大气科学研究文集

——庆贺黄士松教授执教四十年和七十寿辰专辑——

主编　陆菊中　秦曾灏　陈联寿

南京大学出版社

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com

大气科学研究文集

——庆贺黄士松教授执教四十年和七十寿辰专辑——

主编　陆菊中　秦曾灏　陈联寿

南京大学出版社
1993·南京

China

(苏)新登字第 011 号

内 容 简 介

本文集是为庆贺著名气象学家，南京大学大气科学系名誉系主任黄士松教授执教 40 年和 70 寿辰而编辑的。本文集共选刊 83 篇学术论文和 6 篇预报经验交流，论文的作者绝大部分为黄士松教授的学生们近年来在大气科学领域内的科研成果。其内容共分为十部分，即(一)综合论述；(二)大气动力学；(三)数值试验和数值模拟；(四)短期气候和大尺度环流；(五)天气尺度系统研究；(六)中小尺度系统研究；(七)海温异常和海气相互作用；(八)气候系统和气候变化；(九)大气物理；(十)预报经验交流。

该文集内容涉及面广泛，资料充实，理论联系实际，可供从事大气科学各专业(天气动力学、气象学、气候学、大气物理学)和地理学、海洋学、环境科学等有关科研人员和高等院校师生以及实际工作者参考。

大气科学研究文集
——庆贺黄士松教授执教四十年和七十年寿辰专辑——
主编 陆菊中 秦曾灏 陈联寿

南京大学出版社出版
(南京大学校内 邮政编码:210093)
江苏省新华书店发行
南京有为商务广告印刷有限公司承印
开本 787×1092 1/16 插页 1 印张 53 字数 1323 千
1993 年 11 月第 1 版 1993 年 11 月第 1 次印刷
印数 1—400
ISBN 7—305—02536—4

P·96 定价 40.00 元

China

黄士松教授近影

China

庆贺黄士松教授执教 40 年和 70 寿辰文集编辑委员会

主编:陆菊中　秦曾灏　陈联寿

编委:蒋全荣　倪允琪　伍荣生
余志豪　朱乾根　包澄澜
陆渝蓉　朱永禔　林元弼

F(62.12

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com

前　言

著名气象学家黄士松先生是我国气象学大气环流研究领域的主要开拓者之一，从40年代起，即率先进行大气环流研究。1944年在国际上首次阐明了季风进退的跳跃过程，指出季风环流变化非线性特点。1955年他提出太阳有效辐射强度梯度经向不均匀分布及其时间变化是决定大气环流的最基本因子的论说。副热带高压是大气环流的重要组成部分与我国广大地区的天气气候有着密切的关系，从50年代中至80年代初，他开拓性地研究了副热带高压活动规律，首次指出副高的复杂结构、发展机制、活动特性及其原因，并提出南北半球副高位置强度变化同步性的理论。这期间还对暴雨形成，台风移行提出新的理论分析。进入80年代以后，他主要致力于热带地区大气环流的研究。研究上下层大气联系，提出根据冬春平流圈环流变化特点预报夏季我国梅雨和东北冷害的新途径。研究南北半球环流相互作用影响，提示全球越赤道气流时空变化与作用，两半球低纬度环流系统20—40天振荡的遥相关及其自南向北传播的物理机制，某一环流系统强度短暂变异造成的瞬时强迫可激发起全球性持久的大气振荡。提出东亚夏季风体系结构新论点和模式，首次指出马斯克林高压和索马里越赤道气流的重要性，揭示该季风系统结构变异的特征与成因及同我国南方灾害性气候的关系。研究海气相互作用，首次阐明南、北极海冰异常可影响全球的大气环流和气候，及有关物理机制，提出其影响可与厄尔尼诺事件相比拟的论说。

先生的研究取得累累硕果，曾发表论著60多篇，他的诸多开拓性工作为后辈建立了学术研究的基石和理论发展的圭臬，为此，他曾先后获得国家自然科学奖，国家科技进步奖等国家级及省级奖励10次。

