

戏剧舞台灯光设计



LIGHT FANTASTIC The Art and Design of Stage Lighting

[德] 马克斯·凯勒 著



上海人民美術出版社

物理学家和生理学家将光现象定义为一段电磁波通过人眼使人产生光亮的感觉。光通过各种不同的刺激物刺激我们的感官，它改变了混沌的世界，使世界有了色彩和层次。

舞台艺术反映的是生活，所以舞台上的光有时也要反映黑暗。这个由导演和舞台设计师共同设计的空间最先是灯光设计师以一种非常基础的方式——用光在舞台上创造一个现实世界——创造出来的。因此光的艺术是一个不断重复创造的过程。

迷人的舞台灯光——本书所探讨的主题，是我工作的内在源泉，如果没有它，我也就无法创造光的世界。

马克斯·凯勒





LIGHT FANTASTIC
The Art and Design of Stage Lighting

戏剧舞台灯光设计

[德] 马克斯·凯勒 著

上海人民美術出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

戏剧舞台灯光设计 / (德) 凯勒 (Keller, M.) 著; 孔庆尧, 忻雁译. — 上海: 上海人民美术出版社, 2009. 4

ISBN 978-7-5322-6008-9

I. 戏. . . II. ①凯. . . ②孔. . . ③忻. . .
III. 戏剧-舞台灯光-照明设计-教材 IV. J814.4

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第184445号

原版书名: Light Fantastic. The Art and Design of Stage Lighting
原作者名: Max Keller

Author: Max Keller

Title: Light Fantastic. The Art and Design of Stage Lighting

©Prestel Verlag, München · Berlin · London · New York, 2006

©for the works illustrated by the artists, their heirs or assigns, with the exception of: Giorgio de Chirico, Wasily Kandinsky and Henri Michaux, by VG Bild-Kunst, Bonn 2006

Chinese language edition arranged through HERCULES Business & Culture GmbH, Germany.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced in any form, by Photostat, microfilm, xerography, or any other means, or incorporated into any information retrieval system, electronic or mechanical, without the written permission of the copyright owner.

本书的简体中文版经Prestel Verlag出版公司授权, 由上海人民美术出版社独家出版。版权所有, 侵权必究

合同登记号: 图字: 09-2007-592



本书由马克斯·凯勒教授、ETC与ARRI赞助出版

The translation of this work has been funded by Prof. Max Keller, ETC and ARRI

戏剧舞台灯光设计

著 者: [德] 马克斯·凯勒

顾 问: 柳得安

译 者: 孔庆尧 忻雁

审 译: 柳得安

责任编辑: 邵 旻

技术编辑: 陆尧存

出版发行: 上海人民美术出版社

(上海长乐路672弄33号)

