

中国地质调查局项目资助

实物地质资料

数字化与可视化展示方法

李英康 祝尉洪 刘凤民 等著



地质出版社

目 实物地质资料信息服务集群化研究 (1212011087158) 资助
实物地质资料集成与服务系统建设 (1212011120428)

实物地质资料数字化与 可视化展示方法

李英康 祝尉洪 刘凤民
米胜信 姚聿涛 高建伟 著
邓会娟 韩 健 赵晓青

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书首先叙述了实物地质资料(钻孔岩心、地质标本、光薄片)信息、图像的数字化方法与要求。其二,为专业、规范地开展实物地质资料数据库的建设,基于实物地质资料的产出类别、管理工作需要、用户需求,按照实物地质资料管理工作流程(汇交、验收、整编、入库、服务),参照现行标准、规范,提出了实物地质资料数据建库要求。最后,概述了实物地质资料可视化展示的方法。

本书适用于实物地质资料数字化、建立数据库、信息交换和实物地质资料可视化在线服务的用户作为参考。

图书在版编目(CIP)数据

实物地质资料数字化与可视化展示方法 / 李英康,
祝尉洪,刘凤民等著. —北京:地质出版社,2014.9

ISBN 978-7-116-08917-4

I. ①实… II. ①李… ②祝… ③刘… III. ①地质-
非书资料-技术档案-数字化 IV. ①G275.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 184393 号

责任编辑:柳青 孙亚芸

责任校对:王瑛

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010)82324573(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

传 真:(010)82310759

经 销:北京中地金土图书发行有限公司

电 话:(010)82324508;(010)82324556

印 刷:北京地大天成印务有限公司

开 本:787mm×1092mm $\frac{1}{16}$

印 张:10

字 数:250千字

版 次:2014年9月北京第1版

印 次:2014年9月北京第1次印刷

定 价:35.00元

书 号:ISBN 978-7-116-08917-4

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

实物地质资料系指在长期的地质工作中形成的地质钻孔岩心、地质岩石标本、岩石薄片、矿石光片、古生物化石及各种样品副样等天然实物，还包括相关的地质说明资料，统称为实物地质资料。它们具有唯一性、基础性，分布范围广泛，基本覆盖了我国的全部陆地。为我国开展基础地质研究、国土资源调查评价、矿产勘查开发、水工环勘查、地质灾害防治、国土整治、城市规划等提供了必不可少的重要基础数据，并在国家经济建设的宏观决策、远景规划的制定中起着重要的作用。

为全面贯彻落实《国务院关于加强地质工作的决定》的精神，建立健全地质资料信息共享和社会化服务体系，提高地质资料社会化服务水平，国土资源部办公厅印发了《国土资源信息服务集群化和产业化工作实施方案》和《推进地质资料信息服务集群化产业化工作方案》，在全国开展地质资料信息服务的集群化、产业化研究工作。中国地质调查局资助了“实物地质资料信息服务集群化研究（1212011087158）”和“实物地质资料集成与服务系统建设（1212011120428）”项目，开展虚拟现实技术及实物标本互动演示技术的适用性研究和地质调查实物地质资料文件级目录标准研究，实现地质实物标本的数字化采集、三维交互演示及网络服务，为实物地质资料的社会化服务奠定了基础。

在实物地质资料信息服务中，为了以数字化、信息化方式管理、展示实物地质资料，运用了数字化技术、数据库技术、网络技术、虚拟现实技术，建立了数字实物地质资料展示系统和网上数字展厅，将现实存在的实体资料馆的一些职能，以数字化、信息化方式完整地呈现在网络上，向社会提供在线服务。

实物地质资料数据（包括属性、图形、文档）是描述地球表面或地球内部的演化历史及其变化趋势的多学科数据。为了开展实物地质资料的全面数字化和数据库建设，以集成可见的方式在线提供实物地质资料展示服务，特编写了本书。

