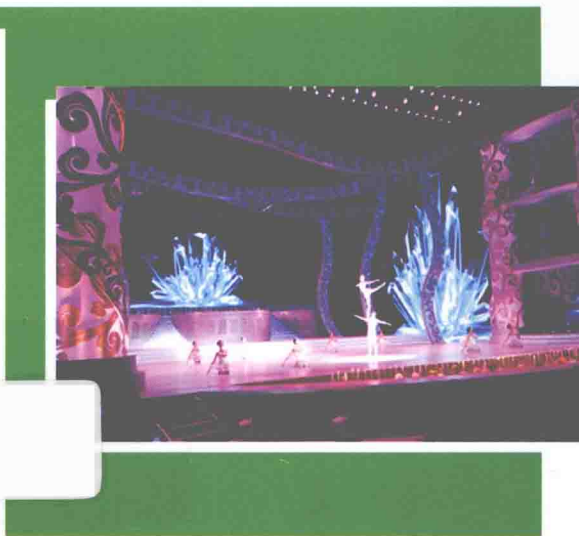


# 舞台灯光 工程设计与应用



© 谢咏冰 罗蒙 吴保骏 张飞碧 编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# 舞台灯光工程设计与应用

谢咏冰 罗 蒙 吴保骏 张飞碧 编著



机械工业出版社

本书以通俗易懂、深入浅出的方式，较系统地论述了舞台灯光工程设计方法，并列举了大剧院、音乐厅、省人民大会堂、广播电视中心演播剧场等不同类型舞台灯光工程设计案例，是从事舞台灯光工程设计人员和灯光师的良师益友，也可供艺术院校相关专业作为教学参考书。

## 图书在版编目（CIP）数据

舞台灯光工程设计与应用/谢咏冰等编著. —北京：机械工业出版社，2014.11

ISBN 978-7-111-48214-7

I. ①舞… II. ①谢… III. ①舞台灯光-照明设计 IV. ①J814.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 232215 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：何文军 责任编辑：何文军 邓海丽 版式设计：霍永明

责任校对：肖琳 封面设计：张静 责任印制：乔宇

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2014 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·12.5 印张·301 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-48214-7

定价：39.80 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

社服务中心：(010) 88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

# 序 言

舞台照明俗称舞台灯光，是舞台演出不可分割的一个组成部分，在不同历史时期、不同演出形式、不同物质条件下，它的概念和作用也随着戏剧艺术、剧场建筑、科技进步的发展而发展。

在现代演出中，舞台灯光是空间艺术与时间艺术的结合体。运用舞台灯光设备和技术手段，以光的明暗、色彩、投射方向和光束运动等控制手段及其动态组合，以较大的可塑性与可控性，为舞台创造立体、多变、快速、灵活的照明条件，引导观众视线，增强舞台表演的艺术效果，渲染表演气氛，突出中心人物，创造舞台空间感、时间感，塑造舞台表演的艺术形象，并提供必要的灯光效果，调节演员与观众间的气氛。良好的舞台灯光设计可以加强演员表演的艺术形象，美化舞台美术造型，突出剧中人物，阐明主题，烘托整个舞台的演出气氛。只有良好的舞台照明系统才能满足戏剧表演和综合文艺演出活动的需要。

舞台灯光的知识结构包括舞台照明工程设计、舞台灯光场景设计和文化艺术基础等三个部分。其中舞台照明工程设计和应用，涉及电（包括电子技术、计算机网络传输技术）、光学、色度学和机械传动等四个方面的科技知识和舞台灯光设备的应用技能。

在作者早年的工作过程中，一直缺乏较为系统的舞台灯光工程书籍，随着近些年科技的高速发展和演出市场的迅猛增长，对此类书籍的需求较为迫切。

在近 25 年的剧院演出系统建设工作中，作者先后考察了欧美等地的剧院建设和演出市场的状况，根据国内外演艺设备和技术的发展，结合近年国内完成的一些优秀剧院工程项目成功案例，以及国内外各类演出形式的发展趋势，着手编写本书。作者希望作为行业的一员，能为舞台灯光工艺艺术设计做一些整理工作。

本书撰写团队中谢咏冰先生长期从事舞台灯光、音响工程，具有丰富的工程实践经验，除了两位经验丰富的行业资深人士罗蒙先生和吴保骏先生外，还有中国演艺技术和设备协会的元老、我国演出系统著名技术专家、北京理工大学教授、著名信息技术专家张飞碧先生。

全书分为 4 章，第 1 章舞台装置和舞台灯光概述，第 2 章舞台灯光工程设计，第 3 章舞台灯光传输网络系统，第 4 章舞台灯光工程应用案例。

本书的编撰得到以下行业著名专家和企业家的帮助和指导，特此鸣谢！

我国舞台灯光界泰斗金长烈教授、中国演艺设备技术协会潘汉林理事长、中国舞台美术学会蔡体良会长、上海市照明学会理事长俞安琪高级工程师、我国舞台灯光行业著名专家柳德安教授、陈国义教授、姚涵春教授、上海照明学会副理事长方仁和高级主任灯光师、石慰苍高级工程师、韩关坤高级主任灯光师、中央戏剧学院冯德仲教授、石亮光高级工程师、原国家大剧院舞台设备部副部长阎常青高级工程师、中国舞台美术学会

剧场专业委员会副主任、一级舞美设计穆怀恂主任、国家一级灯光师方建国教授、周东滔高级工程师、张耀民高级主任舞台技师、周建国一级舞美设计、左焕琨高级主任灯光师、钟建樑高级工程师、薛懿华高级工程师、蓝焰高级主任舞台技师、杨翎翔高级工程师、毛锡瑜高级主任灯光师、潘云辉高级工程师、章海骢教授级高工、俞丽华教授、李国宾教授级高工、梁少强高级工程师、罗红高级工程师、上海保利佳董事长赵国昂高级工程师、保利剧院咨询董事长武晟高级工程师、安恒利（国际）有限公司吕汉连副总裁、项珏副总裁、广州河东董事长梁国芹高级工程师、朱爽总裁、广州斯全德董事长马礼民高级工程师、杭州亿达时吴建波董事长、总装备部工研院石俊部长、北方安恒利温再林副总经理、浙江舞研院杨国武主任、南京视野公司杨寒松董事长、上海仁添公司杨育斌董事长、江苏国贸酝领智能科技有限公司陈宏庆董事长。

