

# 行星撞击

## Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction

小行星撞击说的研究开始于人们认识到铂族元素(铂、铱、钌和铑)在地壳和上地幔中的含量远低于它们在球粒陨石和平均太阳系物质中的含量。Pettersson, Rotschi和 GoldSchmidt认为沉积岩中铂族元素的低浓度可能主要来自陨石穿过大气层时烧蚀形成的陨星尘。Barker 和 Anders表明沉降速率和铱浓度之间存在相关性,证实了早期的观点。随后, Ganapathy 、 Brownlee 和 Hodge使用该方法来证明深海沉积物中硅酸盐球粒的地球外来源.Sarna-Wojcicki等人在研究中表明陨星尘埃在土壤层中的积累可能充分提高了铱的丰度,从而使它可以用作测年工具。Crocket和Kuo报告了深海沉积物中的铱丰度并总结了其他前期工作。

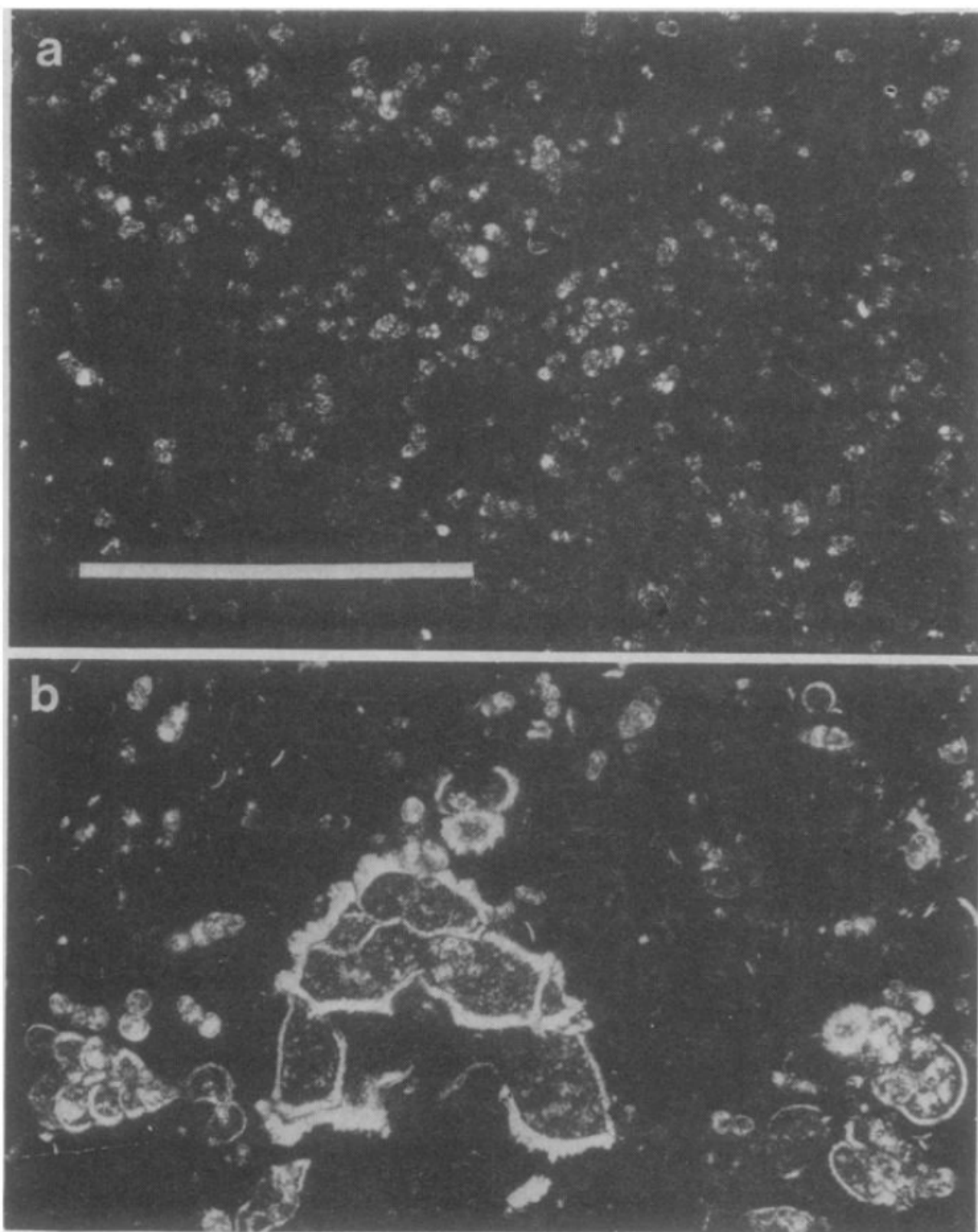
基于此,Luis W. Alvarez(路易斯阿尔瓦雷斯, 诺贝尔物理学奖得主)和Walter Alvarez (地质学家)等人测量了**白垩纪、古近纪边界**1厘米厚的粘土层中的铱浓度(下面有大型有孔虫, 上面有小型有孔虫, 唯独这1cm的黏土什么都没有), 该粘土层标志着意大利翁布里亚山脉某些部分的 C-T(K-Pg白垩纪-古近纪) 边界, 希望确定该层所代表的时间长度.其他铂族元素难以确定含量。



