

地球物理学中两个有趣的问题

魏鼎文

(中国科学院大气物理研究所,北京 100029)

摘 要 1、关于大气 O_3 层的形成,除了主过程——Chapman 过程外,还可能另有一个过程,特别在两极地区,是为带电微粒的电化学过程。2、依照“斥力论”,地球大气外缘,应当类似于彗星,在夜的一侧,拖着一条长长的尾巴。

关键词 大气 O_3 层,带电微粒电化学过程,斥力论,地球大气尾巴

中图分类号 P631

文献标识码 A

文章编号 1004-2903(2007)04-1080-05

Two interesting matters in geophysics

WEI Ding-wen

(Institute of Atmospheric Physics Academia Sinica, Beijing 100029, China)

Abstract In this paper, two things have been presented. 1. For the formation of the atmospheric ozone layer, in addition to the Chapman process, which is the main one, there might be a sub-process, i. e. the electrochemistry process of the charged particle, especially in the polar areas. 2. According to the THE THEORY OF REPULSION, the out fringe of the earth's atmosphere, like the comet, pulls a long tail in the night side.

Keywords ozone layer, electrochemistry process of the charged particle, the theory of repulsion, the atmospheric tail of the earth

0 引 言

地球作为宇宙空间的一个星球,它涉及到太阳系的形成,地球的演变,固体地球的结构,海洋的形成与演变、地球大气的形成与演变、空间物理、日地关系等等。因此,地球物理学是一门涉及天文学、物理学、化学、生命学的多种学科的综合性学科。本文只讲我曾经花很多时间思索研究过的问题中的两个,并且希望有益于喜爱这门科学的年青人。

1 地球极区大气 O_3 的形成的另一种可能的机制

作者几乎一生都没有中断过对大气 O_3 层的研究。众所周知在地球大气中,从地面到大约 50 公里的高度的空间都会有 O_3 成份,(50 公里以上虽然也仍 O_3 分子,但已经是很少了),而最大值存在于 25 公里附近。整体 O_3 层的厚度虽然压缩在标准状态下只有大约 0.3 厘米,但它却挡住了(吸收了)绝大部分从太阳射来的对生物有伤害的紫外线,从而也

形成了对人类与生物界的保护层。所以对它进行研究具有十分重要的意义。

在进入本小节正题之前,先说两件事。作者在大气 O_3 研究上取得过突出的成果。第一件:作者在上世纪 60 年代初期,详细地研究了 O_3 层垂直分布的反演遥感问题,有几个突破性发现与结果(1)首先提出了大气遥感反演方程中的权重函数的分析与应用,证明了大气遥感方程所包含的独立信息量是有限的;(2)指出遥感方程的解具有不唯一和不稳定的问题,处理应十分小心;(3)证明了当时国际通用的遥感臭氧垂直分布的逆转方法 B 的解是不唯一的,应当放弃使用。应当指出,方法 B 是由印度著名大气物理学家,著名数学家 Ramanathan 撰写的,由国际地球物理学委员会官方推荐使用的,所以它是世界级权威的东西。这些发现和结果,由于卫星技术的飞速发展,不仅对大气臭氧层,而且对其它一些地学反演遥感科学均有重要的和普遍的意义。即在这个学科领域,它是具里程碑意义的。这个研究成果,被后来的实践,和国外科学家的研究结果所证实。但是

收稿日期 2007-03-10; 修回日期 2007-06-20.

作者简介 魏鼎文,毕业于南京大学气象学系,中国科学院大气物理研究所研究员,原国务院环境保护委员会科学顾问。

作者这个成果,在相当长的时间内有一些曲折有趣的故事。作者在“科研人生趣谈”一文已有所交待,发表在《回顾中国地球物理学会成立 60 年》庆典文集中。

第二件:考虑到西藏高原是世界上独一无二的,在研究中国大气科学中具有独特的重要性。所以在上世纪 60 年代初,作者与当时的中国登山队成员文传甲同志合作,在西藏珠穆朗玛地区作了长达 2 个多月的大气 O_3 观测,这在世界上是首次。更重要的是:首先发现了西藏珠穆朗玛地区的 O_3 总量明显低于同纬度的 O_3 总量,因而它是一个 O_3 总量低值区。这篇论文在上世纪 60 年代初,由于种种原因未能及时发表。但在文革之后,于 1980 年即在国际 O_3 年会上报告,并且以英文全文发表^[2]。值得注意的是:由中国两院院士共同选出的 1999 年中国十大科学进展,其中第三项即为:“我国科学家发现青藏高原上空存在 臭氧低谷”。应当说这也算一个具有世界级的成果。但奇怪的是关于这件事的报道上,无论是报告,报刊、网上,均无魏鼎文与文传甲的名字。不过这不要紧,魏鼎文与文传甲首先在西藏高原上观测研究大气 O_3 层,并首先发现,高原上存在 O_3 低值区,有正式文献记载,所以这已是不争的事实。