本书第1章至第6章分别介绍了实物地质资料数字化和可视化展示技术。

1) 地质标本（化石）的二维、三维数字化、建模、展示和发布技术方法。

2) 地质钻孔岩心的数字化方法技术、数据著录内容、岩心扫描系统、岩心图像数据的管理和岩心图像柱状图的制作与展示。

3) 岩石薄片(矿石光片)数字化的方法技术、工作流程与内容,以及光薄片图像、描述数据的管理与展示系统。

本书中第7章、第8章介绍了实物地质资料信息数据库建库工作要求。描述了实物地质资料数据库建设中,使用的基本要求、主要内容、应用范围、数据库文件格式、数据项和字段定义、编录说明,以及数据字典、元数据等。

本书中的相关内容可以作为读者进行实物地质资料数字化、信息编录与存储、建立数据库、综合管理、信息交换工作的参考。

由于时间与水平的原因,本书难免存在不足,敬请读者批评指正。

作者

2013年3月

目 录

前 言

第1章 地质标本数字化	(1)
1.1 适用范围	(1)
1.2 工作要求	(1)
1.2.1 工作准则	(1)
1.2.2 操作规程	(1)
1.3 地质标本筛选要求	(2)
1.3.1 基本原则	(2)
1.3.2 标本尺寸范围	(2)
1.4 地质标本三维图像激光扫描	(3)
1.4.1 设备配置	(3)
1.4.2 软件配置	(4)
1.4.3 扫描参数设定	(4)
1.4.4 三维激光数据采集方法	(5)
1.5 地质标本三维全景影像拍摄	(6)
1.5.1 设备配置	(6)
1.5.2 软件配置	(7)
1.5.3 照相参数设定	(7)
1.5.4 地质标本全景影像采集方法	(7)
1.6 地质标本图像拍摄	(10)
1.6.1 设备配置	(10)
1.6.2 软件配置	(11)
1.6.3 相机参数设定	(11)
1.6.4 地质标本图像拍摄方法	(12)
第2章 地质钻孔岩心数字化	(13)
2.1 适用范围	(13)
2.2 规范性引用文件	(13)
2.3 术语与定义	(13)
2.3.1 岩心数字化	(13)
2.3.2 虚拟岩心库	(13)
2.3.3 岩心表面图像采集	(14)

2.3.4	岩心光谱数据采集	(14)
2.3.5	岩心照相	(14)
2.3.6	岩心光谱数据反演	(14)
2.4	岩心基本信息著录	(14)
2.4.1	保管地和保管者	(14)
2.4.2	生产者和所有者	(14)
2.4.3	钻孔基本信息	(14)
2.4.4	其他相关信息	(15)
2.5	岩心表面图像采集	(15)
2.5.1	基本要求	(15)
2.5.2	岩心扫描过程及技术要求	(15)
2.6	钻孔岩心扫描系统	(17)
2.7	岩心扫描数字化技术方法	(18)
2.7.1	岩心图像采集	(18)
2.7.2	图像处理	(19)
2.7.3	图像入库	(19)
2.7.4	岩心属性信息编录	(20)
2.7.5	钻孔综合柱状图	(20)
2.7.6	数据备份	(20)
2.7.7	资料归档	(21)
第3章	光、薄片数字化	(22)
3.1	目的意义	(22)
3.2	范 围	(22)
3.3	要 求	(22)
3.3.1	样品要求	(22)
3.3.2	设备要求	(22)
3.4	操作步骤	(23)
3.4.1	显微镜中心校正	(23)
3.4.2	图像采集	(24)
3.4.3	图像采集说明	(25)
3.4.4	检查整理	(26)
3.5	应用实例	(26)
3.5.1	普遍特征	(28)
3.5.2	特殊现象	(28)
3.5.3	特殊矿物	(28)
3.5.4	典型结构构造	(28)
3.6	矿物鉴定与光性选择	(28)
3.6.1	非均质体矿物鉴定	(28)

