文地质调查技术要求  
DD 2008-01地下水污染地质调查评价规范  
DD 2019-2007环境地质调查技术要求  
HJ 610-2016环境影响评价技术导则 地下水环境  
SL 183-2005地下水监测规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 废弃矿井

因矿产资源枯竭或因资源整合、企业破产、无证乱采等原因而永久关闭遗留下来的矿井，包括废弃竖井、斜井、平硐等，具有集中分布的特点。

### 3.2 废弃井

为废弃矿井、废弃水源井、废弃钻井、废弃地热井、废弃水文监测井等的广义称谓，其揭穿多层含水层，

具有引发串层污染的共性。

### 3.3 环境风险评估

利用影响因子评估环境污染事件发生概率，以及在不同概率下事件后果的严重程度。

### 3.4 矿井型污染源

废弃矿井产生的污染物，通过串层、渗透等方式污染地下含水层，这类污染源为矿井型污染源。主要指：

- a) 废弃矿井水-岩作用产生的污染物；
- b) 废弃矿井遗留在井下废弃巷道、工作面的人为排泄物和生活垃圾等污染物；
- c) 残留的油类及其降解产物。

### 3.5 地表型污染源

当地表污染物有可能经过废弃矿井回灌井下引起地下含水层污染，这类污染源为地表型污染源。主要指地表堆积的固体废弃物。

### 3.6 有利度

指废弃矿井调查评价有利指标占比，其所占比例大，则环境风险级别低，反之，则环境风险级别高。

### 3.7 水位差

指矿坑停止排水使水位上升，或由于生活生产需要加大了地下水开采，形成了地下水位下降或地下水降落漏斗，二者之间的水位差形成老空水串层污染主含水层。

## 4 总则

### 4.1 目的

通过对废弃矿井的系统调查评价，查明现有废弃矿井种类、现状、分布范围，以及环境影响规模和程度。具体包括废弃矿井围岩岩性、井管（筒）支撑情况和材料、井管（筒）破损情况、井管（筒）规格及深度、垃圾充填情况、地下水埋深、水质、矿井周边环境、构筑物、管线、道路、土地规划、周边污染源和敏感受体等。依据调查成果和收集的前人资料对废弃矿井进行环境风险评估，为施工设计提供依据，为管理部门地下水污染防治规划提供依据。

### 4.2 任务

采取遥感信息提取、地面调查、物探勘测、分析测试等技术手段，对存在废弃矿井环境地质问题的区域开展调查评价，引起地下水污染的矿山为调查重点区，全面评估废弃矿井环境风险，并提出治理建议。

### 4.3 基本要求

调查分为初步调查和重点区调查。

#### a) 初步调查

在废弃矿井集中分布的区（县、市），通过遥感信息提取、地面踏勘、地下水污染调查等技术手段，全面对废弃矿井集中分布范围、矿井密度、开采矿种、污染羽范围等开展调查，并从中筛选出重点调查区。

#### b) 重点区调查

重点区调查是在初步调查基础上筛查出的废弃矿井污染分布区，重点开展水文地质调查、废弃矿井调查、“双源”调查、地下水污染调查，通过无人机航测、物探勘测、环境同位素、示踪试验、抽水试验等技术手段，查明水文地质条件和参数，查明废弃矿井地质结构、属性和参数，重点查明含水层的疏干程度、地下水下降、泉水流量变化情况，污染特征因子、影响范围和污染迁移途径、变化趋势等。

参照附录C填制一井一表，内容包括废弃矿井编号、废弃矿井位置、开采矿种、井口坐标、所属企业名称、企业性质、法定代表人、建井时间、关闭原因、责任人是否存在、废弃时间、废弃矿井结构、附属物、存在的和环境问题、危害程度评价、威胁对象、有无安全处置措施、已治理内容、拟治理内容、土地占用、废弃废渣堆存量、废弃矿井相对位置示意图等。并对有无沟通地下水与地表水情况，对有无回填工业、生活废物导致地下水污染情况进行备注说明。

## 5 工作程序

### 5.1 选区立项

选择环境地质问题突出的闭坑或关停矿山进行立项。一般选取废弃矿井环境问题突出的县（市）域为调查单元，环境问题突出的废弃矿山重点调查对象。

### 5.2 设计编写

制定经济可行的工作设计方案。设计编写要充分收集资料，参照附录A提纲编写。

### 5.3 调查与综合研究

包括收集和研前人资料、遥感信息提取解译、无人机航测、水文地质调查、废弃矿井调查、“双源”调查、地下水污染调查、环境同位素、物探勘测、井下电视勘测、示踪试验、抽水试验、水文测井等。通过选取合适的技术手段组合，获取能够满足废弃矿井污染防治的数据需求。

### 5.4 废弃矿井环境风险评估

选取影响因子，通过识别污染源、污染通道和敏感受体等，划分废弃矿井环境风险等级，为废弃矿井分级防治提供依据。

### 5.5 提交成果报告

在调查与综合研究的基础上形成废弃矿井调查评价报告。成果报告编写参照附录B提纲。

## 6 工作内容及技术要求

### 6.1 资料收集

- a) 收集废弃矿井分布县（区、市）地形地貌、气候条件、区位条件、居民状况、交通及经济概况，工程建设等专项规划；
- b) 各区域地质环境条件资料：区域地质、矿产地质、水文地质、工程地质、环境地质等；
- c) 废弃矿山开采历史资料、开采方式、井巷分布和相关安全事故、地质灾害等资料；
- d) 矿山地质环境恢复治理资料；
- e) 以往环境地质、矿山地质环境调查研究成果资料；
- f) 有关地形底图，1:50000地形图要包括全区，1:10000地形图仅包括划定的废弃矿井重点调查区。