上海永加灯光音响工程有限公司王静英、余文华、刘炯、吕建平、王新海、孙琦、张虹、吴斌在资料提供和整理工作方面给予极大帮助，在此一并深表感谢。

作者借此机会，向为我国舞台灯光事业做出贡献的专家老师、企业家以及所有从业人员致敬！我们有缘生活在这一时代，有幸共同见证我国舞台灯光事业伴随国家改革开放发展的光辉历程！

由于作者水平有限，编写过程中可能有不足和不当之处，敬请专家、同行和广大读者不吝赐教和指正。

2014年6月 于上海

# 目 录

## 序言

## 第1章 舞台装置和舞台灯光概述 ..... 1

- 1.1 剧场、舞台概述 ..... 2
  - 1.1.1 剧场分类 ..... 2
  - 1.1.2 舞台分类 ..... 2
  - 1.1.3 剧场、舞台常用术语 ..... 3
  - 1.1.4 舞台幕布系统 ..... 5
  - 1.1.5 舞台吊杆系统 ..... 6
- 1.2 舞台灯光常用术语 ..... 7
- 1.3 照明色彩的特性和舞台灯光的特点 ..... 10
  - 1.3.1 照明色彩的心理特性 ..... 10
  - 1.3.2 舞台灯光的特点 ..... 11
- 1.4 舞台布光和灯具选用 ..... 12
  - 1.4.1 舞台照明工程术语 ..... 12
  - 1.4.2 舞台布光原理 ..... 12

## 第2章 舞台灯光工程设计 ..... 17

- 2.1 舞台灯光系统设计原则和工艺设计要求 ..... 17
- 2.2 舞台灯光系统的基本配置 ..... 18
- 2.3 舞台灯光控制系统 ..... 19
  - 2.3.1 数字调光台 ..... 19
  - 2.3.2 电脑灯控制台 ..... 24
  - 2.3.3 换色器控制台 ..... 26
  - 2.3.4 调光器 ..... 27
- 2.4 舞台灯具 ..... 31
  - 2.4.1 常规舞台灯具 ..... 31
  - 2.4.2 LED 舞台节能灯 ..... 36
  - 2.4.3 电脑灯 ..... 40
  - 2.4.4 舞台激光灯 ..... 46
  - 2.4.5 舞台特殊效果设备 ..... 46
- 2.5 多功能剧院舞台灯光系统设计举例 ..... 49
  - 2.5.1 舞台灯光系统技术要求 ..... 49
  - 2.5.2 设计引用参考标准 ..... 50
  - 2.5.3 舞台灯光工程设计说明 ..... 50
  - 2.5.4 设计指标 ..... 51
  - 2.5.5 系统构成 ..... 52
  - 2.5.6 舞台灯光回路设计 ..... 52

- 2.5.7 主要设备技术性能 ..... 55
- 2.5.8 舞台灯光设备用房要求 ..... 59
- 2.6 舞台灯光施工工艺 ..... 60
  - 2.6.1 供电与接地 ..... 60
  - 2.6.2 抗干扰综合措施和电气管线敷设工艺 ..... 61
  - 2.6.3 设备安装工艺 ..... 62
- 2.7 舞台灯光系统调试 ..... 63
  - 2.7.1 调试准备工作 ..... 63
  - 2.7.2 灯光控制系统调试 ..... 63
  - 2.7.3 总体调试 ..... 64
  - 2.7.4 满负荷、长时间稳定性试运转 ..... 65
- 2.8 舞台灯光设计应用 ..... 65
  - 2.8.1 电视剧院 ..... 65
  - 2.8.2 主题秀剧院 ..... 66
  - 2.8.3 多媒体舞台灯光的未来发展 ..... 67

## 第3章 舞台灯光传输网络系统 ..... 69

- 3.1 DMX 512 数字多路通信传输协议 ..... 69
  - 3.1.1 DMX 512 通信标准的数据帧结构 ..... 70
  - 3.1.2 DMX 512 通道数据组的结构 ..... 70
  - 3.1.3 DMX 512 数据通信的定时数据 ..... 71
- 3.2 DMX 512 的技术特性 ..... 73
  - 3.2.1 DMX 512 的网络结构 ..... 73
  - 3.2.2 EIA-485 通信规范 ..... 73
  - 3.2.3 网络终端匹配电阻 (Termination resistor) ..... 75
  - 3.2.4 中继器和分路器/分配放大器 (Repeater and split-ter/Distribution amplifiers) ..... 75
  - 3.2.5 网络隔离 ..... 76
- 3.3 DMX 512 的寻址方法 ..... 76
- 3.4 调光台与调光器的互联配接 ..... 78
  - 3.4.1 配接计算机 (Patching computer) ..... 78
  - 3.4.2 合并计算机 (Merging computer) ..... 79

