

科 学 年 鉴

(1 9 9 0)

〔美〕罗伯特 O. 泽伦尼 主编

科 学 出 版 社

(京)新登字 092 号

Editor in Chief: Robert O. Zeleny

SCIENCE YEAR

The World Book Science Annual

World Book, Inc.

1990

科学年鉴

(1990)

[美] 罗伯特 O. 泽伦尼 主编

责任编辑 鲍建成

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1991 年 12 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
1991 年 12 月第一次印刷 印张: 12 3/4
印数: 0001—2 350 字数: 293 000

ISBN 7-03-002501-6/Z·155

定价: 9.60 元

目 录

专 题 论 述

谁杀害了这些硕大的哺乳动物?	J. T. 丹尼特	(1)
大洋中层水域中的神奇世界	J. 华莱士	(7)
发掘希罗德的梦想	R. L. 霍尔菲尔德	(14)
日益增长的垃圾困境	J. 拉洛夫	(20)
磨炼欺诈术	L. P. 布劳尔	(25)
注视天空的新眼睛	S. P. 马兰	(31)
火山破坏区的生态复苏	J. F. 富兰克林	(39)
暗物质案	J. R. 普利马克	(46)
地球正在变得过热吗?	A. 费希尔	(53)
科学与风切变	D. 萨默维尔	(59)
绘制我们的基因图	B. 伦斯伯杰	(66)
热带研究组织	R. L. 蔡兹登, R. K. 科尔韦尔	(72)
对付疾病的“魔弹”	B. 帕特鲁斯基	(78)
追求更好的电视画面	W. J. 霍金斯	(84)

学 科 进 展

天文学	(91)	植物学	(141)
物理学	(99)	生态学	(146)
化学	(105)	神经科学	(149)
能源	(108)	遗传学	(152)
电子学	(112)	心理学	(156)
计算机	(113)	农业	(159)
材料科学	(119)	营养学	(162)
航天技术	(122)	医学研究	(163)
地质学	(125)	牙科学	(168)
古生物学	(129)	免疫学	(169)
气象学	(132)	公共卫生	(172)
海洋学	(135)	药理学	(173)
动物学	(137)	考古学	(176)

人类学.....	(184)	科学奖金与奖励.....	(193)
环境学.....	(186)	一年来逝世的著名科学家.....	(196)
科技新书.....	(190)		

谁杀害了这些硕大的哺乳动物？

丹尼特 (Joann Temple Dennett)*

距今 30,000 年前的大冰期，即更新世冰期，陆地上是硕大的哺乳动物盘据的世界。当时的北美大陆正处于貌似现代象的乳齿象、浑身披毛的猛犸象、剑齿虎和佛罗里达洞熊的统治下。在相当于今日欧洲大陆的这片地区繁育有头生树枝状叉角的鹿群。在北美、欧洲以及亚洲大陆上，凶猛的食肉动物山狮、猎豹和美洲虎终日出没于成群的食叶和食草动物中间，伺机捕猎。

在北美，当那些体大如熊的海狸忙于伐树营巢筑坝时，成群的乳齿象就到东部地区觅食松、杉的细嫩芽叶。在今天的墨西哥和美国东南部那片地区，有许多佛罗里达洞熊、巨龟和雕齿兽(这是一种大如狮子的类似犰狳的动物)栖息于落叶林和热带常绿灌木丛中。大陆西部草原上，体大如幼象的地懒正在贪吃嫩叶，它们与成群的食草动物，如野马、野牛、黑尾鹿和骆驼，分享大自然的恩赐。在大西北，浑身披毛的猛犸象、牦牛、牝鹿和羚羊栖居于辽阔的大草原上。在高寒地区，麝牛和驯鹿生活在犹如今日阿拉斯加那样荒凉凄冷的苔原冻土环境中。

与 6,500 万年前徘徊于地球上的恐龙不同的是，这些硕大的动物属于哺乳类。但是，它们的命运却和恐龙相同，许多大的哺乳动物，包括吃树叶的、吃草的和食肉的哺乳类，也走向绝灭。短短的几千年间(几千年对于整个地球的历史，仅是一瞬)，就有 33 属大型哺乳动物(生物分类学上的属是由若干有亲缘关系的种组合而成)全部死光：猛犸象和乳齿象绝灭了；地懒和大海狸不见了；剑齿虎销形敛迹了。其它动物如骆驼和马这类大哺乳类的子遗，尽管迄今仍生存在别的大陆上，但是在北美却已绝迹。然而，那些身躯较小的哺乳动物种数却变化不大。

令科学家们长期迷惑不解的是，这些大型哺乳动物群究竟遇到了什么事情？尤其是北美的大型哺乳类几乎同时发生大规模绝灭。正如判处死刑犯之前需作长期而缜密的侦讯那样，研究人员苦于掌握的线索太少。

他们所掌握的少许证据——植物化石和动物骨骼化石、石矛、陆上的岩石和海底沉积物标本，已经使许多科学家得出全球气候变化(即气候由冷转暖)导致哺乳动物死亡的结论。然而，也正是这些同样的线索促使另外一些科学家认为，人类的大肆捕猎造成这些哺乳类绝灭。虽然我们也许永远找不到能够阐明地球历史上这一惊心动魄的时刻的信息证据，以确认哪一种说法是对的，却可从中窥视科学研究工作者如何依据不完全的资料着手

