

徐奇主编

国家大剧院 舞台机械技术及运营管理

中国建筑工业出版社

国家大剧院舞台机械技术及运营管理

徐 奇 主编

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

国家大剧院舞台机械技术及运营管理/徐奇主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2010.12

ISBN 978-7-112-12758-0

I.①国… II.①徐… III.①剧院-舞台机械-机械设备-中国 IV.①J813.1

P数据核字(2010)第243870号

责任编辑: 费海玲

责任设计: 董建平

责任校对: 关 健 赵 颖

国家大剧院舞台机械技术及运营管理

徐 奇 主 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京嘉泰利德公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 20 $\frac{1}{2}$ 插页: 4 字数: 540千字

2010年12月第一版 2010年12月第一次印刷

定价: 55.00元

ISBN 978-7-112-12758-0

(19988)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

序

表演艺术是文明的表征、时代的心声，是生活的高度提炼和概括，而剧场是表演艺术的载体，最能反映一个国家或地区当代文明发展的进程，与现代科学技术的发展密不可分，它随着科学技术的进步而产生日新月异的变化，它为舞台艺术在有限的舞台里创造了更多的发展空间，给导演、舞美创作提供更多选择的可能。

剧院的核心是舞台，舞台是科学技术与表演艺术相结合的集中体现。舞台机械虽其本身的设计、制造、加工、安装与其他机械行业相比较并没有太多的差异，但在剧场这一特殊应用领域，由于大量应用现代机电业技术，使得表演艺术产生了异乎寻常的特殊效果，对表演艺术起到画龙点睛、神来之笔的作用。舞台机械设备不仅具有运行平稳、定位准确、同步运行精度高、噪声低等特点，而且在运行速度、空间位置变化上丰富多彩，操作上方便、灵活，使推、拉、升、降、转的各种功能组合变化更加灵活、快捷，形成技术与艺术、机械与表演的完美统一。

国家大剧院开业三年，这期间，舞台机械专业的同志们除完成演出、艺术普及教育等各种演出活动中的技术支持和保障外，积极投入到剧院原创剧目生产当中去，特别是大型音乐舞蹈史诗《复兴之路》的演出，对舞台机械人员的专业技能、团队精神、工作作风是全方位的锻炼与提升，涌现出一批朝气蓬勃、业务精通、作风顽强、勇于拼搏的舞台机械技术骨干，他们在各自的工作岗位默默奉献、辛勤耕耘，成为舞台后面的一道亮丽风景。

这三年是大剧院舞台技术部门全面贯彻、理解“人民性、艺术性、国际性”的剧院经营宗旨，打造“中国特色、世界一流”舞台技术的三年；是队伍建设、制度建设、设施建设全面发展壮大的三年；是全体人员提升创新能力、学习能力、管理能力、履职能力的三年。

舞台机械专业的全体同志在演出业务工作之余，坚持技术培训、业务学习，研究引进设备技术，及时总结经验，积累了丰富的管理经验，这是继《国家大剧院音响系统及运行管理》、《国家大剧院音响技术及演出管理》之后的又一技术专辑，相信该书的出版对国内的剧场舞台机械的建设、技术应用及使用管理有积极的作用。



2010年12月22日

目 录

一、机械设备篇

1 歌剧院舞台机械概述 / 刘玉群 饶紫卿 荣志晓 王 毅 厉宣浩 李 旭	002
2 歌剧院舞台机械 FAT 程序 / 刘玉群 苏志斌 张晶晶	014
3 歌剧院舞台机械噪声检测 / 张晶晶 苏志斌 饶紫卿 厉宣浩	026
4 楔块式撑臂升降平台 / 陈晓波	039
5 歌剧院的灯光桥与灯光吊笼 / 段继文	047
6 舞台车台的作用与驱动形式 / 徐 奇	057
7 矢量变频器转矩控制 / 师金建 高 岩	073
8 戏剧场舞台机械概述 / 杨德徽 胡 远 高 岩 郭 巍 童 恺	079
9 戏剧场鼓筒式转台总体结构与安全防护措施 / 段慧文	087
10 戏剧场鼓筒式转台液压系统压力站简介 / 段慧文	100
11 戏剧场鼓筒式转台液压驱动控制系统简介 / 段慧文	105
12 戏剧场舞台机械设备控制系统 / 秦晓明	111
13 音乐厅舞台机械概述 / 王 军 李青松 于红松 杜宝民	116
14 浅谈多功能小剧场的机械配置 / 徐 奇	122
15 活动坐椅的形式及选用原则 / 杜宝民 胡开佳	130

二、运营管理篇

16 戏剧场舞台机械建设过程的回顾与思索 / 杨德徽 徐 奇	138
17 国家大剧院演出形式与舞台机械的配置 / 徐 奇 揭晓凤	150
18 剧场大型演出中舞台机械的组织与保障 / 杜宝民 厉宣浩 饶紫卿	161
19 剧场总监制与专业管理 / 徐 奇	169
20 原创话剧对舞台技术的要求 / 李青松 王 斌 孙 芳	180
21 舞台专用设备动态管理系统的研究与开发 / 钟 睿 孙 芳	185

