

## U-Th-Pb “测年法”：一个错误的“等时线”的例子 抽象的

与其他等时线法一样，U-Pb 等时线法在公开文献中也受到质疑，因为通常情况下，一组优质同源样品的比值拟合出的最佳线会形成一条“等时线”，并由此得出一个没有明确地质意义的“年龄”。在澳大利亚昆加拉，对铀矿石、围岩和土壤进行的 U-Th-Pb 同位素研究产生了一系列错误的“等时线”，这些等时线得出的“年龄”在地质学上毫无意义。即使是声称在单个铀矿颗粒上测得的近乎谐和的 U-Pb“年龄”862 Ma，也与错误的 Pb-Pb 等时线“年龄”相同，但两者都无法与任何地质事件联系起来。U-Th-Pb 体系的开放系统行为显然是常态，放射性成因铅与普通铅或背景铅的混合也是如此，即使在周边地区的土壤中也是如此。由于昆加拉（Koongarra）的 U-Th-Pb 数据无法得出任何具有地质意义的结果（甚至三颗铀矿颗粒的  $^{232}\text{Th} / ^{208}\text{Pb}$  “年龄”也为 0 Ma），因此必须对 U-Th-Pb “定年”方法的基本原理提出质疑。这使得神创论者构建其地质记录模型变得更加容易，因为他们可以轻易地回避 U-Th-Pb 放射性“定年”已经“证明”地球、地层和化石的古老性这一说法。

**关键词：**地质年代学，铀钍铅同位素，等时线，铀矿，土壤

本文最初发表于*第三届国际创造论会议论文集*，第497-504页（1994年），经匹兹堡创造科学协会许可在此转载。

## 介绍

放射性测年法已被使用了近50年，用于“确凿无疑”地确定地球数十亿年的地质柱状图。尽管在放射性测年法出现之前，地球的地质柱状图及其“年龄”早已确定，但后者已被成功用于量化地质柱状图中地层和化石的“年龄”，因此在许多人看来，放射性测年法如今已“证明”了地球的古老性。在各种测年方法中，铀-钍-铅（U-Th-Pb）法是最早使用的方法，至今仍被广泛应用，尤其是在待测岩石中含有锆石的情况下。然而，该方法并非总能给出“预期”的结果，这引发了人们对其有效性的根本性质疑。

郑在最近一篇揭露了流行的铷锶（Rb-Sr）等时线法的不足之处并批评其有效性的论文的结论中写道：

……传统的 Rb-Sr 等时线法的一些基本假设需要修正，即使在绘制  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  与  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  的关系图时，实验数据点拟合良好，观测到的等时线也未必能确定地质系统的有效年龄信息。这个问

题不容忽视，尤其是在评估数值时间尺度时。应用 Sm-Nd 和 U-Pb 等时线法时也可能出现类似的问题。1

郑教授提出的担忧之一是异常等时线的问题，即

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  和  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  比值之间存在明显的线性关系，甚至从同源性良好的样品中获得的比值拟合线也非常好，但由此得到的等时线和推导出的“年龄”却没有明确的地质意义。郑教授记录了文献中大量关于此问题的报道，这些异常等时线被赋予了各种名称，例如表观等时线、地幔等时线和假等时线、次生等时线、源区等时线、喷发等时线、混合线和混合等时线。

从 U-Th-Pb 数据中经常会得到类似的异常或虚假等时线，考虑到 U-Th-Pb 体系通常表现出的开放系统特性，这并不令人意外。然而，文献中往往对这些问题轻描淡写或避而不谈，但它们在各种地质环境中的日益增多确实引发了一个严重的问题：U-Th-Pb 数据是否能够提供任何有效的“年龄”信息？昆加拉铀矿床及其周边地区（澳大利亚北领地）就是这样一个会产生这些虚假 U-Th-Pb 等时线的地质环境。

## 库恩加拉地区

Koongarra 地区位于达尔文（澳大利亚北领地）以东 250 公里处，纬度为  $12^{\circ} 52' S$ ，经度为  $132^{\circ} 50' E$ 。Needham 和 Stuart-Smith <sup>2</sup> 以及 Needham <sup>3</sup>、<sup>4</sup> 对该地区地质进行了详细描述，而 Snelling <sup>5</sup> 则描述了 Koongarra 铀矿床和该地区的局部地质。