3.5 ACN (Multipurpose network control protocol) 多用途网络控制协议 .....	80	舞台灯光系统工程 .....	127
3.6 Art-Net 灯光控制网络 .....	80	4.5.1 世纪大会堂舞台灯光系统设计指标 .....	127
3.7 灯光控制网络传输系统实施方案 .....	80	4.5.2 系统总体技术方案 .....	128
3.7.1 半网络灯光控制系统方案 .....	81	4.5.3 主要设备功能说明 .....	129
3.7.2 全网络灯光控制系统方案 .....	81	4.6 贵州省人民大会堂舞台灯光系统工程 .....	132
3.7.3 网络 DMX 矩阵灯光控制系统方案 .....	83	4.6.1 舞台灯光设计原则和工艺设计要求 .....	132
3.7.4 光纤网络数字调光控制系统 .....	83	4.6.2 舞台布光方案 .....	133
3.7.5 无线传输网络系统 .....	85	4.6.3 灯光网络控制系统 .....	135
<b>第4章 舞台灯光工程应用案例</b> .....	<b>87</b>	4.6.4 舞台灯光设备配置 .....	136
4.1 中国国家大剧院舞台灯光工程 .....	87	4.6.5 灯光系统电气设备的安全设置 .....	137
4.1.1 国家大剧院歌剧院舞台灯光工程 .....	90	4.7 江苏广电中心 3000m <sup>2</sup> 电视演播剧场灯光照明系统工程 .....	138
4.1.2 国家大剧院音乐厅舞台灯光工程 .....	94	4.7.1 工程概述 .....	138
4.1.3 国家大剧院戏剧场舞台灯光工程 .....	96	4.7.2 功能定位及设计原则 .....	138
4.2 上海大剧院舞台灯光系统改造工程 .....	101	4.7.3 设计的特点与难点 .....	139
4.2.1 工程概述 .....	101	4.7.4 灯光照明系统设计方案 .....	139
4.2.2 改造方案的亮点及实现的功能 .....	103	4.7.5 舞台灯光系统电气设计 .....	164
4.2.3 灯光系统改造方案 .....	104	4.8 安徽省广电新中心 3600m <sup>2</sup> 电视演播剧场灯光系统工程 .....	164
4.3 上海音乐厅舞台灯光系统改造工程 .....	114	4.8.1 工程概述 .....	164
4.3.1 网络传输方案 .....	115	4.8.2 设计原则和系统功能 .....	165
4.3.2 网络控制设备 .....	115	4.8.3 设计方案特点 .....	167
4.3.3 灯光控制系统配置 .....	117	4.8.4 灯光系统设计方案 .....	167
4.4 上海世博中心(红厅)舞台灯光系统工程 .....	118	4.8.5 灯光系统设备抗干扰特性设计 .....	191
4.4.1 会议灯光系统方案设计 .....	119	<b>参考文献</b> .....	<b>192</b>
4.4.2 演出灯光系统方案设计 .....	122	<b>作者选介</b> .....	<b>193</b>
4.5 广州白云国际会议中心世纪大会堂			

# 第1章 舞台装置和舞台灯光概述

舞台灯光是舞台演出不可分割的一个组成部分，属于舞台艺术照明设计范畴。运用舞台灯光可以加强演员表演的艺术形象，美化舞台美术造型，突出剧中人物，阐明主题，烘托整个舞台的演出气氛。只有良好的舞台照明系统才能满足戏剧表演和综合文艺演出活动的需要。

舞台表演艺术家对舞台灯光的评价：“光是舞台上的灵魂”，“光是舞台上的血液”，“光是舞台气氛的权威”，“舞台上光的世界”，“当代舞台美术是光景的时代”等等。

现代舞台演出中舞台灯光的主要作用可归纳为：

- (1) 使观众可清晰地看到演员表演和景物形象。
- (2) 导引观众视线集中到关键演出部位。
- (3) 塑造人物形象，烘托情感和展现舞台幻觉。
- (4) 创造剧中需要的空间环境。
- (5) 渲染剧中气氛。
- (6) 显示时间、空间转换，美化舞台美术造型，配合舞台特技，丰富艺术感染力。

舞台灯光的知识结构包括舞台照明工程设计、舞台灯光场景设计和文化艺术基础三部分，如图 1-1 所示。

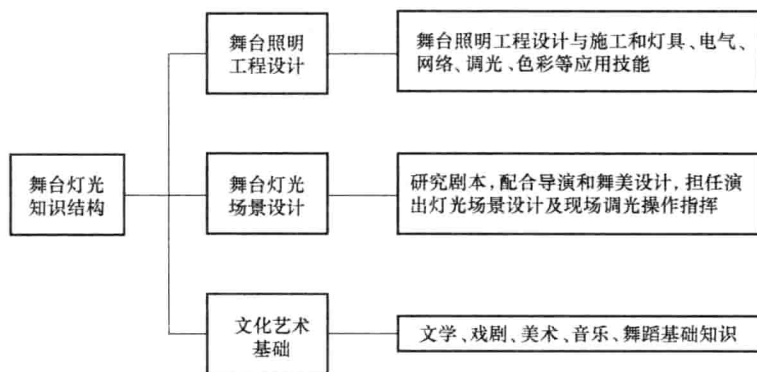


图 1-1 舞台灯光的知识结构

舞台照明工程设计是实现舞台灯光场景设计的技术基础，是为舞台灯光场景设计服务的。其职责是负责舞台照明工程设计、工程施工和维护，涉及电（包括电子技术）、光、色、机械四个方面的科技知识和舞台灯光设备——灯具、调光、色彩等应用技能。舞台灯光系统设计与舞台类型和剧院的功能定位密切相关。

舞台灯光场景设计属舞美设计范畴，是一种艺术与技术相结合的专业。舞台艺术照明场景设计的质量离不开剧本、演员、导演、舞美设计等部门，以及对剧情的深入研究和理解。

文化艺术基础作为舞台灯光知识结构的重要部分，要求舞台灯光设计从业人员不仅要有



熟练的灯光专业技术知识，还应具有丰富的艺术素养和较强的形象思维创造能力，特别是在文学、戏剧、美术、音乐、舞蹈五个方面的修养。

## 1.1 剧场、舞台概述

### 1.1.1 剧场分类

按 JGJ 57—2000《剧场建筑设计规范》，剧场可分为四类：

- (1) 特大型剧场：1601 座观众席以上，台口宽度 18.00m。
- (2) 大型剧场：1201 ~ 1600 座观众席，台口宽度 16.00 ~ 18.00m。
- (3) 中型剧场：801 ~ 1200 座观众席，台口宽度 14.00 ~ 16.00m。
- (4) 小型剧场：300 ~ 800 座观众席，台口宽度 12.00 ~ 14.00m。

