



“十二五”国家重点出版规划项目

国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

现代激光技术及应用丛书

# 自适应光学及 激光操控

张雨东 饶长辉 李新阳 编著

Adaptive Optics and Laser Control



国防工业出版社  
National Defense Industry Press



“十二五”国家重点出版规划项目

/现代激光技术及应用丛书/

# 自适应光学及激光操控

张雨东 饶长辉 李新阳 编著

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

自适应光学是近年来发展起来的集光学、机械、电子、计算机、自动控制等为一体的高技术。自适应光学技术解决了时间和空间随机变化的光学像差的控制问题。自适应光学系统通过实时测量、控制、校正光学系统的像差,使光学系统具有了自动适应环境变化、克服动态扰动影响、始终保持理想性能的能力。自适应光学的物理本质是对光学波前,即光场相位的时间变化和空间分布进行快速测量和精确控制,并通过对相位的主动控制实现对光束强度分布、方向等的操控。本书系统性地介绍自适应光学技术以及激光操控技术的最新进展,叙述自适应光学系统中的波前传感器、波前校正器、波前信号处理和控制的基本原理,并讨论自适应光学技术在激光聚变装置波前控制、化学激光和固体激光光束控制、激光光束合成、天文观测、激光大气传输、人眼像差操控等方面的应用。

本书可供从事自适应光学技术、激光技术的研究和应用的科技工作者,以及其他有兴趣了解或有志于从事该技术的大学生和研究生学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

自适应光学及激光操控/张雨东,饶长辉,李新阳编著. —北京:国防工业出版社,2016.10  
(现代激光技术及应用丛书)  
“十二五”国家重点出版规划项目  
ISBN978-7-118-10790-6

I. ①自… II. ①张… ②饶… ③李… III. ①自适应性—光学—研究 ②激光技术—研究 IV. ①O436 ②TN24

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第214647号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司印刷

新华书店经售

\*

开本 710×1000 1/16 印张 24½ 字数 466千字

2016年10月第1版第1次印刷 印数1—2500册 定价98.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

## 丛书学术委员会 (按姓氏拼音排序)

主任	金国藩	周炳琨		
副主任	范滇元	龚知本	姜文汉	吕跃广
	桑凤亭	王立军	徐滨士	许祖彦
	赵伊君	周寿桓		
委员	何文忠	李儒新	刘泽金	唐 淳
	王清月	王英俭	张雨东	赵 卫

## 丛书编辑委员会 (按姓氏拼音排序)

主任	周寿桓			
副主任	何文忠	李儒新	刘泽金	王清月
	王英俭	虞 钢	张雨东	赵 卫
委员	陈卫标	冯国英	高春清	郭 弘
	陆启生	马 晶	沈德元	谭峭峰
	邢海鹰	阎吉祥	曾志男	张 凯
	赵长明			

世界上第一台激光器于1960年诞生在美国,紧接着我国也于1961年研制出第一台国产激光器。激光的重要特性(亮度高、方向性强、单色性好、相干性好)决定了它五十多年来在技术与应用方面迅猛发展,并与多个学科相结合形成多个应用技术领域,比如光电技术、激光医疗与光子生物学、激光制造技术、激光检测与计量技术、激光全息技术、激光光谱分析技术、非线性光学、超快激光学、激光化学、量子光学、激光雷达、激光制导、激光同位素分离、激光可控核聚变、激光武器等。这些交叉技术与新的学科的出现,大大推动了传统产业和新兴产业的发展。可以说,激光技术是20世纪最具革命性的科技成果之一。我国也非常重视激光技术的发展,在《国家中长期科学与技术发展规划纲要(2006—2020年)》中,激光技术被列为八大前沿技术之一。

