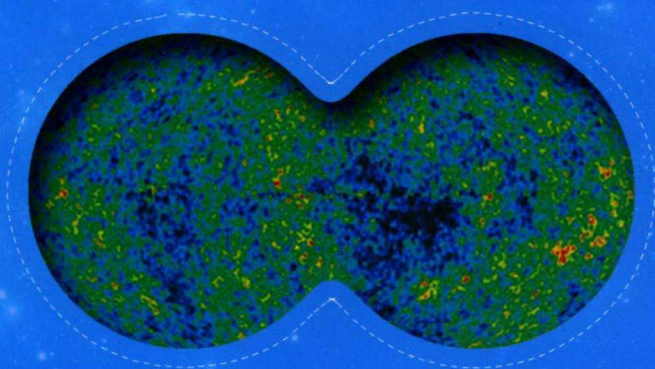


 混沌沿岸



afterglow of creation

Decoding the Message from the Beginning of Time

创世余辉

破译来自时间起点的信息

[美] 马库斯·尚恩◎著 孙正凡◎译



科学出版社

Afterglow of Creation

创世余辉

破译来自时间起点的信息

〔美〕马库斯·尚恩 / 著

孙世凡 译



科学出版社

北京

图字: 01-2011-3998 号

This is a translation of

Afterglow of Creation: Decoding the Message from the Beginning of Time

By Marcus Chown

Copyright © 2010 Marcus Chown

This edition arranged with Felicity Bryan Associates Ltd. though Andrew Nurnberg Associates International Ltd.

Simplified Chinese Translation copyright © 2015, by China Science Publishing & Media Ltd.

All rights reserved.

This edition is for sale in the People's Republic of China (excluding Hong Kong SAR, Macau SAR and Taiwan Province) only.

此版本仅限在中华人民共和国境内(不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区)销售。

图书在版编目(CIP)数据

创世余辉: 破译来自时间起点的信息 / (美) 尚恩 (Chown, M.) 著; 孙正凡译. —北京: 科学出版社, 2015

书写原文: Afterglow of Creation: Decoding the Message from the Beginning of Time By Marcus Chown

ISBN 978-7-03-046176-6

I. ①创… II. ①尚…②孙… III. ①物理学-普及读物 IV. ①04-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 259337 号

责任编辑: 侯俊琳 樊 飞 / 责任校对: 胡小洁

责任印制: 张 倩 / 封面设计: 可圈可点

编辑部电话: 010-64035853

E-mail: houjunlin@mail. sciencep. com

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 1 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2016 年 1 月第一次印刷 印张: 15 1/4

字数: 300 000

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

它是创世最古老的化石

它是宇宙婴儿期的照片

它含有宇宙 99.9% 的光

即使你处于室内，它也在你身边

发现者曾误以为它是鸽子粪便发出的“光”

（即便如此，发现者仍夺得了诺贝尔奖）

《创世余辉》首次印刷于 1993 年，它讲述宇宙大爆炸余热的故事。不同寻常的是，这种余热至今仍在我们周围。打开你家里的电视，在你换台的时候，屏幕上的花点的 1% 就来自大爆炸的余辉。在被你的电视天线接收到之前，它已经在宇宙中穿梭了 137 亿年，上一次它们接触到的，就是“宇宙大爆炸”的火球。

《创世余辉》讲述的 20 世纪最重大的宇宙学发现——宇宙大爆炸余辉的发现中所涉及的科学家们的故事，以及 1992 年美国航空航天局的“宇宙背景探测器”（COBE）卫星对余辉的观测。本书实际上即源于 COBE 卫星那张出色的宇宙“婴儿照”，斯蒂芬·霍金称之为“20 世纪的最伟大发现，如果不是所有世纪的话”。但是，当 COBE 科学家乔治·斯穆特评价它说“好像看到了上帝的脸”之后，这个说法就不胫而走，这张图迅速出现在全

世界所有报纸和电视上，据报道斯穆特收到了一本书的预付款 200 万美元，这本书就是《时间涟漪》(Wrinkles in Time)。

此时我就开始跟进了。当时我正在伦敦的《新科学家》(New Scientist) 杂志社做科学新闻编辑，跟踪了整个故事。在大学里我也了解一些关于大爆炸辐射的知识。杂志社的一个同事对我说：“你为什么不写一本关于这事的书呢？”我想：“是啊，我可以尝试一下。”所以我拟了一个两页的提纲，发给多家出版社。许多出版社都拒绝出版，直到最后这个提纲放在了乔纳森·凯普出版社的尼尔·贝尔顿的书桌上，他说：“挺好的，你为什么不写呢？”（当然我得说一句，预付版税远没有 200 万美元。）