作者之所以提出上述两件事别无他意,只是想证明作者有能力作出,在大气科学领域内具有世界级水平的科研成果,从而给读者特别是年青读者增加信心,去相信本节与下节所提出的科学论述,有那么一点点科学性,引导性。特别是对未来的科研上的几点建议,值得留意。

大气 O_3 层的研究,在国际上有一个爆炸点,那就是 1985 年南极上空大气 O_3 层空洞的发现,这个事件震惊了整个科学界及至全球各界。因为如果大气 O_3 层真的消失了,对于人类、对于全世界的生物将是毁灭性的灾难。所以对大气 O_3 层的研究空前加大,各种关于 O_3 层的会议也在加速公开召开。不久人们提出了造成南极 O_3 层空洞的形成理论。该理论认为,人类活动所释放的化学物质,特别是由氟里昂 11 和 12(CFC_{11} , CFC_{12})分解出来的氯原子,会消灭大量 O_3 (一个 CFC_5 分子可消灭大约 10000 个 O_3 分子),其主要反应式如下:



而在冬春季节,南极地区的中—低平流层会出

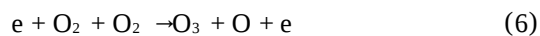
现强大的气旋性极地涡旋,并且出现很冷的核。在这种气象下,由于上述的化学过程就出现了南极 O_3 洞。这是大多数科学家的认识。于是有一系列国际会议,并且订了国际公约,逐步削减氟里昂的工业应用,并最终完全禁止使用。但作者当时对此持怀疑态度,一个最直接的感觉就是,工业国家集在北半球,氟里昂的主要产生地,应是北半球,如果该理论是正确的,那么 O_3 的减少,在北半球应该是最明显的,为何千里迢迢跑到南极去了呢?之后,作者利用全球多年 O_3 资料,与太阳活动的资料作了较为详细的分析,认为南极 O_3 洞的形成另有原因。

著名的 Chapman 理论——光化学平衡理论指明了太阳紫外辐射是控制平流层 O_3 的基本动力。如果这个过程是唯一的话,那么 QSA11 (太阳活动准 11 年周期变化)所带来的太阳紫外辐射强度的变化,应当在夏—秋半年大于冬—春半年;低纬度应当大于高纬度。它所给予 O_3 的影响应当是 O_3 总量准 11 年周期变化,夏—秋半年较冬—春半年明显;低纬度区域较高纬度区明显。但是,我们的分析结果却无情的指出:事实恰恰与此相反。这就迫使我们提出,除了 Chapman 过程作为控制平流层 O_3 的主过程外,还有一个重要过程在控制着平流层 O_3 。

众所周知,在太阳高活动年期间,除了太阳发射短紫外辐射增大之外,最主要的变化是太阳对带电粒子的辐射。据观测估计,高太阳活动年比起低太阳活动年来,这种带电粒子可以高出 10 倍,而重要的是,由于地球磁场的存在,这种带电粒子只能进入两极高纬度地区,而不能进入低纬度地区。由太阳发射出的带电粒子能够进入地球大气多深,则依赖于它们的能量。在高太阳活动年,大的耀斑爆发后,极光可以扩展到 60 度附近的纬度,而且可以发生在较低的大气层中,就是这些粒子作用的结果。

电子和带电粒子在大气会产生 O_3 和消灭 O_3 ,而产生的 O_3 量会大于消失的 O_3 量。在这方面一个直接的证据就是:在雷电时,对流层 O_3 含量明显增加。下面的模式就是按照上述的思想提出的。由于问题太复杂,我们给出了定性模式。

在极地上空,由于太阳带电粒子的入射,产生了下列电化学反应。



(6) 式产生 O_3 , 而(7) 式消灭 O_3 . 我们假定由这种方式产生的 O_3 比消失的 O_3 要多. 除了上述反应, 还要加上另一种使 O_3 减少的反应:



再加上南极冬季环流特点, 综合起来, 作者就提出南极 O_3 洞形成的另一种机制. 虽然它只是一种定性的模式, 但却是一个有说服力的模式. 一经在中国科学上英文版发表^[3], 反应十分强烈. 仅不到半年时间, 国外来了数十封信函, 要求寄去论文的复印本. 对于两种南极 O_3 洞形成机制, 当时作者提出了如下的评判.

