



国家科学技术学术著作出版基金资助出版

Photometry of 脉冲光度学 Pulsed Light

刘木清 等著



化学工业出版社



国家科学技术学术著作出版基金资助出版

Photometry
of **脉冲光度学**
Pulsed
Light

刘木清 等著



化学工业出版社

· 北京 ·

目前, LED已然成为照明领域的主流光源。LED容易且快速的开关特性使其在实际应用中常以PWM形式进行调光, 这时LED的输出光实际上是脉冲光。而传统的光度学理论并未回答脉冲光形式下的一系列光度学问题, 特别是亮度的表征、相加性、与光谱的关联性等。这就是本书的主要出发点。

全书共分为6章。第1章在介绍LED发展史、技术特点及与传统电光源相比的性能优势之上, 详细综述了基于LED的脉冲光视觉/非视觉效应的文献内容。第2章主要介绍了人体视觉系统, 包括视网膜、视皮层等的结构和功能等, 以及CIE光度学系统中光谱光视函数的定义与测量方法, 为定义脉冲光的视感函数搭建理论基础。第3章与第4章系统地阐述了脉冲光的视觉增强效应, 包括不同光电参数对视觉增强效应的影响, 及其相加性的研究, 以及基于此初步建立起的脉冲光光谱光视效率函数。第5章中, 则在上述研究之外, 对脉冲光的非视觉效应之研究成果也做出详细的阐述。最后在第6章中, 对脉冲光度学未来在农业、医疗等领域的学理研究及产业应用做出了展望。第3~5章是本书的主要部分, 总结了笔者团队近年来在该领域的主要科研成果。书中也吸收了该领域部分国际团队的研究成果。本书可供照明专业、光学专业的研究人员及师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

脉冲光度学/刘木清等著. —北京: 化学工业出版社, 2019. 8

ISBN 978-7-122-34476-2

I. ①脉… II. ①刘… III. ①光脉冲-光度学
IV. ①O432. 2

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第089987号

责任编辑: 袁海燕
责任校对: 刘颖

文字编辑: 向东
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装: 中煤(北京)印务有限公司
710mm×1000mm 1/16 印张10 彩插6 字数160千字 2019年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-64518888