先生又是一位受人尊敬的教育家。新中国诞生不久，他即响应祖国召唤，于1951年回到祖国怀抱，在气象教育园地辛勤耕耘，为新中国培养了第一代气象人才，从1951年至今，他已在南京大学执教四十年，门墙桃李，遍布海内外，有的成为著名学者，教授或业务骨干，有的已在各级气象部门担任领导工作。南大是国内最早设置气象系的高等学府，先生在此先后任副教授、教授、博士生导师，系副主任、主任、名誉主任。他是南京大学自然科学学术委员，南京大学自然灾害研究中心顾问，还兼职空军气象学院教授及南京气象学院名誉教授，他曾担任世界气候研究计划委员会(WCRP)中国气候研究委员会副主任、委员，国际大地测量和地球物理学联盟(IUGG)中国委员会中国大气物理学与气象学委员会委员，中国科学院大气科学数值模拟开放研究实验室学术委员会委员，中国科学院大气物理研究所学术委员会委员、学术顾问委员会委员，国务院学位委员会理学评审组成员，中国科学院地学部学科成员，国家自然科学基金委员会大气科学评审组成员，编制十五年(1986—2000)科技发展规划《教育部地学规划组》成员，国家科学技术委员会气象组成员，中央气象局科学技术委员会委员等。在一些全国气象重点项目中，他是青藏高原气象研究实验顾问组顾问，华南暴雨研究实验的技术指导及热带环流系统和预报研究的学术指导。还担任了中国海洋学会理事，

China

中国气象学会副理事长、名誉理事长，江苏省气象学会副理事长、理事长、名誉理事长，南京市科学技术工作委员会委员，《气象科学》编委会主任，中国大百科全书《大气科学卷》编委会委员。他又是江苏省科学技术学会第二、三届委员会委员，江苏省第三、五、六、七届人民代表大会代表等。

可以说，南大大气科学系成为国内气象学界的执牛耳者，其中融有先生的巨大心血；而当前正在气象学科中弄潮的南大学子们，也都怀着感激之情，众心仰望这位孜孜不倦的先行者。为此，我们编委会十分荣幸地编辑出版这本论文集，值黄先生执教四十年暨七十寿辰之际，呈献给他。集刊论文的作者都是黄老的学生，分布在全国各地从事气象科学工作。现在他们唯愿以各自的研究成果，来铭记学术的渊源，并表达对老师的深深敬意，祝老师健康长寿。

《大气科学研究文集》编委会

一九九三年十月

China

目　　录

前言 …… (i)

(一)综合论述

我国大气臭氧层若干研究及进展…… 魏鼎文(3)
大气 CO_2 研究的综合评述 …… 李兴生、郑　敏、周秀骥(19)
中国科学院大气物理研究所气候模式及模拟研究的进展 …… 袁重光(37)

(二)大气动力学

斜压大气中遥相关的射线理论…… 巢纪平、王晓莉(49)
海洋惯性边界流中非线性 Rossby 波的不稳定 …… 秦曾灏、刘秦玉(62)
耦合赤道 Kelvin 波的不稳定 …… 余志豪、J. A. Young(71)
EKman 动量近似及其动力学问题 …… 谈哲敏、伍荣生(80)
《相当干燥大气》动力学的探讨 …… 王两铭(91)
大地形对 Rossby 孤立波的影响…… 吕克利(99)
海面边界层的风场和厚度…… 徐银梓(109)
热带大气大尺度运动特征的讨论…… 纽学新(119)
地球公转偏向力的研究…… 李锡金(128)

(三)数值试验和数值模拟

热带气旋移动的分析和模拟(二)——热带气旋结构对其移动的影响 ……
…… 朱永禔、李天明(141)
GCM 中东亚春季大气环流对南极海冰面缩小的响应初步分析 …… 林元彪、梁建茵(149)
北极冰短期气候效应的数值试验研究…… 杨修群、谢　倩、黄士松(156)
消除简单模式气候漂移的数值试验 …… 史久恩、胡增臻(166)
地形和热源对冬季大型过程演变和指数循环过程的影响 …… 许有丰、傅晓卫(174)
一个修改的 Betts 对流调整方案和它的初步试验 …… 沈如金、纪立人、张道民(188)
斜压模式中非线性相互作用对振荡过程的影响数值试验研究 …… 彭永清、李志锦(202)
月、季、半年、年际时间尺度全球气候变化的数值模拟……
…… 姜达雍、杨梅玉、刘屹岷、谢晓素(212)

