ICS 73.080
CCS D59

DZ

中 华 人 民 共 和 国 地 质 矿 产 行 业 标 准

DZ/T 0184.12—202x
代替 DZ/T 0184.11-1997

地质样品同位素分析方法 第12部分：沉积物 铅-210地质年龄测定 α能谱法

Methods for isotope analysis of geological samples—Part 12: Determination of lead-210 geological age for sediments - Alpha Energy Spectrometry

（报批稿）

202X－XX－XX 发布　　202X－XX－XX 实施

中华人民共和国自然资源部　　发 布

目　　次

前　　言 II
引　　言 IV
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 方法原理 1
5 试剂和材料 1
6 仪器设备 2
7 分析步骤 2
7.1 样品采集与预处理 2
7.2 称量 2
7.3 浸取 2
7.4 自镀 3
7.5 空白测量 3
7.6 测定 3
7.7 存储、获取数据 3
8 分析结果的计算和表述 3
8.1 样品 ^{210}Pb 和示踪剂 ^{208}Po 或 ^{209}Po 的每分钟计数计算 3
8.2 样品 ^{210}Pb 和示踪剂 ^{208}Po 或 ^{209}Po 的每克每分钟计数计算 3
8.3 样品 ^{210}Pb 的每克每分钟衰变数计算 4
8.4 样品 ^{210}Pb 和示踪剂 ^{208}Po 或 ^{209}Po 的每分钟计数统计误差计算 4
8.5 样品 ^{210}Pb 的每克每分钟衰变数统计误差计算 4
8.6 样品 $^{210}Pb_{ex\langle h\rangle}$ 的每克每分钟衰变数计算 4
8.7 年龄(a)计算 4
8.8 沉积速率计算 5
8.9 示踪剂 ^{208}Po 或 ^{209}Po 的放射性活度浓度校正 5
9 精密度和正确度 5
10 质量保证和控制 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》和GB/T 20001.4—2015《标准编写规则 第4部分：试验方法标准》的规定起草。

本文件为DZ/T 0184-202X的第12部分。DZ/T 0184已经发布了以下部分：

——第1部分：总则和一般规定；
——第2部分：锆石 铀-铅体系同位素年龄测定 热电离质谱法；
——第3部分：锆石 微区原位铀-铅年龄测定 激光剥蚀-电感耦合等离子体质谱法；
——第4部分：地质样品 钐-钕体系同位素年龄和钕同位素比值测定 热电离质谱法；
——第5部分：地质样品 铷-锶体系同位素年龄和锶同位素比值测定 热电离质谱法；
——第6部分：脉石英 铷-锶体系同位素年龄测定 热电离质谱法；
——第7部分：辉钼矿 铼-锇体系同位素年龄测定 电感耦合等离子体质谱法；
——第8部分：地质样品 钾-氩体系同位素年龄测定 熔炉法；
——第9部分：地质样品 氩-氩同位素年龄及氩同位素比值测定 熔炉法；
——第10部分：地质样品 碳-14地质年龄测定 液闪能谱法；
——第11部分：碳酸盐岩 铀系不平衡地质年龄和铀钍同位素比值测定　α能谱法；
——第12部分：沉积物 铅-210地质年龄测定 α能谱法；
——第13部分：沉积物 铅-210地质年龄测定 γ能谱法；
——第14部分：沉积物 铯-137地质年龄测定 γ能谱法；
——第15部分：地质样品 铅同位素组成测定 热电离质谱法；
——第16部分：地质样品 铅同位素组成测定 多接收电感耦合等离子体质谱法；
——第17部分：岩石 锇同位素组成测定 负热电离质谱法；
——第18部分：锆石 微区原位铪同位素组成测定 激光剥蚀-多接收电感耦合等离子体质谱法；
——第19部分：硫化物矿物 硫同位素组成测定 二氧化硫法；
——第20部分：硫酸盐矿物 硫同位素组成测定 二氧化硫法；
——第21部分：硫化物矿物 硫同位素组成测定 六氟化硫法；
——第22部分：地质样品 硅同位素组成测定 四氟化硅法；
——第23部分：硅酸盐和氧化物矿物 氧同位素组成测定　五氟化溴法；
——第24部分：水和非含氧矿物包裹体水 氧同位素组成测定 五氟化溴法；
——第25部分：天然水 氧同位素组成测定 二氧化碳-水平衡法；
——第26部分：水 氧同位素组成测定 连续流水平衡法；
——第27部分：碳酸盐岩和矿物 碳氧同位素组成测定 连续流磷酸法；
——第28部分：碳酸盐岩和矿物 碳氧同位素组成测定 磷酸法；
——第29部分：微量碳酸盐岩和矿物 碳氧同位素组成测定 连续流磷酸法；
——第30部分：水中溶解无机碳 碳同位素组成测定 连续流磷酸法；
——第31部分：水中颗粒有机碳 碳同位素组成测定 连续流燃烧法；
——第32部分：水中溶解有机碳 碳同位素组成测定 燃烧法；
——第33部分：天然气单体烃 碳同位素组成测定 连续流燃烧法；
——第34部分：水和含氢矿物 氢同位素组成测定 锌还原法；
——第35部分：水 氢同位素组成测定 连续流水平衡法；
——第36部分：水 氢氧同位素组成测定 激光光谱法；
——第37部分：富硼矿物 微区原位硼同位素组成测定 激光剥蚀-多接收电感耦合等离子体质谱法。

