

舞台机械

马守谦 李 畅 编著
郑燕斌 马保庆

WUTAI JIXIE

机械工业出版社

79.789
9201698

舞 台 机 械

马守谦 李 畅 编著
郑燕斌 马保庆



机 械 工 业 出 版 社

(京)新登字054号

本书比较全面、系统地论述了各类舞台机械的技术问题，从而为研究、开发和设计舞台机械设备提供基础。并结合我国实际介绍了舞台机械方面的新结构、新产品，是一本理论结合实际的技术专著。

本书可供工科院校有关专业和艺术院校舞台技术专业的学生、研究生和教师阅读，也可作为教材或教学参考书。同时可供从事机械设计、剧场设计和舞台管理的工程技术人员参考。

舞 台 机 械

马守谦 李 畅
郑燕斌 马保庆 编著

*

责任编辑：张秀恩 版式设计：王 颖
封面设计：刘 代 责任校对：熊天荣
责任印制：王国光

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $5 \frac{1}{4}$ · 字数 111 千字

1992 年 2 月北京第 1 版 · 1992 年 2 月北京第 1 次印刷

印数 $\Delta 001-10,875$ · 定价：4.60 元

*

ISBN 7-111-02949-6/TH · 315

编 者 的 话

舞台机械是各类文化设施（剧场、影剧院、俱乐部和文化中心）中不可缺少的设备。它为舞台演出服务，实现艺术表演所要求的各种运动和动作。良好的舞台机械设备会丰富表演艺术，并为戏剧增色。

我国经济建设的发展，促进了文化建设的发展，文艺科技现代化已提到日程，迫切要求开拓为文化艺术服务的科技领域。《舞台机械》这本书就是为适应这一趋势而编写的专著。

本书对主要舞台机械设备的功能原理、结构、计算、控制方式、维修、使用诸方面进行系统的论述。为开发研究和设计舞台机械提供基础。书中吸收了我国在舞台机械方面的成果和设计经验，同时也努力反映国外在这方面的先进水平。

《舞台机械》由甘肃工业大学马守谦主编并编写第二章的2·1、2·2、2·3，第三章，第四章的4·1、4·4和第五章、第六章、第八章；中央戏剧学院李畅编写第一章；文化部计财司郑燕斌编写第七章和第二章的2·4、4·2、4·3诸节；甘肃工业大学马保庆编写了第二、三、四各章中液压传动部分。参加本书绘图工作的有王宏、李保华、赵贤庆同志。

由于本书系国内首次版本，限于我们的水平，书中会有不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

1991年3月

写在《舞台机械》出版之际

当今，文化艺术越来越依靠科学技术。舞台表演艺术更是依赖先进的技术手段，使表演更真实、更富有强烈的感染力。为剧场、舞台提供良好的机电设备是从事机械科技工作者们的任务。这个窗口也反映了一个国家的工业技术、经济水平。

舞台机械象其他产业机械一样，是一种完整的机电产品，遵循机电产品设计、研究的规律。目前随着我国文化事业的发展，舞台机械也逐渐形成一个新的产业，为剧场、舞台提供了系列产品，正在立足国内面向世界发展。

这本书是国内在本领域内的首版专著，是机械科技与艺术相结合的产物。作者们集多年设计、研究、制造的经验，编著了此书，对发展我国舞台机械的产品开发将起促进作用。

前机械部总工程师
中国科学院学部委员

陶亨咸一级工程师

序

我国剧场中营建大规模的机械舞台，是在改革中兴起的。北京的中央戏剧学院实验剧场与中国剧院，在乌鲁木齐的新疆大会堂，还有深圳的深圳大剧院，都有比较齐全的舞台设备。这对我们戏剧界的导演、演员和舞台设计师们来说都是喜讯。良好的剧场和舞台设备是我们必不可少的表现工具。我个人对此深有体会：我们学院能够上演《桑树坪纪事》、《斯嘉潘的诡计》、《培尔·金特》、《家》、《窝底普斯王》等较有影响的剧目，在艺术上都深得舞台机械之助力。

