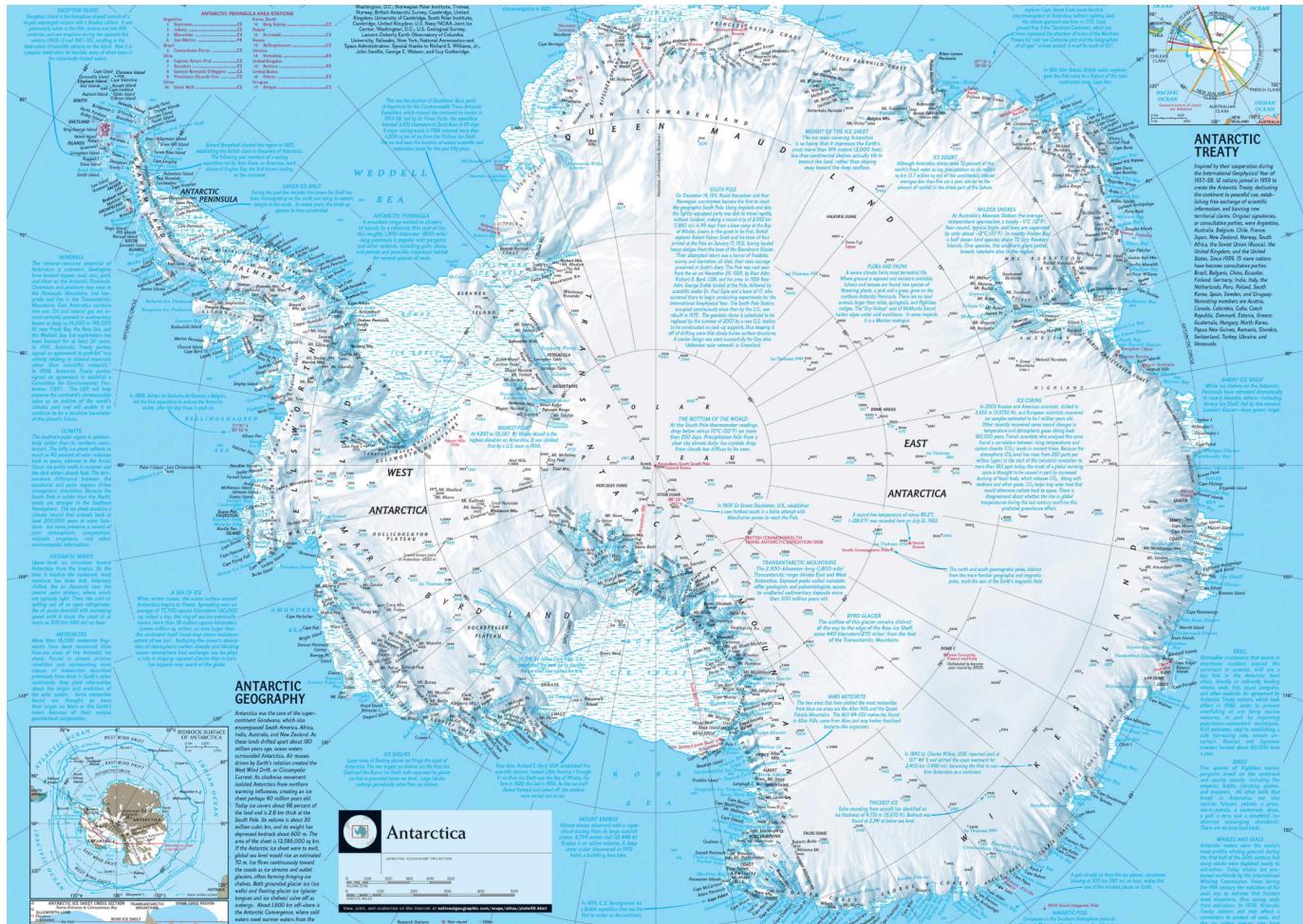


南极大陆极简史

The History of Antarctica

王志 - 少年班学院 - 中国科学技术大学 - contact at: wangzhi0467@outlook.com



By National Geographic

摘要与引言

南极大陆的形成可以通过板块分裂学说来理解。始新世期间，南极洲与澳大利亚和南美洲相连，形成一个被温带森林覆盖的大陆。随着大陆的分离和环南极洋流的形成，南极洲逐渐冷却，最终形成冰盖。古气候变化如PETM对理解当前全球变暖具有重要意义。古南极的动植物群包括有袋类动物和Notiolofos等哺乳动物，这些生物与现存的部分南美澳洲生物有紧密联系。

在十九世纪前，人们基于“平衡论”假设地球上存在“南方大陆”。库克等探险家虽然未见到南极大陆，但坚定了其存在的信念。十九世纪初，探险家首次登陆南极洲，开启了对这片大陆的进一步探索。

进入二十世纪后，随着《南极条约》的签署，南极的国际政治逐渐规范，保障了科学的研究的国际合作与环境保护。阿根廷和智利等国的领土主张与国际合作并存，对南极的管理和未来发展具有重要影响。

