科　学　年　鉴

（1980）

〔美〕威廉 H. 诺尔特 主编

科学出版社

1982

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com

Editorial Director: William H. Nault

SCIENCE YEAR

The World Book Science Annual

World Book Childcraft International, Inc.
1980

科 学 年 鉴

(1980)

〔美〕威廉 H. 诺尔特 主编
责任编辑 鲍建成

科学出版社出版
北京朝阳门内大街 137 号
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
*
1982 年 1 月第 一 版 开本：787×1092 1/16
1982 年 1 月第一次印刷 印张：15 3/4
印数：0001—8,550 字数：366,000
统一书号：13031·1757
本社书号：2395·13—18
定价：2.00 元

China

目　　录

专　题　论　述

太阳的膨胀光晕…… J. B. 泽克（1）
珠圆玉润话鸟声…… P. 马勒（10）
细胞的接受窗口…… M. S. 布朗，J. L. 戈德斯坦（16）
探听宇宙亲朋的音信……F. D. 德雷克（22）
现代世界的古老动物……N. D. 维特迈耶（29）
营养我们的神经元…… R. J. 沃特曼，J. D. 弗恩斯特龙（35）
古代的天空观测者……E C. 克鲁普（41）
干扰素的光辉前景……T. C. 梅里根（51）
在内格夫沙漠上经营农场…… M 伊文纳利（57）
事故的剖析…… R. 科图拉克（63）
西伯利亚的明珠——贝加尔湖…… R. W. 布劳尔（71）
X 射线科学有了更明亮的光…… P. 艾森伯格（78）
转移生命细胞…… J. 兰德尔（84）
进化论中的一场革命……D. M. 劳普（90）
利用光波进行通讯…… J. 迈尔斯（98）

学　科　进　展

天文学…… (104)
物理学…… (113)
化学…… (124)
化学工艺…… (127)
能源…… (131)
交通运输…… (134)
新技术…… (136)
电子学…… (139)
通信…… (143)
空间探索…… (146)
地学…… (149)
气象学…… (158)
海洋学…… (161)
动物学…… (165)
植物学…… (169)
微生物学…… (171)
生态学…… (174)
神经科学…… (177)
生物化学…… (180)
遗传学…… (184)
心理学…… (186)
农业…… (188)
营养学…… (191)
医学…… (194)
免疫学…… (202)
公共卫生…… (204)
药物学…… (206)
考古学…… (208)
人类学…… (215)
环境问题…… (218)

China

科技政策……（220）　科技新书……（225）

科学奖金和奖励……（229）
一年来逝世的著名科学家……（234）
阿尔伯特·爱因斯坦——一座建立在头脑中的实验室……O. 金格里奇（236）

China

专　题　论　述

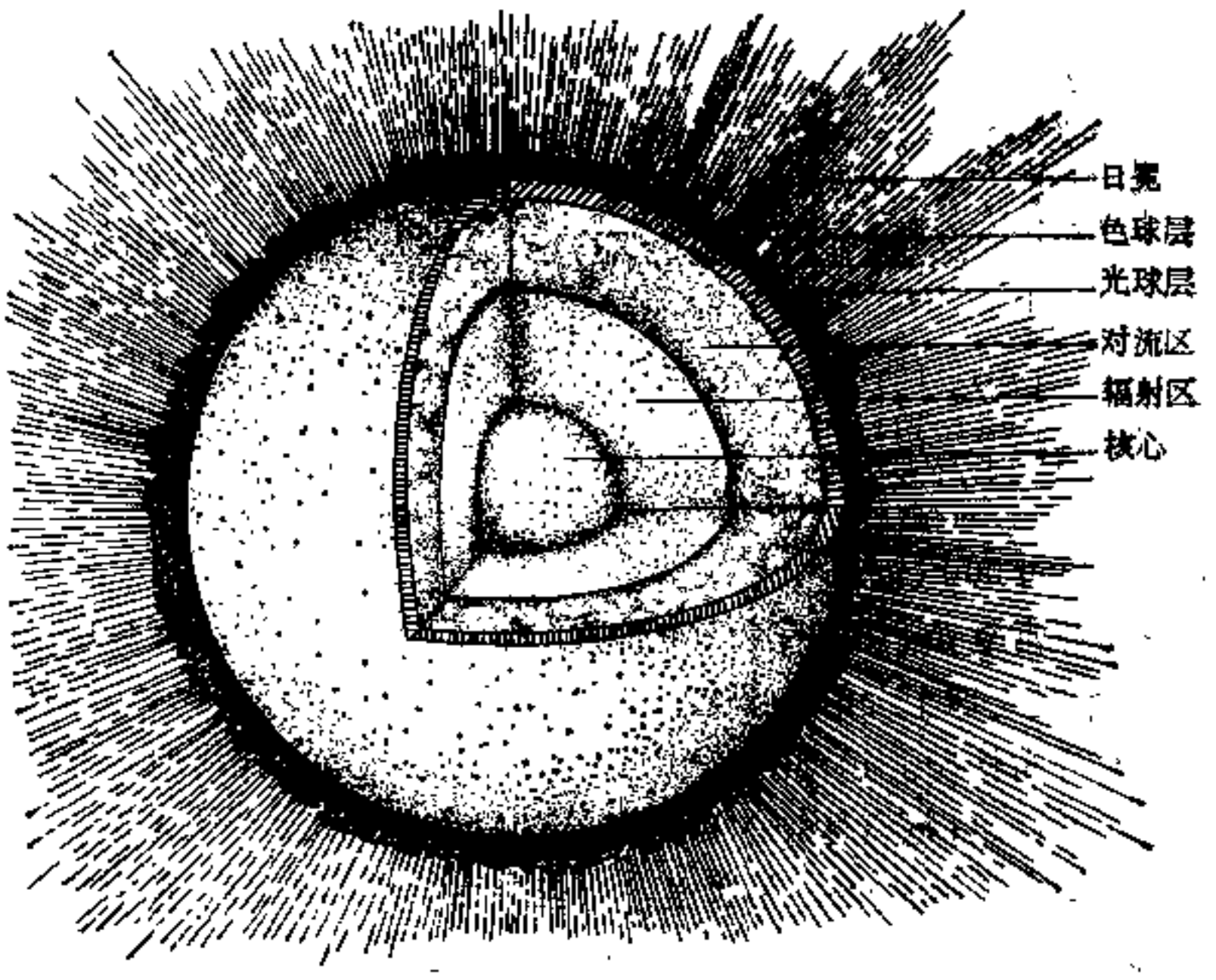
太　阳　的　膨　胀　光　晕

泽　克（Jack B. Zirker）*

天文学家们把理论同空间探测器的测量结果结合起来，增进了他们对日冕以及日冕与太阳风的关系的认识。

1979 年 2 月 26 日发生日全食期间，在美国和加拿大，成千上万的人有幸历时两分钟欣赏到日冕的光辉灿烂的景象。日冕是太阳的外层大气，温度极高，只有在太阳的其余部分被完全遮住时，才能为我们肉眼见到。在发生日全食的一刹那，日冕光芒四射，就象一个光晕，真是壮丽辉煌。只是这时，我们才会想到，表面上安稳沉静的太阳原来竟蕴蓄着那样强大的活力。

科学家们在过去十年间已经了解到，日冕正在向空间四外蒸腾，以每秒 300 公里至500公里的巨大速度向四面八方穿过行星系急驰而去——这就是所谓的太阳风，一些正在急剧膨胀着的气体。科学家们还发现，这些太阳风里面还包含有更快的高速射流，其速度高达每秒 800 公里，它们随着太阳每月大约一周的自转运动，就象灯塔射出的光束，扫掠过地球。