网 址: www.shrnmms.com

印 刷: 上海文艺大印刷有限公司

开 本: 639×965 1/8 30印张

版 次: 2009年4月第1版

印 次: 2009年4月第1次

印 数: 0001 3000

书 号: ISBN 978 7 5322 6008 9

定 价: 168.00元



威廉·莎士比亚，《奥赛罗》
导演：卢克·普赛福（Luc Perceval）
舞台设计师：卡特林·布莱克（Katrin Brack）
慕尼黑室内剧院，2003年

— 中文版序 7

柳得安

— 前言：创意灯光 9

戴尔特·多恩

— 舞台灯光概述 11

— 舞台灯光的历史 15

— 光和色彩 25

视觉 25

光 25

光谱 25

色彩 26

基色 26

混合色 26

原色指数 27

区别特征 27

色彩感觉 27

色温 27

CIE系统 28

显色指数、标准光类型 29

显色 29

光色 29

色彩混合 32

— 光和色的应用 35

色彩理论 35

色彩效果 38

对比色概念 38

彩色阴影 38

空间和色彩透视 39

色彩特性 40

油画中的光 41

色彩印象派 52

提灯夜行…… 58

赫伯特·卡普尔穆勒

— 光学 67

反射——球面反射镜 67

非球面、对称反射镜 68

不对称槽式反射镜 68

反射器材料 68

透镜 69

光束聚散度 69

光学成像 70

透镜成像 70

— 光源与灯具 75

照明技术的基本物理量 75

什么是白炽灯 75

卤钨循环 76

白炽灯是舞台上的热辐射源 77

更牢且更亮 78

气体放电灯 79

低压荧光灯 80

低压钠灯 83

高压钠灯 84

金属卤化物灯 85

HMI金属卤化物灯 86

双端HMI灯 86

舞台用HMI灯 86

单端HMI灯 88

PAR-HMI反射泡 88

HTI灯 89

氙灯 89

solar1000/硫灯 91

高压放电灯（霓虹灯） 92

紫外线灯 93

光谱灯 93

灯、灯和更多的灯 93

灯头——灯座 94

— 滤色片与滤色纸 99

滤色片 99

特殊滤色片 99

滤色纸 99

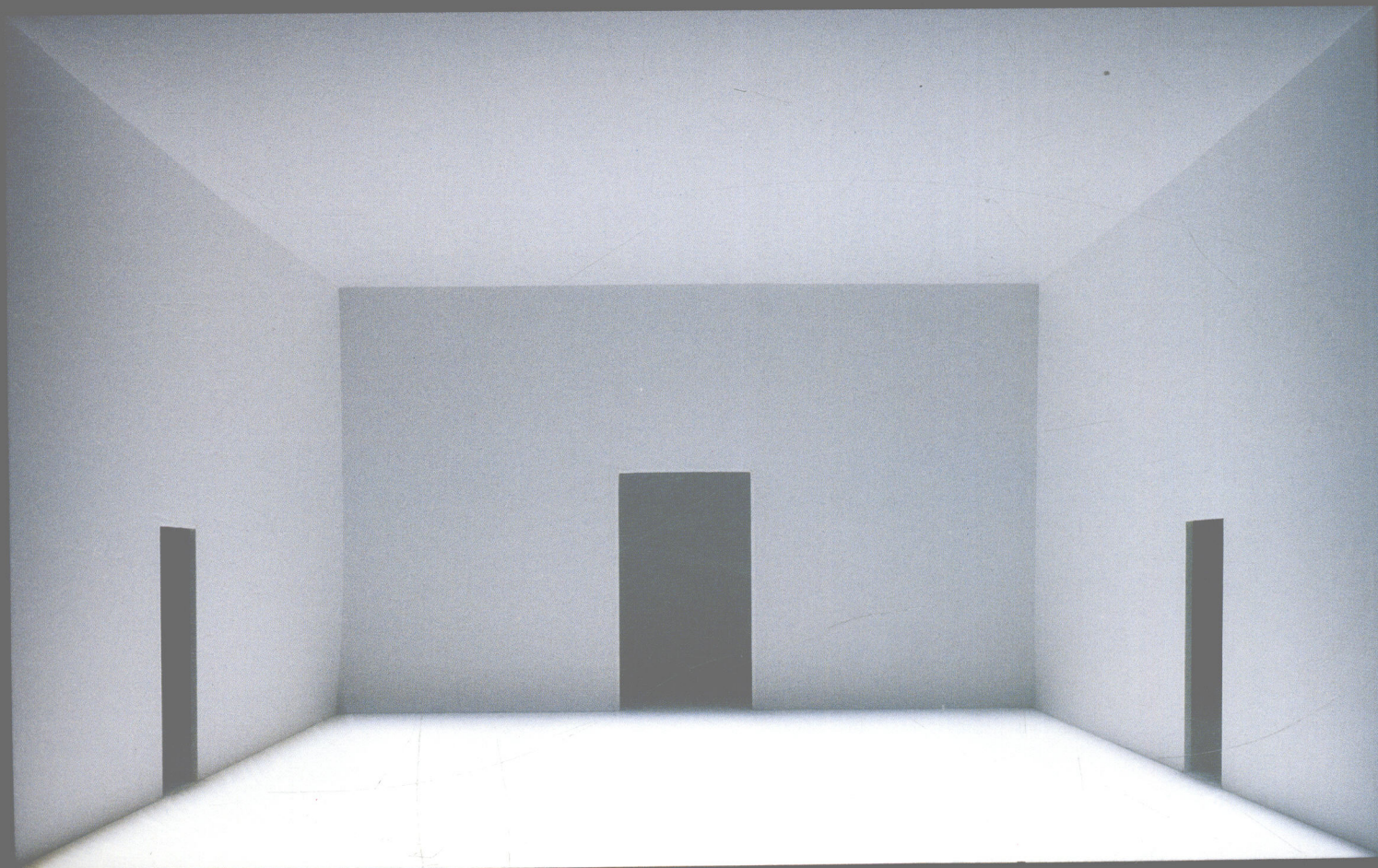
介质膜（二向色）滤色片 101

色漆 101

使用滤色片 103

— 灯具、特种灯具、附属设备 105

灯具的选择 105



对页及本页作品：
W·A·莫扎特，《费加罗的婚礼》
导演：戴尔特·多恩（Dieter Dorn）
舞台设计师：约根·罗斯（Jurgen Rose）
拜仁国立歌剧院，慕尼黑，1997年

