



——油气领域创新性数字岩心技术一体化解决方案

释放手册——V1.8

ThermoFisher
SCIENTIFIC



2018 年 11 月

目录

全新的设计 1

DECT 双能 CT 分析模块全新释放 1

 DECT 标定 2

 DECT 分析 3

 调校之后数据的处理 5

 DECT 批量处理 6

 参考文献 6

孔隙网络两相流模块（包含原孔隙网络统计分析模块）功能增强 7

 孔隙网络模型提取——提取方法更丰富 7

 孔隙网络模型提取——多种模式 8

 孔隙网络模型提取——直接的属性计算 8

 孔隙网络模型提取——数据类型的丰富 8

 两相流模拟工具更新 8

岩心剖面分析模块的增强与新特性 9

 报告生成 9

未来版本系统配置 10

操作系统支持 10

问题修复 11

全新的设计

经过近 10 个月的努力，崭新的 PerGeos 软件 V1.8 版本已经展现在用户面前。

全新的软件图标，简介又充满艺术感，带有 PG 字母的红色正方形图案。



DECT 双能 CT 分析模块全新释放

PerGeos 软件 1.8 版本中加入了全新双能 CT 模块，即 Dual Energy Computed Tomography (DECT)。X 射线 CT 数据可以反映出样品的密度以及原子序数，通过全新的双能 CT 模块对在两种不同能量下扫描获得的 CT 数据进行分析处理，可以计算出样品图像中每个体素的密度和有效原子序数，从而实现多层或多井的全直径岩心 CT 数据对比。另外，DECT 模块还可以根据自带的矿物信息库建立一套与图像对应的矿物图表，该图表可以实现根据矿物信息对岩性进行分类。DECT 模块技术可以进一步挖掘全直径岩心 CT 数据的价值，通过该模块能够基于岩心真实图像计算出一条可与密度测井曲线对比的密度曲线，提升地层划分与表征的准确性。

DECT 工具目前可在 Analysis 工作区的 Dual Energy CT 文件夹内，以及 Explore 工作区中 Advanced Compute/Scripts 文件夹内的 Dual Energy CT 文件夹中找到。主要工具有以下几个：

- DECT Coefficient Generator 双能CT系数生成器
- DECT Mean Intensity 双能CT平均强度计算
- DECT Merge and Match 双能CT数据融合与匹配
- Iterative DECT 交互式双能CT数据分析
- Linear DECT 双能CT数据线性分析
- DECT Batch Processing 双能CT数据批量处理

DECT 标定

DECT 系统必须用已知的密度和成分数据构成的参考标准进行标定 (图 1)。PerGeos 带有一系列工具可以实现在已获取参考标准的基础上通过线性系数 (α) 和角系数 (β) 对 DECT 系统进行标定校准。具体工具描述如下:

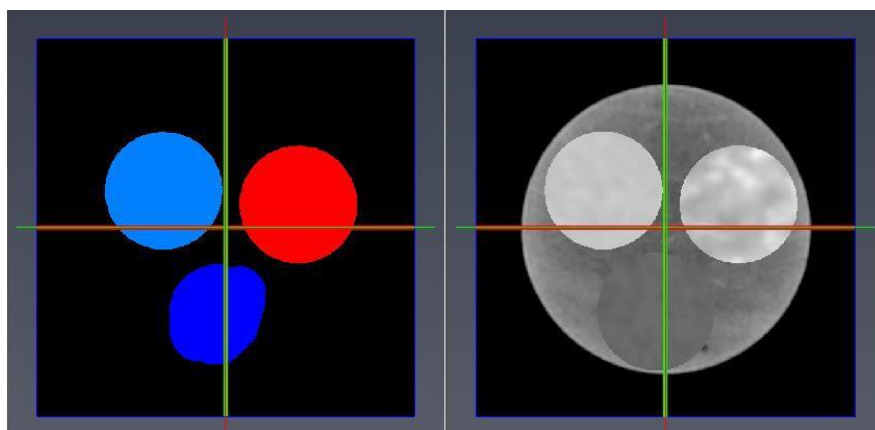


图 1 示例: 标定所用参考材料的灰度图 (右) 和标示图 (左)