从这一刻起，这成了我一个无法释怀的心结。我此前从未写过科普图书。我在不知道自己行不行之前就说“我可以”，当时甚至连八字都还没一撇呢。我只能去找美国航空航天局在 COBE 项目工作的人交谈，希望能够获得我需要的所有资料。然后我要做的就是坐下来，组织相关材料，写成前后连续一致、容易理解、琅琅上口、引人入胜的文字。这比我以往写的任何东西都要长。我能胜任吗？

我在截稿日期之前完成了，是刚好完成。而且，本书出版后反响非常好。比如，《焦点》(Focus) 杂志买了 20 万本，随刊赠送给读者。所以可能这使得《创世余辉》成为继霍金的《时间简史》(A Brief History of Time) 之后被阅读量（不过不是销量）最大的科普图书。本书还获得了罗纳普朗克科学图书奖第二名。

如今，1992 年的事件已经过去很久了。不过，《创世余辉》仍然是唯一一本用发现者们的话来讲述发现大爆炸余辉故事的书。我与所有出现的科学家都交谈过，其中一些现在已经去世

了，所以本书在科学史上这一重要章节也是唯一的文本了。

不过还不止如此，这个话题仍然是热门话题。这不仅仅因为创世余辉仍在吐露关于它的秘密，而且 COBE 项目的两位科学家约翰·马瑟和乔治·斯穆特获得了 2006 年的诺贝尔奖。我想现在该推出一本更新版了，本书现在的出版社费伯-费伯 (Faber & Faber) 也同意了。

巧合的是，本书在乔纳森·凯普 (Jonathan Cape) 出版社时的编辑尼尔·贝尔顿 (Neil Belton) 正在费伯-费伯担任非虚构图书的主管，他是一位优秀的编辑，我都成了他的粉丝了。

本书出版以来，情况又发生了极大的变化，所以我增加了两项重要的进展：COBE 卫星的继任者，即在 2001 年发射的“威尔金森微波各项异性探测器” (WMAP)；1998 年关于宇宙最大的物质-能量成分的发现。暗能量是不可见的，它充满所有的空间，是一种排斥力，使宇宙加速膨胀，但没有人知道它究竟是什么。

WMAP 在精密宇宙学时代独领风骚，做出了许多发现，包括宇宙准确的年龄为 137 亿年，宇宙仅有 2% 的内容是可见的 (23% 是不可见的“暗物质”、73% 是不可见的“暗能量”，而且天文学家只能看到剩余的一半)。而且，最奇妙的是，在大爆炸余晖中存在奇特的异常现象，有可能是我们的宇宙与另一个宇宙曾经碰撞的证据。

《创世余辉》是献给我的父亲的，也是巧合，我发现这本新版的前言正好是在他去世 10 周年那天写的。我一直在琢磨今天要做什么来纪念这个日子，我想有什么比写写我的父亲更好呢。

正是父亲在我 8 岁那年给我买了 H. C. 金博士的《天文学》 (*Book of Astronomy*) 作为圣诞礼物。正是父亲把我叫醒观看人

类登月的电视直播。正是父亲给我买了一架小望远镜，在我们伦敦北部家里，我把它从公寓楼上的窗户伸出去，紧张地眯着眼睛观看北环路上闪烁的橙色薄雾之上的金星位相和土星光环。

父亲给我买的书点燃了我此生追星的热情。可父亲当时为什么会给我买一本天文学的书呢？这是我没来得及问他并为此追悔不已的许多问题之一。

另一个谜是父亲对我的巨大（有时几乎是荒谬）的信心。有一次，我告诉他有个朋友赢得了科学图书奖，他立即对我说：“你也会获得那个奖的，马克。”

“但我没参选啊，爸。”

“你比他好太多，马克。”

“但我今年甚至都没写出来一本合格的书啊。”

“我跟你讲，马克，他们应该把那个奖给你。”

“可是，老爸……”

