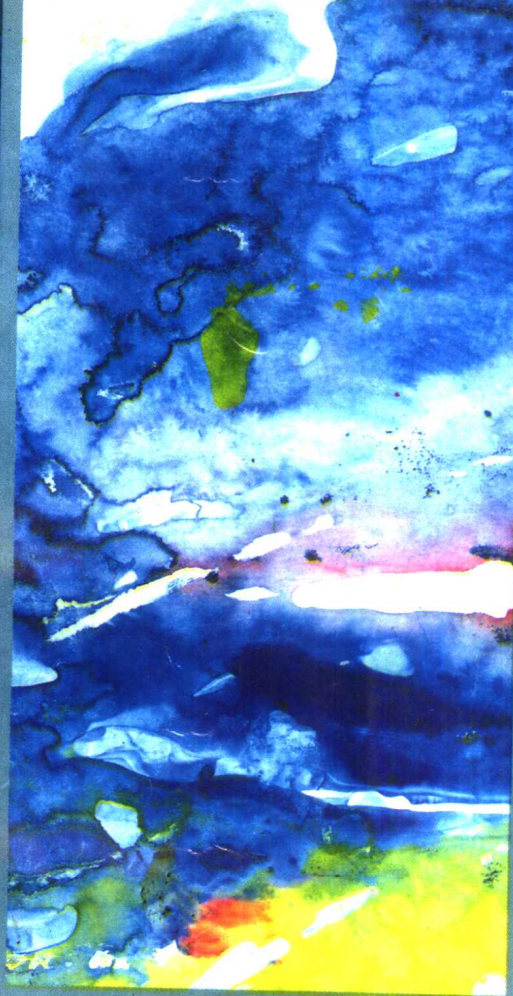




The Changing Atmosphere

变化中的

大氣

约翰·菲罗尔著

中国对外翻译出版公司

变化中的大气

〔美〕约翰·菲罗尔 著

刘礼全 译

中国对外翻译出版公司

〔京〕新登字020号

图书在版编目(CIP)数据

变化中的大气/(美)菲罗尔(Firor, J.)著;刘礼全译. 北京:
中国对外翻译出版公司, 1994. 10

书名原文: The Changing Atmosphere

ISBN 7-5001-0288-7

I. 变… II. ①菲…②刘… III. 酸雨-空气污染-空气污染控制 IV. X517

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第01686号

中国对外翻译出版公司 北京市太平桥大街4号

邮编:100810 电话:6022134 电报挂号:6230

新华书店北京发行所发行

北京市向阳印刷厂印刷

787×1092毫米 1/32 4.625印张 字数:90千字

1994年12月第1版 1994年12月第1次印刷

翻译书店地址:北京市太平桥大街4号 电话:6034491

ISBN 7-5001-0288-7/G·58

定价:3.80元

前 言

我曾写过一篇关于大气问题的文章，题目为《大气的相互联系及其“濒危物种”》（发表在华盛顿的“世界资源协会”1984年的杂志上）。后来一位出版商要求我将此文扩充为书，这就是写本书的起因。我在原来的那篇文章内讨论了酸雨、臭氧耗竭和气候变暖等三个重大的大气问题，并着重探讨了这三个问题的相互关系。

为了将此论文扩充为书，我利用人们邀请我讲大气问题的有利条件，将每一章的提纲作为讲课的基础。这样，通过观察听众的反应和试图回答提出的问题，就可以让我从两个方面检验我的材料。不管是在哪一组讲课，总有一些人对技术课题的细节非常感兴趣，他们乐于提出问题。用受过良好教育但并非从事科学工作的人的语言来讲解大气中复杂的相互作用并作出推论，的确是一个难题，但难而有益。不过，我收到的问题倒常常不是关于细节的，它只是要求我作出一个判断。人们似乎在说：“所有那些科学都是对的，但请直截了当地告诉我们，我们现在是否正处在危急之中呢？”于是我开始考虑到我不能只是简单地给那篇文章增补技术细节，而是应该让这本书能够回答这一经常提出的根本性问题。