关键词：板块分裂 PETM 环南极洋流 南方大陆 南极条约

在此篇报告里，我主要关注以下三个方面：

- 从板块分裂学说理解南极大陆的形成，古气候变化和古生物。
- 十九世纪前的南极探索和理论。
- 二十世纪及当今的南极国际政治。

主要研究问题如下：

- 南极为何曾是绿色的？
- 南极何时以及为何变为冰天雪地？
- 哪些生物生活在古南极？它们与目前的哪些生物有关系？
- 古代及中世纪的人们如何幻想南极？
- 谁第一个登上南极？
- 南极归属于任何一个国家吗？

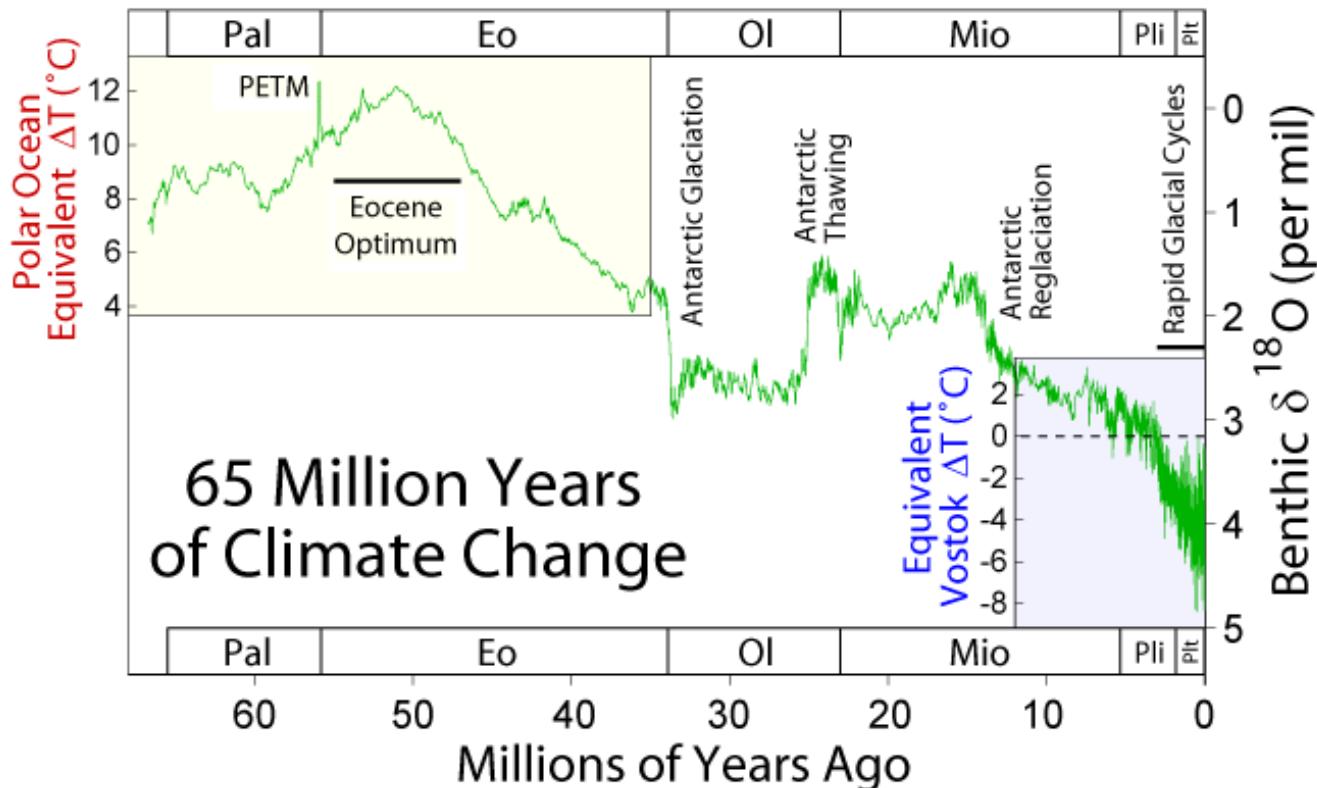
我的主要研究方式是通过观看视频和阅读文献，并进行总结分析。由于此报告关注点为历史和地理，我也附上了大量图片。

1. 南极大陆的形成

1.1. 始新世和古老超级大陆

在始新世（Eocene，约5600万至3400万年前），南极洲与澳大利亚和南美洲连接在一起，作为古老超级大陆冈瓦纳（Gondwana）的一部分。冈瓦纳在古生代（Paleozoic）和中生代（Mesozoic）存在，后来逐渐分裂。从白垩纪末期到始新世期间，这些大陆逐渐分离，但在始新世期间，它们仍然通过陆桥相连。那时的南极洲气候相对温暖，覆盖有温带森林，与今天冰封的极端环境有显著不同。化石和地质证据显示，南极洲与澳大利亚和南美洲共享相似的动植物群和地质特征，支持它们曾经连接的观点。