### 6.2 遥感调查

基于高光谱分析等遥感调查手段对废弃矿井及周边指示性污染物地表分布与迁移示踪。调查废弃矿井分布范围、密度，污染羽分布、规模，水文地质、环境地质现状等。解译构造、岩性、地表水系、废弃矿井、矿山开采和沉降区、工业场地、垃圾填埋场、加油站等方面的信息。采用彩色红外片、紫外或红外扫描航空遥感片和卫星遥感图像，主要用于识别点、线、面污染源。其它技术要求参照《区域环境地质勘查遥感技术规程》(DZ/T0190)。

### 6.3 无人机航测

无人机航测灵活机动、快速高效、作业成本低、影像的几何精度提高、可解译性增强等特点。据此进行空间距离、废渣堆体积的测量，或者进行斜面等不规则堆体面积的模拟测量，为工程建设规划和生产作业等提供精确参考数值。其它技术要求参照《地形图航空摄影测量外业规范》(GB7931-2008)。

### 6.4 水文地质调查

观测路线布置应以控制水文地质条件、重要地质、地貌界线和水点为重点的路线穿越法与界线追索法相结合布置观测路线。

主要调查地形地貌，各地质单元岩石组成及地质构造，不同岩层的透水性，含水层的富水性；地下水开采量、开采方式；地表水体，河流流量和水质，地表水与地下水的补排关系；地下水的径流带分布及演化特征；泉的类型、成因、补给条件、泉域范围、流量、水质、水温及动态特征；基岩区溶洞、落水洞、大裂隙发育情况；划分水文地质单元等。其它技术要求参照《水文地质调查技术要求(1:50000)》(DD2019-03)。

### 6.5 废弃矿井调查

对废弃矿井进行编号，命名、开采矿种、废弃矿井地址、井口坐标、所属企业名称、企业性质、法定代表人、联系电话、关闭原因价、建井时间、废弃时间、责任人是否存在，废弃矿井属性、形状、井壁结构、直径、深度、走向、倾角、稳定性，附属物名称、类型、结构、稳定性；废弃矿井存在的主要安全、环境问题，威胁到的对象，有无安全处置措施，危害程度评价，是否具有保护价值；井周废渣堆存量，井内充填的材料及体积；已治理主要内容、拟治理主要内容；占用土地性质、土地占用面积，土地废弃面积。附废弃矿井相对位置示意图。

废弃矿井参照附录C格式填写调查内容。

### 6.6 水源井调查

井口坐标、成井时间、井深、井口井管内径、井壁管材料、取水层位、地下水埋深、地下水的类型、用途、供水人口、水质状况、管理单位等。建立一井一档表格。其它技术要求参照《地下水监测规范》(SL183-2005)。

### 6.7 污染源调查

调查污染源的类型、空间分布、污染情况。包括工业污染源、加油站、农业污染源、矿山开采区、危险废物处置场、垃圾填埋场、高尔夫球场、地表污染水体等。其它技术要求参照《地下水监测规范》(SL183-2005)。

### 6.8 水污染监测

查明废弃矿井矿硐水和水源地地下水基础环境现状及水力联系。识别地下污染物，测定污染物的浓度，查明污染物在地下水系统中的运移路径，查明主径流向及控制污染物运移的因素，定量描述控制地下水流动和污染物运移的水文地质参数。

#### a) 地下水污染监测

地下水污染测试项目根据地下水区域背景确定，遵循应测尽测的原则，地下水污染测试在每年平水

期进行。重点区地下水污染监测项目，除应包括地下水污染调查确定的污染指标外，还应根据情况对可能污染的指标进行监测。重点区地下水污染监测一般每年丰、枯水期各一次。

其他监测要求参照GB 15218-1994地下水资源分类分级标准、GB/T 14848-2017地下水质量标准、GB 5084-2005农田灌溉水质标准、GB 5049-2006生活饮用水卫生标准、GB 3838-2002地表水环境质量标准、GB 5085.3-2007危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别。

#### b) 样品采集

样品采集预先制定采样计划，编制采样细则。

一般情况下，初步调查采样点的布设应综合考虑区域水文地质条件，根据遥感调查情况、废弃矿井分布情况、“双源”分布情况等，选择能反映调查区地下水质量和污染总体状况的代表性水点布设。重点调查区采样点的布设应结合污染源分布特点，有针对性地调查污染状况，一般保持完全控制每个污染羽上中下游。在项目执行周期内，应在采样点中选择监测点对主要开采区（层）、地下水污染区开展地下水污染监测。

#### c) 采样记录

现场现场填写采样记录表和采样标签。

样品编码规则：区域取样为县（区、市）首字母大写+采样小组号（一位自然数）+3位样品顺序号组成。例如：郑州市第二小组第99号样的编号为：Z2099。重点调查区取样为重点区首字母大写+采样小组号（一位自然数）+3位样品顺序号组成。例如：郑州市西流湖重点区第二小组第99号样的编号为X2099。

采样记录应包含样品编号、采样时间、采样地点及地理坐标、水源类型、环境描述、现场检测参数及结果（例如水温、气温、电导率等）及天气情况、检测项目、保护剂类型及添加量、采样深度，取水层段位置等内容。

采样瓶标签应填写样品编号、采样时间、采样地点等。

其它采样技术要求参照《地下水样品采集技术指南》（试行）（2015）。

### 6.9 地下水位动态监测

目的是通过地下水动态监测，了解矿山开采对水位的影响，以及矿山停采水位变化；监测水位年度波动，径流水力联系等。水位埋深每月监测3次。水污染监测枯水期、丰水期各1次。