三、维护保养篇

- 22 歌剧院舞台机械第二次维保 / 王 毅 刘玉群····· 192
- 23 歌剧院舞台机械设备改造项目完工 / 李 旭 刘玉群····· 196
- 24 戏剧场舞台机械 2009 年度维保 / 童 恺 刘玉群····· 200
- 25 大型剧场舞台机械的维修与管理 / 饶紫卿····· 204
- 26 中华人民共和国文化行业标准
《舞台机械 操作与维修导则》/ 徐 奇 吴志华
苏培义 武 晟····· 209
- 27 《舞台机械 操作与维修导则》编制说明 / 徐 奇····· 215

四、国外资料篇

- 28 法国、日本剧院的舞台技术管理 / 徐 奇····· 224
- 29 再谈日本新国立剧院的舞台技术管理 / 刘玉群 许航军
荣志晓 厉宣浩 蔡 军 张文江 徐 奇····· 247
- 30 英国剧院舞台技术管理 / 徐 奇 杨晓蕾····· 255
- 31 欧洲剧场学习总结 / 王 军····· 262
- 32 日本剧场培训总结 / 厉宣浩····· 267
- 33 瑞典哥德堡歌剧院的舞台机械设备 / 徐 奇····· 271
- 34 德国美茵茨国家剧院 / 徐 奇····· 276
- 35 德国富森新天鹅堡音乐剧院 / 徐 奇····· 282
- 36 匈牙利国家剧院——欧洲最现代化的舞台之一 / 徐 奇····· 285
- 37 一个 21 世纪的音乐厅
——美国沃尔特·迪士尼音乐厅的舞台机械配置 / 徐 奇····· 290
- 38 丹麦哥本哈根新歌剧院 / 徐 奇····· 296
- 39 法国巴士底歌剧院的车台系统 / 徐 奇····· 305
- 40 英国圣盖茨黑德艺术中心 / 孙 芳 钟 睿····· 312
- 后 记····· 321

一、机械设备篇

1 歌剧院舞台机械概述

刘玉群 饶紫卿 荣志晓 王毅 厉宣浩 李旭

1. 前言

2007年6月15日,国家大剧院外立面正式向世人亮相,之后,其内部的三个剧场也逐渐展现给公众。歌剧院作为国家大剧院这颗“水上明珠”中最璀璨的部分,主要供大型歌剧、舞剧、芭蕾舞剧的演出活动,其舞台机械也是国家大剧院三个剧场专用设备中投资比例最大的项目。不仅有着推、移、升、降、转的完善功能,可迅速地切换布景的换景设备,世界独创的车台互换技术,还设置有可倾斜的芭蕾舞专用台板车台。吊杆、轨道单点吊机、自由单点吊机数量居国内同类剧院首位。

经过近半年演出的考验,歌剧院舞台机械各个环节已经磨合、调适到了理想使用状态,随着国际演出季的开始,国家大剧院神秘的面纱逐渐撩开,当马林斯基歌剧院的《伊戈尔王子》在歌剧院舞台上唱响,宣告国家大剧院歌剧院开始步入世界先进歌剧院之列。本文对歌剧院舞台机械的配置、设备特点、设备验收、人员培训等情况进行概述,让大家对歌剧院舞台机械有比较全面的认识。

2. 歌剧院的舞台机械配置

1990年国家大剧院筹建的初期,文化部国家大剧院筹备办公室经过8年的调研准备工作,提出了歌剧院舞台机械初步配置方案。1998年国家大剧院工程业主委员会再次组织了多次不同形式的研讨会,广泛征求文化部各演出团体专家们的意见和建议,并与国内外舞台工艺专家、舞台机械生产厂家的技术人员多次探讨,借鉴了国际上著名剧院舞台工艺设计理念,从国外剧场舞台机械配置发展的趋势上,从演出剧种发展和变化的方面不断地完善舞台机械工艺配置方案,在此基础上形成了国家大剧院歌剧院舞台机械工艺配置。

歌剧院采用国际传统的“品”字形舞台结构形式,布置主舞台、左右侧台和后舞台,并在后舞台的下方设有与其相同面积的台仓。歌剧院建筑台口尺寸:18.6m(宽)×14.0m(高),通过假台口调整到最小台口尺寸14.6m(宽)×10.0m(高)。

2.1 台下机械

歌剧院在主舞台设置主舞台升降台,左、右侧台设置车台,后舞台设置车载转台,台口前设置乐池升降台,后舞台下台仓内设置芭蕾舞台板车台,在主舞台升降台周围设置辅助升降台,侧台车台和车载转台的下面均设有相应的补偿升降台。

2.1.1 舞台前区域

歌剧院舞台前区设有两块乐池升降台,可形成台阶状,方便乐队使用。乐池升降台在-8.74m

位置可作为乐池使用；乐池升降台上升到 -6.00m 可成为舞台的一部分；上升到 -7.00m ，可将藏在座椅台仓里面的座椅移上乐池，从而使乐池成为观众厅的一部分。

