

融合医学与工程 服务医疗与设备

ISSN1674-1633  
CN11-5655/R

# 中国医疗设备

China Medical Devices (原名 医疗设备信息) 吴阶平题

◎ 专论

临床核磁共振成像的质量保证

CT能量成像技术的现状和未来

◎ 研究论著

基于小波变换的病灶心音信号识别

低场MRI头颅矢状位FSET2序列参数优化组合

◎ 医院数字化

医院数据中心迁移的实践与研究

实时交易“银医通”项目的设计与应用

◎ 临床影像技术

经直肠超声造影在前列腺穿刺活检中的价值

脑血管造影三维重组中的质量控制

# 2

2013年 第28卷 第02期

ISSN 1674-1633



9 771674 163131

02

· 荣获首届《CAL-CD规范》执行优秀期刊奖  
· 中国期刊全文数据库(CJFD)全文收录  
· 中国科技论文与引文数据库(CSTPCD)全文收录  
· 中国学术期刊综合评价数据库(CAJCED)全文收录  
· 中华医学会医学工程学分会会刊  
· 中国科技论文统计源期刊  
· 中国科技核心期刊



中华医学会  
医学工程学分会

中华医学会医学工程学分会会刊

主管单位：中华人民共和国卫生部  
 主办单位：中国整形美容协会  
 协办单位：中华医学会医学工程学分会  
 编辑出版：《中国医疗设备》杂志社  
 官方网站：www.China-cmd.org



中国科技论文统计源期刊  
 中国科技核心期刊  
 中国科技论文与引文数据库 (CSTPCD) 全文收录  
 中国期刊全文数据库 (CJFD) 全文收录  
 中国学术期刊综合评价数据库 (CAJCED) 全文收录  
 荣获首届《CAJ-CD规范》执行优秀期刊奖

**编委会：**

名誉主任：周丹

主任：张强

常务副主任：高关心

副主任：陈安宇 李斌 汤黎明 张锦

常务编委：(以姓氏拼音为序)

毕可良 蔡葵 陈冰 程述森  
 曹厚德 曹少平 杜伟业 方舸  
 付礼霞 葛毅 何文胜 姜凯  
 姜文 蒋红兵 刘刚 刘景新  
 刘曼芳 刘庭芳 刘亚军 罗宏  
 马胜琦 倪萍 彭明辰 钱英  
 邱杰 王爱杰 王国忠 王新焜  
 吴兵 许锋 张挽时 郑焜

编委：(以姓氏拼音为序)

蔡永前 曹德森 曹阳 陈长忠  
 陈传亮 陈乙尤 崔泽实 段光荣  
 段钟平 范平 费晓璐 冯骥  
 冯捷 冯靖祜 付海鸿 谷涌泉  
 郭赤 韩春雷 贺海东 胡斌  
 胡峻 胡亮 姜洪刚 姜瑞瑶  
 康少锋 李广武 李建国 李坤成  
 李枋 李小宝 李怡勇 李迎新  
 李勇 廖火平 连萱 刘健生  
 刘明瑜 刘庆 刘胜利 刘卫国  
 刘新平 刘延祥 刘勇 洛少民  
 罗天友 吕顺超 毛树伟 钱建国  
 钱明理 强永乾 沙宪政 沈晨阳  
 沈正海 孙晓伟 全青英 王丹  
 王国宏 王溪 王学军 王耀飞  
 王义辉 王志康 魏建新 韦哲  
 文剑 夏慧琳 谢松城 徐韬  
 徐志荣 姚继刚 严汉民 严勇  
 杨彦琴 殷恒基 于建国 张兵  
 张淳 张金葆 张力方 张树旺  
 张西亚 郑军 郑理华 周庆利  
 甄玉杰

海外编委：(以姓氏拼音为序)

陈式高 高伟 顾臻 胡小平  
 贾广 李琳 刘树谦 卢征峰  
 吕正荣 荣岫江 王成波 王瑞康  
 徐榭 姚海 杨健 于建新  
 岳宁 张立群 曾德兴 郑斌  
 郑其煌 郑永平 (香港)

**专论**

临床核磁共振成像的质量保证	舒韵宏	1
CT能量成像技术的现状和未来	肖圣洋 等	5

**研究论著**

基于小波变换的病灶心音信号识别	李丽 等	9
低场MRI头颅矢状位FSET2序列参数优化组合	丁长青 等	13
基于PLC的供应室变频调速恒压供水系统的实现	赵晖 等	15
手术灯用调温显色隔热滤光片的设计	曹轶 等	18
基于图像识别技术的凝胶血型鉴定自动判读保存系统研究	岳凯 等	21