* 丹尼特是美国博尔德市科罗拉多大学的讲师，科学专栏作者。

科学探索的工作方法。

科学家们对这些神秘的动物绝灭事件究竟了解多少呢？首先看一下基本的事实。他们满怀信心地说，地球上确曾有过巨大的哺乳动物一度栖息繁衍，其证据之一就是动物骨化石。研究化石的古生物学家迄今已发现的猛犸象化石产地不下1,400处，而其它的更新世动物骨骼化石地点还要更多。

如果认为，这些证据还不足以令人信服，那么，在一些冰原地区又不断发现被冰冻成完整的木乃伊式的更新世动物尸骸，仅西伯利亚一地就找到了许多冻结的猛犸象遗体。

还有另一类证据，即岩洞艺术中也有这些史前动物的形象描绘。与恐龙不同的是，这些硕大的哺乳动物生活在地球上的时代已有人类繁衍。尽管当时的史前人类还没有文字记载，却为后人留下了图画、素描、石刻和雕塑艺术品——在法国和西班牙的岩洞里就发现过许多件作品。自19世纪晚期以来，已有近200处史前人类洞穴艺术的发现，其中有野牛、马、猛犸象、驯鹿，有时还有山狮和熊的形象描绘在洞壁上。

大型哺乳动物骨化石

古生物学家已在美国和加拿大发现150多处化石地点，因此知道过去的北美洲曾有大型哺乳动物生存。洛杉矶的汉考克公园里有一个拉布里亚陷坑，是一个沥青沼，从中发掘出数逾百万副的更新世动物骨架。古生物学家从这个粘糊糊的沼泽里挖出溺毙的骆驼、地懒、马、剑齿虎，以及其它的更新世动物遗骸。

另一处南达科他州温泉城的化石产地掘出了30具猛犸象骨架。它们似乎是受温泉的引诱而误入深渊，淹死在四边陡峭溜滑的落水洞里。在后来才固结成岩的沉积物表面上留下了它们垂死挣扎的痕迹。

怀俄明州中北部靠近蒙大拿州边界的地方有一个称为天然陷阱（Natural Trap Cave）的深24米的落水洞，其中残留着更新世动物遗骨达30,000头以上。这个钟形陷坑隐伏在自然景观下，四周是一圈光滑的石灰岩峭壁，成了天生的陷阱。直到50年代科学家们在坑口装上钢制围栏时止，至少75,000年以来，一直在诱捕那些倒霉的牺牲品。

关于这些动物走向绝灭的时间，科学家们终于有了初步估计。古生物学家采用放射性碳同位素测年方法（即测定骨化石中碳元素的各种同位素含量的比率以测定年代）得以相当准确地测定骨化石的年龄。北美洲今已绝灭的大型哺乳类骨化石的放射性碳同位素测年结果表明，它们多数死亡于距今10,000—12,000年间。

科学家们还有确切的证据指明，这些动物绝灭时全球气候发生过急剧变化。采自洋底的沉积物（包括土壤和岩石）样品表明，整个更新世（约自200万年前延续到距今10,000年前后）的世界广大区域都被冰层覆盖。

冰的世界

大型哺乳动物生存的时期，地球表面的很多地方都覆盖着冰川——由积雪形成的巨大冰体。那时的北美洲，从加拿大的哈得孙湾到大部分北半球都有冰川，而且曾几度南延到达伊利诺伊南部。整个哈得孙湾的冰层厚度可达到3,000米深处。在欧洲，相当于今天的英格兰北部、丹麦以及德国的这片地区都是冰川。

更新世时，地球上气候变暖（使北美和欧洲的大冰川融溶）又转冷这样的变化多达18

次。谁也说不清楚气候波动的起因,然而有许多科学家认为,这应归咎于地轴发生过稍许摆动。地轴的摆动必然会改变阳光辐射到地球上的数量,从而导致气温的变化(参阅“地球正在变得过热吗?”一文)。

大约在距今 18,000 年前,冰川的分布达到最大的范围。其后,于距今 13,000—11,000 年前后——大致与此同时,大型哺乳动物群走向绝灭——地球上的气候开始了最近的一次长期变暖,冰川开始消融,水又重新从冰冻状态下释放出来,涌向河湖,海平面升高,漫淹全球各地的沿海平原。融冰化水为大气层提供更多的水蒸气,带来更多的雨和雪。

北美洲所遭受的气候冲击颇耐人寻味。尽管其中部平原在冰川融化之前相当寒冷,可是高耸矗立的冰塔群象山一样屏挡着来自极区的冬季寒风,使那里终年气温相对稳定。冰川融化之后,平原就遭遇了夏暑冬寒的气温极度波动起伏。

绝灭是气候变迁的结果?

科学家们于 1800 年前后首次提出,这些大型哺乳动物的绝灭与气候的变迁有关。今天,科学家们又从各自不同的学科角度考虑气候变迁对北美洲哺乳动物所施加的严重而广泛的影响:动物的生境遭到毁坏,它们赖以生存的食物来源锐减,从而被迫往北迁徙。气候变迁必然也杀害了不少新生的幼仔,因为幼仔比成年的动物在抵御天气突变方面的能力要弱得多。

依照气候变迁学说的两位著名的倡导者,美国奥斯汀市得克萨斯大学的地质学家小伦德略(Ernest L. Lundelius, Jr.)和斯普林菲尔德市伊利诺伊州立博物馆的古生物学家格雷厄姆(Russel W. Graham)的说法,气候变迁的影响最重要的是在于动物生境方面。若气温变化相当急剧,植物——对于动物的食物源和栖居地均极重要——势必受到严重打击。由于植物不能很快地迁往气候适宜的地方,许多种植物就得死亡,随即代之以突然涌现的变种植物。动物不适应这些新的混合植物食料,被迫迁徙。然后,象剑齿虎这类以食草动物为生的食肉动物随即转移。譬如,在北美洲以杉树嫩叶为食的乳齿象,当气候转暖导致杉树林大片死亡而代之以阔叶-落叶林时必须迅速选择新的适宜环境。于是,原在蒙大拿州圣路易斯附近的杉树林中生活的乳齿象,不得不迁往相当于今日新英格兰的这个地区去寻找适宜生存的场所。