(1) 如果 O_3 洞的形成成为 CFCs 等人造的化学物质所为, 而 CFCs 的生命周期很长, 约 100 年的量级, 而现实对 CFCs 虽经限制, 但是逐步的, 即仍有生产. 所以大气中 CFCs 等物质仍为明显增加. 因而南极 O_3 洞会愈演愈烈, 十分惊人;

(2) 如果是作者的机制, 则南极 O_3 洞呈现震荡形式, 时深时浅, 与太阳准 11 年的周期活动呈明显的相关. 现在距作者论文的发表十七个年头已经过去了, 观测事实证明, 南极 O_3 洞是为振荡形式, 时深时浅, 平均的南极 O_3 没有明显下降. 看来作者模式占了上风. 这里作者要郑重声明. CFCs 是温室气体, 被禁止使用对遏制全球变暖也是非常有益的.

至此, 读者一定很清楚: 作者认为: 关于平流层 O_3 的形成, 除了 Chapman 的光化学过程作为主过程之外, 还存在着一个亚过程, 即与太阳活动密切相关的由太阳发射的带电粒子流, 会对平流层 O_3 含量作出重要贡献, 特别是包括极区在内的高纬度地区更是如此. 我们称之为 O_3 形成的微粒电化学过程. 但是作者只是给出了一个概念性的模式, 它是粗糙的, 定性的. 因而作者希望能有青年人跟进, 作出精确的定量模式. 果如此, 则他在地球物理, 大气物理科学上, 一定会有新成就. 在大气科学史上, 会留下一点痕迹.

2 地球大气外缘, 类似于彗星, 拖着一条长长的尾巴

地球作为一个有人类居住的星体, 在宇宙空间不停的运行, 那么她的大气的外缘的几何形状——即地球大气与星际空间的界面, 到底是什么样子呢? 这实在是一个有趣的问题, 但关注的人并不是很多. 作者于当年在南京大学作学生的时候, 在 1953 年的春天, 躺在南大校园松软的草坪上, 突然想到以上的问题, 认为地球大气与星际空间一定有一个分界

面, 这个分界面一定会受到光压的影响. 于是光对空间带电粒子的作用, 就一直在作者的脑海里思索着, 经过改变, 改进, 争论, 再改进. 前后经过数十年, 最终形成了光对空间带电粒子的斥力理论, 简称“斥力论”. 其核心部分 1977 年发表在科学通报上, 2004 年出版了专著“斥力论”^[4]. 其最根本的东西, 是建立了光对空间自由带电粒子的斥力(F) 公式

$$F = \frac{4\pi(je)^2}{c^2 m} \int \omega S_\lambda d\lambda \quad (9)$$

e 为元电荷 (绝对单位), J 为粒子的电荷数目, $J = 1, 2, 3 \dots$, S_λ 为波长为 λ 的光辐射强度, ω 为光的角频率, c 为光速, m 为空间带电粒子的质量. 为了这个公式, 作者对光的本质作了两条基本假设, 它们与传统的观念是不相容的. 然后由光的电磁波方程与光子概念相结合, 推导出来. 而作者真正的出发点与落脚点, 是以对客观众多自然现象的观察为基础的. 并确信: “实践是检验真理的唯一标准. 由于人们已经认识到, 在浩瀚的宇宙空间里, 类似于太阳的发光星体, 数量无限; 而在其周围的星际空间, 存在着更加庞大的电离了的气体星云. 因而在宇宙这个尺度上, 此光斥力与万有引力相抗衡, 相互构成对立的统一, 推动着宇宙中的许多重大自然现象发生、变化、发展. 因此, 斥力论在进一步取得实验检验证实之后, 将对物理学、天体物理学、宇宙学乃至应用物理学产生深远影响. 其重要性和意义, 堪与光的量子论相比.

如何证明斥力论是正确的呢? 作者定量地解释了三个重大的自然现象, 以此来加以证明. 这三个现象是: 太阳风的起源; 地球高层 (> 300 公里) 大气能量来源; 原始宇宙线的起源. 而这些现象是过去不能解释的或解释很不完备的, (请参阅文献 [4]). 由于篇幅所限, 作者仅在这里举出太阳风的形成理论.