2.1.2 主舞台区域

歌剧院主舞台区域设置 6 块主舞台升降台，主舞台升降台为双层结构，双层台面高 4.5m ，其上层台板可向观众厅单向倾斜。在主舞台升降台的上层台板和侧台车台上有开启活门，可手动或电动打开，配合设置在主升降台下层台板上的演员升降小车，提供特殊表演效果。台下有 6 台可移动的演员升降小车，通常它们被设置在主舞台升降台下层台板上。在演出中通过舞台面开启活门配合将演员从舞台面以下升至舞台面，实现特殊表演效果。

主舞台周围共设有 14 块辅助升降台（主舞台左、右侧辅助升降台各 6 块，主舞台前、后辅助升降台各 1 块），为满足演出功能和和安全要求作辅助运动。

2.1.3 侧舞台区域

歌剧院侧舞台设有 12 块侧车台（左侧、右侧各 6 块），均可运行到主舞台升降台上，也可随主舞台升降台升降，并可通过主舞台升降台互换位置，既可以变换场景，又可以参与演出，还在每侧车台下设有补偿升降台各 6 块，在车台离开侧台区域时，升起补平侧台平面。

2.1.4 后舞台区域

后舞台的车载转台可以分 8 个行程移至主舞台的不同位置，内外转台可以在行走过程中或定位时双向转动或同向旋转。后舞台后区的软景库升降机与存储架配合使用，用于垂直运输、自动存取大型成卷的软景和台毯。