在始新世末期，南极洲与澳大利亚和南美洲逐渐完全分离，澳大利亚向北漂移，南美洲向西漂移，南极洲开始独自位于南极圈内。这些大陆的分离导致了南极绕极流的形成，这一强

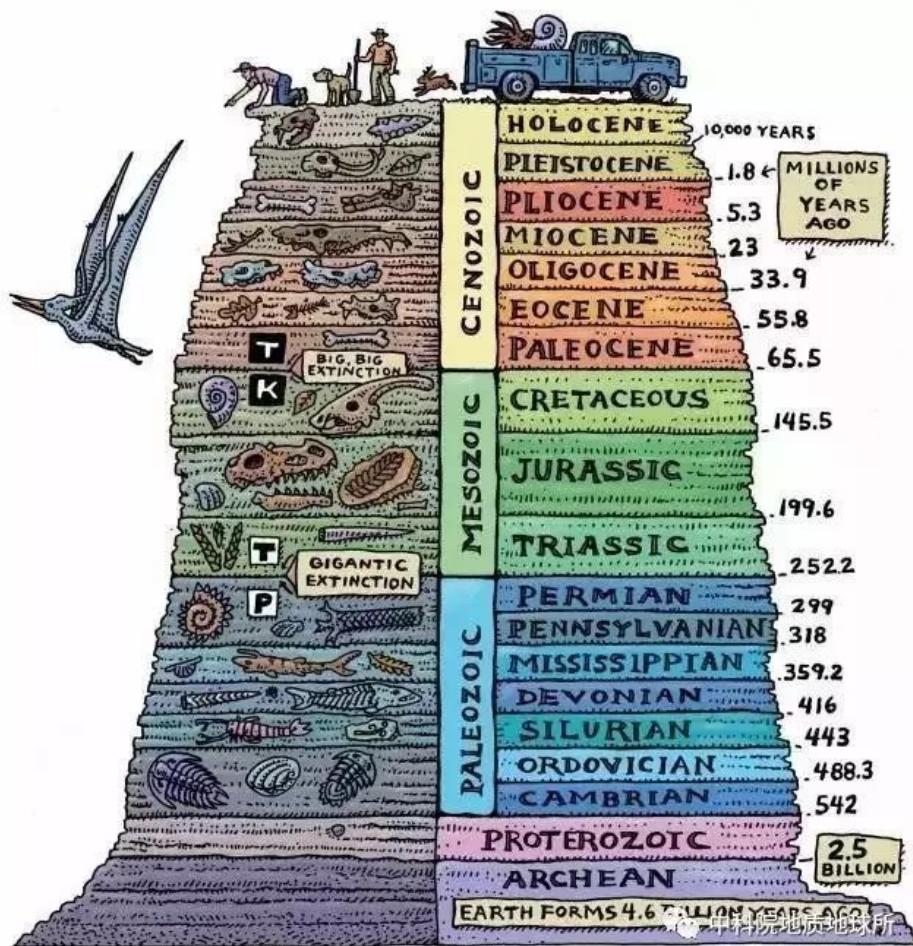


海底有孔虫壳体的氧同位素反映海水温度变化，PETM时出现显著升温

By Robert A. Rohde - Own work, CC BY-SA 3.0

大的洋流减少了南极洲与其他大陆的热量交换，进一步导致南极洲的冷却和冰盖的形成。这些地质和气候变化是导致南极洲成为今天冰封大陆的重要因素。

事实上，始新世并不是南极第一次经历温和的气候，考古学家发现早在泥盆纪（Devonian, 约3.5亿年前）南极就已经出现温带孢子植物的痕迹。而始新世的特殊之处在于所谓的“古新世-始新世热最大期”（Paleocene-Eocene Thermal Maximum, PETM），在少于22万年的时间内，全球温度升高了5-8摄氏度，使得热带植物能够在南极大陆繁荣发展，那时（始新世初期）的南极大陆的西部已经与南美洲分离，但东部依然与澳大利亚大陆相连。对于PETM的研究或许会对理解当前的全球变暖问题有所帮助，有趣的是，PETM发生的同时大气层中的二氧化碳含量却并没有显著上升。至于PETM发生的原因，来自海床的大量甲烷气体是一个重要驱动因素（Gehler et al, 2016）。