库恩加拉铀矿床位于变质地体中，该地体具有太古代基底，由花岗岩和花岗片麻岩穹丘（纳南布杂岩）组成，最近的露头位于北部 5 公里处。一些最下部的下元古代变质沉积岩在 1800-1870 百万年前的角闪岩相区域变质作用（估计压力为 5-8 千巴，温度为 550-630 摄氏度）期间增生到这些穹丘上。变质作用伴随着多次等斜平伏褶皱。纳南布杂岩两侧的下元古代卡希尔组被分为两个岩段。下部岩段以厚层的基底白云岩为主，向上过渡为砂质的上部岩段，后者主要由长石片岩和石英岩组成。库恩加拉的铀矿化与下部地层中覆盖于基底白云岩之上的绿泥石化石英-云母（±长石±石榴石）片岩中的石墨层有关。变质作用之后经历了长达 1.5 亿年的风化和侵蚀作用。随后，一套厚层的近乎水平的砂岩（中元古代孔博尔吉组）不整合沉积于太古代-下元古代基底和变质沉积岩之上。在库恩加拉，后续的逆断层作用使下部卡希尔组片岩和孔博尔吉组砂岩并置。

由于卡希尔组变质沉积岩单元的等斜卧褶皱，在昆加拉遇到的典型岩层序列可能是构造地层（从最新到最老）。

- 白云母-黑云母-石英-长石片岩（至少厚 180 米）
- 石榴石-白云母-黑云母-石英片岩（厚 90-100 米）
- 富硫化物石墨-云母-石英片岩（±石榴石）（厚约 25 米）
- 独特的石墨-石英-绿泥石片岩标志单元（厚 5-8 米）
- 石英-绿泥石片岩（±伊利石、石榴石、矽线石、白云母）（厚 50 米）—矿化带
- 逆断层角砾岩（厚 5-7 米）
- 孔博尔吉组的砂岩

原始沉积物（可能为白云岩、页岩和粉砂岩）的变质作用伴随着多期变形。Johnston<sup>6</sup> 指出， $D_2$  事件是造成片岩层序中主要的  $S_2$  片理的原因，该片岩层序在 Koongarra 地区向东南方向倾斜  $55^\circ$ 。然而，主要的构造特征是位于矿化带下方、向东南方向倾斜约  $60^\circ$  的逆断层系统，其走向与主要的  $S_2$  片理和岩性边界近乎平行。

## 铀矿床

库恩加拉（Koongarra）有两个独立的铀矿体，中间隔着一个 100 米宽的贫矿带。主矿体（1 号矿体）走向

长 450 米，延伸至地下 100 米深处。次生铀矿化存在于风化片岩中，从地表砂层下方一直延伸到风化层底部，深度在 25 至 30 米之间。这种次生矿化来源于原生矿化带的分解和淋滤作用，形成一个舌状扇形矿体，向东南方向向下延伸约 80 米。原生铀矿化带的横截面呈一系列部分合并的透镜体，这些透镜体共同构成一个向东南倾斜  $55^{\circ}$  的长楔形体，位于围岩石英-绿泥石片岩单元内，与逆断层近乎平行。在主要矿化带顶部，真实宽度平均为 30 米，但在地表以下约 100 米处沿走向逐渐变窄。

在围岩片岩单元的原生顺行变质矿物组合之上，叠加着一个清晰且范围广阔的原生蚀变晕，该蚀变晕与铀矿化密切相关且同源。由于矿化基本上受层控，该蚀变晕从矿体向外延伸至垂直于围岩石英-绿泥石片岩单元的方向，最远可达 1.5 公里。蚀变晕的外带在半泥质片岩中发育最为广泛，其特征是黑云母被绿泥石、金红石和石英假象交代，长石被绢云母假象交代。硅化作用也发生在断层面以及矿化体下方的孔博尔吉组砂岩中，尤其是在逆断层附近。

