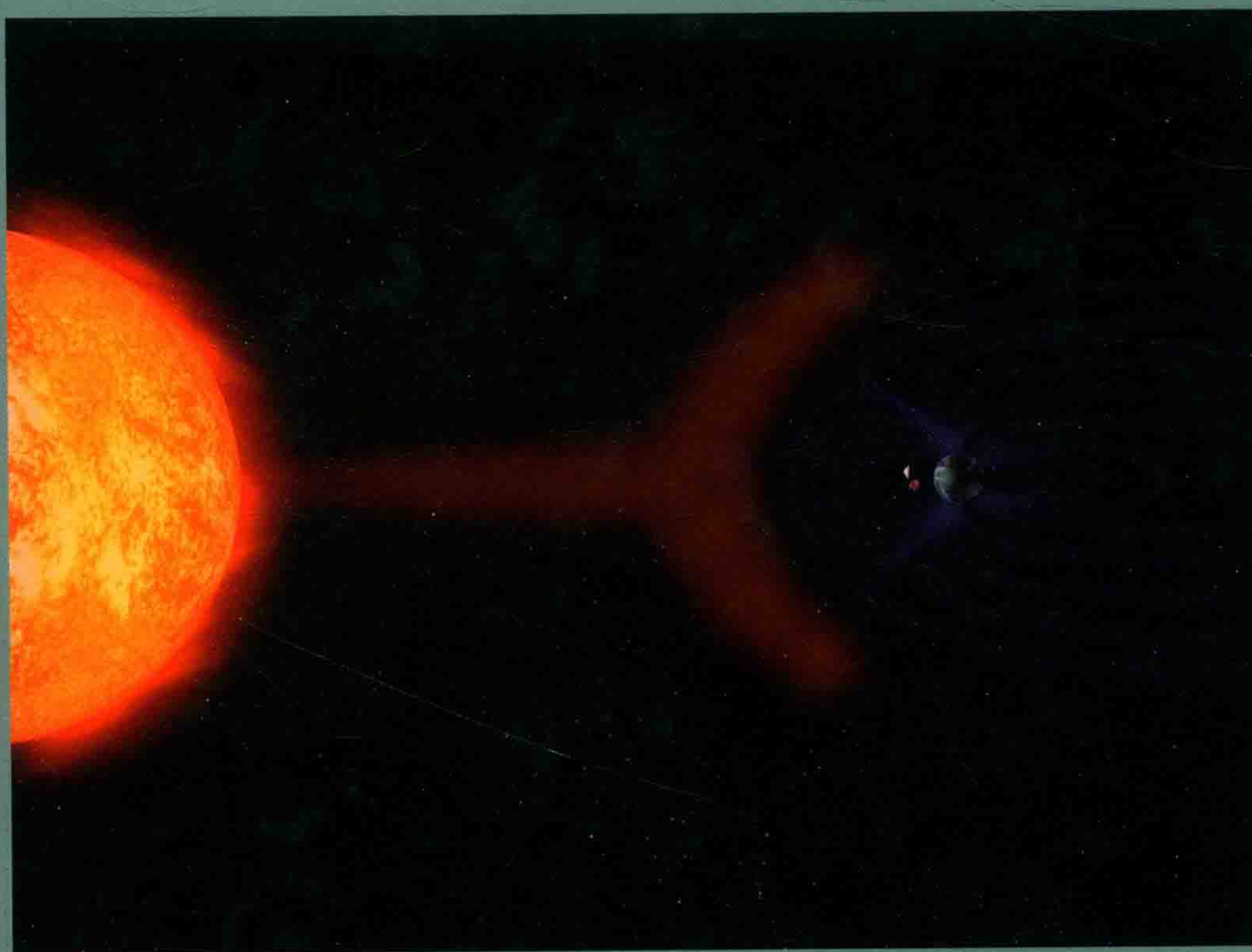


Solar Activity Observation and Prediction

# 太阳活动与太阳活动预报

王家龙 著



科学出版社



Solar Activity Observation and Prediction

# 太阳活动与太阳活动预报

王家龙 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

太阳活动是引起地球环境变化和扰动的主要自然源,对于日地物理研究与空间开发应用至关重要。本书共四篇,内容包括太阳活动及其观测性质、太阳活动对地球环境的影响、太阳活动中长期预报、太阳活动短期预报及预警。太阳活动篇主要包括使用光学、射电和 X 射线等波段的观测数据对于爆发型太阳活动,如太阳耀斑、爆发日珥和日冕物质抛射等现象的研究;也包括缓变型太阳活动,如针对冕洞、太阳总辐射通量和太阳黑子数的讨论。太阳活动对地球环境的影响主要研究了爆发性太阳活动引起的高能粒子事件和地磁暴。太阳活动预报与警报不仅包括对于太阳黑子、质子事件以及太阳耀斑的预报研究,还包括各种预报方法研究。