3.6.2 均质体矿物鉴定	(29)
3.6.3 不透明矿物鉴定	(30)
第4章 地质标本三维数字建模	(31)
4.1 三维激光扫描图像建模	(31)
4.1.1 三维激光扫描数据建模概述	(31)
4.1.2 三维激光扫描数据建模流程	(33)
4.1.3 三维激光建模参考实例	(39)
4.2 三维全景影像建模	(65)
4.2.1 三维全景影像建模概述	(66)
4.2.2 三维全景影像建模流程	(66)
4.2.3 三维全景影像建模参考实例	(71)
4.3 三维虚拟建模	(73)
4.3.1 三维虚拟建模概述	(74)
4.3.2 三维虚拟建模流程	(75)
4.4 三维建模方法对比	(80)
第5章 三维数字展厅建设	(81)
5.1 数字实物馆概念	(81)
5.2 建设目标	(81)
5.2.1 资源生产	(81)
5.2.2 资源建设	(81)
5.2.3 服务平台	(82)
5.3 建设原则	(82)
5.4 建设内容	(82)
5.4.1 数字资源体系建设	(83)
5.4.2 软件体系建设	(83)
5.4.3 服务网络建设	(84)
5.4.4 硬件支撑系统建设	(84)
5.4.5 特色服务平台建设	(84)
5.5 数据管理	(84)
5.5.1 数据建库	(84)
5.5.2 数据压缩	(84)
5.5.3 数据加密	(85)
5.5.4 海量数据存储	(86)
5.6 数字展厅设计与构建	(87)
5.7 系统集成	(90)
第6章 Web3D 发布与展示	(94)
6.1 发布流程	(94)
6.2 文件存储管理	(96)

6.3	数字实物地质资料展厅展示	(96)
6.4	技术支持	(96)
第7章	实物地质资料数据库文件格式	(100)
7.1	主要内容与适用范围	(101)
7.1.1	主要内容	(101)
7.1.2	适用范围	(101)
7.2	引用标准	(101)
7.3	编码规则	(101)
7.3.1	库位编码规则 (CODE_ID)	(101)
7.3.2	日期、时间编码规则	(102)
7.3.3	经度、纬度编码规则	(102)
7.3.4	省(自治区、直辖市)代码	(102)
7.3.5	地质行业代码	(103)
7.3.6	项目编号	(103)
7.3.7	地质钻孔类别代码	(103)
7.3.8	钻孔编号	(103)
7.4	数据文件格式与说明	(104)
7.4.1	基本信息编录	(105)
7.4.2	实物信息编录	(118)
7.4.3	实物图像编录	(127)
7.5	数据字典	(135)
7.5.1	地质工作类别代码	(135)
7.5.2	密级	(135)
7.5.3	地质工作程度	(135)
7.5.4	矿床类型	(135)
7.5.5	矿床规模	(135)
7.5.6	钻孔类型	(136)
7.5.7	钻进方法	(136)
7.5.8	钻孔性质	(136)
7.5.9	岩石地层单位	(136)
7.5.10	标本类型	(136)
7.5.11	化石类型	(137)
7.5.12	主要矿种	(137)
7.5.13	时代	(137)
7.5.14	成矿时代	(137)
7.5.15	样品类型	(137)
7.5.16	标准样类型	(137)
7.5.17	分析元素名	(137)

7.5.18 样品分析方法 (138)

7.5.19 实物类型 (138)

7.5.20 岩石分类名称 (138)

7.5.21 岩石名称 (138)

7.5.22 实测剖面性质 (138)

7.5.23 观察方式或观察模式 (138)

7.5.24 成矿带名称 (138)

7.5.25 地质构造单元名称 (141)

第8章 元数据 (143)

8.1 元数据内容 (143)

8.2 元数据示例 (146)

第1章 地质标本数字化

在野外地质调查、矿产调查中,形成了大量的地质标本,包括手标本、矿物标本、岩石标本、矿石标本、地层标本、构造标本、化石标本、定向标本、陈列标本、分析标本、测试标本。^① 为了向用户提供电子化、信息化的服务,需要对地质标本进行数字化,形成集合的图像产品。

1.1 适用范围

在地质标本数字化方法中,提供了地质标本三维照相、激光扫描和三维建模方面的技术要求与工作方法,以及相关仪器设备的操作指南、软件使用和注意事项,适用于实物地质资料的三维数字化工作。