后舞台下方距舞台面 9m 处，储存有一个芭蕾舞舞台台板，主舞台升降台下降后，芭蕾舞台可运行至主舞台升降台面并随主舞台升降台上升到舞台面，用于芭蕾舞演出。

舞台平面布置见图 1，舞台纵剖图见图 2，歌剧院台下机械设备技术规格汇总表 1。

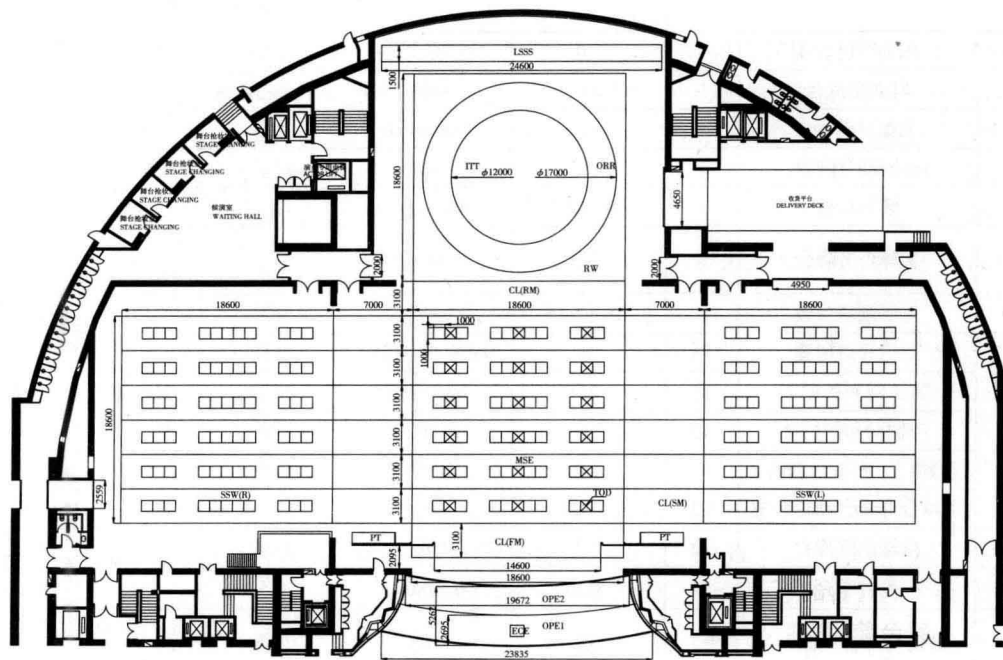


图 1 舞台平面布置图

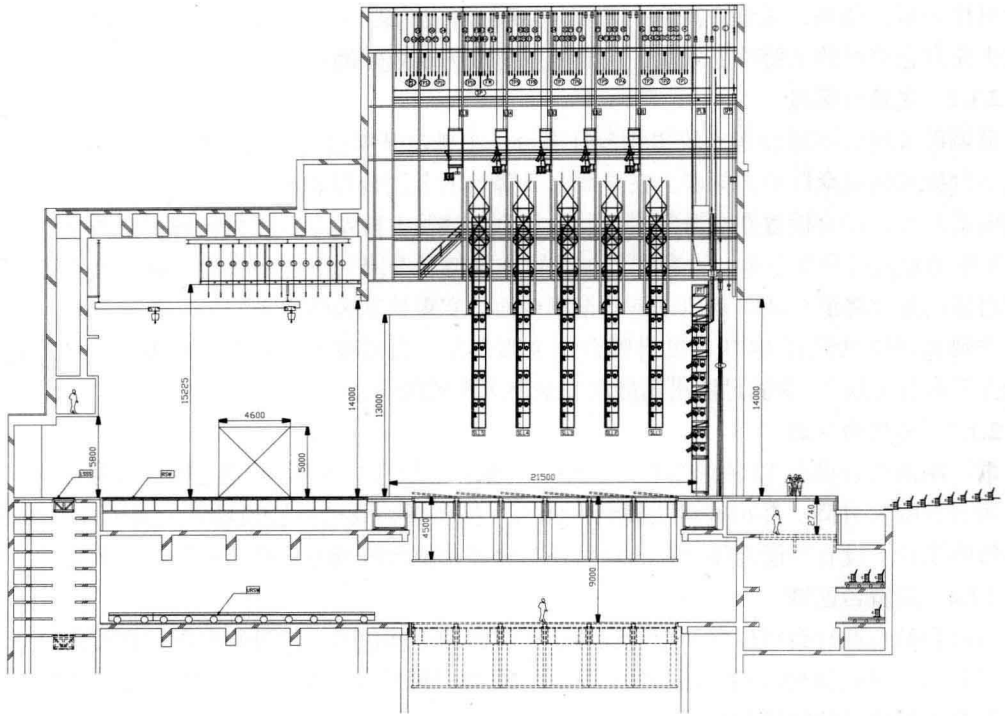


图 2 舞台纵剖面图

歌剧院台下机械设备技术规格汇总表

表 1

编号	名称	台数	行程 (m)	速度 (m/s)	载荷 (kN/m ²)		预停位置 (处)
					运行状态	静止状态	
OH1.1	乐池升降台 1	1	9.0	0.005~0.1	2.5	5.0	自由 (5)
	电动指挥台	1	0.6	0.05	1 个人的重量	5.0	2
OH1.2	乐池升降台 2	1	9.0	0.005~0.1	2.5	5.0	自由 (5)
OH1.3	前辅助升降台	1	1.2	0.05	自重	5.0	2
	倾斜台板	1	1 : 10 (5.7°)	45s/行程	自重	5.0	自由 (11)
OH1.4	主舞台升降台	6	13.5	0.04~0.3	2.5+1.5+ 车台 自重	5.0+2.5+2 个车台自重	自由 (18)
	上层倾斜台板	6	1 : 10 (5.7°)	45s/行程	自重	5.0	自由 (11)
	活门开启装置	18	—	10s 以下 / 行程	自重	5.0	2
	防护网和护栏 1	12	90°	10s/行程	自重	2kN/块	2
	防护网和护栏 2	12	1.0	10s/行程	自重	2kN/块	2
	联锁门 (在下台仓内)	1	1.0	10s/行程	自重	—	2
	主舞台升降台锁定装置	12	—	5s/行程	—	—	2
OH1.5	侧辅助升降台	12	0.2	0.05	自重	5.0	2
OH1.6	侧台车台	12	51.2	0.03~0.6	2.5	5.0	自由 (4)
OH1.7	辅助升降台 (侧台)	12	0.2	0.05	自重	5.0+ 侧台车 台自重	2

续表

编号	名称	台数	行程 (m)	速度 (m/s)	载荷 (kN/m ²)		预停位置 (处)
					运行状态	静止状态	
OH1.8	后辅助升降台	1	1.2	0.05	自重	5.0	2
OH1.9	车载转台 车台部分	1	24.8	0.05~0.5	2.5	5.0	自由(9)
	外环转台	1	∞	0.01~1 切线速度	2.5	5.0	自由(4)
	内环转台	1	∞	0.01~1 切线速度	2.5	5.0	自由(4)
OH1.10	辅助升降台(后台)	6	1.2	0.05	自重	5.0	2
OH1.11	软装库升降机	1	9.8	0.1	1.5	5.0	10
	自动存储架	1	1.4	0.1	1.5	1.5	3×8
	自动存储架锁定装置	2	—	5s/行程	—	—	2
OH1.12	座椅台车	1套	—	—	自重	5.0	2
OH1.13	后舞台下车台 1	1	24.3	0.5	自重	2.5	自由(4)
	后舞台下车台 1 倾斜台板	1	1:10 (5.7°)	45s/行程	自重	2.5	自由(11)
OH1.14	后舞台下车台 2	1	—	0.5(从动)	自重	2.5	—
OH1.15	演员升降小车 1	2	3	0.02~0.2	1.5	5.0	2
	演员升降小车 2	2	3	0.02~0.2	1.5	5.0	2
OH1.16	电动防护门	24	90°	10s/行程	自重	自重	2

2.2 台上机械

歌剧院主舞台上空设置防火幕、侧防火隔声幕、后防火隔声幕、大幕机、假台口上片、假台口侧片、电动吊杆、轨道单点吊机、自由单点吊机、灯光桥和天幕灯光渡桥、飞行器、天幕吊杆、侧灯光吊架、侧电动吊杆和二道幕机,前舞台区域上空的悬吊设备有单点吊机,左、右侧舞台上空设有悬吊设备,后舞台上空设有电动吊杆和悬吊设备。

2.2.1 舞台前区域

前舞台区域设 8 台单点吊机设备,在土建结构上开有两排共 20 个吊点孔,可满足台口前设备景片、道具等吊挂的需要。

2.2.2 主舞台区域

主舞台台口的假台口上片、侧片可使台口在 18.6m 宽、14.0m 高,到 14.6m 宽、10.0m 高的范围内变化。按照建筑消防分区设置防火幕和左、右、后侧隔声门,能在火灾等紧急事故中自由落体运动,在 30s 内下降到舞台面。此外,左、右、后侧隔声门可以分割舞台区域,隔声降噪,有利于歌剧演出时的声学效果。主舞台台口设有一道大幕机,采用 3 种组合运行的方式,可实现大幕的升降(德国式)、对开(希腊式)和斜拉(意大利式)。