自解放初期我国大规模建造剧场开始，就应该不但把注意力放在建筑营造上，同时也应该把注意力放在机械舞台和机械设备以及灯光器械上。因为剧场建筑与舞台机械设备本来就是互为表里、结合一体的。在这方面的畸重畸轻使我们白白的丧失了几乎二十多年的光阴，我们的第一个混合型机械舞台，在1983年才建成。比世界上第一具升降舞台晚了整整一百年。即以目前而言，我们在这方面与先进国家的差距仍然很大。

为了尽快赶上舞台机械的世界水平，要在实践与理论两方面下功夫。由马守谦、李畅、郑燕斌、马保庆合著的《舞台机械》一书就理论与技术两方面总结了国内外的经验，并提出了自己的见解，无疑对这一事业大有裨益。此书由舞台机械专家及舞台美术家合著，开始了艺术界与科技界的认真联合，而各自冲破自己原有的狭窄的领域进而汇集于一个更

大的开放的空间之中，不也正是改革中的新事物吗？

中央戏剧学院院长 徐晓钟教授
中国戏剧家协会副主席
1988年7月于北京

目 录

第一章 剧场、舞台、设备.....	1
1.1 剧场和舞台设备	1
1.2 固定的舞台设备的作用	2
1.3 舞台机械发展史	3
第二章 舞台机械的设计基础.....	11
2.1 技术特点	11
2.2 设计过程	12
2.3 驱动装置	14
2.4 噪声控制	22
(一) 舞台机械运行中噪声控制标准的讨论	23
(二) 舞台机械噪声的测量和分析	25
(三) 几种舞台机械设备运行中噪声的测量结果	26
(四) 噪声控制技术	28
(五) 几种噪声声源的分析 and 噪声控制	29
第三章 舞台上部机械.....	34
3.1 防火幕	34
(一) 功能	34
(二) 构造	35
(三) 设计参数	35
(四) 幕体结构	38
(五) 限速器	40
(六) 提升装置	42
(七) 使用和维护	44
(八) 实例	45

VI

3.2 假台口装置	45
3.3 幕类机械	48
3.4 吊杆装置	54
(一) 构造	54
(二) 基本形式	57
(三) 设计计算	59
(四) 吊杆的控制	62
(五) 安全规程	64
3.5 灯光渡桥和吊笼	64
(一) 灯光渡桥	64
(二) 吊笼	65
3.6 银幕架系统	67
(一) 架体结构	67
(二) 提升装置	68
第四章 舞台下部机械	69
4.1 升降台	69
(一) 功能和特点	69
(二) 种类	70
(三) 技术参数	73
(四) 剪叉式升降台	74
(五) 丝杠升降台	82
(六) 升降乐池	85
(七) 台板结构	85
4.2 转台	86
(一) 剧场用转台的基本要求	86
(二) 转台的分类	88
(三) 转台结构体设计	89
(四) 传动机构的设计	92
(五) 行走机构	97

(六) 中心轴	99
(七) 动力装置	100
(八) 控制装置	100
4.3 车台	101
(一) 车台的桁架	102
(二) 行走机构	103
(三) 导向装置	106
(四) 控制装置	106
(五) 驱动装置	107
4.4 复合台	107
(一) 子母升降台	108
(二) 移动转台	108
(三) 转升复合台	110
(四) 可倾斜的升降台	110
(五) 环形转台	111
第五章 多功能剧场的机械装置	113
5.1 概述	113
5.2 活动幕墙和活动吊顶	114
5.3 音响反射板	115
5.4 地面变化装置	117
5.5 观众席机械	119
5.6 可分割的旋转式观众座席结构 (TDA制, Turutabl Edivisible Auditorium)	120
第六章 舞台机械的控制	122
6.1 控制对象	122
6.2 控制方式	123
6.3 数控系统	126
6.4 可编程序控制装置	129
6.5 应用设计	130