为了生存而迁徙必然带来许多新问题。譬如,原先共享一处生境的几种动物会朝着不同的方向转移。如果有某种动物本来依靠另一种动物为食,迁居后可能发现新生境中没有吃惯了的食物而难以生存下去。与此相反,过去从未接触过的两种或几种动物被迫迁居到一处,有一些动物将会染上由别的动物携带来的疾病——它们未曾得过的传染病,这就要求它们具有超常的抗病能力。

这个学说的提出者列举理由来阐明大哺乳动物所遭受的气候变迁之害。大哺乳动物比小哺乳动物食量大,进食次数多,所以迁居新生境后所遇到的气候变迁的影响也比较严峻。同时,由于大哺乳动物繁殖的孕育期比小哺乳动物的长,因此繁育季节的天气变坏也会较严重地危害到大哺乳动物的种的延续。

赞成气候变迁学说的科学家们拿出许多证据说明北美各地区植物生长发育所遭遇的气候骤然改变。有一类化石孢粉证据是用显微镜观察经过强化学试剂处理的沉积物样品(目的是排除外来物混入的干扰)时发现的。研究化石动物粪便(即粪化石)已经用于鉴

定那些绝灭动物所吃植物种类。

科学家们还证明,有一些更新世动物当气候改变后,其生存范围有所变动。麝牛和驯鹿在今天仅生活在北方苔原。马从北美洲平原上消失了,却仍生存于欧亚大陆。

气候变迁说的缺陷

气候变迁说虽然得到公认,也并不是没有反对派提出该学说的一些漏洞。首先,与大型哺乳动物的绝灭相对应的全球变暖,只不过是一长串气候变暖事件系列中最近的一次。为什么这些气候变迁消灭了一些物种而留下许多别的物种?需要证明,最近的那次变暖事件比已往几次都强烈,可是并没有找到这样的证据。

其次,此学说没能阐明,为什么世界各地发生的绝灭事件,其灭亡的种数比率不同。北美洲和澳大利亚丧失的大哺乳动物的百分比大于亚洲和非洲。既然气候变迁波及全球,为什么在非洲和亚洲的走向绝灭的物种会少得多呢?

最后一点,气候变迁说的提出者未搜集起足够的证据以确切说明,为什么有一些动物走向绝灭时而其生境却显然仍很适于生存。例如,北美洲土生土长的马在更新世死光了,而同是一个物种的马,在几万年之后却在欧洲移民手中又繁育在那个地区。硕大的沙斯塔地懒也走上绝灭的道路。在亚利桑那大峡谷西端的拉姆帕特岩洞(Rampart Cave)中找到的地懒粪化石分析结果表明,生活在11,000年前的地懒所吃的植物种,迄今仍生存于原来的生境。

绝灭是过度捕猎造成的?

有一些科学家认为,大型哺乳动物的绝灭应当与人类来到美洲这个事件同步。研究古代人的生活习俗的考古学家业已证明,迁来美国西南部的史前人口大概在11,500年前达到高峰。这一地区的史前文化,由于1934年在新墨西哥州克洛维斯附近的发掘地点首次找到了形状独特的石矛——扁平、双面、有槽(可供装柄)的石矛,考古学家就命名为克洛维斯(Clovis)文化。

人类首次出现于美洲大陆与早期哺乳动物走向绝灭大致同时,这是有关更新世动物绝灭事件的另一种学说的立论基础:人们大肆捕猎大哺乳动物,使之绝灭。1967年,美国图森市亚利桑那大学的生态学家马丁(Paul S. Martin)提出,人类在几千年间使北美的大哺乳动物大量死亡。

“过度捕杀”说的核心内容是马丁所说的,人们仅在大约12,000年前才通过连结亚洲和北美洲的陆桥跨越白令海峡第一次到达美洲,因为当时冰川已融溶到足以在今天的阿拉斯加与美国西部之间打开一条无冰通道,但还不致使海平面抬升到漫过陆桥的程度。

马丁认为,这批早期人群是些熟练的猎手,他们发现了成群的大哺乳动物。这些大哺乳动物过去从未见过人类,并不怕人,所以猎手易于靠近,并予捕杀。马丁指出,克洛维斯人口的迅速增长,使得他们所捕猎的哺乳动物群来不及恢复元气。按照这个学说,当猎手们在一个地区杀光了大哺乳动物后,这些早期人群就迁往新的狩猎场,继续捕猎。人们的足迹终于遍及整个大陆,消灭掉一些物种。当被捕杀的物种走向绝灭时,依赖捕食这些动物为生的食肉类(如剑齿虎和短颌熊)也随即面临食物短缺而死亡。

许多科学家支持这个过度捕杀说,并且拿出证据来说明此说的正确性。北美洲许多

化石产地发现的石矛与三种已经绝灭的大哺乳动物(猛犸象、马和骆驼)的骨骼在一起,或者发现时石矛尖端还刺在化石动物体内,而且常在一些古代水蚀洼坑(显然猎手曾在此卧地设伏,伺机捕猎)中找到石矛。