本书适合于太阳物理、日地物理、空间物理与空间天气等专业领域的研究生、教师与科研人员在开展相关学习、研究和应用时参阅,关于太阳活动的预报方法也可供其它行业数据分析预报参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

太阳活动与太阳活动预报/王家龙著. —北京:科学出版社, 2017

ISBN 978-7-03-052035-7

I. ①太… II. ①王… III. ①太阳活动-预报 IV. ①P182.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 047555 号

责任编辑:鲁永芳 刘凤娟/责任校对:邹慧卿  
责任印制:张 伟/封面设计:铭轩堂

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>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2017 年 4 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017 年 4 月第一次印刷 印张:21 插页:4

字数:500 000

定价:168.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



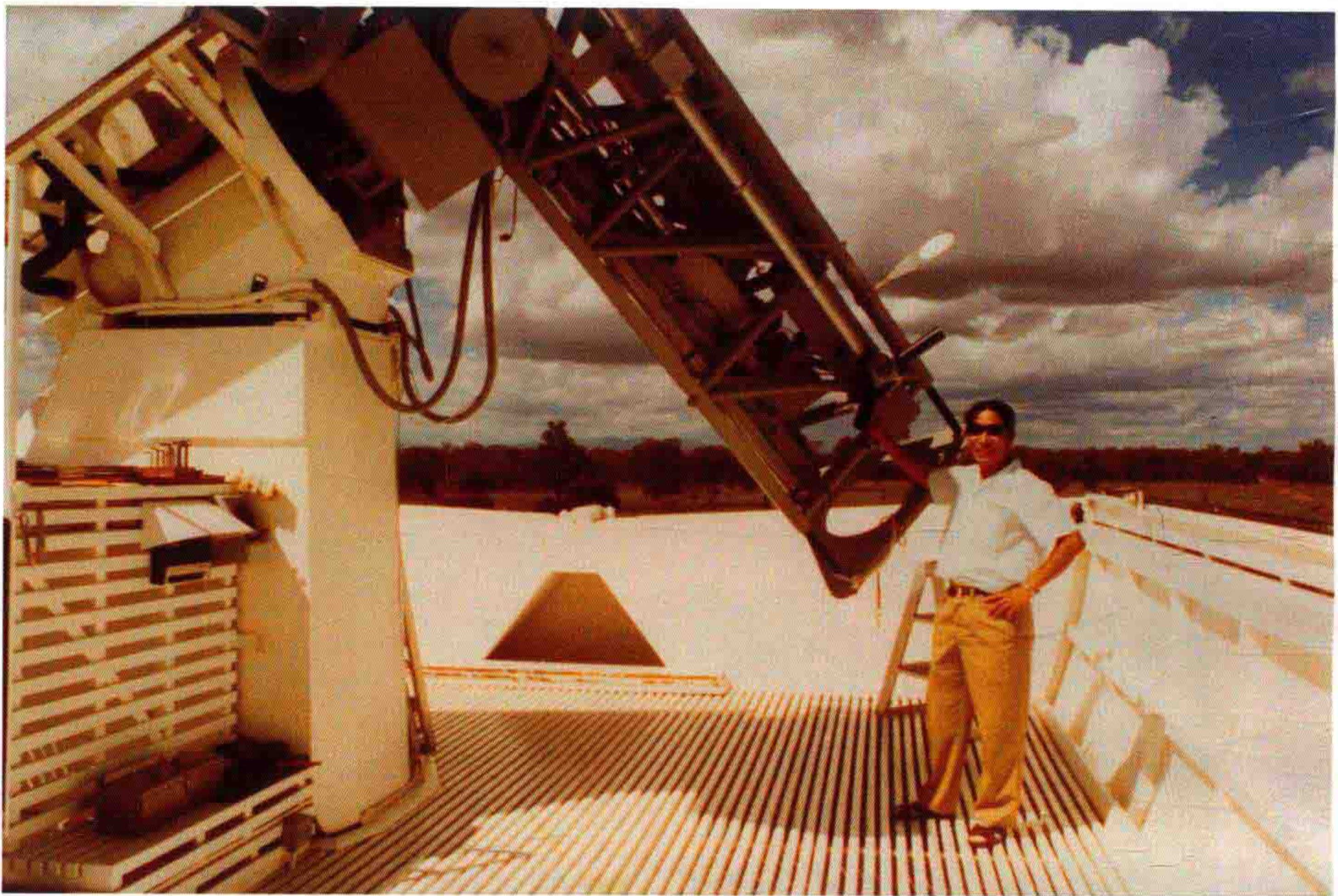


夜以继日的伏案工作

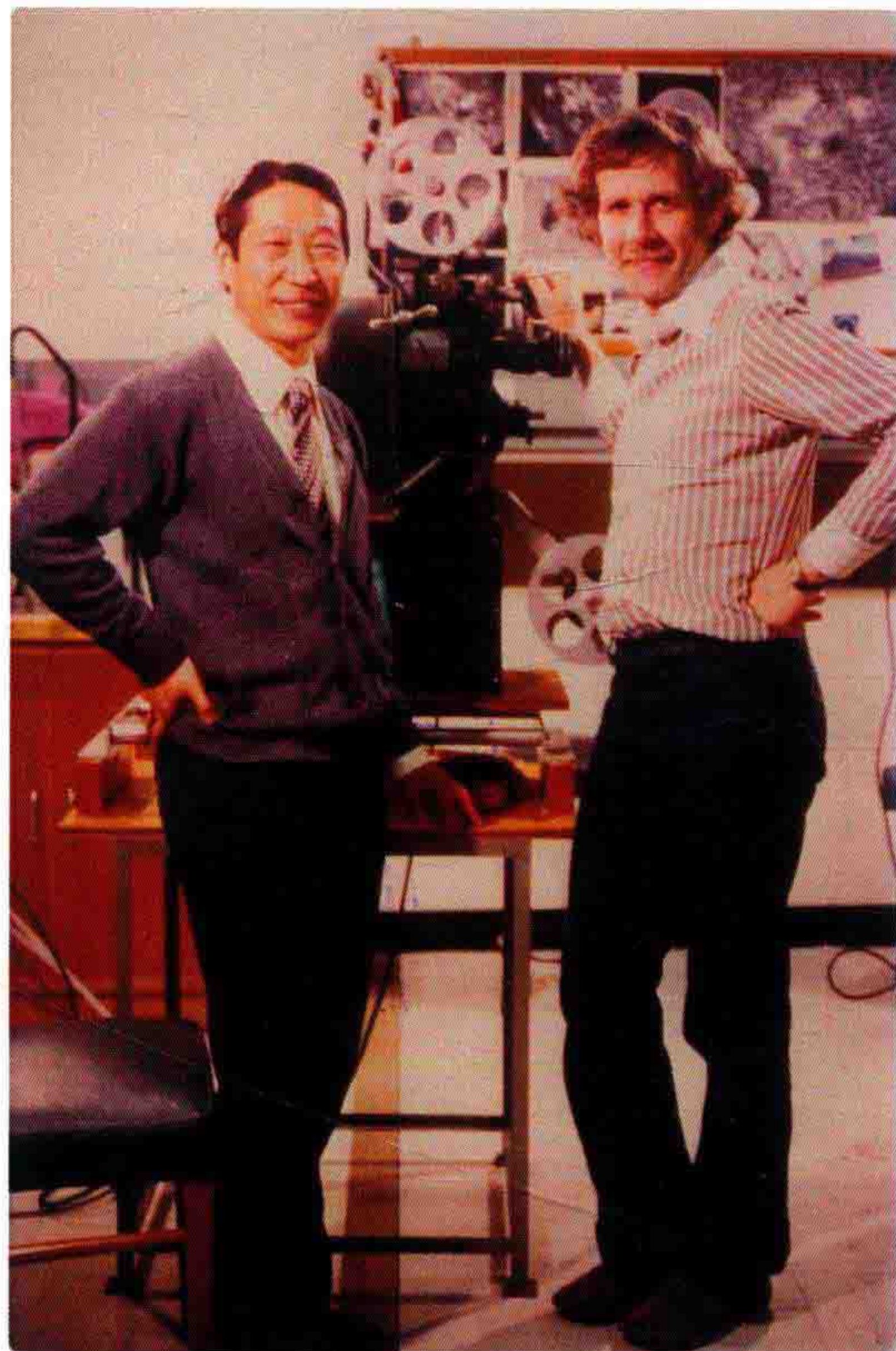


做事件剖析研究





1982年初在澳大利亚 Culgoora 观测站 30cm 色球望远镜旁

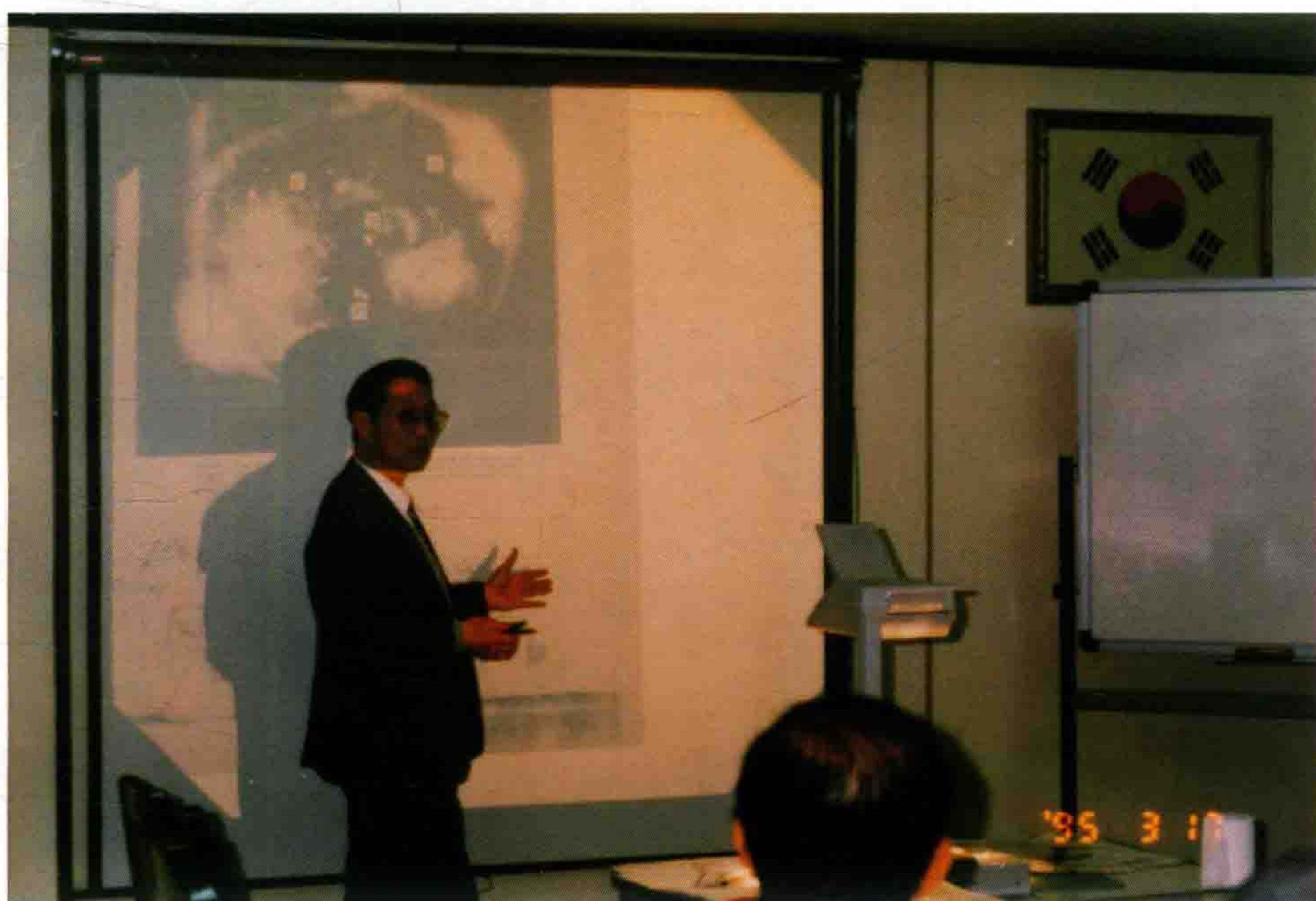


1981年9月在澳大利亚悉尼实验室





与日本信息通信研究机构丸山研究员

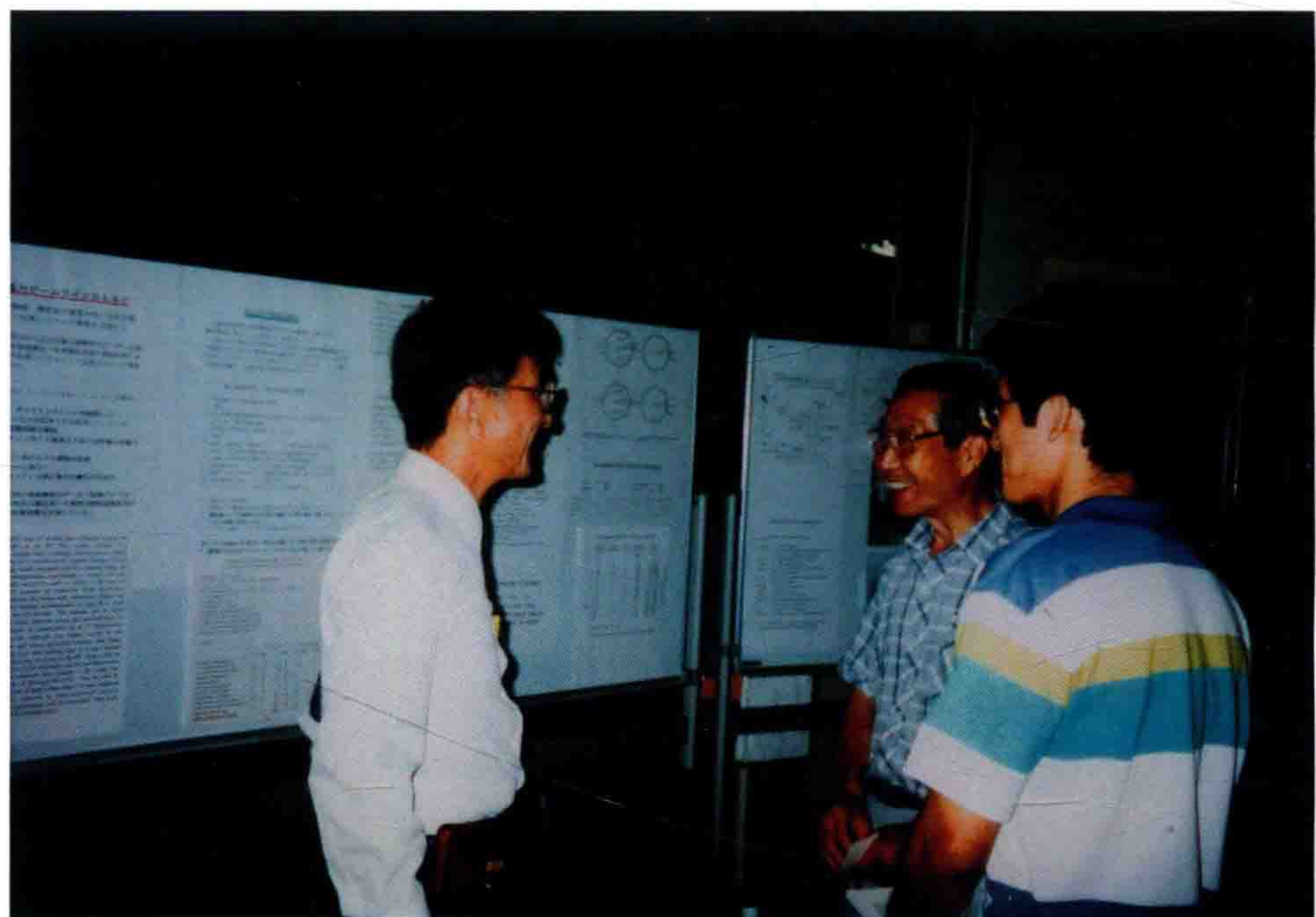


在汉城大学做学术报告