China

七月份大气对热带西太平洋海温异常响应的数值试验 …… 何　元、汤明敏(222)
在低价全球谱模式中月尺度的低频振荡的季节特征和年际变化性 ……
…… 张　勤、林武银、倪允琪(232)
迭代精度对台风移动数值模拟结果的影响…… 罗哲贤、殷　茵、阮　新(241)
ENSO 事件的非线性时序模拟 …… 周琴芳、史久恩(246)
台风半径大小对移动路径影响的数值试验 …… 马镜娴、罗哲贤(254)
谱模式中静力扣除法的计算精度和稳定性试验研究…… 张道民、纪立人、盛　华(259)
气候强迫非线性模式大气的变化性…… 王国民(273)
北极海冰异常对我国降水影响的数值试验 …… 郑维忠、苏炳凯、徐桂玉、林元弼(285)
热带海洋低频模对大气风应力异常的响应…… 张向东(294)

(四)短期气候和大尺度环流

中国降水的年际振荡及其与海气年际振荡的关系 … 陈隆勋、陈　多、沈如桂、张清芬(305)
气候灾害预报的有关问题和展望…… 徐　群(324)
冬季热带与热带外准 40 天周期振荡的传播及其相互联系…… 林春育、徐建军(332)
南海季风低压的统计特征及其降水机制的探讨 …… 梁必骐、刘四臣(343)
亚洲低纬季风区内低层热量和水汽输送与梅雨异常的联系 …… 陆菊中、管兆勇(352)
华南的春季季风…… 杨　震、王静渊、梁暖培(362)
大气环流多年变化的阶段和跳跃…… 林学椿(371)
副热带高压的气候异变和监测 …… 陈兴芳、晁淑懿(381)
东亚 500hpa 月平均位势高度场切比雪夫系数的统计分析 … 陈万隆、袁　靖、陈俊才(390)
低纬风场与江苏梅雨关系的初探 …… 俞炳启、蔡娴茹(400)
江苏省雨期的划分及其西太平洋副热带高压环流特征 …… 程极壮、施丹萍(407)

(五)天气尺度系统研究

超地转低空急流的形成与振荡机制 …… 朱乾根、陆维松(419)
异常台风的成因分析…… 陈联寿(430)
热带气旋的水平结构对其运动的影响…… 胡广兴(442)
不同形势下低空急流的成因探讨 …… 丁治英、吕君宁(455)
南亚高压脊线与广东前汛期暴雨关系的个例分析…… 王静渊(464)
华南暖区暴雨中的中尺度扰动…… 韦统健(473)
台风倒槽内诱生低压云系的概念和诊断模式及其雨量估算 …… 唐章敏、杨琴贤(483)
爆发性发展气旋的诊断分析…… 江敦春(494)
华南急流的一些统计特征 …… 冯树常、林必元、马文玉、吴礼庆(503)
西北太平洋多热带气旋分析…… 王东法、纽学新、潘小凡(510)
出梅后静止锋暴雨的背景场…… 蒋乐贻(519)

China

(六)中小尺度系统研究

梅雨期前暴雨过程的数值试验 …… 党人庆、江敦春(529)
强对流云团对热带气旋暴雨的贡献…… 贺　忠(538)
京津冀地区的　线及其临近预报…… 李鸿洲(545)
华北强对流天气与高空中尺度扰动场…… 蔡则怡(554)
一次梅雨锋降水过程中中α尺度雨带的数值预报试验…… 魏绍远、姜红斌、林锡怀(563)
夏季华南局地强风暴环境场分析 …… 杨平章、邹建良(574)
台风倒槽暴雨中尺度扰动特征的分析…… 李玉兰(581)
华北地区锋区的低层中尺度结构…… 朱翠娟(588)
中β尺度对流云团和中尺度高压…… 范蕙君(596)
历史上罕见的 890916 强龙卷簇过程分析…… 周桂芝、陈佩君、任遵海、朱竟成(607)
珠江三角洲静止锋雹暴多种尺度综合分析 …… 朱锁凤、张建新(617)