此外,还有证据表明,早期人群曾恫吓驱赶兽群,迫使其跳崖跌伤,然后捕杀。譬如,古生物学家于 30 年代就发现丹佛迤北大约 32 公里处的一个砂岩峭壁下面有三只克洛维斯石矛、一些散落的石球和 12 具猛犸象骨骼。科学家们推论,当时猎手们驱赶一群猛犸象,迫使它们跳越峭壁,跌落崖底,再锤击或矛刺以杀死这些负伤的动物。

过度捕杀说的纰漏

过度捕杀说是基于这样的设想,即人群迁居美洲的时间不早于 12,000 年前。然而,动物群的消灭只能在它们早就不堪忍受人类这个捕食者的加害时才发生。马丁和其它的支持者拿不出科学证据支持这种论断。另一方面,也没有公认的证据肯定人类在 12,000 年前就已存在于美洲。

不仅如此,并非所有的专家学者都认可,那些克洛维斯石矛的制作者就是第一批到达美洲的人群。1976 年,后来担任马萨诸塞州坎布里奇皮博迪考古基金会主席的麦克尼什(Richard S. MacNeish)发表他一直在争辩的意见,早在 40,000 年前,人类就已经生活在美洲了。他历数来自 50 个发掘地点的证据——11 副人的骨架、1,000 余件人类制作的器皿和上 3,000 块兽骨化石。

还有,1975 年在加利福尼亚南部沿海的圣罗莎岛上找到的一块化石,轰动了考古界。一位畜产公司的雇员伍利(John Wooley)在高出于海面的一处悬崖间发现了一个新坑道口。他进入坑道探查,发现坑道壁上粘着一根非同寻常的骨头。那是一块猛犸象骨骼,而且是烧烤过的骨头。经科学家们进一步考察,又发现一个塞满炭化的猛犸象骨骼的大坑。这些炭化兽骨的年龄大于 40,000 年。看来,这已构成了人们早在 400 个世纪之前就已在此处烤食猛犸象的铁证。

无论如何,这个“烤全象”(barbecue)坑确是一个有关更新世动物绝灭事件继续争论的好例证。科学家们对这个证据本身没有什么争议,但是如何解释却各有千秋。有些人说,烤过的骨头仅说明古代的人烤过猛犸象而已。也有人认为,这些烤熟的动物不过是一场天然火灾中不走运的牺牲者,非人力所为。

另一个有关此说的的问题是,科学家们并没有证据说明,猎手杀尽了所有走向绝灭的动物。化石证据仅表明,在 33 个绝灭的属中只有 3 个属遭到捕杀,譬如,并没有证据能说明,北美的人们捕猎过大海狸这类如今已经绝灭的哺乳动物。

我们能否了解清楚?

对于上述两种主要的学说,科学家们都拥有一些证据可以证明,也有一些证据用于反驳,而且每一种学说都有不少的专家支持。这或许正象有的人所指出的,两者都正确。捕猎者杀尽了的是一些早被气候变迁折磨得奄奄一息的物种。

另一方面,别处也许有答案。例如,1981 年,后来执教于俄亥俄州代顿市的赖特州立大学的地质学家布雷肯里奇(G. Robert Brakenridge)提出,近旁的超新星爆发的力量,可把地球的臭氧层捅破一个洞,毁灭那些已绝灭的哺乳动物赖以果腹的植被。正是臭氧

层防护着地球上的生物免遭太阳紫外线的过量辐射危害。

我们可以期待科学家们提出更多的解答和搜集更多的证据。但是，古生物学面对的严峻现实是有关那些事件的充分证据产生的年代极为久远，很难取证。科学家们似乎还得费许多年的时光持续争论，11,000 年前的地球上究竟发生了什么事情以及当时的情景如何。

洛杉矶市加利福尼亚大学的生理学家戴蒙德 (Jared M. Diamond) 研究的现代动物绝灭事件也涉及更新世的绝灭事件。他总括环绕更新世动物绝灭事件起因问题展开的科学论战现状是“为求得有关史前的这场大绝灭的许多问题的答案，哪怕只找到能支持那些似乎顺理成章的猜测的些许证据，均属三生有幸！”如果不用放射性碳同位素测年方法、海底沉积物检验方法以及化石粪便和花粉分析方法，这个关系到如此众多的大型哺乳动物消形敛迹之谜将永远无从揭示。

(苏宗伟译)

大洋中层水域中的神奇世界

华莱士 (Joseph Wallace)*

用于科学研究的新式高级深潜装置使科学家有可能研究生活在大洋中层水域这个地球上最大的栖息环境中的奇妙的动物。

在加利福尼亚州蒙特雷湾波光粼粼的海面以下约 1,000 米深处，一台遥控深潜装置在其黑如墨的水体中静静地徘徊。安在深潜装置前部的聚光灯投射出一条光柱，映照出数以千计的游来游去的海洋动物。深潜装置上的摄影机拍摄下了从旁边游过的鱼群发出细碎的光亮，看上去好像一辆老式汽车前灯射出的光。突然，一群小章鱼迅速掠过。但是，展示在人们面前的景观主要是成群成群的“果冻”——水母，还有其他的腔肠动物和刺胞动物(也是一些果冻状的海洋动物)。其中有些动物是如此纤小，以至好像只要十分轻柔地碰一下就会使它们粉身碎骨一样。还有一些腔肠动物则连接成几米长的“链条”，好象“超级油轮”一样漂浮而过。

遥控深潜装置是一种由电子计算机控制的水下装置(一种用于深海勘察的装置)，称为 ROV (remotely operated vehicle 的缩写，就是遥控装置的意思)。蒙特雷湾水族馆研究所(设在加利福尼亚州帕西菲克格罗夫)的科学家们正在借助这种装置勘察和研究地球上最神奇的环境之一——大洋中层水域。虽然海洋研究工作已经进行了几百年，但科学家们对这一作为地球上最大栖息环境的水域知道得实在太少了。只是在近 10 年以来人们才发现，在大洋中层水域里的生物是如此丰富和种类繁多。