1.2 工作要求

1.2.1 工作准则

1) 了解三维图像采集仪器、设备的原理和性能、使用方法及操作步骤,能够排除采集所需设备的小故障。

2) 做好仪器设备的日常管理、维护工作,定期检查仪器设备的工作状况,发现仪器设备运行不良时,及时报维修。

3) 做好三维图像数字化采集场所的环境安全卫生工作。

4) 进行图像采集工作前,按照要求准备好所需的仪器设备和各种消耗材料,认真检查仪器的运行状态,确保仪器正常工作。

5) 数字图像采集中,做好采集记录,建立工作档案。

6) 数据采集工作结束后,应整理好设备,关闭仪器,关好门窗、水、电。

1.2.2 操作规程

地质标本三维照相、激光扫描图像的数据采集,会受到场地环境与工作人员操作能力等因素的影响,一些基本注意事项如下:

1) 保持工作场内环境干净,尽量避免强烈的光线干扰,包括自然光源以及非自然光

① 《GB/T 9649—88 地质矿产术语分类代码》第1168页。

源的干扰。

2) 减少不必要的人员走动, 3 人一组为宜, 分别负责实物影像拍摄或激光扫描、岩石标本查找与搬运、标本的编号记录等建档工作。

3) 仪器操作人员必须事先经过培训, 熟悉仪器技术性能及工作原理, 才可以按照仪器操作规程进行操作。

4) 在操作过程中突遇停电, 应及时关闭电源, 以免突然来电时造成意外损坏。

5) 使用仪器时, 不得做与实物数字化操作无关的其他事情。

6) 选用仪器量程时, 应首选较大量程, 以免超出仪器最大量程而损坏。

7) 使用仪器后, 应关闭一切开关, 防止因仪器通电、通水时间过长而损坏。

1.3 地质标本筛选要求

对于在野外地质调查、矿产调查中, 形成的地质标本, 在扫描、照相工作之前, 需要进行岩石标本的挑选工作。

1.3.1 基本原则

基本原则是挑选具有重要价值、有地质意义、不涉密的岩石标本。

(1) 矿产地质调查与成矿区

1) 各类矿石标本、矿化岩标本、蚀变岩标本、围岩标本。

2) 矿体顶、底板岩石标本。

3) 矿区主要地层的代表性岩石标本。

4) 矿区主要岩浆岩的代表性岩石标本。

(2) 区域地质调查

1) 各种地层接触关系(整合、不整合、平行不整合、角度不整合、微角度不整合、嵌入不整合、超覆不整合、断层接触、侵入接触等)的岩石标本。

2) 各类化石标本。

3) 各种矿石标本、矿化岩标本。

4) 图幅填图单位的三大类(沉积岩、变质岩、岩浆岩)主要岩石类型标本。

5) 实测地质剖面上的主要岩石类型标本。

1.3.2 标本尺寸范围

1) 选择的地质标本应在 $8\text{cm} \times 8\text{cm} \times 8\text{cm}$ 至 $25\text{cm} \times 25\text{cm} \times 25\text{cm}$ 之间, 最好在 $15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 15\text{cm}$ 至 $23\text{cm} \times 23\text{cm} \times 23\text{cm}$ 之间。