**医院数字化**

医院数据中心迁移的实践与研究	杨国斌	24
实时交易“银医通”项目的设计与应用	刘兴淮 等	26
预约就诊系统的设计与实现	袁静 等	29
医院信息智能统计分析系统设计与实现	郝昱文 等	31
我院的网络升级改造	朱超 等	33
LIS的建立与使用效果评估	李明 等	35

**综述**

RFID定位技术在医疗设备管理中的应用与展望	刘晓华 等	39
超声波生物学效应及产科超声检查的安全性	吴国旺 等	43
加强设备配置管理，遏制“以械养医”	张波 等	49

**科学管理**

医疗设备的风险评估和预警管理	杨林 等	52
医院构建无线网络方案的探讨	仲晓伟	55
浅谈血库信息管理系统	李学慧	58
疗养院体检服务质量评价系统的实践	肖征 等	60
精益管理在医疗设备档案管理中的应用	曾冬梅 等	63
基于信息系统的医院绩效管理的探讨	马锡坤 等	65
承德地区医院电子病历现状调查及分析	高靖 等	67
核磁共振设备的综合效益分析	邓园 等	70
大型医用设备配置与利用管理面临的形势与挑战	朱平华 等	73
医院信息系统在医疗质量控制中的应用探析	王唐虎	75
医疗设备政府采购验收遇到的法律难点	张莉	78
浅谈医用耗材采购管理	张琼 等	80
浅谈我院如何完善医院计量管理工作	孙莹	82
浅谈我院医疗设备的维修策略	沈黄欢 等	84

**临床工程**

基于TPS与EXCEL通讯实现放疗计划单嵌套计费模版	艾念 等	86
----------------------------	------	----

# 手术灯用调色温显色隔热滤光片的设计

## Design of Filters of Color Temperature Adjusting, Color Rendering and Heat Insulation for Surgical Lights

曹轶, 赵帅锋, 王银河,  
阴晓俊, 王忠连, 安伟国  
沈阳仪表科学研究院,  
辽宁沈阳 110043

CAO Yi, ZHAO Shuai-feng,  
WANG Yin-he, YIN Xiao-jun,  
WANG Zhong-lian, AN Wei-guo  
HB Equipment Manufacture Co., Ltd,  
Shenyang Academy of Instrumentation  
Science, Shenyang Liaoning 110043,  
China

[摘要] 本文分析了手术灯隔热、色温调整及高显色性的光学技术要求, 采用在隔热玻璃基片上镀制多层干涉薄膜, 设计了具有升色温、高显色性与隔热性能的手术灯用滤光片, 再利用色温与显色指数模拟计算软件, 对滤光片膜系及光谱进行了优化设计。采用该滤光片设计的手术灯色温达  $(4200 \pm 150)$  K, 显色指数  $> 92$ , 隔热性  $> 99\%$ , 达到了设计要求。

[关键词] 手术灯; 滤光片; 色温; 显色指数

Abstract: This paper introduces optical technology requirements for heat insulation, color temperature adjusting and high color rendering of surgical lights. Adopting the structure of multilayer interference films deposited on the heat-protecting glass substrate, the filter with functions of rising color temperature, high color rendering and heat insulation for surgical lights is designed. Simulation software using color temperature and color rendering index is developed, and the filter film series and spectral are optimally designed. Color temperature is  $(4200 \pm 150)$  K, color rendering index is greater than 92 and the insulation resistance is greater than 99% for the surgical lights which meet design requirements.

Key words: surgical lights; filter; color temperature; color rendering index

[中图分类号] TM923.5 [文献标志码] A

doi: 10.3969/j.issn.1674-1633.2013.02.006

[文章编号] 1674-1633(2013)02-0018-03

### 0 前言

手术无影灯是手术室中的关键设备之一, 其质量和性能对手术质量有直接的影响。手术光源发射的光经滤光片透射后, 由非球面多棱面反射镜反射, 在灯盘下 80~110cm 的手术区形成一个同源光柱, 光柱内的手术区具有优异的无影效果和亮度适当、视觉柔和及颜色清晰的视觉效果。手术灯根据光源及结构分类, 有卤素光源手术灯、LED 手术灯等。在卤素光源手术灯中, 手术灯系统需在采用滤光片的同时实现隔热、色温调整、高显色调整等光学功能<sup>[1-2]</sup>。本文介绍该滤光片的设计与制备。