表 1-1 是 JGJ 57—2000《剧场建筑设计规范》建议的不同剧种的舞台标准。随着艺术表现形式、技术和经济水平的发展，台口宽度和高度有加大的趋势，尤其是电视剧院和大型主题秀剧院，为了追求视觉和电视画面的大场景震撼效果，在舞台的面积和台口的宽度及高度方面，有尽可能扩大的需求和趋势。

表 1-1 不同剧种的舞台标准（JGJ 57—2000《剧场建筑设计规范》）

剧种	观众厅容量 /座	台口		主台		
		宽/m	高/m	宽/m	进深/m	净高/m
戏曲	500 ~ 800	8 ~ 10	5.0 ~ 6.0	15 ~ 18	9 ~ 12	12 ~ 16
	801 ~ 1000	9 ~ 11	5.5 ~ 6.5	18 ~ 21	12 ~ 15	13 ~ 17
	1001 ~ 1200	10 ~ 12	6.0 ~ 7.0	21 ~ 24	15 ~ 18	14 ~ 18
话剧	600 ~ 800	10 ~ 12	6.0 ~ 7.0	18 ~ 21	12 ~ 15	14 ~ 18
	801 ~ 1000	11 ~ 13	6.5 ~ 7.5	21 ~ 24	15 ~ 18	15 ~ 19
	1001 ~ 1200	12 ~ 14	7.0 ~ 8.0	24 ~ 27	18 ~ 21	16 ~ 20
歌舞剧	1200 ~ 1400	12 ~ 14	7.0 ~ 8.0	24 ~ 27	15 ~ 21	16 ~ 20
	1401 ~ 1600	14 ~ 16	8.0 ~ 10.0	27 ~ 30	18 ~ 24	18 ~ 25
	1601 ~ 1800	16 ~ 18	10.0 ~ 12.0	30 ~ 33	21 ~ 27	22 ~ 30

### 1.1.2 舞台分类

舞台灯光的布置与舞台类型密切相关。舞台分类以观众席与演出舞台间的相互关系可分为镜框式舞台和开放式舞台两大类。

(1) 镜框式舞台。这种舞台设有一个舞台框，基本特征是以舞台口为界，把舞台与观众分割成两个不同的区域。如图 1-2 所示。

特点：观众与演员由大幕隔开，是一种封闭式的观演关系，灯光布置的隐蔽性较强，可用隐蔽的

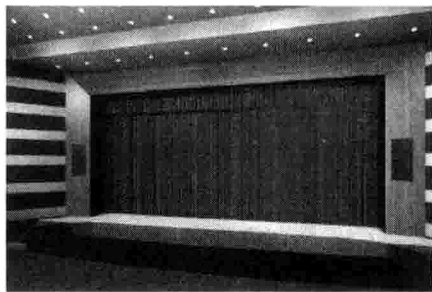


图 1-2 镜框式舞台

灯光创造幻觉。

(2) 开敞式舞台。这种舞台不设舞台框，舞台和观众席处于同一个空间。根据舞台和观众席的分布形式不同，又分为岛式舞台、伸出式舞台、近端式舞台和多功能舞台。

1) 岛式舞台。四面都有观众，无遮蔽、开放性的观演关系。灯光布置特点：全部明装。

2) 伸出式舞台。部分观众可与演员近距离接触，是一种半封闭式的观演关系。灯光布置特点：半隐蔽状态。如图 1-3 所示。

### 1.1.3 剧场、舞台常用术语

#### 1. 剧场 (Theatre)

剧场是指设有演出舞台、观众席及演员、观众用房的文娱建筑。即通过演员及各类配套设备共同完成观众与演员间交流的场所。

#### 2. 观众厅 (Auditorium)

观众厅有圆形、半圆形，有一面、三面观众区域。有池座（与舞台同层的观众席）、楼座（池座上的楼层观众席）、包厢（沿观众厅侧墙或后墙隔成小间的观众席）。

#### 3. 镜框式舞台术语

镜框式舞台包括主台、侧台、后舞台、乐池、台唇、台仓、台塔等。

(1) 主台 (Main stage)。主台又称主舞台或基本台，主台台口线以内为主要表演空间，是演员与观众进行最直接、最主要的交流空间。通常除主舞台外，在两侧及其后还设有侧舞台和后舞台，形成品字形的平面。

(2) 侧台 (Bay area)。主舞台两侧的舞台区域称为侧台，又称副台或附属台，是迁换布景、演员候场、临时存放道具景片及车台的辅助区域。

(3) 后舞台 (Back stage)。主舞台后面的区域称为后舞台，后舞台可增加表演区的纵深度，也可作为演出服务的辅助空间。

(4) 台塔 (Fly tower)。台塔是指主舞台上至舞台栅顶之间的空间，是舞台表演和舞台机械运作的基本空间。

(5) 台仓 (Understage)。台仓是指舞台台面以下的空间，用于安装旋转舞台和升降舞台的舞台机械装置空间，也可作为道具和观众座椅的仓库或布景制作场地。

(6) 台口 (Proscenium opening)。舞台向观众厅的开口区域。

(7) 台唇 (Apron stage)。台唇是指台口线以外伸向观众席的台面，是舞台最前端的边缘部分。

(8) 假台口（或活动台口）(Movable pretended stage door)。假台口设在镜框台口的后面，由上框和两个侧框组成，该台框的大小可变，是安装舞台灯具的主要设施，假台口可将