2) 标本的形状、结构不要过于复杂, 标本形态不能有迂回与贯穿性孔洞。

3) 标本的颜色尽量避免纯色(黑色、白色), 浅色效果好。

4) 标本材质的透明度, 在 10% 以下最好(图 1.1)。

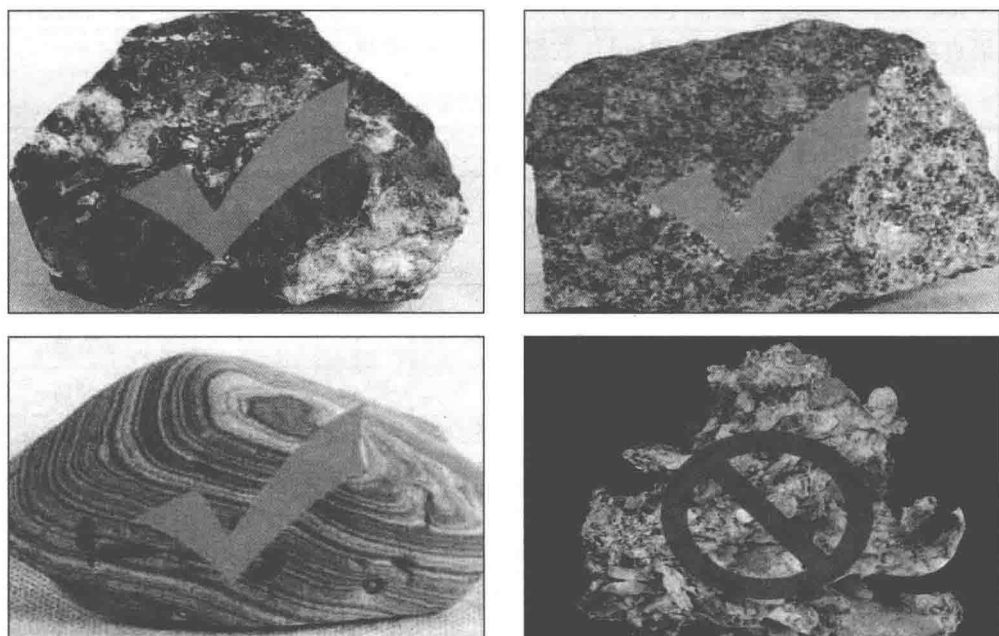


图 1.1 岩石标本挑选示意图

1.4 地质标本三维图像激光扫描

三维激光扫描技术是国际上近期发展的一项高新技术，又称“实景复制技术”，能将任何复杂的现场环境及空间进行扫描操作，通过激光测距（脉冲激光和相位激光），获取实物的三维点云数据模型。适用于结构复杂、不规则物体的三维可视化建模。

三维激光扫描技术的应用范围非常宽广，它是正向建模（如：由人工操作 CATIA、UG、CAD……）的对称应用，称为逆向建模技术（如：从实体或实景中直接还原出模型）。逆向建模可以将设计、生产、实验、使用等过程中的变化内容重构回来，然后进行各种结构特性分析（如：形变、应力、效能、过程、工艺、姿态、预测等）、检测、模拟、仿真、CIMS、CMMS、虚拟现实、柔性制造、虚拟制造、虚拟装配等，它还具有下列优点：

- 1) 实时真彩三维激光扫描。
- 2) 激光束全自动距离自适应聚焦功能，提高了扫描空间的均匀精度。
- 3) 全角实景扫描： $360^{\circ} \times 360^{\circ}$ 。
- 4) 全面捕捉数字化图像及目标纹理特性。
- 5) 可进行遥控扫描操作。
- 6) 可直接配接在 GPS 全球卫星定位系统上。

1.4.1 设备配置

地质标本三维激光扫描的设备采用 Faro Photon120 三维激光扫描仪（图 1.2），全角

360°×360°实景扫描，全面捕捉标本数字化图像和表面纹理，并可遥控进行扫描操作，扫描结果直接显示为点云（Point Cloud）数据。设备配置见表 1. 1。

表 1. 1 三维激光扫描的硬件设备配置表

硬件设备名称	数量	用途
Focus 3D 三维激光扫描仪主机	1	扫描
扫描仪操控笔记本电脑	1	处理
三维激光扫描仪主机锂电池	1	供电
SD8G 高速数据存储卡	1	存储
三维激光扫描仪拼接标靶	4	辅助
GITZO 碳纤维三脚架	1	辅助
岩石标本旋转载物台	1	辅助
岩石标本承载载物桌	1	辅助
相机机架	1	拍摄