### 1 手术灯的色温、显色指数及隔热性能的技术要求

手术灯的结构示意图, 见图 1, 所用光源是卤素光源, 6 片滤光片组合成一个 6 面柱状灯罩, 灯泡置于其

中, 光经曲面反射镜反射后再形成出射光柱。卤素光源的色温为 2900~3200K, 其发射光谱, 见图 2, 既有有用的可见光, 也有红外的热辐射, 热辐射将对手术中的医生与病人造成不利影响, 需要隔绝热量照射到手术区。3000K 左右的色温的卤素灯发射光, 其在人的眼视觉中是暖黄色的, 显色性也很低, 会降低手术医生对手术视野中的病人的器官、血管等的视觉清晰度与分辨力。因此, 在卤素光源外, 需要加上隔热滤光镜, 将卤素灯发出光的色温调整到  $(4200 \pm 150)$  K, 显色指数调整到  $> 92$ , 红外热量隔离  $> 99\%$ , 接近日光, 使眼睛感知的颜色更清晰, 利于医生快速有效地分辨伤口部位的组织, 并且不会使医护人员因长时间手术工作而眼睛疲劳。

有的手术灯滤光片只用未镀膜的隔热玻璃, 其光谱见图 3。模拟计算该手术灯系统的色温与显色指数, 见表 1。可以看到, 色温与显色指数都达不到要求。因此, 需在隔热玻璃上镀制多层干涉薄膜, 实现光谱调制, 以达到色温与显色指数的要求。

收稿日期: 2012-09-24 修回日期: 2012-10-17  
本文作者: 曹轶, 工程师, 主要从事光学薄膜技术研究。  
作者邮箱: caoyi@hb-optical.com.cn

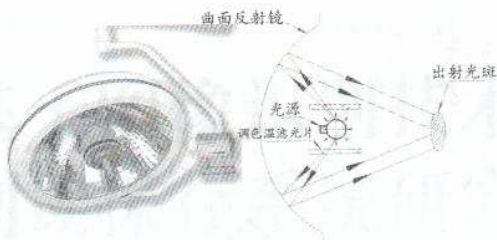


图1 手术灯结构示意图

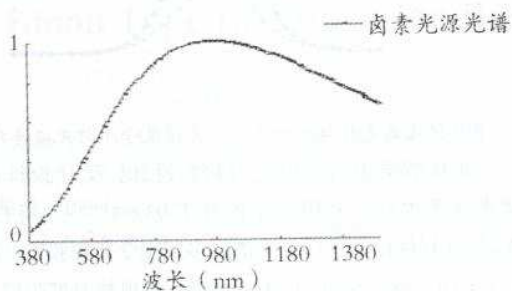


图2 3000K 卤素灯光谱

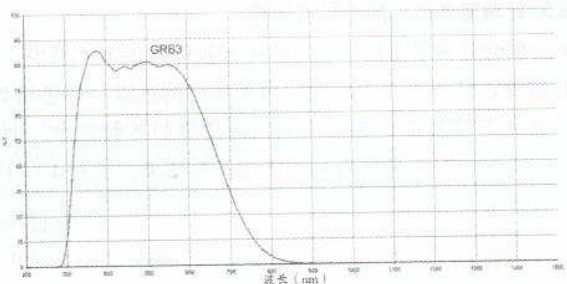


图3 未镀膜隔热玻璃光谱

表1 采用未镀膜隔热玻璃手术灯系统的色温与显色指数计算结果

色温(K)	显色指数								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
3673	90	93	98	90	83	94	93	90	57

## 2 手术灯系统色温与显色指数的模拟计算

为模拟分析手术灯的色温与显色指数，开发了手术灯色温与显色指数的模拟计算软件，软件显示界面，见图4。其算法如下：手术灯的出射光颜色刺激函数  $\phi(\lambda)$  与卤素光源相对光谱功率分布  $S(\lambda)$  及滤光片的透射特性  $\tau(\lambda)$  关系，见式(1)。利用近似积分算法计算出射光的3个刺激值及色度坐标，采用三角插值算法计算获得的色温。显色指数按照 CIE13.3-1995 光源显色性规定进行计算<sup>[3-4]</sup>，见式(2)。