在太阳内部剧烈翻腾着的各个分层

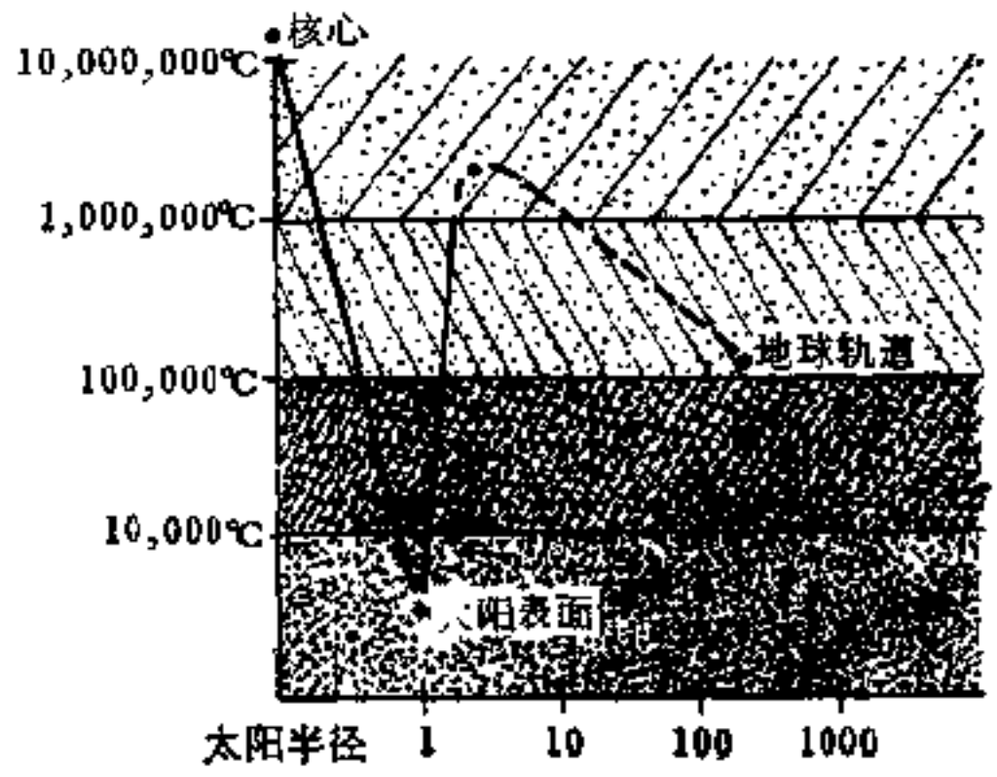
* 泽克是新墨西哥州森斯波特市萨克拉门托峰天文台台长，他还曾担任“天空实验室”日冕洞专题研究组组长。

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com

太阳风使地球磁场的形状发生很大的变化，将它向外牵拉，扯出一条长尾。太阳风还在地球大气中产生出光带，即称为北极光和南极光的极光。此外，太阳风中的高速射流似乎还影响到我们地球上的天气，特别是影响到大气中风暴的强度。鉴于太阳风对于地球有这样一些影响，天文学家和地球物理学家们目前对于太阳风的起源以及太阳风对地球环境的作用机制，正在展开积极的研究。

太阳风的能量自然是来自太阳。太阳是一团炽热的气体，它的总质量中大约有百分之七十五的氢，将近百分之二十五的氦，另有极少量的其他至少七十种元素。太阳光是在太阳深处的核心部分由氢原子转变为氦原子的聚变核反应产生出来的，这个太阳核心，其半径相当于整个太阳的三分之一。太阳辐射从太阳核心流出，穿过辐射区：这是内太阳的中间层，也占了三分之一。辐射区外面包围着对流区，气体在这里剧烈翻腾，把能量以热和光的形式向外传输到光球层——太阳表面。光球层就是太阳的能为我们看见的一层，它也是太阳大气的最底层。

在光球层附近，只有极少一部分太阳能量以太阳光的形式散逸出去，其余部分则以声波即机械振动的形式散逸，它们加热了太阳大气的中间一层，即色球层。色球层在光球层气体的搅拌下不停地翻腾。太阳大气的最外一层是日冕，它在光球层上面从 0.01 个太阳半径的地方一直延伸到 10 个太阳半径的地方(1 个太阳半径等于 696,000 公里)。太阳的其他五层都有或多或少比较清晰的边界，然而日冕却是连续延绵在行星际空间，一直伸展到行星系外面。



太阳上面的温度上下相差数百万度。太阳的温度从非常热的核心到比较冷的表面急剧下降，然后在日冕中急剧上升，最后才随着日冕向行星际空间扩展再缓慢下降

太阳的温度在很大一个范围内变化，上下相差数百万度。太阳的核心部分最热，高达 15,000,000℃。由此向外温度一直下降，穿过辐射区来到对流区，从大约 2,500,000℃ 下降到大约 1,000,000℃。太阳的最冷一层是光球层，那里的温度只有大约 5000℃。从这里向外，温度开始回升，穿过色球层，在这一层的外边缘处达到大约 25,000℃。此后温度继续上升，最后在日冕里达到 1,000,000℃ 到 2,000,000℃。

日冕的形状非常复杂，其中有向外扩展到空间的大束气体射流，有返回进入太阳的气体环流，还有散布在光球上面的许多明亮的活动区。太阳物理学家认为，这些结构勾画出了日冕中磁场的分布情况。运动的带电粒子会建立起磁场。就象通过导线的电流会在导线周围产生磁场一样，日冕气体中的自由电子和自由质子也会产生磁场。

太阳的磁场起源于对流区，在那里，一些导电气体的小区域或者说鼓泡会产生出电流，而这些电流又产生出磁场。对流区一直在稳定地旋转，使得这些磁场组织成一些平行于太阳赤道的长“绳”。这些长绳穿出光球层，在穿出地点形成一些暗区，这就是所谓黑子。最后，这些磁场在太阳表面散布开来，同时上升进入日冕，这样就产生出我们在日冕

China

中看到的那些环流和射流。

大部分磁力线都是闭合的，这些磁力线在向外伸延不到 1 个太阳半径的距离以后便又返回到太阳表面。但是，也有一些磁力线一直向外伸延，深入到行星际空间；尽管它们终归会返回太阳，我们还是把它们称为开放磁力线。黑子、太阳磁场和日冕形状，这一切在大约 11 年的一个黑子周期里，全都作有规则的变化。

根据 1973 年 5 月 14 日美国国家航空与航天局（NASA）发射的天空实验室获得的大量资料，太阳物理学家分析得到了关于太阳的许多新的情况。天空实验室是第一个载人的空间天文台，它一直有效地工作到 1974 年 2 月 9 日。在这九个月间，科学家们有机会从它上面去观测太阳的变化。正是根据这些观测结果，科学家们提出了关于日冕和太阳风形成机制的一些最新理论。

天空实验室携带有大量的仪器，其中的“阿波罗望远镜成套装置”（Apollo Telescope Mount）是迄今用于地球大气以外的一套最先进的望远镜。这套望远镜中有一架高效率的 X 射线照相机，它是在马萨诸塞州坎布里奇市美国科学和工程公司工作的贾柯尼（R. Giacconi）和他的同事们一起研究制造的。