地下水水位调查精度应符合下列要求：

a) 地下水水位统调数值以m为单位，精确到小数点后第二位。

b) 水位调查时应测量两次，间隔时间不应少于1分钟，取两次水位的平均值，两次测量允许偏差为 $\pm 0.02m$ 。当两次测量的偏差超过 $\pm 0.02m$ 时，应重复测量。

c) 每次测量结果应当场核查，发现反常及时补测，保证统调资料真实、准确、完整、可靠。测量时填制水位统调原始记录表。

d) 钢卷尺、测绳、导线等测具的精度必须符合国家计量检定规程允许的误差规定，每出野外前检定一次。测具应准确、耐用，并定期检定。不合格者，应及时校正或更换，否则不得使用。

e) 水位监测的同时，实地现场检测水温、PH值、味、色、气温、浊度、嗅、透明度、DO、EC、Eh等指标。发现突出异常及时取样送实验室检测。

### 6.10 环境同位素监测

氢、氧稳定同位素分析地下水形成过程， $3H$ 、 $14C$ 、CFC测定地下水年龄，O、C、S、N等稳定同位素识别污染源，并研究污染物迁移转化过程，分析地下水和地表水之间的水力联系等。其它技术要求参照《地下水污染地质调查评价规范》（DD2008-01）。

### 6.11 水文测井

为取得废弃矿井有关参数，评价水文地质条件。各种方法使用见下表。

测井方法	解决的问题
电阻率法	测定不同岩层的特性和厚度，识别多孔沉积状况，说明水质和可能受到的污染。区别粘土/页岩、砂/砂岩的岩性以及淡水和咸水。追踪水的运移，污染质的扩散、稀释和迁移等。
自然电位（SP）	确定地下水流向。
天然伽玛测井	定性分析岩层间的相关关系和透水性，评估岩石类型。
流量测井	测定井中水来源和流动状况（特别是裂隙水和强透水带），井管渗漏等。
温度测井	确定污染含水层位置。
井下电视	确定洞穴、节理位置，划分岩层。

其它技术要求参照《地下水污染地质调查评价规范》（DD2008-01）。

## 6.12 示踪试验

示踪试验主要用于查明地下水的流速、流向、补给来源、地下分水岭位置、地下水与地表水相互转换关系等。根据实际情况，采用Cl<sup>-</sup>、Br<sup>-</sup>、I<sup>-</sup>等离子化合物，荧光素、甲基盐、苯胺盐等有机染料、磷氯化物及微量元素等用于示踪试验。其它技术要求参照《地下水污染地质调查评价规范》（DD2008-01）。

## 6.13 抽水试验

查明其它手段难以查明的水文地质条件，如各含水层间以及与地表水之间的水力联系、边界性质及边界位置、地下水补给通道、强径流带位置等；含水层及越流层水文地质参数；水位下降漏斗形状、大小及其随时间的增长速度等。其它技术要求参照《水文水井地质钻探规程》（DZ/T 0148-2014）。

## 6.14 井下电视成像探测

井下电视探测目的是准确勘测井壁破损、含水层位确定、洞穴位置、划分岩层等，为分析井下各种地质情况提供可靠依据。

## 6.15 物探勘测

资料和地面调查难以判断的问题的重点调查区可布设地面物探勘测勘探。

- a) 探地雷达(GPR)-地质构造、地下岩溶、采空区探测。
- b) 磁法(EM)-可以划分不同岩层分布范围，查明各种构造。
- c) 电法(ER)-应用于地下水污染、地面沉陷、放射性污染等问题的调查。
- d) 地震折射(SR)-折射界面的深度及其性质。
- e) 可控源音频电磁法(CSAMT)-适用于勘查深度大、附近人文干扰大等情况。

其它技术要求参照DZ/T 0153-2014物化探工程测量规范、DZ/T 0072-1993电阻率测深法技术规程、DZ/T 0073-2016电阻率剖面法技术规程等相关物探规范。

## 6.16 水文地质钻探

配合物探勘测进行采空区、导水通道等的验证。钻孔设置尽量一孔多用，如水样、岩(土)样采取、试验等，项目结束后应留作监测孔。

其它技术要求参照《水文水井地质钻探规程》（DZ/T 0148-2014）相关规范。

## 6.17 工程测量

- a) 定点测量

水文地质调查定点测量采用手持GPS定位测量，统一采用西安1980坐标系，平面测量误差小于10m。为保证测量精度，每个工作区野外工作之前，均应选择三个已知控制点进行精度纠正。

#### b) 废弃矿井调查定点测量

废弃矿井点采用CORS系统，可以大大提高测绘精度、速度与效率，降低测绘劳动强度和成本。

废弃矿井中心点坐标测量可采用通过中心点的十字交叉外延线测得，也可采用通过中心点向某方向的直线外延线测得。

其它技术要求参照《工程测量规范》（GB50026-2007）。

## 7 废弃矿井环境风险评估

### 7.1 污染评价

#### a) 污染因子

选择分布范围广及对人体健康或影响地下水利用功能的污染物作为评价因子。通常选取铁离子，硫酸盐、氮的化合物( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ )、氰化物、重金属(Pb, Cr, Cd, Hg, As)及有机污染物，特别是人工合成的化合物(农药、酚类、氯代烃、苯系物等)，感官性指标也是影响地下水利用功能的典型污染因子(水温、浑浊度、颜色、嗅和味)。

#### b) 污染评价标准

根据已取得的研究区内样品的测试结果，将区域内样品污染物测试值最低的区域作为无污染区，通常选取无污染区采样法确定该区域的环境背景值。

#### c) 污染评判

综合评价地下水无机和有机污染，筛分出地下水污染特征因子、污染程度等。

### 7.2 环境风险评估评价指标体系

废弃矿井环境风险评估评价指标体系见图1。

本文件废弃矿井环境风险评估评价指标体系包含四个方面，分别为污染源风险指标、污染通道风险指标、污染受体风险指标和自然条件风险指标。其中，污染源风险指标包含矿井型污染源、地表型污染源、无污染源等三个方面；污染通道风险指标包含矿井水影响半径、废弃矿井壁结构完整性、导水构造

(断层、溶洞)渗透率、钻孔封孔完整性等四个方面；污染受体风险指标包含目标含水层层位、水源井套管封闭、人群聚地规模等三个方面；自然条件风险指标包含水文地质单元、地形地势、隔水层渗透率等三个方面。