这种外围晕状蚀变与矿化作用的关联性体现在该蚀变围绕矿体的明显对称分布上。在距矿体不到 50 米的内蚀变带，变质岩结构遭到破坏，石英被普遍存在的绿

泥石和富硅质云母所替代，石榴石也被绿泥石所替代。铀矿化仅存在于发生这种蚀变的区域。

原生矿石由铀矿脉和细脉（厚度 1-10 毫米）组成，这些脉横切角砾状热液蚀变石英-绿泥石片岩围岩的 S<sub>2</sub> 片理。成群的铀矿细脉与绿泥石紧密共生，绿泥石构成围岩角砾岩的基质。细小的（10-100 微米）自形和半自形铀矿颗粒细小地分散在脉体附近的绿泥石化蚀变中，但这些颗粒也可能聚集成团、条带和块状铀矿。还观察到粗粒胶状和葡萄状铀矿块体以及具有内部网状结构的铀矿球粒，但矿石的大部分似乎是浸染型，含有薄（<0.5 毫米）不连续的铀矿丝状物和条状物，以及与片理（S<sub>2</sub>）平行和不整合的连续条带，以及与层状硅酸盐（001）解理面平行的条带。

与矿石伴生的硫化物含量较少（最高可达 5%），包括方铅矿和少量黄铜矿、斑铜矿和黄铁矿，以及少量自然金、铅硒矿（PbSe）、砷钴矿（NiAsS-CoAsS）和铁镍矿（Fe, Ni, S）。方铅矿含量最为丰富，通常呈立方体状（宽 5-10 μm）散布于铀矿或脉石中，也呈细脉状或条带状，尤其充填于铀矿的细裂隙中。方铅矿也可能包裹铅硒矿，并交代黄铁矿和黄铜矿。绿泥石（主要为镁绿泥石）是主要脉石，其与铀矿的紧密共生表明这两种矿物是共同形成的。

原生矿体带内铀矿的氧化和蚀变产生了多种次生铀矿物，主要为铀酰硅酸盐。7条铀矿脉，即使是宽度超过1厘米的矿脉，也已完全原地蚀变。在原生矿体带内，这种铀矿的*原地*交代作用在逆断层角砾岩上方最为显著，并且这种蚀变和氧化作用沿地层向上逐渐减弱。同时，片岩也呈现赤铁矿染色，逆断层角砾岩及其附近更强烈的赤铁矿蚀变是由于赤铁矿交代了绿泥石所致。1号矿体上方风化片岩中分散扇的次生矿化以铀酰磷酸盐为特征，这些铀酰磷酸盐仅存在于扇的“尾部”。远离“尾部”的区域，铀分散在风化片岩中，并吸附在粘土和氧化铁上。

铀矿化的年龄难以确定。然而，由于矿化作用发生在孔博尔吉组砂岩和孔加拉逆断层之后，因此其形成时间必然晚于孔博尔吉组砂岩和孔加拉逆断层。与矿石密切相关的蚀变模式也穿过逆断层延伸至矿化带下方的孔博尔吉砂岩中，这再次表明矿石形成于逆断层之后，因此比孔博尔吉砂岩和逆断层都年轻。基于这些地质限制，Page、Compston 和

Needham<sup>8</sup>认为矿化作用的年龄晚于1600 - 1688 Ma，因为他们确定孔博尔吉组的沉积时间与该时期相符。从孔加拉铀矿<sup>9, 10</sup>获得的Sm-Nd同位素数据似乎将矿化作用的年龄缩小至1550 - 1650 Ma。目前尚不清楚深层地下水循环何时开始导致深处原生铀矿发生氧化和蚀变，但 Airey、

Golian 和 Lever 11 认为,原生矿石的风化作用在 1 号矿体上方的风化片岩中形成次生分散扇,似乎只是在过去 100 万至 300 万年间才开始的。

## U-Th-Pb 数据

### 原生矿石的“年代测定”

Hills 和 Richards<sup>12</sup> 对从钻孔岩芯中手工挑选的铀矿和方铅矿颗粒进行了同位素分析。五个铀矿样品中只有一个样品的“年龄”接近谐和线,为 862 Ma,也就是说,该样品几乎落在标准谐和曲线上。Hills 和 Richards<sup>13</sup> 将此解释为记录了 870 Ma 时无铅铀矿的新鲜形成。其余四个铀矿样品均远低于谐和线,且不符合任何规则的线性排列。Hills 和 Richards 提出了两种可能的解释。一方面,<sup>238</sup>U 中间子体(即氦气)的优先损失会导致点位在瞬时损失线以下发生垂直位移,但这只有在损失持续了铀矿形成过程中的很长一段时间(顺便一提,这不仅可行,而且很可能)的情况下才会产生显著的铅同位素效应。或者,他们认为少量较老(900 Ma 以前)的铅污染可能会导致协和图上出现这样的模式,他们还在协和图上添加了混合线,他们推测这些混合线是由于从每个铀矿样品中分离出的方铅矿的恢复而产生的。