在天空实验室拍摄的许多 X 射线照片上都可以看到日冕中的一些暗区，它们看起来就象是一些孔洞。观测者可以透过稀薄的日冕和色球层直接看到温度低得多的太阳表面，那里看起来要暗一些。虽然科学家们在 1969 年利用第六个太阳观测卫星（OSO）进行观测时早就发现了这些孔洞，然而，直到 1975 年开始研究天空实验室所获得的资料，他们才弄明白这些孔洞与太阳风之间的关系。用 X 射线和电磁波谱的极端紫外区获得的这些观测资料表明，在日冕洞中存在着气体。但是，日冕洞中的气体密度只有它周围明亮日冕的密度的三分之一，温度也要低一半；这是因为那里的物质大部分都以太阳风的形式跑掉了。1975 年，天体物理学家，科罗拉多州博尔德市高海拔天文台的阿特休勒（M. Altschuler）和哈佛大学的莱文（R. Levine）研究出一种技术，可以用来计算出日冕中单根磁力线的方向。他们利用其他地面研究者测量太阳整个表面的磁场所得到的结果，发现几乎全部开放磁力线都根源于日冕洞。日冕洞中的磁场提供了通向行星际空间的一个开放通道，因此，他们推断出太阳风应该是从日冕洞中发出来的。

这以前，科学家们曾经提出过好些关于太阳风起源的观点。现在，他们已有可能循迹跟踪太阳风的高速射流，即那些速度高达每秒 800 公里的射流，顺着行星际空间中的开放磁力线一直追溯到日冕洞中去。太阳风中的较慢部分，即速度低于每秒 500 公里的那些太阳风，则可能是发自日冕洞的边缘。在太阳黑子极大期，日冕洞寥寥无几。可是，借助于人造地球卫星去测量太阳风带走的气体数量，科学家们又未能发现在太阳黑子极大期和极小期有什么起伏。不管怎样，太阳风毕竟找到了它由之逃离太阳的开放通道。

美国首都华盛顿海军研究实验室的小希利（Neil Sheeley, Jr.）和他的同事在 1976 年发表过一份研究报告，他们指出，太阳风显然总是可以从太阳的两极逸出。希利收集了过去十五年间所获得的日冕洞的 X 射线照片，注意到在整个 11 年太阳黑子周期期间，太阳的两极区域都始终存在着日冕洞。

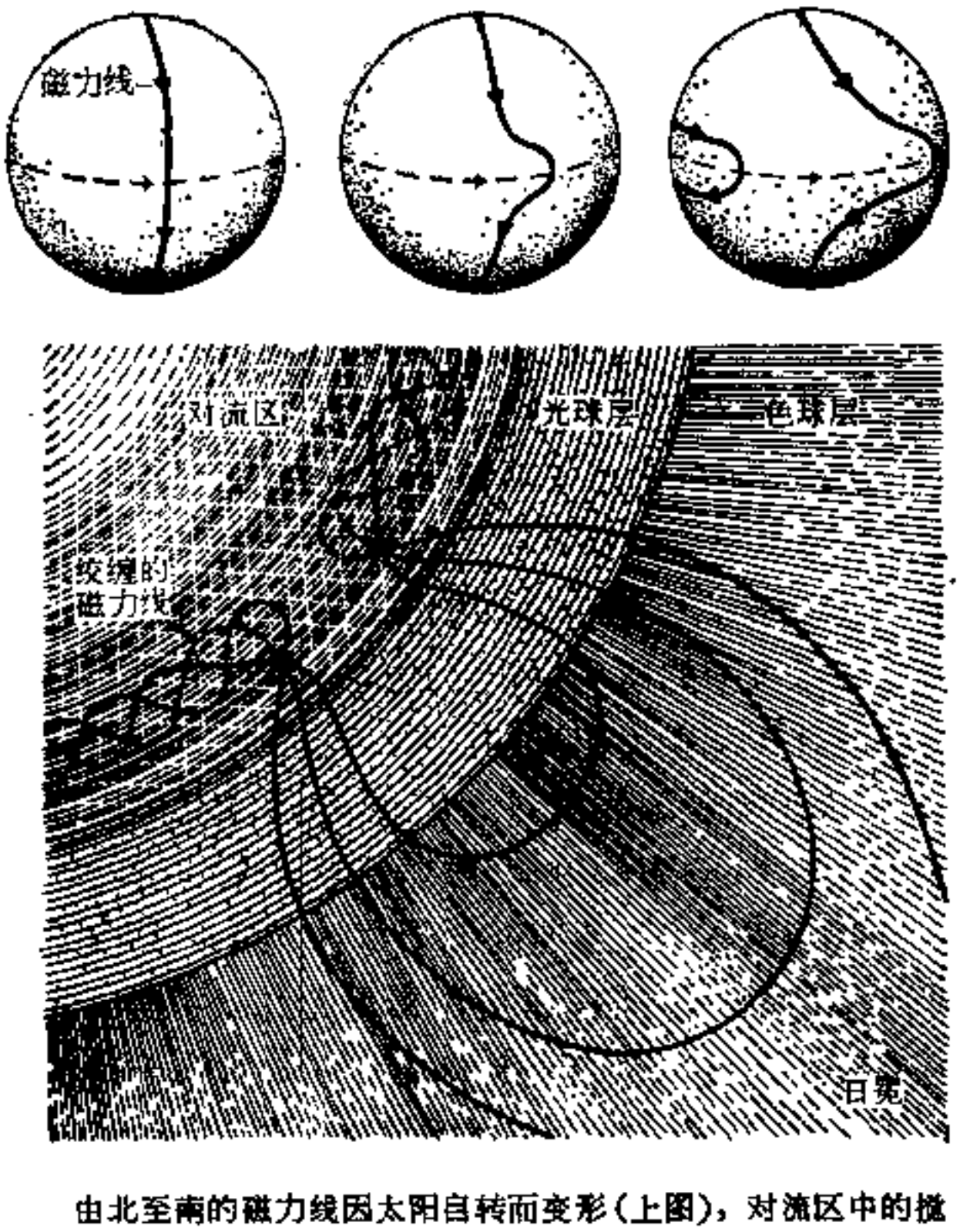
日冕位于太阳表面以上非常远的地方，可是却非常热，那么它是怎样被加热的呢？关于这个问题，太阳物理学家们长期来一直迷惑不解。从 1975 年以来，研究者们通过对天空实验室资料的分析，现在对于日冕为什么这样热以及太阳风是怎样形成的问题已经能

China

够有更多的了解。

日冕总是在不断地获得能量和损失能量，它的温度就取决于获得能量和损失能量的速度。科学家们认为，日冕可以通过三种方式散失能量，这就是：通过传导——在碰撞中一个电子把能量传递给另一个电子——把热量传到较冷的太阳表面；通过直接辐射把热量散失到行星际空间；以及靠穿过日冕洞的太阳风把热量带走。不过，科学家们至今仍然不明白日冕是怎样获得热量的。

直到不久以前，科学家们普遍接受的还一直是西德慕尼黑市马克斯·普朗克学院的德国天体物理学家比尔曼（L. F. Biermann）在 1941 年提出的那种解释。比尔曼认为，对流区中的湍流运动或者说沸腾运动所产生的声波，能够穿过它上面的两层进入日冕而成为冲击波，并在那里以热量形式散失掉自己的能量。近四十年来，科学家们一直按这样一种思路进行研究。作为日冕能量的最有可能的携带者，他们曾经设想过的有声波、引力波以及其他好几种波。他们也想从电磁波谱中去寻找这种日冕能量的携带波，其中包括 X 射线、普通光，甚至射电波。然而，他们始终未能证实这种波动假说是正确的。要找到确凿的证据也的确不易，要知道，束缚于地面的天文学家是从 1 亿 5000 万公里这样远的地方去观测日冕。如果一些波沿着日-地连线传播，而另一些波的传播方向与此垂直，那么就会产生一种混乱不堪的信号，因为这些波会彼此发生干涉。这种波动假说在今天虽然还不能完全否定，但用它来解释日冕的加热机制看来希望很小。



由北至南的磁力线因太阳自转而变形（上图），对流区中的搅拌作用再使这些磁力线绞缠成长绳。这些长绳向外穿过太阳大气时逐渐退绞缠（下图），这就在日冕中产生出加热它的电流