近些年来,我国在激光技术理论创新和学科发展方面取得了很多进展,在激光技术相关前沿领域取得了丰硕的科研成果,在激光技术应用方面取得了长足的进步。为了更好地推动激光技术的进一步发展,促进激光技术的应用,国防工业出版社策划组织编写出版了这套丛书。策划伊始,定位即非常明确,要“凝聚原创成果,体现国家水平”。为此,专门组织成立了丛书的编辑委员会,为确保丛书的学术质量,又成立了丛书的学术委员会,这两个委员会的成员有所交叉,一部分人是几十年在激光技术领域从事研究与教学的老专家,一部分是长期在一线从事激光技术与应用研究的中年专家;编辑委员会成员主要以丛书各分册的第一作者为主。周寿桓院士为编辑委员会主任,我们两位被聘为学术委员会主任。为达到丛书的出版目的,2012年2月23日两个委员会一起在成都召开了工作会议,绝大部分委员都参加了会议。会上大家进行了充分讨论,确定丛书书目、丛书特色、丛书架构、内容选取、作者选定、写作与出版计划等等,丛书的编写工作从那时就正式地开展起来了。

历时四年至今日,丛书已大部分编写完成。其间两个委员会做了大量的工作,又召开了多次会议,对部分书目及作者进行了调整。组织两个委员会的委员对编写大纲和书稿进行了多次审查,聘请专家对每一本书稿进行了审稿。

总体来说,丛书达到了预期的目的。丛书先后被评为国家“十二五”重点出

版规划项目和国家出版基金资助项目。丛书本身具有鲜明特色：一)丛书在内容上分三个部分,激光器、激光传输与控制、激光技术的应用,整体内容的选取侧重高功率高能激光技术及其应用;二)丛书的写法注重了系统性,为方便读者阅读,采用了理论—技术—应用的编写体系;三)丛书的成书基础好,是相关专家研究成果的总结和提炼,包括国家的各类基金项目,如973项目、863项目、国家自然科学基金项目、国防重点工程和预研项目等,书中介绍的很多理论成果、仪器设备、技术应用获得了国家发明奖和国家科技进步奖等众多奖项;四)丛书作者均来自于国内具有代表性的从事激光技术研究的科研院所和高等院校,包括国家、中科院、教育部的重点实验室以及创新团队等,这些单位承担了我国激光技术研究领域的绝大部分重大的科研项目,取得了丰硕的成果,有的成果创造了多项国际纪录,有的属国际首创,发表了大量高水平的具有国际影响力的学术论文,代表了国内激光技术研究的最高水平。特别是这些作者本身大都从事研究工作几十年,积累了丰富的研究经验,丛书中不仅有科研成果的凝练升华,还有着大量作者科研工作的方法、思路和心得体会。

综上所述,相信丛书的出版会对今后激光技术的研究和应用产生积极的重要作用。

感谢丛书两个委员会的各位委员、各位作者对丛书出版所做的奉献,同时也感谢多位院士在丛书策划、立项、审稿过程中给予的支持和帮助!

丛书起点高、内容新、覆盖面广、写作要求严,编写及组织工作难度大,作为丛书的学术委员会主任,很高兴看到丛书的出版,欣然写下这段文字,是为序,亦为总的前言。

金国藩 周灿琨

2015年3月

自适应光学是近年来发展起来的集光学、机械、电子、计算机、自动控制等为一体的高技术。自适应光学技术解决了时间和空间随机变化的光学像差的控制问题。自适应光学系统通过实时测量、控制、校正光学系统的像差,使光学系统具有了自动适应环境变化、克服动态扰动影响、始终保持理想性能的能力,因而具有巨大的生命力和应用潜力。

自适应光学的概念首先来源于天文望远镜观测中遇到的大气湍流扰动问题。300多年前,在发明望远镜不久的牛顿时代就遇到了这个问题,但无法从根本上解决。1953年,美国天文学家巴布科克(H. W. Babcock)首先提出了用实时测量波前误差并加以实时补偿的方法来解决望远镜的大气湍流动态干扰问题的设想,被公认为自适应光学概念的提出者。但在当时还不具备实现这一设想的技术基础。直到20世纪70年代,在高分辨力光学观测和高集中度激光传输的需求牵引下,在精密机械、电子、计算机等相关技术迅速发展的条件下,自适应光学技术迅速发展起来,成为21世纪令人瞩目的光学高新技术之一。