当我翻阅了当前诸多关于大气变化的科学文章后，我的疑虑加深了。关于大气三大问题中的每一问题，现在都有好多

长篇而精辟的论述,其中有少数是个别人单独写的,大多数则是好几个著名的国际委员会为总结和评估当前的知识状况而共同撰写的。这些委员会在判断科学知识状况方面表现出了专门家的才能,但也常常回答不了这样的提问:“我们是有问题呢还是没有问题?”科学家为其结论寻找强有力的根据,避免超越被事实一再证实的定论,这些无疑都是很正确的。不过,科学家们自己曾经遇到也看到过自己的同事们遇到这样的情况:他们在评审报告中拼命推崇这一领域中极少数人所持的观点,结果往往证明他们是错的。

我看没有理由批评科学家的谨小慎微和多疑态度。科学进步也可能有不确定的一面,只有几年之后才会真相大白,使人们在更大程度上看清其实质。出人预料的事情是经常发生的,科学界的可信性也经常面临危机。所以从长远看,因谨小慎微而犯点错误也没什么不好。健康的科学事业的宝贵之处,在于它能给我们带来更多关于这个世界的知识。而这一宝贵之处又从科学界这些多疑和谨小慎微的习惯中得益匪浅。那些特别委员会的报告,有可能继续谨小慎微和墨守成规。

不过,这一习惯也意味着:对公众和决策者来说,好像科学家的报告主要强调未知的东西和需要进一步研究的东西。即使委员会承认大气正在发生显著的变化,情况也是一样。于是便在公众中引起了困惑,我也收到了各种各样的问题。

尽管我对学术研究机构 and 各个委员会的这种习惯非常熟悉,但当重读旧报告、了解新报告时,我认识到有很多我熟知的作者所持的观点,要比其委员会报告中的观点有力和明确得多。很清楚,他们的经验和研究的一些特点,关于世界演化之较一般的观念的某种应用,都使他们对大气问题的严峻性

持有更成熟的看法,但同时他们又得同其他科学家一起,撰写那些让很多人看来模棱两可和谨小慎微的报告。我们有时能在电视上和报刊上见到这些科学家,并获知由于我们无意中对大气的破坏而的确造成了严重问题。但这样的机会一般都一带而过,公众很难理解这些科学家为什么持这种观点,以及为什么在官方报告与非官方的忧虑之间存在着如此大的距离。

我希望这本书能够填补这一空白。我的目的不只是为了围绕着酸雨、臭氧耗竭和气候变暖等方面的科学状况作更为详细的讨论,而且还要说明为什么在这些领域内有如此多的工作人员已相信排入大气的有害物的确已达到非常严重的程度。

本书共分七章。第一章介绍大气的两个被人忽视的方面,而这两个被忽视的方面却是人们理解当今问题严重的关键。下面两章是讲述大气三大问题中的两个问题,即酸雨和由于生产含氯氟烃而造成的臭氧层耗竭,因吸收红外线的气体在空气中的积累而造成的气候变暖,是所有大气问题的核心,本书第四章和第五章将集中予以论述。最后两章将讨论这些问题对普通人、决策者和人类文明意味着什么,以及可以采取哪些相应的措施。

听起来,大气的三大问题是互不相同的:加拿大和美国东北部的酸雨,南极和其它地方的臭氧耗竭,全球的气候变化。在讨论这些问题时,虽然所提的解决方法在多数情况下似乎是互相独立的,但我们必须将其作为一个整体进行通盘考虑。这些问题的根源是密切相关的;作为国内和全球问题,所有这三个问题也是紧密相连的,如能源、第三世界的发展、对外贸

易、南北平衡及人口爆炸问题等。如果我们将这三个大气问题孤立起来,就将抓不住这些问题的最基本方面,同时也丧失供我们选择的解决途径。要特别指出的是,当前情况的一个基本特点就是抓住机会,采取措施,同时解决大气问题和其它社会问题。