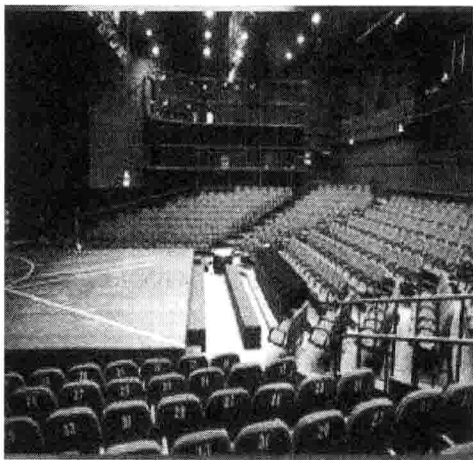


图 1-3 伸出式舞台

演出台口尺寸作适当调整以适应各种表演环境。

(9) 乐池 (Orchestra pit)。乐池位于舞台台唇的前下方与观众席之间、低于观众席前排地面的空间。供歌剧、芭蕾舞剧等乐队演奏用。很多乐池还能提升到舞台台面同样的高度,作为扩大舞台演出区使用。如果把乐池提升到观众席前排地面同样高度,摆上座椅后,又可扩大观众席面积。

图 1-4 所示为镜框式主舞台术语说明。

(10) 台口线 (Line of proscenium opening)。台口构造内侧面在舞台上方的投影线,舞台灯光以此线区分舞台内外,舞台机械定位以此为基准。

(11) 中轴线 (Center line)。舞台台面上通过大幕线中点的中心线称为中轴线,它把舞台表演区分成左右对称的两个区域。

(12) 表演区 (Acting space)。表演区是指舞台表演所需的区域。不同剧目的表演区范围大小不同,可以是主舞台的全部,也可以是其中的一部分。

(13) 舞台装置区 (Scenery space)。舞台装置区是指主舞台天幕与表演区之间的区间,可设置平台、布景、车台装置和大道具。

(14) 上场门 (Stage right)。观众面对舞台的左侧 (即观众的上手边),供演员上场的进口位置。

(15) 下场门 (Stage left)。观众面对舞台的右侧 (即观众的下手边),供演员下场的出口位置。

(16) 转台 (Revolving stage)。转台是指主要表演区能旋转台面的舞台机械。

(17) 升降台 (Elevating stage)。升降台是指舞台上可升降台面的舞台机械。

(18) 车台 (Stage wagon)。车台是指在主台、侧台、后舞台之间,沿导轨能前后、左右行走的舞台机械或无导轨自由移动的小车台。

(19) 栅顶 (Grid 或 Gridiron)。栅顶又称顶棚,是舞台上部安装悬吊设备的专用工作层。

(20) 天桥 (Fly gallery)。天桥是指沿主台侧墙和后墙上部一定高度设置的工作走廊。一般舞台均设有多层天桥。

(21) 灯光渡桥 (Lighting bridge)。与吊杆平行设置,可升降,安装、检修灯光用,在演出中能上人操作的桥式钢架。

(22) 渡桥码头 (Portal bridge)。天桥上伸出的平台或吊板称为渡桥码头,由此可上假台口上框或灯光渡桥。

(23) 面光桥 (Fore stage lighting gallery)。在舞台前方、观众厅顶部安装面光灯具的桥架。

(24) 吊杆 (Batten)。是指在舞台上空用于悬吊幕布、景物、灯具和演出器材的升降机

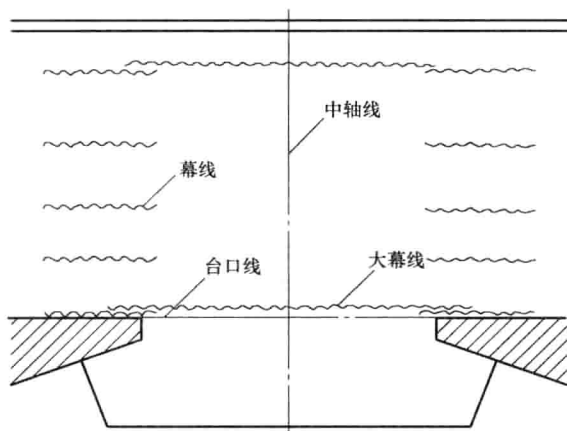


图 1-4 镜框式主舞台术语说明

械设备。有手动、电动、液压等多种传动方式。

(25) 耳光室 (Fore stage side lighting)。耳光室是指在观众厅前上方两侧安装台外侧光灯具向舞台投射灯光的房间。

(26) 台口柱光架 (Lighting tower)。台口柱光架是设在舞台口内两侧安装灯具的竖向钢架。

(27) 灯光吊笼 (Lighting (cable) basket)。灯光吊笼是指舞台两侧上空安装灯具的笼式吊架, 可以升降或前后、左右移动。

#### 1.1.4 舞台幕布系统

舞台幕布是各类剧场、影剧院、礼堂俱乐部、演播厅等镜框式舞台上不可缺少的设备, 起着装饰舞台, 提高演出效果的作用。目前舞台上广泛使用的幕布主要有舞台大幕、二道幕、三道幕、(前)檐幕、边(侧)幕、纱幕、天幕、吸音幕、串叠幕、安全防火幕等。

##### 1. 大幕 (Proscenium curtain)

大幕是舞台的门户, 也是舞台的主要幕布, 主要用于演出开始和结束的启闭, 有时也用作场幕使用。大幕的开启方式有对开式、提升式、串叠式、蝴蝶式等。

大幕拉幕机是舞台上使用最频繁的设备之一, 采用无级调速, 使大幕随剧情需要随意变换速度, 起到烘托艺术氛围的作用。

##### 2. 前檐幕 (Fore-proscenium curtain)

前檐幕是大幕前上沿的横条幕, 作为挡住观众对舞台上空吊装设备的视线, 是大幕的配套幕, 可以衬托大幕的美观。

##### 3. 二道幕、三道幕 (Second curtain、Third curtain)

二道幕位于舞台大幕之后, 三道幕位于二道幕之后, 用于独唱, 演唱, 独奏等各种形式的演出。在各种戏剧和戏曲的片段中, 利用二、三道幕的启闭, 可快速更换布景和道具。二道幕、三道幕通常以3倍打摺制成对开幕, 有的三道幕用的是纱幕。