主舞台区域上空的悬吊设备主要有 61 台电动吊杆,这些设备用来悬吊布景、檐幕和边幕。在主舞台区域内还设置有 1 台飞行器、2 台天幕吊杆、4 道侧吊杆(左右各 2 道)等设备。主舞台区域上空装有 13 道轨道式单点吊机(每道分 6 吊点)、24 台自由单点吊机(可在主舞台范围内自由改变位置)。轨道单点吊机速度可调,每个吊点都可以独立控制,或者

与其他吊点组合控制, 轨道单点吊机可以与电动吊杆和自由单点吊机编组运行, 制造特别演出效果。

主舞台区域上空设有 4 道灯光桥和 1 道天幕灯光渡桥 (在一层马道设有渡口)、假台口上片灯光桥、假台口侧片灯光柱、舞台两侧 10 台侧灯光吊架 (左右各 5 台, 可实现上下、前后运动), 以及 8 台地面移动灯光架配合, 为舞台灯光照明提供了充足的灯光悬挂设备。

2.2.3 侧舞台区域

在左、右侧舞台上空各设有 8 台悬吊设备, 可实现前后、左右、上下运动, 方便舞台设备运输和大型演出装置的吊装。

2.2.4 后舞台区域

后舞台上空除设有 4 台悬吊设备外, 还提供了 12 道电动吊杆, 满足各种演出的需要。

舞台台上设备布置见图 3, 歌剧院台上机械设备技术规格汇总表 2。

歌剧院台上机械设备技术规格汇总表

表 2

编号	名称	台数	行程 (m)	速度 (m/s)	载荷 (kN/m ²)
OH2.1	防火幕	1	14.2	0.15	自重
OH2.2	侧台隔声防火门	2	13.2	0.15	自重
OH2.3	后台隔声防火门	1	14.2	0.15	自重
OH2.4	假台口侧片	2	2.0	0.05	20
OH2.5	假台口上片	1	15.0	0.1	35
OH2.6	大幕机 对开	1	11.0	0.028~1.4	10
	提升	1	14.2	0.044~2.2	
	斜拉	1	18.6	0.056~2.8	
OH2.7	二道幕机 (对开)	5	11.0	0.024~1.2	4.0
OH2.8	天幕吊杆	2	30.0	0.5	7.5
OH2.9	灯光桥	4	18.0	0.1	25
OH2.10	天幕灯光渡桥	1	18.0	0.1	25
	活动渡口	2	2.2	20s/行程	自重
OH2.11	灯光吊架 平移	10	11.0	0.05	6
	升降	10	10.7	0.25	
OH2.12	流动灯光车	8	—	—	2.0
OH2.13	电动吊杆	62	30.0	0.018~1.8	7.5
OH2.14	侧吊杆	4	30.0	0.5	5
OH2.15	轨道单点吊机	13×6	30.0	0.018~1.8	2.5
OH2.16	自由单点吊机	24	30.0	0.012~1.2	5
	自由单点吊机	8	19.5	0.012~1.2	2.5
OH2.17	侧台悬吊设备倒链升降	16	15.5	0.15	10
	侧台悬吊设备倒链横行	16	9.0	0.35	
	侧台悬吊设备横梁水平移动	8	15.0	0.35	

续表

编号	名称	台数	行程 (m)	速度 (m/s)	载荷 (kN/m ²)
OH2.18	后台悬吊设备倒链升降	4	12.5	0.15	10
	后台悬吊设备倒链横行	4	5.5	0.35	
	后台悬吊设备横梁水平移动	2	18.7	0.35	
OH2.19	后舞台电动吊杆	12	14.0	0.5	5.0
OH2.20	飞行器升降	1	30.0	0.02~1.0	2.5
	飞行器平移	1	21.5	0.02~1.0	
OH2.21	组合式银幕架	1套	—	—	自重