1993年12月与汉城大学尹鸿值教授



在日本参加国际会议





1992年5月参加加拿大渥太华STP会



1996年1月日本日立市参加STP Conference与Gravy Heckman





1989年10月在列宁格勒与大学生们合影



1993年12月在学生马冠一博士论文答辩会上(从左至右:北京大学陈仲生教授、肖佐教授, 国家天文台王绶琯院士、马冠一、王家龙研究员、韩文焯研究员、李竞研究员)





与核物理学家何泽慧院士



参观西藏大学



$$1 \text{ 平方度} = (1.214 \times 10^4 \text{ km})^2$$

$$= 1.474 \times 10^8 \text{ km}^2$$

$$= 147.4 \times 10^6 \text{ km}^2$$

1平方度 =

$$3282.7974$$

$$= 10^2$$

$$= 48.4412 \times 10^{10} \text{ km}^2$$

$$2.1 \text{ 平方度} = 2.1 \times (1.214 \times 10^4)^2 \text{ km}^2$$

$$1.214 \times 1.214 \times 10^8 = 3.095 \times 10^8$$

$$20626.42338$$

1 millianth =  $3.04 \times 10^6 \text{ km}^2$

$$= 3.04 \times 10^6 \text{ km}^2 = 2\pi \times 57.2957 \times 57.2957$$

$$= 2\pi \times 3282.797238 \text{ km}^2$$

$$10^6 = 147.4 \times 10^6$$

$$1 \text{ millianth} = \frac{2\pi r^2}{10^6} = \frac{2\pi \times 6.95997^2 \times 10^{10} \text{ km}^2}{10^6}$$