在 1978 年，坎布里奇市哈佛-史密森天体物理中心的几位科学家对这个问题提出了一种新见解。罗斯纳（R. Rosner）、戈卢布（L.Golub）、科毕（B.Coppi）和维安纳（G. Vaiana）等人认为，使日冕加热的应该是强电流。对流区中不停地上升和下降的气流会冲击那里的磁力线，使之发生绞缠和退绞缠。我们知道，电流能产生磁场，而运动的磁场也能产生电流；因此，磁场中的这种绞缠运动一旦移动到外面，便会在日冕中产生电流。

研究人员在研究受控热核聚变的实验室实验中一直就在产生这样一种类似的现象。

China

他们在等离子体中建立起磁场，便能发现电流倾向于沿着少数极细的通道流动。随着气体被加热，这些气体的电阻下降，辐射热能的效率也随之减低。但是，电流的增长比电阻的下降要快，这就会导致进一步地加热，从而导致热辐射和电阻的进一步减小。这种由电流产生的热量通过热传导散布开来，便维持了一个均匀一致的非常高的温度。

罗斯纳及其同事们认为，在日冕中也发生着这同一种过程。他们的计算表明，这一过程所产生的热量足以抵销日冕散失掉的热量，使日冕保持很高的温度。这种新观点，科学家们目前还没有从实验上加以证实。尽管如此，它却很可能是今后几年内所能提出的一种最有希望的理论。

太阳物理学家在力图搞清日冕是怎样维持它的高温的同时，也重新审查了他们解释日冕向空间膨胀的理论。芝加哥大学的物理学家帕克（E. Parker）在六十年代早期便已提出了关于这个问题的基本思想。帕克的理论认为，驱动太阳风所需要的能量全都以热量的形式贮藏在日冕中，然后再以传导方式传递到外面。这种热传导过程使日冕直到离太阳表面好几个太阳半径的距离仍然能维持相对说来非常高的温度，相应地也就维持了比较高的气体压强。这里的气体压强最终会超过太阳的引力作用，使日冕终于只好以太阳风的形式向空间膨胀。因此，太阳风的最终速度主要取决于日冕中的最高温度。

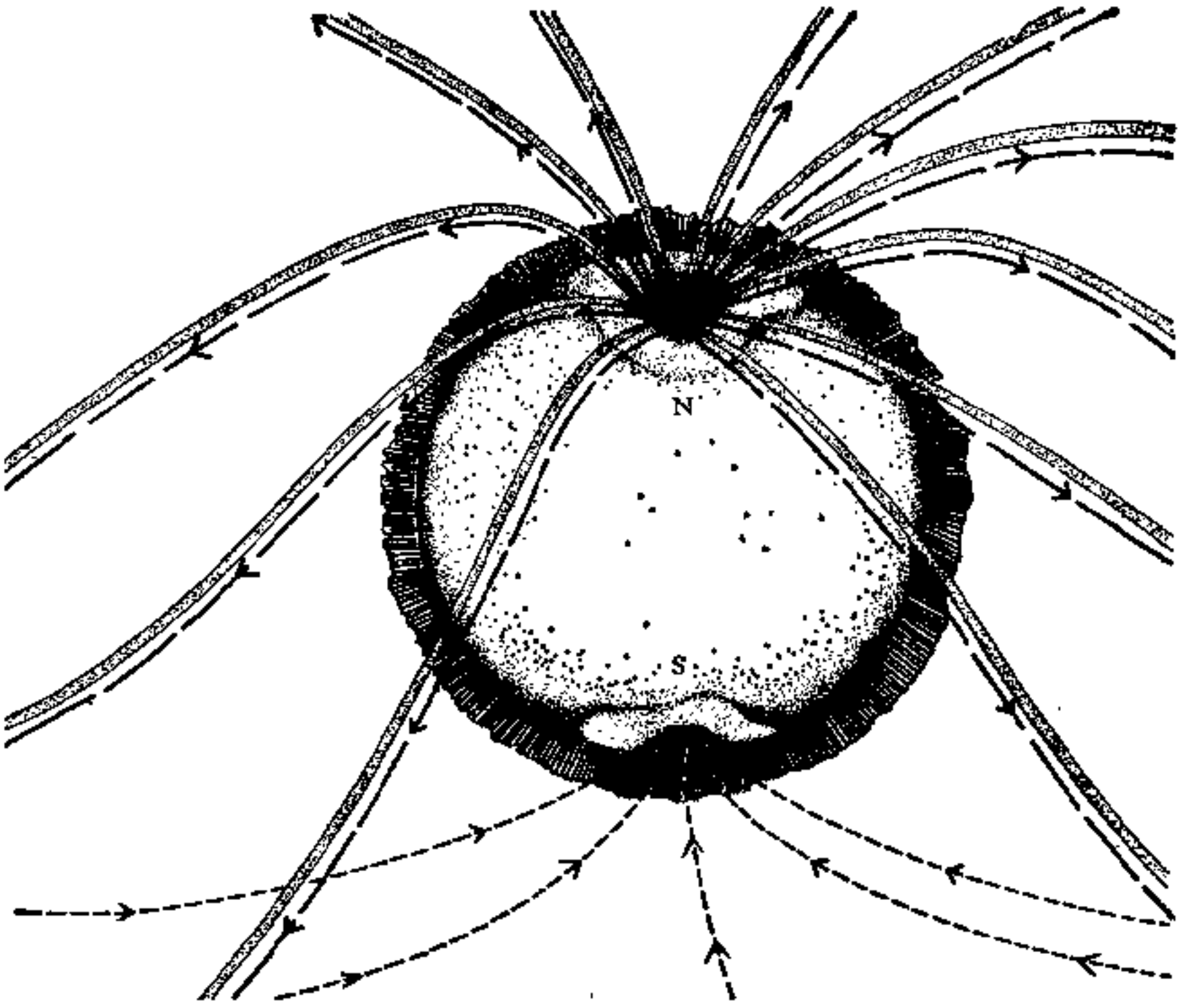
然而，天空实验室所获得的关于高速射流和日冕洞的观测资料表明，帕克的解释是不完备的。利用关于日冕洞中的密度和温度以及关于太阳风的测量结果，科学家们计算出日冕洞中的气体压强只有日冕中平均气体压强的十分之一。日冕洞中的气体压强是这样低，然而太阳风一束射流的速率在地球附近却达到了每秒 800 公里。按照帕克的理论，要产生这样的高速射流，日冕洞中的温度就应该超过 3,500,000℃，气体的压强相应地也应该大得多。可是，天空实验室的资料表明，日冕中的温度很可能不超过 1,500,000℃。

根据在地球附近测量得到的结果，太阳物理学家得以推算出一束太阳风射流所携带的能量大小，并把它同这一射流由之发出的日冕洞中的总的能量损失加以比较。比较的结果表明，太阳风射流所携带的能量占到日冕洞中积存的总能量的百分之五十到九十。由此可见，日冕洞中热能(即压强能)转化为高速太阳风射流的动能(即运动的能量)的效率非常之高。不过，科学家们对于这种转化的机制却不清楚。

天空实验室的另一些观测资料还表明，一束高速太阳风射流在离太阳表面仅仅 2 到 5 个太阳半径以内便已加速到它的最大速度每秒 800 公里的一半，而这与帕克的结果非常不同。按照帕克理论的要求，这个距离应该是 20 个左右太阳半径。这个新的距离值，是高海拔天文台的芒罗（R. Munro）和杰克逊（B. Jackson）在 1975 年利用天空实验室观测到的中心位于太阳北极的一个非常大的日冕洞的数据推算出来的。他们计算出这个日冕洞的一直到 6 个太阳半径距离的横截面积和气体密度，发现这个日冕洞的面积随着到太阳表面距离的加大而增加，也就是说，这个日冕洞的样子非常象一只长号的喇叭口。芒罗和杰克逊假定在这束太阳风射流中流动的气体的总量在太阳附近和在地球附近是一样的。在地球附近的这个气体流量以前已经根据卫星观测其他一些高速射流的结果确定出来。他们把这个流量值同新获得的关于这个日冕洞的气体密度和形状的资料结合起来，推算出这束高速射流应该仅在 5 个太阳半径的地方便达到每秒 400 公里的速度。

太阳理论工作者也力图对这些新的结果作出解释。马萨诸塞理工学院的贝尔彻（J.