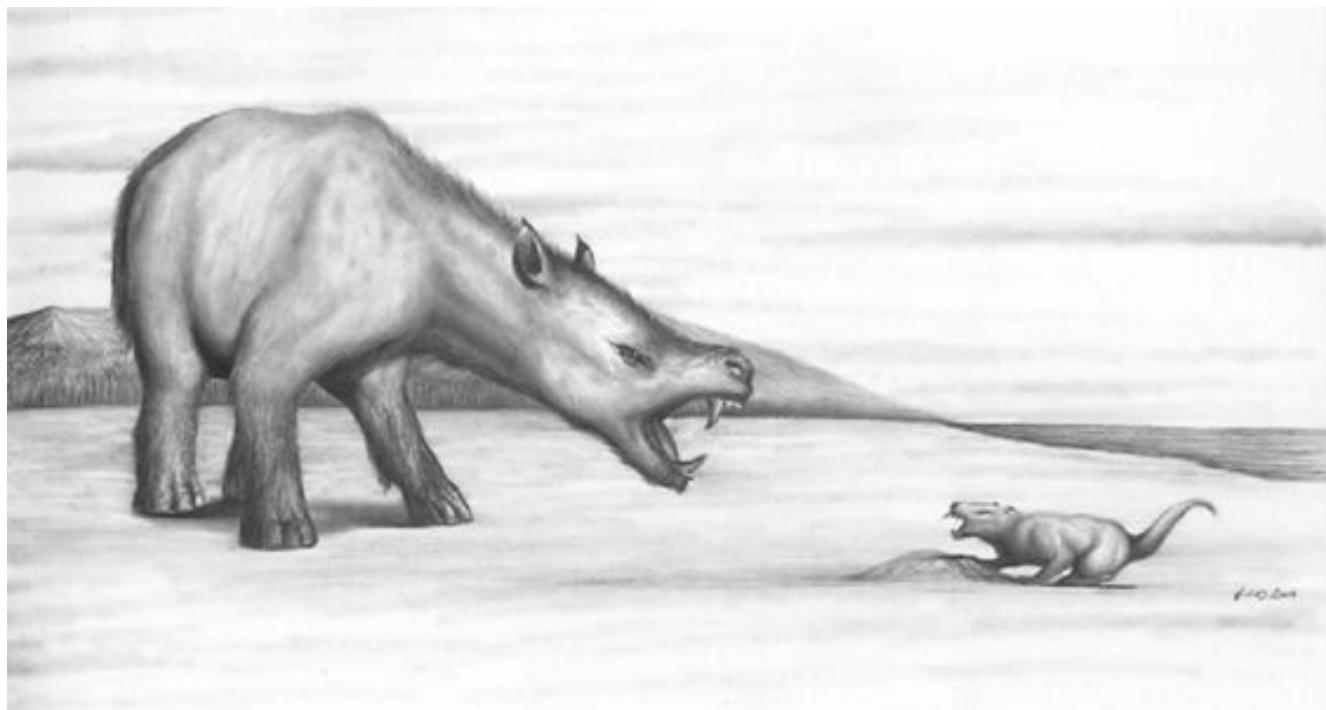


地质年代图，图源中科院地质地球所

1.2. 南极的动植物历史

南半球的许多动植物可以追溯到南极还是绿色的古老时代。一个最广为人知的例子是有袋类动物（Marsupials），一类主要分布在澳大利亚、新几内亚和美洲的哺乳动物。更具体地说，澳洲有袋鼠，美洲有负鼠（Opossums），负鼠起源于南美洲，后迁徙至中美洲和北美洲。DNA证据显示现今的有袋类动物在约7000—8000万年前起源于南美洲，然后部分有袋类动物通过南极大陆迁徙到了澳洲大陆，当这三块陆地依然连接在一起时。“将反转录子插入模式置于古生物地理背景中研究，表明了有袋动物从南美洲向澳大利亚的迁徙（Nilsson et al, 2010）”。但如今澳大利亚的袋鼠与美洲的弗吉尼亚负鼠已经有明显分叉，澳大拉西亚的四种有袋类动物与它们最亲近的姊妹类群 — 小负鼠目 — 有着相同的起源，这有效支持了南美洲有袋类动物与澳大拉西亚有袋类动物之间的明显分化事实（Nilsson et al, 2010）。

那么毋庸置疑地，南极大陆在始新世也拥有类似于有袋类动物的哺乳动物，而化石证据也确实支持这一点，例如最出名的Antartodolops，Antarctodolops的化石主要在南极洲的Seymour Island（西摩岛）被发现。这是一个重要的古生物学地点，保存了大量古代动植物化石。另一个例子是Notiolofos，这是一种已灭绝的哺乳动物，化石也是在西摩岛被发现，属于始新世（约5500万年前）。当时南极洲的气候温暖，支持了丰富的森林生态系统。Notiolofos可能是植食性动物，适应于磨碎植物物质的牙齿结构表明其以植物为食。其中一种Notiolofos可重达230千克，是陆上的庞大哺乳动物。