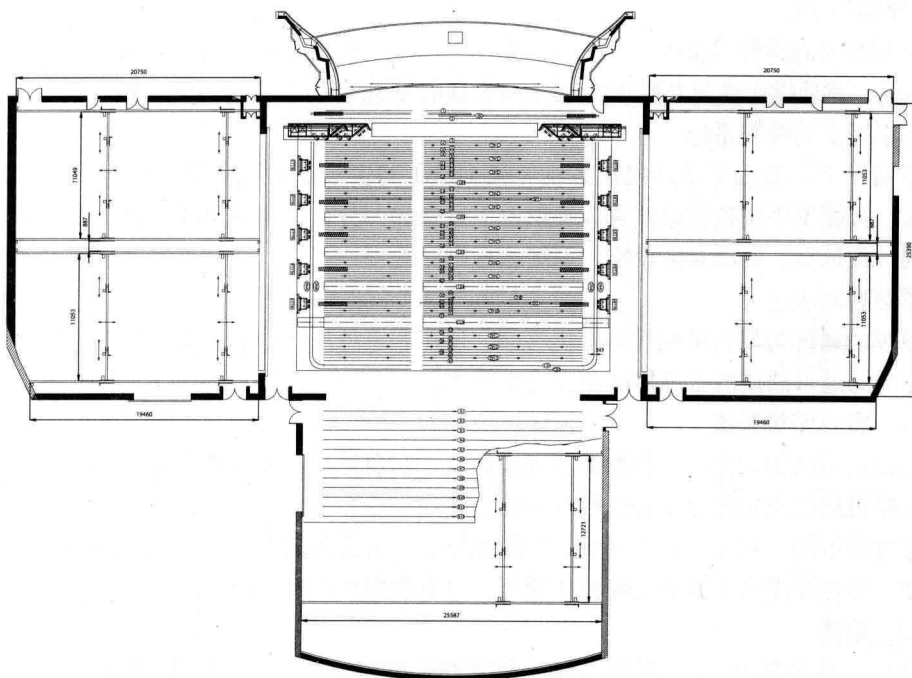


图3 舞台上设备布置图

2.3 电气与控制系统

歌剧院舞台机械控制系统采用 STATE V 系统, 在国际上已有多个剧场安全、可靠地使用, 如: 澳大利亚墨尔本艺术中心、新加坡滨海剧院、法国里昂歌剧院、日本青山剧院, 该系统经过 CE 认证, 满足 DIN V19250 Class 5 或 IEC 61508 标准。所配置的软件和硬件满足对舞台机械设备的传动实时控制和状态监视的要求, 单轴的控制独立性好, 互换性强, 软件标准化, 所需备品备件少。控制与操作层网络结构简单, 操作设备多样化、智能化、简单化, 操作方式以集中和分散相结合, 符合欧洲和亚洲剧院使用的习惯。

2.3.1 轴控制器

轴控制器 (Axis Controller) 以舞台机械设备的轴为控制对象, 监视传感器、驱动器的信号, 并发出控制指令, 同时进行控制层与操作层的数据传输。调速设备使用线性轴控制器, 它可以

控制一个传动轴；定速设备使用非线性轴控制器，它可以控制四个传动轴。当一个轴控制器出现故障时不影响其他轴控制器的运行。

2.3.2 可编程序控制器

可编程序控制器（PLC）为台下和部分台上舞台机械设备提供系统联锁监视和安全操作功能。用于操作管理的采用 S7-400，用于驱动设备控制的采用 S7-300，可编程序控制器之间的通信采用 PROFIBUS-DP 现场总线。

2.3.3 操作设备

控制系统操作设备可以分为三级：第一级为主控制系统，作为主要控制手段；第二级为智能型手动控制系统，用于实现设备的联锁，当主控制系统故障时，可完成除设备编组或场景以外的简单操作；第三级为紧急控制系统，作为现场的检修试车用。

1. 主控制系统

主控制系统的操作设备可分为主操作台（Syscon）、便携式操作盘（Argonaut）、移动式操作盘（Mocon）、就地操作盘和光缆导轨（Locon & Opricalrail）、手持式操作盘（Rover）。

2. 智能型手动控制系统

正常情况下，智能型手动控制系统（SCADA）与主控制系统一起运行，当主控制系统出现故障时，智能型手动控制系统可以提供台下设备和部分台上单体设备控制、设备联锁、设备状态监视、预选择、运动参数设定、编组运行等。

3. 紧急控制系统

紧急控制系统为舞台机械设备提供检修、试车和紧急控制功能，通过安全开关切断动力控制电源，或通过可插拔的紧急控制器完成紧急控制。

2.3.4 紧急停机系统

紧急停机系统由紧急停机控制器和按钮组成，紧急停机控制器在主控制室内的系统分配柜内，紧急停机按钮安装在台上卷扬机机房内、各层天桥、舞台平面、舞台平面以下区域内。按照物理位置的不同，划分为三个区域，即紧急停止台上设备或台下设备或全部的台上和台下设备的运动。各种操作盘上的紧急停机按钮可以停止作操作的舞台机械设备。