(一) 程序设定	130
(二) 位置控制	130
(三) 计算机控制实例	131
第七章 舞台机械设备管理	134
7.1 演出过程中机械设备的组织	134
7.2 舞台机械设备的管理	135
(一) 舞台机械设备的选择和评价	136
(二) 设备的使用和维修	137
(三) 设备的更新	139
(四) 固定资金的管理	139
7.3 科学的设备管理制度	140
(一) 建立设备的档案卡片	140
(二) 建立设备的维修保养制度	140
(三) 建立操作人员的岗位责任制	140
第八章 舞台机械配置实践	141
8.1 中国剧院	141
8.2 中央戏剧学院排演场	142
8.3 首都剧场	143
8.4 新疆人民会堂	144
8.5 上海戏剧学院实验剧院	145
8.6 朝鲜万寿台艺术剧场	146
8.7 美国大都会歌剧院	147
8.8 美国哈佛大学戏剧中心	148
8.9 日本青山剧场	149
8.10 法国格勒诺布尔文化之家	151
8.11 德国因戈尔施塔特市立剧院	152
舞台机械行业名录	154

第一章 剧场、舞台、设备

人类长期的文化活动，形成了各种艺术表演形式，随之出现了剧场、舞台。这二者依赖文艺表演的发展，经历了漫长的发展过程。在这个过程中，为演出服务的舞台设备（包括舞台机械）逐渐形成了一个技术领域。因此从历史的实践来看，戏剧演出和剧场、舞台设备是彼此不能相互分离的，后者是前者所借以依托的物质基础。

1.1 剧场和舞台设备

剧场和舞台设备、舞台机械根据什么条件发展，什么因素决定它的演变，这个问题是复杂而有趣的。从历史发展的事实来看，对剧场和舞台设备的发展，以下诸因素是重要的。

1) 戏剧演出的需要和习惯决定了剧场和舞台设备的需要。例如，16世纪末至19世纪初，意大利首先产生了绘画上的透视法，由于贵族演剧的需要，才把这透视法用于布景之中，并由此产生了服务于透视布景的镜框台口，以及一些悬吊透视布景的悬吊设备。又如苏联从20世纪40年代到50年代的戏剧演出，由于喜爱使用绘画布景，所以他们不用德国式的假台口灯架。而进入70年代以后，苏联戏剧使用布景的习惯有所改变，在新建和改建的剧院中也纷纷使用德国的假台口灯架。再如，为透视布景服务的两侧滑动轨道使用了两三百年之后，用大量的悬吊装置代替了它。

2) 社会的政治、经济以及它的生产力、技术的发展水

平对剧场和舞台设备的发展有着至关重要的影响。这样的实例很多，就19世纪末叶来看，在奥地利、匈牙利，由阿斯伐利亚辛迪加开始的剧场结构及设备现代化运动，显然是钢铁冶炼技术提高，机械加工技术提高并普遍化的结果。

3) 一个国家的演剧习惯，尤其是演出的体制对剧场及其设备的影响也很重要。而这一点常常容易被人们所疏忽。德国之所以是世界上舞台设备最完善的国家，是由于它的演出体制完善。英国尽管科技发达，甚至在强大的维多利亚时代，它的剧场建造和舞台设备却一直落后于欧洲大陆，其原因也在于演剧体制的影响。