由间接观测和直接的宇宙火箭的探测, 已经证实, 太阳时时刻刻不停地向四周空间射出粒子流 (等离子体), 形成太阳风. 它在空间有一定的密度分布与速度分布. 在地球轨道附近, 太阳风的速度达每秒几百公里的量级, 密度大约为 10 个/ cm^3 . 这是一个带有原则性的问题, 一直在理论上不能进行完善的解释. 而最知名的理论要算 Parker 的理论了, 但是我们认为他的理论存在着一些基本的困难, 因而最终将站不住脚. 太阳风的观测事实给我们带来的重大问题是: 这些带电粒子 (主要的电子和质子) 受着什么力的作用因而能够克服巨大的太阳引力而飞向星际空间? 把这些粒子加速到几百公里/秒的巨大

速度的物理机制是什么?供给粒子的能量从哪里来?等等.

首先按照光对空自由带电粒子的斥力公式(9)算出光对太阳表面质子的斥力加速度为 $2.99 \times 10^4 \text{ cm/s}^2$;而太阳的引力加速度为 2.73 cm/s^2 . 前者的明显大于后者,因此太阳表面上的等离子大气必然不断地被流出,从而为太阳风的形成,提出了根本性的机制. 为了有定量的结果,按斥力公式,算出了太阳风数密度的空间分布并与实测结果作了比较,如图(1),可见两者相符甚好. 在地球轨道处,理论值为 $\sim 20 \text{ 个/cm}^3$,而实测值为 $\sim 10 \text{ 个/cm}^3$,也甚相符. 同时我们也算出了太阳风的速度的空间分布并

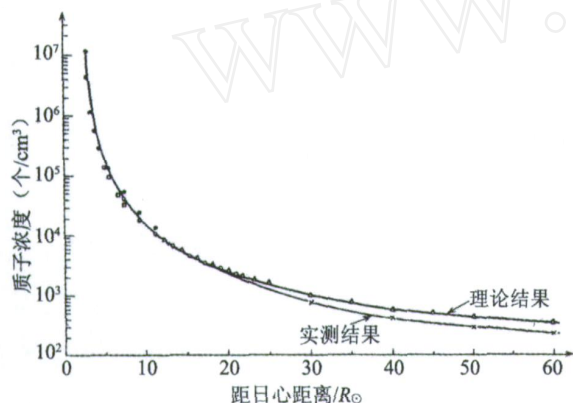


图1 太阳风数密度的空间分布理论与实测结果的比较^[4]

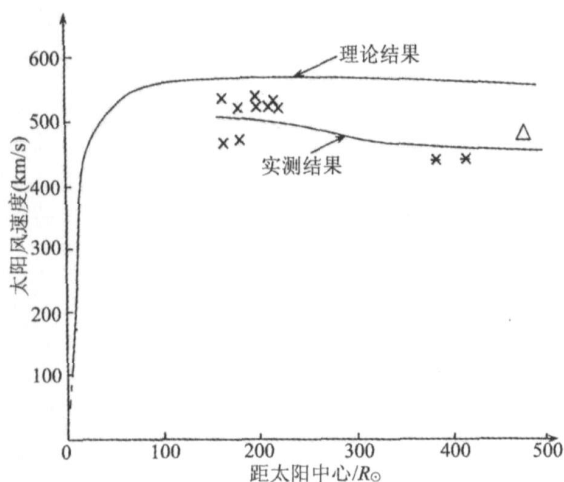


图2 太阳风数速度空间分布理论与实测结果的比较^[4]

与实测结果作了比较,如图(2). 可见两者也是很相符的. 这样我们成功地解释了太阳的起源,就为斥力论提供了一个有力的证据.

现在回到本小节的开头,重温一个作者年青时代的好奇心:地球大气的外缘到底是什么样子呢?