(七)海温异常和海气相互作用

海陆涛动与印度季风雨年际变化关系…… 符淙斌(627)
北方涛动与 EL Niño 事件和北半球温带大气环流的关系 …… 陈烈庭(638)
赤道东太平洋海温与北太平洋主要洋流区的海气相互作用 ……
…… 许乃猷、徐启春、毛天松(647)
黑潮对气旋爆发性增强的作用 …… 韦定英、解思梅、包澄澜、青木孝(655)
1982—1983 年厄尼诺事件及其与亚洲季风环流的关系 …… 沈如桂、冯志强、张　青(665)
1982—1983 年夏季全球热带和副热带 200hPa、850hPa 平均辐散环流的初步分析……
…… 阮均石(676)
1986—1987 年厄尔尼诺事件的气候特征分析 …… 桂新蓉、郭锦钊、郑正友(683)
海表面热量输送异常与长江流域旱涝 …… 苏炳凯、徐桂玉、郑维忠、符淙斌(691)
太平洋海温与北方涛动和南方涛动相关的季节变化的对比分析…… 金祖辉(701)
EL Niño 年和反 EL Niño 年北太平洋中纬地区海气热交换特征的比较 ……
…… 蒋全荣、闫冠华(711)
北太平洋海温季节变化特征及其海气相互关联…… 沙文钰、蒋全荣、蔡剑平(716)
涌浪传播计算方法…… 钱志春(724)

(八)气候和气候变化

历史上一次持续性大旱引起的巨大社会影响 …… 盛承禹、蒋顺余(733)
西太平洋副热带高压对我国水份气候及旱涝的影响…… 陆渝蓉、高国栋、翟盘茂(739)
青藏高原地面辐射特征研究…… 翁笃鸣(749)
一百多年来北半球平均气温变化的统计特征 …… 屠其璞、莫振光(757)
天文辐射不均匀加热场对全新世降水量长年变化的影响…… 傅逸贤(764)

China

(九)大气物理

通量—梯度法测量气溶胶粒子及二氧化硫的干沉降速度 …… 洪钟祥、邹有所(777)
高原及其东部地区上空的大气特征分析…… 欧阳首承、肖天贵、朱克云等(786)
多卜勒天气雷达径向速度资料方位谱分析…… 顾松山(792)
一种新的干燥度划分方法 …… 陈志鹏、卞建波(801)

(十)预报经验交流

多层递阶方法在汛期预报中的应用 …… 吕玉芳、向元珍(811)
热带气旋路径业务预报系统(STFS)…… 吴天泉、薛宗元(819)
厄尔尼诺年和反厄尔尼诺年与江苏天气…… 曾九芳(824)
短时预报工作站使用体会…… 张家澄(826)
省市结合的气候资料自动化处理与服务系统 …… 张忠兵、孙锦铨、吴　峻、陈　静(829)
六月西太平洋副热带高压特征量的 R 型因子分析 …… 曹长明(834)

编后记…… (838)

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com

(一) 综 合 论 述

China

我国大气臭氧层若干研究及进展

魏鼎文
(中国科学院大气物理研究所)

摘　要

本文是一篇有限范围内的非全面性的综合评述．首先简单地回顾了建国 40 年以来我国在大气臭氧层研究方面所取得的某些进展；着重就已取得的两个被国际上公认的具有较高水平的成就作了比较详细的介绍。然后对目前全球所注目的南极 O_3 层空洞形成以及对他的未来演变趋势介绍了我们的观点．

一、引　　言

由于在 80 年代中期发现了南极 O_3 层空洞，人类赖以生存的环境空间面临着严重挑战．因而大气臭氧层问题，受到国际上众多科学家乃至政界领导人的极大关注．

我国对大气臭氧层的观测研究起步较晚，和世界先进水平相比还有一定的差距．但是在本领域内的某些问题上，我国科学家也作出过重要的贡献．首先应当提出的是：我国著名科学家严济慈教授[1]在 30 年代初期测量的对紫外线的臭氧吸收系数，在国际上作为标准值一直通用到 60 年代初期，整整用了 30 多年，对于臭氧层的研究发展起了重要影响。