自适应光学的物理本质是对光学波前,即光场相位的时间变化和空间分布进行快速测量和精确控制,并通过对相位的主动控制实现对光束强度分布、方向等的操控。通常的自适应光学系统包括波前传感器、波前控制器和波前校正器三个基本组成部分。波前传感器实时测量从目标或目标附近的信标传来的波前误差。波前控制器用于把波前传感器所测到的波前畸变信息转化成波前校正器的控制信号,以实现自适应光学系统的闭环控制。波前校正器将波前控制器提供的控制信号转变为波前相位变化,以补偿或校正光波波前畸变,是自适应光学系统的核心。

自适应光学技术的一个重要应用方向是激光操控。自美国科学家梅曼(T. H. Mainan)1960年首次成功演示世界上第一台激光器——红宝石激光器以来,气体、固体、化学、光纤等各种各样的激光器和各种激光技术如雨后春笋般地发展起来,并被广泛地用于几乎所有科学技术领域,深刻地影响了当代科学、技术、经济和社会的发展和变革。由于激光具有单色性、方向性和相干性等特点,因而激光束的波前相位、强度分布、发射方向等在原理上能够被精确地测量和主动控制,从而在各种应用场合下实现激光的各种特殊物理效应和功能。然而由于激光的波长在纳米到微米量级,这种精确的激光操控实现起来是极其困难的,尤其是在环境条件存在动态干扰的条件下。自适应光学技术为动态环境下精确的激光操控提供了一种有效的解决途径。

自适应光学是十分复杂的高技术。目前世界上只有少数国家能独立研制自

适应光学系统。美国是最早开展自适应光学技术研究的国家,目前拥有世界上单元数最多、速度最快的自适应光学系统,是技术水平最高的国家。其他一些国家如俄罗斯、英国、法国、德国等欧洲国家,日本、韩国、印度等亚洲国家和南非等均积极开展了自适应光学技术的研究。

1979年,中国科学院光电技术研究所的姜文汉院士和凌宁研究员等在国内率先开辟了自适应光学研究方向,于1980年建立了国内第一个自适应光学研究室,在中国科学院、国家“863”计划,国家自然科学基金等的支持下,独立自主地建立了包括波前校正器、波前传感器到专用波前处理机等的全套技术基础,研制成功多套自适应光学系统,先后应用于激光、天文、生物医学等多个方面。其中1985年研制的19单元激光波前校正系统,用于上海光机所“神光”I激光聚变装置中校正这一装置的制造误差、光学材料的不均匀性以及装调误差等静态误差,使焦斑能量集中度提高了3倍,是自适应光学技术应用于激光的成功例子,是国际同类装置中首先成功使用的自适应光学系统。

2009年,在中国科学院光电技术研究所建立了我国第一个自适应光学重点实验室。姜文汉院士为实验室学术委员会主席,张雨东为实验室主任,饶长辉、许冰等为实验室副主任。自适应光学重点实验室致力于研究波前测量、波前校正和波前控制等自适应光学基础问题,并推动自适应光学技术在激光光束质量控制、大口径望远镜高分辨力观测、激光聚变装置波前控制、人眼波前工程等领域的应用。目前,中国科学院光电技术研究所的研究团队掌握了全面的自适应光学基础技术,研究领域覆盖几乎所有自适应光学应用方向,研究水平居于国际先进行列,被国际同行誉为“世界上最大的自适应光学研究群体”。

本书系统地介绍我国自适应光学技术以及激光操控技术的最新进展,叙述自适应光学系统中的波前传感器、波前校正器、波前信号处理和控制的原理,并讨论自适应光学技术在激光聚变装置波前控制、化学激光和固体激光光束操控、激光光束合成、大口径望远镜成像观测、激光大气传输、人眼像差操控等方面的应用。

本书参考了自适应光学重点实验室近年来的最新研究成果,部分内容发表在国内外学术会议和期刊上。在此向多年来所有从事自适应光学技术研究发展工作的参与人员表示感谢。感谢参与本书编写的多位科技工作者:周虹、杨金生、周璐春、杨泽平、胡诗杰、杨平、耿超、张学军、戴云、张耀平、凡木文、王胜千、顾乃庭、马晓焯、李敏、王彩霞、黄林海、董理治、叶红卫、罗曦、张兰强等。