#### a) 环境风险分级

废弃矿井环境风险分为无风险(绿色)、低风险(蓝色)、中风险(橙色)、高风险(红色)4个级别。

#### b) 识别污染源

识别废弃矿井周边 $\leq 1\text{km}$ 范围的污染源。经详细调查也可识别废弃矿井周边地下水1000天流程范围内污染源。

废弃矿井本井污染通过串层、渗透等方式污染地下含水层，这类污染源可识别为矿井型污染源；当污染物有可能经过废弃矿井通道引起地下含水层污染，这类污染源识别为地表型污染源。

#### c) 识别污染通道

污染物通过径流、串层、渗透等方式污染含水层，污染源 $\leq 1\text{km}$ 范围内的废弃矿井均识别为污染源通道。经详细调查也可识别地下水1000天流程范围内废弃矿井是否为污染源通道。

政府监管水泥封填废弃矿井不再识别为污染通道。不规范封填(未封填废弃矿井、矿渣封填废弃矿井、垃圾封填废弃矿井)按此标准识别为污染通道。

#### e) 识别敏感受体

可能与废弃矿井具备水力联系的目标含水层，或者废弃矿井周边 $\leq 1\text{km}$ 范围的人群聚集地和水源井均定义为敏感受体。经详细调查也可识别地下水1000天流程范围内敏感受体。

#### f) 识别自然条件

包括废弃矿井 $\leq 1\text{km}$ 范围内的地形地貌、水文地质单元、隔水层，导水构造（断层、溶洞）、钻孔封孔完整性、水源井井壁材质和结构完整性、目标含水层层位、废弃矿井封填现状等。经详细调查也可识别地下水 1000 天流程范围内水文地质有利度。

### 7.3 单要素环境风险评价分级准则

总参与评价指标包括矿井水影响半径、污染源类型、废弃矿井井壁结构、水文地质单元、地形地势、隔水层、导水构造（断层、溶洞）、钻孔封孔完整性、目标含水层层位、水源井套管封闭、人群聚地规模、废弃矿井封填现状等 12 项。单要素环境风险评估是以污染源类型、矿井水影响半径为基础，加上单要素指标，即每个单要素评价都是三个参与指标。有利指标即单要素取值及现状为良性，其与参评指标总数比即为有利度得值，有利度值域  $0\sim 1$ 。

以表 1 为例说明如下：废弃矿井井壁结构单要素环境风险评价表中，参与指标分别为污染源、矿井水影响半径、废弃矿井井壁完整性三个参与指标，无污染源、 $> 1\text{km}$  或  $> 1000$  天流程、水泥护壁无破损属于有利指标。如矿井水影响半径  $> 1\text{km}$   $> 1000$  天流程，无污染源，井壁完整的情况下，则有利度值为

$3/3=1$ ，属无风险级别；同样情况下，如果井壁破损，有利指标只剩下 2 个，则有利度值为  $2/3=0.66$ ，属低风险级别；如果井壁破损、并存在地表型污染源，有利指标只剩下 1 个，则有利度值为  $1/3=0.33$ ，属中风险级别；如果井壁破损、并存在地表型污染源，且矿井水影响半径  $\leq 1\text{km}$  或  $\leq 1000$  天流程，无有利指标，则有利度值为  $0/3=0$ ，属高风险级别。同理，目标含水层层位单要素环境风险评价，参与指标分别为污染源、矿井水影响半径、目标含水层层位三个参与指标，无污染源、 $> 1\text{km}$  或  $> 1000$  天流程、底板以上孔隙含水层及上裂隙含水层属于有利指标。如果存在废弃矿井本井污染（矿井型污染源）且矿井水影响半径  $\leq 1\text{km}$  或  $\leq 1000$  天流程则直接判评为高风险级别。

表 1 井壁结构要素环境风险评价分级表

单要素取值及现状描述	矿井型污染源	地表型污染源	无污染源
矿井水影响半径 $> 1\text{km}$ 或 $> 1000$ 天流程			
水泥护壁无破损	低风险	低风险	无风险
水泥护壁破损或木质护壁	中风险	中风险	低风险
矿井水影响半径 $\leq 1\text{km}$ 或 $\leq 1000$ 天流程			
水泥护壁无破损	中风险	中风险	低风险
水泥护壁破损或木质护壁	高风险	高风险	中风险
废弃矿井本井污染（矿井水影响半径 $0\text{km}$ 或 $0$ 天流程）			
水泥护壁无破损	高风险	—	—
水泥护壁破损或木质护壁	高风险	—	—

表 2 水文地质单元单要素评价分级表

单要素取值及现状描述	矿井型污染源	地表型污染源	无污染源
矿井水影响半径 $> 1\text{km}$ 或 $> 1000$ 天流程			
毗邻水文地质单元	低风险	低风险	无风险
同一个水文地质单元	中风险	中风险	低风险
矿井水影响半径 $\leq 1\text{km}$ 或 $\leq 1000$ 天流程			
毗邻水文地质单元	中风险	中风险	低风险
同一个水文地质单元	高风险	高风险	中风险
废弃矿井本井污染（矿井水影响半径 $0\text{km}$ 或 $0$ 天流程）			
毗邻水文地质单元	高风险	—	—
同一个水文地质单元	高风险	—	—

表 3 地形地势单要素评价分级表

单要素取值及现状描述	矿井型污染源	地表型污染源	无污染源
矿井水影响半径 $> 1\text{km}$ 或 $> 1000$ 天流程			

废弃矿井上游	低风险	低风险	无风险
废弃矿井下游	中风险	中风险	低风险
矿井水影响半径 $\leq 1\text{km}$ 或 $\leq 1000$ 天流程			
废弃矿井上游	中风险	中风险	低风险
废弃矿井下游	高风险	高风险	中风险
废弃矿井本井污染（矿井水影响半径 $0\text{km}$ 或 $0$ 天流程）			
废弃矿井上游	高风险	—	—
废弃矿井下游	高风险	—	—