特殊灯具和附加装置 111

— 技术装备及附件 123

线缆连接器 123

特殊效果 126

自制灯光效果 129

— 投影 135

历史 135

实践 138

— 灯光控制台 147

操作台如何工作 147

现在与未来 150

预测 151

— 舞台灯光的发展 153

设计和理念 153

技术 157

— 剧场 163

观众席的灯位 163

— 舞台内灯位 164

— 选择投光角度 169

投光角度 169

— 灯光和灯光设计 173

投光角度与光的性质 173

实验性布光 173

选择光的类型和方向 173

— 概念性灯光设计 179

照明角度 179

作决定的因素 180

有哪些可用资源 181

设计准备阶段 184

灯光设计的第一步 188

制作照明图表 188

— 灯光排演和设计 203

对光 204

书面记录 204

— 使用电脑灯和换色器 207

— 音乐剧和小歌剧灯光设计 211

— 灯光部门的结构 221

— 创意灯光——灯光创意 223

有效的对比 225

色彩问题 225

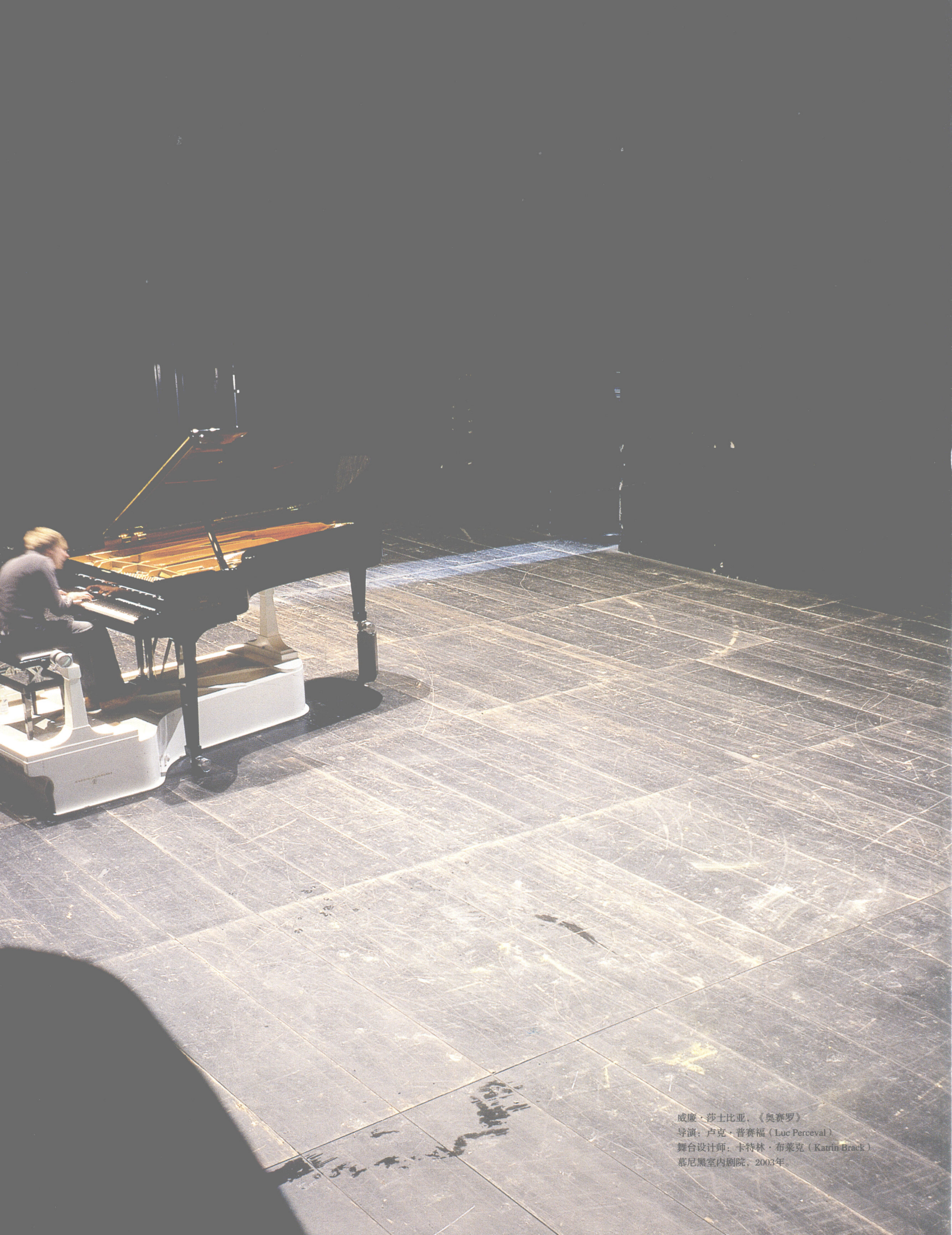
剧院中光的性质 227

(曼弗雷德·瓦格纳)

— 迷人的灯光之旅 229

— 专业术语 230

— 联系地址 236



威廉·莎士比亚，《奥赛罗》
导演：卢克·普赛福（Luc Perceval）
舞台设计师：卡特林·布莱克（Karin Brack）
慕尼黑室内剧院，2003年。

— 中文版序

柳得安

马克斯·凯勒先生的《戏剧舞台灯光设计》中译本即将出版，上海人民美术出版社为我们舞台灯光专业做了一件很有意义的事。舞台灯光是一门非常特殊的专业，从业人员不多，出书的人更少，一本好的灯光书更是难得。近年来各种新技术、新设备的涌现，极大地丰富了灯光的表现手段，灯光专业得到了前所未有的高速发展。但灯光专业的进步不仅要在舞台上有所体现，也需要理论水平的提高，更需要高素质灯光人才的培养。《戏剧舞台灯光设计》既有理论阐述又有经验介绍，既有艺术构思又有技术体现，是一本对舞台灯光进行全方位介绍的好书。《戏剧舞台灯光设计》中译本的出版对我国舞台灯光界了解和学习国外舞台灯光领域的现状和设计理念有积极的意义。