本书的编写得到了姜文汉院士的支持和指导。以姜文汉院士为代表的老一辈科学家对我国自适应光学技术的发展奠定了不可磨灭的功勋,在此对他们表示最诚挚的敬意!感谢周寿桓院士对本书编写的指导。感谢国防工业出版社出版本书。

作者  
2016年5月



## 第1章 自适应光学原理

1.1	自适应光学的起源 .....	1
1.2	自适应光学技术的发展历程 .....	3
1.3	现代自适应光学系统的组成 .....	5
1.3.1	波前传感器 .....	6
1.3.2	波前校正器 .....	7
1.3.3	波前控制器 .....	8
1.4	自适应光学技术的应用 .....	9
1.4.1	用于天文观测的自适应光学系统 .....	9
1.4.2	用于激光装置的自适应光学系统 .....	10
1.4.3	用于人眼像差操控的自适应光学系统 .....	11
1.4.4	用于激光通信的自适应光学系统 .....	11
1.4.5	用于激光加工的自适应光学系统 .....	12
1.4.6	自适应光学系统单元技术应用 .....	12
	参考文献 .....	13

## 第2章 波前像差与激光光束质量

2.1	光学系统的波前像差 .....	17
2.1.1	波前像差概述 .....	17
2.1.2	波前像差的 Zernike 多项式描述 .....	17
2.2	激光的光束质量 .....	19
2.2.1	激光光束质量评价方法 .....	19
2.2.2	激光光束质量测量的主要方法 .....	23
2.3	波前像差与光束质量 $\beta$ 因子的关系 .....	24
2.3.1	静态 Zernike 像差与光束质量 $\beta$ 因子的关系 .....	24
2.3.2	动态 Zernike 像差与光束质量 $\beta$ 因子的关系 .....	26
	参考文献 .....	29

## 第3章 波前校正器技术

---

3.1	波前校正器的早期发展	32
3.2	常规变形镜	33
3.3	常规变形镜的驱动技术	34
3.3.1	压电材料驱动器	34
3.3.2	电致伸缩材料驱动器	36
3.3.3	磁致伸缩材料驱动器	36
3.4	变形镜的技术指标	38
3.5	其他结构形式的变形镜	39
3.5.1	静电驱动的薄膜变形镜	40
3.5.2	双压电片变形镜	40
3.5.3	音圈电机驱动的变形镜	43
3.5.4	基于MEMS技术的微变形镜	44
3.5.5	液晶空间光调制器	46
3.5.6	其他结构形式的变形镜	46
3.6	变形镜的主要研制单位	47
3.7	国内变形镜发展概况	49
3.8	高速倾斜镜技术	51
3.8.1	倾斜镜的结构	51
3.8.2	倾斜镜的性能指标	51
3.8.3	新型倾斜镜	52
3.9	波前校正器镀膜技术	53
3.9.1	镀膜要求	53
3.9.2	波前校正器的膜系设计	54
3.9.3	波前校正器的薄膜制备	54
3.10	波前校正器的高压驱动技术	56
3.10.1	波前校正器高压驱动系统工作原理	56
3.10.2	波前校正器高压驱动系统主要性能	57
	参考文献	57

## 第4章 波前传感器技术

---

4.1	波前传感器的工作原理	60
4.1.1	概述	60

4.1.2	波前传感器的分类及工作原理	60
4.2	基于干涉原理的波前传感技术	66
4.2.1	基于干涉原理的相位提取方法	66
4.2.2	点衍射干涉波前探测技术	73
4.2.3	剪切干涉波前探测技术	75
4.3	基于焦面成像的波前传感技术	84
4.3.1	基于焦面成像的相位反演技术	84
4.3.2	基于焦面成像的相位差反演技术	85
4.3.3	新型基于焦面成像的相位差反演技术	86
4.3.4	棱锥波前传感器技术	95
	参考文献	98