(图片来源:<https://www.zhihu.com/question/30247884>)

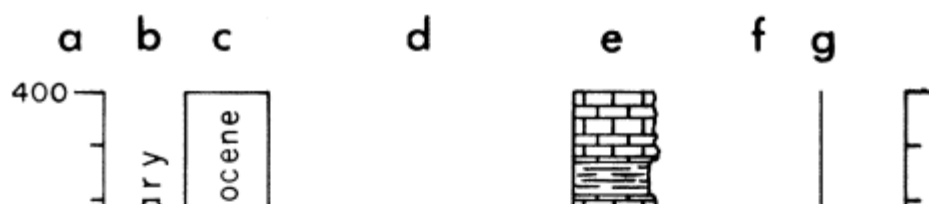
### 化石证据(存在白垩纪大灭绝)

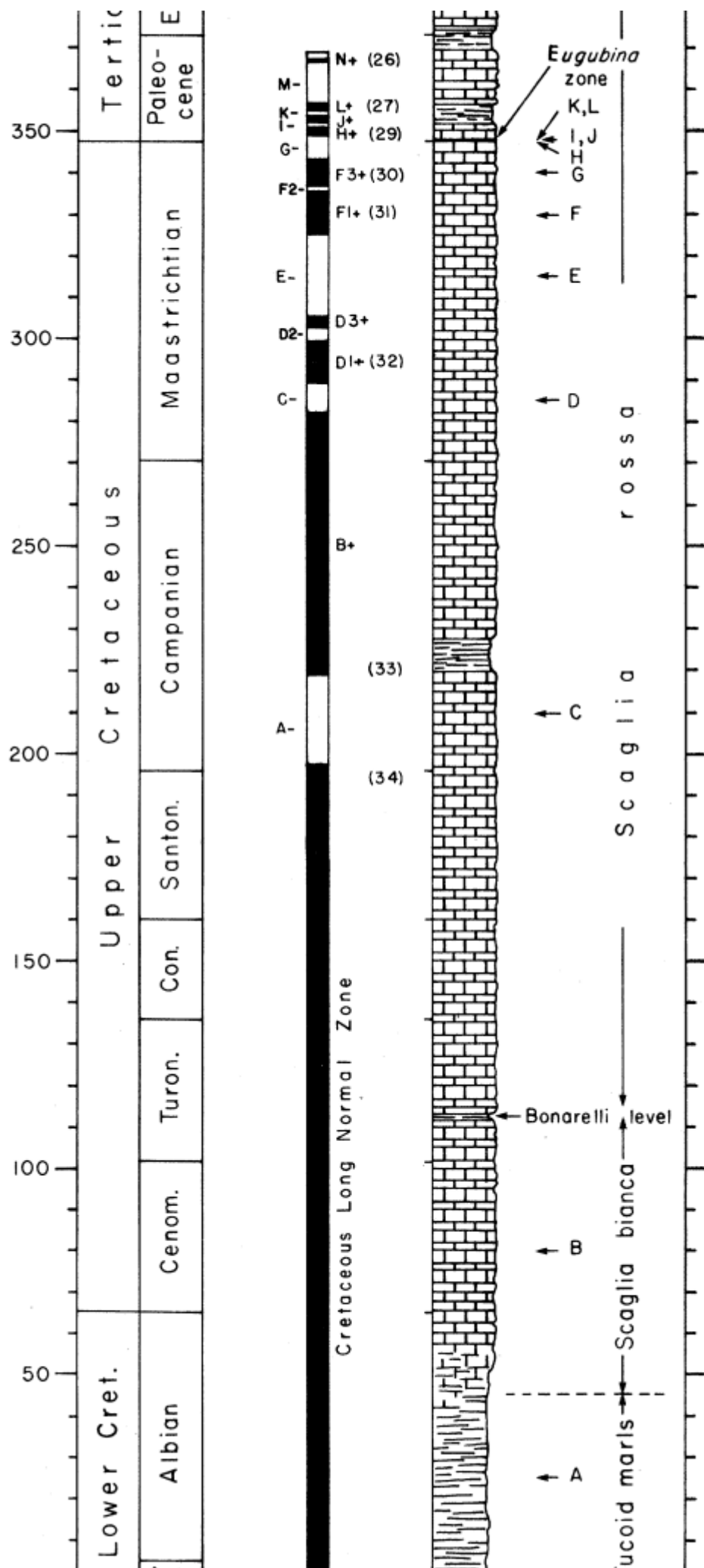
在层序明显完整的地方, 上白垩统典型的有孔虫(特别是Globotruncana属)突然消失, 并被第三纪底栖有孔虫 Globigerina eugubina取代.二者在大小形态上有明显差异.