马克斯·凯勒先生是德国著名的灯光设计师，长期在慕尼黑室内剧院工作，有不少优秀的灯光设计作品，特别对气体放电光源在舞台上的应用有独特研究，在一些演出中使用高色温的气体放电灯具，创造了“迷人的灯光”。从书中可以看出，除了舞台灯光本身之外，马克斯·凯勒先生对美术史、色彩理论、光学原理、电光源技术等多方面都有很好的了解和研究，为他成为一名优秀的灯光设计师创造了条件。我们在阅读这本书的时候，不仅要从中学习舞台灯光的知识，也要学习他对各种相关知识的积累和沉淀，克服急功近利的浮躁心态。

马克斯·凯勒先生到过中国，还在我们学校为灯光班学生上过课。在马克斯·凯勒先生的个人网站中，除了其母语——德语和目前通行的英语网页外，唯一设立的其他语种网页就是中文网页。这次《戏剧舞台灯光设计》中译本的出版也获得德国方面和他本人的支持和帮助，我想马克斯·凯勒先生一定是有浓厚的中国情结吧！《戏剧舞台灯光设计》中译本的出版，对推动中德两国的文化交流一定会有深远的意义。

上海戏剧学院教授 柳得安

2008年11月26日



■ 前言：创意灯光

戴尔特·多恩

这是一本关于戏剧舞台灯光设计的书。它向我们展示了各种设计规则、图表、技术详解、工具、灯光设备、灯光系统的构成和配置，它也涉及相关的理论和历史、物理和化学知识。可以说，这本以大量知识和素材作为支撑的精心编纂的图书囊括了当今戏剧舞台灯光设计领域的方方面面，这样的书是我前所未见的。

但是所有这些到底跟舞台美术有何关联呢？它又是如何凸现演员这一舞台的核心元素，使他们的表演更加震撼人心、令人印象深刻，而使观众愿意为一次又一次地花钱买票？本书将带领我们穿过舞台，直接进入技术工作室——这个协调各种艺术、一切工作开始的地方。

有些导演偶尔会向往回到过去，那时他们所要做的只是在舞台上点上足够亮的蜡烛。但如果真的时光倒流，这些导演们就会发现，日光是他们唯一可用的舞台照明光源，而且今天我们概念中的“导演”专业在那时还未出现。因此，他们还是会乐意留在现在，因为今天，剧场的专业分工明确，就像其他行业一样，只雇佣专业人士。毕竟导演本身也是专业人士。

所以，我们不要带着怀旧或悲观的态度来阅读这本书。相反地，我想在本书中介绍很多东西：HMI和HQI、钠灯和频闪灯。今天，光线可以在舞台上制造出各种美妙、奇幻的效果，无论是娱乐用途还是更深入的尝试。

戏剧的一些舞台效果处理往往会陷入定式，灯光处理也是一样，完全自动自发。戏剧就像处在一个符咒之下。如果一个东西有用，你就想得到它。可能的范围通常被延伸，一根断裂的栅栏会影响到另一根——螺丝钉不停转动，不论你是否喜欢。在你不知不觉之间，原先很简单且能人工解决的问题可能变成一个技术难点，需要一个专家来解决。现在，台塔上只有电气线路（当然都是最先进的）而没有机械线路，但一些细微的运作和转换恰恰变得不再可能——因为没有安装相关的电脑软件，它们还有待开发。如果一台机器发生故障，任何人都会束手无策；演出是否能顺利进行完全取决于这台机器。如果照明工作间的人停下手上的工作看着电脑，他就没有时间看舞台。但任何人都更相信显示器上的数字和图像，而不是自己的眼睛看到的——或者说，在涉及具体操作时，肉眼所看到的根本不起实质性作用。

但有一个自相矛盾的问题。我们声称戏剧是活的，我们将舞台和舞台上的人作为盾，抵御现有世界的矛的进攻。我们断言，戏剧舞台是一个艺术的空间，一个自由的空间，也是一个乌托邦。我们从相反的方向描述我们的时代、我们的世界和我们的行为，在舞台上展现相反的世界，试图表现任何东西都不像它所呈现出来的那样，用艺术真实对抗外在真实。我们运用我们所在的世界的资源（不仅是技术上的）来完成所有这一切。我们创造

的新世界在此赋予了我们意义，特别是科技意义——帮助我们用批判的眼光定义它。最后还要我们做什么？“以其人之道还治其人之身”大抵是个不错的主意，但在这样做的时候，我们也承担了高估自己所带来的风险。