China



磁力线从太阳北极附近的一个日冕洞中发出，向太阳风提供了向外

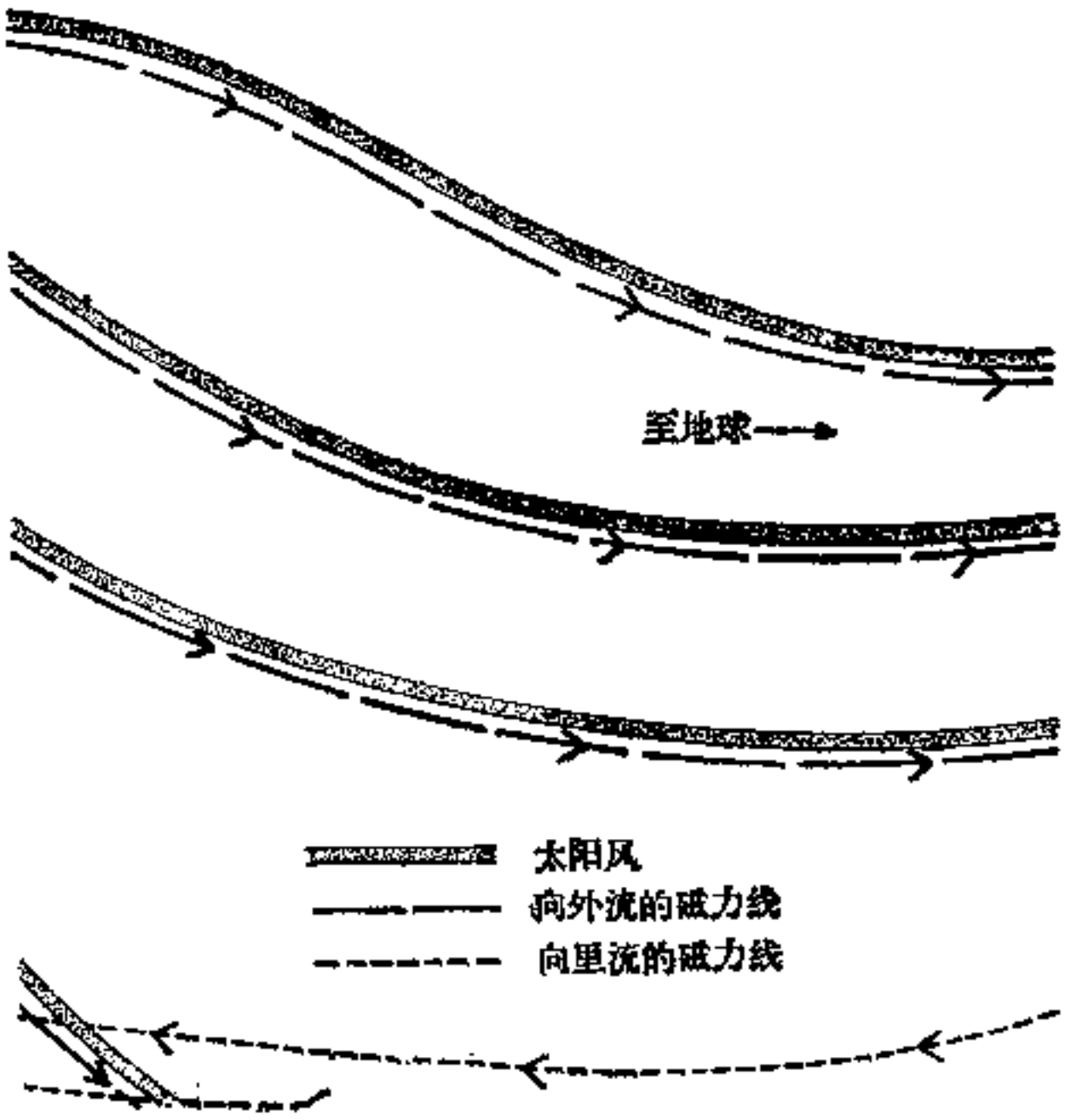
Belcher）在 1971 年曾经提出，是阿耳文波使这种高速射流得到加速。阿耳文波是一种磁场波，它的性质是在 1942 年由瑞典物理学家阿耳文（Hannes O. G. Alfuén）首先加以详细地描述，他也是 1970 年诺贝尔物理学奖金的获得者之一。理论工作者认为，这种阿耳文波在日冕洞的底部附近产生出来，然后向外运动，这样就给高速射流增加了一个附加压强。这一附加压强添加在正常气体压强上面，促使了高速射流的加速运动。

贝尔彻的这种想法很值得作进一步的研究。太阳大气中的磁力线，其性质同松紧带差不多，它们也会反抗伸长。在导电的日冕中，气体被锁住在磁力线上，它们很容易顺着磁力线滑动，却不能作横向运动。现在设想在一个日冕洞中有一根磁力线，它从太阳表面冒出，穿过日冕洞向外伸延到数百个太阳半径的地方。在太阳表面，炽热气体的对流运动把这根磁力线冲来撞去。就象摇幌绳索的一端会沿着绳索送出一列波动一样，这根磁力线受到这种冲撞也产生出一列阿耳文波来。当这列阿耳文波沿着这根磁力线向外运动时，它就把它前面的气体推动向前。这种效应非常象摇幌灌满水的一根软管的情形，你如果握住软水管的一端用力摇幌，就能使水管中的水从另一端喷出。

两位物理学家，高海拔天文台的霍尔韦格（J. Hollweg）和在加利福尼亚州的国家航空与航天局艾姆斯（Ames）研究中心的巴恩斯（A. Barnes），他们在 1974 年就作出了阿耳文波同日冕气体相互作用的数学描述。他们还推算出在太阳表面附近阿耳文波为了能驱动太阳风所必需有的强度。可是，太阳观测工作者至今尚未能发现这种波。