##### 4. 边幕 (侧幕) (Wings)

主台两侧的竖条幕称为边幕, 用于限制舞台表演区。多条边幕之间有平行、正“八”字、倒“八”字等吊装方式。可改变舞台表演区的平面形状, 遮挡舞台后部空间, 引导和控制观众视线集中在规定的表演区内。

##### 5. 檐幕 (Transverse curtain)

主舞台上部吊挂的横条幕称为檐幕, 与左右两侧边幕相配合, 控制演出空间的视觉高度、遮挡舞台空间上部内侧的布景、灯光等装置不进入观众视线, 同时增强了观众对舞台的立体感。类型有升降式、固定式。

##### 6. 纱幕 (Veil curtain)

纱幕是舞台艺术用幕, 一般不作为剧场的固定装置。常用于舞蹈和特殊效果, 提高舞台立体感。挂在台口的称台口纱幕, 挂在天幕灯区前的称为远景纱幕, 也可折叠成装饰衬幕。舞台上常用网眼纱制作无缝白纱幕、黑纱幕和纱画幕, 可用来表现场景环境。

从纱画幕后面景物投光可以显现隐藏在后面的人物和空间环境, 易于表现梦幻、回忆等虚拟场面。从纱幕前面投光, 可渲染纱画幕上所画的形象。从纱幕背面向纱幕投光时, 纱画幕前面所画的形象看起来则不复存在。其他单色纱幕也具有上述特点, 只是白色及浅色纱

幕反光效果更强。深色、黑色纱幕可更好地吸收舞台上的散射光，更易表现虚拟、朦胧的幻觉空间效果。

### 7. 天幕 (Cyclorama)

天幕是位于镜框式舞台的最后部位、表现天空景色和舞台远景的幕布，其高度和宽度通常要大于台口尺寸。根据演出需要可制成平面型或弧型宽幕。

### 8. 防火幕 (Fire curtain)

防火幕是安装在台口处、当舞台发生火灾时可立刻下降的防火设备，用于将火灾发生区与观众区迅速隔离。幕布在下降过程中逐级减速，平稳降至台面，并与台口保持可靠封闭。舞台安全防火幕幕体为轻型钢结构，正反面涂有防火涂料，幕体上部可装有水帘装置，发生火灾时自动喷水，使幕体降温。

## 1.1.5 舞台吊杆系统

舞台吊杆是用来吊挂各种布景、幕布和灯具可以升降的横杆，平时悬吊在舞台上、观众看不到的位置上，只有布置舞台时才降下来固定吊挂物。

每个舞台都设有檐幕吊杆、景物吊杆、灯光吊杆三种类型的吊杆。檐幕吊杆的荷载较轻，且升降频度较少，可采用手动升降方式；其他两类吊杆由于荷载大，升降频度高，一般都采用 PLC（可编程序控制器）控制的电动吊杆。吊杆应有 4 个或 4 个以上的悬挂点。

除檐幕吊杆外，目前景物吊杆、灯光吊杆的类型趋于统一设计，在可投资预算的情况下，景物吊杆的荷载等同于灯光吊杆，便于舞台灯具、景物按演出的需要灵活选择任意吊杆安装使用。

### 1. 每根景物吊杆的动荷载应按不同台口宽度取用，并应符合下列规定：

- (1) 台口宽度在 12.00m 以下的吊杆荷载不得小于 3.5kN。
- (2) 台口宽度在 12.00 ~ 14.00m 的吊杆荷载不得小于 4.0kN。
- (3) 台口宽度在 14.00 ~ 16.00m 的吊杆荷载不得小于 5.0kN。
- (4) 台口宽度在 16.00 ~ 18.00m 的吊杆荷载不得小于 10.0kN。
- (5) 台口宽度在 18.00m 以上及安装特殊灯具时应按实际荷载取值。

### 2. PLC 吊杆控制台

PLC 吊杆控制台（图 1-5）利用高可靠工业计算机控制技术，将分布在不同位置吊杆的多个控制节点联系在一起，并通过一台 PLC 中央控制器进行统一监控和管理，从而形成一个集中式的舞台吊杆控制系统。

整个系统全部采用模块化结构，大大提高了系统的可靠性。PLC 使用图形化人机对话界面，具有操作简单，运行可靠的特点，代表舞台机械的最新技术发展水平。

### 3. PLC 控制系统特点

(1) 配置方式灵活，可任意增加或减少吊杆路数。

(2) 完全模块化结构，大大减少了现场布线的工作量。



图 1-5 PLC 触摸屏吊杆控制台

- (3) 高可靠的 PLC 控制技术, 确保系统的安全可靠。
- (4) 多重故障诊断措施, 确保系统运行安全可靠。
- (5) 定位精度高, 定位误差小于 2mm。
- (6) 高可靠的传感技术, 在任何恶劣的环境下都无须维护。
- (7) 高度智能化的自学习功能, 可有效消除机械装置的定位误差。
- (8) 模块化设置, 系统最大可带 100 路吊杆。
- (9) 大容量的场景设置及集控设置, 确保任意复杂的场景组合的需要。
- (10) 操作方便, 使用简单, 采用传统控制台和计算机相结合方式, 二者可分别控制, 互不影响。
- (11) 图形化的操作界面, 使用非常简便。
- (12) 多重可靠性设计, 系统运行非常稳定, 杜绝死机现象。
- (13) 三重限位保护措施, 彻底杜绝吊杆冲顶故障。

## 1.2 舞台灯光常用术语

### 1. 可见光 (Visible light)

可以产生视觉感受的辐射光波称可见光。可见光谱的波长范围为 370 ~ 780nm (纳米), ( $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ )。可见光分为红 (780 ~ 630nm)、橙 (630 ~ 600nm)、黄 (600 ~ 570nm)、绿 (570 ~ 490nm)、青 (490 ~ 450nm)、蓝 (450 ~ 430)、紫 (430 ~ 370nm) 七种单色光。试验证明, 人眼对波长为 555nm 的黄绿光最敏感。