为了避免这种风险，我们决不能把艺术全权交托到技术的手中：艺术不应该变成技术，而技术必须变成艺术。当舞台装置一一到位后，我们就要通过预演来检验我们的设计。例如，如果某个装置很可能会引燃舞台，我们就需要采用新的替代品。出于这个理由，也仅仅是出于这个理由，预先有充分的准备便很重要。我们需要创意和构思——但如果它们有任何缺陷，也会影响到最终的结果。这就要求我们不仅从艺术家的角度思考，也要从技术人员的角度思考，特别是灯光技术人员，他们在很大程度上决定了舞台空间的创造。灯光设计应该成为艺术创作过程的一部分。它不仅仅是提供某种设备，或是用现成的技术达到某种要求，而是用它的方式、它的资源和技术想象力来实现艺术梦想。正是由于不断地尝试和创新，我们的工作条件和技术才会不断地改进。

在日常生活中，灯光让存在的事物变得可见。但在舞台上，它创造了一个新的世界。“被创造的”灯光帮助我们建立和孕育一个属于光的实体空间，帮助我们进入一个从未体验过的维度空间。诚然，这一切需要那些创造灯光的人——

图1
威廉·莎士比亚
《奥赛罗》
导演：卢克·普赛福（Luc Perceval）
舞台设计师：卡特林·布莱克（Katrin Brack）
慕尼黑室内剧院，2003年。

我、马克斯·凯勒和他的团队——在设计构思阶段和具体操作的最初阶段就参与进来，融入其中。马克斯·凯勒也确实是这样做的，这就是为什么我们的灯光设计不仅是技术上的操作，而且常常是前所未有的创新。

就像我们经常期望看到从未看到过的图景，马克斯·凯勒也在不断寻找和发明新的戏剧灯光效果。在博托·斯特劳斯（Botho Strauss）的《公园》公演时，它的灯光设计已经不仅仅是一个华丽的技术创新，而是一个戏剧性的方案。

在1987年演出《浮士德》时，我们将色纸按准确的顺序连接起来，在换色器上运行，以呈现色彩。10年后，当《辛白林》公演时，我们在舞台上悬挂了一个电子装置，它可以制造所有这些效果（甚至更多），可以将任何想象得到的色调按任何顺序组合——这是一个将整个舞台变成彩色空间的设备——一个真正的舞台设备。

灯光艺术对技术提出了很多新要求。最后，HMI灯诞生了！开灯时不会产生干扰噪声——所有这些都是努力改进技术的结果。灯光超越了其原始的功能，营造出人们期望的特殊效果。

一切都是新的。这可以从这个专业尚无明确的名称这个事实看

出来。我们让自己摆脱了集艺术指导、舞台布景、服装、音乐和剧本于一身的重任，让专人负责灯光。马克斯·凯勒在过去的25年里一直担任慕尼黑室内剧院——慕尼黑最具声望的由固定剧团演出保留剧目的剧场——的灯光设计，他向人们展示了光在舞台上所扮演的角色，在这个时期的舞台上实践并发展了本书中提及的新技术。他已经在探索艺术的道路上走了很久，我想正是因为有了这样的积淀，本书才得以成形。而我最想说的是，慕尼黑室内剧院对本书的撰写功不可没。

当我第一次翻阅本书的手稿时，我感到了震惊和些许的妒嫉，这无异于魔术师把他所有的技巧和诀窍都公之于众，让别人都能学会。但不要误解——仅凭阅读烹饪大师埃斯科菲耶的烹饪书不会让你成为一名优秀的厨师！换句话说：本书中囊括了所有关于灯光设计的知识，但只有在艺术创造中才能展示出其真正的奥秘。我们需要理解这个道理，正确地看待这本书，并正确地使用它——最后运用到舞台中去。为了这本书和戏剧舞台，我期待它能获得更多读者的喜爱。