a: *Globigerina eugubina* b: *Globotruncana*

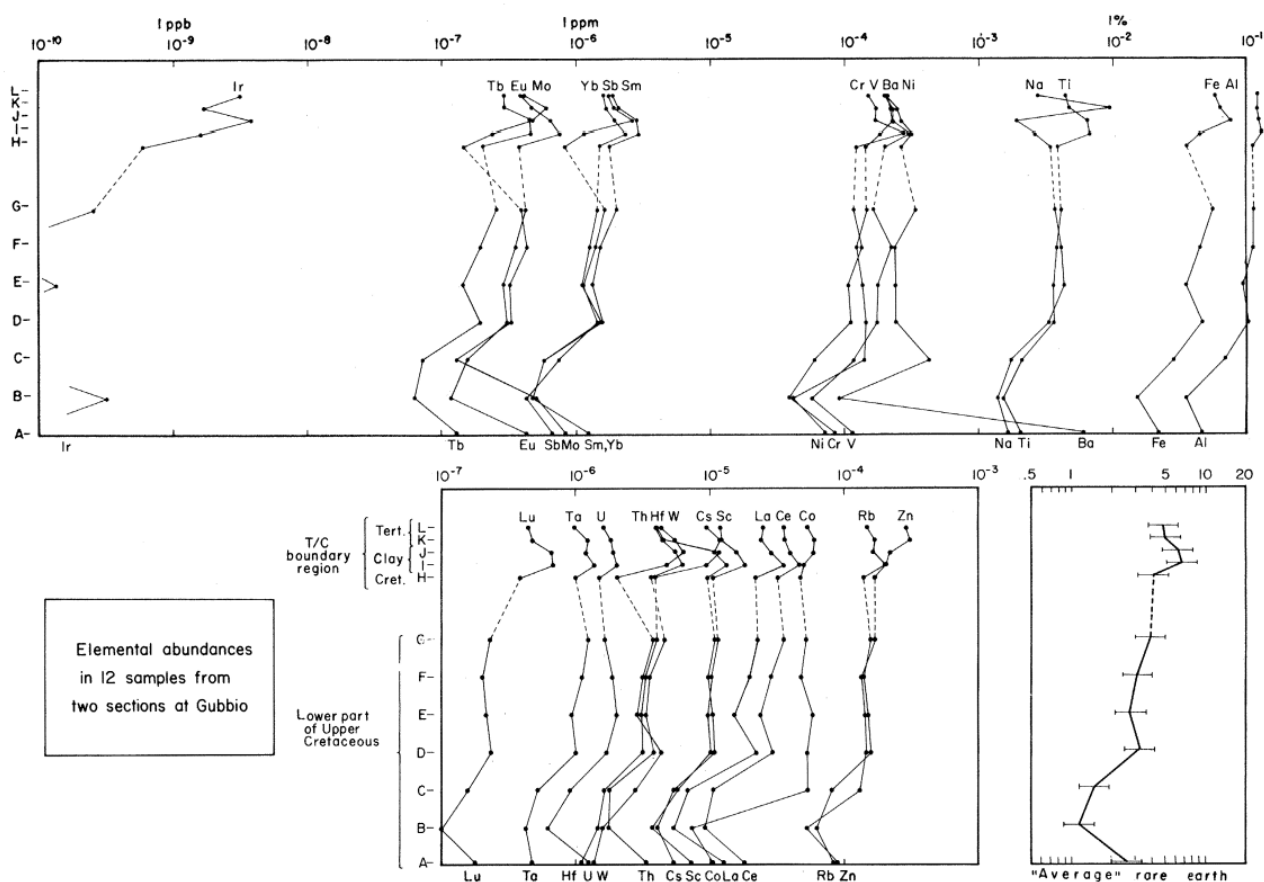
意大利古比奥剖面铀含量反常





## 样本所在地层

- a:深度
- b、c:年代地层
- d:磁极性带
- e:岩性
- f:样本位置
- g:地层名称



## 稀土元素丰度

铱丰度在整个白垩纪上统稳定在 0.3ppb，一直持续到白垩纪的最上层。然而在第三纪石灰岩最初几层的粘土残留物中铱的含量增加了30倍,达到9.1ppb.在C-T边界处,随后证明了铱不可能以某种特殊方式聚集在一起.

丹麦

Sample*	Abundance of iridium (ppb)	Abundance† of acid-insoluble residues (%)
SK, +2.7 m	< 0.3	3.27
SK, +1.2 m	< 0.3	1.08
SK, +0.7 m	0.36 ± 0.06	0.836
Boundary	41.6 ± 1.8‡	44.5
SK, -0.5 m	0.73 ± 0.08	0.654
SK, -2.2 m	0.25 ± 0.08	0.621
SK, -5.4 m	0.30 ± 0.16	0.774

边界层残留物中的红外辐射比背景水平(0.26ppb)高出约160倍。为了检验海水对Ir含量的升高能否达到上述数值,他们测量了加利福尼亚中部海岸附近海洋中的Ir含量。他们通过一些方法推测出现代海水中Ir的含量,并假设古代丹麦海的深度小于100m,推测出当时海水对Ir丰度的贡献几乎比观测值低 20 倍。所以海水中储存的铱可能不足以解释在丹麦边界观察到的Ir的丰度。