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 88.00元

版权所有 违者必究

Photometry
of
Pulsed
Light

1991
1991

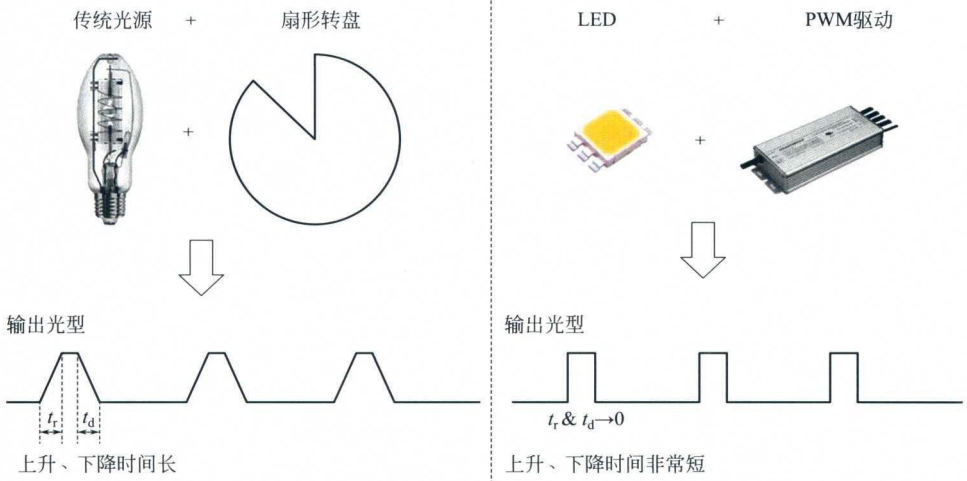


图 1-4 从传统光源到 LED——连续脉冲光成为全新的研究对象

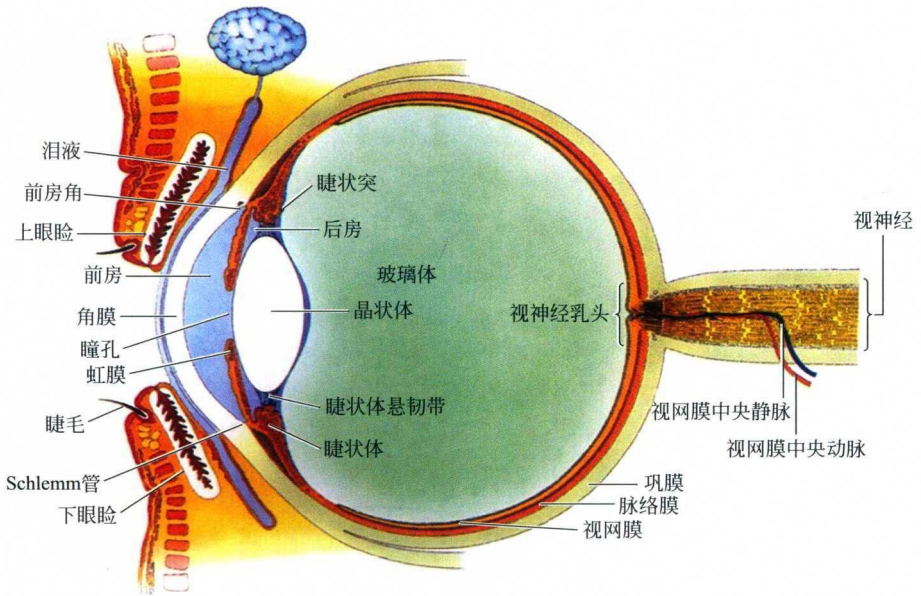


图 2-1 人眼结构示意图

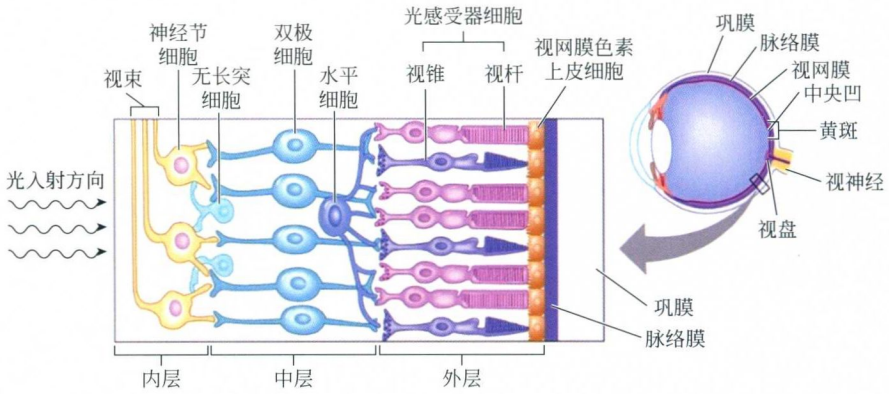


图 2-2 视网膜的多层网络结构 (©2011 Pearson Education, Inc.)