天空实验室工作期间所研究的太阳风，主要是一些宽阔的、持久的高速太阳风射流。

China



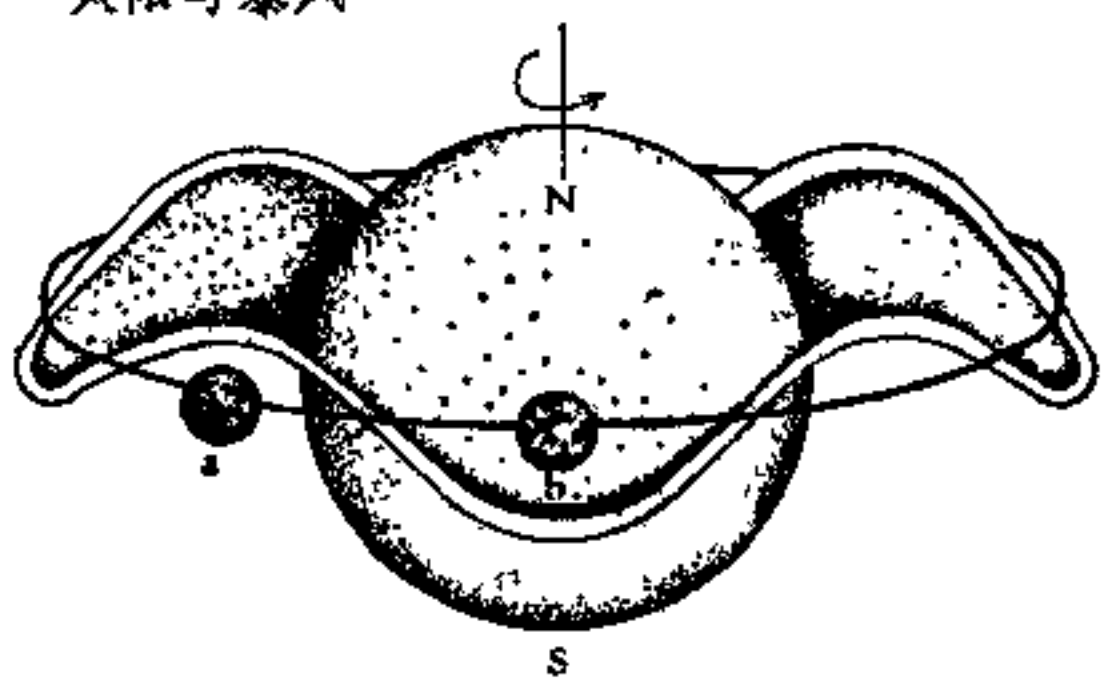
逸出进入空间的通道。磁力线从空间远处返回流进太阳南极

如果这些射流果真是从太阳表面的一些狭窄的日冕洞中发出来的，那么科学家们就会要问：它们是如何向四外扩散开来穿行过行星际空间的?

高海拔天文台的普努曼（G.Pneuman）在 1977 年对此作出过回答。他认为关键在于日冕中的磁场，正是日冕磁场使太阳风在整个行星际空间分布开来，并决定着到达空间某一个指定地点的究竟是一束快速的高速射流还是一束较慢的太阳风。

在距太阳表面两个太阳半径范围内，那里的磁场非常强，足以为高速射流提供逸出的通道，而且，正是那里的磁场的形状决定了在任一给定方向上太阳风的强度。在一个日冕洞中心附近，由于这里的磁力线扩展得并不厉害，所以沿着磁力线喷出的太阳风运动得非常快。然而在接近一个日冕洞边缘的地方，磁力线扩展得比较厉害，所以沿着这里的磁力线逸出的太阳风一般都比较慢。在距离太阳更远的地方，由于磁场变得过于微弱，情形正好相反：随着太阳风一直深入流向空间，太阳风反而决定了磁场的形状。

普努曼的计算还证实了这样一个事



当地球围绕太阳运行时，把太阳的北极磁场与南极磁场间隔开来的一个波浪形区界扫掠过地球。当地球从一个地点移动到另一个地点时(从 a 到 b)，会影响到地球大气中所形成的旋暴风的强度

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com

实，即天空实验室工作期间在地球附近探测到的所有高速射流全都起源于太阳的极冠区域，并向着太阳赤道伸延。这就是说，太阳风是从太阳两极发出，然后向下流入地球围绕太阳运行轨道所构成的平面。至于给太阳风提供通道的磁场的指向，在太阳北半球是背离太阳向外，在太阳南半球是朝着太阳向里。这两种反方向的磁力线，中间由一个翘曲的间隔面分隔开来。这个翘曲的间隔面从太阳赤道伸出，很象一顶布制遮阳帽的波浪形帽沿。由于这个间隔面呈波浪形，所以会有一些指向太阳的磁力线溜到太阳赤道的上面(北)，又有一些背向太阳的磁力线溜到太阳赤道的下面(南)。当太阳的自转使这个波浪形间隔面扫过地球时，我们就会探测到磁场极性突然反转。磁力线下倾或上仰的那些地点，称为区界（sector boundary)。每一个区界相对说来都很窄，只要几小时就能扫过地球。

1974年，博尔德市阿斯彭研究所的奥尔森（R. Olson）和罗伯茨（W. Roberts）以及加利福尼亚州斯坦福大学的威尔科克斯（J. M. Wilcox）发现，地球通过区界的现象和地球大气中的旋暴风有着明显的联系。这种旋暴风在北半球是作逆时针方向旋转，它们的旋转速度可以根据气压图计算出来。在地球通过一个区界大约一天以后，北半球的所有旋暴风的总旋转速度下降了百分之十，同时旋暴风强度减弱，随后，旋暴风又恢复正常。由此看来，太阳对地球的天气是有影响的。但是，威尔科克斯及其同事却强调指出，造成这种现象的多半并不是区界本身，而可能是与一束太阳风射流相联系的某种物理因素——诸如粒子、磁场或辐射等——造成了这种对北半球风暴的影响。

人们一向总是谈论太阳对天气的一些最明显的影响，例如使地球变暖或变冷。至于气象学家，多少年来他们作天气预报所依据的只不过是一些不太直接的效应，譬如说因地球大气受热情况不均匀而引起的气压的变化。现在，太阳物理学家已经向我们证明，关于太阳如何对地球的天气起着微妙影响的问题，还有非常多的事情有待于我们去加以研究。

将来对太阳风的研究，将集中于天空实验室未曾揭示的那些领域。对天空实验室的观测结果进行分析，使我们对于太阳风如何被加速和如何在空间散布又有了新的不同的认识。国家航空与航天局计划在1983年发射两个越过太阳两极的空间探测器，它们将用来测定地球轨道平面以外的太阳风的性质。

这两个空间探测器中，一个将飞越太阳的北极，另一个将飞越太阳的南极。这将是第一次作这样的尝试。把空间探测器送入飞越太阳两极的轨道需要有巨大的能量，为节省起见，国家航空与航天局的科学家准备利用木星的强大引力场去把这两个探测器拖入预定的轨道。这两个探测器将通过木星的背面，然后再折回飞向太阳。它们在飞越过太阳两极上方时，将能够测定太阳风的温度、速度和磁场。利用这些测量结果，科学家们将有可能去检验他们关于日冕磁场的强度和方向决定太阳风速度（包括方向）的理论是否正确。尤其是，他们将能够检验我们在地球轨道平面看到的太阳风是否的确大部分都发源于太阳两极的日冕洞。

我们还需要更准确、更详细地测定日冕最热部分的温度和速度，只有这样，我们才能够提出关于日冕膨胀的物理机制的更合乎实际的模型。例如，科学家们利用天空实验室的观测结果，推断出日冕洞中的最高温度不大于2,000,000℃。1979年夏天，高海拔天文台的科学家们又开始对专门设计来测量这一温度的一次成功的火箭飞行所获得的数据着手进行分析。即将发射的那两个太阳极区探测器，肯定还会给我们带回一些新的资料。

China

太阳观测者并不需要让他们的全部研究工作都依赖于空间观测站。他们在寻找日冕阿耳文波这一类工作上，也可以利用地面望远镜作为有效的手段。例如，高海拔天文台的霍尔韦格（Joseph Hollweg）和奎尔费尔德（C. Querfeld）就正在利用新墨西哥州森斯波特市萨克拉门托峰天文台的十分灵敏的设备，希望能发现当阿耳文波通过时引起的磁场方向的变化。

天文学家研究太阳风，除了希望了解太阳风对地球的影响外，还有一些别的动机。他们观测到一些炽热的年轻恒星也正在以类似于太阳风的一种称为恒星风的形式失去物质，其损失率超过太阳一亿倍。这种恒星风如此强烈，以致不仅极大地影响到产生它们的那颗恒星周围星际气体的化学组成，而且还影响到该恒星的演化进程。1972 年，国家航空与航天局的第三个空间观测站——哥白尼卫星——曾经获得一些观测资料，表明这样的热星也具有同日冕相似的星冕。研究太阳和研究恒星的天文学家今后很可能会实行合作，共同协力去研究这种恒星风。