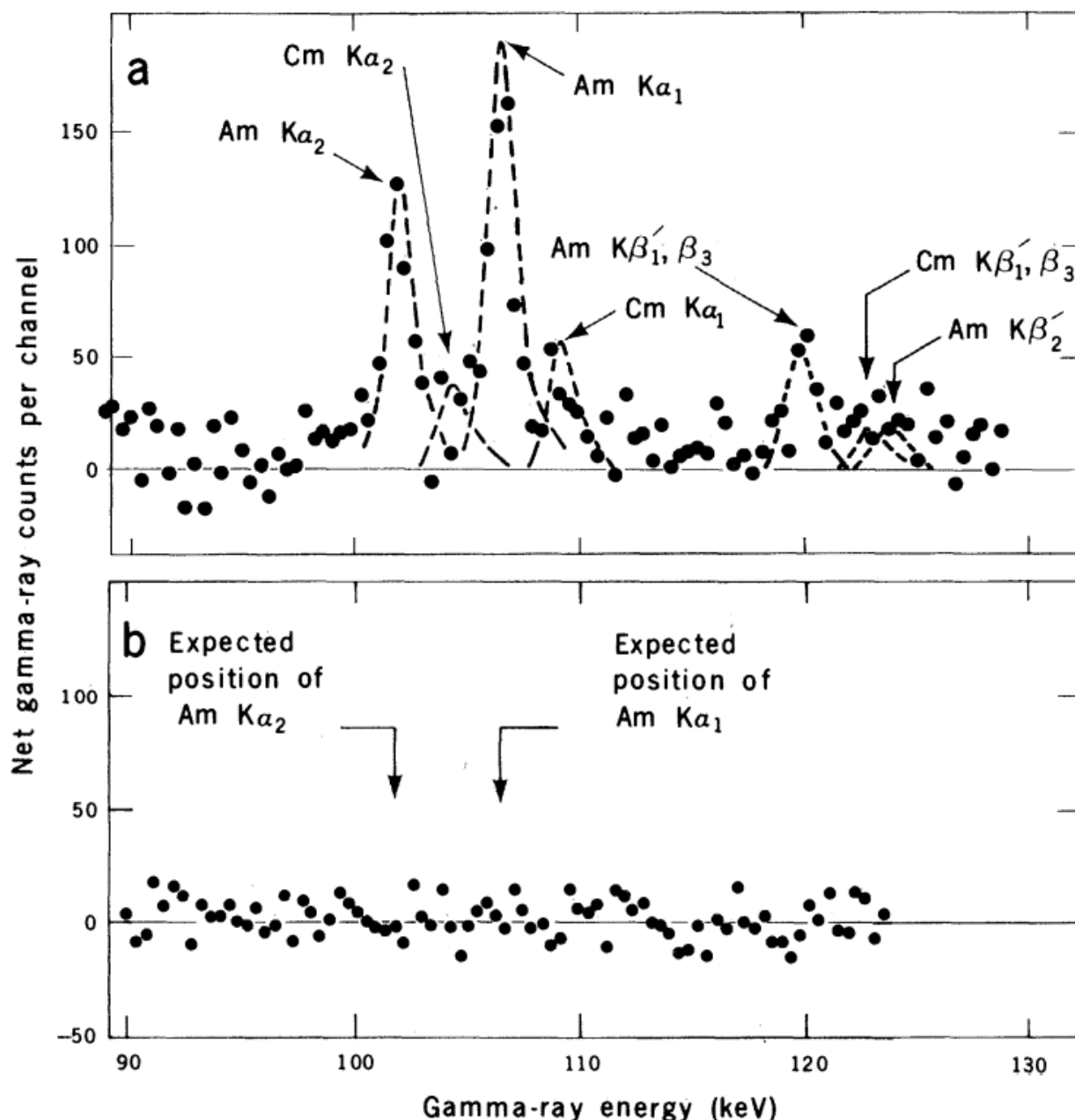
### 推测铱为地外来源

如果铱是地壳来源,那么首先意大利剖面的28种稀土元素丰度变化应该大体一致.同时地壳中铱的丰度小于0.1ppb,不足以成为古比奥剖面附近发现的铱丰度为 6.3 ppb 的物质的全球来源。对于丹麦地层,首先铱含量比意大利地层还要多,也不可能是地壳来源. 因此他们提出了很多假说, 例如超新星爆炸, 或者是同时间海水沉积其它物质的速率同时变慢等等。

### 否定超新星爆炸

1.  $^{244}\text{Pu}$ ,半衰期 $80.5 \times 10^6$ 年.通过一些研究,证明超新星的爆炸应该释放出一个新产生的重元素的膨胀壳, 铀原子与钡原子的比例大约等于1000。(这一数值是从重氡同位素的陨石丰度异常的存在中推断出来的),太阳系形成的时间, 大约是47亿年前, Pu元素已经衰减了 58 个半衰期, 或者 $10^{17}$ 倍, 这将使它变得非常不稳定,无法检测出来.因此如果能检测到Pu元素的存在,就有可能是超新星爆炸带来的Ir含量升高.然而,在