简而言之，中层水域占了大洋的大部分体积。它的上界在洋面以下 10 米处，即刚刚位于混合层 (mixed layer) 之下。混合层就是受到风的剧烈搅动的表层水体。中层水域很像一张千层饼，它可以分成许多水平的层，这些层的温度、化学成分和深度各不相同。由于大洋中存在洋流，所以这些层的厚度是有变化的。

海洋学家把中层水域划分成 4 个层。最上面的一层叫做“上层”(epipelagic zone)，生活在这一层中的海洋生物大都和生活在开阔海中的差不多。第二层叫做“中层”(mesopelagic zone)，位于水深 250 米至 1,000 米之间。生活在这一层中的动物大都有生物发光的功能(生物本身能发光)。这些动物在夜间上升到海面附近寻找食物。从洋面以下 1,000 米起，向下到洋底以上 50 米之间的层叫“深层”(bathypelagic zone)。这个层又冷又黑暗。它是地球上最奇特也是最难研究的栖息环境之一。中层水域最底下的一层叫做“近底层”(benthopelagic zone)。其上界是洋底以上 50 米处的面，下界则位于洋底以上 10 米处。在这个层里生活着一些稀奇古怪的流线形生物。它们能适应海洋深处永恒的黑暗

* 华莱士是自由撰稿的科学作家。

和巨大的压力。

中层水域的下界也位于洋底以上 10 米处。在这一界面和洋底之间的层叫做“海底边界层”(benthic boundary layer)。在这一层中有从上面沉降下来的悬浮沉积物,它们是一些植物、动物和矿物的碎屑。

包括中层水域在内的大洋的总体积大到难以想象的程度。大洋的总面积达到 3.6 亿平方公里,约占地球表面积的 70%。在一些地点,大洋的深度超过 10,000 米,而全球大洋的平均深度则是 4,000 米。

中层水域的环境在不同地段有很大的差别。正如在大陆上潮湿的热带沼泽中和寒冷贫瘠的山顶上生活着不同类型的动物一样,在中层水域的不同地段也生活着不同类型的海洋动物。温度、光照条件、压力和洋流都与在某一特定地区生活着哪些类型的动物及其相对数量有关。

在中层水域的最上部是昏暗的半阴影区(regions of murky twilight),其中有鲸鱼、鲨鱼及其他类似的海洋动物出没。然而,中层水域的绝大部分区域则是一种刺骨寒冷和有粉碎性压力的区域。到水深 600 米左右处,几乎所有的光线都已消失,留下的只是一片永恒的黑暗。只有那些稀奇古怪的动物放出的寒光才会刺破这种黑暗。在这些发光的生物中,有许多种对科学家来说也是初次相识。蒙特雷湾水族馆研究所 ROV 计划的领导人之一,海洋生物学家罗比森(Bruce Robison)说:“中层水域是地球上最大的生物群落栖息地。迄今为止我们对这个生物群落还几乎没有进行过什么研究。”

为什么我们对中层水域了解得这么少?原因之一是这一水域十分辽阔。其次是科学家们很难到达并漂浮在中层水域的各个层内进行工作。潜水员借助自携式水下呼吸装置可下潜到水深 40 米处。但即使到了这一深度,也只能说是刚刚挨着了中层水域的边。

在 20 世纪 30 年代早期,有两个男子乘着一个有厚厚的窗户的球形容器——深潜球——下潜,首次观察到了中层水域较深处的迷人景色,还捕捉到了生活在其中的一些奇奇怪怪的生物。纽约动物协会的探险家、自然学家毕比(William Beebe)与设计并制造这个深潜球的发明家、商人巴顿(Otis Barton)一起,曾下潜过 20 多次,到达了水深 900 米的地方。

按道理说,人们可以认为毕比和巴顿的成就或许会使大批生物学家争先恐后地去勘察中层水域。但是,实际上并没有人这样做。这是因为深潜球使用起来还很不安全,造价也十分昂贵。而且,由于对海洋的了解还十分少,所以,研究海洋的学者都很容易就会将研究的重点放在风险和费用都较小的地区。后来,当潜水技术得到改善,对大洋深部的勘察变得更安全时,科学家们的注意力又一下子都射向了洋底,也没有放在中层水域上。

在最近的 25 年里,人们曾经设计并生产了一些深潜器,它们能迅速沉到洋底,但不能停留在中层水域。其中有一个叫做“阿尔文号”的深潜器曾在 1986 年用于对泰坦尼克号游轮的失事进行研究。但充其量而言,这些深潜器只能使人们对大洋表面和洋底之间的水域有一个浮光掠影式的一瞥。

结果,研究中层水域的科学家们仍不得不采用非常原始的方法来进行工作。罗比森解释说:“最普遍使用的方法都十分简单。我们所做的只是在船后拖一张大网,然后将网拉起来,看看打上来的有些什么东西。”