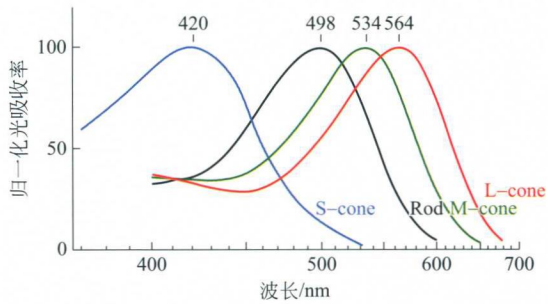


图 2-4 不同光感受器的相对光谱吸收曲线

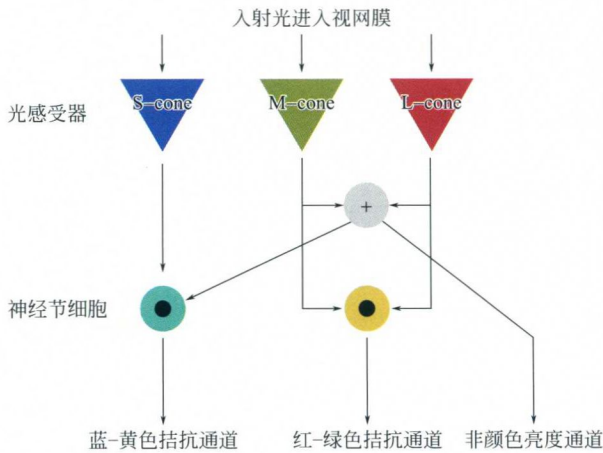
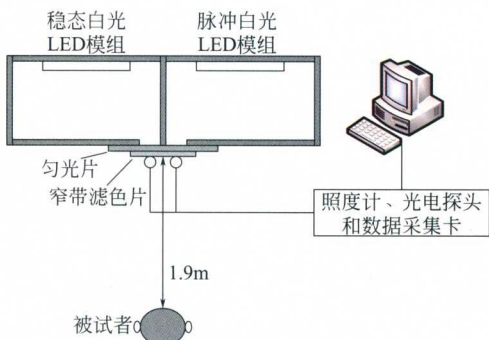
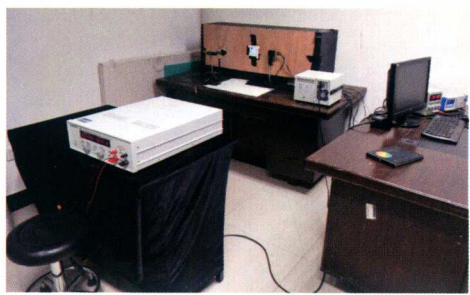


图 2-8 视网膜中的视觉通道 [34]