1.2 固定的舞台设备的作用

前面已指出，剧场和舞台设备是戏剧赖以演出的最重要的物质基础。其重要作用还存在于下述方面。

1) 剧场以及附属于它的舞台设备，是把戏剧中最重要的两个部分—演员和观众，通过物质手段加以组合，赋予他们各自一定的存在和活动范围，而脱离开剧场的空间形式，戏剧演出就很难存在下去。历史上各个时代几乎都有它们的戏剧的标准形式，因此它们也需要自己的剧场的标准样式，即安排观众席、安排舞台以及或大或小的附属设备的标准样式。在20世纪50年代后期，世界上许多地区出现了戏剧形式多样化的时代，随之而来的，是剧场的多样化，甚至出现了可变剧场的形式。但是在任何一种形式的剧场中，其最重要的职能，首先还是从空间上组织舞台和观众席。没有对各类剧场的了解，要想了解舞台设备也是困难的。

2) 剧场除去是组织舞台与观众的空间形式以外，它的重要功能之一就是安排舞台和附属于它的舞台设备，使它们

在最大限度上满足演剧中的种种需要。而演剧对舞台的需要大致是：要为布景工作的各方面的需要提供条件；要为照明工作的各方面的需要提供条件；要为观众欣赏戏剧的方便提供条件，主要是视觉和音响方面的条件；舞台设备和舞台机械不仅要为布景、照明服务，还要为演剧的节奏、动作和种种特技服务；舞台和舞台设备要适应于剧场的管理体制。

舞台设备服务于布置布景、更换布景（专门术语是“迁换”），这是舞台设备最明显的作用。我们所熟知的现代剧场中的吊杆、机械天幕和转台、升降台、车台等等，几乎都和这两种作用有关。

舞台设备服务于舞台特技是另一个比较明显的作用。由于中外的戏剧、歌舞中都脱不开种种具有神灵和鬼妖的神话剧目，所以戏剧演出中自然需要表现它们的特殊技巧，如神灵自天而降，鬼怪由地下钻出等等。这些都是由一定的舞台设备帮助完成的。所以说特技愈来愈需要上乘的舞台设备来实现。

3) 舞台设备配合演出，尤其是运用多种设备为演出服务的作用愈来愈重要。例如转台上装有一个以上的布景，导演和舞台设计师们常常改变过去闭幕换景的办法，而使它们当着观众的面而转动，从而达到换景的目的。而更重要的是配合着转动，又可增加许多当场表演的成分，获得一种表演气氛。

1.3 舞台机械发展史

历史表明，舞台机械的形成与发展在国外，特别是欧洲比中国早而快，水平也高。

1) 欧洲一些工业发达的国家，19世纪经济的迅速发展

给舞台机械以直接的影响。进入20世纪以来不但经济、技术的更快的发展给舞台机械的变革以更大的推动力，而且，另一个有力因素——新的演剧流派的风起云涌也有助于形成多样形式的剧场和舞台机械。

20世纪的前20年中，已经出现了一些非镜框舞台的剧场。第一个使用机械的非镜框舞台剧场是1919年在柏林建造的德意志大话剧院。它在一个极宽台口的舞台上安装了一个直径18m的转台，在台外还安装了一个很深的舌形伸出舞台。在伸出舞台舌根的部位有6块小升降台，可以成为升降乐池，而舌尖的部位也可以升降，甚至降到观众席的下面去安装观众席座位。这个剧场的价值在于：第一，它是世界上第一个用升降机械的伸出型舞台；第二，它是第一个在观众席中使用电动机械，借以改变观众席形式的剧场。可以说，德意志大话剧院开辟了可变剧场的方向。

1938年，在德国东部的德绍市所建立的国家剧场对以后的舞台机械影响深远。最能代表德国剧场特色的“品字形舞台”，是由这里开始建造的。其观众席并无特殊之处，但它的舞台是开创性的。它的主台的左、右、后三面都有附台，主台上有两个升降台，左右两侧都有车台。它最为特殊的是在后附台的巨大车台上，又安装了一个直径16m的转台，转台可随车台一起运动到主台的中心表演区。在舞台上还附有可以活动的塔轴圆天幕，在侧附台的背后设有可升降的画景贮存库和运景电梯。以上这一切，构成了人们称之为“品”字形德国式舞台。这样的剧场、舞台和设备成为一种模式，对后来各国的剧场建设产生了深远的影响。