本文件代替DZ/T 0184.11—1997《同位素地质样品分析方法 第11部分：^{210}Pb地质年龄测定》，与DZ/T 0184.11—1997相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

a) 增加了“前言”和“引言”（见前言、引言）；
b) 修改了范围（见1）；
c) 增加了一般性警示内容（见警示）；
d) 调整了原理（见4）；
e) 删除了方法提要（见1997版的2）；
f) 增加了示踪剂^{209}Po（见5、6、7、8）；
g) 修改了试剂和材料（见5）；
h) 修改了放射性比活度为放射性活度浓度（见1、7、8）；
i) 添加和修改了设备及参数（见6）；
j) 修改了分析步骤（见7）；
k) 增加了存储与获取数据（见7）；
l) 增加了质量保证和控制（见10）；
m) 删除了附录A（见1997版的附录A）。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会（SAC/TC93）归口。

本文件起草单位：中国地质调查局青岛海洋地质研究所。

本文件主要起草人：刁少波、何乐龙、贺行良、叶青。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1997年首次发布为DZ/T 0184.11—1997；

——本次为第一次修订。

引　言

运用地质样品同位素分析方法行业标准，严格规范分析技术要求，提交客观、可靠的同位素测试数据，是地质调查和地球科学研究工作可持续发展的重要保证。现行的行业标准 DZ/T 0184.1～22-1997《同位素地质样品分析方法》，在地质样品同位素分析工作中发挥了重要作用。然而，自 1997 年发布实施以来一直未作过相应修订。随着地球科学研究的纵深发展，新的同位素实验室、新技术方法与新仪器日益增多，DZ/T 0184-1997 已无法满足实际应用需求，修订该系列标准已是迫在眉睫。

本次修订工作，依据各方法使用和发展状况，将原22个标准修订为21个标准（DZ/T 0184.2-1997与DZ/T 0184.3-1997合并修订为1个方法），新制定16个标准方法。修订后的DZ/T 0184更名为《地质样品同位素分析方法》，由37个部分构成。

——第1部分：总则和一般规定。旨在确立同位素分析中需要遵守的总体原则和相关规则。

——第2部分：锆石 铀-铅体系同位素年龄测定 热电离质谱法。旨在确立混合酸分解、阴离子树脂分离纯化、热电离质谱法测定锆石铀-铅体系同位素年龄的分析方法。

——第3部分：锆石 微区原位铀-铅年龄测定 激光剥蚀-电感耦合等离子体质谱法。旨在确立激光剥蚀-电感耦合等离子体质谱法测定锆石铀-铅体系同位素年龄的分析方法。

——第4部分：地质样品 钐-钕体系同位素年龄和钕同位素比值测定 热电离质谱法。旨在确立混合酸分解、阳离子树脂分离纯化、热电离质谱法测定地质样品钐-钕体系同位素年龄和钕同位素比值的分析方法。

——第5部分：地质样品 铷-锶体系同位素年龄和锶同位素比值测定 热电离质谱法。旨在确立混合酸分解、阳离子树脂分离纯化、热电离质谱法测定地质样品铷-锶体系同位素年龄和锶同位素比值的分析方法。

