

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM 000—2025

岩石钻孔原位压痕测试技术规范

Technical Specification for In-situ Indentation Test of Rock Borehole

（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。

2025 - 01 - 01 发布

2025 - 01 - 01 实施

中关村绿色矿山产业联盟 发布

目 次

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 主要仪器设备 1

 4.1 钻孔设备 1

 4.2 加载装置 1

 4.3 采集装置 2

 4.4 推送装置 2

5 钻孔和测点布置 2

 5.1 钻孔布置 2

 5.2 测点布置 2

6 测试步骤 3

 6.1 测试准备 3

 6.2 测试过程 3

7 结果分析 3

 7.1 指标计算 3

 7.2 其他规定 4

附录 A（资料性） 钻孔原位压痕测试记录表 5

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。

本文件由山东科技大学提出。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟归口。

本文件起草单位：山东科技大学、中国科学院武汉岩土力学研究所、北京昊华能源股份有限公司、新汶矿业集团有限责任公司。

本文件主要起草人：赵同彬、房凯、马成甫、肖亚勋、傅勇、岳鹏飞、孟庆洲、崔建廷、李小平、白武、李玉蓉、毛怀昆、于凤海、赵志刚

岩石钻孔原位压痕测试技术规范

1 范围

本文件给出了岩石钻孔原位压痕测试技术的基本要求和技術方法，包括术语和定义、仪器设备、钻孔和测点布置、测试步骤、结果分析等。

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。

GBT50266-2013 工程岩体试验方法标准

GB/T 23561.13-2024 煤和岩石物理力学性质测定方法 第 13 部分：煤和岩石点载荷强度指数测定方法

DZ/T 0276.6-2015 岩石物理力学性质试验规程 第6部分：岩石硬度试验

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

岩石钻孔原位压痕测试 In-situ indentation test of rock borehole

采用标准的压头垂直压入钻孔内侧岩壁，通过压入力和压入深度的关系来评估孔壁岩石特性的测试方法。

3.2

压痕硬度指数 Indentation hardness index (IHI)

压痕测试中峰值压入力和对应压入深度的比值。

3.3

压痕模量指数 Indentation modulus (IM)