(a) 本研究自行搭建的实验平台示意图



(b) 搭建的实验平台实拍图

图 3-1 实验平台示意图及实拍图

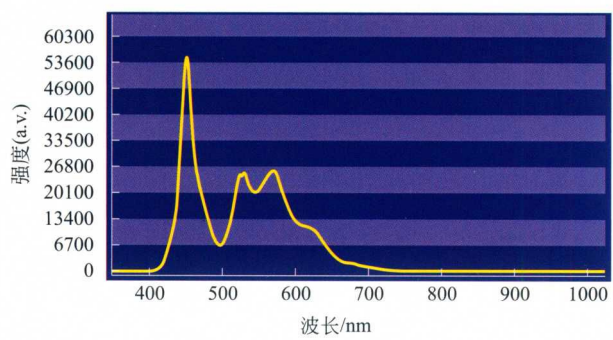


图 3-2 3500K 白光 LED 模组经 470nm LED 补光后的相对光谱功率分布



图 3-3 远方光电 WY605 直流稳流稳压电源



图 3-4 NF 波形发生器

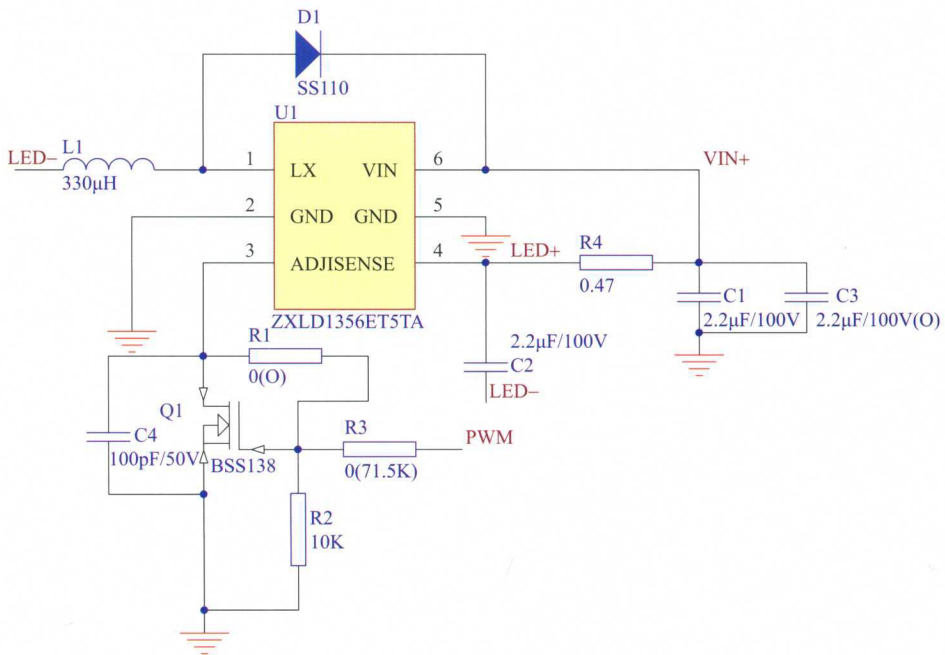


图 3-5 脉冲光模组驱动芯片电路原理图



图 3-6 用示波器测量得到的 WF1974 产生的 100Hz、10% 占空比的方波波形图



图 3-7 100Hz、10% 占空比的方波的上升时间小于 150ns

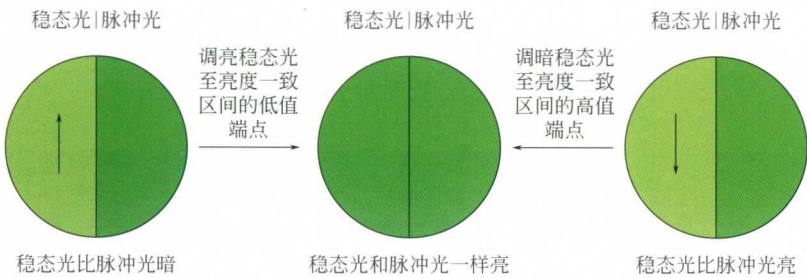


图 3-11 本实验方法中“视亮度一致”步骤说明

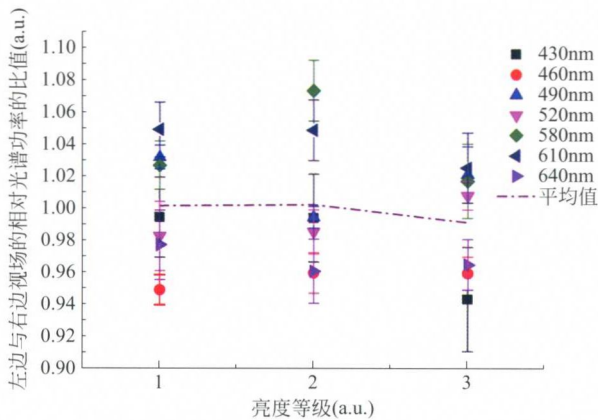