这种方法叫做拖网法。它有一些很严重的缺陷。许多动物会躲开拖网,但落入网中

的动物通常都会迅速死亡，甚至变成一大堆粘乎乎的果冻状物质。要想通过这些标本去了解这些中层水域生物的摄食习性、迁移方式以及繁殖行为，那是完全不可能的。

然而，海洋学家用在中层水域不同深度分别进行的拖网作业进行的研究也取得了一些成果。他们发现，某些中层水域动物看来始终是生活在某一深度的。而另外一些动物（例如金枪鱼、枪鱼和箭鱼）则只是中层水域中的匆匆过客。他们还发现，虽然在整个中层水域里都有鱼类和水母类分布，但大部分动物只集中在大洋上部 1,000 米深度范围和靠近洋底的 100 米范围之内。这是因为在这两个地段内集中了大部分食物的缘故。但是，科学家对他们捕捞上来的中层水域生物的行为几乎仍然一无所知，而且对这些动物中的大多数还未能鉴定出来。

到了 70 年代中期，当科学家们开始使用一系列叫做“约翰逊海洋火炬号”（Johnson Sea Link）的深潜装置后，对中层水域的研究向前跃进了一大步。第一台“海洋火炬号”深潜装置是在 1971 年下水的，第二台“海洋火炬号”的下水时间是 1975 年。这些深潜装置的长度接近 7 米，装有放大摄象机（boasting video）、静物摄影机和臂长 2.4 米的液压臂。它们可下潜到深度超过 760 米处。然而，更重要的是，它们能够在中层水域中游弋。

许多科学家把“海洋火炬号”深潜装置用于研究中层水域。其中有一位是在马萨诸塞州科德角的伍兹霍尔海洋研究所工作的海洋生物学家哈比森（Richard Harbison）。他介绍说：“在 1984 年 10 月和 11 月间，我们在巴哈马群岛附近进行了一系列前所未有的下潜。在那里采到了管水母（siphonophore，水母中的一类）中的 30 个种，其中大约有一半是以前从未研究过的或还未命名的。”

虽然“海洋火炬号”深潜装置具有在中层水域里游弋的能力，但它也存在着一些不利因素。这些因素同样也影响着其他勘探洋底的船只。这种装置的体积过于庞大、笨拙，而且费用昂贵。所以，科学家们继续致力于寻求更为适合的深潜器。1982 年，当时在圣巴巴拉的加利福尼亚大学工作的罗比森，率领另外五位科学家，穿着一一种新式的“黄蜂型通气潜水服”（WASP atmospheric diving suit）进行了一系列探索性的下潜。这种具有黄黑两种颜色的潜水服之所以称为“黄蜂型”，是因为这种像一件黄色夹克的潜水服看上去像一种黄蜂。穿着这种潜水服的潜水员可下潜到洋面以下 600 米深处。

罗比森和他的研究小组成员穿着黄蜂型潜水服，在加利福尼亚州滨外的圣巴巴拉海盆（一个水深不超过 600 米的较浅的海底盆地），在 33 个昼夜里进行了多次下潜活动。他们马上就发现，他们必须立刻抛弃从前关于中层水域生物的所有老观念。罗比森回忆说：“例如，许多动物（特别是鱼和水母）的丰度要远远超过它们在渔网收获物中的丰度。同样令人惊奇的是，胶状动物（gelatinous animals），包括从一无所知的栉水母（一种小而透明的动物）和介形类（一种非常小的水生贝壳类生物）都具有非常高的分异度。以前我们所能看到的这些动物，都只是拖网底上的一团因果冻状物质而已。”

另一个惊人的发现是，在浮游生物中，挠足类的数量非常巨大。这种生物是虾的“小亲戚”，属于浮游生物（指大洋中营漂浮生活的生物，包括浮游动物和浮游植物，它们都是较大的海洋动物的食物中的重要组成部分）。科学家们估计，在每立方米海水中，可以包含 200—400 万个浮游生物。

虽然黄蜂型潜水服使科学家能对这个未知世界有一个诱人的一瞥。但对勘察中层水域来说，它仍存在着一系列缺点。这种潜水服的空气供应只能维持4—6小时。潜水员穿着这种潜水服时向前或向后移动时很不灵便。而且，潜水员还只能携带很少量的标本和科学仪器。还有，潜水服上的相机也不够先进，无法拍摄清晰的相片。

所以，罗比森提出，要寻求一种专门为研究中层水域而设计的深潜器。通过他的努力，终于找到了“深海漫游者 (Deep Rover)”。这是一种单人深潜器，原先用于商业目的，即用于检查和维修油井的水下平台。这种深潜器只有2.2米高，3.1米长。所以体积已经很小了，不致惊扰罗比森所要观察的中层水域的海洋生物。更重要的是，“深海漫游者”可以下潜到比穿着黄蜂型潜水服所能到达的更深的深度。它那响动不大的引擎可以使深潜器在不超过900米的任何深度上游弋。特别是，它可以灵活地转向任何方向。这种深潜器最突出的优点是可以比一个穿着黄蜂型潜水服的潜水员携带更多更先进的科学仪器。

1985年时，罗比森租用了这种深潜器，并装上了有望远镜头的普通照相机和摄象机。它们在光线微弱的条件下也能拍出清晰的图象。深潜器上还装上了一些采集器。这些装置能捕集娇嫩的中层水域动物，并将它们放到瓶中去而不致伤害它们。

最后，在“深海漫游者”上还装上了能发出红光的聚光灯。罗比森解释说：“由于在自然光中只有蓝绿光部分能到达中层水域，我们推断，中层水域的动物只能看到蓝绿光。所以，红光不会打扰它们。通过使用约翰逊海洋火炬号深潜器和穿着黄蜂型潜水服进行的对中层水域的考察，证明这一推断是正确的。”

