

# 剧场舞台机械工艺系统的机电设备集成设计——以宜都市市民活动中心大剧场舞台机械工艺系统为例

金国辉

浙江舞台设计研究院有限公司 浙江杭州 310000

**摘要:** 舞台工艺设计遵循工艺设计科学、技术性能优良、配置优化实用、运行安全可靠、维修操作方便、经济合理的设计原则。舞台工艺设计和设备配置充分考虑艺术创作的多样性与独特性,在现有建筑体形的基础上尽可能发挥舞台机械灵活多变的特点。

**关键词:** 剧场剧院; 舞台机械; 工艺先进; 安全标准高

## Integrated design of electromechanical equipment for theatre stage mechanical process system--The example of stage mechanical process system in Yidu City Civic Activity Center Amphitheatre

Guohui Jin

Zhejiang Stage Design and Research Institute Co. Hangzhou, Zhejiang 310000

**Abstract:** The stage craft design follows the principles of scientific design, excellent technical performance, practical and optimized configuration, safe and reliable operation, easy maintenance and operation, and economical rationality. The design of stage craft and equipment configuration fully considers the diversity and uniqueness of artistic creation, and maximizes the flexibility and variability of stage machinery on the basis of existing building forms.

**Keywords:** theatre, stage machinery, advanced technology, high safety standards

宜都市市民活动中心大剧场舞台机械工艺系统为实现高效的装台与换景以及特殊的舞台效果,舞台机械工艺设计和设备的配置充分考虑建成后剧院的功能定位,能够满足大型演出和大型活动时舞台机械设备快速切换软、硬布景;通过设备的不同组合,使剧场形式和形状的变化更加纷繁奇异、特色鲜明,以获得最佳的使用效果,舞台技术与设备配置达到国际一流。

本项目舞台机械的设计符合中国现行的有关标准和法规,同时遵照相应行业规范和标准,如《JGJ 57-2016 剧场建筑设计规范》、《GB 50017-2003 钢结构设计规范》、《GB 16754-2008 机械安全急停设计原则》、《GB 5226.1-2002 机械安全机械电气设备》等

所涉主要产品、关键装置、部件、元(器)件和主要装置、部件、元(器)件全部采用业内公认的国际知名品牌,如驱动电机、减速机:德国 SEW、限位开关:美国 SUNS、变频器:丹麦 Danfoss、编码器:瑞士 ELCO、可编程控制器:德国 SIEMENS、工业控制计算机:台湾研华等。

本项目舞台机械系统包括台上/台下舞台机械设备及电气控制系统等组成:

### 一、台上/台下舞台机械设备

主舞台宽约 26.5 米,深约 19.6 米;左右侧台各宽 16.5 米,深 13.8 米;主舞台台口宽度 15 米,高 9 米。舞台机械设备含台下设备和台上设备,其中:

台下设备有:乐池升降栏杆 1 套,乐池升降台 1 套,主升降台 3 套,侧辅助升降台 4 套,侧车台 4 台,侧车台补偿台 4 台,台下机械电气和控制系统 1 套。

乐池升降栏杆位于乐池升降台与观众厅之间,在升降乐池需要下降至观众席标高以下时,可以升起来起装饰和保护作用,防止人、物意外坠落。

乐池升降台主要供有乐队伴奏或合唱队伴唱的歌舞剧演出使用,其位置处在台唇与观众厅之间。乐池升降台有 3 个预停位点,可利用不同的台面高度变化,形成多种使用形式。升降台的台面可上升到与舞台台面齐平,形成舞台的延伸部分;或停在与观众席前排地面齐平的高度,用于增加观众席前区的座位;下降至乐池高度可

形成乐池。

在主舞台区域设置的3台主升降台是现代化机械舞台的主体,是该剧院台下舞台机械设备最重要的组成部分。它能够灵活、丰富地变换舞台形式,使整个主舞台在平面、阶梯之间变化。通过升降台相互组合,改变升降高度,可形成不同的演出平台;与侧车台组合使用,可用于各种大型歌剧、舞剧和综艺演出,搭装场景,使大型布景在演出中多次快速切换,参与演出,以增加表演效果。

主升降台为单层台面结构,可以单独升降也可以与其他主升降台之间编组升降,同步运行。主升降台最高可升至高出舞台面1.5m,最低可降至低于舞台面4.5m。当主升降台自舞台面下降4.5m至主舞台台下马道处时,可将存储于舞台下部的布景或演员等移动到主升降台上,并可以随之上升。