图 3-13 DC-DC 实验结果：当视亮度相等时，三个亮度等级下左右两边光线的物理强度比值均接近于 1

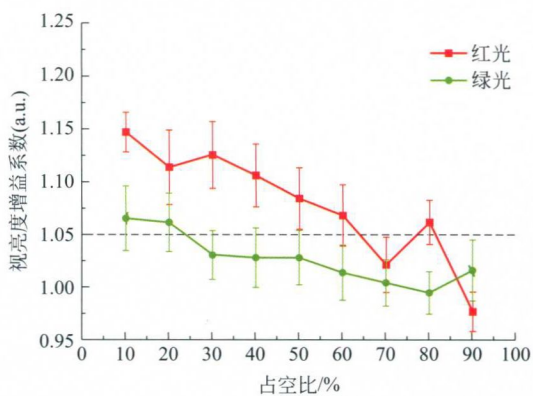


图 3-16 直流光与脉冲光的视亮度增益系数与占空比之间的关系

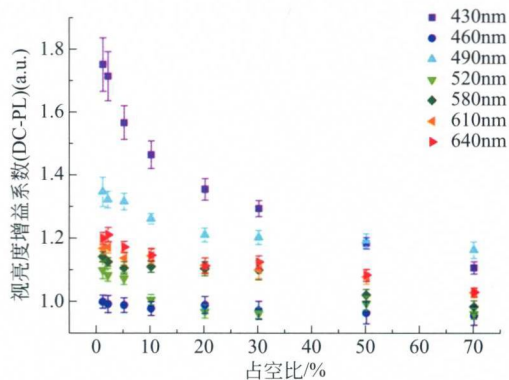


图 3-29 视亮度增益系数和占空比之间的关系

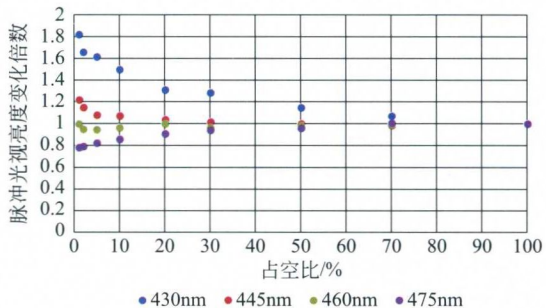


图 3-31 不同波长与占空比调制下的脉冲光视亮度增益系数

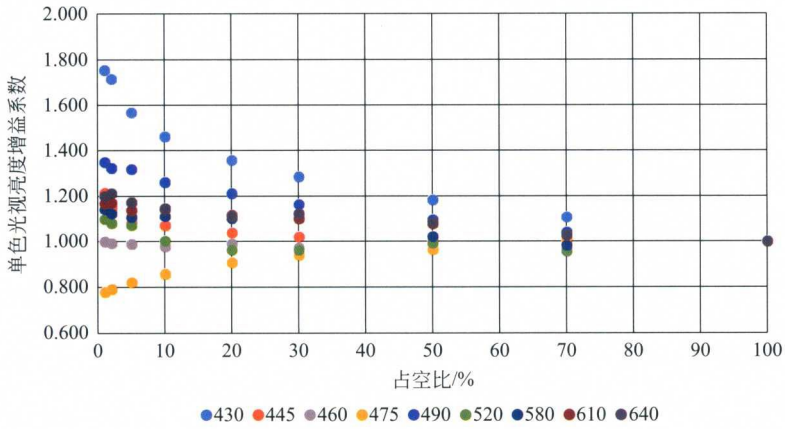


图 4-1 各个波长、占空比下视亮度实验结果总结

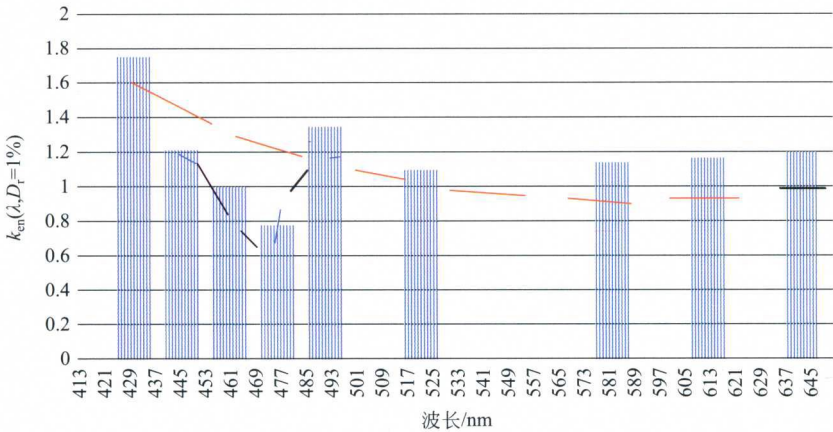


图 4-7 1% 占空比时的视觉增益系数观察

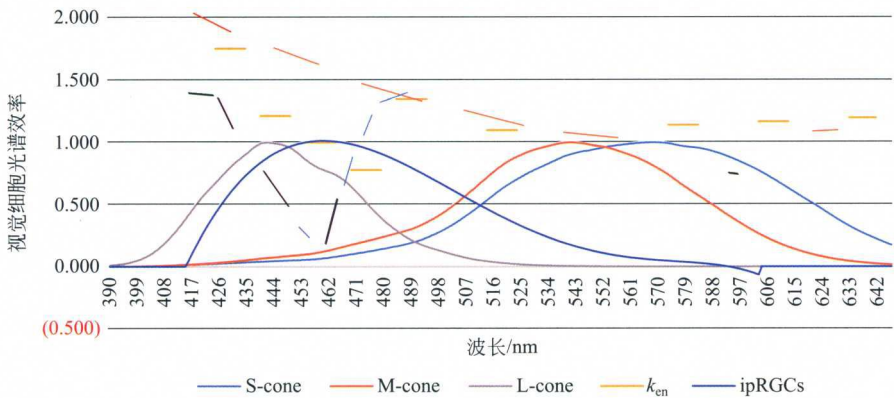


图 4-8 各种细胞的光谱视觉效率

昼夜节律(体温节律)