新中国成立以后，在 50 年代后期我们开始 O_3 层的研究，特别是探测理论方面．于 60 年代初期，在北京正式开始建站观测，直至文化大革命开始被迫中断．但在 1979 年前后我们又在北京（香河）和昆明（与云南大学合作）两地，用标准仪器——Dobson No.75 与 No.3 建站观测，连续至今．同时开展了数据的统计模式分析研究和理论研究，它们涉及到：大气臭氧垂直分布的地面遥测的理论和方法，中国和全球大气 O_3 总量的长期演变趋势，O_3 垂直剖面的长期演变趋势，大气 O_3 的变化与大气环流相关分析等一系列工作．但由于篇幅所限，仅就被国际上公认的两个具有较高水平的成果作较为具体的介绍．此外，对目前我们正在进行的关于南极 O_3 层空洞问题的研究结果也扼要地加以介绍．

China

二、关于大气臭氧及一般大气遥感中的几个重要发现

Götz 等[2] 在 1934 年首次用他所发现的逆转曲线（Umkehr Curve）建立了地面遥测大气臭氧层垂直分布的逆转方法，它已经历了一系列的发展，目前逆转方法仍然是获得臭氧层垂直分布信息的重要方法之一。

使人们感兴趣的另一个重要问题是：近代发展起来的被动大气遥感（包括空对地面的卫星大气遥感及地对空大气遥感），它们所面对的一些基本问题与逆转方法是相似的，这主要是由于两者所用的基本方程（即遥感方程）都是属于第一类 Fredholm 积分方程[3]。由于逆转原理和方法的研究起步较早，所以如下所述，在大气遥感中的某些重要现象是由逆转的研究首先发现的。

地面遥感大气臭氧垂直分布的逆转方法的基本方程为

$$I = K\ (1+\cos^2 z) \int_0^\infty \rho_h 10^{-\alpha s_h} 10^{-\beta y_h}\, dh \qquad (1)$$

式中 I 为地面接收到的单色紫外（位于臭氧吸收带上）天顶散射光强度，K 为一常量，z 为太阳天顶角，ρ_h 为大气密度，α 为臭氧吸收系数（是波长的函数），S_h 为散射点前后光线所经过的臭氧总厚度，由此可见臭氧垂直分布不同，则 S_h 亦不同，因此所测量出的 I 和臭氧分布之间就发生了关系。β 为散射系数（为波长函数），y_h 为散射点前后光线所通过的大气质量。为了避免作绝对测量以及部分消除大颗粒散射影响和某些常数，通常测量两个波长的强度比，即 $\log\frac{I}{I'}$（I' 为臭氧弱吸收带上的单色光强）。用 Dobson 仪器测量的结果表明：即 $\log\frac{I}{I'}$ 首先随 z 的增大而减少，但到了大约 85 度以后，则随着 z 的增大面增大，这就是逆转曲线的来源。Götz 对此现象给予理论解释，并与臭氧层的分布建立了联系，首次提出了地面遥感大气臭氧垂直分布逆转方法，这在臭氧研究史上是一项重大成就。但自那以后，人们并没有对逆转曲线形成的物理过程作更详细的分析。直到 60 年代初，魏鼎文[4] 从理论上详尽的分析了信息量 I（C 波长组中的短波）的空间和时间的变化，对该现象的物理本质有了更充分的了解，获得了以下几个重要发现。

（1）从理论上证明了信息量 I 的有效散射高度是跳跃上升的。即对任何 z，在某个区域内都不是有效效射层。换言之，信息量区域（权重函数）的半宽度很宽，因此测量到的 $\log\frac{I}{I'}$（I' 为 C 波长组中的长波）对那一区域的臭氧分布变化的依赖是很不灵敏的，因此作者那时已清楚地指出：由逆转曲线所提供的有关臭氧层的垂直分布的信息量是有限制的。假如一味追求精细结构而把大气分层太多，那么未知数的数目将大于可能建立的独立方程式的数目，因而方程组的解是不唯一的。后来 Mateer[5,6] 进一步指出：逆转曲线至多只能给出 4 个独立的有关臭氧垂直分布的信息量，因而也证实了我们的结果。这一事实清楚地表明：我们首先发现了大气遥感方程解可能是不唯一的。