——第6部分：脉石英 铷-锶体系同位素年龄测定 热电离质谱法。旨在确立混合酸分解、阳离子树脂分离纯化、同位素稀释热电离质谱法测定脉石英铷-锶体系同位素年龄的分析方法。

——第7部分：辉钼矿 铼-锇体系同位素年龄测定 电感耦合等离子体质谱法。旨在确立混合酸分解、蒸馏法分离—电感耦合等离子体质谱法测定辉钼矿铼-锇体系同位素年龄的分析方法。

——第8部分：地质样品 钾-氩体系同位素年龄测定 熔炉法。旨在确立熔炉—惰性气体质谱法测定地质样品钾-氩体系同位素年龄的分析方法。

——第9部分：地质样品 氩-氩同位素年龄及氩同位素比值测定 熔炉法。旨在确立熔炉—惰性气体质谱法测定地质样品氩-氩同位素年龄及氩同位素比值的分析方法。

——第10部分：地质样品 碳-14地质年龄测定 液闪能谱法。旨在确立液体闪烁能谱法测定地质样品碳-14地质年龄的分析方法。

——第11部分：碳酸盐岩 铀系不平衡地质年龄和铀钍同位素比值测定 α能谱法。旨在确立α能谱法测定碳酸盐岩铀系不平衡地质年龄和铀钍同位素比值的分析方法。

——第12部分：沉积物 铅-210地质年龄测定 α能谱法。旨在确立α能谱法测定海洋、湖泊沉积物^{210}Pb地质年龄的分析方法。

——第13部分：沉积物 铅-210地质年龄测定 γ能谱法。旨在确立γ能谱法测定海洋、湖泊沉积物中^{210}Pb地质年龄的分析方法。

——第14部分：沉积物 铯-137地质年龄测定 γ能谱法。旨在确立γ能谱法测定海洋、湖泊沉积物中^{137}Cs含量及其地质年龄的分析方法。

——第15部分：地质样品 铅同位素组成测定 热电离质谱法。旨在确立混合酸分解、阴离子树脂分离纯化、热电离质谱法测定地质样品铅同位素组成的分析方法。

——第16部分：地质样品 铅同位素组成测定 多接收电感耦合等离子体质谱法。旨在确立混合酸分解、阴离子树脂分离纯化、多接收电感耦合等离子体质谱法测定地质样品铅同位素组成的分析方法。

——第17部分：岩石 锇同位素组成测定 负热电离质谱法。旨在确立混合酸分解、四氯化碳萃取分离、微蒸馏纯化、负热电离质谱法测定岩石样品锇同位素组成的分析方法。

——第18部分：锆石 微区原位铪同位素组成测定 激光剥蚀-多接收电感耦合等离子体质谱法。旨在确立激光剥蚀-多接收电感耦合等离子体质谱法测定锆石铪同位素组成的分析方法。

——第19部分：硫化物矿物 硫同位素组成测定 二氧化硫法。旨在确立氧化亚铜法转化收集SO_2、双路进样气体同位素质谱法测定硫化物矿物硫同位素组成的分析方法。

——第20部分：硫酸盐矿物 硫同位素组成测定 二氧化硫法。旨在确立碳酸钠-氧化锌半熔法和五氧化二钒法转化收集SO_2、双路进样气体同位素质谱法测定硫酸盐矿物硫同位素组成的分析方法。

——第21部分：硫化物矿物 硫同位素组成测定 六氟化硫法。旨在确立五氟化溴法转化收集SF_6、双路进样气体同位素质谱法测定硫化物矿物硫同位素组成的分析方法。

——第22部分：地质样品 硅同位素组成测定 四氟化硅法。旨在确立五氟化溴法转化收集SiF_4、双路进样气体同位素质谱法测定地质样品硅同位素组成的分析方法。

——第23部分：硅酸盐和氧化物矿物 氧同位素组成测定 五氟化溴法。旨在确立五氟化溴氟化—石墨还原法转化收集CO_2、双路进样气体同位素质谱法测定硅酸盐和氧化物矿物氧同位素组成的分析方法。