最后我放弃了争论。没有必要再劝他改变我被无理忽视的想法了。看来不管我做什么，父亲总是认为我很出色。当我前往帕萨迪纳的加州理工求学时，父亲“知道”我会获得诺贝尔物理学奖，并掌管美国宇航局的太空计划。当我放弃研究，回到英国试着当记者的时候，他“确信”我会获得普利策奖。让我惊奇的是，处于某种原因，父亲总是相信我能做成任何事情，直到今天，这仍然让我觉得不可思议。

在我人生的大部分时间里，父亲的信任总是相伴我左右，就像空气一样让我几乎不注意。我没有把它太当回事儿。现在他走了我才注意到这一点（是不是总是总是这样？）并开始好奇，“究竟他那不可动摇的信心到底是从何而来呢？”

这种信任从我出生就有了，那是我还不是一片空白，一个粉红色的小肉球而已。我所能想到的就是，他一定是在我身上看到一些属于他的品质。

父亲出生于伦敦北部郊区的冷泉小区（Coldfall Estate），这里属于慕斯维尔山（Muswell Hill）的一片杂乱无章的政府地产（即政府为贫民提供的廉租房——译者注）。这本身就限制了他的发展前途。当然他出生的年份对他的限制更大，那是 1934 年。尽管比起在柏林和斯大林格勒出生的同龄人，他还算幸运的，但他仍是第二次世界大战的受害者，战争就在他第一次走进冷泉学校之际爆发了。

战争对教育最明显的影响是德国空袭中断了学校教育。但还有一个更微妙的影响是，战争带走了所有年轻有活力的教师，如果是男的，他们就被征召入伍，如果是女的，就被送去工厂或田里做工。空出来的职位被仿佛来自古代的老态龙钟的老师们填充，这些人是应国家之急需从退休生活中走来的，他们教给孩子的也都是陈腐的东西。

随着战争结束，年轻教师的回归，情况变好一些了。但冷泉学校的根本局限还是无从摆脱，它提供的是一成不变的教育体制，孩子们从 5 岁到 15 岁都在这里度过。它不是个坏学校，但也不是催人上进的学校。对于女孩来说，最高的期待就是进入秘书学院；对于男孩，就是成为电灯技术的学徒工，可以脱产进入技工学院拿到职业资格证书。在他 15 岁生日时，父亲离开学校，到邮局做了学徒工。

我应该了解他在那里做了什么的。但当他提到这些事儿的时候，我总是左耳听右耳出，完全没想到有一天我会渴望了解关于他

这一生的信息。我有一个模糊的记忆，他会使用电报打字机。当然，这也能解释为什么在他 18 生日时，他被征召为入伍，分派到皇家通讯兵团。我认为，应征入伍的这段经历是理解父亲队伍对我不平凡信心的关键所在。这是一种深刻的、拓展视野的经历，从各方面都足以与我上大学的经历相比——当然我不必像父亲那样“蹚过粪便和子弹”（这是父亲的口头禅，不是我的）。在战争期间，是不可能去英国的海滨的。而父亲当时在一架飞机上工作，这在 1952 年是一种新奇的经历，他们的飞行区域是从蓝色地中海直到塞浦路斯。但对他影响最深的并不是他到过的那些国外地方，而是他与之交往的人。

当然，这是老生常谈了，应征入伍使人更加平等，因为它把来自各种背景、各种阶层的人们放在了一起。但不可否认它确实产生了这样的作用。这是父亲第一次遇到曾经上过大学的人——对于他这样阶层和背景的孩子来说，对大学一无所知。他们在约克郡卡特里克、然后在斯科皮的一个无线电收听站，进行了 6 周令人疲惫的基础训练课程，他在那里学到的是，他并不笨。不仅如此，当开始学莫尔斯代码时，他是能够以非常快的速度记录下来的少数几个操作员之一。

几乎可以肯定，这让他变得更有信心了。作为一个男孩，他如饥似渴的读书，比如，《金银岛》《三十九级台阶》《所罗门王的宝藏》这样的经典作品。此外，他了解到，他自己的父亲虽然只是霍恩西地方委员会的一个画家和装饰员，但也才思敏捷。根据家族说法，他实际上已经通过“少数人才能上的公立学校”的入学考试，但由于某些不明原因，可能是付不起学费，他实际上从未入学。但作为这样出身的人——更不用说他曾经在西线战壕

度过了好几年——他的父亲已经做到的比生活给予的更多了。

对父亲来说，我相信在军队服役的经历是一个信心助推器。他发现，或者他确认，自己还是很聪明的。作为在工人阶级家庭的孩子，在 20 世纪 50 年代战后的简朴环境中长大，他只是没有机会去改变命运。