$$\Phi(\lambda) = S(\lambda) \cdot \tau(\lambda) \quad (1)$$

$$R_i = 100 - 46 \cdot \Delta E_i, \quad Ra = (\sum_{i=1}^9 R_i) / 9 \quad (2)$$

$\Delta E_i$  为参照光源和测试光源透射滤光片后光照下样品的色差。

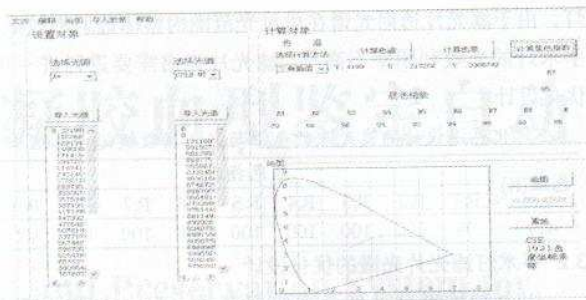


图4 手术灯色温显色指数模拟计算软件界面

## 3 镀多层干涉膜的隔热滤光片设计与优化

### 3.1 初始光谱设计

手术灯滤光片的隔热性能主要利用基片在红外波段的吸收性能，波段在 750~900 nm，设计镀制多层干涉薄膜反射，提高隔热性能。采用以上设计滤光片的手术灯在 800~3000 nm 波段范围内的热量隔离 > 99%，即透射 < 1%，隔热性能分析，见图5。

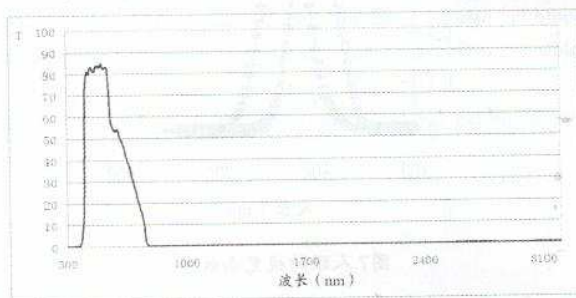


图5 隔热性能

手术灯的色温调整目标是将卤素灯的 3000K 色温提升到 4200K。以上两种不同色温黑体辐射能量的光谱分布  $E_{4200}(\lambda)$ 、 $E_{3000}(\lambda)$ ，可根据式(3)计算，获得初始设计的调色温滤光片的透射率要求，光谱透射曲线，见图6。

$$T(\lambda) = E_{4200}(\lambda) / E_{3000}(\lambda) \quad (3)$$

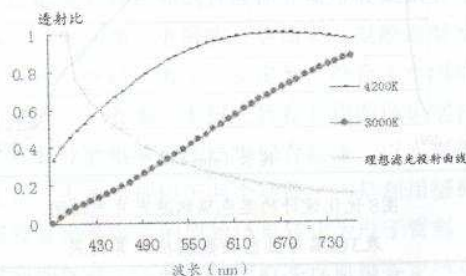


图6 理想滤光透射曲线

经模拟计算软件计算，采用以上初始光谱设计的滤光片的手术灯的色温与显色指数计算结果，见表2。可见，采用以上初始设计滤光片的手术灯，其色温与显色指数都很好。从图6可以看到，采用初始设计光谱滤光片的手术

灯, 由于滤光片透射光谱在可见光范围内整体透射率较低, 手术灯的光效利用率不高<sup>[5]</sup>, 滤光片光谱需要进行进一步优化设计。

表2 优化色温设计的滤光片的色温与显色指数模拟计算结果

色温(K)	显色指数								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
4199	99	100	100	100	100	99	100	100	100

### 3.2 手术灯滤光片光谱的优化设计

以上初始设计虽然色温满足要求, 但在人眼敏感的500~530 nm 光谱范围见图7, 光透射降低较多, 会大大降低手术灯的亮度, 需要进行优化设计。优化设计的基本方法是保持530 nm 以下高透射, 调整长波的各波长位置的透射率<sup>[6-7]</sup>, 优化设计后的滤光片光谱, 见图8。采用以上滤光片手术灯的色温与显色指数模拟计算结果, 见表3, 色温与显色指数都达到了设计要求。