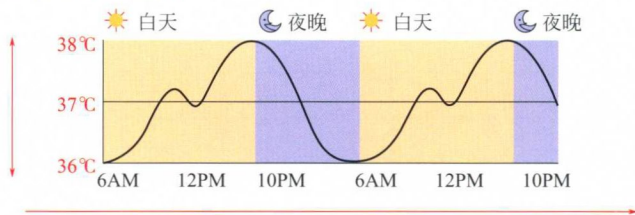


图 5-2 人体体温的昼夜节律变化

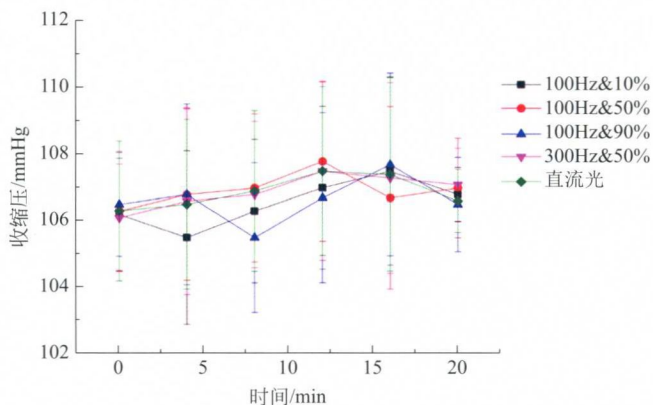


图 5-3 平均收缩压

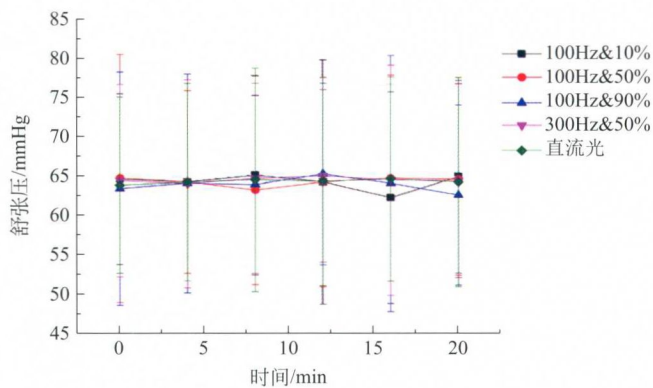


图 5-4 平均舒张压

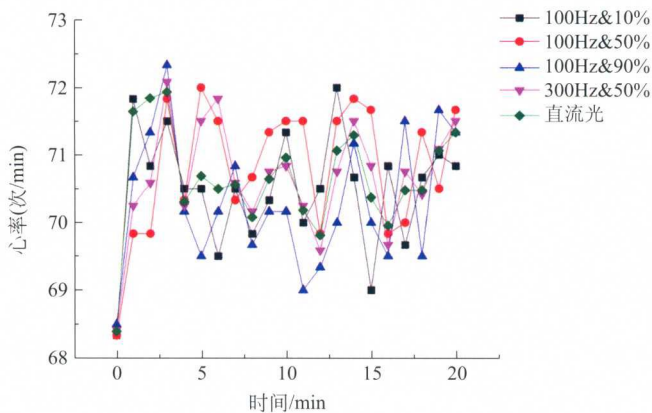


图 5-5 平均心率

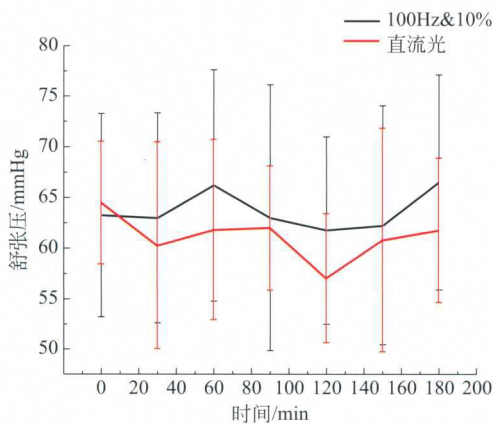


图 5-10 平均舒张压

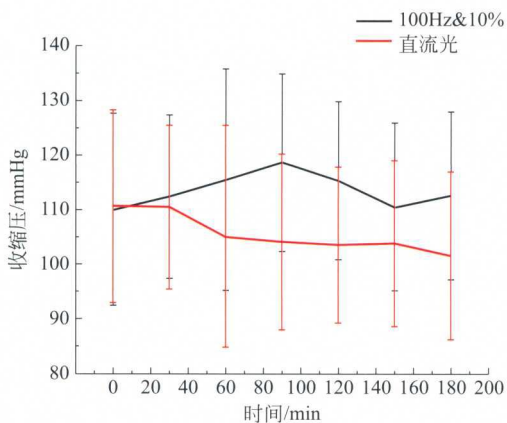


图 5-11 平均收缩压

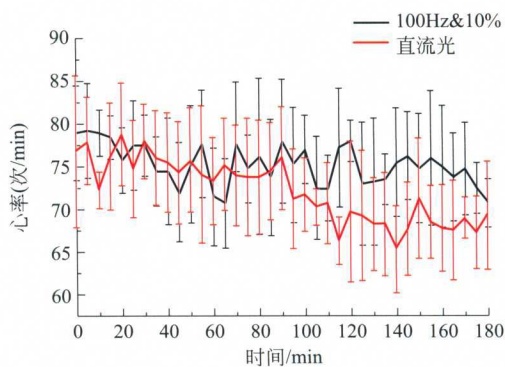
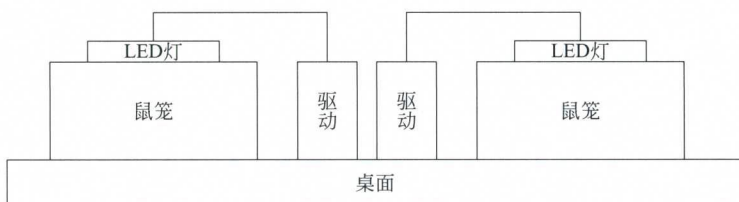


