

ICS 75-010  
E 11  
备案号：68871—2019

**NB**

# 中华人民共和国能源行业标准

NB/T 10122—2018

---

## 泥页岩 X 射线 CT 扫描及成像方法

Shale scanning and imagination method using X-ray computed tomography

2018 — 12 — 25 发布

2019 — 05 — 01 实施

---

国家能源局 发 布



# 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 仪器和材料 .....                 | 2  |
| 5 样品制备 .....                  | 2  |
| 6 扫描条件控制及扫描 .....             | 2  |
| 7 三维重构及重构图像数据输出 .....         | 3  |
| 8 质量控制 .....                  | 3  |
| 附录 A（资料性附录） 重构及伪影图像示例 .....   | 4  |
| 附录 B（资料性附录） 扫描及成像原始记录格式 ..... | 6  |

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由能源行业页岩气标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司勘探开发研究院、中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡地质研究所、国家能源页岩气研发（实验）中心、中国石油天然气股份有限公司西南油气田公司勘探开发研究院。

本标准主要起草人：包友书、李钜源、李政、王宇蓉、吴连波、张蕾、苗春欣、俞凌杰、薛华庆、何家欢、张文涛。

# 泥页岩 X 射线 CT 扫描及成像方法

## 1 范围

本标准规定了泥页岩 X 射线 CT 扫描及成像的方法。

本标准适用于利用 X 射线 CT 扫描方法对泥页岩内部结构的三维空间成像。

本标准不涉及与其应用有关的所有安全问题。在使用本标准前，使用者有责任制订相应的安全和保护措施，并明确其限定的适用范围。

## 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/T 12604.2 无损检测 术语 射线照相检测

GB 15208.1 微剂量 X 射线安全检查设备 第 1 部分：通用技术要求

## 3 术语和定义

GB/T 12604.2 和 GB 15208.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**X 射线穿透率 X-ray penetration rate**

经样品吸收后，剩余 X 光强度与未经样品吸收时光强度的比值。

### 3.2

**空间分辨力 spatial resolution**

在一定的对比度条件下，CT 图像所能识别出的物体最小的尺寸。

### 3.3

**扫描 scan**

利用 X 光源，对样品照射，以探测器检测经样品吸收后的 X 光强度，并获得二维透射图像。

### 3.4

**三维重构 reconstruction**

以样品内每个点对 X 光的吸收系数为未知变量，根据对样品进行 360° 扫描所获得的二维图像，求解出每个空间位置点的 X 光吸收系数，并以不同灰度三维成像显示样品内每个空间位置点对 X 光的吸收系数。

### 3.5

**伪影 artifact**

由于探测器不稳定导致的在扫描并重构后的样品图像中，出现的非样品本身所具有的图像，包括环状伪影和线状伪影。

## 4 仪器和材料

### 4.1 X 射线 CT 扫描仪

#### 4.1.1 射线源

X 光应满足对样品具有平均 50% 以上的穿透率。射线源位置可沿射线中心线方向调节，调节最小步长不大于 0.01mm。

#### 4.1.2 样品台

应能做垂直和水平移动，并可沿垂直轴 360° 旋转。样品台垂直及平移最小步长不大于 0.01mm，沿垂直轴旋转角度最小步长不大于 1°。

#### 4.1.3 探测器

能沿 X 射线中心线方向移动，移动最小步长不大于 0.01mm。探测器空间分辨力应达到 1 $\mu$ m。应能将接收的 X 光信号转化为数字信号并存储于存储器。

### 4.2 扫描软件

能控制射线源位置、X 射线强度、样品台位置、样品扫描角度、探测器位置和探测器曝光时间。能自动扫描并存储二维扫描图像。

### 4.3 重构软件

需具有重构、重构后预览、图像滤波、图像去噪、图像增强功能。

### 4.4 标定球

已知直径且不易变形的标准圆球。

## 5 样品制备

在待测样品上钻取出圆柱样品备用。若所需样品较小，无法钻取时，应从大样品上敲下或剥离下小样品，并打磨掉棱角，使样品尽量呈圆柱状或近圆柱状。

## 6 扫描条件控制及扫描

### 6.1 扫描条件控制

#### 6.1.1 射线源、样品台和探测器位置调节

将样品放置在样品台上并固定，打开射线源及探测器预览样品二维图像。调节射线源、样品台和探测器位置，保证样品在 360° 旋转扫描过程中，样品图像在探测器视野之内，并且占探测器视野的三分之二以上。