压痕测试中压入力和压入深度关系曲线直线段的均值斜率。

4 主要仪器设备

4.1 钻孔设备

钻机。

4.2 加载装置

a) 孔内压痕加载装置，如图 1 所示。加载压头宜采用球形锥状压头，压头半径 5mm，锥角 60°。

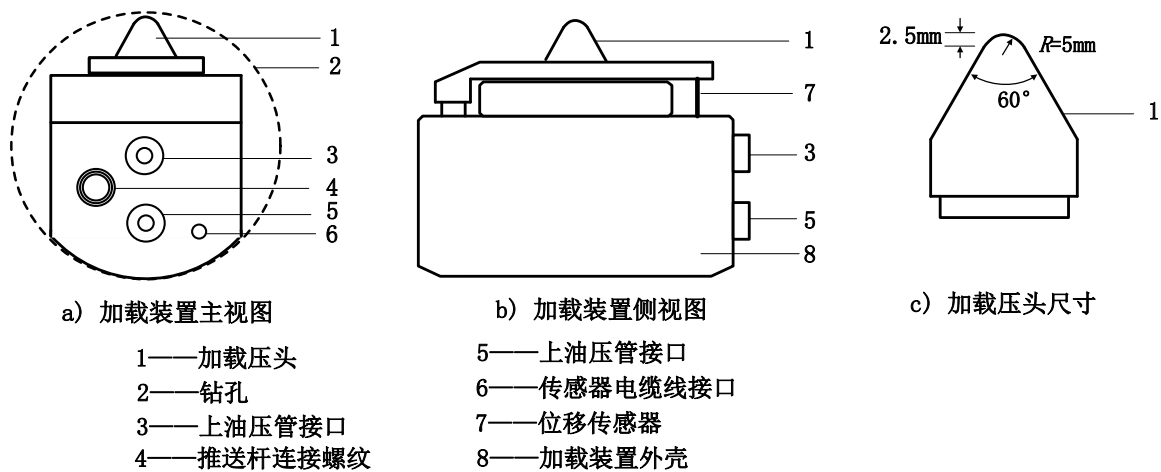


图1 孔内压痕加载装置

- b) 液压泵，可以 0.1MPa/s 的速率进行平稳液压加载。
c) 液压管路。

4.3 采集装置

- a) 压力传感器，位于加载装置端，测量精度应不低于±1%。
b) 位移传感器，测量精度应不低于±1%。
c) 数据采集仪。

4.4 推送装置

推送杆

5 钻孔和测点布置

5.1 钻孔布置

- 5.1.1 应根据测试需求和地质条件开展钻孔布置工作，确定钻孔位置、方位和深度，钻孔应穿过主要测试岩层，深度应大于最深测点 0.5-1.0m。
5.1.2 钻孔孔径应根据加载装置尺寸确定，宜大于加载装置最大外接圆直径 1-5mm，可选为 50-100mm。
5.1.3 钻孔宜一次性钻进连续成孔，孔壁应平直光滑，钻孔施工后应清洗钻孔，检查钻孔通畅程度，确保孔内不残留碎石等。

5.2 测点布置

- 5.2.1 钻孔内测试断面宜沿钻孔轴向均匀布置，各测试断面间距应根据工程测试需求确定，且不应小于 5cm。同一测试断面宜沿着钻孔孔周环向间隔 120° 布置 3 个测点，如图 2 所示。

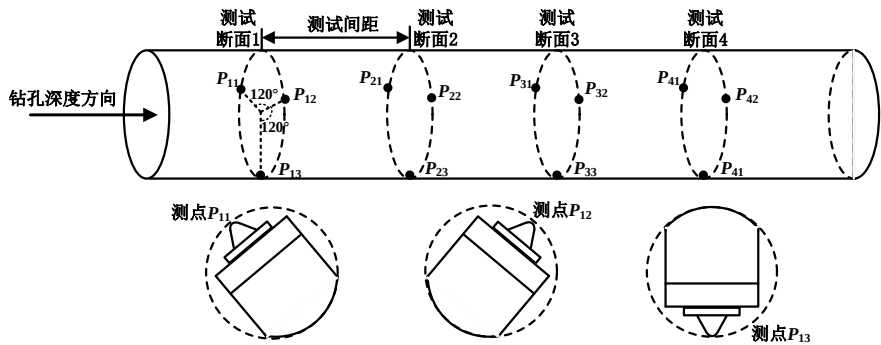


图2 孔内测点布置示意图

5.2.2 测点应避开结构面、表面缺陷等非完整钻孔岩壁区域。

6 测试步骤

6.1 测试准备

6.1.1 利用钻机在预定的测试位置钻孔，钻孔应采用金刚石钻头钻进，应合理控制钻压、转速以减少对孔壁岩体的扰动，若测试岩体中存在遇水软化的泥岩等岩石，宜采用干法钻孔施工方式。

6.1.2 钻孔后应进行钻孔窥视工作，了解孔壁岩体状态，对孔壁岩体进行地质描述。内容包括：钻孔钻进过程中的情况、孔壁岩石名称、岩性及地质分层、孔壁岩体完整性状态，岩体结构面特性及其位置等，填入记录表中，见附录 A。