——第24部分：水和非含氧矿物包裹体水 氧同位素组成测定 五氟化溴法。旨在确立五氟化溴氟化—石墨还原法转化收集CO_2、双路进样气体同位素质谱法测定水和非含氧矿物包裹体水氧同位素组成的分析方法。

——第25部分：天然水 氧同位素组成测定 二氧化碳-水平衡法。旨在确立二氧化碳-水平衡交换法收集CO_2、双路进样气体同位素质谱法测定水样中氧同位素组成的分析方法。

——第26部分：水 氧同位素组成测定 连续流水平衡法。旨在确立水平衡—连续流进样气体同位素质谱法在线测定水样中氧同位素组成的分析方法。

——第27部分：碳酸盐岩和矿物 碳氧同位素组成测定 连续流磷酸法。旨在确立磷酸法转化二氧化碳—连续流进样气体同位素质谱法，在线测定碳酸盐岩和矿物碳氧同位素组成的分析方法。

——第28部分：碳酸盐岩和矿物 碳氧同位素组成测定 磷酸法。旨在确立磷酸法转化收集二氧化碳、双路进样气体同位素质谱法测定碳酸盐岩和矿物碳氧同位素组成的分析方法。

——第29部分：微量碳酸盐岩和矿物 碳氧同位素组成测定 连续流磷酸法。旨在确立磷酸法转化二氧化碳—连续流进样气体同位素质谱法，在线测定微量古生物化石中碳酸盐碳氧同位素组成的分析方法。

——第30部分：水中溶解无机碳 碳同位素组成测定 连续流磷酸法。旨在确立磷酸法转化二氧化碳—连续流进样气体同位素质谱法，在线测定地下水、地表水、大气降水中溶解无机碳碳同位素组成的分析方法。

——第31部分：水中颗粒有机碳 碳同位素组成测定 连续流燃烧法。旨在确立燃烧法转化二氧化碳—连续流进样气体同位素质谱法，在线测定地下水、地表水、海水中颗粒有机碳碳同位素组成的分析方法。

——第32部分：水中溶解有机碳 碳同位素组成测定 燃烧法。旨在确立燃烧法转化收集二氧化碳、双路进样气体同位素质谱法测定地表水中溶解有机碳碳同位素组成的分析方法。

——第33部分：天然气单体烃 碳同位素组成测定 连续流燃烧法。旨在确立气相色谱分离—燃烧—连续流进样气体同位素质谱法，在线测定天然气单体烃碳同位素组成的分析方法。

——第34部分：水和含氢矿物 氢同位素组成测定 锌还原法。旨在确立金属锌还原法转化收集氢气、双路进样气体同位素质谱法测定水和含氢矿物氢同位素组成的分析方法。

——第35部分：水 氢同位素组成测定 连续流水平衡法。旨在确立水平衡—连续流进样气体同位素质谱法在线测定地下水、地表水、大气降水氢同位素组成的分析方法。

——第36部分：水 氢氧同位素组成测定 激光光谱法。旨在确立激光光谱法测定地下水、地表水、大气降水氢氧同位素组成的分析方法。

——第37部分：富硼矿物 微区原位硼同位素组成测定 激光剥蚀-多接收电感耦合等离子体质谱法。旨在确立激光剥蚀-多接收电感耦合等离子体质谱法测定电气石、硼镁石等富硼矿物硼同位素组成的分析方法。

本文件为DZ/T 0184-202X《地质样品同位素分析方法》的第12部分，采用α能谱技术，实现了陆相和海相沉积物中^{210}Pb的放射性活度浓度测定，进而计算出沉积物样品的沉积速率以及不同深度样品的地质年龄。

地质样品同位素分析方法
第 12 部分：沉积物 铅-210 地质年龄测定 α 能谱法

警示——使用本标准的人员应有正规实验室工作的实践经验。本文件并未指出所有可能的安全问题。使用者有责任采取适当的安全和健康措施，并保证符合国家有关法规规定的条件。

1 范围

本文件规定了陆相、海相沉积物^{210}Pb地质年龄和现代沉积速率的测定方法。

本文件适用于陆相、海相沉积物^{210}Pb放射性活度浓度α能谱法的测定。

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。

DZ/T 0130.8 地质矿产实验室测试质量管理规范 第8部分：地质样品同位素分析

3 术语和定义

DZ/T 0184.1对涉及到的术语进行了定义，本文件没有需要界定的术语和定义。

4 方法原理

^{238}U衰变系列的中间子体^{222}Rn由地表释放进入大气中，大部分时间停留在对流层并衰变为^{210}Pb，^{210}Pb沉降到地面，与土壤中的有机物结合或与海洋、湖泊或河流中的氧化铁、氧化镁一起沉淀为沉积物。通过测定沉积物^{210}Pb的放射性活度浓度，可以计算出沉积物样品的沉积速率并计算不同深度样品的年龄。