按照斥力论,则地球大气外边缘,并不是对称

的,它应当像彗星一样,拖着一条长长的尾巴,处在夜的一侧,与太阳相对. 这是因为太阳光的单一方向性,必然使得侧面的极高层的外层空间的地球大气(带电粒子)受到光斥力的作用,不能处于平衡,而是趋于地球黑夜一方的极高空,再由膨胀混合等作用,最终在夜的这一面形成了一条长长的尾巴,可长达数十万公里,而在白昼一侧,受到光斥力的压缩,地球外层大气可达高度,必然大大降低,于是就造了两侧的极大的不对称. 那么定量的情况又是怎样呢,我们已经算出,在地球轨道附近,太阳光对“质子——电子”对的斥力加速度为 2.01 cm/s^2 (见文献^[4]). 地球大气所以不逸散出去,最根本的原因是受到地心引力的约束. 众所周知,地心引力加速度为 980 cm/s^2 ,它随着距离的平方而减少,我们认为当地球引力加速度减小到 2.01 cm/s^2 的时候,这时斥力加速度与引力加速度相平衡,地球外层大气就会脱离地球,这就是尾巴的尽头. 这样可以很容易算出:地球大气尾巴的长度大约为 22 个地球半径,即约 14 万多公里. 而白昼一侧由于情况更加复杂,我们只能附合传统的说法,地球大气的外缘大概高约 6~10 个地球半径. 所以我们就有以下的示意图:

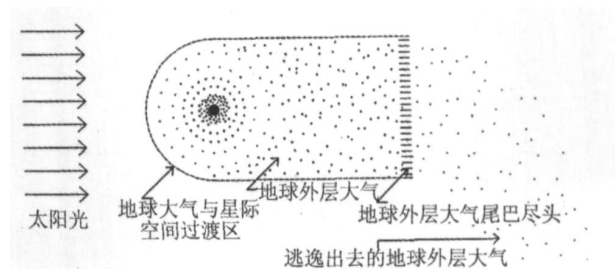


图3 地球大气尾巴示意图

我们以斥力论为基础建立了上述的地球大气尾巴模型. 之后,作者了解到一些空间物理学者,以太阳风与地磁场的交相作用,提出磁层与磁尾的概念. 磁尾长达几百个至上千个地球半径,其中充满了等离子气体. 显然,这也是一种地球大气外缘尾巴概念. 作者不想也没能力来从理论判断,那一种尾巴说法是正确的,但是可以从实验观测上来加以判断. 因为光斥力尾巴比磁尾巴要短 1 到 2 个量级,所以在宇宙探测器,包括宇宙飞船,已经很发达成熟的今天,想作这种观测,是完全可以作得到的. 第一,只在大约 10 万公里的上空,在地球白昼与黑夜两侧取样分析,即可判断出有无尾巴. 第二,在大约 30 万公里的上空,在白昼和黑夜两侧取样分析,即可判断出尾

巴的形成原因. 因为按照斥力论所形成的尾巴到不了这样的高度, 因而两侧均为相同的星际空间物质. 而磁尾形成的尾巴, 两侧的成分一定是不同的. 斥力论还预测在地球刚刚运行过去的地球轨道附近, 可以见到逃逸出去的地球大气等离子体成份, 这种东西, 也可由宇宙探测作出检验. 至此, 我们已经叙述了作者青年时代的关于地球大气外边缘的一些幻想, 逐步而艰难地最终发展出了斥力论. 并由此认定地球类似于彗星, 拖着一条长了的气体尾巴. 这对一些地球物理学界的朋友们, 一定会感到好奇和有趣. 如这个预言被空间探测证实了, 那么它也是对斥力论的一个强有力的支持.

现在作者可以总结一下了. 首先, 作者相信地球两极地域可能有一个 O_3 层形成的微粒电化学过程. 但作者仅仅开了个头, 有待年青人思考跟进, 很可能作出非常有意义的东西. 进而, 作者提出地球大气拖着一条长长的尾巴, 它来自作者的斥力论. 我们

居住的行星, 高层就是带电的气体——等离子体, 而强大的太阳光时刻与之作用, 一定会形成一些精彩的事件. 作者也希望年青的地球物理学工作者、空间物理学工作者, 利用公式 (9) 去试试看, 也许会得到非常有意义的结果. 对于公式 (9) 或“斥力论”, 作者相信, 其在科学上的地位可能与光的量子论相比 (如果斥力论被证实了的话). 如果真的有人利用公式 (9) 作出了有意义的成果, 那么他就为中国人作了一件好事, 作者也会真诚地感谢他.

参 考 文 献 (References):

- [1] 魏鼎文. 地球物理学报, 1962, 11(2): 123 ~ 135.
- [2] Wei Dingwen, Wen Chuanjia. Proc. of the quadrennial international oyone symposium[J]. Boulder, U. S. A, 1980. 340 ~ 346.
- [3] Wei dingwen. SCIENCE IN CHINA (seriesB) [J]. 1991, 34(1).
- [4] 魏鼎文. 斥力论[M]. 中国水利水电出版社, 2004.
- [5] 朱炳海, 等. 气象学词典[m]. 上海: 上海辞书出版社, 1985.