当然，这假设方铅矿中的铅也主要来源于铀的衰变。他们将所有铀矿样品的铅比值绘制在标准的  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  图上，并指出数据点的分布模式并不符合简单的年龄解释。相反，他们认为数据点的分散性可以包含在从图原点辐射出的两条线之间，这两条线本质上代表了同一地质区域内 Ranger 和 Nabarlek 铀矿床的铀矿和方铅矿的等时线。根据这些图表上 Koongarra 铀矿和方铅矿的位置，他们声称方铅矿中含有来自更早的铀矿的残留放射性铅，这些铀矿的年龄可追溯到 1700–1800 Ma（Ranger 铀矿化的“年龄”），而这些更早的铀矿在 870 Ma（唯一不含铅的铀矿样品的“年龄”）时被重新活化的铀所掩盖。

在另一项研究中，Carr 和 Dean<sup>14</sup> 对来自 Koongarra 主矿带的全岩样品进行了同位素分析。这些样品取自破碎的钻孔岩芯。他们将四个样品的同位素数据绘制在 U-Pb 等时线图上，结果表明  $^{238}\text{U}$  母体和  $^{206}\text{Pb}$  子体之间存在非系统性关系。换句话说， $^{206}\text{Pb}$  的含量不能简单地用  $^{238}\text{U}$  的放射性衰变来解释，这表明该体系具有开放系统特性。他们还将这四个样品的结果绘制在标准的  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  等时线图上，发现这些

样品落在一个定义非常模糊的线性序列上，但他们并未量化该序列的表观年龄。

## 风化岩石和土壤的“年代测定”

Carr 和 Dean<sup>15</sup>还对来自 Koongarra 风化片岩带的另外九个全岩样品进行了同位素分析。其中一些样品是破碎的钻孔岩芯，但大多数是破碎的冲击钻屑。当将这些样品的同位素数据绘制在 U-Pb 等时线图上时，九个样品中有六个接近 1000 Ma 的参考等时线，而其余三个则分布较为分散。然而，在  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  图上，所有九个风化岩样品都落在一条线性阵列上，由此得出的表观等时线“年龄”为  $1270 \pm 50$  Ma。

在另一项研究中，Dickson、Gulson 和 Snelling<sup>16, 17</sup>采集了 Koongarra 矿化体上方及周边地区的土壤样本，并分析了其中的铅同位素，以确定矿化体周围是否存在足够大的铅同位素弥散晕，从而验证是否可以利用土壤铅同位素分析作为勘探新铀矿体的技术。该技术确实有效，在上方土壤中发现了深埋于地下的 2 号矿体矿化的铅同位素痕迹。该矿化体位于地表以下 40 米处，其他探测技术难以发现。

Dickson、Gulson 和 Snelling<sup>18</sup>发现，他们两项研究中的 113 个土壤样品在标准的 <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 图上高度相关 ( $r = 0.99986$ )，从而产生了一条表观（假）等时线，代表样品的“年龄”为  $1445 \pm 20$  Ma。然而，大多数土壤样品由中元古代 Kombolgie 砂岩侵蚀的碎屑组成，因此，由于来自矿化带附近的样品显示出放射性铅的特征，Dickson 等人将这条假“等时线”解释为铀矿化中的放射性铅与砂岩中的普通铅混合所致。

## 讨论

Snelling<sup>19</sup>已经指出 Hills 和 Richards<sup>20</sup>的一个明显疏漏。他们不仅列出了从五个铀矿样品中获得的所有铅同位素比值，还列出了由此推导出的“年龄”，但不包括可从 <sup>208</sup>Pb 获得的年龄。这些由钍推导出的“年龄”通常应被认为是最可靠的，因为钍在地球化学环境中的迁移性较低，因此其在开放系统中的行为可能性低于铀。值得注意的是，五个铀矿样品中有三个在他们的实验误差范围内给出了 0 Ma 的“年龄”。<sup>21</sup>无论如何，他们得出的 Koongarra 第一代铀矿化的“年龄”为 1700–1800 Ma，既不符合预期的 1550–1600 Ma 的地质标准，也与任何能够重新活化铀和铅以产生假定的第二代铀矿化的地质事件不符。