5 试剂和材料

5.1 盐酸，ρ=1.19 g/mL，分析纯。**警示——盐酸具有极强的腐蚀性，如接触皮肤或进入眼睛会造成难以治愈的灼伤，需小心操作!**

5.2 过氧化氢，φ（H_2O_2）=30%，分析纯。**警示——过氧化氢具有极强的腐蚀性，如接触皮肤或进入眼睛会造成难以治愈的灼伤，需小心操作!**

5.3 抗坏血酸，ρ=1.7 g/mL，分析纯。

5.4 氨水，ρ=0.90 g/mL，分析纯。

5.5 柠檬酸，ρ=1.542 g/mL，分析纯。

5.6 示踪剂 ^{208}Po 或 ^{209}Po，在盐酸（c=0.5 mol/L）溶液中保存。

5.7 去离子水（符合 GB 6682 规定的二级水）。

5.8 盐酸，c=6 mol/L，分析纯。

将500 mL盐酸（5.1）缓慢倒入500 mL去离子水（5.7）中。

5.9 盐酸，c=0.1 mol/L，分析纯。

将10 mL盐酸（5.8）缓慢倒入590 mL去离子水（5.7）中。

5.10 表面皿，Φ120 mm。

5.11 玻璃烧杯，250 mL。

5.12 玻璃烧杯，150 mL。

5.13 玻璃烧杯，100 mL。

5.14 塑料离心管，50 mL。

5.15 精密试纸，PH 0.5-5.0。

5.16 去污粉，市售。

5.17 银片，厚 0.1 mm～0.2 mm，Φ26 mm。

6 仪器设备

6.1 多路 α 谱仪，探测效率>20%，能量分辨率<35 keV。

6.2 分析天平，感量 0.1 mg。

6.3 干燥箱，室温～200 ℃。

6.4 玛瑙研钵，≥Φ10。

6.5 电热板，室温～200 ℃。

6.6 离心机，0~4000 r/min，4×50 mL。

6.7 水浴锅，室温～110 ℃，精度±0.2 ℃。

7 分析步骤

7.1 样品采集与预处理

样品为一定深度岩心中不同深度采集的沉积物。剖开岩心，选择岩性一致、分布均匀的岩心取样。样品采集的厚度≤10 mm，每个样品按照等间距方式取样。例如，采用10 mm、20 mm或 30 mm及以上的间距采集样品。

将采集一定质量的样品，放入表面皿（5.10）中，100 ℃条件下在干燥箱（6.3）中烘干，用玛瑙研钵（6.4）研细至粒径小于0.15 mm，待用。

7.2 称量

用分析天平（6.2）准确称取~1 g的示踪剂^{208}Po或^{209}Po （5.6）于250 mL玻璃烧杯（5.11）中（称取示踪剂量的多少视样品^{210}Pb的活度浓度而定，一般随样品的深度增加而酌量减少），低温蒸干。取5g左右的样品于上述玻璃烧杯（5.11）中，用分析天平（6.2）准确称量。

7.3 浸取

上述烧杯（5.11）中加入盐酸（5.8）30 mL，过氧化氢（5.2） 2 mL，柠檬酸（5.5） 0.5 g。放置在电热板（5.5）上低温（80 ℃～90 ℃）浸取2h。用离心机（6.6）离心10 min，清液转入150 mL玻璃烧杯（5.12）中。沉淀物中加入6 mol/L盐酸（5.8）20 mL，继续浸取1h。用离心机（6.6）离心10 min，合并清液于150 mL玻璃烧杯（5.12）中。用去离子水（5.7）清洗沉淀物。用离心机（6.6）离心10 min，