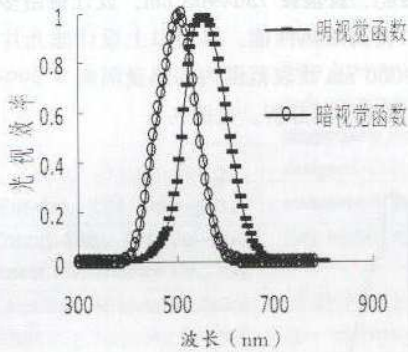


图7 人眼的视觉函数图

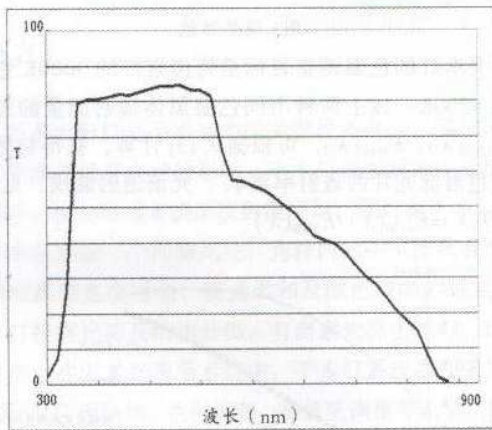


图8 优化设计的显色隔热滤光片光谱图

表3 色温与显色指数模拟计算结果

色温(K)	显色指数									
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	Ra
4200	94	97	94	95	96	95	95	98	95	95

结合人眼的视觉函数 $V(\lambda)$ <sup>[8-9]</sup>、优化设计光谱及理论光谱计算出射光效率, 见公式(4)。采用以上两种不同滤光片的手术灯出射光的综合光利用效率, 见图9。

$$\eta = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} T(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} V(\lambda) d\lambda} \quad (4)$$

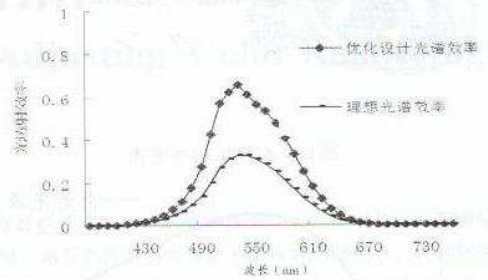


图9 优化滤光片与初始滤光片光谱及手术灯光效率对比

计算结果表明, 相比与初始设计, 优化设计光谱的滤光片手术灯光利用效率提升了93.6%<sup>[10-11]</sup>。用 Essential Macleod 软件设计了以上光谱的多层光学薄膜膜系, 材料为TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>, 设计结果为40层, 都是非规整厚度膜层, 可以达到以上光谱要求。

### 3.3 针对宽角度入射的模拟计算

滤光片在手术灯中应用的光入射角为0~30° 范围, 因此需要计算滤光片在此范围内手术灯的色温与显色指数。优化光谱膜系在0~30° 不同入射角度的透射光谱, 见图10; 不同入射角的色温显色指数计算结果, 见表4 (符合设计要求)。

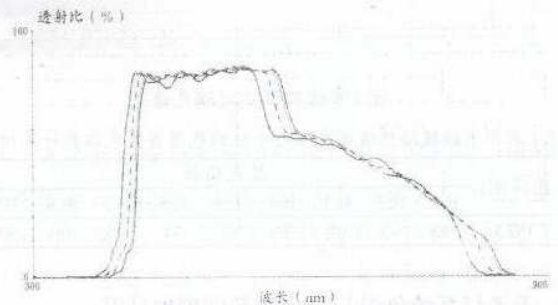


图10 入射角为0~30° 的入射光谱

表4 0°~30° 入射光的色温显色指数模拟结果

入射角 (°)	色温 (K)	显色指数									
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	Ra
0	4335	90	94	96	93	92	96	93	93	76	92
10	4349	90	95	97	93	91	96	95	94	75	93
20	4285	93	96	96	95	94	96	97	97	86	95
30	4101	96	98	94	95	96	95	95	98	96	95
混合光	4286	92	96	97	95	94	96	97	97	84	95

## 4 滤光片镀膜制备与手术灯应用

采用 Optron 的 OTFC1300 镀制了优化光谱的手术灯滤光片, 该设备配置多点间接光控系统和大功率离子源, 可以实现非规整膜系的镀制, 连续5次(重复性良好)镀制

下转第116页

该变成一串数字,意味着调试成功。

## 4 故障四

### 4.1 故障现象

立式平板探测器灯光视野范围出现对位偏差,主要为上下误差。

### 4.2 解决方案

打开立柱探测器的罩壳,在右侧会发现1个电位器。拧开电位器上的3个固定螺丝(使用1.5号梅花六角)。然后将球管状态调整至stand by位置,取消球管跟踪功能,手动将上下移动球管和胸片探测器罩壳上标注范围线对齐,然后固定3个螺丝。出现此现象大部分与平时使用习惯有关。使用时切忌过分用力,进入工作位置尽量缓慢进行。