侧辅助升降台设置于主舞台和侧舞台之间。为使侧舞台上的车台能在舞台平面运动到主舞台上,侧辅助升降台需下降一个侧车台高度,为侧车台开至主舞台上提供行走路径。当侧车台完全开至主舞台上,侧辅助升降台可上升,使侧舞台与主舞台保持同一平面,有利于侧台的使用和安全。

侧车台设置于侧舞台上,平面尺寸与主舞台升降台相同。侧车台可装载布景、道具或演员,在舞台平面上,主舞台与侧台区域之间移动,参与演出活动。侧车台可以单独运行,也可以任意组合运行、也可任意编组同步运行。为了保证侧车台运行时人员的安全,在每块侧车台的端部均设有防撞装置,当遇到障碍物时能立即停车。侧车台与侧辅助升降台、主升降台进行动作联锁控制。

侧车台补偿台设置于侧车台之下,与侧车台尺寸相同。当侧车台完全移出原位置时,侧车台补偿台可上升使侧舞台与主舞台保持同一平面,有利于侧台的使用,保证演出人员和工作人员的安全。相反,该升降台下降一定高度可使侧车台从主舞台移至侧舞台。侧车台补偿台与侧车台动作联锁控制。

台上设备有:台口外单点吊机8套,台口会标屏吊杆1套,台口防火幕1套,大幕机(升降+对开)1套,假台口1套,电动吊杆48套,灯光吊杆5套,侧灯光吊架4套,二幕机2套,主舞台单点吊机8套,舞台幕布1套,台上机械电气和控制系统1套。

台口外单点吊机设置于台口外乐池上空近台口墙处,通过装修面局部开孔设置两排悬吊点,吊点平时位于装修吊顶内,使用时放下参与演出。用于悬挂道具等,也可与铝合金 Truss 架组合用于上空场景搭设、灯具的布置。台口外单点吊机是一种具有较大灵活度的吊挂设备,能将几个吊点组合在一起进行同步运行,也可分别运行。

台口会标屏吊杆设置于台口外上空近台口墙处,

专用于吊挂会标 LED 屏。不用时,吊杆上升,将会标 LED 屏收藏在装修吊顶上方。

台口防火幕设置在观众厅与舞台之间的台口处,在舞台一侧,其作用是在舞台区起火时将主舞台和观众厅分隔开来,形成两个防火分区,防止火势蔓延,减少人员伤亡和财产损失。在紧急情况下,防火幕能在启动后45s内,靠重力下降到舞台台面;在距主舞台面2.5米时开始阻尼下降,接近台面0.5m时再次减速,以避免伤及人及对台面的冲击。防火幕的耐火极限符合国家相关标准,能承受观众厅与舞台之间由于火灾引起的压差。

设置于舞台台口处的大幕机,具有对开和提升功能,电机驱动、可调速。对开幕导轨中间重叠部分长度不小于2.0m,两侧延伸至可以使幕布开到舞台建筑台口以外。对开大幕可手动开启和关闭。

假台口由两套侧片及一套上片组成,设置于舞台台口内侧的活动台口处,假台口上片可以调整演出台口高度的大小,使其根据演出需要在9m和7m高度之间变化;可降至距地面一米处装灯。假台口两侧片位置的平移可以调整演出台口宽度的大小,使其根据演出需要在15m和12m之间变化。假台口上片和侧片为钢制框架,可安装舞台灯具,并可上人操作使用灯具。

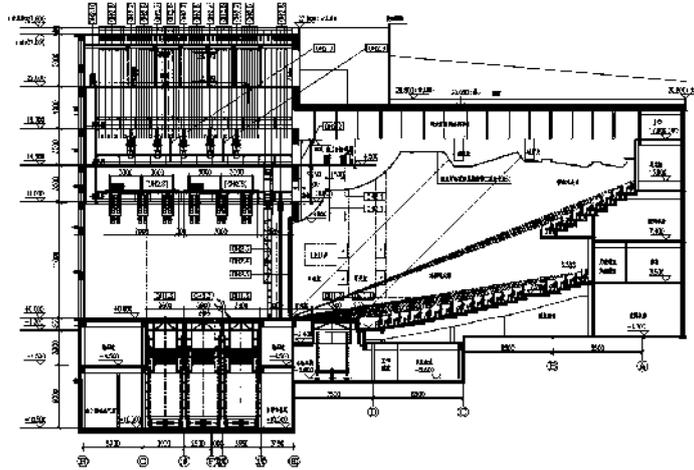
电动吊杆设置于主舞台上部,平行于台口布置,用途广泛,既可用于换景、提升幕布和二道幕,也可以吊挂灯具等,参与各种演出活动。电动吊杆可以单独运行,可以几台同步组合运行,也可以与其他设备进行编组运行。