我也曾集中精力按人类的时代尺度进行过研究,即按几十年或一个世纪进行计算,根据需要查阅了一些早期事件。现在我们正在开始了解在几十万年以至几亿年过程中发生的事情,如冰河期的起因、大陆漂移对气候的影响和恐龙的灭绝等。所有这些课题读起来都引人入胜,而且每个课题都以某种方式与今天的大气问题有着联系。但是,本书的主题是人类对大气未来的影响,若将那些发展缓慢的大规模事件与本书的主题结合起来,那就有可能将人引入歧途。仔细而饶有兴趣地看一看与我们现代的气候大不相同的远古时代的气候,有可能使我们产生宿命论,认为在今后几十年内将发生的变化之所以会发生,是因为我们处在宇宙力的支配下,我们对其是无能为力的。但事实上,我们是处在自己的支配之下,即处在我们自己的行动、目标、组织和政府的支配之下,处在我们对人类活动的影响是否了解的支配之下,处在我们自己的能力和是否愿意对大气问题有所作为的支配之下。

最后,凡是关心大气而考察过其科学基础的人,特别是当他们的结论与我一致时,即大气中的问题要比日常观察到的严重得多,那么他们就必须认真对待这样一个问题:我们是否能为解决大气问题而有作为呢?我们之所以得出大气问题要比其表面现象严重这样的结论,其原因之一就是该问题的深深植根于大自然和人类的文明史之中,同时这一原因也说

明了该问题的解决绝非易事。因此，我在讲述解决方法时采用了选择未来道路这样的措词，其中方法之一，就是我们要稳定大气的结构组成，而不能让其继续因人类活动而发生意外变化了。即使在人们没有对任何科学预测进行详细考察的情况下，情况似乎也明摆在那里：如果让空气以人类几代人的时间为单位继续无限制地改变其结构组成，那么最终将使我们所做的一切和其它所有生物发生巨变。所以说，稳定空气结构组成的方法，就是我们要继续设法适应我们正迫使大气发生的迅速变化的途径，而在此过程中，则要想出驾驭所有自然系统的方法。

致谢

我很荣幸能在国家大气研究中心工作。与该中心其他科学家及来访者的经常交往，一直极大地影响着我对大气这一复杂系统的科学理解和评价。该中心不仅提供了一个激发人们去想去看的环境，而且还鼓励其工作人员对大气问题有广泛的见解。国家大气研究中心是在本世纪最后25年中发展起来的，它多亏全国科学基金会稳定而明智的赞助而使自己在全国科研机构中的地位扶摇直上。国家大气研究中心由一北美大学集团经管，即由大学大气研究协会经管。这一层关系向我进一步提供了广泛认识大气本质的机会，也使我加深理解使人了解大气与社会相互影响所存在的众多难处。所有这些组织都曾对我有所帮助，但我要说明，本书的观点和任何错误均由我个人负责，与国家大气研究中心、大学大气研究协会或全国科学基金会无关，也与评读过本书全部手稿或部分章节的友好人士毫无关系。

沃尔特·奥尔·罗伯茨、威廉·W. 凯洛格、斯蒂芬·H. 施奈德是研究和认识大气如何对人类活动作出反应的三位现代先驱,迈克尔·H. 格兰兹是研究人类活动是怎样回应大气及其变化的专家。我在此要特别提出向他们致谢。我从他们那里受益匪浅,他们在如何就这些科学领域进行有条理的思索和有效的工作,如何摆脱广大舆论界、报界和政治气候的影响等方面,为我树立了可贵的榜样。

在环境保护基金会的理事会和世界资源协会工作,不仅使我获得与一些杰出人物接触的机会,而且还教我懂得了将先进的科学知识转化为维护公共利益政策和行动,有可能比发展科学进步本身还要难得多。

