

团 体 标 准

T/CGA XX—202X

金矿深井充填原位性能监测技术规范

Technical specifications for in-situ performance monitoring
of deep well filling in gold mines

（征求意见稿）

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中 国 黄 金 协 会 发 布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语与定义 1

4 通则 2

5 室内充填料原位监测 3

 5.1 一般规定 3

 5.2 监测装置 3

 5.3 监测要求 4

 5.4 养护与测试 4

 5.5 强度预测模型建立 4

6 采场充填原位监测 5

 6.1 一般规定 5

 6.2 监测装置 5

 6.3 监测要求 6

 6.4 充填体强度预测 7

7 数据处理与信息反馈 7

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。

本文件由中国黄金协会提出。

本文件由全国黄金标准化技术委员会（SAC/TC 379）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

金矿深井充填原位性能监测技术规范

1 范围

本文件规定了金矿在深井充填体固化过程中原位性能监测的通则，以及充填体原位性能监测的要求，描述了验证用的监测装置、监测方法、数据分析等内容。

本文件适用于金矿深井充填工程中充填体原位性能监测技术工作。

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 金属非金属矿山安全规程

GB/T 51450 金属非金属矿山充填工程技术标准

3 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

深井充填 **deep well filling**

在深井开采作业中，由骨料、胶凝材料、添加剂与水混合而成的充填料浆，在外力或自重作用下输送到深井采空区进行充填的过程。

3.2

原位性能 **in situ performance**

在深井充填（3.1）过程中，充填体在原始位置所表现的各种物理力学特性。

3.3

充填挡墙 **filling-retaining wall**

使充填料浆密闭在指定充填区域内所构筑的墙体或密封体。

3.4

基质吸力 matrix suction

孔隙气压力与孔隙水压力之间的差值。

3.5

体积含水率 volumetric water content

充填料浆中水的体积与充填料浆的总体积的比值。

3.6

电导率 electric conductivity

充填料浆传导电流的能力。

注：其本质反映充填料浆中离子的浓度和迁移效率。

3.7

单轴抗压强度 uniaxial compressive strength

充填体在单向受压至破坏时，单位面积上所能承受的荷载。

3.8

数据采集 data collection

通过专用设备对传感器进行信号读取、转换与记录，实时或周期性获取充填料浆在井下采场养护环境下各项原位性能（3.2）指标变化的原始数据的过程。

3.9

数据分析 data analysis

对已采集的数据进行清洗、整理与统计，并结合充填工况与室内测试数据开展深入分析的过程。

4 通则

4.1 监测活动应覆盖充填料固化全周期，井下充填作业应遵守 GB/T 51450 的相关要求。

4.2 监测过程应采用数据采集器自动收集，最后通过计算机对监测数据下载。

4.3 监测人员应具备相关的专业知识与技能，能够熟练操作监测设备和仪器，且井下作业应符合 GB 16423 的相关要求。

4.4 监测设备应根据监测用途进行选择，包括基质吸力传感器、电导率传感器与含水率传感器等。

4.5 在监测活动开始前，应对所有监测设备进行校准和验证，确保其准确性和可靠性。

4.6 应建立完善的监测数据记录保存系统，对监测数据进行及时、准确、完整的记录，并保留完整档案至少 3 年。

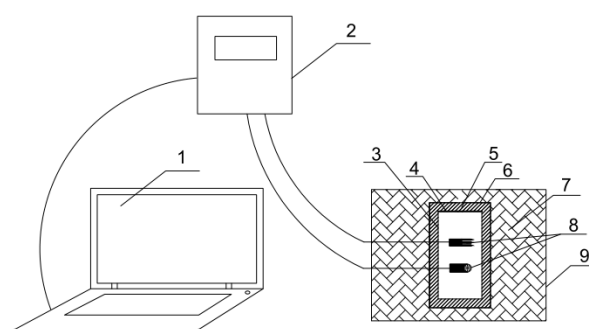
5 室内充填料原位监测

5.1 一般规定

- 5.1.1 试验所使用的骨料、胶凝材料 and 外加剂应与实际充填作业保持一致。
- 5.1.2 试验前应确保骨料处于干燥状态；若骨料潮湿，则应先测定骨料的含水率。
- 5.1.3 试验配比应与实际充填作业所使用的配比相同。
- 5.1.4 试验料浆制备应符合 GB/T 51450 的相关要求。
- 5.1.5 养护环境的设定应与井下采场环境相近。