$$= 304.3649 \times 10^{10} / 10^6 = 3.04 \times 10^6 \text{ km}^2$$

$$1 \text{ 平方度} = (1.214 \times 10^4 \text{ km})^2 = 1.474 \times 10^8 \text{ km}^2$$

$$\approx 1.5 \times 10^8 \text{ km}^2$$

$$2 \text{ 平方度} = 300 \times 10^6 \text{ km}^2$$

$$1 \text{ millianth} = 3.04 \times 10^6 \text{ km}^2$$

$$1 \text{ 平方度} = 48.5 \text{ millions} = 48.5 \times 10^6 \times \text{太阳球表面积}$$

$$8 \times \frac{1}{2} \times 1-100 \text{ \AA} \quad 0.124-12.4 \text{ keV}$$

$$702 \times \frac{1}{2} \times 0.0025 \text{ \AA} - 1 \text{ \AA} \quad 12.4 - 500 \text{ keV}$$

工作手迹



# 序 言

王家龙先生 1935 年 9 月 4 日出生在北京的知识分子家庭，他的父亲原是邮政管理总局的高级职员，后因病失业。王家龙先生最初就读北京孔德学校小学部，后因家庭贫困转读北池子小学。初中考入孔德学校，高中就读现北京 65 中。他中学品学兼优，11 个学期的考试第一名，获免交学杂费的奖励。1956 年，他考入北京大学物理系，1962 年从该校地球物理系天体物理专业毕业。后一直在中国科学院北京天文台（现为国家天文台）工作。王家龙先生长期从事太阳活动的观测、研究和太阳活动预报工作。1992 年晋升为研究员，享受政府特殊津贴。在国内外发表学术论文二百多篇。筹建了中国科学院北京天文台太阳活动预报中心并任首届主任。是中科院日地物理预报中心筹建人之一，曾任主持常务工作的副主任、国际日地预报组织（IUWDS）北京区域预报中心副主任、《中国太阳与地球物理数据》期刊主编、中国空间科学学会理事、空间物理专业委员会委员、空间科学学报编委等职务。主持召开了我国第一、二、三届日地预报学术研讨会。

王家龙先生长期从事太阳色球观测研究和太阳活动预报研究。早在 20 世纪 80 年代初就率先把光学观测数据与射电观测数据相结合分析“太阳边缘事件”，与澳大利亚太阳物理学家 R. E. Loughhead 合作对高分辨率太阳色球观测数据进行系列研究，提出了重建太阳大气中耀斑和日冕环状结构三维形状的方法，并在国际刊物发表了系列研究论文，被法、日、澳、苏（俄）及中国学者等国内外学者广泛引用。在太阳活动预报方法研究中有独到之处，提出了有关太阳活动周、太阳耀斑和太阳质子事件等多种预报方法。尤其是在 1999 年提出了“相似周”的概念，并且用于第 23 太阳活动周的月太阳黑子数预报。在 2009 年使用“相似周”方法，利用月均平滑太阳黑子数的观测数据，预测了第 24 太阳活动周的开始和极大值及其出现时间。太阳活动周的“相似周”预报方法得到国内外学者的认同，目前国内依然有多家空间天气预报业务部门采用该方法进行太阳活动周预报。他首次提出用神经网络方法作太阳质子事件警报，预报的报准率甚至大于 85%。他还长期参与我国航天工程空间环境安全保障服务工作，在建立和完善我国载人航天工程空间环境安全保障服务系统的工作中做出了重要贡献。

王家龙先生在“十五”期间为 863—703 主题工作作出了特殊贡献并获奖。为国家天文台获“载人航天工程空间环境进步”一等奖（2004 年）。曾获全国科技大会集体一等奖、中国科学院科技进步奖一等奖（1990）和国家三等奖（1992）、中科院自然科学奖三等奖（1990）等。曾在澳大利亚联邦科工组织的应用物理研究所 Culgoora 天文台做访问学者，获该所奖状。首开了中国与韩国太阳合作研究，推动了中国预报中心与美国、日本、澳大利亚预报中心的合作关系。参加了总参气象水文局主办的军事空间天气学的编写与讨论（太阳部分）。