众所周知，转台便于换景，由于转台的周而复始的运动方式，在转台上的布景尤其需要运用高度的构思来设计。车

台也便于换景，但它的运动方式只是直线型的。而升降台的最大功用是改变舞台平面的起伏性能。但它安装机械的位置常常与转台相矛盾，因此，采用上述把转台安装到一个可以移动的车台上，移到舞台的后附台上去，使二者的矛盾得到解决。这种方式成了各国大型剧院乐于采用的方法。由于采用了这种型式的混合型机械舞台，不但加强了舞台上快速切换布景的能力，同时，在演出的过程中使转台、车台或其他机械舞台不停地运动，也能配合表演做出十分吸引人的艺术表现效果。

第二次世界大战之后，在德、苏、英等国和芬兰、澳大利亚建造了不少现代化剧场，都配置了较完整的舞台机械。尤其在60年代以后，许多剧场还采用了电脑控制系统来操纵舞台机械，使它更具有快速、准确、灵活的特点。同时在舞台照明方面，也采用了最新的电子技术。因而舞台机械已形成了一门运用多种技术基础的独立的学科。

自60年代起，人们逐渐认识到剧场建筑已经不是一个孤立的建筑师所能胜任的任务。剧场建筑事业将是由建筑师和结构、电气、机械、电子、音响、艺术各个行业的专家集体设计的一项综合工程。与此相适应，在许多国家出现了剧场建筑咨询公司或机构。其任务包括从剧场建筑的可行性研究开始，到各项机电设备的配置，以至培训专业人员的全部工作，这已成为一门新兴的事业。特别需要指出的是，自50年代以后，世界各发达地区内，正规的、纯艺术的剧场在那里逐渐趋于饱和状态，而艺术和大众性娱乐以及种种社会活动（演讲报告、招待会、各类展览、时装表演等等）的增加，使得建造多功能剧场的任务被提到日程上来，这一类多功能剧场或厅堂的出现，又需要更多类型与式样的机械装置。机

械已由过去只存在于舞台上而发展成也走向观众席。即由“舞台机械”转变成“剧场机械”。

此外，由于戏剧流派的发展，也带动了剧场形式的变化。在单纯地存在了几百年的镜框型舞台剧场之外，又形成了伸出舞台、中心舞台、终端舞台、可变舞台等等。纵观已建成的代表性剧场，其特点是：

舞台可以升降的多功能大厅或剧场 它们依靠各种机械装置变换剧场型式，构成镜框台口剧场、伸出舞台剧场、两面观众的中心式剧场等等。象美国弗吉尼亚州艺术协会的标准尺寸剧场，它没有固定的舞台，也没有固定的观众席，其地面是由 240 块 1.2m^2 标准尺寸方块地板组成，每块地板都可单独升起。根据表演要求可形成不同形式的剧场型式。升降块的起升依靠下面的气压缸来实现。从而获得较高的经济效益和社会效益。

观众厅顶部可升降的可变剧场 由于顶部的升降，可以改变观众席的容积和音响反射效果，因而能满足音乐会、歌剧、舞剧、话剧演出的不同需要。

使用隔断墙的可变剧场 不同剧种的要求通过变动舞台及观众席来实现，得到了较好的效果。

以上三种类型的剧场在各国相继建造。现在，剧场与舞台机械的领先地位已不再是德、奥等国了，美、英、日、瑞典、波兰诸国逐渐赶上来了。现代化剧场不仅剧场本身的建筑新颖、别致，而且采用最先进的技术武装舞台设备和舞台机械，并广泛应用电脑操纵、控制众多设备的运行。

2) 中国戏剧的发展和剧场、舞台、设备的发展有自己独特的道路。据考证，中国戏曲虽然只有不到10个世纪的历史，但是它也表现出了使用舞台机械的记载。17世纪的明代已在