

照·明·工·程·先·进·技·术·丛·书

 Springer

道路照明

—— 理论、技术与应用

Road Lighting: Fundamentals, Technology and Application

[荷] 乌特·范波莫 (Wout van Bommel) 著

王珅 译

最近几十年来,科学家们在视觉和光的生物功能等方面的研究取得了丰硕成果。固态照明光源(LED)的出现,为道路照明设计带来了无限可能性。Wout van Bommel教授根据他自身的研究成果,撰写出版了此书。书中详尽阐述了现代道路照明的基本原则,并且使读者懂得如何在现实中运用这些原则。——周太明 复旦大学光源与照明工程系教授、《光源原理与设计》作者、上海汽车工程学会理事、中国照明学会交通运输照明和光信号专业委员会主任

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

照明工程先进技术丛书

道路照明—— 理论、技术与应用

[荷] 乌特·范波莫 (Wout van Bommel) 著
王 琨 译

机械工业出版社

Translation from English language edition:

Road Lighting: Fundamentals, Technology and Application

by Wout van Bommel.

Copyright © 2015 Springer International Publishing

Springer International Publishing is a part of Springer Science + Business Media.

All Rights Reserved.

本书由 Springer 出版社授权机械工业出版社在中国境内（不包括香港、澳门特别行政区以及台湾地区）出版与发行。未经许可之出口，视为违反著作权法，将受法律之制裁。

本书中文简体字版由机械工业出版社出版，未经出版者书面允许，本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。版权所有，翻印必究。

北京市版权局著作权合同登记 图字：01-2015-5786 号。

图书在版编目（CIP）数据

道路照明：理论、技术与应用/（荷）乌特·范波莫（Wout van Bommel）著；王坤译．—北京：机械工业出版社，2017.6

（照明工程先进技术丛书）

书名原文：Road Lighting: Fundamentals, Technology and Application

ISBN 978-7-111-56608-3

I. ①道… II. ①乌… ②王… III. ①公路照明—照明技术 IV. ①U491.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 080463 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：顾 谦 责任编辑：顾 谦

责任校对：张 薇 封面设计：马精明

责任印制：李 昂

三河市国英印务有限公司印刷

2017 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·18.75 印张·350 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-56608-3

定价：99.00 元



凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线：010-88361066

机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-68326294

机工官博：weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网：www.golden-book.com

教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

本书分为三部分：第1部分 道路照明；第2部分 光污染；第3部分 隧道照明。

书中从光源、灯具、道路、人眼视觉等角度入手，重点介绍道路照明、光污染控制以及隧道照明相关的理论原理、应用技术、视觉功能以及国际标准建议等，还包括了道路照明的设计、计算、测量以及使用维护等方面的技术知识。本书既可作为实际工作中的工具手册使用，又可作为深入理解相关知识的学习阅读书籍。

本书可供道路照明设计师、工程师、城镇规划师、交通工程师、环境专家以及灯具开发生产厂商和照明专业的师生参考使用。

序

乌特·范波莫 (Wout van Bommel) 教授是国际知名的照明权威。他在飞利浦照明公司工作了 35 年, 是飞利浦照明公司的主要负责人之一, 担任过飞利浦国际照明设计应用中心 (LiDAC) 总经理。2003 ~ 2007 年任国际照明委员会 (CIE) 主席。2004 年被复旦大学聘为顾问教授。在 1980 年, 他 (第一作者) 与 J. B. 德·波尔 (J. B. de Boer) 教授合著了《Road Lighting》(道路照明) 一书。2014 年他又将该书修订再版。现在他正在撰写《Interior Lighting》(室内照明) 一书。

20 世纪 80 年代初我国开始改革开放, 经济快速发展。交通运输是国民经济的大动脉, 道路照明成为关注点。《道路照明》一书就成为很多照明学者的启蒙教材。1990 年林贤光和李景色两位教授将该书译成中文, 使更多的照明工程师有了宝贵的参考书, 并将学到的知识应用于我国道路照明实践中。

最近几十年来, 科学家们在视觉和光的生物功能等方面的研究取得了丰硕成果, 为高效节能道路照明的设计规范奠定了基石。道路照明技术一直与光源灯具技术、交通车辆技术同步发展。固态照明光源 (LED) 的出现, 为照明设计带来了无限可能性。在世界道路照明科技飞速发展的形势下, Wout van Bommel 教授根据他自身的研究结果, 重新撰写出版了《道路照明——理论、技术与应用》一书。书中详尽阐述了现代道路照明的基本原则, 并且使读者懂得如何在现实中运用这些原则。