利用 Ludwig 法，针对铀矿、方铅矿和全岩数据集及其组合，绘制了 22 个标准的  $^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$  图，以检验回归统计结果和可能导出的等时线（采用标准的 York 23 方法）。在所有情况下，加权偏差均方 (MSWD) 均较大，甚至非常大，这反映在导出的等时线“年龄”上：铀矿为  $841 \pm 140$  Ma，方铅矿为  $1008 \pm 420$  Ma，全岩为  $668 \pm 330$  Ma，铀矿加方铅矿为  $818 \pm 150$  Ma，三个数据集合并为  $863 \pm 130$  Ma，所有“年龄”均在 95% 置信区间内。或许具有偶然意义的是，这三个数据集的组合得出的等时线“年龄”为  $863 \pm 130$  Ma，几乎与 Hills 和 Richards 的近乎一致的“年龄” 862 Ma 完全一致。尽管如此，他们使用的是 Ludwig 的直线拟合程序，该程序为每个数据点赋予相等的权重和零误差相关性，以避免在明显存在其他离散原因的情况下，根据分析误差对数据点进行加权（而此处的情况显然如此）。标准的 York 算法假设偏离直线的唯一原因是指定的误差，而对于此处的组合数据集，由此计算出的离散量导致天文 MSWD 为 669,000，拟合线质量较差，得出的等时线“年龄”为  $1632 \pm 410$  Ma。这个“结果”可能在地质学上更有意义，但回归统计数据表明，从这些数据中得出任何“年龄”信息都是完全没有道理的，即使可以合理地认为这些样本构成了一个同源集合（它们都是来自 Koongarra 同一原生矿带的铀矿石或其成分的样本）。

即使数据符合明确的线性阵列（“等时线”），从标准  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  图得出的“年龄”也常常存在误差。Ludwig、Nash 和 Naeser <sup>24</sup> 发现，这是由于  $^{207}\text{Pb}$  和  $^{238}\text{U}$  的放射性子体均发生迁移，导致  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  “等时线”给出的结果“表面上很有吸引力，但却具有严重的误导性”，因为（在他们的例子中）得出的“年龄”比 U-Pb 等时线“年龄”高出六倍以上。类似地，Cunningham 等人 <sup>25</sup> 对全岩铀矿样品的  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  等时线“年龄”高达从“更可靠”的 U-Pb 等时线得出的年龄的 50 倍，尽管“表面上的轻微分散几乎完全是误导性的假象”。具有讽刺意味的是，在 Koongarra，使用 Ludwig <sup>26</sup> 的 U-Pb 等时线法得到的“年龄”为  $857 \pm 149$  Ma（MSWD 为 13,400，与使用 Pb-Pb 等时线法得到的 MSWD 相比，数值相当大），几乎与使用 Ludwig 的改进算法在三个数据集的组合上获得的“偶然” Pb-Pb 等时线“年龄”（ $863 \pm 130$  Ma）相同，也与 Hills 和 Richards 的单一近乎一致的 862 Ma “年龄”相同。

Snelling 和 Dickson <sup>27</sup> 证明，由于铀及其衰变产物镭的重新分布，Koongarra 矿床的原生矿石及其周围围岩中存在显著的放射性不平衡。

Dickson 和 Snelling<sup>28</sup>证实，目前原生矿层深处镭的迁移比铀的迁移更为显著，这最终导致了整个<sup>238</sup>U 衰变链的末端成员——<sup>206</sup>Pb 的重新分布。Dickson、Giblin 和 Snelling<sup>29</sup>以及 Dickson、Gulson 和 Snelling<sup>30</sup>的研究表明，镭 (Ra) 会通过该地区未风化的岩石在地下水中迁移；而 Davey、Dudaitis 和 O'Brien<sup>31</sup>则测定了 Koongarra 1 号矿体中氡气的逸出率，氡气是铀矿开采作业中始终存在的危害。已知氡气会沿着裂缝迁移，并上升到相当远的距离，在空气中形成晕圈；此外，氡气也会在地下水中迁移。