合并清液于150 mL玻璃烧杯（5.12）中。弃去残渣，将清液低温蒸干。用0.1 mol/L盐酸（5.9）30mL溶解试样。加入抗坏血酸（5.3）2.5 g，以还原Fe^{3+}。用精密pH试纸（5.14）测试溶液的pH 值，用氨水（5.4）和0.1 mol/L盐酸（5.9）调节溶液pH≈2，并使溶液最终体积为60 mL左右。将溶液转入100 mL玻璃烧杯（5.13）中。

7.4 自镀

用去污粉（5.15）和去离子水（5.7）清洗银片（5.16），将清洗干净的银片（5.16）放置在上述体积为60 mL溶液100 mL玻璃烧杯（5.13）的底部。将此玻璃烧杯放置在85℃水浴锅（6.7）内，保持4 h，溶液中^{210}Po、^{208}Po或^{209}Po自镀到银片（5.16）上。取出银片（5.16），用去离子水（5.7）清洗干净，室温下凉干，待测。

7.5 空白测量

每批样品测量前后，应各带一个空白样品，与测量样品一样平行测定。若本底过高，超过规定水平，表明存在污染，应查明原因。

7.6 测定

把镀有^{210}Po、^{208}Po或^{209}Po的银片放入多路α谱仪（6.1）探测室内，然后抽真空至6 Pa～7 Pa，按仪器操作规程测定^{210}Po、^{208}Po或^{209}Po的放射性活度浓度。

7.7 存储、获取数据

按仪器操作规程存储谱图。试样的谱图中选择^{210}Po（5.30 MeV）、^{208}Po（5.11 MeV）或^{209}Po（4.88 MeV）能谱的位置，分析软件自动给出总计数、净计数、能量分辨率等数据。记录谱图中两个核素能谱的测量日期、测量时间和净计数。

8 分析结果的计算和表述

假定^{210}Po与^{210}Pb子体平衡，因此用α谱仪测定样品中^{210}Po放射性活度浓度，可视为样品^{210}Pb的放射性活度浓度。

8.1 样品 ^{210}Pb 和示踪剂 ^{208}Po 或 ^{209}Po 的每分钟计数计算

$$C_{SA} = \frac{n_{SA}}{t} \quad C_{SP} = \frac{n_{SP}}{t} \cdots\cdots(1)$$

式中：

C_{SA}——样品^{210}Pb的每分钟计数(cpm)；

C_{SP}——示踪剂^{208}Po或^{209}Po的每分钟计数(cpm)；

n_{SA}——样品^{210}Pb的净计数；

n_{SP}——示踪剂^{208}Po或^{209}Po的净计数；

t——为测量时间，单位为分钟（min）。

8.2 样品 ^{210}Pb 和示踪剂 ^{208}Po 或 ^{209}Po 的每克每分钟计数计算

$$C_{gSA} = \frac{C_{SA}}{m_{SA}} \quad C_{gSP} = \frac{C_{SP}}{m_{SP}} \cdots\cdots(2)$$

式中：

C_{gSA}——样品^{210}Pb的每克每分钟计数(cpm/g)；
C_{gSP}——示踪剂^{208}Po或^{209}Po的每克每分钟计数(cpm/g)；
m_{SA}——样品的质量，单位为克（g）；
m_{SP}——示踪剂的质量，单位为克（g）。

8.3 样品 ^{210}Pb 的每克每分钟衰变数计算

$$d_A = \frac{C_{gSA}}{C_{gSP}} \cdot d_{SP} = d_{SP} \cdot \frac{C_{SA}}{m_{SA}} \cdot \frac{m_{SP}}{C_{SP}} = d_{SP} \cdot \frac{n_{SA}}{n_{SP}} \cdot \frac{m_{SP}}{m_{SA}} \quad \cdots\cdots(3)$$

式中：
d_{SA}——样品^{210}Pb的每克每分钟衰变数(dpm/g)；
d_{SP}——示踪剂^{208}Po或^{209}Po的每克每分钟衰变数(dpm/g)。

8.4 样品 ^{210}Pb 和示踪剂 ^{208}Po 或 ^{209}Po 的每分钟计数统计误差计算

$$\delta_{SA} = \frac{\sqrt{n_{SA}}}{t} \qquad \delta_T = \frac{\sqrt{n_{SP}}}{t} \quad \cdots\cdots(4)$$

