

说明：

这一辅导计划与美国国家科学基金会资助的 DUST PIRE 项目（粉尘促使大气中 CO₂ 含量的下降，成为北半球冰盖大量发育的触发因素）共同制定，让访客有机会了解地球系统与气候之间的联系。源自陆地（岩石圈）并飘散到大气中的粉尘进入海洋（水圈），最终能够通过促使浮游植物种群（生物圈）的生长来使气候降温，这说明多学科科学视角对于理解气候系统和气候变化解决方案的重要性。

使用麻省理工学院达尔文生态系统模型和 Nullschool 的模型数据创建的视觉图像显示一年内大气中粉尘的循环以及海洋中叶绿素、铁和硝酸盐的浓度，以表明进入海洋的富含铁粉尘如何影响气候。

主要学习点：

- 粉尘在岩石圈、大气和水圈之间移动。
- 海洋中不同矿物质和营养物质（如铁和硝酸盐）的浓度因地点和全年不同时间而异。
- 北太平洋的铁浓度低于大西洋。相反，大西洋中的硝酸盐浓度低于北太平洋。
- 进入海洋的粉尘增加了可供海洋生物使用的铁含量，这些海洋生物的种群可能因缺乏铁而受到限制。
- 在铁元素不充足的地区，进入海洋的粉尘会导致浮游植物的增长。
- 硝酸盐是另一种可以影响浮游植物种群的营养物质。在硝酸盐浓度较高的地方，更多的浮游植物可以存活。
- 海洋中光合浮游植物的存在以叶绿素浓度表示：叶绿素越多，浮游植物就越多。
- 气候受到海洋中大量浮游植物的影响，因为浮游植物在光合作用过程中会从大气中去除二氧化碳。

关键词：

- 大气粉尘
- 铁施肥
- 浮游植物
- 生物泵
- 硝酸盐
- 叶绿素
- 海洋
- 大气层
- 气候
- 气候变化

脚本：

缩略图：

吸引观众：您想了解大气粉尘以及它如何影响地球气候吗？非常好！

在此我们可以看到一年内粉尘在地球范围内的移动情况。

- 黄色表示较高的粉尘量，绿色表示中等粉尘量，蓝色表示较低的粉尘量。

注意：视觉图像从 2018 年 1 月到 12 月循环。

问：您以前听说过大气粉尘吗？

- 这不是在床下积聚的少量灰尘！
- 这些粉尘来自侵蚀效应，主要来源是地球上的沙漠。粉尘是微小的岩石颗粒，小到可以随风搬运。
- 在任何给定时间，大气中均悬浮着 1700-2000 万吨粉尘！

问：您注意到哪些方面？哪些方面让您印象深刻？

一些注意点可能包括：

- 地球的某些部分比其他部分更加尘土飞扬。北非（撒哈拉沙漠）是全球最大规模的粉尘来源！
- 粉尘有规律地移动（因为它由风携带搬运）。
- 一年中的某些时候比其他时候更加尘土飞扬。从大约 2 月到 5 月，北半球的天空粉尘密布！

粉尘不会永远停留在空气中 — 它最终会回到地表，其中很多会进入海洋。

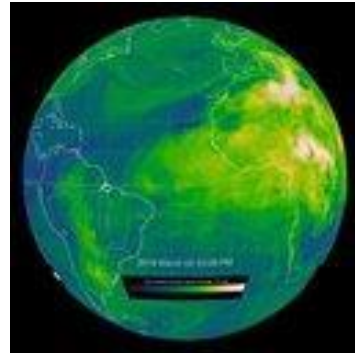
当粉尘进入海洋时会发生什么？

事实证明，粉尘中富含铁元素，而铁是所有生物都需要的营养物质。当一堆富含铁元素的粉尘落入海洋时，就会发生一些有趣的事情！

在此可以看到海洋中铁的浓度。

- 较深的红色表示高浓度的铁，而较浅的红色/白色表示低浓度的铁。

- 气溶胶光学厚度：粉尘 — 2018 年



- 铁浓度 — 2015 年

问：海洋里面哪里的铁元素最多？

- 请注意，大西洋的红色相当显眼——大西洋中几乎总是有很多铁元素。
- 请注意，北太平洋的铁浓度不太均匀。在一年中的某些时候，当粉尘进入海洋中时，我们会看到旋转的红色羽流。

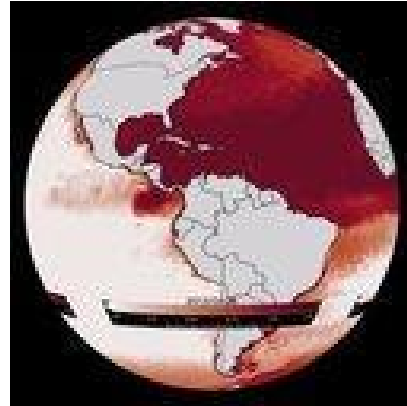
注意：铁也以其他方式进入海洋。除了沉降在地表的粉尘外，大陆边缘的侵蚀和海底热液喷口也为海水增加铁元素。