仅凭这些观察结果就足以证明 U-Th-Pb 体系的开放系统特性，这使得任何由此得出的“年龄”信息都毫无意义。然而，Hills<sup>32</sup>和 Snelling<sup>33, 34</sup>都已认识到，铀在原生矿化带中也发生了相当大规模的迁移，因为在裂隙和空腔充填物中，以及石英和脉石晶界之间，都发现了表生铀矿，这些铀矿通常具有胶状条带。这些铀矿的晶胞尺寸以及这种结构证据支持以下结论：这些铀矿是在早期形成的铀矿溶解后，经低温地下水搬运而沉淀形成的。由于铀也发生了如此大规模的迁移，所有“定年”尝试都将失效，尤其是在使用包含不同世代铀矿的全岩样品时。

与主要矿带矿物和全岩铅铅同位素数据生成的拟合度较差的线性阵列（这些线性阵列似乎都给出了一个表观的（错误的）等时线“年龄”，集中在 857–863 Ma 附近）相比，Carr 和 Dean<sup>35</sup>以及 Dickson、Gulson 和 Snelling<sup>36</sup>均发现，风化全岩和土壤样品生成的线性阵列拟合度良好，通常代表的“等时线”分别给出了 1270 Ma 和 1445 Ma 的“年龄”。这些风化全岩样品当然都来自 Koongarra 矿区，包括来自风化片岩带的次生矿石样品，以及含有铀的风化片岩样品（铀是由地下水沿坡向下扩散到风化岩石中的）。由于这些全岩样品取自已知铀会迁移的岩体，导致铀及其衰变产物的重新分布，因此，这些全岩样品能够构成足够好的线性阵列以得出“等时线”着实令人惊讶。即使是使用 Ludwig<sup>37</sup> 计算出的观测离散度，也远小于将“等时线”拟合到原生矿带样品中的  $^{207}\text{Pb}$  –  $^{206}\text{Pb}$  数据所得到的离散度，考虑到风化带中铀的迁移，这一结果再次令人惊讶，因为人们预期风化带的数据会显示出相当大的离散度，从而无法达成“年龄”共识。此外，令人费解的是，为什么“等时线”推导出的“年龄”会比原生矿的“年龄”老这么多，而原生矿才是铀、衰变产物和稳定铅同位素最终通过风化和地下水输送而形成的来源。或许唯一的解释是，“等时线”代表了矿化作用中放射性铅与周围片岩中普通铅或背景铅的混合。

迪克森、古尔森和斯内林提出了“等时线”是混合线的观点。<sup>38</sup>然而，他们所处理的铅同位素数据来自仅约 30-40 厘米深度的土壤样本，这些样本大多为由孔博尔吉砂岩侵蚀碎屑组成的沙质土壤。要使这种混合解释成立，还需要有其他证据表明该地区存在铅的迁移。迪克森、古尔森和斯内林发现，在他们采集的 1 号矿体南部近地表（0-1 米）区域的三个土壤样本中，不仅存在较高的

<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 比值，而且在这些样本中也未检测到任何其他铀系子体产物。由于该热带地区季风降雨量大，该近地表区域每年约有六个月被淹没。在随后的六个月旱季末期，地下水位有时会比雨季的“高位”下降十米以上。这意味着风化片岩带顶部的水位会定期在干湿状态之间波动，因此，从风化矿石中淋滤出来并由地下水输送到风化片岩带的任何微量元素（例如铅），也会垂直向上扩散到风化片岩顶部的薄层表层沙层中——迪克森、古尔森和斯内林采集的沙质土壤样本就来自这些沙质土壤。

<sup>39, 40</sup>斯内林<sup>41</sup>发现，在昆加拉地区，铅是铀矿的重要指示元素，在风化原生矿层上方的表层沙层中存在异常铅，甚至在 0.5-1.5 米的深度也存在铅的水动力扩散。Dickson、Gulson 和 Snelling<sup>42</sup>发现，用弱盐酸-羟胺（pH 1）浸取法或用强盐酸-硝酸