## 第5章 哈特曼波前传感器技术

---

5.1	哈特曼波前传感器工作原理	101
5.2	哈特曼波前传感器波前复原方法	102
5.2.1	区域法	103
5.2.2	Zernike 模式波前复原算法	106
5.3	哈特曼波前传感器性能参数	108
5.4	哈特曼波前传感器的标定	110
5.4.1	哈特曼波前传感器的标定概述	110
5.4.2	球面波前标定哈特曼波前传感器的基本原理	111
5.5	哈特曼波前传感器的误差分析	112
5.5.1	哈特曼波前传感器的误差组成	112
5.5.2	微透镜阵列对波前的空间采样误差	112
5.5.3	重构矩阵的误差传递系数	114
5.5.4	质心探测误差分析	115
5.5.5	高斯光斑质心探测阈值的选取	119
5.6	哈特曼波前传感器技术的应用和未来发展	122
	参考文献	123

## 第6章 自适应光学信号处理与控制技术

---

6.1	自适应光学信号处理与控制的任務	126
6.2	自适应光学的图像处理 and 斜率计算	127
6.2.1	图像处理技术	127

6.2.2	斜率提取算法	128
6.2.3	高速实时波前斜率的实现	129
6.3	自适应光学的实时波前复原技术	130
6.3.1	实时波前复原的算法	131
6.3.2	高速实时波前复原的实现	132
6.3.3	实时波前复原处理平台选取	135
6.4	自适应光学的实时控制技术	136
6.4.1	基于波前传感器的实时控制技术	136
6.4.2	无波前探测实时控制技术	141
6.5	自适应光学信号处理技术的发展趋势	156
	参考文献	158

## 第7章 惯性约束聚变激光系统中的光束控制

7.1	惯性约束聚变激光系统中光束控制的特点和需求	161
7.1.1	惯性约束聚变系统概述	161
7.1.2	惯性约束聚变激光驱动器中的光束控制需求	163
7.2	ICF 固体激光装置中光束控制的关键技术	164
7.2.1	ICF 固体激光装置中的波前控制方式	164
7.2.2	基于远场优化的光束波前控制技术	167
7.2.3	基于波前相位的光束波前控制技术	169
7.2.4	哈特曼波前传感器与变形镜自动对准技术	171
7.3	ICF 激光驱动器波前控制的应用和未来发展	175
	参考文献	175

## 第8章 化学激光的光束稳定和光束净化

8.1	化学激光操控的特点和需求	177
8.2	激光的光束净化技术	178
8.2.1	单级校正光束净化技术	178
8.2.2	两级校正光束净化技术	179
8.3	激光的光束稳定控制技术	193
8.3.1	高速倾斜反射镜的机械谐振现象	194
8.3.2	机械谐振的数学模型	194
8.3.3	机械谐振对控制带宽和控制稳定性的影响	195
8.3.4	抑制机械谐振的网络滤波方法	195

8.3.5 激光光束稳定控制实验 .....	196
8.4 化学激光操控的应用和未来发展 .....	199
参考文献 .....	199

## 第9章 固体激光的光束操控

---

9.1 固体激光光束操控的特点和需求 .....	201
9.2 固体激光光束操控的关键技术 .....	203
9.2.1 腔内自适应光学技术 .....	203
9.2.2 腔外自适应光学技术 .....	206
9.3 固体激光光束操控的典型应用结果 .....	210
9.3.1 腔内自适应光学的应用 .....	210
9.3.2 腔外自适应光学的应用 .....	219
参考文献 .....	232

## 第10章 基于自适应光学的激光光束合成

---

10.1 激光光束合成简介 .....	234
10.2 激光相干合成技术 .....	234
10.2.1 用于相干合成的自适应光学校正器 .....	234
10.2.2 基于干涉测量法的相干合成技术 .....	242
10.2.3 基于修正 PR 算法的相干合成技术 .....	247
10.2.4 基于光强极值法的相干合成技术 .....	249
10.2.5 基于 SPGD 算法的相干合成技术 .....	254
10.2.6 基于目标在回路控制的相干合成 .....	257
10.3 激光非相干合成技术 .....	261
10.3.1 激光非相干合成简介 .....	261
10.3.2 基于光束稳定闭环控制的激光束共孔径合成技术 .....	262
10.3.3 基于光束稳定闭环控制的激光束孔径拼接合成技术 .....	266
10.4 激光光束合成的未来发展 .....	267
参考文献 .....	267