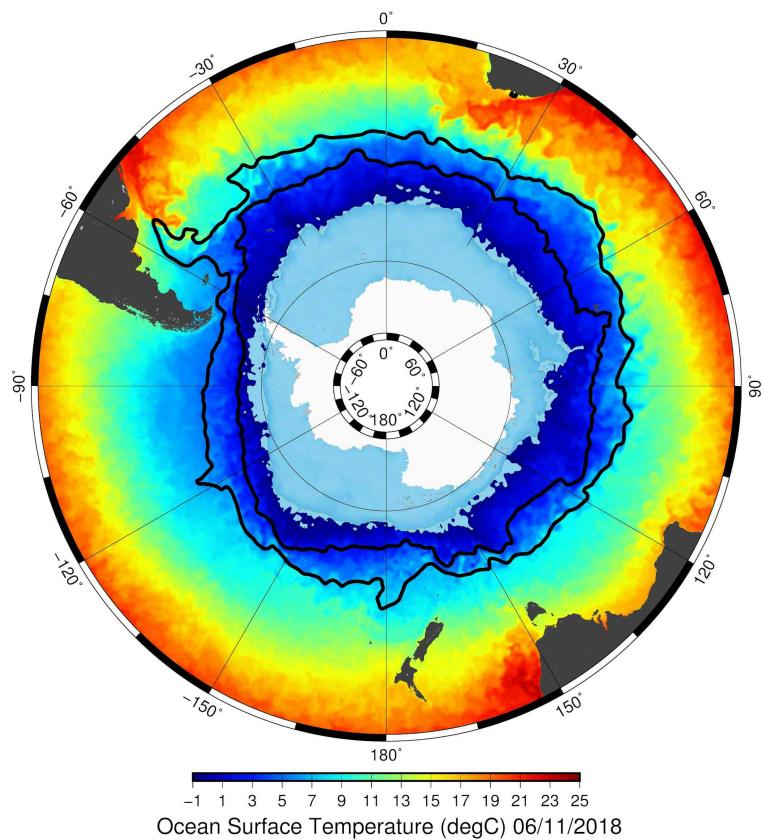
Reconstruction of Notiolofos and Antarctodolops on the eastern shore of the Antarctic Peninsula during the Mid Eocene Epoch. Art from [here](#).

南极半岛很有可能是新生代气候变冷（Cenozoic climate cooling）中最后被冰封的区域，是南极生物最后的避难所（Anderson et al, 2011）。南极半岛在过去的3700万年间的冷却是缓慢的，一直到1280万年前局部地区的有限苔原依然存在于南极半岛，而半岛的最北端一直到上新世早期才被冰盖覆盖，距今360 - 530万年间（Anderson et al, 2011）。

1.3. 对环南极洋流

塔斯马尼亚门户（Tasmanian Gateway）和德雷克海峡（Drake Passage）在地球历史的不同阶段形成，分别位于南半球的关键地理位置。

塔斯马尼亚门户位于澳大利亚南部，是连接南大洋和印度洋之间的重要海洋通道。它通过调节来自太平洋和印度洋的水体流动，影响了南极周围海域的水温和营养物质输送，尤其对东南极地区的气候和冰盖稳定性具有显著影响。塔斯马尼亚门户约在3350万年前出现，并连通了太平洋和印度洋，同时南大洋水体的重整和同质化也恰与塔斯马尼亚门户水体向西风带的迁徙在时间上重合，从而对南大洋、高纬度印度洋和太平洋的气候产生了巨大影响（Scher et al, 2015）。



另一方面，德雷克海峡位于南美洲的最南端和南极洲的西北部之间，尽管学界仍对其形成时间有争议，普遍认为其约形成于更新世末期，约4900 - 1700万年前。它是连接南大洋和太平洋的重要海洋通道，调节了南极半岛和周边海域的海水温度和盐度分布，对该地区的气候模式和冰盖稳定性产生深远影响。这两个地理要素不仅在地质演化中起到关键作用，也对全球气候动力学产生重要影响，为南极地区的生态系统和气候变化提供了重要的地理背景和环境背景。

但值得注意的是，德雷克海峡的形成可能并不是始新世后长期的新生代气候变冷的主要因素，目前了解的机理是，德雷克海峡削弱了南大洋深层水 (SODW)，而赤道洋流的关闭，如特提斯海和中美海路的后期收缩，造成了北大西洋深层水 (NADW) 的增强，这一缓慢南北强弱转变导致了南半球的变冷，而其中最重要的因素是特提斯海和中美海路的后期收缩 (Zhong-Shi, et al. 2010)。

塔斯马尼亚门户和德雷克海峡的形成对环南极洋流 (Antarctic Circumpolar Current, ACC) 的产生至关重要，并导致南极变冷。这两个地理要素共同作用，打开了南极洲周围的海洋通道，允许南大洋的水流不受阻碍地环绕整个南极洲。半岛的长期降温历史与南极边缘构造演化的长时间尺度相一致，涉及海洋通道的开放及其相关的环极流的建立。 (Anderson et al, 2011)

环南极洋流不仅隔绝了南极洲与较温暖水体的接触，还增强了极地冷水的稳定性和持续性，从而显著降低了南极洲的整体温度，促成了南极洲的冰盖形成和扩展。但是，ACC是否一手造成了南极的大降温仍然是个开放问题，因为在始新世的末期，地球两极均出现了一次大降温（约15摄氏度，可见前关于PETM的图），而这次大降温与南极环流的相关联系尚未被完全理解。