罗比森选择蒙特雷海底峡谷作为他们的下潜地点。这一座落在海底上的巨大峡谷位于加利福尼亚州海岸外17公里处。它的深度和其它引人注目的特点，可以与位于美国西部亚利桑那州的大峡谷 (the Grand Canyon) 相媲美。人们通过拖网采样和其它观察发现，蒙特雷海底峡谷中寒冷而富含营养物质的海水中生活着大量海洋动物，其丰富程度可以和地球上任何其他水域相媲美。在这里生活的海洋动物不仅有海獭、海豹、海狮和各种经济鱼类，还有无数小型海洋动物。参加这次乘坐“深海漫游者”下潜调查的，除了罗比森以外，还有对水母有丰富知识的哈比森，以及圣巴巴拉的生物学家威德 (Edie Widder)，一位从事生物发光研究的专家。在1985年夏天，这三位科学家乘坐“深海漫游者”进行了一系列的下潜，最深到达了洋面以下900米处。

罗比森回忆说：“我们见到了几十种从未见过的鱼和水母。”科学家们还发现了一种叫做幼形动物 (larvaceans) 的细小生物。这种生物能用分泌的粘液建造长达3米的巨大“礁体”，其作用是把食物颗粒从水中滤出来。自从在蒙特雷海底峡谷下潜以来已经过去4年了。罗比森说：“我们仍在继续研究从水下带上来的标本、照片和其它材料。”和在圣巴巴拉海盆中看到的情况一样，在乘坐“深海漫游者”下潜时看到的最引人注目的景观也是似乎令人目不暇接的、美丽娇嫩的水母类生物。其中有的种类已经为人们所熟知，例如纽鳃樽 (salps)，这是一种细小的桶形透明动物。但另外有一些种类的生物则是人们以前从未看到过的。

这几位科学家还对管水母进行了更仔细的观察。这种生物是人们早就知道的，但对它却几乎没有进行过什么研究。它们是中层水域水母中的“超级明星”。管水母是一种群

体生物,其群体的长度可以达到 30 米。在这种群体中,每个管水母的单体都负有各自的使命。有的单体的主要任务是维持相互之间的联系;有的单体长出有刺细胞的触手以便获取食物;而另外一些单体的任务则是消化食物。蒙特雷湾的管水母不仅比别处看到的要大,而且还是一系列以前未曾看到过的新种。

罗比森在蒙特雷海底峡谷观察到的关于管水母的最有意思的现象是这种生物与生活在中层水域中的鱼类的关系。他至少看到有两种鱼,还有虾,和一种叫做 *Apolemia* 的管水母总在一起活动。其中一种种名为 *Leuroglossus stilbius* 的鱼竟然可以在水母的长有刺细胞的触手中随意穿来穿去而显然不受到伤害。罗比森在第一次穿着黄蜂型潜水服下潜时发现的这种鱼-管水母关系得到了“深海漫游者”小组的进一步证实。但是,除了在加利福尼亚水域以外,这种情况在其他水域中还没有发现过。罗比森在圣巴巴拉海盆和蒙特雷海底峡谷中都发现,在洋面以下 600 米深处观察到的鱼类,有 75% 是围绕着管水母进行活动的。

形成这种现象的原因可能是食物的吸引力。在管水母的触手间常常有许多虾和其它可以充作鱼类食料的细小甲壳动物。罗比森看到鱼偷吃被管水母触手捕获的食物。科学家们观察到的新的现象进一步支持了这种与进食有联系的关系。这就是,当管水母的触手缩回去时(表示这种动物这时没有在吃东西),旁边的鱼通常也就不见了。

管水母还可以为鱼类提供一个栖身之地。在地球上的所有其他环境(从森林到海底)中,动物都能找到洞穴、凹地或其它隐蔽地点来生儿育女,扶养后代,以及隐蔽自己免遭天敌的捕食。只有在中层水域里,乍一看是没有什么藏身之地的。但管水母实际上可以成为中层水域鱼类主要的天然藏身之地。

管水母还可以帮助其它中层水域生物判定方向。在中层水域里,没有树林,没有岩石,没有山冈,也没有其它固体的物质可以作为“路标”。这样,管水母和其它水母就起到了这个作用。但是,科学家们至今还没有弄清,当这种“路标”本身也在不时移动时,中层水域动物是如何用它来判定方向的。

关于管水母的新信息还不是“深海漫游者”小组唯一有价值的发现。“我们所发现的最重要的事情是中层水域动物的相互作用的模式,它的意义远比鱼-管水母关系的意义要大,”罗比森解释说。“开始时我们十分奇怪,为什么大多数动物都好像是完全不动的。但后来我们看出来了,它们是处在一种‘战斗准备’状态下的。有一定程度的紧张气氛。似乎每个动物都是在等别的动物首先发难。”

突然,这些动物都骚动起来,与此同时产生一片光亮。例如,一个挠足类生物可能突然碰了一下它的邻居——一群纽鳃樽,它们马上就发光了。一条虎视眈眈的鱼会猛然咬住一只小虾。顿时出现一片混乱,荧光四起,到处是生命的迹象。而后,也只是过了片刻,周围又恢复一片沉寂。这种情况是怎么会出现的,仍然是中层水域中的一个谜。

“深海漫游者”小组带回了大量关于生物发光的新信息。生物发光是生物适应完全黑暗环境的一种习性。生物所发的光不是由于热而产生的,而是一种冷光。它是由于动物躯体组织内的化学作用的结果。生活在水深 100—1,000 米范围内的海洋生物中,有 90% 的种属能够发光。