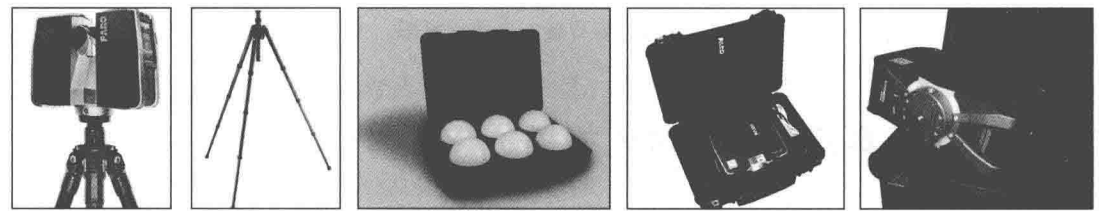


图 1. 2 三维激光扫描仪主机、三脚架、拼接标靶、锂电池、相机架配置图

1. 4. 2 软件配置

地质标本三维激光扫描采用软件为 Faro Scene 4. 8，KUBIT PointCloud 6. 0，KUBIT PhotoPlan 6. 0 等（表 1. 2）。

表 1. 2 三维激光扫描的软件配置表

软件名称	数量	用途
Faro Scene 4. 8	1	扫描处理
KUBIT PointCloud 6. 0	1	点云处理
KUBIT PhotoPlan 6. 0	1	点云处理
PhotoShop CS2	1	图片处理

1. 4. 3 扫描参数设定

在地质标本的三维激光扫中，三维扫描仪使用的参数见表 1. 3。

表 1.3 三维激光扫描仪数据采集参数设定表

垂直	65° ~ 90°
水平	0° ~ 360°
分辨率（岩石表面颜色为浅色或近似白色）	1/2 分辨率
分辨率（岩石表面颜色为深色或近似黑色）	1/1 分辨率
噪声压缩	2
尺寸	4000 像素 × 1722 像素

1.4.4 三维激光数据采集方法

由于激光扫描仪使用的采集数据方式是激光测距原理，因此在扫描作业中，除尽量减少扫描仪的搬动次数之外，还要选择最佳的地质标本摆放位置和高度，其原则是对被测地质标本保持最大的扫描覆盖范围。

1) 地质标本的摆放高度保持在离地面 1.0 ~ 1.2m 之间，这样有利于获得最大扫描覆盖范围，也有利于保证扫描数据的完整性和扫描时间最短。

2) 地质标本的摆放位置，应位于仪器操作人员活动场地的中心区域，便于操作人员的活动以及扫描仪的站点移动。

3) 放置地质标本的承载台平面，应尽量水平、无凹凸。在扫描仪到被测地质标本之间的激光发射范围内，不能有任何物体遮挡。

4) 由于扫描仪对反射率较高的材质物体，有较好的数据获取性，所以承载台的材质，应尽量选择反射率比较低的材质，避免地质标本摆放台产生干扰数据，以便提高后期处理的效率，减少工作时间。

5) 地质标本摆放到载物台上之后，需要确定激光扫描标靶球的摆放位置，一般使用 3 ~ 4 个标靶球，围绕岩石标本均匀地摆放在周围，通过多站点扫描、拼接，获取完整的三维标本扫描数据。

6) 连接笔记本电脑与扫描仪后，按扫描仪机身上的启动键，需要 1 分钟左右的开机启动时间，当指示灯不再闪烁时，则表示扫描仪准备就绪。

7) 打开笔记本电脑中的 Faro Scene 4.8 软件，指示灯为绿色状态时，表示连接已畅通，设备准备就绪。扫描精度设置到 1/2 档，并选择彩色扫描模式。

8) 首先进行一次全景预览扫描，确定地质标本在扫描区域中的方位。然后，在预览扫描图像中，选取地质标本和标靶所在的范围，进行高精度扫描。

9) 通过移动三维激光扫描仪的站点，对地质标本进行水平 3 次 120°、垂直 2 次 180° 的扫描，获得地质标本的整个表面结构的三维激光扫描数据。

10) 彩色扫描模式开启后，扫描仪上的数码相机会自动获取地质标本的纹理影像数据。

11) 利用 Faro Scene 软件自动识别出扫描数据中的标靶功能，对多站点数据进行拼接，对地质标本点云数据进行点云采样平均化，实现激光点云数据的真彩色，以及进行其他的后续处理操作。