太阳是一切生命的基础，又是影响地球的根源，不用说，它本身也是一颗恒星。科学家们早就知道，太阳光是我们大气的动力的源泉，间接地决定着我们的天气和气候。我们使用的燃料，种植的农作物，以及那包裹着地球的一层温暖宜人的空气毯，全都仰赖于来自太阳的辐射。但是，只是自 1975 以来，天文学家才了解到，太阳风也是联系太阳和我们地球的一条重要纽带。

（王鸣阳译）

China

珠圆玉润话鸟声

马 勒 (Peter Marler)*

鸟儿唱歌的令人惊讶之处，不仅在于它的歌声的千变万化，而且还在于，每只鸟必须先听到歌声，才能学会唱歌。

诗人威廉·沃兹沃思（William Wordsworth）在他童年时期漫游过的英国北部湖泊区的森林地带，是博物学家的乐园。我是在五十年代初，在伦敦大学做植物学研究生，研究沼泽地的泥浆时才熟悉这个地方的。

当我辗转山谷之间，从一个山谷转到另一个山谷的时候，我感到非常奇怪，苍头燕雀——一种花麻雀那么大小、欧洲到处都有的鸟儿，所唱的歌怎么竟是不一样的。苍头燕雀歌声的不同，使我联想起我在伦敦不同地区所听到的人类自己语言中的方言。我把我每次到野外研究生物时所听到的苍头燕雀的歌声都录了下来。而且每听到一个用不同的"方言"唱的方言歌调时，我都注明是在哪个地区听到的。当我对鸟的唱歌进行了一些研究之后，我相信，鸟唱歌和人说话一样，也是要经过一个学习过程的。

1952 年，在得了植物学博士学位之后，我决定继续研究鸟声的"方言"。这样我又取得了第二个博士学位——动物学博士学位。接着我集中精力研究鸟和鸟的歌声。打那时起，这个课题就占用了我的全部精力和时间。

动物之中，除了人类，鸟是使用嗓子最多的一个。鸟能够发两种声音。一种是叫唤声，一种是歌声。鸟类找到了食物或遇到什么危险，就用叫唤声来通知同伴。而鸟类唱歌则是为了建立自己的领地——势力圈及吸引雌鸟。9000 种已知鸟类中几乎所有的鸟都能发出叫唤声，能叫又能唱歌的，约 5000 种左右。雄鸟雌鸟都会叫唤，但通常只有雄鸟才唱歌。

很多鸟儿都有多种叫(唤)声和歌声。苍头燕雀有 14 种叫声。其中有些区别很大，一听就能听出来。为了通知同伴有恶鹰到来，苍头燕雀就变成了口技表演家。它把叫声"抛"得老远，既警告了同伴，又让老鹰找不到它。在碰到猫头鹰或地面上心怀叵测的来犯者时，苍头燕雀就发出动员群雀齐噪的叫唤声吸引伙伴们一起协助它吓退来犯者。尽管如此，鸟儿最迷人的声音还是它们的歌声。

鸟的歌声有的简单有的复杂。有些鸟，例如白头雀，只会唱一种歌曲。整天唱的都是同一个调子。苍头燕雀会唱三、四种歌，唱的时候挨着一定的先后次序。有的鸟，例如鹪鹩，会唱几百只歌。纽约州米尔布鲁克市洛克菲勒大学野外研究中心的动物学家克鲁兹马（Donald E. Kroodsma）研究的一种褐色长尾鸣禽可能是这方面的冠军。一年里面，克

---

* 马勒是纽约州米尔布鲁克市洛克菲勒大学野外研究中心主任。

China

鲁兹马从一只长尾鸣禽那里就录到了 2400 多种不同的歌声。

人类一直赞叹鹦鹉或八哥模仿人说话和音乐的能力。学舌鹦鹉在十九世纪的欧洲是倍受人们的宠爱的。十九世纪，作曲家专门为红腹灰雀——一种可以教会唱曲子的鸟——谱了曲子。训鸟的人用一种像长笛那样的六孔竖笛对着红腹灰雀吹奏曲子。尽管这非常有趣，但这种模仿不是自发而只是笼中鸟不得已而学的。在大自然中，它们只学自己同伴的歌声。

即使是最简单的歌声，也是除了人类以外的动物中最最复杂的自然行为模式的产物。我们发现，鸟象孩子听了大人说话而牙牙学语一样。鸟的唱歌，尽管与它们的本能有关，但也是听了成年鸟的歌声后才学会唱歌的。我们还发现，鸟唱的歌虽然比人类的语言简单得多，但是，它和孩子学说话的过程在很多方面是一样的。幼鸟仔细听成年鸟的声音，对这些声音进行分析，然后唱出它自己的歌来。

最早对鸟的歌声进行系统研究的是出生在德国的英国播音员路特柯赫（Ludwig Koch）。他用了第一个磁带录音机录下了整个欧洲野外鸟类的歌声。他从三十年代起就开始收集鸟声，把录得的鸟的歌声分门别类地保藏起来。

当时科学家们能把鸟的歌声录下来然后静静地欣赏美妙悦耳的声音，但是，他们还没有工具对这些歌声进行分析。四十年代末，美国新泽西州默里希尔的贝尔电话实验室研制的一台声谱仪——一种能把录音的声谱打印出来供分析的仪器——问世，才使科学家有可能对鸟声进行研究。在这种机器打印出来的声谱图上，声音是一系列的线条。懂得声谱图的技术人员，研究这些线条就可以说出声音的音长、音响、音高和音质。

1950 年，坎布里奇大学动物学家索普（William H. Thorpe）开始用声谱仪来研究鸟声。他是最早这样做的几个人中的一个。我作为研究生有幸参加了他的开拓性的研究工作。因为我和他一样对苍头燕雀的歌声着了迷，他就邀请我加入他的研究小组。他是第一个集中研究苍头燕雀是怎样学唱歌的人。他在一点也听不到别的苍头燕雀声音的实验室里养了一些幼小的雄性苍头燕雀。等到幼雀成长到会唱歌时，就用声谱仪对它们的声音进行分析。与此同时，他录下了野外森林中苍头燕雀的歌声并同样进行声谱分析。把两种声谱图进行分析以后，他发现实验室里的苍头燕雀的声谱图上的线条花式比较简单。由于实验室里的苍头燕雀唱的歌比较简单，索普认为，野外幼年苍头燕雀一定是向成年苍头燕雀学的。

接着，索普就开始研究苍头燕雀是在什么时候学唱歌的。他知道苍头燕雀一般在春季孵化出壳、到下一个春季约十个月左右就成熟而开始唱歌。他还知道成年苍头燕雀在冬季是不唱歌的。

索普在秋天从野外森林中把出世三个月的雄性苍头燕雀捉来在实验室里抚养。等到满十个月时，他录下它们的声音用声谱仪进行分析。与此同时，用声谱仪对另外两组从野外森林中捉回来的苍头燕雀作了同样的声谱分析。这两组中，一组捉回来时是尚未离窠的雏鸟，一组捉回来时刚满十个月。然后，他把这三种声谱图和早些时候在森林中录下来的苍头燕雀的声谱图进行比较。他发现，十个月时捉回来的苍头燕雀的声谱图和野外森林的苍头燕雀的声谱图完全一样。三个月时捉回来的苍头燕雀的歌声略有不正常，而从窠里捉回来的雏鸟的歌声则非常不正常。索普从中得出的结论是，苍头燕雀所唱的歌大多数是在第一个冬天以前就学会的，但要到下一个春季按成年雀的歌声校正后才能够