鱼类所发的光有许多用途,例如吸引小动物来作为它的食物,或是寻找伴侣等。威德

发现,有些水母还“想出”了一些很聪明的办法——用发光来给进攻它的鱼添麻烦。“到了最后关头,也就是当鱼刚刚要咬着水母时,水母突然发起光来,不仅照亮了它自己,也照亮了向它进攻的鱼,”她解释说。“当深海漫游者下潜时,我们看到了一些更大的鱼,它们对水母毫无兴趣,却去攻击头部被水母照亮的正在攻击水母的鱼。这种策略可以给捕食水母的鱼添麻烦,使它不能再进攻水母。”

通过“深海漫游者”的下潜,威德还为一个提出了很久的,关于中层水域生物发光的问题找到了答案:中层水域是否经常是黑暗的,或是像黑夜的天空那样,那些能发光的生物则像夜空中眨眼的星星那样,缓慢地一亮一暗地眨着眼。威德观察到,中层水域通常为一片浓重的、似乎不可穿透的黑暗所笼罩,而几乎所有的发光生物都只是当别的动物触及它们时,也可能是当一些浮过碎片或水流突然变化打扰了它们时,才发起光来。

1986年,在“深海漫游者”下潜考察之后不久,威德开始把注意力集中在研制一种能更精确地测量发光生物发出的光的类型和强度的仪器。“迄今为止,我们还只能用很原始的装置来测量生物发出的光,其方法是把少量含有发光生物的海水用泵送过一个简单的光度计。这是一种很不精确的方法,”威德说。“我们知道,如果我们想要对中层水域生物发光作进一步研究,就必须设计一种更有效的仪器。”

这样的仪器现在已经设计出来了。从外观上看,它是一根长1.2米、直径13厘米的管子,安装在一个结实的盒子里。这种仪器的名字叫HIDEX,这是High-Intake Define Excitation bioluminescence profiler(高流入量激励生物发光剖面测量仪)的缩写。它可以悬挂在水面船只的边上,也可以由深潜器带入水下进行工作。这个管子里可以通过大量的海水(流速可高达40升/秒),同时也就带进去大量生活在海水中的动物。这些海水都穿过一个网。网惊扰了发光生物,使它们发起光来。这个网并未通电,但只要它使经过的动物受到特殊的扰动,就足以使这些动物发光了。在这个管子里面装上了光敏电极和一个能测量这些动物所发的光的波长和强度的测量系统。

威德指出:“通过用这一系统对中层水域进行研究,我们可以测得一个区域内生物发光的总水平。最令人鼓舞的是,我们将能绘出一幅精确的发光生物数量分布图。从图上可以看到哪些地区发光生物数量众多,哪些地方则很少,甚至没有。”

自从参加了“深海漫游号”下潜考察以来,罗比森和现在在哈伯布兰奇海洋研究所(设在佛罗里达州的皮尔斯堡)工作的哈比森仍在继续进行对中层水域的探索。哈比森使用了更先进的约翰逊海洋火炬号深潜器。这种设备上经过改善的采集网和吸入装置,使科学家能够采集到更多的水层水域鱼类。

自1987年以来,哈比森和哈伯布兰奇海洋研究所的一个科学家小组一直在研究马萨诸塞州海域和佛罗里达湾中层水域的海洋生物。哈比森特别对鱼和水母的关系感兴趣。他报道说:“例如,我们发现有一种鱼能惟妙惟肖地模仿管水母,它的长长的鳍非常象管水母长有刺细胞的触手。”哈比森认为,一些捕食者如果意识到某种鱼可能会螫疼自己时,就会避免与之纠缠。所以,那些模拟管水母鱼类就有可能避免这种捕食者的攻击。(参阅专题论述“磨炼欺诈术”一文)

罗比森仍致力于研究蒙特雷海底峡谷与其中丰富的海洋生物。1988年,蒙特雷湾水族馆研究所推出了一种装有特殊设备的ROV(遥控深潜装置)。这种设备的长度只有

2 米，高 1.5 米。它能安静而平稳地沉入 1,800 米深的海底。由于不需要有人在船上操纵，所以能一次在水下工作几个小时，甚至几天。

但最重要的一点是，从海面上把指令传送给装在这一装置上的 ROV 计算机，是由细如发丝的光纤来完成的。这种光纤可以以光的编码脉冲的形式将从声音到图象的大量信息传送到计算机中去。高效能的计算机破译这些信号。所有的信息和 ROV 仪器记录的图象都是以极其清晰的形式直接传送的，甚至从水下 1.6 公里深处传送到蒙特雷湾水面时也能这样做。

利用光纤后，罗比森和他的同事就组装起了比“深海漫游者”所携带的更多的复杂仪器，其中包括声呐、测量温度和溶解氧的仪器以及采集标本的各种装置。但是，深潜器中最精彩的是摄像设备。它是由一台高质量的彩色录像机、一台能在微光下拍照的相机以及可以提供全景景观的侧视相机组成的。

由于使用了这种遥控深潜装置，罗比森和他的同事不仅找到了鱼和水母的许多新种，而且还发现，中层水域中的动物群落要远比以前预期的丰富和复杂得多。他们已开始研究群落中各个成员之间（例如捕食者和捕食对象之间，或互惠的各生物种之间等）的相互关系。在许多情况下，科学家们是不去注意这些关系的。

罗比森希望，这种遥控深潜装置会给那些目前还未得到解答的有关中层水域的种种疑问提供答案。例如，研究者们希望知道，为什么有发光能力的那些生物几乎从不发光；为什么有些动物（例如大多数水母）终生生活在中层水域，而大型鱼类（例如金枪鱼和箭鱼），则往往只是路过中层水域。中层水域目前仍是地球上最后一个研究的前沿领域。在这一区域内，许多神秘的事物仍旧隐藏在深深的海水帷幕后面。

（周明鉴译）