DECT Mean Intensity 工具可以计算两种不同能量下参考标准的平均强度。输入数据为对比材料在不同扫描能量下的灰度图和标示图。输出结果为包含每种材料在每种扫描能量下的平均强度 (见图 2)。

	Material	Low Energy	High Energy
1	Al	2641.443848	2052.679443
2	Quartz	1768.457275	1404.931274
3	Granite	2611.361084	2040.36377

图 2 平均强度列表

DECT Merge and Match 工具将平均强度数据表内的项与包含密度和 Z_{eff} 属性的材料信息库向匹配 (见图 3)。两者匹配合并之后作为 DECT Coefficient Generator 工具的输入 (见图 4)。

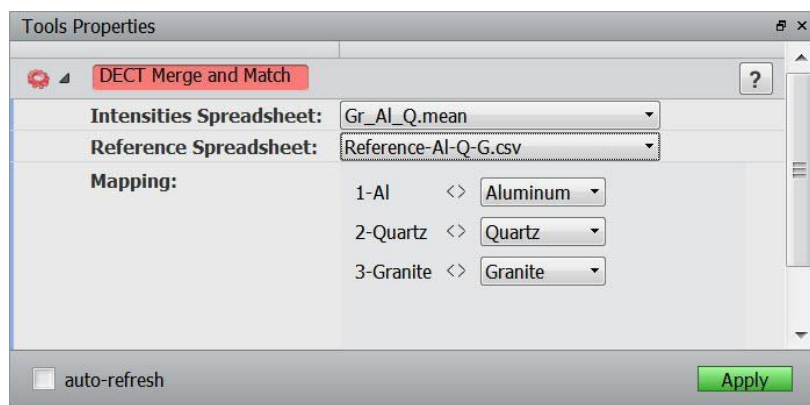


图 3 DECT Merge and Match 工具

	ReferenceName	Low Energy	High Energy	Density	EffectiveAtomicNumber
1	Aluminum	2641.443848	2052.679443	2.71	13
2	Quartz	1768.457275	1404.931274	2.2	11.8
3	Granite	2611.361084	2040.36377	2.62	12

图 4 匹配之后得到每一种材料的高能低能强度，密度以及 Z_{eff} 值

基于包含平均强度及材料信息的数据表，DECT Coefficient Generator 工具可以计算出每种扫描能量下的线性系数 (α) 和角系数 (β)。该工具的 Intensity Type 选项目前支持亨氏单位，线性衰减 (cm^{-1}) 和质量衰减 (cm^2/g) (图 5)。

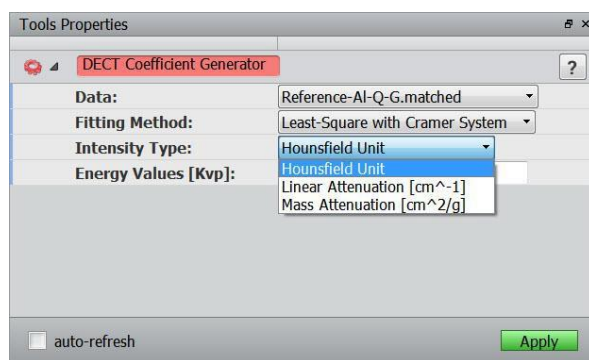


图 5 DECT Coefficient Generator 工具

DECT 分析

DECT 分析是通过对 X 射线 CT 在两种扫描能量下获取的图像进行分析，对样品内的不同材料进行识别，并且计算其密度和 Z_{eff} 值的过程。这一部分主要介绍如何使用 PerGeos 内的一系

列工具进行 DECT 分析。

Linear DECT 工具的输入数据为不同扫描能量下的两组灰度图像。默认类型为亨氏单位 (图 6); 然而, 如果打开 Advanced 标签, 还可以在 Data Type 类型中选取线性衰减 (cm^{-1})。如果要求只对 mask 框定的区域范围内的体素进行计算的话, 也可以输入一个二值化的 mask 文件。另外工具还需要输入含有已知密度和 Z_{eff} 信息的材料数据库, 材料数据库内的信息可以帮助识别样品中的材料。(见参考文献 1 和图 7)