古比奥剖面并没有测出Pu的存在.



a:样品中掺入了 $^{244}\text{Pu}$ 和 $^{238}\text{Pu}$  b:样品中掺入了 $^{238}\text{Pu}$ ,未检测到 $^{244}\text{Pu}$

2. 另一方面,还可以测量边界物质中**铱的同位素比率**。 $^{191}\text{Ir}$ ,  $^{193}\text{Ir}$ .不同超新星产生的Ir同位素比例也不同.有研究表明,一颗特定的超新星所产生的Ir同位素比例会是太阳系比例的两倍.在比较了C-T边界粘土和普通粘土中Ir同位素比例后发现,边界 Ir的同位素比率与标准值仅相差 $0.03 \pm 0.65\%$ .

因此,异常的Ir元素可能来自于太阳系,而非超新星爆炸或者其他来源.

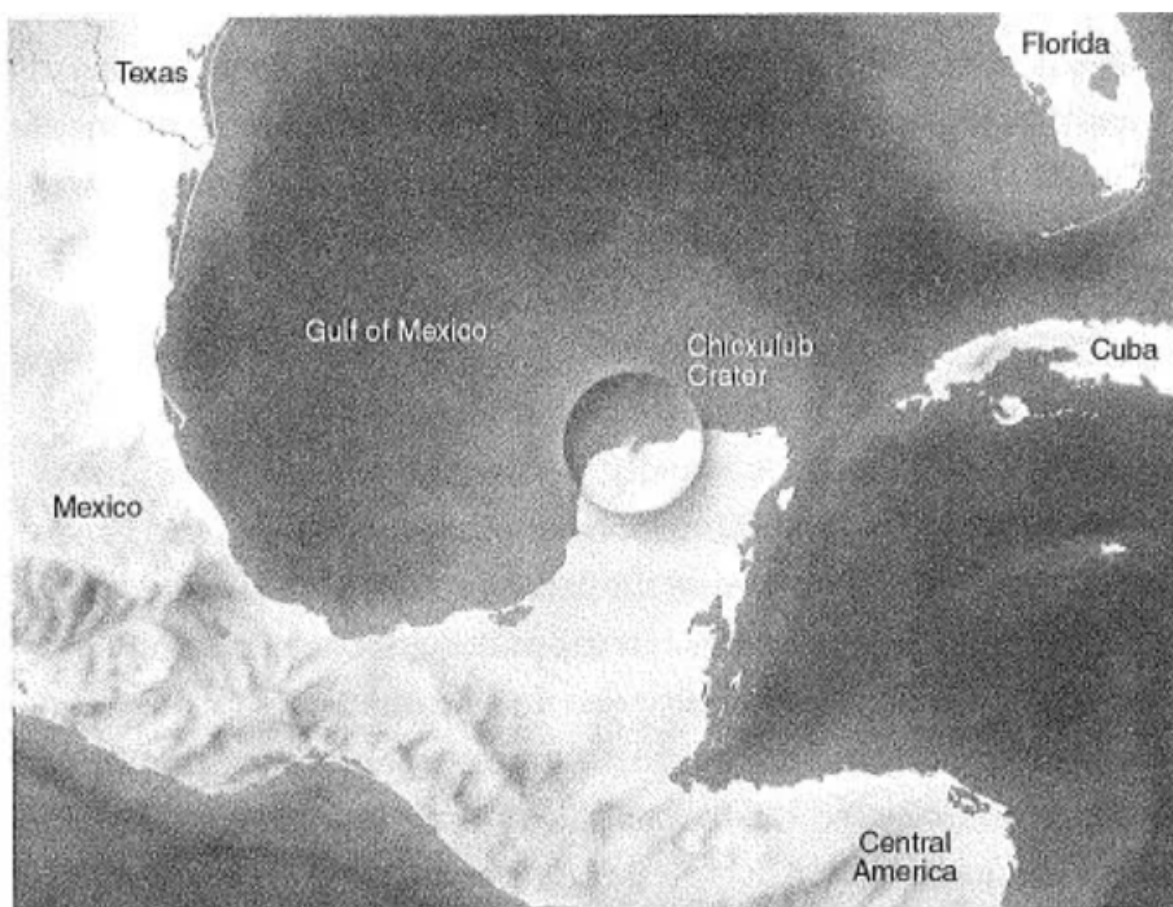
## 希克苏鲁伯小行星撞击

一颗小行星撞击了地球,形成了一个撞击坑,一些尘埃大小的物质从撞击坑中喷出,到达平流层,并扩散到全球.这些尘埃有效地阻止了阳光照射地表达数年之久,直到尘埃落在地球上.阳光的丧失抑制了光合作用,结果大多数食物链崩溃,物种灭绝.

1. 1951年,墨西哥石油公司开凿了数个研究用钻井,其中一个井在钻探到1.3公里的深度时遇到了厚的安山岩层.安山岩会因极度的高温高压而形成,陨石撞击可能会使得安山岩生成,但钻探当时这项发现被认为是火山锥的构造;但当地并没有其他火山存在的迹象.之后随着地球物理勘探技术的提高,科学家在海



地的一些地区找到了高铍金属含量的棕绿色粘土\冲击石英等物质,推测是陨石撞击事件产生的.在德克萨斯州南部发现疑似剧烈海啸成因的白垩纪末期的砂岩.最终,在上世纪90年代,科学家在尤卡坦半岛北部海域发现了一个与当地已知地质状况不吻合的巨大弧形构造,该构造的末端向南部,即海与半岛的交界处.在半岛北端发现另一个弧状构造,其端点指向北方,这两个弧刚好组成一个完整的圈,以当地村落Chicxulub为中心,直径约180公里。因此命名为Chicxulub陨石坑。



The Chicxulub crater, off the Yucatán Peninsula, is buried under half a mile of sediment.