2.3.5 软件

计算机软件是基于 Linux 操作系统开发的舞台机械专用软件，提供 Windows XP 平台下操作界面方面操作人员使用。

主控制系统和智能型手动控制系统见图 4，移动控制台及光纤导轨位置见图 5。



图 4 主控制系统和智能型手动控制系统

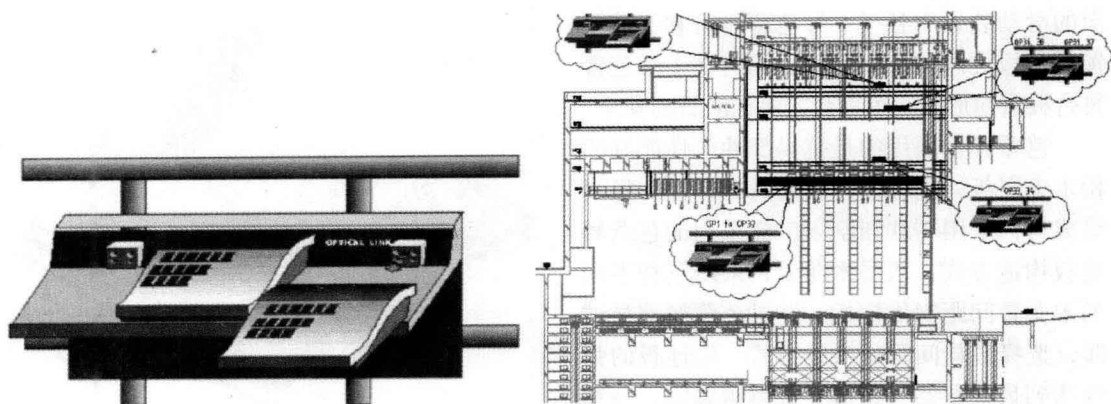


图5 移动控制台(左图)及光纤导轨位置(右图)

3. 歌剧院舞台机械特点

3.1 侧台车台左右可互换

歌剧院的下场口设置有布景运输通道及大门, 如果布景在下场台吊装、搭建, 可以通过车台互换的方式运送到上场台, 实现快速切换场景。单个车台互换方式见图6。

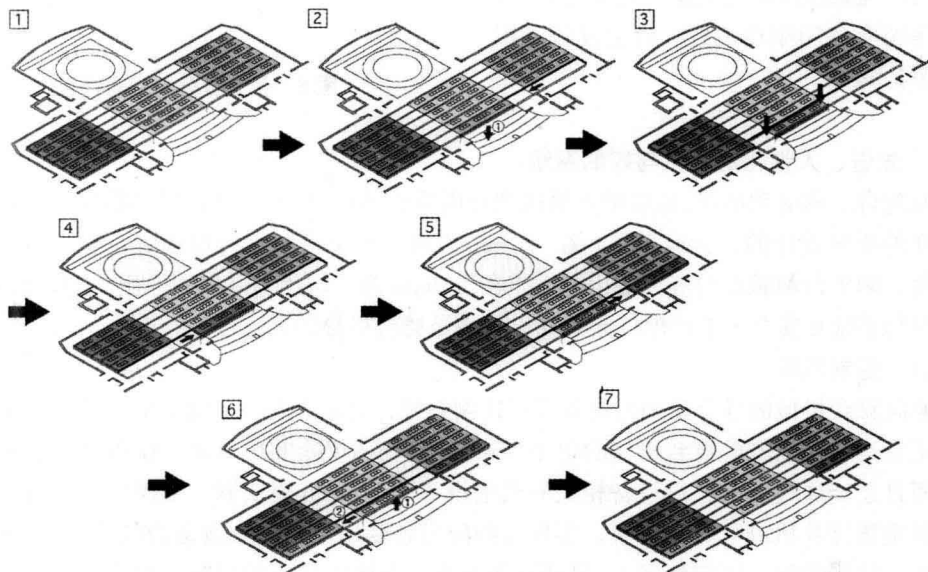


图6 侧台车台的互换方式

3.2 独特的芭蕾舞专用台板车台

歌剧院拥有目前国内单块面积最大的无缝隙专用芭蕾舞台板, 芭蕾舞台板台面可倾斜至 5.7° 。整个芭蕾舞台面尺寸为 $18.6\text{m} \times 18.6\text{m}$, 分成两块, 1号芭蕾舞台其尺寸为 $18.6\text{m} \times 15.5\text{m}$, 当1号芭蕾舞台板倾斜时, 可通过其后面2号芭蕾舞台板(其尺寸为 $18.6\text{m} \times 3.1\text{m}$)下

面的滑动装置来补平 1 号芭蕾舞台和 2 号芭蕾舞台板之间的台板间隙, 同时在 1 号芭蕾舞台板后面形成一个平台, 保证演员的安全。

芭蕾舞台面用的是抗局部冲击性能好的桧木多层板, 龙骨使用的是具有弹性的松木集成材, 采用在欧洲剧场广泛采用的芭蕾舞地板构造方式, 双层木龙骨, 采用三种不同的木龙骨间距制作样板, 经过芭蕾舞演员试跳, 选择最佳间距的敷设方式, 使地板的弹性达到最佳状态。经过中央芭蕾舞团、马林斯基歌剧院芭蕾舞团的演员们使用, 反映非常好, 芭蕾舞专用台板车台见图 7。

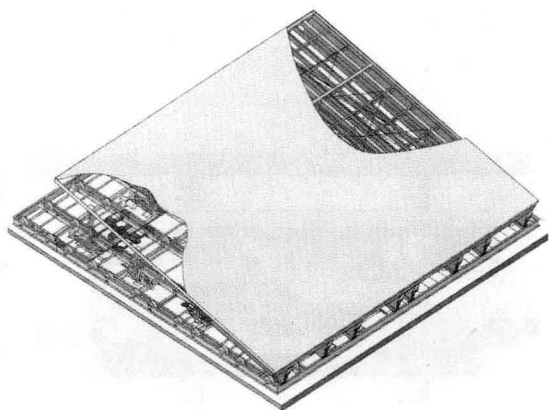


图 7 芭蕾舞专用台板车台

3.3 布局合理的专用卷扬机设备机房

歌剧院台上设备数量多, 为保证噪声控制和设备维护便利, 设有专用的卷扬机房, 设备合理布置, 排列规整, 留有足够的操作维修空间, 在栅顶上的滑轮、钢丝绳排布简洁、整齐, 避免钢丝绳相互交错和过多的转向, 设备机房留有备用驱动装置。台上设备专用卷扬机房见图 8。