### 2. 光通量 (Luminous flux)

光通量是指人眼所能感觉到的光源辐射功率。它等于单位时间内某一波段光波的辐射能量和人眼对该波段的相对视见率 (即亮度感觉) 的乘积。

人眼对亮度的敏感程度与颜色 (即光波波长) 有关, 在环境明亮时, 人眼对于波长  $X = 555\text{nm}$  的光线最为敏感, 我们定义这时的相对视敏度  $V_s(555) = 1$ 。当波长  $X$  为其他值时,  $V_s(X)$  均小于 1。如果对于某一波长  $X$  的单色光, 其辐射功率为  $P(X)$ , 相对视敏函数为  $V_s(X)$ , 则可以定义光通量  $Y(X) = P(X) \times V_s(X)$ 。光通量  $Y$  的单位为流明 (lm), 符号为  $\Phi$ 。

由于眼睛对各色光线的敏感度有所不同, 即使各色光的辐射能量相等, 在视觉上并不能产生相同的明亮度。在各种色光中, 黄色光、绿色光具有最大的明亮感觉。例如, 当波长为  $555 \times 10^{-9}\text{m}$  的绿色光与波长为  $650 \times 10^{-9}\text{m}$  的红色光辐射功率相等时, 但是绿色光的光通量为红色光的 10 倍。

一般情况下, 同类型灯具的功率越高, 光通量也越大。各种类型灯具的光通量可参见说明书。

### 3. 发光强度 (Luminous intensity)

发光强度简称光强, 是指光源在指定方向单位立体角内发光强弱的物理量, 即光源向空间某一方向辐射的光通密度。简单来说, 发光强度就是光源在指定方向上的辐射能力。发光强度的国际单位是 Candela (坎德拉) 简写 cd。以前又称烛光, 符号为  $I$ 。

例如: 有罩台灯比无罩台灯在桌面上的亮度更亮, 其实两种台灯灯泡的光通量没变, 有

罩台灯由于灯罩的反射，增加了空间的光通量密度。

#### 4. 亮度 (Luminance)

亮度是人眼对光源发光强度的感受，是一个主观量，它是表示发光体（包括反光体）表面发光（反光）强弱的物理量。人们把人眼从一个方向观察到光源的发光强度与人眼所“见到”的光源面积之比，定义为该光源的亮度，亮度的单位是坎德拉/平方米 ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )，符号为  $L$ 。亮度与发光面的方向也有关系，同一发光面在不同方向的亮度值也不同，通常是按垂直于视线的方向进行计量。

人眼的亮度阈  $L_{\max} = 160000 \text{cd}/\text{m}^2$ 。无云晴空的平均亮度为  $5000 \text{cd}/\text{m}^2$ ；40W 荧光灯表面的亮度为  $0.7 \text{cd}/\text{m}^2$ 。

在一般日常用语中亮度与发光强度往往容易被混淆。请注意两者的区别：亮度与发光体的面积有关系，在同样发光强度的情况下，光源的发光面积越大，则光源的亮度越暗，反之则越亮。

#### 5. 照度 (Illuminance)

照度是表达受照物体单位面积上接收到的光通量。单位是勒克斯 ( $\text{lx}$ )，符号为  $E$ 。

即  $1 \text{lm}/\text{m}^2 = 1 \text{lx}$  (勒克斯)。

(1) 照度 ( $\text{lx}$ ) 与光通量 ( $\text{lm}$ ) 关系计算举例。100W 白炽灯发出的总光通量约为 1200  $\text{lm}$ ，假定该光通量均匀地分布在一个半球面上，求距该光源在 1m 和 5m 处的照度值。

解：半径 1m 的半球面积为  $2\pi \times 1^2 = 6.28 \text{m}^2$ ，距光源 1m 处的照度为  $1200 \text{lm}/6.28 \text{m}^2 = 191 \text{lx}$ 。

同理，半径 5m 的半球面积为  $2\pi \times 5^2 = 157 \text{m}^2$ ，距光源 5m 处的照度为  $1200 \text{lm}/157 \text{m}^2 = 7.64 \text{lx}$ 。

(2) 常见照度参考值。夏天中午晴天地面的照度为 50000  $\text{lx}$ ；冬天中午晴天地面照度约为 20000  $\text{lx}$ ；晴朗月夜地面的照度为 0.2  $\text{lx}$ ；40W 白炽灯 1m 处的照度为 30  $\text{lx}$ ，加伞形灯罩后 1m 处的照度为 70  $\text{lx}$ 。

对某一光源而言，在被照面上的照度取决于灯具的形状、尺寸、反光效率、光源与灯的匹配，还取决于灯具吊挂的高度、房间墙壁反光率等诸多因素。

#### 6. 光色 (Light color)

光色又称色表，即“光源的颜色”。白光由红、橙、黄、绿、蓝、青、紫等多种单色光组成。经过三棱镜不能再分解的色光称为单色光。由几种单色光合成的光称为复色光。

自然界中的太阳光、白炽灯和荧光灯发出的光都是复色光。当光照到物体上时，一部分光被物体反射，一部分光被物体吸收，如果物体是透明的，还有一部分透过物体。不同物体，对不同单色光的反射、吸收和透过的情况不同。物体反射什么色光，它就呈现什么颜色；全吸收就是黑色。

#### 7. 显色性 (Colour rendering)、显色指数 (Colour rendering index)

光源照到物体时显示出来物体的颜色用显色指数  $R_a$  表示。以太阳光的显色指数 100 为基准。 $R_a$  越小，显色性就越差。

例如：路灯（高压汞灯），远看它发的光又亮又白，但当它照在人脸上时，使人脸色显得发青，这说明高压汞灯的显色性差。白炽灯远看偏黄红，照射有色物体时，类型阳光，显色性较好。表 1-2 是各种光源的显色指数和色表。