我还要感谢下述曾作过特殊重要贡献的人对我的帮助:威廉·钱德勒、拉尔夫·西塞罗尼、凯思林·库雷尔、朱迪思·雅格布森、安德鲁·斯科特和安妮·菲罗尔·斯科特,他们每个人都曾读过本书的部分或所有章节,有时还包括一些续写的草稿,并且提出过宝贵的意见和有益的建议。我还要感谢贾斯廷·基苏塔卡和国家大气研究中心制图组的各个成员,他们为本书提供了各种图表。

目 录

前言	(vii)
一、 大气与人类	(1)
二、 酸雨	(5)
三、 平流层臭氧	(23)
四、 气候变暖	(40)
五、 这是真的吗?	(69)
六、 原本是一个问题	(91)
七、 另辟蹊径	(101)
注释	(117)

大 气 与 人 类

我们对大气的认识是从童年时起慢慢加深的。先是轻风拂面，吐纳呼吸，使我们感到了大气的存在。后来放风筝，吹蜡烛，见狂风拔树摧屋，又感到了大气的力量。这些初期观察，使我们觉得空气有点像水，是一种与我们无关而不变的物质，其特性和构成也是大自然对我们的恩赐。继而，又逐渐认识到，我们每个人都得完全依赖大气，而且还必须注意，绝不可长时间不呼吸新鲜空气。

这些早期推断遗漏了一个最重要的事实。之所以如此，不是因为我们不善于观察，而是因为我们无法觉察长时期的缓慢变化。空气不仅与我们密切相关，而且实际上还是我们人类与其它所有生物的共同创造物。每天有大量空气被生物吸收，受到各种处理。每天生物都向空气排入大量不同的气体。在漫长的地质年代，生命的进化与大气的演变交织在一起。大气特征和构成，是由现在地球上的生命存在形式决定的，完全不同于大气在无生命的情况下具备的特征和构成，当然也完全不同于我们邻近无生命的行星火星和金星的大气层。¹

地球是 40 亿年前由漂浮在太阳周围的气体和尘埃凝聚

而成，而生命在地球形成 5 亿年后才出现。大气的重要组成部分——氧，则很久以后才形成，比单细胞生物的出现还要晚很长时间。地球上重大事件发生的先后顺序似乎如下：最初的生物以地质变迁过程中产生的物质作为食物。比如火山爆发可以产生少量氢和大量硫化氢，而这些物质正好可以给细胞提供能量。又过了很久，出现了新的过程——光合作用，它利用空气中丰富的二氧化碳和充足的能量来源——阳光，使二氧化碳和水化合产生碳水化合物。我们中学上植物课时都学过，光合作用的副产物是氧。以后在地球漫长的演化过程中，氧在空气内逐渐积累，需要氧气的动物也就应运而生。² 我们现在所看到的各种各样的生物于是就出现了。这一过程改变了大气很多成分的分布。氮是一种反应相当迟钝的气体，但它又是生命物质的关键部分。所以，当地球上出现了大量生物后，空气中、海洋中和地球陆地内的氮之间原有的平衡关系便起了很大变化。于是二氧化碳便在生物圈内迅速循环起来。在这一过程中，有部分二氧化碳储存起来，变成了石灰岩、大理石、天然气、石油、煤炭，以及土壤中的持久有机物。

这一系列变化，不仅决定了空气的组成，也改变了地球的温度。二氧化碳是一种能够吸收红外线的气体，吸收辐射能——若不被吸收，便会逸出地球——从而，保持地球温暖。氧在吸收向外散发的辐射能方面则没有什么作用。（氧之类由两个相同原子构成的对称分子，与二氧化碳、水蒸气之类形状复杂的分子相比，一般来说，其转动和震动的方式要少得多，所以其吸收与散发辐射能的能力就小。）因此，增加氧和减少二氧化碳，比如像光合作用那样，就会使地球变冷。现在仍有部分二氧化碳保留在地球的大气层中。这些二氧化碳有一部分

是动植物的呼吸作用产生的，有一部分是火山爆发和温泉释放出来的。从江河湖海蒸发出来的水气也有吸收红外线辐射的作用，所以直到今天还继续存在着一定程度的水气吸收红外线现象和气候变暖现象。