表4 隔水层性能（m/d）单要素评价分级表

单要素取值及现状描述	矿井型污染源	地表型污染源	无污染源
矿井水影响半径 $> 1\text{km}$ 或 $> 1000$ 天流程			
透水率 $< 10$	低风险	低风险	无风险
透水系数 $\geq 10$ （m/d）	中风险	中风险	低风险
矿井水影响半径 $\leq 1\text{km}$ 或 $\leq 1000$ 天流程			
透水率 $< 10$	中风险	中风险	低风险
透水系数 $\geq 10$	高风险	高风险	中风险
废弃矿井本井污染（矿井水影响半径 $0\text{km}$ 或 $0$ 天流程）			
透水率 $< 10$	高风险	—	—
透水系数 $\geq 10$	高风险	—	—

表5 导水构造透水率单要素评价分级表

单要素取值及现状描述	矿井型污染源	地表型污染源	无污染源
矿井水影响半径 $> 1\text{km}$ 或 $> 1000$ 天流程			
透水率 $< 10$	低风险	低风险	无风险
透水系数 $\geq 10$	中风险	中风险	低风险
矿井水影响半径 $\leq 1\text{km}$ 或 $\leq 1000$ 天流程			
透水率 $< 10$	中风险	中风险	低风险
透水系数 $\geq 10$	高风险	高风险	中风险
废弃矿井本井污染（矿井水影响半径 $0\text{km}$ 或 $0$ 天流程）			
透水率 $< 10$	高风险	—	—
透水系数 $\geq 10$	高风险	—	—

表6 封孔完整性单要素评价分级表

单要素取值及现状描述	矿井型污染源	地表型污染源	无污染源
矿井水影响半径 $> 1\text{km}$ 或 $> 1000$ 天流程			
破损率 $< 10\%$	低风险	低风险	无风险
破损率 $\geq 10\%$	中风险	中风险	低风险
矿井水影响半径 $\leq 1\text{km}$ 或 $\leq 1000$ 天流程			
破损率 $< 10\%$	中风险	中风险	低风险
破损率 $\geq 10\%$	高风险	高风险	中风险
废弃矿井本井污染（矿井水影响半径 $0\text{km}$ 或 $0$ 天流程）			
破损率 $< 10\%$	高风险	—	—
破损率 $\geq 10\%$	高风险	—	—

表7 目标含水层层位单要素评价分级表

单要素取值及现状描述	矿井型污染源	地表型污染源	无污染源
矿井水影响半径>1km或>1000天流程			
底板以上孔隙含水层及上裂隙含水层	低风险	低风险	无风险
底板以下奥陶系-寒武系(O-Є)岩溶含水层	中风险	中风险	低风险
矿井水影响半径≤1km或≤1000天流程			
底板以上孔隙含水层及上裂隙含水层	中风险	中风险	低风险
底板以下寒武系寒武系(O-Є)岩溶含水层	高风险	高风险	中风险
废弃矿井本井污染(矿井水影响半径0km或0天流程)			
底板以上孔隙含水层及上裂隙含水层	高风险	—	—
底板以下寒武系寒武系(O-Є)岩溶含水层	高风险	—	—

表8 水源井套管封闭完整性单要素评价分级表

单要素取值及现状描述	矿井型污染源	地表型污染源	无污染源
矿井水影响半径>1km或>1000天流程			
破损率或开筛<10%	低风险	低风险	无风险
破损率或开筛≥10%	中风险	中风险	低风险
矿井水影响半径≤1km或≤1000天流程			
破损率或开筛<10%	中风险	中风险	低风险
破损率或开筛≥10%	高风险	高风险	中风险
废弃矿井本井污染(矿井水影响半径0km或0天流程)			
破损率或开筛<10%	高风险	—	—
破损率或开筛≥10%	高风险	—	—

表9 人群聚地规模单要素评价分级表

单要素取值及现状描述	矿井型污染源	地表型污染源	无污染源
矿井水影响半径>1km或>1000天流程			
无人群聚集地	低风险	低风险	无风险
村级规模以上人群聚集地	中风险	中风险	低风险
矿井水影响半径≤1km或≤1000天流程			
无人群聚集地	中风险	中风险	低风险
村级规模以上人群聚集地	高风险	高风险	中风险
废弃矿井本井污染(矿井水影响半径0km或0天流程)			
无人群聚集地	高风险	—	—
村级规模以上人群聚集地	高风险	—	—

表10 废弃矿井封填现状要素评价分级表

单要素取值及现状描述	矿井型污染源	地表型污染源	无污染源
矿井水影响半径>1km或>1000天流程			
规范封填	低风险	低风险	无风险
不规范封填或未封填	中风险	中风险	低风险

矿井水影响半径 $\leq 1\text{km}$ 或 $\leq 1000$ 天流程			
规范封填	中风险	中风险	低风险
不规范封填或未封填	高风险	高风险	中风险
废弃矿井本井污染（矿井水影响半径 $0\text{km}$ 或 $0$ 天流程）			
规范封填	高风险	—	—
不规范封填或未封填	高风险	—	—