12) 把地质标本的三维激光扫描结果转化为点云（Point Cloud）数据（图 1.3）。

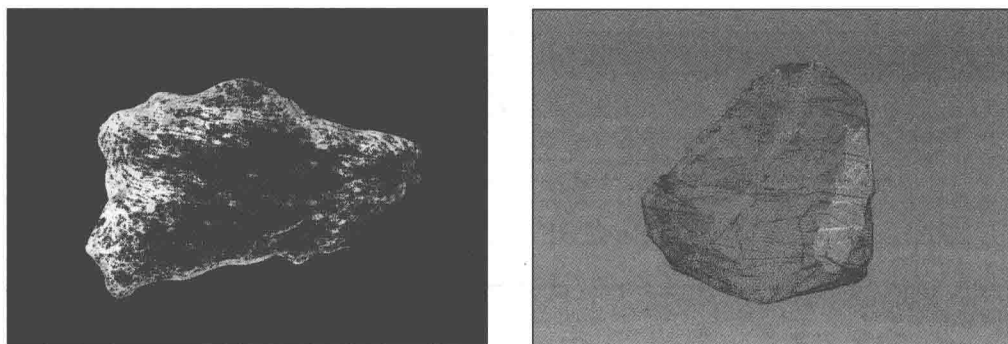


图 1.3 三维激光扫描岩石标本点云数据

1.5 地质标本三维全景影像拍摄

三维全景影像技术指三维全景影像合成技术，通常称为 360°全景技术。它是一种视觉新技术，基于虚拟技术和设备，模拟出一个可交互的、虚幻的三维空间场景，具有全新的真实现场感和交互式能力。

360°全景可通过专业相机捕捉整个物体的图像信息，拍摄一系列照片，利用软件进行图片序列拼合，把二维的平面图模拟成三维空间，由专门的播放器播放，呈现给观赏者。并且可提供互动的功能，放大缩小、方向移动，再现物体的三维真实效果。广泛应用于博物馆、展览馆、剧院、特色场馆三维全景虚拟展示。三维全景的特点如下：

1) 全：全方位，全面展示 360°球型范围内的所有景致，可按住鼠标左键进行拖动，观看场景的各个方向。

2) 景：实景，真实的场景，三维全景大多是在多张照片的基础之上，进行拼合得到的三维图像，能最大限度地保留场景的真实性。

3) 360°：360°环视的效果，虽然照片都是平面的，但是通过软件处理之后，可得到的 360°全景，能给人以三维立体的空间感觉。

1.5.1 设备配置

地质标本的 360°全景图像数字化设备配置见表 1.4。

表 1.4 地质标本的 360°全景照相的设备配置表

硬件设备名称	数量
Nikon D700 相机机身	1
18 ~ 70mm 相机镜头	1
16G 高速数据存储器卡	1
Nikon D700 快门线	1
GITZO 碳纤维相机专用脚架	1
摄影恒光灯 (4 × 25W)	2

续表

硬件设备名称	数量
摄影静物柔光箱（60cm×60cm）	1
背景纸支架	1
摄影背景纸（灰）	1
岩石标本灰底色旋转载物台	1
岩石标本承载载物桌	1

1.5.2 软件配置

地质标本的 360°全景数字图像重建使用的软件见表 1.5。

表 1.5 地质标本 360°全景数字图像重建使用的软件表

软件名称	数量
Flex	1
Papervision 3D	1
KUBIT PhotoPlan 6.0	1
PhotoShop CS2	1

1.5.3 照相参数设定

地质标本的 360°全景照相的参数设定见表 1.6。

表 1.6 地质标本的 360°全景照相的参数设定表

尺寸	3872 像素×2592 像素
分辨率	300dpi
位深度	24
颜色	sRGB
光圈值	f/16
曝光时间	1/5s
ISO	ISO - 100
焦距	38mm
光圈	4.1

1.5.4 地质标本全景影像采集方法

地质标本全景影像采集过程如下：

1) 在工作室内搭建一个用于地质标本拍摄的“影棚”，配备一张高 80 ~ 150cm、桌面不小于 60cm×60cm 以上的桌子，用于摆放地质标本、柔光箱、旋转载物台、摄影照明灯和背景纸。