(图片来源:[https://www.zhihu.com/question/30247884/answer/76991663?utm\\_id=0](https://www.zhihu.com/question/30247884/answer/76991663?utm_id=0))

2. 1883年8月26日和27日, 喀拉喀托火山爆发, 将大约  $18 \text{ km}^3$  的物质喷入大气层, 其中大约  $4 \text{ km}^3$  进入平流层, 在那里停留了2到2.5年。爆炸产生的尘埃环绕着地球, 迅速形成了举世瞩目的壮丽日落。然而, 如果它增加大约  $10^3$  倍(理论的粗略预测), 太阳光很可能会被高度衰减。由于彩色日落在喀拉喀托火山爆发后消失的时间通常被认为是2到2.5年, 可以假设平流层中的小行星撞击物质在几年内就沉淀下来了。因此, 6500 万年前, 可能会在几年的时间里没有白天只有黑夜, 此后, 大气层会相对较快地恢复到正常的透明状态。
3. 经过后来的研究恢复当时的情况, 大体是: 引发大规模海啸, 并使大量高热灰尘进入大气层, 造成全球性的火风暴和火雨, 引发森林火灾。而极大的撞击波传入地下, 会在全球各地引发地震与火山爆发。大量的尘埃进入大气层, 遮蔽阳光, 妨碍植物进行光合作用, 而在食物链上层的草食性动物、肉食性动物也跟着灭亡, 造成生态系统的瓦解。同时, 太阳的热量无法传递到地表, 造成漫长寒冷的全球降温。撞击事件加上其引起的火山爆发也能造成大量二氧化碳进入大气层中, 在核冬天过后形成明显的温室效应。
4. 20世纪90年代以来, 在北纬20度至70度之间的地区内, 发现了更多与希克苏鲁伯陨石坑同年代的撞击坑。这些发现促成了此一假设: 希克苏鲁伯陨石坑时期的K-T灭绝事件, 可能是由一连串陨石撞击而造成。

参考文献: Alvarez, Luis W., et al. "Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction." Science, vol. 208, no. 4448, 1980, pp. 1095–108. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/1683699>. Accessed 28 Nov. 2023.