2. 早期人类探索

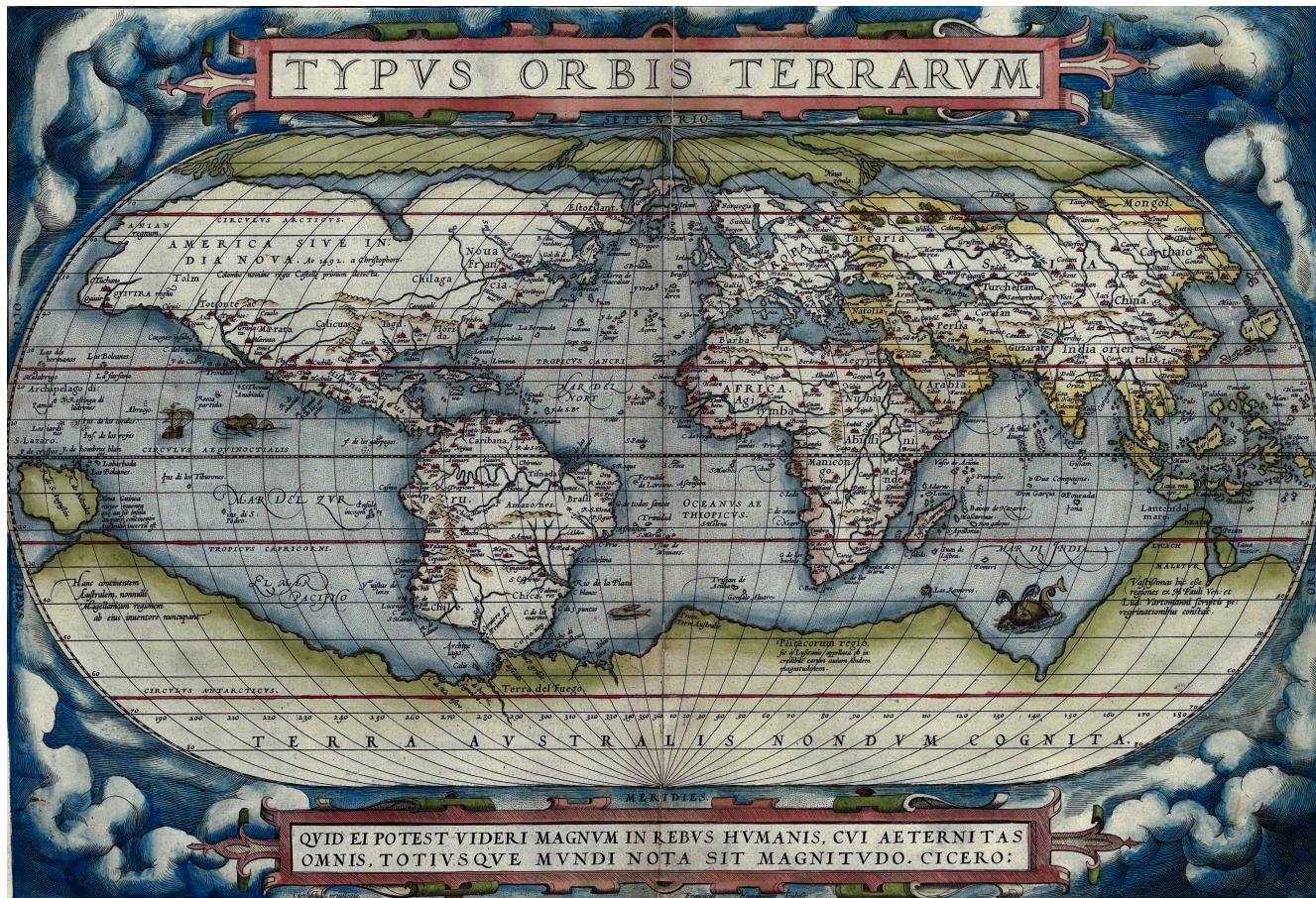
2.1. 南方大陆假说

事实上，在任何人到达南极大陆之前，人们就已经深信南极大陆的存在。地理学家如亚里士多德和托勒密曾基于“平衡论”提出地球南部应有一片大大陆，以平衡已知的北半球大陆。在中世纪与文艺复兴时期，地图制作者在他们的地图上标示出这一假想中的大陆，称之为“*Terra Australis Incognita*”，意思是“未知的南方大陆”。早期地图，如《奥尔特柳斯地图集》（见下图）和《墨卡托地图集》，都绘制了“*Terra Australis*”，尽管其形状和位置大多基于猜测，但这却契合文艺复兴时期探索开拓的精神风气。

詹姆斯·库克（James Cook）确实在他的第二次寻找“南方大陆”的航行中（1772-1775年）环绕了南极洲，但他并没有真正看到南极洲的大陆，库克和他的船队虽然航行到了非常接近南极大陆的地方，但由于巨大的冰山和厚重的冰层，他们无法靠近并实际看到陆地。他在航行日志中写道，即使南极大陆存在，它也几乎完全被冰覆盖且难以到达。他认为这一大陆对航海和商业没有实际价值。

此后众多欧洲探险家前往寻找传说中的“南方大陆”但都最多只是找到了南美洲的南端岛屿，以至于英国航海家和探险家马修·弗林德斯在其著作《澳大利亚航海记录》（*A Voyage to Terra Australis*, 1814年）中使用了“*Terra Australis*”这个名称，并建议将这片大陆命名为“澳大利