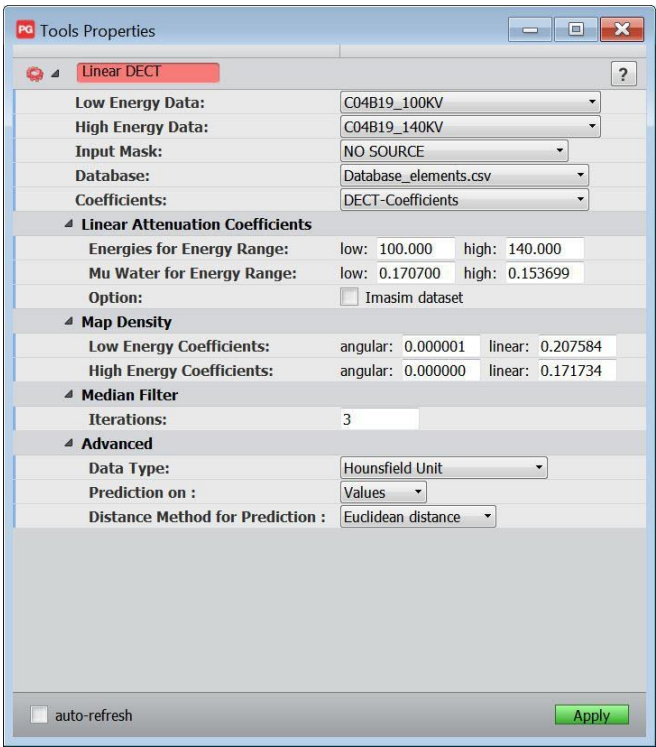


图 6 Linear DECT 工具

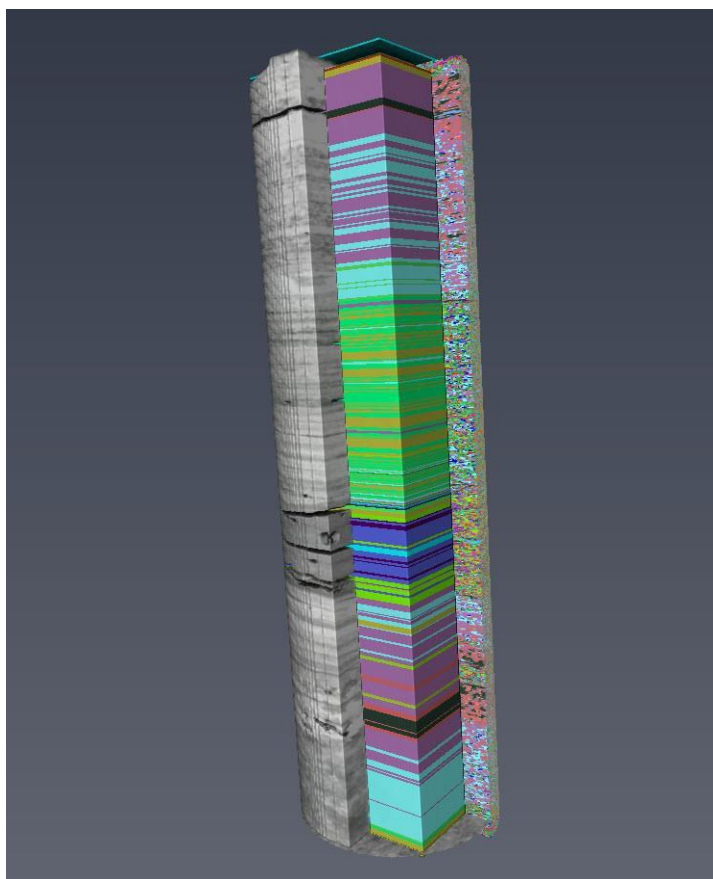


图 7 灰度图，识别的材料以及利用 Linear DECT 进行岩相分类之后的岩心三维效果展示

除了灰度图像和相关系数，Iterative DECT 工具在分析过程中还会考虑参考材料的密度， Z_{eff} 和原子质量等数据（见参考文献 2）。

以上工具最终可以输出密度图像， Z_{eff} 图像，筛选后的 Z_{eff} 图像，材料预测图像（基于数据库）和 Z_{eff} 误差记录。此外，还可以借助 Linear DECT 工具，生成平均密度曲线和 Z_{eff} 曲线。