图 5-12 平均心率



(a)



(b)

图 5-15 实验装置示意图 (a) 与实物图 (b)

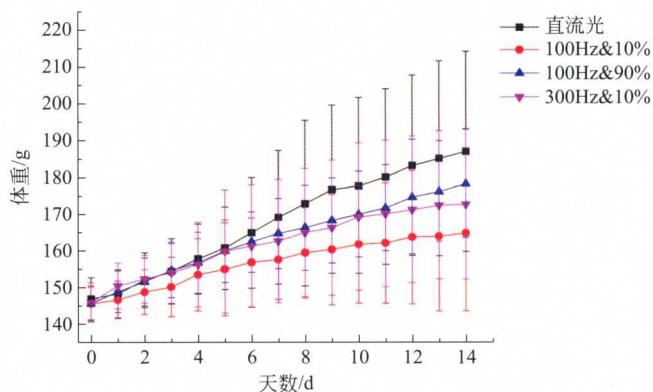


图 5-16 不同光照组下大鼠体重发育情况

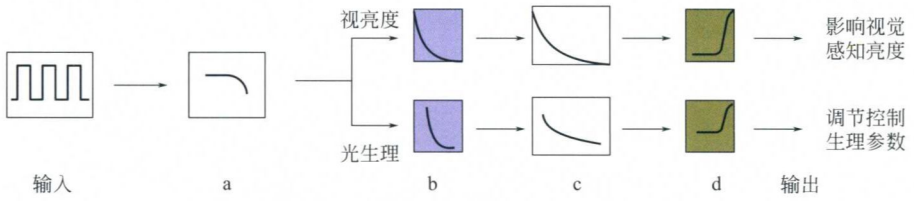


图 5-17 基于脉冲光研究的简化视觉照明感光模型

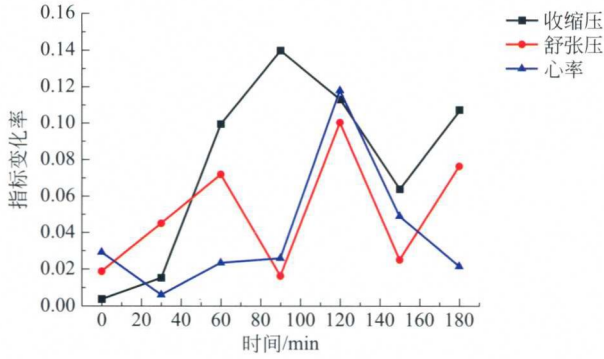


图 5-18 脉冲光长期照射下不同指标变化率情况

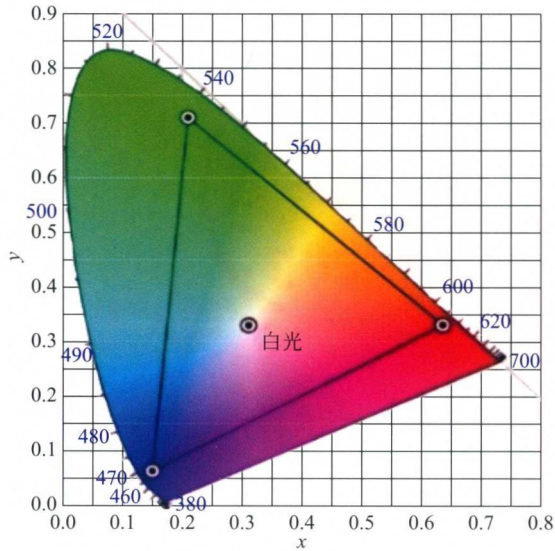


图 6-2 CIE 1931 色度空间三刺激值 $x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$ 函数