( $7 M \text{ HCl} - 7 M \text{ HNO}_3$ ) 浸取法从土壤样品中提取的铅同位素比值相似，这表明样品中的铅松散地附着在沙粒表面，而不是紧密地结合在硅酸盐或铁酸盐矿物晶格中。这反过来表明铅是从地下水中吸附的，也就是说，放射性成因铅是通过地下水的垂直和水平扩散添加到沙子中常见的或背景铅中的。

然而，迪克森、古尔森和斯内林采集的土壤样本并非全部来自库恩加拉矿体附近区域，也并非全部都是孔博尔吉砂岩碎屑的样本。尽管这些来自库恩加拉附近区域的样本所显示的表观“等时线”年龄略高于下方风化片岩样本的表观年龄，但这种混合线解释表观“等时线”现象已得到充分证实，这一点毋庸置疑。事实上，根据片岩和砂岩之间的地质关系，片岩和砂岩的相对年龄应该反映出片岩中常见的铅或背景铅含量“更老”。然而，实际的表观年龄却恰恰相反，沙质土壤的表观年龄反而比风化片岩的表观年龄“更老”。或许这种差异反映了不同类型样本在风化剖面不同层位上的混合程度。然而，令人惊讶的是，Dickson、Gulson 和 Snelling<sup>43</sup>发现，即使他们的一些土壤样本由风化片岩或基底花岗岩（含副锆石）组成，且距离已知的铀矿化带最远达 17 公里，这些样本仍然落在同一条明显的“等时线”上。事实上，拟合效果相对较好，使用 Ludwig<sup>44</sup>计算得

到的 MSWD 值仅为 964，但观察到的大部分分散性可归因于 113 个样本中的两个，其中一个后来被证实可能受到邻近钻孔岩屑的污染<sup>45</sup>。如果从回归分析中移除该样本，MSWD 值将降至 505，表明几乎一半的观察到的分散性都源于这一个数据点。如果移除与表观“等时线”拟合度次差的数据点，则 MSWD 值将进一步下降 315，仅剩 190。然而，无论哪种情况，表观“等时线”或“混合线”上或附近仍然包含来自已知铀矿化带 17 公里范围内的样本，以及并非 Kombolgie 砂岩碎屑的样本。最终，对剩余 111 个样本进行拟合得到的“等时线”仍然得出  $1420 \pm 18$  Ma 的“年龄”。

尽管 Carr 和 Dean 的 46 个风化全岩样品与 Dickson、Gulson 和 Snelling 的 113 个土壤样品并非严格意义上的同源物，但这两组样品显然存在关联，因为来自 Koongarra 附近地区的大多数土壤样品中放射性铅的来源与风化岩石中的来源相同。不出所料，当使用 Ludwig 的回归分析方法对 Carr 和 Dean 的 9 个风化全岩样品进行回归分析时，观测到的离散度 MSWD 值为 24, 100，表明与“等时线”的拟合度较差，得到的“年龄”为  $1287 \pm 120$  Ma。然而，当将这 9 个样品添加到 113 个土壤样品中时，MSWD 值显著下降至 1210，不出所料，拟合的“等时线”得到的“年龄”为  $1346 \pm 27$  Ma，该“等时线年龄”介于合并的两组数据之间。然

而，当去除造成该数据集大部分分散性的两个土壤样本后，MSWD 降至 430，并得出“等时年龄”为  $1336 \pm 17$  Ma。

与其他所有看似等时线“年龄”的结果一样，这一结果没有明显的地质意义，因为没有任何地质事件可以与这些“年龄”相关联。事实上，即使从演化时间尺度来看，库恩加拉铀矿化的风化作用也极其近期，而且无论如何，这些从风化岩石和土壤样本的铅-铅“等时线”推导出的“年龄”都比库恩加拉原生矿石的所谓更可靠的铀-铅“等时线年龄”要“老”得多。但由于后者的结果也没有明显的地质意义，因为它也无法与任何已知的地质事件相关联，因此，对库恩加拉矿石、岩石和周围土壤进行的任何铀-钍-铅同位素研究都无法得出任何确切的结论。事实上，根据三个  $^{232}\text{Th}/^{208}\text{Pb}$  单样品年龄数据，可以确定原生矿石的年龄为 0 年，这与声称一个近乎一致的结果表明在 870 Ma 形成了无铅铀矿的说法一样站不住脚。毕竟，这种假定的无铅铀矿的形成环境，原本应该存在来自 1700-1800 Ma 早期原始铀矿化作用的铅残留，而我们现在除了对铅同位素证据进行相当牵强的解释之外，没有任何关于该原始铀矿化作用的证据，无论是结构上的还是其他方面的，而这种解释本身也已被证明无法提供任何“年龄”信息。