调校之后数据的处理

虽然不建议使用经过位置校正后双能 CT 图像，但有的时候，图像可能需要事先进行对齐对准等操作。现在 Linear DECT 工具本身会考虑对齐对准后图像相应位置参数的变化，因此 Linear DECT 工具在处理这些图像的时候不需要另外对输入图像进行调整。

DECT 批量处理

针对某一根目录下的一系列文件夹,可以使用 Explore 工作区内的 DECT Batch Processing 工具实现 Linear DECT 分析的批量处理,处理的结果还可以直接输出到相同根目录或者其他文件目录下,且文件夹的结构层级都可被保留。模式识别机制可以自动搜索并列出根目录下所有包含用户指定的包含高能低能信息的子文件夹(见图 8)。批处理功能支持 DICOM 和 AM 格式(PerGeos 系统的文件格式)的数据。

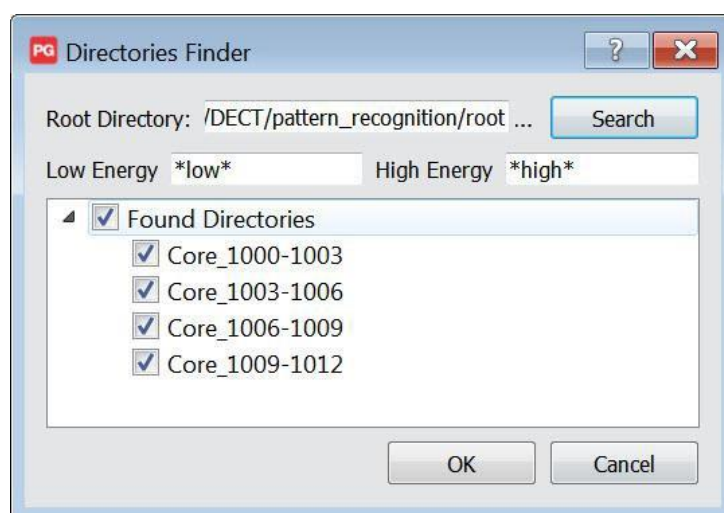


图 8 DECT Batch Processing 工具中的 Directories Finder 窗口

参考文献

1. Methodology for attainment of density and effective atomic number through dual energy technique using microtomographic images, H. Alves, I. Lima, R.T. Lopes, *Applied Radiation and Isotopes*, Volume 89, Pages 6-12, 2014
2. Application of a dual-energy monochromatic X-ray CT algorithm to polychromatic X-ray: A feasibility study, S. Chang, H.K. Lee, G. Cho, *Nuclear Engineering and technology*, Volume 44, Pages 61-70, 2012

孔隙网络两相流模块（包含原孔隙网络统计分析模块）功能增强

孔隙网络模型提取——提取方法更丰富

在 PerGeos 软件 1.8 版本中对孔隙网络提取工具进行了更新，目前有三种提取孔隙网络的方法可供选择：

- Statistics and Single Phase 基于孔隙网络模型的统计与单相流分析模型
- Pore-Based 2 Phase Flow 基于孔隙生成的两相流模拟模型
- Grain-Based 2 Phase Flow 基于基质生成的两相流模拟模型

Statistics and Single Phase 方法即上一版本的 Pore-Based PNM 方法。这个方法基于样品的孔隙空间建立一套包含圆形孔隙和圆柱形喉道的网络。通过这套方法可以计算得到孔隙及喉道的尺寸数据，以及每个孔隙的配位数。此外，在激活 Generate Properties 选项并设定流动方向后，还可以计算绝对渗透率和迂曲度参数。此方法生成的孔隙网络模型不适用于两相流模拟计算（孔隙网络流动模块）。

Pore-Based 2 Phase Flow 和 Grain-Based 2 Phase Flow 方法生成的是可用于两相流模拟计算的孔隙网络模型。基于这两种方法得到的孔隙网络模型中的孔隙和喉道包含边角截面的孔隙空间信息，可以同时赋存润湿相和非润湿相流体。