（2）小的观测误差，可以引导出极不相同的臭氧垂直分布，即方程的解是不稳定的。

（3）证明了逆转方法 B[7] 的解的不唯一性，而予以推翻。这一方法在当时由国际地球物理年臭氧委员会向全球推荐的一个标准方法，当时曾有着广泛的应用。

China

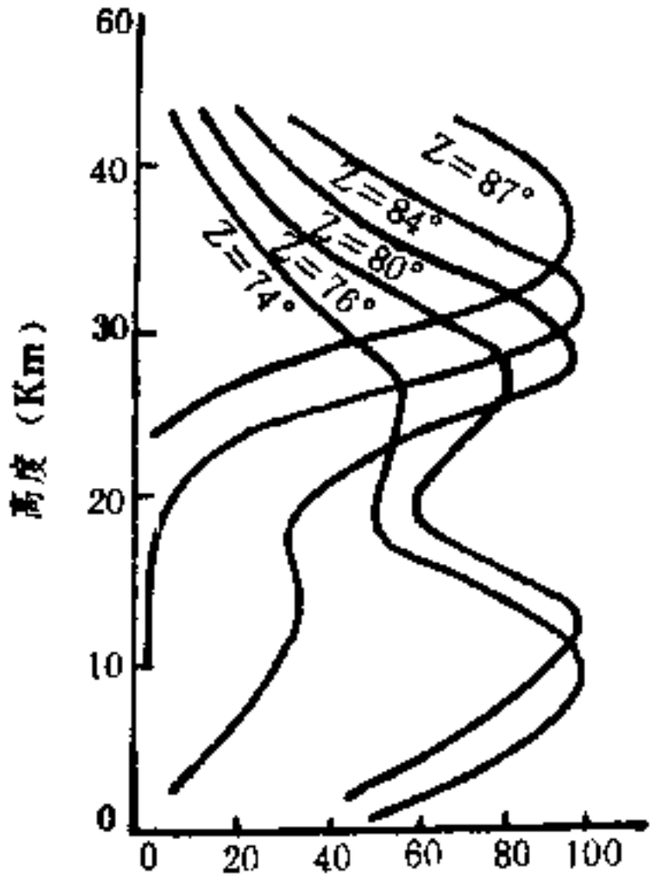

图 1　对不同太阳天顶角，$\triangle I_h / \triangle I_m$ 随高度的变化[4]

$\triangle I_h$ 为来自 h 高度上的光强，$\triangle I_m$ 为其中最大者

由以上三个重要的发现清楚地表明了近代发展起来的大气遥感中两个基本问题：大气遥感方程解的不稳定性和不唯一性是在我们研究遥感大气臭氧垂直分布的逆转效应过程中被首先揭示出来的[3]。它的重要性还在于：提醒人们在设计新的逆转方法时，必须用新的概念或技术或设立一些限制条件以克服这两个问题。对其他大气遥感问题同样是如此。

此外，在作者 1962 年的工作中还有一个非常重要结果：即给出了信息量 I 的空间和时间规范化了的分布曲线（图 1）。这类曲线在现代大气遥感中一般被称之为权重函数或源函数或核函数。众所周知，这类曲线在大气遥感中，在讨论遥感方程解的稳定性和唯一性、通道的选择、通道的数目等方面是极为重要和不可缺少的。因此，在任何一篇重要的大气遥感论文中均可以发现它们。图 1 则是第 1 个出现在世界文献中的这类曲线，并用来讨论上述问题。

以上的发现，已被后来的研究一再证实。因而事实表明：在这些 O_3 和其他大气遥感（被动）中，几个带有基本性的问题上，我们的研究结果，当时在世界上是开创性的。顺便指出，本工作获 1978 年全国科学大会颁发的重大科学成果奖。