#### 6.1.2 样品 X 射线穿透率调节

调整 X 射线源电压数值，使得样品的 X 射线平均穿透率在 25% ~ 75%。

### 6.1.3 样品图像灰度值调节

通过调节 X 射线源电流或探测器曝光时间，调节图像灰度值。保证扫描图像灰度值在探测器饱和灰度值的 10% ~ 90%。

### 6.1.4 扫描图像数量

样品扫描图像数量不低于 360 张，应为 360 的整数倍。

## 6.2 扫描

### 6.2.1 空白扫描

取出样品，对无样品的背景进行扫描，获得空白图像。空白图像灰度应均匀渐变，无异常亮点及暗点。

### 6.2.2 样品扫描

将样品移入，样品按特定角度步长旋转，每旋转一个角度，扫描一张图像。旋转扫描至 360°，扫描结束。

## 6.3 图像比例标定

样品扫描完成后，移出样品，放入标定球，拍摄单张扫描图像。测量扫描图像中的标定球直径所占像素，以标定球直径除以标定球直径所占像素值计算出图像比例。

## 7 三维重构及重构图像数据输出

### 7.1 三维重构

选择两个或两个以上参考面，逐步调节样品或探测器几何偏移参数，进行预重构。直至预重构参考面图像中特征矿物轮廓、孔隙及裂缝边缘最清晰时，确定重构参数并重构。预重构图像参见 A.1。

### 7.2 孔隙和裂缝识别

根据图像灰度识别孔隙和裂缝，图像灰度值与背景灰度值相同的部分，即为孔隙或裂缝。

### 7.3 重构图像数据输出

记录扫描及成像参数，存储并备份扫描及重构图像。扫描及成像参数记录格式参见附录 B。

重构后的三维数据输出格式应为“.RAW”标准格式。

重构后的数据体输出二维图像格式应为“.RAW”或“.BMP”标准格式。

## 8 质量控制

对重构后图像切片观察，无环状或线状伪影。环装和线状伪影参见 A.2。

对重构后图像切片观察，样品内特征矿物轮廓、孔隙及裂缝边缘清晰。

附 录 A  
(资料性附录)  
重构及伪影图像示例

A.1 预重构图像示例参见图 A.1。

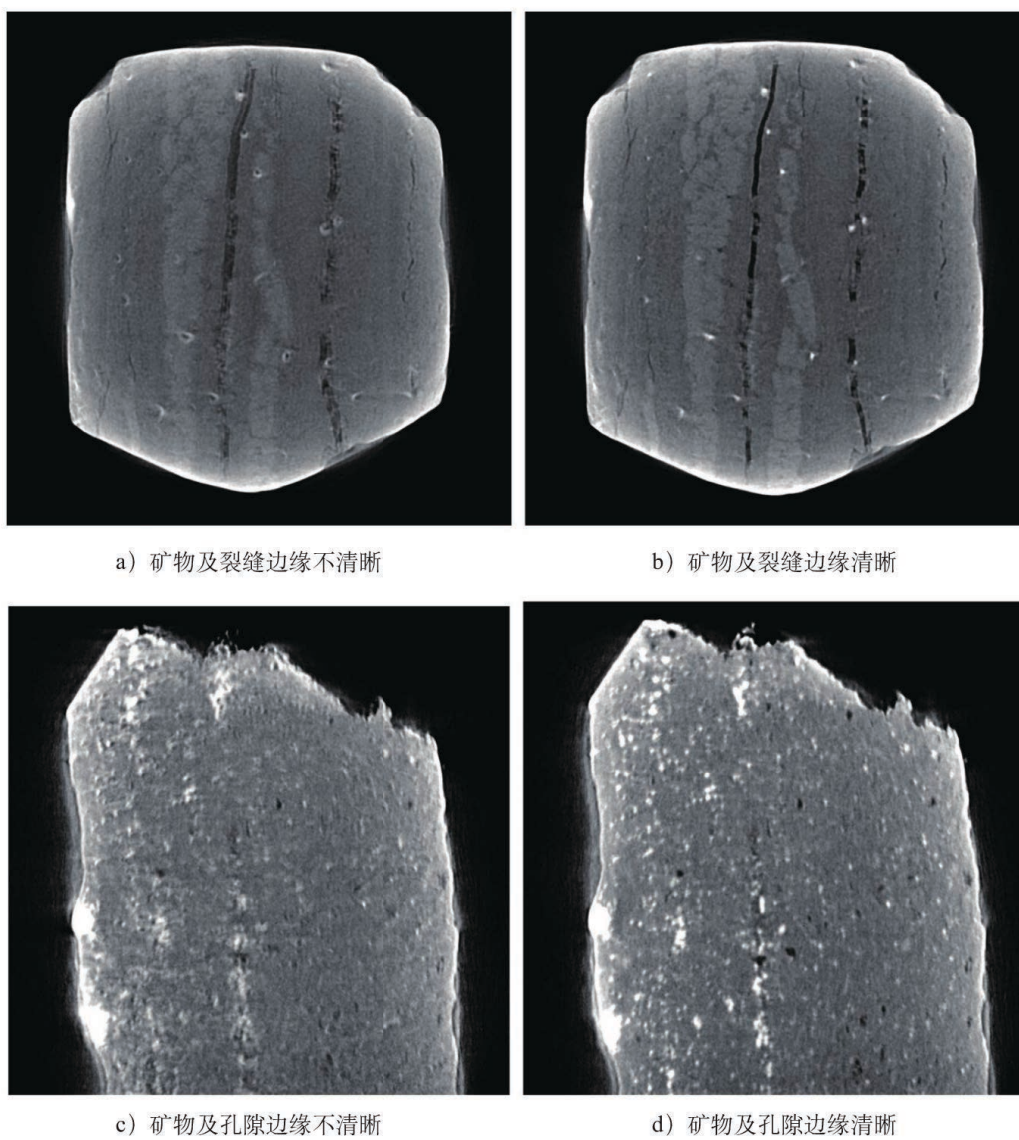
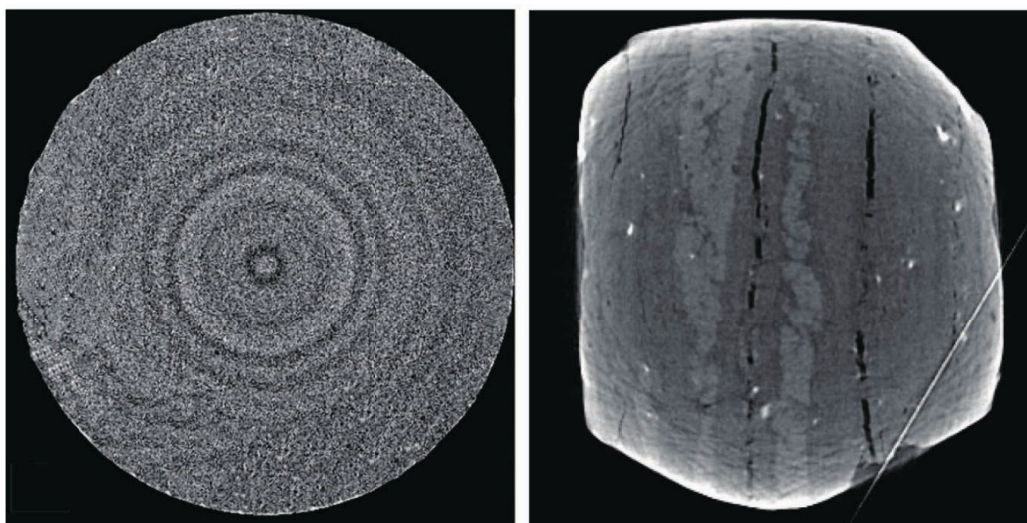