Pore-Based 2 Phase Flow 中，孔隙空间主干结构的生成为识别孔隙及喉道。此方法通过对输入的体素图像的识别保留了孔隙空间的连通性。这种方法适用于包含颗粒状与非颗粒状结构的样品，对于碳酸盐岩样品，裂缝型样品，致密砂岩样品及其他连通孔隙度较低的样品建议使用这种方法。

Grain-Based 2 Phase Flow 方法中，矿物颗粒尺寸在孔隙空间内不断增加，与矿物颗粒的接触点识别孔隙和喉道，进而生成孔隙空间的主干结构。这种方法适用于颗粒结构清晰的样品，如砂岩等。

孔隙网络模型提取——多种模式

1.8 版本的孔隙网络模型提取中加入了新的 Label Interpretation 选择菜单。该选择菜单允许客户选择输入图像的分割类型。Multiphase 选项对应分割后包含孔隙、粘土、颗粒等信息的分割图像。当选择此选项时，用户可以在出现的选项框中为孔隙与含微孔相选择相对应的分割图像中的标签名。另一个选项是 Separated Pores。这个选项针对只分割出孔隙的图像，此选项下不能对含微孔相的标签进行指定（图 9）。

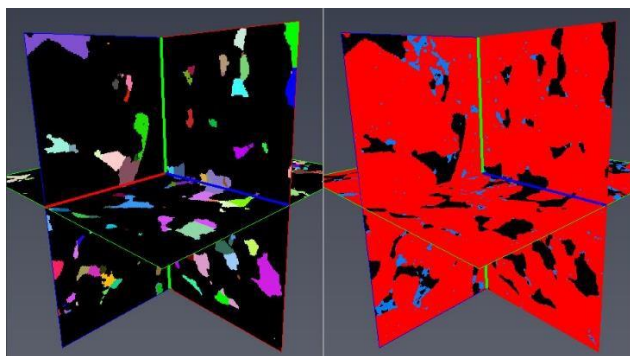


图 9 Multiphase（右）与 Separated Pores（左）图像示例

孔隙网络模型提取——直接的属性计算

在 Pore-Based 2 Phase Flow 和 Grain-Based 2 Phase Flow 方法下同样也有一个 Generated Properties 选项。当激活时，系统会输出并绘制孔隙喉道的尺寸分布，以及孔隙-喉道尺寸比数据。此外，系统还会生成其他统计数据如孔隙喉道数量、孔隙喉道最大最小值等。

孔隙网络模型提取——数据类型的丰富

孔隙网络模型提取的所有方法均支持 8 位和 16 位图像。

两相流模拟工具更新

在本版本中，模拟过程将自动计算相对渗透率和电阻率指数。Properties to Calculate 选

项类别被移除，取而代之的是 Target Saturation 选项类别。新的选择类别允许输入饱和度步长和目标 Sw 值。

用于储存流体侵入和驱替信息的内部模拟状态文件格式由原来的文本格式变更为二进制格式。这项改动可以提升模拟的精确度和减少大型孔隙网络模型传输时间。

岩心剖面分析模块的增强与新特性

报告生成

Core Profile 工作区的 Log 窗口已被添加至自动生成报告模板中。报告模板加入了一块空间用于显示 Core Profile 工作区中 Log 窗口的显示内容（见图 10）。