但他的子女会有的。

我在 1959 年 6 月的一次热浪期间来到这个世上。在我人生最初的 6 个月里，我的父母居住在东芬治利的一栋联排住宅的一个房间里，环境肮脏不堪。当芬治利的新国会议员开始定期治理时，我的父母期望她能够帮助他们找一个更好的住处。她做到了。三周后，他们收到一封信，给他们在一个相对现代的小区提供了一座两居室平房。“这是我作为国会议员的第一次成功，”这封信如是说，它的署名是：“玛格丽特·撒切尔”。

幸运的是，这次不是站在我父亲这边，而是站在我这边。在富裕的伦敦北郊巴尼特区有一些好学校，我的父母非常明白当年他们为了养家而在 15 岁离开学校错过了什么，他们尽一切可能鼓励我和我的妹妹，带我们去图书馆，给我们买书。

当我在 20 世纪 60 年代开始上学时，我不知道的是，英国的大学正在进行前所未有的扩张。以前来自普通背景的只有少数幸运儿能够获得进入大学的奖学金，现在有许多人可以进大学了。在我求学受教育的过程中，大门不断地在我面前打开，我通过这些大门时甚至都没有注意到它们在那里。

我进入了大学，也是我家族中第一个人，然后是我的妹妹。我学得很好，大学毕业后去了加州理工学院读博士，在那里受教于像理查德·费曼这样的诺贝尔奖获得者。当我的父亲在遭受雨

点一样的炸弹轰炸的伦敦收集弹片时，费曼教授正在新墨西哥州的沙漠里参与制造第一颗原子弹。

我想，现在我明白了，为什么父亲对我有那么大的信心。他了解自己，了解他如果出生在一个不同的地方，不同的时间，他能够做什么。这不仅仅是了解他自己，这也是对在索姆河和俄罗斯生存下来的他的父亲、我的祖父的了解。由于出生地域和时间的原因，我父亲的潜力没有得到释放。出于同样的理由，我能够释放出自己的能力。

《创世余辉》是我的第一部科普书，从那之后我已经又写了5部，另外还有包括儿童小说在内的其他图书。我已经做了在我之前家族里几代没法做到的事情。我拥有的机会是我的父母和祖父母没有过的，为此，我非常感激。

我的父亲没有看到我取得的很多成功，但实际上这不重要。他不需要亲眼看到。他总是知道。他总是有信心。“你得当个畅销书作家，马克。”我记得我父亲在我们家餐桌上端着一杯咖啡对我说的话。

“可是，爸爸……”我抗议。当时，我正在努力完成一本书，它已经从应交稿日期拖了好几年了，所以我有点抓狂。

“没有可是，我告诉你，马克，”我父亲重复说，就像他正在传授一个宝贵的建议，好像写一本能大卖百万册的书所需要的不过是埋头一下午写一份过硬的申请书，“你会成为一个畅销书作家。”

我的父亲10年前去世了，但我仍带着他的信心生活。而且我经常感觉到他仍在看着我。有一本书在伦敦的科学博物馆签售之前几天，我的电话响了，是我当时的编辑打来的。在此前一

周，我知道那本书卖得很好，我当时对编辑说：“你有足够的书用来签售，有没有？”

“当然，别担心，我们在仓库里有很多。”

我拿起电话。“我真的很抱歉，”我的编辑说，“我刚才确认过，在仓库里没有书了。我们会搜刮一下办公室里，看看能找到多少。”

“什么！可是你不能多印一些吗？”

“对不起，在拿到大订单之前我们不能。”

“噢，那什么时候会有呢？”我问道，但我随即放下了电话，因为我知道在签售之前根本不会有。

“真是见鬼了！”我心里说，“真见鬼！真见鬼！真见鬼！”

当天下午晚些时候，我的编辑又来电话了。“什么事儿？”我说，我还在烦恼中。

“你不会相信的！我们几个月没有拿到一个大订单了，但是，突然之间，我们刚刚拿到了两个！”

我抬头看看钟。那个钟点正是父亲去世两年的时刻。

那本书签售很成功。后来，我和妻子凯伦一起开车回我们当时居住的伍斯特郡。那是在凌晨时分，我们沿着莫尔顿沼泽和大道之间的一条废弃公路开车。突然之间，一个火球划过我们前面的天空，分裂成两个。我们互相看了看。“这是你爸爸，”凯伦说，“就像超人一样，他在跟你说：‘再见了。直到你再次需要我的时候’”