式中：
δ_{SA}——样品^{210}Pb的每分钟计数统计误差；
δ_{SP}——示踪剂^{208}Po或^{209}Po的每分钟计数统计误差。

8.5 样品 ^{210}Pb 的每克每分钟衰变数统计误差计算

$$\delta_{gSA} = \frac{m_{SP}}{C_{SP} m_{SA}} \cdot d_{SP} \cdot \sqrt{\delta_{SA}^2 + \left(\frac{C_{SA}}{C_{SP}}\right)^2 \cdot \delta_{SP}^2} = \mathrm{d}_{SP} \cdot \frac{m_{SP}}{m_{SA}} \cdot \sqrt{\frac{n_{SA}^2 + n_{SA} n_{SP}}{n_{SP}^2}} \quad \cdots\cdots(5)$$

式中：
δ_{gSA}——样品^{210}Pb的每克每分钟计数统计误差

8.6 样品 $^{210}Pb_{ex(h)}$ 的每克每分钟衰变数计算

$$^{210}Pb_{ex(h)} = {}^{210}Pb_{(h)} - {}^{226}Ra \quad \cdots\cdots(6)$$

式中：

$^{210}Pb_{ex(h)}$——样品（深度为h）过剩^{210}Pb的每克每分钟衰变数(dpm/g)；

$^{210}Pb_{(h)}$——样品（深度为h）^{210}Pb的每克每分钟衰变数(dpm/g)；

^{226}Ra——样品（深度为h）^{226}Ra的每克每分钟衰变数，可直接测定，也可用岩芯底部过剩已完全衰变^{210}Pb的每克每分钟衰变数(dpm/g)。

8.7 年龄(a)计算

$$T = \frac{1}{\lambda_{210}} \cdot ln\left(\frac{^{210}Pb_{ex(0)}}{^{210}Pb_{ex(h)}}\right) \quad \cdots\cdots(7)$$

式中：
T——岩心h层与表层的年龄；
λ——衰变常数，0.0311 /a；

$^{210}Pb_{ex(0)}$——表层（深度为0）过剩^{210}Pb每克每分钟衰变数(dpm/g)；

$^{210}Pb_{ex(h)}$——h层（深度为h）过剩^{210}Pb每克每分钟衰变数(dpm/g)。

8.8 沉积速率计算

$$ln\left[^{210}Pb_{ex(h)}\right] = -\frac{\lambda_{210}}{v} \cdot h + ln\left[^{210}Pb_{ex(0)}\right] \quad \cdots\cdots (8)$$

式中：

v——沉积速率；

h——h层的深度。

8.9 示踪剂 ^{208}Po 或 ^{209}Po 的放射性活度浓度校正

因示踪剂 ^{208}Po 的半衰期为 2.93 a，^{209}Po 的半衰期为 103 a，在测定计算时要按天进行校正。

根据

$$d_{T_t} = d_{T_0} \cdot \mathrm{e}^{-\lambda t_1} \quad \cdots\cdots (9)$$

式中：

d_{T_0}——标定日期示踪剂^{208}Po或 ^{209}Po的每克每分钟衰变数(dpm/g)；

d_{T_t}——测量日期示踪剂^{208}Po或 ^{209}Po的每克每分钟衰变数(dpm/g)；

t_1——标定日期至测量日期的时间。

其中，采用示踪剂中^{208}Po时，$\lambda = 6.48 \times 10^{-4}$/ d；采用示踪剂中^{209}Po时$\lambda = 1.84 \times 10^{-5}$/ d。

9 精密度和正确度

本方法使用的α谱仪的测定精度优于2%，示踪剂的不确定度为±3%，在样品满足测年要求的前提下，年龄测定结果的不确定度为样品年龄的±5%左右。

10 质量保证和控制

每批样品按不少于10%的比例插入标准物质和重复样品进行全流程监控，标准物质及控制样应按照头、中、尾分布在每批试样中，测定结果必须满足DZ/T 0130.8《地质矿产实验室测试质量管理规范 第8部分：地质样品同位素分析》的规定要求。重复性测试结果的偏差应在2倍统计误差内。每批样品测试前后进行24小时的本底测试，保证测试过程中本底无明显变化。样品银片^{210}Po、 ^{208}Po或 ^{209}Po测试的能量分辨率小于40 keV。