在得知新书出版的信息后, 国内有好几位青年学者争相将其译成中文。后来从 Wout van Bommel 教授处获知, 复旦大学光源与照明工程系毕业的王坤早就与教授预约好了。王坤从复旦大学毕业后在荷兰埃因霍温理工大学 (Technische Universiteit Eindhoven) 取得了智能照明硕士学位。他曾于飞利浦欧洲研究院负责虚拟窗户概念产品的开发与相关人机交互体验理论的研究。并在国际期刊上发表了多篇相关论文。后于 Eldoled B. V. 公司担任应用技术经理, 现回国于 IHS 公司担任照明与 LED 高级分析师。在我系学习期间, 他也是 Wout van Bommel 教授的学生, 并深得教授赏识。在教授的亲自指导下, 他花了近两年的业余时间完成了本书的翻译。

对于 Wout van Bommel 教授, 我十分敬重。从他那里不仅学到很多照明知识, 而且他的为人也是我学习的榜样。所以, 我能为这本中译本作序, 深感荣幸。我相信这本书将会对照明界的同仁们有不少帮助。

周太明

译者序

从一定程度上,一个国家的道路建设水平会直接关系到其经济发展的水平。既有高速公路与国道等承担起经济大动脉的作用,又有较低等级的公路连通家家户户。我们国家在最近的几十年来取得世界瞩目的经济成就,与道路建设的大力推动是分不开的。目前,我国已经建设了超过 450 万 km 的公路,其中高速公路里程超过 12 万 km。随着国民财富的增加以及经济发展的需要,未来我国的汽车保有量将与公路里程一起,继续保持高速的增长。

道路照明是道路交通的重要组成部分。在夜间,良好的道路照明能保证安全、高效的道路通过能力以及运输能力。在提高道路经济效益的同时,还需要保证驾驶员在夜间驾驶时的舒适性与安全性。在过去的数十年内,国内外相关的研究机构进行了许许多多项的实验,以理论与实验结果相结合,提出了多项以驾驶舒适性与安全性为目的的标准与建议。之后随着 LED 光源技术以及照明人体工效学的迅速发展。道路照明的技术也需要及时地根据新的技术和理念进行更新。

我们面前的这本《道路照明——理论、技术与应用》,是 20 世纪 80 年代“飞利浦技术丛书”中 Wout van Bommel 与 J. B. de Boer 教授所著《道路照明》的延续,继承了该书中精确严谨的论述风格,但又对内容几乎进行了全面的更新。书中从道路照明、光污染控制、隧道照明三方面入手,由浅入深,对 30 多年来道路照明技术的科研成果以及实践经验进行了概括和总结。对于城市规划师、建筑师、照明设计师、灯具设计师以及相关专业的学生都是一本极为难得的参考书。

本书的作者 Wout van Bommel 教授是现代道路照明科学的知名专家与重要奠基人之一,也是《道路照明》一书的主要作者。他在飞利浦照明公司工作超过了 35 年,并担任主要负责人。他于 2004 ~ 2007 年曾经担任国际照明委员会(CIE)主席。他的研究成果为现代的照明技术做出了十分重要的贡献。

Wout van Bommel 教授是译者多年的恩师挚友,三年前得知他正在写作本书,译者提出应该将未来的这一本权威性著作分享给中国的广大道路照明工作者们,教授欣然同意,并将本书交予译者进行翻译。经过两年多的独立翻译工作,终于可以将本书呈现于读者的面前,Wout van Bommel 教授与译者都十分激动。希望本书能够为我国将来的道路照明建设事业与理论研究添砖加瓦。

虽然在翻译过程中得到 Wout van Bommel 教授的大量亲自指导,但是限于水平与时间,译文中的谬误在所难免,恳请读者谅解并批评指正,更希望读者能够

深刻理解书中的理论，并结合当地的实际情况，将其灵活地运用到我国的道路照明建设中去，并在实践中总结出新的经验与理论，以促进我国蒸蒸日上的道路照明事业，并推动我国先进道路照明理论研究的进步。

在此我要向本书的作者 Wout van Bommel 教授表达衷心的感谢，感谢他在古稀之年仍然不辞辛劳，为道路照明科技事业著书立说，培养专业人才。他的为人与学识是我终生学习的榜样。本书在翻译过程中得到了施普林格出版社和复旦大学周太明教授的支持，以及机械工业出版社顾谦编辑的大力帮助，谨此一并表示深深感谢！