三、逆转方法〈C〉的建立及其应用

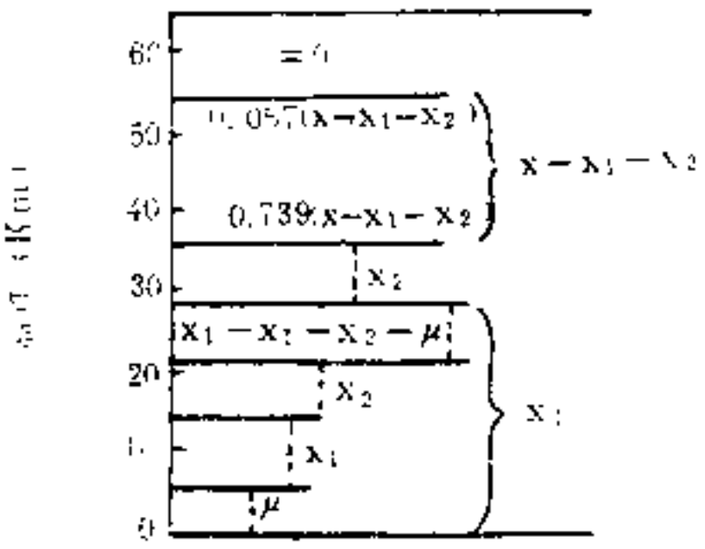

图 2　在逆转方法〈C〉中大气臭氧层的分层[7]

在 1962 年的工作之后，作者又设计了逆转方法〈C〉[8]。在这个方法中与同时期的 Mateer 的结果[5] 有些巧合。对一条逆转曲线我们总共用了 4 个独立变数（x_1，x_2，x_1'，x_2'），如图 2 所示（这里臭氧总量的观测给出了另一个独立的信息）。从信息量的分析中知道在 $z>88°$ 以后，测量出的 $\log\frac{I}{I'}$ 与 28KM 以下的臭氧总量分布特征无关。因此，可以首先利用 $z=88°$ 和 $z=90°$ 解出下列两个方程

$$\left(\frac{I}{I'}\right)_{88} = f_1\ (x_1,\ x_2) \qquad (2)$$

$$\left(\frac{I}{I'}\right)_{90} = f_2\ (x_1,\ x_2) \qquad (3)$$

China

在获得 x_1 与 x_2 之后，则求出另外两个方程的数值解：

$$(\frac{I}{I'})_{78} = f_3\ (x'_1,\ x'_2) \tag{4}$$

$$(\frac{I}{I'})_{83} = f_4\ (x'_1,\ x'_2) \tag{5}$$

这样就由地面遥感得出了大气臭氧的垂直分布。在这里我们可以看出一个特点，即它和另外的一些逆转反演方法不同，例如 Dcluisi 等人的方法[9]。本反演技术不需要预先设立 36KM 以下的标准的臭氧垂直分布作为限制，因此它具有更好的客观性。在北京和昆明两站经过多年的应用，证明其性能是稳定的。

从 1979 至 1986 年在北京共观测了 114 条逆转曲线，用〈C〉法计算结果如表 1。从中可清楚地看出：对春夏两季大约有 60%的机会臭氧会在对流层内出现第二个极值，可见这是一个不可忽视的重要现象。并且具有明显的季节变化，即秋季出现第二极值的机会最小。