大气的构成与生物之间有着密切的关系。氮的活性很差，普通氮分子在空气中存在 1 千万年才会被一生物过程吸收，但二氧化碳每 6 年就生成分解一次。即使初看时是化学的和机械的过程，常常也有生物成分。比如，有部分二氧化碳由于被岩石层吸收而长久地从大气中消失了，但这绝不是纯化学作用造成的。它先溶解于海水，然后被小生物吸收化为壳，壳脱落沉到海底变为沉积物的一部分。生物埋入地层内时，碳和氮也就储存进了煤床里，岩石表面的各种生物就会加速将岩石分化为泥土。最能说明生物创造大气的例子恐怕要算氧了。现在氧在大气中的比重几乎与 10 亿年前没有多大区别。但是，假如生物突然停止生产氧，那么，岩石风化大约有 4 百万年就会耗光空气中的那部分氧。在地球的历史长河中，生物不知多少次为我们生产所需要的氧。

因此，空气决非“独立存在之物”，它只是由相互作用的两部分组成的统一体中的一部分。所有生物的共同作用创造了大气，而大气的每一变化又无不影响着生命。我在此书中将就这种相互关系的某些方面进行探讨，但我也要就这一主题作进一步的发挥。现在与大气发生相互作用的生物物种有几百万，但人类已不再是其中普通的一员了，而是变得越来越独特了。现在，我们人类的数量如此之多，平均每个人都支配着相当多的能量，我们对地球的影响已达到显而易见的程度。当我们在大洋和荒漠上飞行俯瞰那大片大片广阔的无人居住区

时,我们有可能难以相信人类能够改变地球。但在大气领域,人类却偶然发现了华尔街接收专家所谓的“高度发挥杠杆作用的局面”:地球表面温度取决于空气的构成。但对地球表面温度影响最大的那部分空气并不是空气中的主要成分,而是其中少数几种只占微量的成分。二氧化碳是保持地球温暖的主要气体,但它在整个空气中的比重还不足 0.04%。因此,如果我们想改变地球表面温度,大可不必惊动 5×10^{15} 吨的整个大气,而只需干预其中极小的一部分即可。导致酸雨或城市空气污染的那部分空气的化学组成和化学性质,只与占整个大气含量十亿分之几的物质有关。我们在对破坏臭氧的物质含量进行测量时,就采用万亿分之几为计量单位。

在当今情况下,只要是对大气进行探讨,就必须认真对待影响空气的日益增长的新因素,即人类的活动特点,因为这种特点会给我们带来目前无人知晓的灾难性变化;同时还必须认真探寻能避免把我们推向未来灾难的切实可行的途径和措施。

酸 雨

几年前,《全国地理杂志》刊登了一幅新的美国地图。这幅地图实际上是用很多从人造地球卫星上拍下的照片仔细拼合而成,看上去就好像凌空俯视这个国家一样。³江河湖泊,山脉沙漠,森林原野,一目了然。大多数人初次看到这一图画,一时都会对其宏伟景观赞叹不已,接着就会认出自己居住区的特征,对之感到惊奇。

照片上展示的美国东南部,有一个小圆块,与别处毫无相似之处,呈橘黄色。将照片与常规地图进行比较就可以看出,这块地方并不位于或邻近任何大城市或地质结构异常的地区,如火山区或花岗岩穹地。的确人们会怀疑这是底片缺欠或摄制过程中的过失造成的。

然而,亲自去看看这一区域就会知道,这一奇异的斑点是真的。虽然其周围地区佐治亚州北部和田纳西州东南部的南阿巴拉契亚丘陵区布满了绿色的农田和茂密的森林,但这块区域本身方圆数百英里都是被侵蚀的山丘,有几株矮化树,植被也很稀疏。该区域有两个城镇和一个人工湖,还有一条四车道的公路经过。人们购物上班,各种活动似乎都正常,只是其背景与其说像湿润的南方山区,勿宁说更像月球表面。