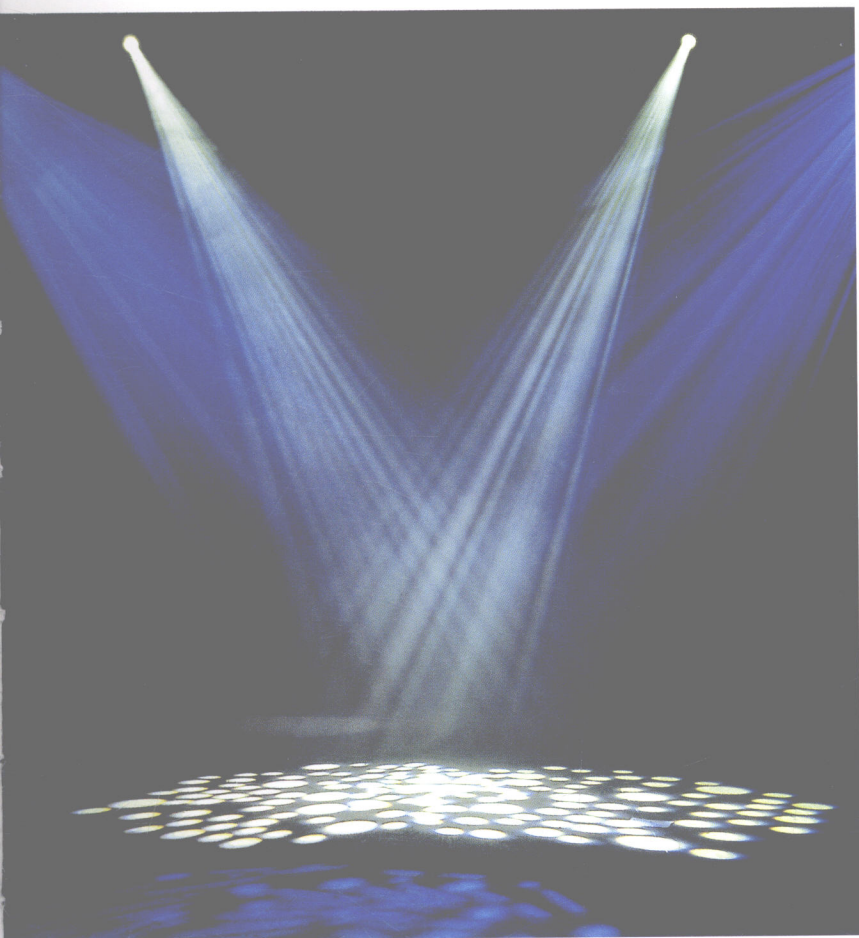


图2 用图案片产生的光束为黑暗带来了光和生命。

光对于我们所有人来说都是现实存在的。就像它的生物效应一样，它向我们展示了不断改变的实体，并因此提供一系列影响我们的感觉和情绪的视觉印象。无论白昼、黑夜，光都在我们身边，让生命变成可能。光的色彩对于人类而言就像生物体一样重要。色彩让我们激动、活跃、忧虑，它们发出危险的信号和警报解除的声音，控制我们的下意识。

将自然光转移至密闭的空间不是灯光设计师的工作，他需要运用人造灯光技术创造一个特定的氛围。戏剧舞台或其他集会场所的演出——无论是戏剧、音乐会、歌剧还是芭蕾舞剧——都是一个艺术创作过程。

光是任何视觉效果的基础，适合表演者和布景的照明都需要通

过人工创造。但人造光的构成无法像自然光效一样，后者的复杂性是无法模仿的。视觉效果的成功与否也取决于个人的感情状态。幸运的是，灯光效果通常没有固定的反作用。光，像音乐一样，是一种特别主观的领域。光的感知通常不是一个有意识的过程。或许正是因为对光的感知是无意识的，它才会如此强烈地影响我们的感觉。灯光设计是否优秀总是取决于外界的评价，就像布景、服装和导演一样。一个事件的视觉呈现试图告诉观众，舞台上正在发生什么，并引起观众在情感上的共鸣。如果照明设备被完美地操控，光就可以成为一个独立的实体，构成一个不同的表现方式。只有当照明、导演和布景开始协同工作时，整个作品的构思才会变得清晰。

灯光设计是一个专业，我们应该了解这个非常特殊和不为人所熟悉的职业，以及它所提供的经验。我不能否认本书介绍的技术会迅速地被新的技术所取代，但是，尽管灯光技术会不断地向前发展，舞台照明的普遍原则却仍然适用。技术指导应该随技术的革新而革新，而不应成为技术发展的束缚。

“创意灯光”的活动不仅局限于单一的目标，而需进一步考虑包括三个相关因素：

- 常规技术
- 专业知识
- 创造性

灯光设计的艺术性是与自然的光学原理结合在一起的。物理原理会限制技术的可能性，这意味着灯光的创造性设计需要形成一个协调发展的整体构思。在进行灯光设计时，需要考虑各方面因素。

看得见的效果首先取决于所用灯的种类，但最重要的不是采用多少种灯，而是如何安排它们的照明

顺序。完整的灯光场景通常由许多独立光源组成，首要任务是合理安置和排序。现代照明工业所提供的各种设备，能够很好地呈现梦幻般的视觉效果。

当选择光的特性时，我们需要考虑几个从根本上不同的标准。仅仅决定光的特性是不足以形成一个戏剧舞台灯光的设计构思的，它还应包括各种光和色彩组合的对比。例如，明亮、清晰、表面粗糙的照明可以被视为与情绪变化表现微妙的照明形成对比；而活跃、高对比度、节奏性增强的灯光场景可以被视为与宁静、朦胧、柔和的灯光场景形成对比。此外，我们还应考虑，设计构思中是否应包括阴影效果？是否需要采用暗示性光线？使用亮色调而非柔和色调的灯光是否合适？不同色温的光源是否应混合使用？额外增加的设计是否会帮助实现预期效果？负责灯光的戏剧舞台员工对灯光设计构思的理解程度如何？