## 第11章 大口径望远镜自适应光学技术

---

11.1 大口径望远镜自适应光学简介 .....	269
11.2 大口径望远镜自适应光学系统主要参数的确定 .....	273

11.2.1	大气湍流的基本参数	273
11.2.2	自适应光学系统主要参数的确定	275
11.3	大口径望远镜自适应光学的主要新技术	279
11.3.1	激光导引星技术	279
11.3.2	多层共轭自适应光学技术	282
11.3.3	相关哈特曼波前探测技术	285
11.4	我国大口径望远镜自适应光学系统概况	287
11.4.1	夜天文自适应光学系统	287
11.4.2	太阳自适应光学系统	290
	参考文献	292

## 第 12 章 激光大气传输自适应光学技术

12.1	大气传输对激光光束质量的影响	295
12.1.1	大气湍流效应对激光传输的影响	295
12.1.2	光束抖动对光束质量的影响	297
12.1.3	大气湍流动态像差对光束质量的影响	304
12.2	激光大气传输与自适应光学校正的数值仿真	311
12.2.1	数值仿真的意义	311
12.2.2	激光大气传输与自适应光学校正数值仿真的研究概况	311
12.2.3	湍流大气中光波传输的基本物理模型	311
12.2.4	大气湍流畸变相位屏的基本实现方法	313
12.2.5	自适应光学系统的数值仿真	318
12.2.6	数值仿真实验设计	321
	参考文献	322

## 第 13 章 人眼像差操控及其应用

13.1	人眼像差描述	325
13.2	人眼像差测量技术	327
13.2.1	主观测量技术	327
13.2.2	客观测量技术	329
13.3	人眼像差校正视网膜高分辨力成像	332
13.3.1	自适应光学眼底相机	333
13.3.2	自适应光学共焦扫描成像	337
13.3.3	自适应光学相干层析	340

13.4	人眼像差操控与视功能·····	341
13.4.1	单眼自适应光学视觉仿真器·····	343
13.4.2	双眼自适应光学视觉仿真器·····	346
13.4.3	人眼像差自适应光学矫正结合视知觉学习训练 提高视力·····	349
13.5	自适应光学人眼像差操控技术展望·····	354
	参考文献·····	354

### 1.1 自适应光学的起源

自适应光学是 20 世纪 70 年代以来发展起来的光学新技术<sup>[1-7]</sup>。自适应光学技术利用光电子器件实时测量波前动态误差,用快速的电子系统进行计算和控制,用能动器件进行实时波前校正,使光学系统具有自动适应外界条件变化、始终保持良好工作状态的能力,在高分辨力成像观测和高集中度激光能量传输等方面有重要应用。

自适应光学的概念首先来源于天文望远镜观测中遇到的大气湍流扰动问题<sup>[8-9]</sup>。光学望远镜是利用光波获取远距离目标信息的有力工具。由于光波波长比无线电波短得多,所以同样接收孔径下光学望远镜的分辨能力也远高于雷达。然而由于应用环境中的大气湍流给光学望远镜带来随时间变化的动态干扰,光学望远镜的实际分辨率经常远达不到理论上所预期的衍射极限。空间目标发出的光波穿过大气层到达地球表面时,由于大气湍流造成空气折射率的不均匀性,波前的振幅和相位都受到了很严重的随机扰动,大气湍流的动态扰动会使大口径望远镜所观测到的星像不断抖动而且不断改变成像光斑的形状,因而使望远镜的成像质量严重恶化。大气湍流成为限制地面望远镜分辨能力的重要因素。