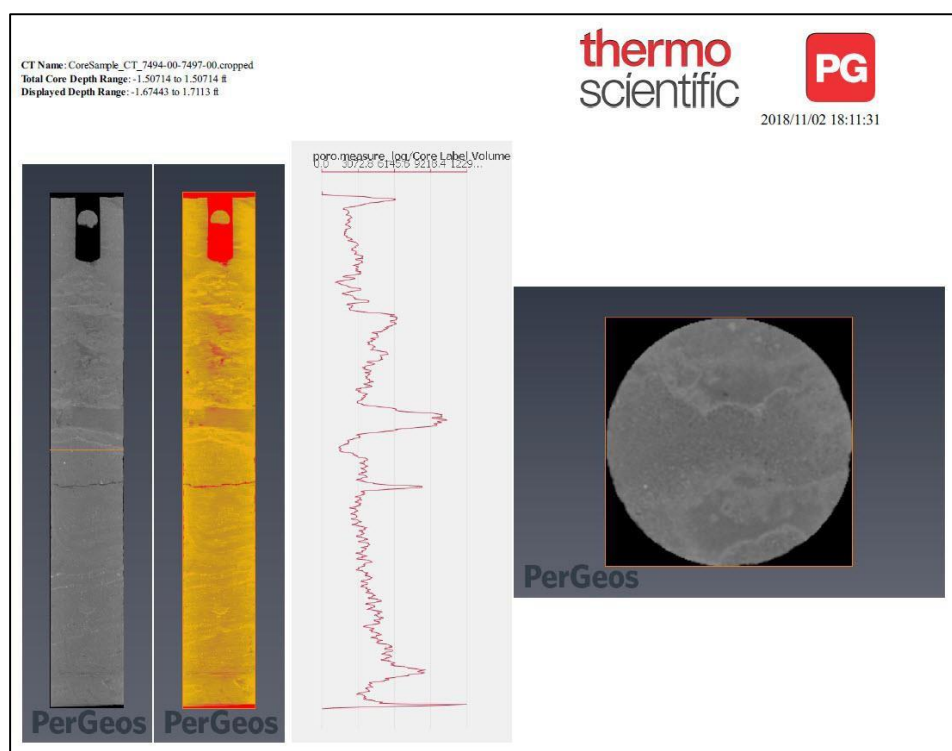


图 10 Core Profile 工作区的 Log 窗口已被添加至自动生成报告模板中

未来版本系统配置

在 PerGeos 软件 V1.8 版本后的更新版本中，将不再支持 gcc 4.4.x 与红帽 Linux 6。下一版本支持更新的 gcc 4.8.x 和红帽 Linux 7 系统，敬请期待。

操作系统支持

PerGeos 软件 1.8 版本:

- Microsoft Windows® 7/8/10 (64位)
- Linux x86 64 (64位)。支持Intel64/AMD64的64位架构。支持的Linux版本为红帽 Linux 6。

如果需要利用 XPand 添加用户自己开发的模块，您需要

- Microsoft Visual Studio 2013 (VC12) Update 4 (针对Windows用户)
- gcc 4.4.x (针对红帽Linux 6用户)

问题修复

PerGeos 软件 1.8 版本针对以下已知的问题进行了改进：

Absolute Permeability	73856	Removed unappropriated reference to use of a "cluster".
Core Profile	33172	Number of voxels no longer unexpectedly updates when input unit is modified.
	68048	Increased precision of display during "Summary" step of the Assembly Wizard.
	73870	Corrected random bad scale bar and inability to display top of the core after assembly wizard.
	73869	Corrected slowness when logs display.
	73439	Corrected Assembly Wizard problem when generating certain LDA files.
DICOM	73365	IMA files are now managed by the Assembly Wizard.
Explore	68041	Solved problem with Porosity MultiPhase Mean Logs tool becoming unresponsive.
	70237	On compute REV, numerical values are modified to match with units. Units are now displayed in the column titles of the result sheet for clarity.
PNM	69056	Corrected imprecise calculation on PNM connectivity.
Recipe by slab	70371 70285	Fixed data loss that occurs while merging slabs during label separation.
	70231	If output is not a binary, an error message is now displayed to avoid unresponsive situation.
Save	69864	Saving project: Now, when a project is modified, the associated GUI floppy disk is correctly updated.
	70538 70847	Saving "LDA"/"Pack and Go": Corrected problem with LDA files not being properly managed in pack and go project.
Segmentation	71912 71864	Corrected unresponsive situation due to simultaneous multi-thread access.
Volume Rendering	72392	Graphic card P5000 is now correctly supported.

我们非常愿意倾听您的宝贵意见，以及得到您软件试用的反馈。在您使用当中如果有任何意见和建议，请发邮件至 support@colchispetro.com 或直接联系您我们+86（010）6786 3233，+86 18910285233。我们非常期待您的反馈