6.1.3 加载装置通过液压管与液压泵相连，通过数据线与数据采集仪相连。在测试之前应进行装置的检查和调试工作。

6.1.4 加载装置通过推送杆送入孔内预定测点位置，加载装置与孔壁应平顺接触，确保测试压头垂直于孔壁岩石。

6.2 测试过程

6.2.1 测试开始前应施加 0.5kN 的初始压力，使得压头与孔壁接触，并记录初始读数。

6.2.2 测试过程中，应以恒定的加载速率对孔壁岩石施加荷载，加载速率宜控制在 0.05-0.15kN/s 范围内，记录压入过程中压入力和压入深度曲线。

6.2.3 当压头压入深度超过 2.5mm 或者压入力出现明显的突降时，停止加载。

6.2.4 测试结束后，应将全部压力退至零，并移动装置至下一测点。

6.2.5 测试可自孔口向孔底逐点进行。

6.2.6 全孔测试结束后，应从测试孔中取出加载装置，并对通过钻孔窥视对孔壁压痕进行检查，记录异常测点。

6.2.7 测试过程中记录每个测试断面深度和测点角度信息，填入记录表中，见附录 A。

7 结果分析

7.1 指标计算

7.1.1 岩石压痕硬度指数

a) 当压入力-压入深度曲线有峰值时，岩石压痕硬度指数按（1）式计算：

$$IHI = \frac{F_p}{d_p} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

F_p —压入力-压入深度曲线峰值荷载，当存在多段峰值时，取第一个峰值，kN；

d_p —压入力-压入深度曲线峰值荷载对应的压入深度，mm。

b) 当压入力-压入深度曲线无峰值时，岩石压痕硬度指数按（2）式计算：

$$IHI = \frac{F_t}{d_t} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

F_t —测试终止时对应的最大压入荷载，kN；

d_t —测试终止时对应的压入深度，mm。

7.1.2 岩石压痕模量指数

a) 当压入力-压入深度曲线为单一峰值或无峰值曲线时，如图 3（a），按（3）式计算岩石压痕模量指数：

$$IM = \frac{\Delta F}{\Delta d} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

ΔF —压入力-压入深度曲线直线段荷载增量, kN;

Δd —压入力-压入深度曲线直线段对应的位移增量, mm。

b) 当压入力-压入深度曲线为多峰值曲线时, 如图 3 (b), 按 (4) 式计算岩石压痕模量指标:

$$IM = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\Delta F_i}{\Delta d_i} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

ΔF_i —压入力-压入深度曲线中第 i 段直线段中的荷载增量, kN;

Δd_i —压入力-压入深度曲线中第 i 段直线段对应的位移增量, mm;

m —参与计算的直线段的段数。

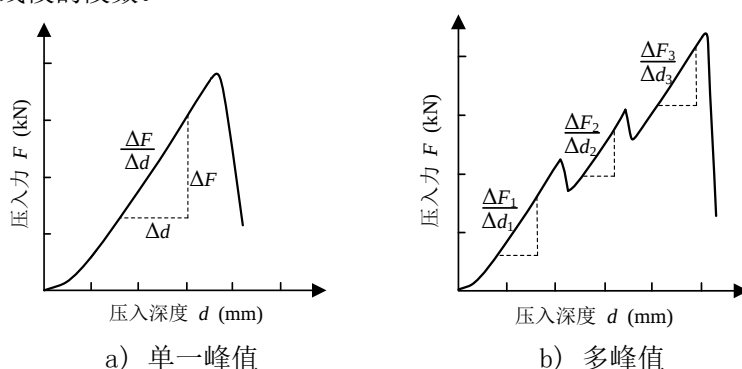


图3 岩石压痕模量指数的计算

7.2 其他规定

7.2.1 岩石压痕硬度指数和岩石压痕模量指数的算数平均值分别按 (5) 式和 (6) 式计算:

$$\overline{IHI} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n IHI_i \dots\dots\dots (5)$$

$$\overline{IM} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n IM_i \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$\overline{IHI}$ —岩石压痕硬度指数的平均值, kN/mm;

IHI_i —第 i 个测点的岩石压痕硬度指数, kN/mm;

$\overline{IM}$ —岩石压痕模量指数的平均值, kN/mm;

IM_i —第 i 个测点的岩石压痕模量指数, kN/mm;

n —参与计算的测点的个数。

7.2.2 各测试断面的压痕测试指标应取三个测点算数平均值作为计算值; 同一岩层可分段 (0.5~2m) 计算压痕测试指标, 各段指标应取包含的所有测点平均值作为计算值, 计算结果取 3 位有效数字。

7.2.3 当一组参与计算的测点数据不超过 15 个时, 应舍去最高值和最低值, 当一组参与计算的测点数据超过 15 个时, 可舍去两个最高值和两个最低值。

7.2.4 当孔壁岩石为弹性模量小于 1GPa 的软弱岩石时, 应考虑孔壁加载引起的钻孔变形对压入深度测量的影响, 按 (7) 式对压入深度进行修正:

$$d' = Kd \dots\dots\dots (7)$$

式中:

d' —考虑钻孔变形修正后的压入深度, mm。

K —考虑钻孔变形条件下压入深度修正系数, 可取为 1.05。

7.2.5 试验结束后, 应根据本标准的要求进行数据的整理和分析, 对于试验数据中明显不合理的数据, 应及时进行一定的补充试验。

附 录 A
(资料性)
钻孔原位压痕测试记录表

工程名称_____测试地点_____测试时间_____

钻孔 孔径 mm	钻孔 深度 m	钻孔 倾角 °	钻孔 方位角 °	地质 描述	岩 性	断面 深度 m	测点 编号	角 度 °	压痕硬 度指数 kN/mm	压痕模 量指数 kN/mm	备 注		

测定：_____

计算：_____

校核：_____