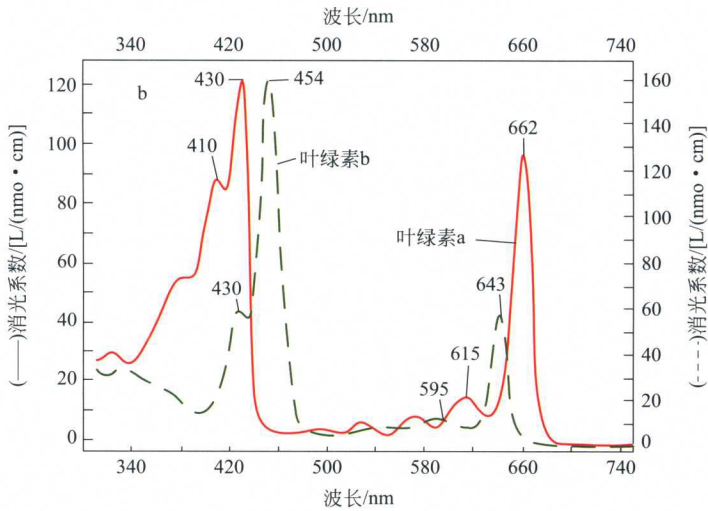


图 6-4 不同波长的光照对植物叶绿素形成的影响

光合作用中各种能量转变情况及反应时间

能量转变	光能	→ 电能	→ 活跃化学能	→ 稳定化学能
贮存能量	量子	电子	ATP、NADPH	CH ₂ O等
转变过程	原初反应	电子传递 光合磷酸化		碳同化
时间/s	10 ⁻¹⁵ ~10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰ ~10 ⁻⁴		10~100
反应部位	PS颗粒	类囊体膜		叶绿体间质

图 6-5 光合作用各个过程的反应时间

自 20 世纪 90 年代高亮度与高光效的蓝光技术产生历史性突破以来，LED 日渐受到世界上众多科技发达国家的高度重视，通过各自的国家科技计划推动其快速发展。目前，LED 已然成为照明领域的主流光源，它体积小、能耗低、亮度高、寿命长及易于调控等诸多优点使其成为 21 世纪最具发展前景的绿色照明光源。

随着 LED 在照明领域的不断推广，PWM (plus width modulation, 脉冲宽度调制) 调光技术的应用也越来越普遍。近年来，国内外多个研究团队发现人眼对脉冲光的视觉感知特性与直流光有所不同。同时，脉冲光是否会对人眼的视觉系统产生影响，以及是否存在视觉以及非视觉（生理）效应方面的作用也众说纷纭。此外，这些脉冲驱动给光源带来的有别于以往的不同特性，是否对于光度学、色度学的学科建立有所影响，更是有着重要的研究意义。鉴于此，笔者课题组基于以上诸项及其相关衍生研究提出了“脉冲光度学”这一新领域，并对其进行了多年系统而深入的研究，取得了一些具有创新性且不乏重要性的研究成果。在本书中对其作出系统阐释，试图使读者阅毕此书，对“脉冲光度学”这一课题有较为全面而详实的了解。

全书共分为 6 章。第 1 章介绍了 LED 的发展史、技术特点以及与传统电光源相比的性能优势，并详细综述了基于 LED 的脉冲光视觉/非视觉效应的文献研究现况。第 2 章主要介绍了人体视觉系统，包括视网膜、视皮层等的结构和功能等，以及 CIE 光度学系统中光谱光视函数的定义与测量方法，为本书中定义脉冲光的视感函数搭建理论基础。第 3 章与第 4 章则系统地阐述了脉冲光的视觉增强效应，包括不同光电参数对视觉增强效应的影响，其相加性的研究，以及基于此初步建立起的脉冲光光谱光视效率函数。第 5 章，除了上述的视觉研究的成果之外，脉冲光的非视觉效应之研究成果也做出详细的阐述。最后在第 6 章中，对脉冲光度学未来在农业、医疗等领域的学理研究及产业应用做出了展望。第 3~5 章是本书的主要部分，是笔者团队近