剧场的日常运作肯定无法给予每个灯光专业人士足够的时间去考虑所有这些问题。但重要的是，他应该知道这些问题会直接影响到他的工作，即使简单照明也能满足戏剧要求。导演和舞台设计师对舞台灯光认识的关键，不在于使用多少灯和灯光的变化，而是理解灯光设计所依据的体系和理论。

演出保留剧目的戏剧舞台，如大多数德语戏剧舞台，由于其特殊的人员结构，对于灯光设计人员的需求特别强烈。在盎格鲁-萨克逊戏剧世界，艺术灯光设计得到了很大程度的发展，舞台灯光被分成了两套完全独立的班子。一个班子负责技术，一个班子负责艺术工作。这种情况不应（也不会）被复制。但技术要求的比重不能超过艺术所占的比重，它们应通过各自特殊的诠释方式来表现戏剧舞台艺术。因此，灯光设计专业人士需要完成各



种密集的任务：协调技术方面、组织方面和艺术方面的事宜。这经常导致人们对这项重要工作的误解，因此我们很有必要对舞台灯光设计做一下简要的注释。

灯光负责人通常负责人事管理、日常组织和购买材料——但主要负责灯光艺术设计，尽管有时培

训和考试并不能让他获得足够的知识储备。很少有人关注这个事实，即他真正的主要工作——为舞台、大型演出、电影和电视构思与设计灯光——对最终的结果起到了至关重要的作用。

但是，另一种见解正从戏剧艺术中流行开来。现在的舞台灯光设计

已经成为一门公认的艺术，灯光设计在建筑、广告和动画中的地位也是如此。通过光来引导、增强感觉和情境已经成为当前的视觉趋势和观察事物的方式。灯光部门的负责人还没能通过必要的培训，使自己处在能紧跟这一变革的最佳位置。