马库斯·尚恩

于伦敦海德公园的蛇形湖旁一棵树下

2009年5月2日

楔子：微波眼看世界

远离大城市明亮灯光的旷野，夜晚如水晶般纯净。一轮明亮的满月从树梢飞往高空。在天鹅绒一般黑色的夜空里，星星就像宝石一样闪烁。但夜空里不止有所看到的这些……

我们眼睛所见到的可见光仅仅是在宇宙中流布的所有光线中极其微小的一部分。从太空之中向着地球倾泻而下的，还有不见的光流。

在人类历史的绝大部分时期，我们对这种光都一无所知。但近年来，天文学家拓展了我们的双眼。新建成的望远镜可以看到X射线、红外光、射电波，以及其他各种看不见的光。如今，有史以来第一次，我们能够看到更辉煌的宇宙。

想象一下，你可以看到天文学家们只是戴上一副“魔法”眼镜就能看到的一切，只要转动一下镜框上的按钮，就能“调节”到不同的光线上。你再也不会“失明”了，现在你有了红外眼睛、射电眼睛，以及能够看见紫外线、伽玛射线和X射线的眼睛。^①

^① 严格来说，你得到太空里使用你的魔法眼镜，因为大多数不可见光线都被大气层吸收了。不过别为此烦恼，这只是一个故事。

用这些令人惊异的增强镜头，你能看到什么？

刚开始，似乎没有什么变化。然后你会意识到，月亮正在变暗，大多数恒星也是如此。很快，月亮就看不见了，群星也开始一个接一个消失了。但随着群星消失，从原本没有星星的地方又跳出来了新的星星，其中一些新的行星被朦胧的白云笼罩着。

这就是紫外天空。你的眼镜记录下的是当你在沙滩上躺太久导致晒伤的那种不可见的光线。只有那些最炽热的恒星才会闪耀着明亮的紫外线。

旋转一下。

群星又变了。现在天空中没有了熟悉的路标。天空中强烈光芒所标示的，是恒星相互吞噬之处，以及极其炽热的气体冲进黑洞之处。凡是物质被加热至几十上百万开尔文（开）的地方，都闪耀着 X 射线。

继续旋转。

现在一切又变暗了。我们现在看到的是伽玛射线，宇宙中能量最高的光线，由科学家所能想到最暴烈的事件所发出。现在天空看起来完全是黑的。

但还有一些微小却猛烈的闪光。你转过头来凝视，却什么都看不到，黑暗天空里一无所有。但如果你确实非常有耐心，盯着伽马天空连续看上几天，你会看到在另一片完全不同的天空又发生一道明亮的闪光。再过几天又会看到一次。天文学家们称之为“伽马暴”。它们是宇宙之中最猛烈的爆炸，我们所见到的它们来自宇宙边缘。还没有人能完全确定它们是什么，但它们可能是黑洞诞生时发出的啼哭。

继续调节按钮，除了黑暗，还有更多的黑暗，再没有什么可

看之处了。把按钮向另一个方向旋转回来，经过 X 射线和紫外天空，回到我们熟悉的可见光天空，可以看到满月和我们熟悉的群星。但别停，继续，继续旋转。

你现在看到的是红外线。你看到的不是宇宙中的炽热天体，而是相对冷的天体。就连我们人类也会发出红外线。地震救援队用来探测被困在瓦砾之下的人们时用的是同一种光。

月亮也再次出现在天空中。但它不是反射的明亮的太阳光，而是由它贫乏的内热发出的暗光。现在天空中布满了陌生的星星，是恒星冷却的灰烬。它们是垂死挣扎的膨胀的红巨星，以及新诞生不久的恒星，还被包裹在它们从中形成的闪闪发光的气体之中。

但现在你又把红外天空甩在了后面，正在看到的是微波，也就是雷达和家家用来加热食物的微波炉所用到那一类光。如果现在在我们的眼镜工作还正常的话，有些奇怪的事情正在发生：天空亮起来了，不是一部分天空，而是全部天空。

整个天空，从一侧地平线到另一侧地平线，全都发出均匀的珍珠般的白光。你继续向微波区域旋进按钮，可天空变得更亮了。整个太空看起来都在发光。你看起来就像身处一个巨大的灯泡之中。而且你所见到的都是非常真实的。它就是宇宙大爆炸的遗迹，是宇宙诞生其中的巨大火球。不可思议的是，那次事件发生之后 137 亿年，它仍然充满了太空每一个角落。