王坤

2017 年 2 月于上海

原 书 前 言

这是我写作的有关道路照明的第二本书。之前在1980年我与J. B. de Boer教授合著了威科(Kluwer)出版社“飞利浦技术丛书”其中之一,书名也是《道路照明》。自那以来,道路照明技术一直紧随着灯具与照明技术、交通与车辆技术,特别是能源环境观念变化发展的脚步。固态照明技术(LED)的出现,为设计能适应交通以及天气等不稳定环境的创新、可持续的照明工具带来了无限可能性。为了避免在设计过程中出现困难,对各种相关光源的典型特征,尤其是道路照明质量相关知识的深刻了解是十分必要的。世界上许多研究机构都开展了视觉相关的全新基础研究,以及视功能与视舒适相关的全新应用研究,现在这些研究成果已经为高效节能可持续的道路照明设施的设计规范奠定了基石。

本书对道路照明这一主题提出了彻底全新的方式方法,其目的在于阐述现代道路照明的基本原则,使读者对主题背景有一定的掌握,并且了解如何在现实中运用这些原则。

本书共分为3个部分。第1部分讨论了机动车以及居民、行人、骑车者所使用的露天道路的照明。第1章探讨了道路照明的目的,包括中间视觉与眼球老化,还有视功能以及视舒适。这部分中面对的主要问题是交通安全、人身安全以及主观愉悦感。在接下来的一些章节中,描述了良好充足道路照明应符合的相关照明标准,同时展示并讨论了欧洲、美国以及国际通用的道路照明标准以及建议。之后,从实际性能与特点方面回顾了多种光源与灯具,其目的在于帮助选择适用于各种应用场合的照明设备。道路表面作为向道路使用者反射光线的重要组成部分,也必须被作为道路照明设施的一部分来看待。因此,路面反射特性被列入“设备”章节进行讨论。“设计环节”一章在理论与实践之间建立了纽带,并且为读者提供了有效照明设计所需的相关知识。除了照明产品厂商之外,此章中还探讨了照明设计师也应当考虑的道路照明可持续性。本部分的最后一些章节主要介绍了道路照明的计算与测量方法。

本书的第2部分完全着重于光污染的探讨。照明不仅仅照亮了该照亮的区域,同时也将光线不受控制地散布至周边环境以及天空,这对社会造成了一定干扰。这里描述了光污染对居民、机动化交通以及慢速交通,还有天文学家、野生动物和自然植被所带来的干扰影响,并且解释了为控制光污染所采用的分区以及“宵禁”策略,此外,还定义了相关照明标准,使得照明工程师以及照明设计师可以确保照明设施的光污染符合规范。本部分列出并讨论了欧洲、北美以及国际

上就控制光污染所使用的标准以及建议。第2部分的最后一章介绍了特别适合光污染控制的照明设备，同时此章还提供了光污染控制相关的实用设计指南。

本书第3部分也是最后一部分，其主题是隧道以及地下通道的照明。这一部分的结构与第1部分非常相似。其中的一些章节讨论了该主题的目的、视功能的基础理论以及隧道照明的照明标准和建议。总结章节介绍了隧道照明的设备以及隧道照明的设计环节。

本书的适用读者群体不仅仅是道路照明设计师、市政机关工程师或政府机构，还是照明设计专业的学生，对于城镇规划师、交通工程师以及环境专家而言，本书也颇具吸引力，同样，对光源灯具制造商也是如此。

在此，我向出色完成了翻译工作的译者王坤表示深深的谢意，我多年前与他相识于复旦大学，之后他来到荷兰我的母校进一步深造，并在我国参加工作至今。这使得我们有大量机会就本书以及照明技术进行探讨，从而保证了本书中文版的优秀质量。

Wout van Bommel

机构名称缩略语

ANSI	American National Standards Institute	美国国家标准学会
CEN	European Normalization Commission	欧洲标准化委员会
CIE	International Lighting Commission	国际照明委员会
DOE	Department of Energy (USA)	美国能源部
EC	European Commission	欧洲委员会
GLF	Global Lighting Forum	全球照明论坛
IAU	International Astronomical Union	国际天文学联合会
IDA	International Dark sky Association	暗天空协会
IEC	International Electrotechnical Commission	国际电工委员会
IESNA	Illuminating Engineering Society of North America	北美照明工程学会
ISO	International Standardization Organization	国际标准化组织
PIARC	World Road Association	公路会议常设国际协会
Zhaga	International Consortium Developing Interface Specifications That Enable Interchangeability Of LED Light Sources	国际促进 LED 光源可互换规范发展联盟