#### 7.4 废弃矿井环境风险综合评价

废弃矿井环境风险综合评价见表 11。取值依据为现行规范（标准）、调查数据及专家经验等。最终综合评判取最高风险级别。

表 11 废弃矿井环境风险综合评价表

废弃矿井编号：

坐标：

位置：

参与评价指标	单要素取值及现状	环境风险级别	取值依据
污染源类型：无污染源□，地表型污染源□，矿井型污染源□			
矿井水影响半径： $> 1\text{km}$ 或 $> 1000$ 天流程□， $\leq 1\text{km}$ 或 $\leq 1000$ 天流程□， $0\text{km}$ 或 $0$ 天流程（本井污染）□			
废弃矿井井壁结构	水泥护壁无破损□，水泥护壁破损或木质护壁□	无风险□，低风险□，中风险□，高风险□	调查数据
水文地质单元	毗邻水文地质单元□，同一个水文地质单元□	无风险□，低风险□，中风险□，高风险□	调查数据
地形地势	废弃矿井上游□，废弃矿井下游□	无风险□，低风险□，中风险□，高风险□	调查数据
隔水层性能（m/d）	隔水层透水率 $< 10$ □，隔水层透水系数 $\geq 10$ □	无风险□，低风险□，中风险□，高风险□	调查数据
导水构造（断层、溶洞）	透水率 $< 10$ □，透水系数 $\geq 10$ □	无风险□，低风险□，中风险□，高风险□	调查数据
钻孔封孔完整性	破损率 $< 10\%$ □，破损率 $\geq 10\%$ □	无风险□，低风险□，中风险□，高风险□	调查数据
目标含水层层位	底板以上孔隙含水层及上裂隙含水层□，底板以下寒武系寒武系（O-ε）岩溶含水层□	无风险□，低风险□，中风险□，高风险□	调查数据
水源井套管封闭完整性	破损率或开筛 $< 10\%$ □，破损率或开筛 $\geq 10\%$ □	无风险□，低风险□，中风险□，高风险□	调查数据
人群聚集地规模	无人群聚集地□，村级规模以上人群聚集地□	无风险□，低风险□，中风险□，高风险□	调查数据
废弃矿井封填现状	政府规范封填□，不规范封填或未封填□	无风险□，低风险□，中风险□，高风险□	调查数据
参与评价指标	单要素取值及现状	环境风险级别	取值依据
		中风险□，高风险□	
综合环境风险评估级别		无风险□，低风险□，中风险□，高风险□	取单要素环境风险评估最高级

#### 7.5 废弃矿井环境风险综合评估数学模型

##### a) 建立数学模型

本文件通过采用的迭置指数法进行废弃矿井环境风险定量评估，建立废弃矿井环境风险数学模型。首先确定评价指标对废弃矿井环境风险影响力的权重，然后根据研究区实际资料确定评价指标的评分值，最后把

各评分值按权重进行迭加确定其风险性。

评价因子的相对权重反映各个参数对废弃矿井环境污染风险“贡献”的大小。权重越大，表明参数对地下水污染风险的影响越大，该参数在判断地下水污染风险时贡献就越大。目前，确定权重的方法主要有层次分析法、专家打分法、调查统计法、序列综合法、公式法、数理统计法、复杂度分析法、变异系数法等。本文件以应用比较广泛、代表性强的层次分析法求取权重值，应按以下步骤及方法确定。

### 1) 建立递阶层次结构模型

首先根据风险评价影响因素之间的相互关系建立递阶层次结构模型，第一层目标层，第二层准则层为要实现目标层需要满足的中间环节，第三层指标层，见表 12。

表 12 表 评估指标递阶层次结构

目标层 A	准则层 C	指标层 W
废弃矿井调查评价指标体系 A	污染源风险指标 C <sub>1</sub>	污染源类型 W <sub>1</sub>
		矿井水影响半径 W <sub>2</sub>
	污染通道风险指标 C <sub>2</sub>	废弃矿井井壁结构 W <sub>3</sub>
		导水构造（断层、溶洞）W <sub>4</sub>
		钻孔封孔完整性 W <sub>5</sub>
		废弃矿井封填现状 W <sub>6</sub>
	污染受体风险指标 C <sub>3</sub>	目标含水层层位 W <sub>7</sub>
		人群聚集地规模 W <sub>8</sub>
		水源井套管封闭完整性 W <sub>9</sub>
	自然条件风险指标 C <sub>4</sub>	水文地质单元 W <sub>10</sub>
		地形地势 W <sub>11</sub>
		隔水层性能（m/d）W <sub>12</sub>

### 2) 构造判断矩阵

根据建立的递阶层次结构模型构造判断矩阵，对评估体系中各评价指标的相对重要性进行比较，采用 1~9 标度法来量化比较的结果，并将判断结果通过引入合理的标度构成判断矩阵。

### b) 环境风险综合评估

单个废弃矿井单要素环境风险评价分级，不同级别根据其地下水污染风险影响的重要程度分别赋值 1 分、4 分、7 分，1 分表示两个因素相比具有同等重要性，4 分表示两个因素相比一个因素比另一个因素较重要，7 分表示两个因素相比一个因素比另一个因素绝对重要。根据每个指标的打分值和权重计算得到废弃矿井调查评价的综合评分结果（表 21）。

表 13 废弃矿井环境风险综合评分表

废弃矿井编号：

坐标：

位置：

参与评价指标	单要素取值及现状描述打分	权重值	备注
污染源类型	无污染源□1分，地表型污染源□4分，矿井型污染源□7分	0.1713	
矿井水影响半径	>1km或>1000天流程□1分 ≤1km或≤1000天流程□4分 0km或0天流程（本井污染）□7分	0.2398	
废弃矿井井壁结构	水泥护壁无破损□1分，水泥护壁破损或木质护壁□4分	0.0707	
水文地质单元	毗邻水文地质单元□1分，同一个水文地质单元□4分	0.0722	
地形地势	废弃矿井上游□1分，废弃矿井下游□4分	0.0437	
隔水层性能（m/d）	隔水层透水率<10□1分，隔水层透水系数≥10□4分	0.0477	
导水构造（断层、溶洞）	透水率<10□1分，透水系数≥10□4分	0.0453	
钻孔封孔完整性	破损率<10%□1分，破损率≥10%□4分	0.0271	
目标含水层层位	底板以上孔隙含水层及上裂隙含水层□1分，底板以下寒武系寒武系（O-ε）岩溶含水层□4分	0.0846	