5.2 监测装置

5.2.1 监测装置主要由计算机、数据采集器、盛料筒、盛料筒密封盖、盛料筒隔热材料、固定圆柱筒、保温棉、传感器和养护箱等组成。监测装置结构见图 1。



标记序号说明：

- | | | |
|------------|-------------|-----------|
| 1——计算机； | 2——数据采集器； | 3——盛料筒； |
| 4——盛料筒密封盖； | 5——盛料筒隔热材料； | 6——固定圆柱筒； |
| 7——保温棉； | 8——传感器； | 9——养护箱。 |

图 1 室内充填料原位监测装置结构示意图

- 5.2.2 数据采集器应具有数据存储功能。
- 5.2.3 盛料筒隔热材料应紧密填充于盛料筒与固定圆柱筒之间。
- 5.2.4 盛料筒的顶部和底部也应采用隔热材料进行包裹。
- 5.2.5 养护箱内部应均匀铺设保温棉，箱体可选用塑料、木质等材料。
- 5.2.6 测试装置放置的养护环境应依据井下实际工况设定，并确保恒温恒湿控制。

5.3 监测要求

- 5.3.1 传感器的测量范围应覆盖充填料浆中可能出现的数值。
- 5.3.2 在计算机上安装特定的数据采集软件读取数据采集器中存储的数据。
- 5.3.3 监测数据与对应的原始信号应同时记录，若后续发现监测数据异常，通过原始信号进行验证。
- 5.3.4 在根据原始信号进行各项监测数据验证时，应遵循操作手册中的换算公式和步骤进行换算，以确保计算结果的准确性。
- 5.3.5 监测成果在记录数据检查、分析、确认无误后，及时进行汇总、制表与制图。所形成的监测成果按表 1 的要求统计列出，并绘制各监测内容与时间变化曲线。

表 1 室内充填料原位监测记录表

组别	日期	时间	基质吸力 kPa	原始信号	体积含水率 %	原始信号	电导率 mS/cm	原始信号	备注

5.4 养护与测试

- 5.4.1 应将制备好的料浆倒入盛料箱及用于充填体强度检测的标准试模中，并放置在设定的养护环境下进行养护。
- 5.4.2 按照 GB/T 51450 的规定测试固结充填体单轴抗压强度，试块养护龄期宜为 3 d、7 d、28 d，养护龄期可根据实际需求进行调整。

5.5 强度预测模型建立

根据充填体强度测试结果及其对应监测参数值，以充填体单轴抗压强度为因变量，基质吸力、体积含水率、电导率和养护时间为自变量进行多元回归分析，数据组数应满足该分析方法的最低要求，得到式（1）的充填体强度协同表征模型。

$$f_c = A_1X_1+A_2X_2+A_3X_3+A_4t+A_5 \dots\dots\dots (1)$$

式中：
A₁~A₅ ——拟合参数；
X₁ ——基质吸力，单位为千帕（kPa）；
X₂ ——为体积含水率，用百分数表示（%）；

X_3 ——为电导率，单位为毫西门子每厘米（mS/cm）；

t ——养护龄期，单位为天（d）。

6 采场充填原位监测

6.1 一般规定

6.1.1 应事先进行现场踏勘，并选定合适的监测点，宜将监测点布设在充填采场的出矿巷道底部，监测点数量不应少于3个。

6.1.2 监测点的布设应确保远离充填料浆的直接喷射范围，避免对监测装置造成干扰。

6.1.3 合理规划现场监测装置和数据采集的位置，并在图纸上进行标定。

6.1.4 监测装置应在井下监测采场的充填挡墙施工完成之前安装。

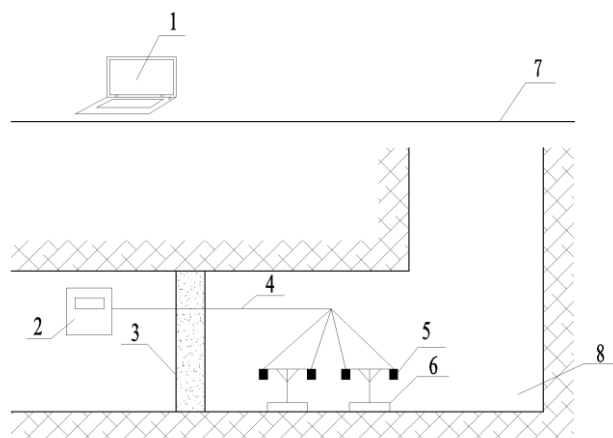
6.1.5 传感器信号线应采用防水集线管进行保护，并穿过充填挡墙与附近的数据采集器连接。