目 录

序	
译者序	
原书前言	
机构名称缩略语	

第1部分 道路照明

第1章 道路照明的目标与效益	2
参考文献	4
第2章 基本的照明特性	5
2.1 机动车交通的路面亮度	5
2.2 针对行人、骑车者与居民的照度	7
2.2.1 水平与半球面照度	7
2.2.2 垂直与半柱面照度	7
参考文献	8
第3章 机动车驾驶员的视功能	9
3.1 障碍物的反差	9
3.1.1 反差与反差阈值	9
3.1.2 道路照明的轮廓原理	14
3.1.3 反差与眩光	15
3.1.4 反差与垂直照度	18
3.2 阈值能见度	19
3.2.1 显示能力	19
3.2.2 总显示能力	22
3.3 超阈值能见度	24
3.3.1 能见度水平	24
3.3.2 小目标能见度	26
3.3.3 相对视功能	27
3.4 道路周边环境的能见度	29
3.5 交通车流	32
3.6 不利的天气状况	34
3.6.1 降雨天气	34
3.6.2 降雪天气	34

3.6.3 大雾天气	35
3.7 固定式道路照明与车灯	35
3.7.1 道路上物体的能见度	36
3.7.2 对面车辆的眩光	37
3.8 人行路口	38
3.9 光流	40
3.10 照明、大脑活动与警觉性	41
参考文献	42
第4章 驾驶员的视舒适	45
4.1 照明水平	45
4.2 均匀度	46
4.2.1 纵向均匀度	46
4.2.2 亮度梯度	47
4.3 眩光	47
4.3.1 不适眩光	47
4.3.2 光谱与不适眩光	49
4.3.3 眩光变化带来的不适感	50
4.3.4 LED 与不适眩光	51
参考文献	52
第5章 行人、骑车者与居民的视功能、视舒适与愉悦感	54
5.1 视功能	54
5.1.1 人身安全	54
5.1.2 社区安全	55
5.1.3 视觉方向感与导向性	59
5.2 视舒适与愉悦感	60
5.2.1 空间亮度	60
5.2.2 光的色彩质量	61
5.2.3 不适眩光	61
5.2.4 日间的影响	62
5.3 照明水平、均匀度以及眩光控制	62
参考文献	63
第6章 中间视觉	65
6.1 眼睛的光谱灵敏度	65
6.2 清晰视觉与周边视觉	67
6.3 光源的 S/P 比值	69
6.4 适应亮度	70
6.5 光度学数值的修正系数	71
6.5.1 周边视觉任务表现	71
6.5.2 明亮程度	73
参考文献	74

第7章 年龄的影响	76
7.1 年龄与视觉机制	76
7.2 年龄与视功能	80
参考文献	81
第8章 照明质量参数	82
8.1 机动车交通	83
8.1.1 照明水平	83
8.1.2 均匀度	83
8.1.3 道路周边的照明	84
8.1.4 眩光限制	85
8.1.5 小结	85
8.2 行人、骑车者与居民	85
8.2.1 照明水平	85
8.2.2 均匀度	86
8.2.3 周边环境的照明	86
8.2.4 眩光限制	86
8.2.5 小结	87
8.3 光线的光谱	87
参考文献	88
第9章 标准与建议	89
9.1 CIE 的建议	89
9.1.1 机动车车道的照明	89
9.1.2 冲突区域的照明	91
9.1.3 行人以及低速交通的照明	91
9.1.4 光线的光谱	93
9.1.5 自适应照明	94
9.2 欧洲标准	94
9.2.1 机动车交通道路的照明	94
9.2.2 冲突区域的照明	95
9.2.3 行道以及低速交通的照明	95
9.2.4 光线的光谱	96
9.2.5 自适应照明	96
9.3 北美标准	97
9.3.1 机动车道路的照明	97
9.3.2 路口的照明	98
9.3.3 行人区域以及自行车道的照明	98
9.3.4 人行路口	99
9.3.5 光线的光谱	99
9.3.6 自适应照明	99
参考文献	100

第 10 章 设备：光源与控制器	101
10.1 性能特点	102
10.1.1 光源特性的调查	102
10.1.2 系统光效	103
10.1.3 使用寿命与光衰	104
10.2 气体放电灯	105
10.2.1 原理	105
10.2.2 低压钠灯	107
10.2.3 高压钠灯	108
10.2.4 管状荧光灯	110
10.2.5 紧凑型荧光灯	111
10.2.6 无极灯	112
10.2.7 高压汞灯	114
10.2.8 金属卤化物灯	115
10.3 固态光源	118
10.3.1 原理	118
10.3.2 LED	121
10.4 控制器	125
10.4.1 气体放电灯的辉光启动器	125
10.4.2 气体放电灯的镇流器	126
10.4.3 LED 的驱动器	128
10.4.4 调光器	129
10.4.5 功率质量	130
10.4.6 电磁干扰	132
参考文献	132
第 11 章 设备：灯具	134
11.1 光度学特性	134
11.1.1 光分布与光输出比	135
11.1.2 灯具等级	138
11.2 光学特性	140
11.2.1 反射器	140
11.2.2 折射器与透镜	142
11.2.3 漫透射器	142
11.3 机械特性	142
11.3.1 材料	143
11.3.2 强度	143
11.3.3 灰尘与潮湿的防护	144
11.3.4 安装与维护	145
11.4 电气特性	145
11.5 热学特性	145