主要著述有《宁静太阳》(合译)、《太阳耀斑》(合著)、《我们的太阳》、《太阳风暴》(合著)等。曾在北京大学、中国科技大学研究生院讲授太阳活动预报,在北京师范大学讲授太阳物理课程。

1956年,向科学进军的号角吹响了,我和王家龙有幸考入北京大学物理系,从此开始了我们六年不寻常的同窗生活。那是一个风风火火的革命年代。入学第二年就是反右斗争,紧接着是大跃进、红专辩论、兴无灭资向党交心和教育革命运动。教授们一个个被赶下了讲堂,同学们自学、自教、自编教材。我们也被提前在第三学年初分配到地球物理系应用地球物理专业学习。1959年初,全班20名同学随同地质部地球物理探矿研究所奔赴云南个旧,去开创教学、科研和生产三结合的实验基地。我们全班男同学住在308地质大队的一个仓库里。每天早出晚归,或攀越在崇山峻岭,进行大地测绘;或深入地下几百米的废旧矿道,手提矿灯,头戴矿帽,采集岩石标本。这段生活虽然艰辛,甚至存在生命危险,但同学们一个个都斗志昂扬,兴致勃勃。同甘共苦的生活锻造了同学间深厚的友情。1960年苏联宇航员加加林上天,我们全班又被转入刚刚创立的天体物理专业学习。我同家龙兄同住一个宿舍,直至毕业,从此接触渐多。此时三年全国性饥荒开始蔓延到京城,很多同学都患上了浮肿病,其中也包括了。我。饥荒让人变得稍为清醒,与天斗、与地斗、与人斗的癫狂稍许降了点温。节假日我和家龙兄等几位稍亲近的同学也得暇结伴在香山、卧佛寺一带山野乡间漫游,不时还采食一些山间地头的野生酸枣,以稍填困难时期食物短缺的辘辘饥肠。初冬的太阳晒得人暖洋洋的,我们完全陶醉在山色乡景之中,忘却了一切人世间的荣辱是非。一晃50多年过去了,这昔日美好时光仍记忆犹新,温暖着我们的心,仿佛这一切就发生在昨天。

家龙兄是一个地道的老北京人,待人热情而有礼貌,尊重人,尊重朋友和朋友的家人及长辈,“您”字不离嘴。他为人谦和,最看不惯的是那些骄横无礼和不尊重父母及长辈的人,与这些人不会有过深的交往。在他重病期间,得知我大哥也得了肺癌,他竟不顾自身的病痛,反倒安慰起我来了。每次与他通电话,总是关心我大哥的病情,问这问那,并传授他自己与病魔斗争的经验。此时他表现的对待生死的豁达和勇气,对朋友的真诚关爱之情实令人感动。他年长我几岁,退休也早,看病用药开销大,我们几个老同学多次表示要在经济上帮点忙,但他和他的家人总是以目前尚可支撑为由,婉言予以谢绝,始终不肯让我们略尽绵薄之力。于他固然让人敬重,但于我们则是终身的遗憾。我们未能帮上任何的忙,倒是他大儿子王凯逢年过节都要发电子邮件、短信来问候。俗云,久病床前无孝子,但在他重病的几年里,都能得到家人悉心的照顾。一家人和和睦睦,说明他治家有方,验证了言教不如身教的古朴真理。我常感叹:有儿如此,夫复何求!

家龙兄是一个严肃认真的人,不苟言笑。做人是如此,对工作、做研究更是如此。对工作总是一丝不苟,尽心尽力,容不得一点瑕疵。从不做表面文章,摆花架子。学术研究不追求时髦,不夸夸其谈,只求真知灼识,追求异常地执着和坚定。他的兴趣并不广泛,工作和研究是他一生的追求。退休后,并没有停止他的脚步,仍常与空间中心的人讨论工作和科研。摘录网上某人的一段回忆:“我说我看过您的《我们的太阳》,他笑了。这么大年纪的人,还站在科研第一线,真不容易!有时候,我在想做研究的人就应该将一辈子的时间和精力都放到科学中去;不断地学习,不断地产出。看着老王,仿佛看到过去一个时代科学家的背影!”