图 A.1 重构图像观察示例



A.2 伪影图像示例参见图 A.2。



a) 环状伪影

b) 线状伪影

图 A.2 环状伪影和线状伪影示例

附 录 B  
(资料性附录)  
扫描及成像原始记录格式

泥页岩 X 射线 CT 扫描原始记录格式参见表 B.1。

表 B.1 泥页岩 X 射线 CT 扫描及成像原始记录

样品编号：\_\_\_\_\_ 样品地区：\_\_\_\_\_ 样品井号：\_\_\_\_\_ 样品岩性：\_\_\_\_\_

送样单位：\_\_\_\_\_ 扫描日期：\_\_\_\_\_ 扫描人：\_\_\_\_\_ 审核人：\_\_\_\_\_

| 项目                                     |                   | 参数 | 备注 |
|--|-------------------|----|----|
| 仪器名称                                   |                   |    |    |
| 仪器型号                                   |                   |    |    |
| 样品大小                                   |                   |    |    |
| 射线源条件                                  | 电压，kV             |    |    |
|  | 电流， $\mu\text{A}$ |    |    |
| 探测器条件                                  | 探测器类型             |    |    |
|  | 探测器像素点数           |    |    |
| 射线源—样品—探测器<br>间距                       | 射线源与样品旋转中心距离，mm   |    |    |
|  | 射线源与探测器距离，mm      |    |    |
| 样品平均 X 射线穿透率，%                         |                   |    |    |
| 探测器曝光时间，s                              |                   |    |    |
| 原始二维图像数量                               |                   |    |    |
| 原始二维图像名称                               |                   |    |    |
| 重构软件名称                                 |                   |    |    |
| 重构三维图像名称                               |                   |    |    |
| 重构三维图像文件数据类型                           |                   |    |    |
| 重构三维图像三维像素                             |                   |    |    |
| 重构三维图像像素比例， $\mu\text{m}/\text{pixel}$ |                   |    |    |



中华人民共和国  
能源行业标准  
**泥页岩 X 射线 CT 扫描及成像方法**  
NB/T 10122—2018

\*

石油工业出版社出版  
(北京安定门外安华里二区一号楼)  
北京中石油彩色印刷有限责任公司排版印刷  
新华书店北京发行所发行

\*

880×1230 毫米 16 开本 0.75 印张 19 千字 印 1—400  
2019 年 5 月北京第 1 版 2019 年 5 月北京第 1 次印刷  
书号：155021·7947 定价：20.00 元

**版权专有 不得翻印**