公路旁边的标牌告诉游人,此地 在 19 世纪初曾发现铜

矿，之后不久便建立了冶炼厂。当地博物馆内的说明牌讲述了这个冶炼厂的历史：开始时是怎样运作的，南北战争期间又怎样关闭了几年，以及铜矿和该厂的开办和铁路的修通又如何引起了各种居民的迁移。博物馆的说明牌还告诉人们该冶炼厂在其初期向外排放的含硫烟雾损害了树木，使树林已采伐过的大片土地再也不能补种，最后把山谷内的植物砍光了。

对今天研究酸雨的人来说，田纳西州科珀希尔的历史使我们获得几个教训。⁴ 第一个教训就是我们未必以前事为师。早在 1661 年英国科学家就注意到了工业排放物对植物生长和人类健康的影响。⁵ 他们建议将工业设置在城外，用高大烟囱把烟雾排散到较远的地区。（甚至在此之前，伊丽莎白女王就曾在议会开会期间发过公告，禁止在伦敦烧煤。）75 年以后，一位瑞典科学家指出，冶炼厂那“刺鼻有毒的含硫烟雾侵蚀了地球，使得草本植物难以生长。”1872 年，安格斯·史密斯在英格兰出版了一本书，名为《空气与雨：化学气候学的开始》，讲述了自己 20 年来对“酸雨”问题的实地观察和研究，讨论了很多我们今天酸雨问题研究中要解决的概念，描述了空中的硫酸如何腐蚀金属和使织物变白。史密斯还提出了收集和分析雨样的程序。30 年后，英国其他科学家指出酸雨抑制植物生长和种子发芽，也妨碍了氮在土壤中的固定。

几百年来，许多国家也发生了其它事件和趣闻轶事，并进行了科学研究，结果也是一样。社会上早已知道空气中的硫化物是破坏物。文学中，认为地狱中有硫磺味的看法，至少可以追溯到但丁，甚至可能更早。所以说，科珀希尔的早期开矿者和冶炼厂厂主可能已料到他们的活动会产生的永久性破坏，却有意无意地忽视了这种可能性。

第二个教训也与资料的使用有关。一个人访问这个从生物学角度看地力耗尽的地区,不仅会获得该区域历史的详细说明,还会听到对过去事件的不同解释。比如,一些地方史工作者认为,这片土地的荒芜与硫无关;冶炼厂砍树当燃料,结果使山坡变成了永久性的不毛之地。这种解释不能说明美国东部几千个山坡树木曾被大片砍伐有些还被重复砍伐,何以在卫星照片上没有变成橘黄斑点。这一解释告诉我们,许多人都愿承认自己已习惯的和赖以生存的东西具有不良作用。在这一方面,田纳西州东部的许多人与洛杉矶的居民很相似,后者多年来不承认烟雾与汽车废气有关。

从科珀希尔获得的最后一个教训则大相径庭。矿山和冶炼厂目前的业主已制定了一项计划,要寻找一些能够随着土壤的改造,能在这片土地重新生长的乔木和草木。这一计划正在推行,但当初宣布时却遭到了当地的一些群体的反对。他们说,他们世代生活在这里,渐渐地爱上了光秃秃的红色山丘,他们不会欢迎彻底改变这里的风景。有些人把这块地区称为“可爱的伤疤”,要求维持原样。第三个教训就是:随着时间的推移,人们就会适应变化着的情况,甚至会使自己相信变化后生活更好了,而不介意世界上其他人会有何想法。

一方面,科珀希尔和世界各地冶炼厂的事实正在有力地证明空中硫化物会毁坏植物,另一方面,其它事件也在说明硫正在对人造成伤害。在科珀希尔,二氧化硫直接向山谷排放似乎是破坏植被的罪魁祸首。但是,为了保持排放源附近的空气清洁而在这里或那里建起来越来越高的大烟囱,则会使二氧化硫在空中漂浮更长的时间才落回地面。在这一过程中,有一部分二氧化硫会氧化,变为硫酸盐和硫酸,吸入人体后,都会