这本文集可说是家龙兄一生工作和追求的真实写照，也寄托了家人和朋友的思念。可以告慰的是如今他追求的事业已获得了蓬勃的发展，后继有人。希望这本文集对同仁们的研究也能有参考借鉴的价值。他的家人嘱我为文集作序。大学毕业后我与家龙兄不在一个单位，研究领域相差又甚远，自知才疏学浅，无力承担，但亡友家人之托，不可推辞。幸得我和家龙兄生前的故人好友鼎力相助，方能不负他家人的嘱托，写下这篇短文，记述家龙兄的为人，工作和从事研究的点点滴滴，以及他工作和学术研究的成就和贡献，权作文集的序。其中科学方面的内容大多出自方成先生、苏洪钧先生、王华宁先生和戴幸华先生之手。在此，我谨代表家龙兄的家人对所有协助文集编撰和出版的朋友们致以诚挚的感谢！

熊大闰

2016年10月16日



# 目 录

## 序言

### 第一篇 太阳活动

1. 太阳的连续微粒辐射——太阳风 ..... 3
2. 1980年7月23日3B级双带耀斑 ..... 10
3. White light and monochromatic observations of the corona during the 1980 February 16 eclipse. I. The quiet parts ..... 16
4. A combined optical and radio study of the solar ejection of 1982 January 22 ..... 23
5. 耀斑日珥中扭紧磁力线的松转 ..... 28
6. X-ray, H-alpha and radio observational study of the 4N/X2.3 flare of 1981 April 1 ..... 36
7. The energy release in a twisted flare prominence ..... 43
8. An Observational Study of the 2b/X2.8 Flare of 30 March, 1982 in Optical, Radio, and X-Ray Ranges ..... 50
9. 1986年2月太阳的高活动I活动区4711的演化和特征 ..... 63
10. Two Eruptive Prominences and a CME on February 9, 1982 ..... 71
11. A Summary of Solar Physics Activities in China ..... 81
12. 爆发日珥与日冕物质抛射的观测研究 ..... 85
13. Temporal and Spatial Characteristics of Solar-Flares from Observations ..... 92
14. 太阳耀斑的观测性质 ..... 98
15. Statistical Characteristics of Solar Proton Flares ..... 106
16. 太阳耀斑的分类 ..... 109
17. 太阳风的电波传播观测研究 ..... 118
18. 日地系统学中的太阳活动研究(I)日地系统物理学中缓变型太阳活动的研究 ..... 130
19. 日地系统学中的太阳活动研究(II)爆发型太阳活动——太阳耀斑 ..... 141
20. SUNSPOT MOTIONS ASSOCIATED WITH THE 3B/X1.5 SOLAR FLARE OF 13 MAY 1981 ..... 153
21. Evolution of the level of sunspot activity in solar cycles - I. Evolution in the descending phase ..... 158

### 第二篇 太阳活动对地球环境的影响

1. 1986年2月的高太阳活动研究——IV日地扰动事件耦合初析 ..... 169



2. 日冕物质抛射—空间天气的扰动源 .....	176
3. 关于太阳活动预测与自然灾害预测 .....	187
4. 人造双行星与地球组成的太阳和行星际观测网 .....	194
5. 太阳活动及其对地球环境的影响 .....	201
<b>第三篇 太阳活动中长期预报</b>	
1. Prediction of sunspot numbers for the ascending part of cycle 21 .....	217
2. 第二十二太阳黑子周特征值预报 .....	222
3. 太阳活动预报简论 .....	225
4. 第 22 和 23 太阳周太阳活动预测 .....	235
5. “相似周”方法及对第 23 周太阳黑子数逐月值预测的讨论 .....	240
6. Has the maximum of Solar Cycle 23 appeared? .....	244
7. The prediction of maximum amplitudes of solar cycles and the maximum amplitude of Solar Cycle 24 .....	247
8. Wavelet analysis of several important periodic properties in the relative sunspot numbers .....	253
9. Prediction of the smoothed monthly mean sunspot numbers for solar cycle 24 .....	257
10. 第 24 太阳周太阳黑子数平滑月均值预报 .....	266
11. 第 24 太阳周将是一个低太阳周? .....	275
12. Predicting the start and maximum amplitude of solar cycle 24 using similar phases and a cycle grouping .....	280
<b>第四篇 太阳活动短期预报与预警</b>	
1. 太阳质子事件耀斑的短期预报 .....	287
2. 神经网络方法用于太阳质子事件警报 .....	294
3. 用神经网络模型作太阳质子事件警报 .....	300
4. A two-pass neural network model for solar proton event alert .....	303
5. Verification of short-term predictions of solar soft x-ray bursts for the maximum phase (2000-2001) of solar cycle 23 .....	306
王家龙研究员著书和编译书目 .....	312
王家龙研究员发表主要论文清单 .....	313
王家龙研究员科普文章与工作手记 .....	324
后记 .....	327





# 第一篇 太阳活动