因此，在北太平洋等铁含量有限的地方，海洋中的粉尘可以提供宝贵的营养物质来源，帮助海洋生物茁壮成长。

浮游植物尤其受益于海洋中增加的铁元素。

问：您以前听说过浮游植物吗？

- 浮游植物是生活在海洋表面附近的微小生物。
- 它们可进行光合作用，这意味着其使用来自太阳的能量产生食物。



引导方向以查看大西洋地区

引导方向以查看北太平洋地区

因此，目前我们研究海洋中叶绿素的浓度。叶绿素在浮游植物体内，因此有叶绿素的地方就有浮游植物。

- 深绿色意味着很多叶绿素。而较浅的绿色意味着较少的叶绿素。

问：为什么我们会对观察海洋中的叶绿素和浮游植物感兴趣？

- 发生光合作用时都会有叶绿素的身影。
- 光合作用发生时，会从大气中去除二氧化碳。

问：有谁知道为什么从大气中去除二氧化碳是有益的事情？


- CO₂ 是温室气体之一，会导致全球气候变暖。
- 通过燃烧化石燃料，人类向大气中排入过量的 CO₂，因此从大气中去除 CO₂ 始终都是有益的行为！

浮游植物从大气中去除 CO₂，这有助于气候降温。浮游植物需要铁元素，而铁元素以粉尘的形式输送到海洋。

幸运的是，海洋中会产生大量的光合作用！接

- 叶绿素浓度 — 2015 年

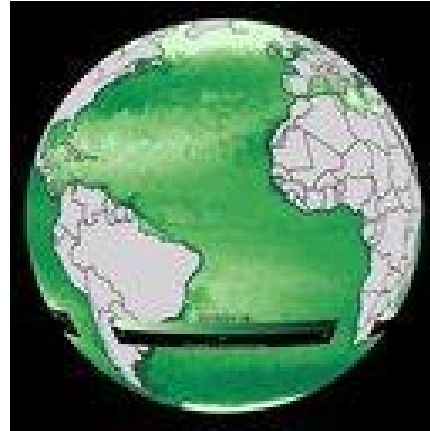


<p>下来了解叶绿素浓度最高的地方。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 可以指出北大西洋、北太平洋、南大洋和大陆边缘周围地区。 <p>浮游植物(或叶绿素)的浓度全年都在变化。在春季,可以看到北太平洋的浮游植物数量增加,在此期间,一堆富含铁元素的粉尘进入此海洋(回忆一下之前看到的旋转的红色区域)。</p> <p>来自农业和污染物的营养元素径流也会导致浮游植物生长,这就是我们会在大洋边缘全年看到许多深绿色的原因。</p> <p>请记住,在观察铁元素的浓度时,大西洋的红色相当显眼——大西洋中几乎总是富含铁元素,那么为什么我们在此看不到很多深绿色(浮游植物)呢?</p> <p>此故事还有另一部分!</p>	<p>引导方向以查看北太平洋地区</p> <p>引导方向以查看海岸线</p> <p>引导方向至大西洋地区</p>
<p>铁并不是浮游植物需要的唯一营养物质。除了阳光,硝酸盐也很重要!</p> <p>在此可以看到海洋中硝酸盐的浓度。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 较深的蓝色表示较高的浓度,而较浅的蓝色/白色表示低浓度或没有硝酸盐。 <p>注意:硝酸盐随着海洋生物在水中的分解而出现,并且是沿海岸径流污染的一部分。</p> <p>问:关于世界海洋中的硝酸盐浓度,您注意到哪些方面?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 与铁元素浓度相比,大西洋的硝酸盐含量较低,而北太平洋的硝酸盐含量较高(与铁元素浓度相反)。 ● 南大洋的硝酸盐含量也很高。 <p>因此,海洋中硝酸盐的浓度也是决定浮游植物种群生长的重要因素。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 硝酸盐浓度 — 2015 年 
<p>接下来了解北太平洋中的叶绿素(记住这表示浮游植物)。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 叶绿素浓度 — 2015 年

回想一下，在此区域有很多硝酸盐，但铁元素含量不是很多，因此可以看到，深绿色区域会随着铁元素加入到海洋中而范围变大——浮游植物拥有它们需要的一切营养物质！

但是，如果查看大西洋，其中有很多铁元素，但硝酸盐却很少，这时会看到什么结果？当粉尘落入大西洋时，它不会导致浮游植物的数量发生很大变化，因为仍然会受到硝酸盐数量的限制。请注意，在此处没有产生覆盖大面积的真正深绿色区域。

因此，我们需要高浓度的铁和硝酸盐，才能让浮游植物大量繁衍生息！



引导方向以查看北太平洋

引导方向以查看大西洋地区

接下来考虑所有这些情况对地球变暖的气候意味着什么。如果海洋中的粉尘量增加会导致浮游植物在某些地方生长，而浮游植物会从大气中去除 CO_2 ，这是否是应对气候变化的可行解决方案？

事情并没有那么简单！

向海洋中加入铁元素，即所谓的铁肥效应，并不总是会产生更多吸收二氧化碳的浮游植物。此外，一些人担心海洋生态系统可能会因向水中加入大量铁元素而受到影响。例如，我们知道浮游植物大量繁殖会导致海洋中形成海洋死区。

注意：死区是水域中氧气耗尽的区域，这使得该区域内生命无法生存。

粉尘也会影响云的形成，从而影响风暴和地表温度。因此，它在大气中也发挥着重要的作用。

在努力减缓气候变暖的过程中，理解粉尘如何影响气候至关重要。我们能否以某种方式帮助海洋吸收更多的二氧化碳并为地球降温？很有可能，但我们还有更多问题需要解答！

- 气溶胶光学厚度：粉尘 — 2018 年