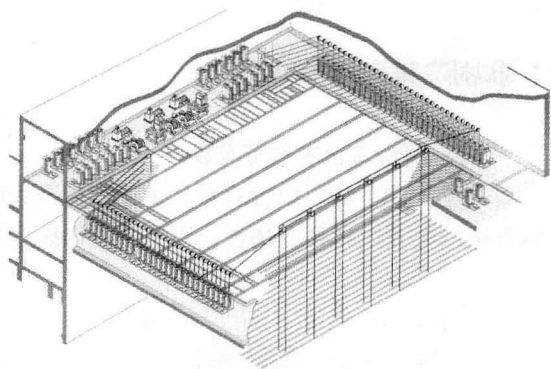


图 8 台上设备专用卷扬机房

3.4 先进、人性化的电气与控制系统

歌剧院台上的电动吊杆、轨道单点吊机和自由单点吊机, 是专门针对剧场高静音、高可靠性、高稳定性的要求设计的, 其运行误差在 $\pm 1\text{mm}$ 以内。台下设备运行也相对安静、稳定, 主舞台升降台、侧车台和后车台等设备运行误差在 $\pm 2\text{mm}$ 内。能达到这样的性能, 需要采用合理、高效的控制系统和安全可靠的电气元器件, 以满足舞台机械的先进性能。

3.4.1 控制系统

歌剧院舞台机械的所有带动力设备都进控制系统, 这就需要一个强大的控制系统来实现各设备的正常运行。歌剧院舞台机械的单个 Wincon 模块不仅能实现对单个设备进行精确控制与监视, 而且还能通过与其运行设备相关的其他设备的 Wincon 模块群、主操作台、可编程控制器以及报警计算机进行数据交换, 实现复杂的设备联锁关系以及设备的联动 (如临时编组、同步编组、异步编组、固定编组), 保证设备安全、有序地运行的同时, 在演出中也可短时间内实现复杂的舞台换景, 提高演出效果。

3.4.2 公用变流器技术

在设备制动运行时电机处于发电状态, 电机会产生电流, 目前对这种电流的处理方法一般是在变频器回路中加装热耗电电阻, 将所发电流消耗。而歌剧院采用了目前先进的公用变流器技术, 可以将这些电流通过公用变流器处理 100% 地反馈给供电电网且不影响供电电网的稳定性。这项技术提高了电能的使用效率, 实现了节能, 还稳定了控制柜室的温度, 延长了控制柜原件

的寿命,提高了设备运行的稳定性。

3.4.3 备用驱动系统

歌剧院在台上控制系统和台下控制系统中都提供了备用的变流器和备用变频器。当某个主变流器或主变频器出现故障时,备用变流器或备用变频器可以电动地替换该故障变流器或变频器,保证该设备能在几秒钟之内继续运行。在歌剧院的栅顶左右吊杆卷扬机房内,各设置一套电动吊杆的移动式备用传动装置,配合手持操作盒,可以在某一主电机故障时也能运行该设备。在台下机械设备中,主舞台升降台、乐池升降台、软景库升降机设辅助传动装置,配合备用变流器和备用变频器,在主驱动系统故障时继续运行设备。

3.4.4 控制柜操作按钮

歌剧院所有台上和台下设备控制柜都设有设备操作按钮,该设计可以方便系统和设备的调试,特别是在演出中万一控制系统无法正常运行时,也可以控制任何一个系统可操作的设备。

4. 舞台机械验收

验收工作开始的前提是机电设备安装全部完成,设备厂家内部自检完成,正式供电具备。按照设备验收大纲,从以下几个方面开始舞台机械系统的验收工作。

4.1 外观检查

外观检查主要是依据设计图纸,通过目测检查进行,重点是设备的规格与状态,机构与装置等。从以下几个方面对设备外观进行检查。

4.1.1 安装检查

- 设备安装位置正确,设备数量齐全;
- 所有结构无变形或损伤;
- 所有装置安装牢固。

4.1.2 外观检查

- 涂漆色泽均匀,无漏刷,无裂纹脱落。

4.1.3 电气检查

- 电气与控制设备的布置、布线整齐美观;
- 电气设备、电缆、导线等接头牢固,标记准确。

4.2 性能测试

性能测试是通过操作系统对单台设备、多台设备的测试,考核设备的主要技术参数及控制系统的功能,以证明其符合合同所规定的一系列功能。数量较多的电动吊杆自由单点吊机、轨道单点吊机、灯光吊笼,任意抽取数量为总数 1/4 的设备进行检查,台下设备逐台试验。在测试报告中标明设备和系统的测试方法、步骤、使用仪器、进行状态、测试数据及存在缺陷等项目。

4.2.1 单项设备测试

单项设备测试是通过操作系统,对单台设备载荷、速度、停位精度、安全性能进行的测试