1570 map by Abraham Ortelius depicting "Terra Australis Incognita" as a large continent on the bottom of the map



By Abraham Ortelius, Wikipedia

亚”（Australia）。澳大利亚这一名称便来自于“南方大陆”。等等，那南极（Antartica）这个名字是怎么来的？其实人们很简单地将其命名为“北极的反面”（ant——反面，artica——北极），这时由于许多南极海岸线的绘制已经出现，人们对“南方大陆”的存在深信不疑。

2.2. 登陆南极大陆 - 早期探险

那么，谁是第一个登陆南极大陆的人？第一个踏上南极洲的人一般被认为是约翰·戴维斯（John Davis），一位美国猎海豹者。根据记录，戴维斯于1821年2月7日登上了南极大陆。但由于历史记录不完全的问题，挪威裔澳大利亚探险家博尔赫格雷文克在1895年成为第一个被广泛认可的成功登陆南极大陆的人。他在南极洲大陆的“船员角”登陆，并收集了一些岩石样本。而第一个登上南极点的人是广为人知的挪威探险家罗阿尔德·阿蒙森（Roald Amundsen）。他于

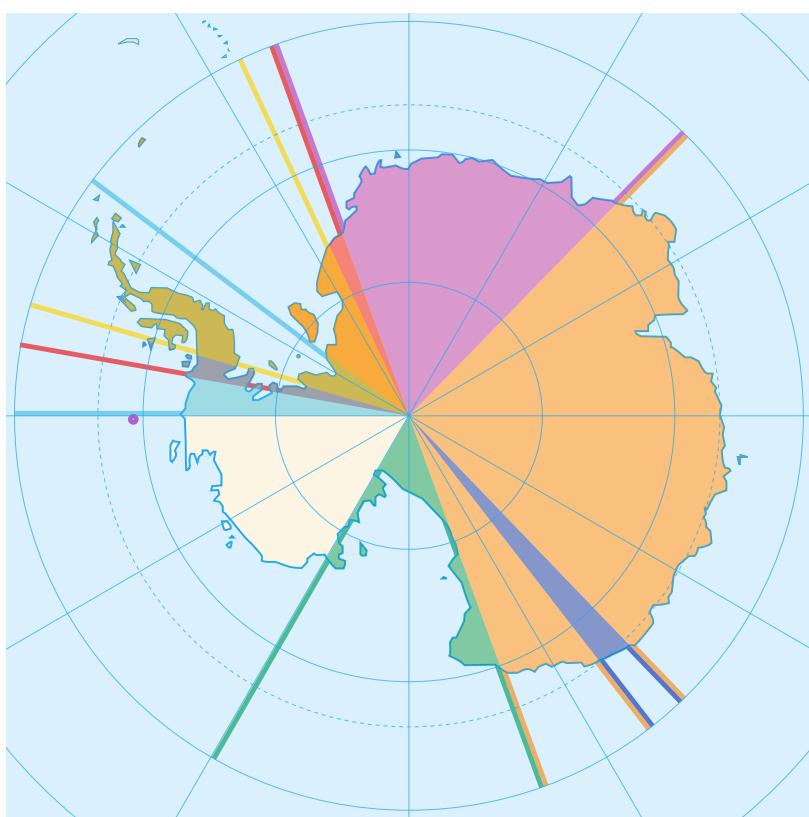
1911年12月14日率领探险队成功到达南极点，成为人类历史上第一个到达这一地点的人。大约一个月后，即1912年1月17日，英国探险家罗伯特·斯科特率领的探险队也到达了南极点。然而，斯科特的探险队在返回途中遭遇了恶劣的天气，最终全员不幸遇难。

3. 人类政治与南极——历史与未来

3.1. 领土主张

第一个在南极洲出生的婴儿是埃米利奥·马科斯·帕尔马（Emilio Marcos Palma）。阿根廷政府在20世纪70年代试图通过派遣孕妇到南极洲生育以加强对该地区的主权声索。埃米利奥的父母是被派遣到埃斯佩兰萨基地的阿根廷科学家和工作人员。时至今日，南美国家如智利和阿根廷依然力争对部分南极洲的主权，在南极大陆建设医院学校甚至是小镇，并在自己国家印制的地图上将南极大陆和周围岛屿的一部分标记为自己的领土。

在两次世界大战和冷战期间，诸多传统国家如英国法国争先前往南极宣称领土，试图在这块庞大的土地上开采石油煤炭和矿物，1907年，英国成为第一个对南极宣示主权的国家，直到1943，已有七个国家对南极80%的面积宣示主权：英国、法国、阿根廷、智利、澳大利亚、新西兰和挪威。其中部分领土声索有大面积重叠，情势一片混乱。



七国仍保有对南极的领土声索。By Lokal_Profil, CC BY-SA 2.5

而到了五十年代，伴随着冷战的愈演愈烈，对南极的争夺和冲突也加剧，在此背景下，与1957 - 1958年举行的国际地球物理年（IGY）具有特殊的重要性。尽管当时东西方阵营在政治和军事上对立，IGY展示了科学作为超越政治和意识形态的一种途径。美苏两国在许多方面对立，但在IGY中却共同致力于地球物理学研究，这成为国际科学合作的象征。此外，IGY期间，各国在南极洲建立了多个科学考察站，收集了大量科学数据，为1959