6.1.6 应在监测采场邻近区域设置醒目的警示标语，以提醒井下人员注意监测设备的保护，确保设备的正常运行。

6.1.7 监测点所在采场附近应具备供电与通信条件。

6.2 监测装置

6.2.1 监测装置由采场监测点控制支架、采场传感器固定装置、传感器、防水集线管、数据采集器和计算机等组成。监测装置结构见图2。



标记序号说明：

1——计算机；

2——数据采集器；

3——充填挡墙；

4——防水集线管；

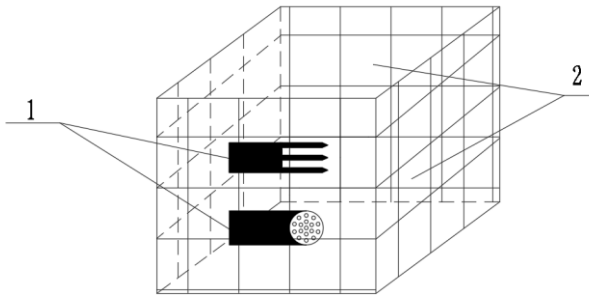
5——采场传感器固定装置；

6——监测点控制支架；

7——地表；8——采空区。

图 2 采场充填原位监测装置结构示意图

- 6.2.2 数据采集器应具有数据存储功能。
- 6.2.3 防水集线管应选用耐腐蚀、耐磨损的材料制成，以确保在长期潮湿的井下养护环境仍能保持良好的性能。防水集线管的安装应牢固可靠，接口处应做好密封处理，防止水分渗入。
- 6.2.4 采场监测点控制支架应满足传感器的稳定以及方向的要求。
- 6.2.5 传感器在安装时，应紧贴在采场传感器固定装置的内壁。
- 6.2.6 采场传感器固定装置宜由坚固耐用的材料制成正方形网格金属框架，具体尺寸应根据传感器的规格、充填料的集料最大尺寸与流动性综合而定，装置结构见图 3。



标记序号说明：

1——传感器；2——采场传感器固定装置。

图 3 采场传感器固定装置结构示意图

6.3 监测要求

- 6.3.1 应符合 5.3 的要求，且采场监测所使用的传感器应与室内监测保持一致。
- 6.3.2 监测成果在记录数据检查、分析、确认无误后，及时进行汇总、制表与制图。所形成的监测成果按表 2 的要求统计列出，并绘制各监测内容与时间变化曲线。

表 2 井下采场充填原位监测记录表

监测点 编号	日期	时间	基质吸力 kPa	原始信号	体积含水率 %	原始信号	电导率 mS/cm	原始信号	备注

6.4 充填体强度预测

6.4.1 应采用多元回归分析模型对充填体强度进行预测，计算结果应按表 3 的要求统计列出。

表 3 采场充填体强度预测记录表

监测点 编号	日期	时间	基质吸力 kPa	体积含水率 %	电导率 mS/cm	预测值 MPa

6.4.2 预测结果应与从充填站或井下取样所制标准试块的实测单轴抗压强度进行对比验证。

7 数据处理与信息反馈

7.1 现场监测人员应对监测数据的真实性负责，监测数据分析人员应对监测报告的可靠性负责，有关责任人应在监测报告上签字。

7.2 在采场首次充填结束后，应分别于第 3 天、第 7 天、第 28 天采集监测数据，根据监测数据对充填体强度进行预测，并将预测结果与从充填站或井下取样所制标准试块的实测单轴抗压强度进行对比验证，及时将结果反馈给充填作业人员及相关部门。待预测模型验证可靠后，可根据监测需求调整数据采集工作。

7.3 应对历史监测数据及充填工况进行综合分析，形成阶段报告。阶段报告包括月报、季报或根据工程的需求不定期进行编制。该报告用于总结经验、优化充填方案和指导下一步充填作业。