通常用相干长度表示大气湍流的强度。在小于相干长度的观测口径下大气湍流才没有明显影响。地球大气湍流的相干长度在可见光波段一般为几厘米至十几厘米,这样即使建造口径几米或更大的地基望远镜系统,大型望远镜的可见光成像分辨力与天文爱好者手中口径为十几厘米的小望远镜相当。这会给天文观测或者空间监测带来严重后果,降低了对目标的探测能力,使得目标的形态细节分辨不清,也降低测量定位精度。即使看来似乎宁静的大气也始终存在这种扰动。望远镜实际观测分辨力因受大气湍流影响而大大降低的现象在人类发明望远镜之后不久就已经发现了,这个现象数百年以来始终困扰着天文界。

牛顿最早认识到地球大气层对光线传播的影响,在 1703 年出版并数次修订



的《光学》一书中写到：“即使能够按照理论制造出理想的望远镜，它的性能也会受到一定的约束。高塔的投影在晃动，天上的星星在闪烁，从这些现象可以推测，我们看到的群星之光所经过的空气在不停地抖动……唯一的解决之道是寻找最宁静的大气，这在云层之上的高山之巅可能存在。”这至今也是大型光学望远镜将站址选择在高山顶上的主要原因——追寻尽可能宁静的大气<sup>[10]</sup>。但即使在最好的天文台址上，大气扰动对大口径望远镜的影响也是比较显著的，大口径的望远镜凭“运气”才会有好的观测结果。在天文学界，人们像谈论天气一样谈论大气对观测的干扰，甚至用“视宁”（Seeing）这样一个从最常用的单词演化而来的专用名词描述这种干扰，但始终对它束手无策。

在天文学发展的急切需求下，被光学望远镜的口径纪录不断打破。20世纪美国相继建成了2.54m口径虎克望远镜和最大口径5.08m的海尔系列望远镜。尽管这些大型望远镜为天文学的发展立下了汗马功劳，但观测结果仅凭“运气”的状况显然不能让天文学家满意<sup>[11]</sup>。于是在1953年，美国天文学家H. W. Babcock提出了一个新的想法，这就是最早的自适应光学思想<sup>[2]</sup>。

Babcock当时就职于威尔逊山天文台和帕洛马山天文台，是星体电磁学方面的专家，分析了海尔望远镜观测中遇到的大气扰动的问题，对于大气扰动带来的困扰使他感触颇深。Babcock在其后来被尊称为自适应光学思想首创者的论文中写到：“200英寸的海尔望远镜的理论分辨率为 $1/40''$ ，但实际上的观测结果为 $1/3'' \sim 5''$ ，甚至差到 $10''$ ，平均值只能达到 $2''$ ，只有极少数的情况能够得到 $1/2''$ 以下的结果。而且即使在最好观测地点，1000h的观测中有1h能有理想的视宁条件都是万分幸运的了<sup>[2]</sup>。”

1953年以前，Babcock发明了解决像斑抖动的方法并成功地在100英寸的望远镜上应用。但对于真正影响望远镜分辨率的导致像斑变大的那部分大气扰动没有办法。此时他提出可以通过适当的方法实时地探测大气的扰动给光束带来的扭曲变化，并用一个可变形的反射镜以相反的方向来补偿这个扭曲变化，这样就能消除大气干扰以及镜面本身的修磨误差，如图1-1所示。他建议用旋转刀口的方法检测光学相位的变化。在普通镜面上敷设一层油膜组成可变形的反射镜。检测到的相位变化经过模拟电路计算处理后通过电子枪扫描轰击油膜使其厚度产生变形，原理类似当时刚出现的电视投影系统，所以他把这种波前校正器称为“电视投影系统”。这个概念性的原理也成为自适应光学的基本结构框架。1958年，Babcock又提出了一种静电驱动的薄膜可变形反射镜用作波前校正器<sup>[12]</sup>。

1957年，苏联天文学家V. P. Linniky也设计了一套自适应光学系统，设想用白光干涉仪探测相位误差，分立的活塞运动的分块反射镜校正大气扰动，如图1-2所示。但他的论文是用俄文发表的，直到1993年被翻译成英文之前一直不被西方天文界所知<sup>[4]</sup>。