China

得以完善。

在进一步的研究中，索普发现，虽然实验室里的苍头燕雀在十个月之后听到了正常苍头燕雀的歌声，但还是唱不正常的歌。索普的结论是，苍头燕雀必须在出生之后不久到十个月为止的一段时间内学习唱歌，这段时间是它学习唱歌的关键时期。

索普还证明，苍头燕雀学歌是有所选择的。在苍头燕雀学唱歌的关键期内，索普对幼苍头燕雀放了它的同类及其他鸟类的歌声的录音，与此同时还用六孔竖笛吹乐曲，但是，结果苍头燕雀只学了录音中属于它们自己的歌声组成部分的那些音节——独特的音调或音调模式。苍头燕雀显示了一种只学与自己同类鸟的歌声的本能。这表明，鸟类学习唱歌时，鸟的先天本能和后天的学习过程是同样重要的。

1958 年，索普报道了一种奇怪的现象。幼鸟在学习唱歌的初始阶段，轻轻地学唱一些歌的片段和叫声。幼鸟的这种雏声，和婴儿咿咿学语的情况相似。鸟类通过咿咿学唱的过程，逐步发展和完善它们的唱歌本领。

1957 年，在索普那里完成了研究生学习以后，我转到了伯克利加利福尼亚大学并继续寻找别的鸟类进行研究。后来我发现白头雀似乎比较理想。白头雀只唱一种比较简单的歌，但是同一只歌有许多不同的"方言"(地方调)，我希望了解白头雀的方言(地方调)是怎样得来的。

做这种研究要求用未曾听到过成年雀的歌唱的白头雀。我和我的同事们在实验室里培养了一批雄性的小白头雀。那是在它们出世才几天就从窠里捉回来的。每天太阳一出来，我们就得起床，因为在最初的三至四星期内，从太阳升起到深夜每隔一小时就得给它们喂一次食。在美国自然历史博物馆专门养鸟的鸟类学家兰尼恩（Wesley E. Lanyon）的指点下，我的妻子朱迪斯调制了一种由捣碎了的胡萝卜、碎牛肉、火鸡肉饲料和维生素等合起来的混合饲料给它们喂食，有时候，还在饲料里添加一点蜂蜂和肉虫之类的美味。

我们把这些小白头雀分成两组。一组放在完全听不到一点鸟声的隔音鸟笼里。当这组鸟八个月成熟时，我们把它们开始唱歌时的歌声用声谱仪进行分析。把这种声谱图和野外白头雀的声谱图进行比较，我们发现实验室的歌声其音长和音质和野外的一样，但声音的细节有许多不相同之处。

另一组鸟放在类似的鸟笼里，但是把野外白头雀唱的地方调的录音送进笼子里去。每天听 60 次，一共听三个星期。这时它们的年龄在 10—50 天之间。这是它们学唱歌的关键时期。在这之后的六个月里，什么也不让它们听到。到了八个月成熟后，它们开始唱歌。唱的都是六个月以前学的那种地方调。从这里我们得出两点结论：(1) 白头雀必须在学唱歌的关键时期听到同类的歌声将来才能正常地歌唱；(2) 它们是靠记忆唱歌的。

在这次实验之后，我们又提出了问题：地方调对鸟类有什么用处。动物学家小西正和（Masakazu Konishi）的研究为我们提供了一个有趣的线索。1965 年，在我的伯克利实验室里做研究生的小西证明，雌白头雀也学习唱歌，只不过平时不唱而已。他捉了一只生活在加利福尼亚沿海的成年雌白头雀，并进以雄性荷尔蒙。结果，不仅雌雀也开始唱歌而且唱的就是它被捉来以前生活所在地的那种地方调。小西的结论是：雌鸟学唱歌是为了选择和它同一地方出生的雄鸟做配偶。

1975 年，柯林斯堡科罗拉多州立大学的动物学家贝克（Myron C. Baker）的研究对

China

小西的论点提供了有力的支持。他给一些常常飞来和唱不同地方调的同类鸟接触的幼年白头雀身上做了标记。他发现，当有标记的幼鸟成年以后，找的配偶和邻居都是唱同一地方调的鸟。地方调似乎是使同类鸟保持群落的重要因素。

小西还做了一系列有趣的实验，看看聋了的白头雀是否能唱歌。结果发现聋白头雀唱的歌比幼年没有听到过成年鸟歌声的白头雀还要不正常。虽然聋鸟成年后也开始唱歌，但唱的是一种噪声，即没有组织没有结构的嘈杂声，或者说更象虫的声音而不是鸟声。后来的研究证明，其他雀种的聋鸟的情况也与此相类似。似乎在学唱歌的关键时期听不到自己声音的鸟是不能发展它们唱歌的本能的。

我们对其他种类的鸟多次重复了同样的试验，所得到的结果都一样。我们从中推论，会唱歌的鸟，生下来时就有一种能帮助它们正确选学同类鸟歌唱的样板或模式。这个样板可以允许歌声稍有变化。幼鸟学习自己同类鸟的歌，并把它们存储在脑子里。当它开始唱歌的时候，它把自己唱的歌和它幼年时期听到、记在脑子里的歌进行比较和匹配。我们的理论是，当幼鸟学习并记下成年鸟的歌声时，这种样板将略有变动。当幼鸟达到成熟的年龄时，它的样板将为它提供一整套正常歌唱的指令。

别的地方的一些观察资料和报告支持我们关于样板的假设。我们发现，虽然别的鸟，例如一种叫歌雀的鸟，也生活在旧金山海湾地区的白头雀之间，但是它们似乎谁都不会搞错自己应该学唱谁的歌。为了找出为什么不会搞错的原因，我们对实验室培养的、正处在学唱关键时期的幼年白头雀放了两组录音。一组录音由沼雀的歌声和另一地区的、因而是另一地方调的白头雀的歌声所组成。当实验室的白头雀开始唱歌的时候，它们只唱和它们地区不同的白头雀唱的那种地方音调的歌。

对此，我们的推理是，样板可以变更来接受不同的地方调，但不能接受非同种鸟的歌声。是样板指导它们这样选择的。同样，幼儿开始说话的时候，他们只学人的方言而不会去学其他动物的叫声或声音。

1966 年，我获得了把全部工作时间投入鸟声研究的机会。我转到了纽约州米尔布鲁克市洛克菲勒大学野外研究中心进行研究。在那里，我再次寻找新的合适的研究对象。这次我找到了两种理想的鸟：歌雀和沼雀。这两种鸟是亲缘很近的鸟。它们的繁殖期也是互相交叉的。

沼雀在数量上比歌雀少。歌雀几乎遍布美国的大部分地区，而沼雀则生活在歌雀居住范围之内的一块块孤立的小区域里。沼雀几乎总是在沼泽地区做窠而歌雀则栖居在沼泽的周围地区。和大多数鸟类一样，这两种鸟也只在幼鸟阶段离出生地还不远的时候学习唱歌，而这两种鸟所占据的地带又是犬牙交错的。由于沼雀在数量上是少数，因此它们特别需要有从多种鸟类的歌声中鉴别出同种鸟歌声的能力。

这两种鸟的歌声每次都只有两秒钟的时间，而且这两种歌声我们人一听就能区别出来。当我们用声谱仪对这两种歌声进行分析比较时，我们发现这两种鸟唱的都是组成几种不同结构模式的音节。在声谱图上，歌雀的音节是很难和沼雀的音节区别开来的。但是可以看出，歌雀的音节所组成的结构模式要比沼雀精致得多。

1976 年，我的研究助理彼得斯和我共同设计了一项实验来判明音节和模式之间究竟哪一个对这两种鸟学唱歌来说更为重要些。我们用了一台计算机，把音节组织成种种不同的结构模式从而合成了一系列曲子。我们用四种基本组合创作了 20 只曲子。这四种

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com