年签署的《南极条约》奠定了基础。

3.2. 《南极条约》

《南极条约》于1959年12月1日签署，并于1961年6月23日生效，巧妙而外交地处理了南极洲的既有领土声索。条约的第四条规定冻结所有现有的领土声索，这意味着已有声索国可以保留其声索，但在条约有效期内不得主张或执行这些声索。此外，条约禁止在条约有效期间提出新的声索或扩大现有声索（“在条约有效期内，不得提出新的领土主权声索或扩大现有的声索”，Antarctic Treaty）。条约强调南极洲应仅用于和平目的（第一条），并促进国际科学合作（第三条），从而使领土声索在实践中变得不那么重要。条约还建立了磋商会议的框架，允许成员国讨论和解决与条约有关的问题，包括领土声索问题。通过这些措施，南极条约成功地将南极洲维持为一个和平与科学的区域，而非领土争端的战场。

1959年签署的《南极条约》为1967年《外层空间条约》的签订铺平了道路。许多《外层空间条约》的关键条款直接借鉴了《南极条约》，包括和平利用原则、禁止领土主张、促进科学的研究合作以及不占有原则。艾森豪威尔总统甚至明确提议将《南极条约》的原则应用于外层空间。《南极条约》的成功为解决太空间题创造了动力，为谈判者提供了一个成功的模板，使他们能够将经过验证的原则适应于新兴的太空探索领域（Desimone, 2022）。

我个人认为《南极条约》仍有其时代局限性，在可见的未来我们可以预测看到更多更大胆的对于南极的科学探索，在大数据时代，一个重要的问题是如何传输和存储南极的数据。美国国家科学基金会正在探索铺设一条连接南极洲麦克默多站与澳大利亚或新西兰的海底光纤电缆的可行性（NSF, 2023）。这一项目有望显著提升南极研究的连通性和数据传输能力。目前，麦克默多站正在进行数据中心的更新，以提高本地计算能力。同时，像冰立方中微子观测站和南极望远镜等研究项目产生大量数据，但由于带宽限制，这些数据目前主要在本地存储并通过物理方式，如大量硬盘，运出南极。新的海底电缆将可能将带宽从目前共享的25Mbps提升到100Gbps或更高，实现实时数据传输。从科学界和工业界目前对计算和存储需求的指数级增长来看，极地科学也很可能经历大的转变向更加数据驱动，那么一定的在《南极条约》内允许的基建是有必要的。

致谢

诚挚感谢耿雷老师和刘晓东老师这学期的精彩教学，和所有来上课的科考队员、探险家和科学家们，你们让我对极地科学，乃至于地学研究和野外科研整体有了初步的认识。

参考文献

“Antarctica”. National Geographic. [[Link](#)]

Anderson et al, 2011. “Progressive Cenozoic Cooling and the Demise of Antarctica’s Last Refugium.” *PNAS* 108 (28), 11356-11360. [[Link](#)]

DeSimone, 2022. “How the Antarctic Treaty of 1959 Influenced the Outer Space Treaty of 1967”. <https://blogs.loc.gov/law/2022/01/how-the-antarctic-treaty-of-1959-influenced-the-outer-space-treaty-of-1967/>

“Exploring the Feasibility of a Science Monitoring And Reliable Telecommunications (SMART) Fiber Optic Cable System Connecting”, 2023. NSF. https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=308774&org=OPP

Gehler et al, 2016. “Temperature and Atmospheric CO₂ Concentration Estimates Through the PETM Using Triple Oxygen Isotope Analysis of Mammalian Bioapatite.” *PNAS* 113 (28), 7739-7744. [[Link](#)]

Nilsson et al, 2010. “Tracking Marsupial Evolution Using Archaic Genomic Retroposon Insertions.” *PLOS*. [[Link](#)]

PBS Eons. (2019, October 4). *When Antarctica Was Green* [Video]. YouTube. https://youtu.be/cC4WiBCoVeo?si=rSp0vgEmhecH0an_

Reguero et al, 2014. “Final Gondwana Breakup: The Paleogene South American Native Ungulates and the Demise of the South America-Antarctica Land Connection.” *Global and Planetary Change*. [[Link](#)]

Rintoul et al, 2001. “The Antarctic Circumpolar Current System.” *International Geophysics*. [[Link](#)]

Scher et al, 2015. “Onset of the Antarctic Circumpolar Current 30 Million Years Ago as Tasmanian Gateway Aligned with Westerlies.” *Nature* 523, 580-583. [[Link to Abstract](#)]

The Antarctic Treaty, 1959. Retrieved from https://www.ats.aq/documents/ats/treaty_original.pdf

Zhong-Shi, et al. 2010. “Has the Drake Passage Played an Essential Role in Cenozoic Cooling?” *Atmospheric and Oceanic Science Letters*. [[Link](#)]