不过那些从事专业培训的人正

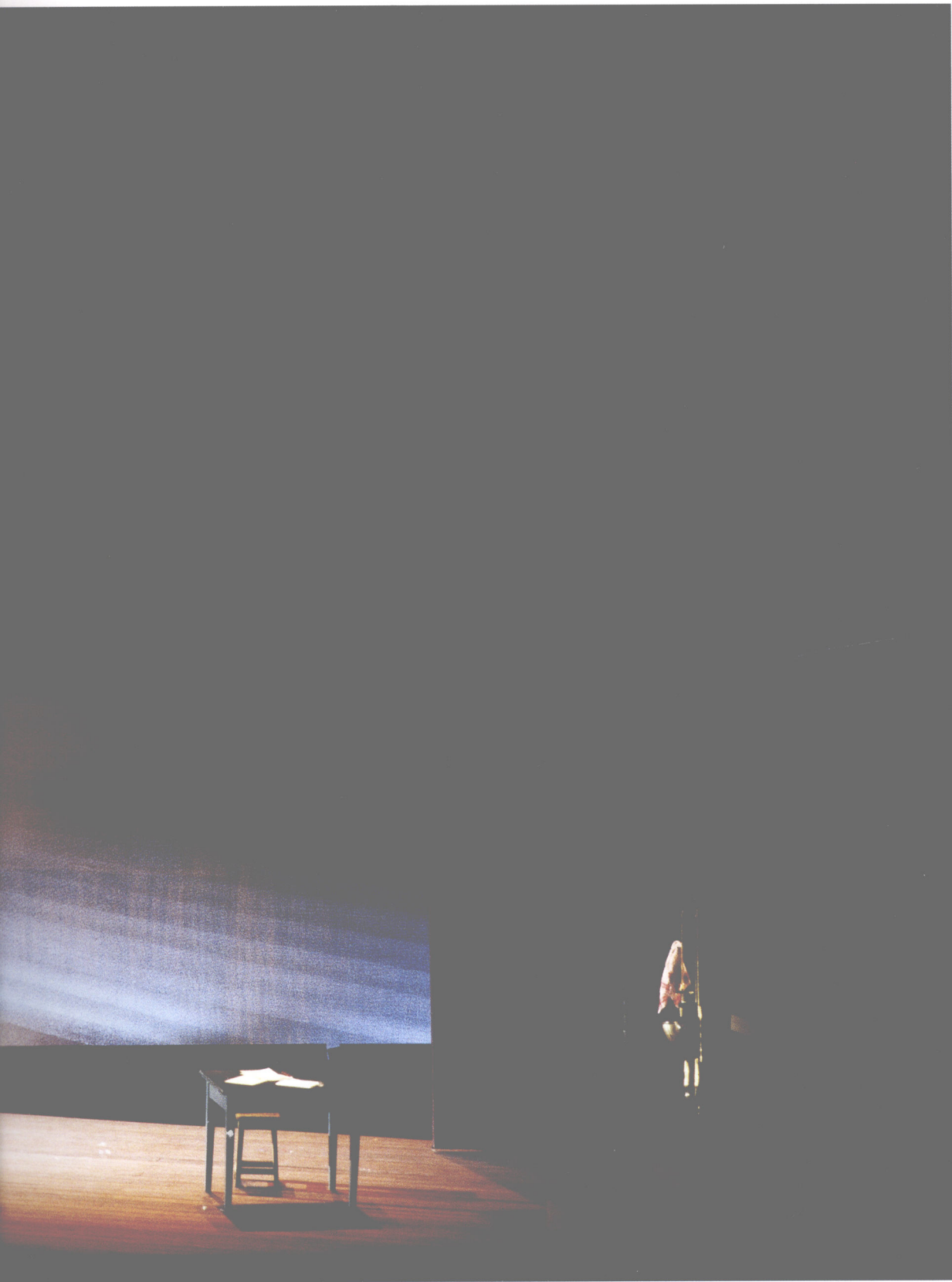


图3 菲利普·波斯曼斯 (Philippe Boesmans)
《轮舞》
导演: 卢克·邦迪 (Luc Bondy)
舞台设计师: 埃里奇·旺德 (Erich Wonder)
皇家马内歌剧院, 布鲁塞尔, 1993年。

努力与时俱进, 为灯光设计师和被描述为“技术专家”的新职业设置专门的课程。

灯光设计师不能自行评估自己的工作。没有人愿意由自己来决定如何评价自己的工作——对工作成果的评价必须来自与他一起工作的人。那些灯光部门的负责人应该认识到, 他们的工作不是“照本宣科”, 而是把他们自己作为艺术和技术的协调人。只要拿出敬业精神, 任何反对的声音都会瓦解, 唯一的评判标准是最后呈现出的效果。

光的色彩效果是如此强大, 它的运用是如此多样化。这也使得灯光设计师专业成为一个实践性专业。为视觉效果创造空间, 通过视觉形式传达设计构思, 应该是灯光专业人士的第一关注点。灯光设计的创造性意味着它需要不断创新。就像阿道夫·阿庇亚 (Adolphe Appia) 和马利亚诺·弗图尼 (Mariano Fortuny) 解决了舞台道具混乱的问题, 洛伊·富勒 (Loie Fuller) 在世纪交替之际用她的舞蹈为舞台增加了前卫色彩一样, 我们应该有选择地运用现代技术, 结合精致的灯光和色彩, 来表现设计构思。各种灯具和二向性色彩的引入可以激发舞台设计的创造性, 进而将我们引向完全不同的视觉体验。毫无疑问, 人造光是一项专业技术, 它应该是不断试验和测试的结果, 同时也是一门新的艺术。

光为我们的艺术创造提供了无限的可能性, 每个专业人士都能够借助光这个媒介的超凡魔力, 通过印象、感觉和气氛来为戏剧舞台艺术增光添彩。但我们应时刻记住让·科蒂埃 (Jean Cocteau) 的一句话: “所有灯发出的光都不应亮过演员心中的光芒。”



图4 沃尔特·德·马利亚（Walter de maria）于1977年在墨西哥南部完成了他的大地雕塑作品《闪电的原野》。400根尖头不锈钢杆被安插在1千米×1英里的区域里，每根杆子彼此间距76.05m（每列16根，每行25根）。杆子的高度一致，离地面6.25m。通过金属杆的电流，成就了与自然力量的对话，产生了变幻无穷的愤怒的闪电。



图5 自然界的闪电以100000km/h的速度直击地面，温度高达15000°C（是太阳表面温度的2.5倍），同时带来300MV、300kA的电流。

光能让我们看见事物，但它本身并不可见。所以什么是光？这在古代和现代都是一个基本问题。希腊哲学家各种关于光的寓言把白昼和光等同于真实和美丽，这种真实和美丽不是我们的审美感觉做出的判断，而是作为神一样的完美，作为形而上的客观美。而人造光源无法完全照亮事物，因而它也不能呈现出事物真正的美丽和超凡的完美。纪念酒神狄俄尼索斯的庆祝活动会持续整个白天，并使用自然光。希腊的剧院也很简朴：配备最简单的舞台布景，剧场建筑也简单地由一面石墙和3个入口组成，闪电是画上去的，黑色的幕布代表夜晚。但是神——众所周知的“解围之神”——总会通过戏剧舞台机关以一种令人惊异的方式出现。

罗马剧场（罗马建筑也是如此）最初也是借鉴了希腊的剧场，从作为宗教仪式的补充开始，发展到表演和娱乐的各种形式。为了呈

现火光，罗马人不惜在露天的舞台上燃烧整个木制房屋，并在舞台里留下火烧后的坑。在帝国时代后期，剧场经常成为华丽的宫廷仪式的一部分，频繁地在室内、在晚上举行活动，这样就需要大量的油灯、蜡烛和火把。但关于当时舞台照明的记录却一点也没有留下。

中世纪的剧场会举行各种宗教和非宗教的活动，但剧场中并没有特别的照明方式。演出的主要地点是教堂或大型城市广场，既演出宗教剧和神秘剧，也演出滑稽剧和哑剧——喜剧的前身，演出几乎都在白天进行。

中世纪的基督徒追溯古代宗



图6 实验室模拟闪电。40kV的瞬间放电，长30cm。