11.6 安全认证	146
11.7 美观性	146
11.8 智能灯具	146
参考文献	147
第 12 章 设备: 道路表面	148
12.1 道路表面反射表	148
12.2 描述系统	151
12.3 分级系统	153
12.4 光线光谱的影响	156
12.5 潮湿路面	157
12.6 Q_0 与视功能	159
12.7 反射性数据的获取	160
12.7.1 实验室的测量	160
12.7.2 现场的测量	161
12.7.3 材料与建造方法的比较	161
参考文献	161
第 13 章 设计环节	163
13.1 照明布置	165
13.1.1 有效的道路宽度	165
13.1.2 单侧布灯	165
13.1.3 双侧交错布灯	167
13.1.4 双侧对称布灯	167
13.1.5 中央布灯	167
13.1.6 中央对称布灯	167
13.1.7 不规则布灯	168
13.1.8 中央悬链式布灯	168
13.1.9 高杆照明	169
13.2 安装高度与灯具间距	170
13.3 视觉导向性	170
13.4 糟糕天气下的照明	172
13.4.1 潮湿天气	172
13.4.2 大雾天气	174
13.4.3 降雪天气	175
13.5 维护性	175
13.6 照明控制	178
13.7 光污染	180
13.8 可持续性	180
13.9 总体规划	181
参考文献	182
第 14 章 计算与测量	183

14.1 常用计算方法	183
14.1.1 计算点	183
14.1.2 观察者位置	185
14.2 测量	187
14.2.1 光传感器	188
14.2.2 灯的测量	192
14.2.3 灯具的测量	193
14.2.4 道路表面的测量	196
14.2.5 照明设施的测量	200
参考文献	204

第2部分 光污染

第15章 控制光污染的目的	206
15.1 正面与负面效应的平衡	206
15.2 干扰影响	207
15.2.1 居民	207
15.2.2 机动车交通与慢速交通	207
15.2.3 天文学者	207
15.2.4 野生动物	209
15.2.5 植物	210
参考文献	211
第16章 光污染参数	212
16.1 参数类别	212
16.2 照明设施相关参数	213
16.2.1 CIE 所使用参数	213
16.2.2 IDA - IESNA 所使用参数	216
16.3 受扰区域相关参数	218
16.3.1 CIE 所使用参数	218
16.4 小结	220
16.4.1 CIE 参数	220
16.4.2 IDA - IESNA 参数	221
参考文献	221
第17章 标准与建议	222
17.1 环境分区与宵禁	222
17.2 CIE 指南	223
17.3 欧洲标准	224
17.4 北美建议	225
17.4.1 IDA - IESNA 道路照明条例	225
17.4.2 IDA - IESNA 体育、区域以及建筑照明条例	226
17.5 光线的光谱	227

参考文献	228
第 18 章 设备以及设计环节	229
18.1 设备	229
18.1.1 光源	229
18.1.2 灯具	230
18.1.3 道路表面	231
18.1.4 照明控制系统	231
18.2 设计环节	231
18.2.1 满足功能性要求的设计	231
18.2.2 安装高度与朝向	232
18.2.3 嵌入式照明	232
18.2.4 光线的光谱	233
18.2.5 建筑与树木的遮挡	233
参考文献	233

第 3 部分 隧道照明

第 19 章 隧道照明的目的与效益	236
参考文献	237
第 20 章 视功能与驾驶自信感	238
20.1 隧道的分区	238
20.2 入口区	239
20.2.1 白天接近区的亮度	239
20.2.2 对称光束、逆光束以及前光束的照明	240
20.2.3 车流速度的影响	243
20.2.4 均匀场亮度概念	244
20.2.5 L_{20} 的概念	245
20.2.6 光幕亮度概念	246
20.2.7 入口区的长度	250
20.2.8 驾驶自信感	250
20.3 过渡区	252
20.4 隧道区	254
20.5 出口区	255
20.6 均匀度与眩光控制	255
20.7 闪烁	255
20.8 夜间照明	257
20.9 应急照明	257
20.10 短隧道与地下通道	258
20.10.1 机动车交通的短隧道	258
20.10.2 行人以及骑车者专用地下通道	260
参考文献	261