水源井套管封闭完整性	破损率或开筛<10%□1分, 破损率或开筛≥10%□4分	0.0911	
人群聚集地规模	无人聚集地□1分, 村级规模以上人群聚集地□4分	0.0491	
废弃矿井封填现状	政府规范封填□1分, 不规范封填或未封填□4分	0.0575	
环境风险综合评估评估结果		R=1□, 1<R≤2.5□, 2.5<R≤3.5□, R>3.5□	
废弃矿井风险评估等级		无风险□, 低风险□, 中风险□, 高风险□	

综合评估计算公式:

$$R = \sum_{j=1}^{10} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

R——废弃矿井地下水污染风险综合评估结果;

——第j个指标对应的权重;

——第j个指标的分值。

通过计算所得的风险评估综合结果, 难以对废弃矿井环境风险状况进行直观判断, 考虑到标准的先进型和实用性的要求, 将废弃矿井调查评价综合指数取值范围分为四个区间, 依次对应“无风险、低风险、中风险、高风险”四个等级(表 22)。

表 14 废弃矿井风险评估等级

环境风险等级	无风险	低风险	中风险	高风险
综合评估结果 (R)	R=1	1<R≤2.5	2.5<R≤3.5	R>3.5

### 3)地质安全评估

对极端自然条件和多因子耦合作用下重大地质安全风险识别和评估, 提出防控措施, 消除施工安全隐患。井下空间的地质结构构建和参数描述、井下空间资源量评价、地质灾害防治等关键数据, 研究提出应对井下施工作业地质安全, 以及保障措施和机制。

## 8 图件编制

### 8.1 一般要求

地下水调查评价图系主要由基础图件和成果图件组成。

基础图件和主体成果图件比例尺初步调查为 1:50000, 重点区调查为 1:10000。

编图使用的资料应准确, 图式图例应统一、图面清晰、重点突出、层次分明, 实用易读。

### 8.2 基础图件

1:50000 基础图件主要包括: 遥感解译图、水文地质图、实际材料图。

1:10000 基础图件包括: 无人机航测解译图、地势地貌图、水文地质图、实际材料图。

### 8.3 成果图件

#### a) 废弃矿山井分布图

包括井位、类型、充填物等内容。包括高中低风险级别废弃矿井的分类、分布。

#### b) “双源”分布图

包括工业污染源、加油站、农业污染源、矿山开采区、危险废物处置场、垃圾填埋场、高尔夫球场、地表污染水体等; 水源井分布位置及污染情况。

#### c) 地下水化学分析图

包括地下水化学类型、典型微量元素环境背景、溶解性总固体(TDS)、硬度、温度、pH等。根据情况编制单要素等值线。

#### d) 地下水质量分布调查图

按评价标准和评价结果编制地下水质量综合评价图件, 反映不同质量等级地下水区域分布。影响地下水

质量类别的主要指标可编制单要素评价图或编在地下水质量综合评价图中。

e) 地下水污染现状调查图

主要污染源分布图，包括污染源类型、主要污染物、排放强度。

地下水污染现状图组依据评价结果编制，反映不同污染程度地下水区域分布。地下水重要污染指标应编制单要素图。

f) 废弃矿井治理规划图

依据调查成果提出治理规划，包括治理方式、方向，治理规模、分布范围等，通过系统治理达到大幅度消减污染的目的。为政策决策部门开展生态环境管理提供支撑。

## 9 成果报告编写

成果报告编写参照附录 B。

成果图件包括:水文地质图、地下水化学特征图、地下水水质分布图、污染源分布图、地下水污染现状图、废弃矿井调查评价图、废弃矿井治理规划图等系列图件。

成果报告通过主管部门评审后归档保存。

## 附录 A

### (资料性附录)

### 设计书编制提纲

#### 一、项目基本情况

项目来源，任务书编号及项目编码，项目的目的、任务，工作起止时间，总预算和年度预算。二、项目背景

自然地理包括地理位置、坐标范围、面积及不同精度调查区面积，涉及的行政区、流域、图幅及编号，地形地貌特征，气象水文概况，交通条件。产业结构布局，主要工业、农业和乡镇企业发展状况等。

地质背景和水文地质条件包括包括地层、岩性、地质构造等。地下水系统划分及其空间分布形态和范围，地下水补给径流排泄条件、地下水动力场和水化学场的分布及其动态变化，地下水资源开发利用与集中开采地下水水源地分布等。

废弃矿井环境影响包括废弃矿井的危害及发展趋势。

#### 三、以往工作程度

包括以往地质、水文地质调查研究程度，评述主要进展和主要资料。包括以往地质、水文地质调查研究工作中存在的主要问题，对照本次调查评价工作，明确需要补充的工作，特别是废弃矿井有关地下水污染调查研究工作中存在的主要问题，提出通过调查拟解决问题思路。

现场踏勘、开展预研究等情况。

#### 四、废弃矿井引起的地下水环境问题

#### 五、工作部署

包括技术路线、部署原则与总体思路、工作部署、实物工作量、工作计划、年度工作安排等。在编写过程中要对所收集的资料认真分析地下水污染机理，并对部署逐一分解，应重点突出，层次清晰。

#### 六、工作方法和技术要求

包括资料收集与整理、遥感信息提取、水文地质调查、废弃矿井调查、水源井调查、污染源调查、水化学调查、环境同位素与示踪监测、水文测井、抽水试验、物探勘测、水文地质钻探等相应调查方法的具体技术要求。