表 1-2 各种光源的显色指数和色表

光源名称	显色指数 Ra	色 表	显色性(显色效果)(以人脸效果为例)
太阳光	100	白	自然
白炽灯	95 ~ 99	偏黄	接近自然
荧光灯	70 ~ 80	偏白	苍白
三基色荧光灯	90 ~ 95	白色略偏黄	接近自然
高压钠灯	20 ~ 25	黄色偏红	发青
LED 灯	85 ~ 90	白	接近自然

### 8. 色温 (Colour temperature)

色温是用来表述光源颜色的一种量化指标,按绝对黑体的温度来定义。当绝对黑体(例如黑铁)加温到某一温度时,黑体辐射的光色与光源辐射的光色相同时,此时黑体的温度称为该光源的色温。单位为绝对温度 K。

黑体随着温度的升高,辐射光的颜色也在不断改变,产生由红—橙红—黄—黄白—白—蓝白的渐变过程。

色温不同,光色也不同,视觉感受也不相同。在同样亮度下,色温越高,感觉越亮。色温越低,感觉越柔和而清晰,但不是很亮。一支 2500 ~ 2800K 色温的蜡烛,虽然不是很亮,但是看东西非常清晰。

白炽灯的色温一般在 2700K 左右、荧光灯的色温在 2700 ~ 6400K 左右、高压钠灯的色温在 2000K 左右。表 1-3 是不同色温光线的视觉感受。

表 1-3 不同色温光线的视觉感受

光线名称	色温/K	光线的视觉感受
暖色光	低色温 < 3000	黄光或偏红白光
白色光	中间色温 3300 ~ 6000	自然光中午日光色温:5600K 标准白光色温:6500K
冷色光	高色温 > 6000	冷白光或偏蓝白光

(1) 暖色光。3000K 以下称低色温,是一种黄色光,又称暖色光,能给人温暖、健康、舒适的感觉。暖色光对雾和雨的穿透力强,与白炽灯光线相近,红光成分较多,适用于家庭、住宅、宿舍、宾馆等场所或温度较低的地方照明。

(2) 白色光。色温在 3300 ~ 6000K 之间称为白色光,又称中性色光,特点是光线柔和,使人有愉快、舒适、安详的感觉,适用于商店、医院、办公室、饭店、餐厅、候车室等场所。

(3) 冷色光。色温超过 6000K 的光线称为冷色光,光色偏蓝,给人以清冷的感觉,有明亮的感觉,使人精力集中,适用于办公室、会议室、教室、绘图室、设计室、图书馆阅览室、展览橱窗等场所。7000 ~ 8000K 为明显带蓝的白光,8000K 以上为蓝光,穿透力极差。

在同一空间如果使用两种色温差很大的光源,其对比将会出现层次效果。

### 9. 光源的发光效能 (Luminous efficacy of a source)

光效即光源的发光效能,或称光电转换效率,是指光源发出的光通量(单位 lm)与光源功率的比,即光源消耗 1W 电能所发出的光通量,数值越高表示光源的效率越高。光效是



考核光源能效的一个重要的参数，单位流明/瓦 (lm/W)。

例如，耗电 2W 的 LED 灯，发出光通量为 220lm，那么它发光效率 = (220lm/2W) = 110lm/W。

各类光源的光效：白炽灯 8 ~ 14lm/W；卤钨灯 15 ~ 20lm/W；直管荧光灯 50 ~ 70lm/W；单端荧光灯 55 ~ 80lm/W；高压钠灯 80 ~ 140lm/W；金卤灯 60 ~ 90lm/W；LED 灯 80 ~ 120lm/W。

### 10. 眩光 (Glare)

眩光是指视野内产生人眼无法适应的光亮感觉。或在空间或时间上存在极端的亮度对比，以致引起视觉不舒适和降低物体可见度的视觉条件。

眩光可引起不舒服甚或丧失明视度，是引起视觉疲劳的重要原因之一。

### 11. 反射率 (Reflectance or reflection factor)

物体对垂直入射光线的反射能力，用百分率和小数表示。

### 12. 常用照明术语一览表

常用照明术语一览表见表 1-4。

表 1-4 常用照明术语一览表

名称	符号	单位	定义
光源效率	$E$	流明/瓦 (lm/W)	光源效率是指发出的光通量除以耗电量所得的比值
光通量	$\Phi$	流明 (lm)	发光体每秒钟所发出的光量之总和，即光源的总发光量
发光强度	$I$	坎德拉 (cd)	发光体在特定方向单位立体角内所发射的光通量
照度	$E$	勒克斯 (lx)	发光体照射在被照物体单位面积上的光通量
亮度	$L$	尼特 nt 或 $\text{cd}/\text{m}^2$	发光体在特定方向单位立体角内单位面积上的光通量
色温	$T_c$	开尔文 (K)	光源的光色与黑体在某一温度下呈现的光色相同时，则黑体当时的绝对温度称为该光源的色温
显色性	$R_a$	0 ~ 100	光源对物体颜色呈现的逼真程度称为显色性
平均寿命		小时 (h)	一批灯泡点灯至百分之五十数量损坏时的小时数
经济寿命		小时 (h)	灯泡亮度输出衰减至某一特定比例时的小时数。亮度输出衰减比例一般规定为：用于室外的光源为 70%，用于室内的光源（如荧光灯）为 80%

## 1.3 照明色彩的特性和舞台灯光的特点

### 1.3.1 照明色彩的心理特性

不同颜色对人的心理会产生不同的生理感受：

(1) 红色。暖色调，富有刺激性，长时接触易感疲劳。红色使人联想到太阳、红旗、血光、热情、热烈、温暖、爱情、吉祥、活力、积极、坚强、振奋鼓舞、愤怒、粗暴、浮躁、禁止和危险。

(2) 橙色。与红色相近，同属暖色调，令人感到高兴、爽朗、无忧。

(3) 黄色。属偏暖色调，令人感到高贵、光明、欢快、开朗、开阔、明亮、智慧、柔和、活跃和素雅。由于人眼对黄色波长最为敏感，所以常用黄色作为警戒色。飞行员、警