在这充满全宇宙的“宇宙微波背景”中，包含了比所有恒星发出的可见光更多的能量。实际上，在此时此刻，大爆炸辐射占据了在宇宙中穿行的光粒子数的 99.9%。

然而，尽管在第二次世界大战期间，探测微波的技术已经发

展出来了，但令人惊奇的是，直到 1965 年都没有人注意到这种“创世余辉”。甚至它在此时被发现也是出于偶然。意外发现它的两个天文学家拿到了诺贝尔物理学奖，但他们最初误以为它是鸽子粪便的微波闪光，而且在发现它之后至少一年里都不认为他们发现的是宇宙的起源。

发现来自宇宙大爆炸的残余辐射的精彩故事构成了本书的骨干。它通过曲折迂回的经历、意外事件和错失的机会，为我们提供了科学进展是如何发生的一个绝妙的事例。

宇宙微波背景是最古老的创世“化石”。它直接来自宇宙大爆炸本身，已经在太空穿越了 137 亿年。宇宙微波背景是由在火球中正在冷却的物质发出的，所以它携带了大爆炸发生后不久宇宙的印记。当你观看微波天空时，你看到的是 137 亿年前的宇宙快照。

你会觉得早期宇宙肯定是一个超级无聊的地方。毕竟，在微波天空中没有任何一个特征可供识别。但是，这种无特征、均匀的宇宙之美，比起一个复杂对象来说，让科学家更容易理解，宇宙微波背景的平滑性告诉我们，早期宇宙的物质在整个空间里的分布必然也是极其平滑的。而这一点提出来一个极大的难题。今天的宇宙绝不平滑。事实上，宇宙中充满了恒星，恒星集合形成星系，星系又再度链接形成长链和集群，跨越广袤的空间。在这些星系集群之间存在完全虚空构成的巨大空洞。今天宇宙中的发光物质不但不是均匀的，而且呈现瑞士奶酪一样多泡的外观。

那么，这一个不均匀的复杂宇宙，是如何从如此平滑简单的开端产生出来的呢？

显然，在某个时间点上，宇宙中的物质一定开始像凝乳一样

开始聚集在一起。因此，尽管宇宙微波背景看起来极其平滑，它也不可能绝对平滑。如果我们仔细地看，我们应该能够看到，在大爆炸之后不久，在引力作用下，宇宙中最初的结构开始聚集到一起的迹象。

在发现宇宙微波背景之后 25 年多的时间里，天文学家们一直在努力地盯着它看，但不管他们多么努力，他们就是发现不了微波背景亮度上的任何变化^①，找不到任何后来形成像我们的银河系的那些物质团块的迹象。宇宙微波背景的证据似乎与我们最为珍视的一个理念——我们和时间是存在的——矛盾的。

1989 年，美国航空航天局把一个叫做 COBE（发音如“柯比”）的不起眼的卫星发射进入地球轨道，用来研究火球辐射。在此之前，这项研究非常困难是因为宇宙大气层也在发出明亮的微波^②。COBE 敏感的仪器仔细地聆听着宇宙膨胀 137 亿年之前的宇宙爆炸的微弱低语。两年多过去了，卫星还是一无所获，连科学家们也开始紧张地嘀咕起来。

但是，在 1992 年 4 月，COBE 力夺头奖。它发现了“宇宙背景辐射的涟漪”。在天空的某些地方，宇宙微波背景比起其他地方来显得略微亮一些。这是一种极其微小的效应。这些天空“热点”仅仅比“冷点”要热十万分之几，但科学家前所未有地大大松了一口气。“这就像是看见了上帝的面容，” COBE 项目组的一

① 这个说法也不很严格。在 20 世纪 70 年代后期，天文学家发现微波背景在地球前进方向温度略高，而在后方温度略地。但这是由于我们的地球在太空相对于微波背景的运动造成的效应，而不是微波背景本身的性质。

② 实际上，地面也会发射微波，建筑物、树木、人，甚至太空中的氢云也是如此。这些相互竞争的发射源使得大爆炸火球形成的均匀发光比我所描述的更难看到。这也解释了为什么探测火球辐射是一项挑战，为什么它在 1965 年之前都没有被发现。