表 1　不同季节臭氧垂直分布第二极值出现的百分比

季　节	春	夏	秋	冬
观测总数(*N*)	30	31	52	1
具有第二最大观测数(*M*)	19	20	19	1
M / *N*	63%	64%	36%	

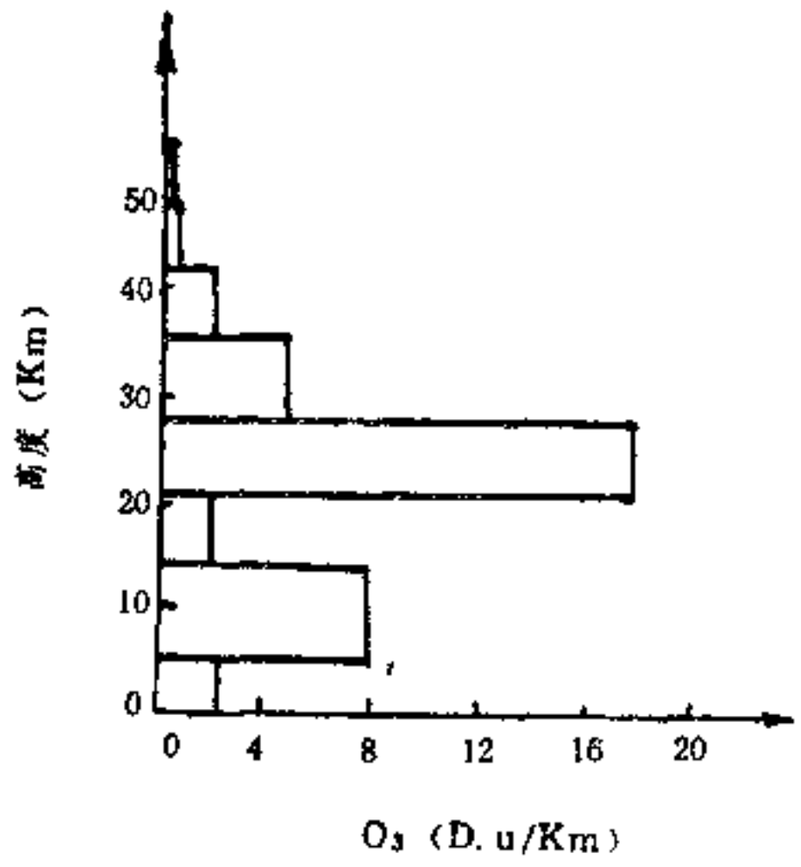

图 3　1985 年 3 月 21 日北京地区的臭氧垂直分布

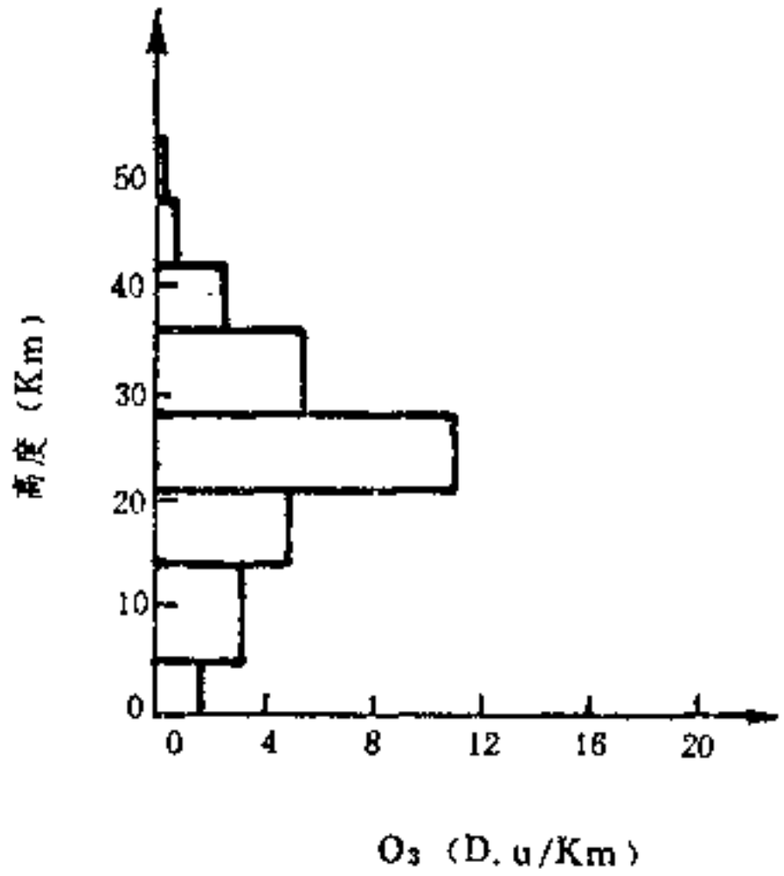

图 4　1986 年 9 月 18 日北京地区的臭氧垂直分布

图 3 与图 4 分别表示北京地区春季和秋季的两个典型分布结果．在图 3 中，第二极值出现在 5—14KM 区域内，其数值几乎达到第一极值的一半．图 4 是大家所熟悉的典型的臭氧垂直分布，单一的主体最大位于 21—28KM 区域内．

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com