#### 七、质量保障与安全措施

包括项目组织机构以及人员组成与分工，技术装备、工期保障措施、项目质量保证措施和安全及劳动保护措施等。

#### 八、预期成果

包括调查评价报告、系列图件、调查分析数据与评估等。

#### 九、经费预算

按《中国地质调查局地质调查项目设计预算暂行标准》及相关文件要求编写。

**附 录 B**  
**( 资 料 性 附 录 )**  
**成果报告编写提纲**

一、前言

任务来源、目的任务、主要工作内容、工作完成情况、取得的主要成果、质量评述等。

二、项目区背景

包括自然地理、经济社会概况、废弃矿井的形成及危害，以往工作程度等。

三、水文地质条件

包括地质、矿产概况，水文地质情况。

四、初步调查成果

初步调查工作内容和成果，包括各类光谱敏感因子提取、污染羽解译、污染羽监测分析、重点调查区划定等成果。

五、重点调查成果

分区论述重点调查工作内容和成果，包括废弃矿井调查研究程度与治理现状、废弃矿井分类及特点、废弃矿井分布特征。

六、废弃矿井环境影响评价

包括废弃矿井环境影响，环境风险评估，废弃矿井安全隐患评述等。

七、废弃矿井治理建议

包括各类环境风险对策、不同类型矿井的充填处置、处理效果检验等初步方案。

八、存在问题与建议

**附录 C**  
**(资料性附录)**  
**废弃矿井调查表**

(重点调查)

项目名称：

调查区名称：

废弃矿井编号				废弃矿井统一编码				开采矿种			
废弃矿井位置								井口坐标			
所属企业名称								企业性质			
法定代表人				联系电话				关闭原因			
建井时间				废弃时间				责任人是否存在			
废弃矿井属性	类型			形状	井壁砌料	规格(m)	深度(m)	走向(°)	倾角(°)	稳定性	
	<input type="checkbox"/> 竖井	<input type="checkbox"/> 斜井	<input type="checkbox"/> 平硐								
附属物	1(名称: )			2(名称: )			3(名称: )			其他	
	类型	结构	稳定性	类型	结构	稳定性	类型	结构	稳定性		
废弃矿井存在的安全、环境问题				威胁到的对象				有无安全处置措施			
危害程度评价	<input type="checkbox"/> 严重		<input type="checkbox"/> 较重		<input type="checkbox"/> 轻微			是否具有保护价值			
已治理内容					拟治理内容						
地占用和废弃	土地性质	土地占用面积(m <sup>2</sup> )			土地废弃面积(m <sup>2</sup> )			合计面积(m <sup>2</sup> )			
井内充填物	生活垃圾 <input type="checkbox"/> 工业垃圾 <input type="checkbox"/> 建筑垃圾 <input type="checkbox"/> 危险固体废弃物 <input type="checkbox"/> 废渣 <input type="checkbox"/> 粘土 <input type="checkbox"/> 秸秆 <input type="checkbox"/> 无充填 <input type="checkbox"/> 其它说明:										
环境风险等级	高风险 <input type="checkbox"/> 中风险 <input type="checkbox"/> 低风险 <input type="checkbox"/> 无风险 <input type="checkbox"/> 其它说明:										
渣堆堆存量	面积(m <sup>2</sup> )						体积(m <sup>3</sup> )				
废弃矿井相对位置示意图								备注: 含水层的疏干程度、地下水位下降、泉水流量变化等			

填表人：

填表日期：

年

月

日

审核人：

填表说明：

- 1、矿井编号：为调查原始编号，按调查顺序编号，不可重号。
- 2、废弃矿井统一编码：为全省统一编码；
- 3、开采矿种：矿井曾经开采的矿产种类；
- 4、建井和废弃时间：填写到年月；
- 5、所属企业名称：无主管企业的废弃矿井在“所属企业名称”栏中填写“无”；
- 6、企业性质：按“企业工商登记注册类型及隶属关系”填写；
- 7、废弃矿井深度：竖井测量实际深度，斜井、平硐小于10米写实际深度，大于10米写可测深度；
- 8、走向：以罗盘量取数据为准。
- 9、井壁结构：写无衬砌、砖砌结构、砼砌结构等；
- 10、稳定性：按照稳定、较稳定、不稳定三级填写；
- 11、附属建（构）筑物：为井架、机房、仓库、水渠等井周围废弃设施，稳定性也按为稳定、较稳定、不稳定三级填写；
- 12、废弃矿井存在的主要安全、环境问题：说明对人、牲畜、基础设施的安全威胁。
- 13、威胁到的对象：填写附近建筑物和居民地，交通、通讯、管道、水利、电力等设施，地下资源，地表水资源，土地资源，地貌景观，人文古迹等；
- 14、有无安全处置措施：填“有”或者“无”；
- 15、危害程度评价：  
废弃矿井危害程度评价标准如下表：

危害程度等级	严重	较重	轻微
分级标准	位于村镇、道路等人类活动频繁的区域，或重要设施附近，井口无防护设施，或相应地面有极不稳定的附属构筑物，对人们生命财产安全或环境威胁严重的竖井、斜井及平洞。	位于人和牲畜较少活动的区域，或重要设施附近，井口无防护设施，或相应地面有较不稳定的附属构筑物，对人们生命财产安全或环境威胁较严重的竖井、斜井及平洞。	位于一般无人或牲畜活动或不易到达的区域，附近无重要设施，或位于人类可能活动的区域，但井口有可靠的安全防护设施、对环境影响较小的废弃矿井。

- 16、是否具有保护价值：对具有矿业遗迹保护价值的矿井，要简要评价其科学内涵和利用价值。
- 17、已治理主要内容：填写以往治理情况；
- 18、拟治理主要内容：如回填、封堵、拆除等适宜的治理措施；
- 19、治理工程量：如回填方量、封堵混凝土方量、拆除方量等；
- 20、其他：关于回填材料来源等其他表中未完而需要说明的情况。
- 21、废弃矿井相对位置示意图：附井位置周边影像截图，要有明显地物（如河流、村庄、道路、水塘等）为参照物，标注相对距离和方向。

### 参 考 文 献

- [1] GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第1部分
  - [2] GB/T 14175-1993水文地质术语
  - [3] 废弃井封井回填技术指南（试行）（2020）
  - [4] 地下水样品采集技术指南（试行）（2015）
-