## 5 体会

DR设备属于精密设备,其成像主要部件探测器因价格昂贵更是需要精心呵护,注意观察探测器测试灯的工作状

态<sup>[6-7]</sup>。一旦有橙色或者红色警示出现,及时参考手册,找出症结,切勿带病工作。经常对探测器进行校准,使其处于最佳工作状态。在日常工作中,要注意各限位位置的定位,平缓进出工作位置。对各易损件做好备份库存,以防故障出现时更换。

[参考文献]

- [1] 飞利浦医疗保健事业部.飞利浦DR-数字化X射线摄影的领跑者[J].医疗卫生装备,2011,(1):139.
- [2] 闫伟.飞利浦DR故障维修三例[J].临床医学工程,2009,(2):63-64.
- [3] 李金霞,杨旭,赵宏波.DR不同类型平板探测器性能的比较研究[J].中国医学装备,2011,(8):25-27.
- [4] 章晓清.Philips Digital Diagnost VS故障维修6例[J].中国医学装备,2011,(8):85-88.
- [5] 桂朝伟,姜山,唐晓薇,等.试述DR软件系统对图像质量的影响[J].中国医学装备,2010,(10):7-10.
- [6] 刘猛,王力伟,张超.GE Revolution Xtream DR特殊故障的检测及维修[J].中国医疗设备,2011,(8):122-123.
- [7] 郑小溪,陆庆生.医疗设备质量控制与质量管理初探[J].医疗卫生装备,2009,(1):107.

上接第20页

的滤光片光谱,见图11。

该光谱滤光片在手术灯上获得了应用,并进行了手术灯应用系统的测试,测试结果达到了色温( $4200 \pm 150$ )K,显色指数 $> 92$ ,隔热系数 $> 99\%$ 的技术要求。

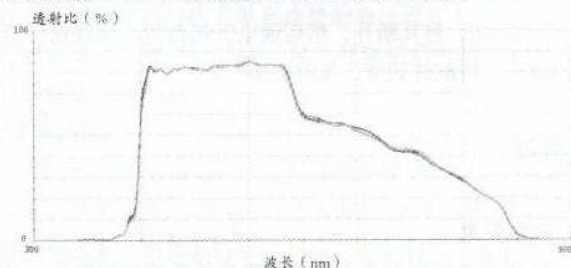


图11 连续5次镀制的光谱

## 5 结束语

在手术灯中应用隔热玻璃基底上镀制优化设计光谱的多层光学薄膜滤光片,可实现色温( $4200 \pm 150$ )K,显色指数 $> 92$ ,隔热 $> 99\%$ 的光学性能。针对人眼视觉函数优化设计滤光片光谱,可使手术灯在提高隔热、显色性能的同时,提高光利用效率,与未对视觉函数优化的初始设计滤光片的手术灯比较,提高光利用效率达93.6%。

[参考文献]

- [1] 祝月.手术无影灯得质量要求和市场预测[J].中国医疗器械信

息,1999,5(4):44-47.

- [2] 周文光,魏培德,沙益夫,等.野战LED手术无影灯的光路设计[J].中国医疗设备,2011,26(12):31-34.
- [3] 谭力,刘玉玲,余飞鸿.光源显色指数的计算方法研究[J].光学仪器,2004,26(4):41-44.
- [4] 王安祥,翟学军,刘汉臣,等.光源相关色温计算方法的研究[J].西安工程科技学院学报,2006,20(4):490-493.
- [5] 王玉明.色温、滤色镜与白平衡的关系及其应用[J].影视技术,2001,(10):31-32.
- [6] M Ou-Yang,S W Huang.Design considerations between color gamut and brightness for multi-primary color displays[J].Journal of Display Technology,2007,3(1):71-82.
- [7] G Wyszecki,W S Stiles.Color science:concepts and methods,quantitative data and formulae[M],2nd ed,New York:Wiley,1982.
- [8] 高昆,程新满,吕丽丽,等.结合人眼视觉综合感知差与r-g色域峰值偏的彩色图像客观评价方法[J].北京理工大学学报,2012,(3):286-290.
- [9] 陈振跃,王霞,邹晓风,等.基于人眼视觉系统的假彩色融合图像质量的评价方法[J].光子学报,2012,(4):451-455.
- [10] 胥正祥.照度(Eav)、照明功率密度(LPD)简易算法[J].照明设计与节能,2010,(4):10-15.
- [11] 屈思世,张恒金,曹剑中,等.对光学设计中照度计算公式的讨论[J].光学学报,2008,28(7):1364-1368.