所有这些结果都对 U-Th-Pb 定年法的有效性提出了严重的根本性质疑。将一条看似“等时线”视为已知放射性铅源附近有限区域内的“混合线”似乎合情合理，因为有独立证据表明，放射性铅会迁移到周围含有普通铅或背景铅的岩石和土壤中。然而，如果认为一条来自多种岩石类型、具有显著不同演化“年龄”的样本的数据集，在距离已知放射性铅源横向延伸达 17 公里的区域内，一条错误的“等时线”仍然能够代表混合，那就太牵强了！由此只能得出结论：所有用于估算普通铅或背景铅含量的假设，包括关于稳定铅同位素在地球历史上演化的模型（假设其起源于大约 46 亿年前原始地球及其原始铅同位素含量），都是不成立的。同样，我们无法确定 U-Th-Pb 同位素比值的真正含义，因为解释这些同位素比值的基本假设存在致命缺陷。不仅这些同位素的开放系统行为已被证实是常态，而且即使在看似“等时线”且“拟合度”极佳的情况下，推导出的“年龄”也总是毫无地质意义。因此，尽管公开的地质文献中充斥着许多关于 U-Th-Pb 放射性测年法“证明”地球及其地层和化石的古老历史的说法，但创造论者在构建其地质记录的“创造-洪水”年轻地球模型时，无需因此而感到困扰。

## 结论

郑 48 提出的关于 U-Pb 等时线的 担忧是合理的。在昆加拉 (Koongarra)，由 11 颗手工挑选的铀矿和方铅矿颗粒以及 4 个全岩样品制成的  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  “等时线”测得的“年龄”为 863 Ma，与其中一颗铀矿颗粒的近乎谐和“年龄”相同。9 个风化全岩样品测得的“等时线年龄”为 1270 Ma，而 113 个土壤样品测得的“等时线”年龄为 1445 Ma，且结果非常理想。所有这些“年龄”在地质学上都没有意义。虽然土壤样品产生的表观等时线可能被认为是放射性铅与周围岩石和土壤中普通铅或背景铅混合形成的混合线，但即使是这种解释也难以令人信服，因为这些样品来自距离已知铀矿化带最远达 17 公里的地方，而且一些土壤样品代表了不同的岩石类型。这不仅证实了这些同位素的开放系统行为，而且表观“等时线”及其推导出的“年龄”在地质学上始终毫无意义。因此，用于解释 U-Th-Pb 同位素体系并得出“年龄”的任何假设都不成立。如果这些假设成立，那么五个铀矿样品中有三个的  $^{232}\text{Th}/^{208}\text{Pb}$  “年龄” 0 Ma 就应该被认真对待。因此，创造论者不应被“U-Th-Pb 放射性测年法已经‘证明’了地球的古老年性，以及所谓地质柱的地层和化石”的说法吓倒。

读完这篇文章，你心里是否有一些触动？有没有一些新的想法，或者值得你认真思考的问题？或许，你也开始重新思考自己的信仰和人生的方向。

如果你愿意，现在就可以向上帝祷告，打开心门，成为祂的儿女。祷告不需要华丽的言辞，只要一颗真诚的心。你可以这样祷告：

天父上帝，

今天我来到你面前，愿意立定心志，宣告我相信耶稣基督是我的救主，是我生命的主。我愿意离开过去那些不讨你喜悦的生活方式，求你赦免我的过犯。靠着你的恩典，帮助我学习顺服你、爱人如己，活出你所赐的新生命。求圣灵每天引导我、扶持我，使我一生荣耀你的名。奉主耶稣基督的名祷告，阿们。

如果你已经做了这个祷告，愿你知道，你并不孤单。信仰的道路需要陪伴和成长。鼓励你在自己居住的地方，寻找一间合适的教会，与弟兄姐妹一同聚会、学习和成长。

如果你有任何疑问，或在信仰上需要帮助，欢迎随时写信与我们联系。我们愿意倾听，也愿意与你一同前行。