灯光吊杆设置于主舞台上部,平行于台口布置,专门用于吊挂舞台灯光设备,可作升降运动。灯光吊杆配有电缆收线筐,便于垂直电缆的收纳;灯光吊杆配有灯具保护杆,防止灯具和吊杆杆体前后设备碰撞。灯光吊杆可以单独运行,也可以几台同步组合运行,也可以与其他设备进行编组运行。

侧灯光吊架设置于主舞台上空两侧,专用于安装舞台灯具的装置,便于为舞台提供侧光。

置于舞台内的二幕机,具有电动对开开启、关闭的功能,它可以根据需要在使用前吊挂在任意一道电动吊杆上,将舞台分隔成不同的演出区域或作为背景幕等形式使用,以适合不同种类演出的需要。使用时可利用吊杆下降到工作位置,水平对开、关闭;当不需要二道幕时,将二幕机升起。对开幕导轨中间重叠部分不小于2.0m,两侧延伸至可以使幕布开到侧幕条以外。

主舞台单点吊机的吊点滑轮设置在栅顶任意位置。单点吊机可用来悬吊三维舞台布景,也可用于在舞台纵向或两个吊杆之间提供吊点。单点吊机是一种具有较大灵活度的吊挂设备,能将几个吊点组合在一起进行同步运行,也可分别运行。



机械设备剖面示意图

## 二、电气控制系统

### 1、技术先进性、高开放性

控制系统采用安全、专业、成熟、可靠的德国SIEMENS控制技术和深度开发专用于舞台机械的控制系统，完全遵守IEC61508电子、电气、可编程控制器电子安全系统的功能安全标准设计，安全标准较高。管理层通讯采用100MBps工业以太网，控制层通讯采用传输速率为12MBps的PROFINET现场总线。控制系统安全可靠、配置高档、快速稳定、简明易用，有众多的成功运用案例。

### 2、安全性、可靠性、冗余度和可扩展性

系统冗余备份及扩展性概念：系统结构的模块化、功能化以及系统的冗余性和实用性等特征体现了本系统最新的舞台技术的发展水平。控制系统采用的PROFINET现场总线，符合标准JB/T10308.3-2001、IEC61158和EN50170，是目前应用最广的现场总线，获国际上绝大多数工控厂商的支持，是通用和开放的网络系统。主控制器和现场智能I/O以及控制网络均有相当大的扩充容量，可方便日后系统的扩充和升级。

系统采取多种技术措施保证人员、设备、电气等方

面的安全，硬件上设置防剪切、防撞、限位、超程、急停等安全开关。软件上有软限位、互锁模块，有各类安全保护功能：不满足连锁条件不启动。在超过预设目标位时，系统保护中断。在超过预设同步精度时，系统保护中断。超速时，系统保护中断。超载时，系统保护中断。万一有不符合预设的运动顺序，系统保护中断。

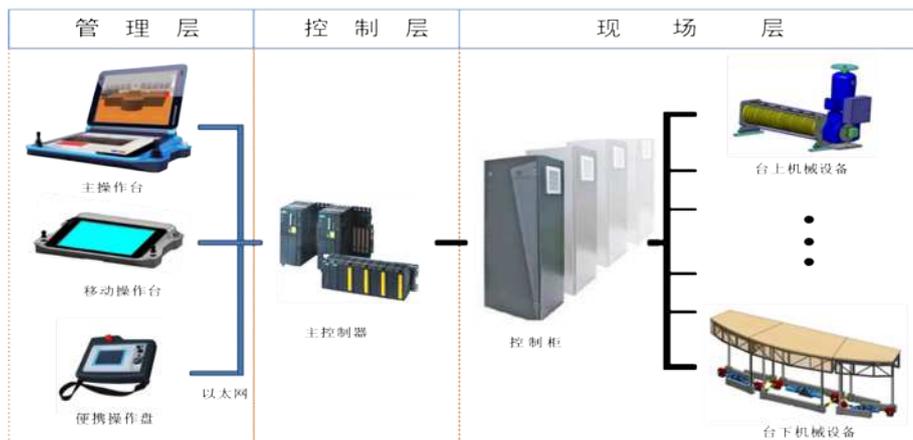
操作灵活的控制系统，保证演出进行到底。即使计算机系统全部瘫痪，主控制系统失灵的情况下，还可用智能型手动控制系统进行编组运行。紧急控制装置，可在控制系统出现最极端故障时实现最低层的手动运行。

### 3、操作灵活的控制系统

配置了主操作台、移动操作台、便携式操作盘、大屏幕就地操作盘等操作设备，可以在舞台的任何区域轻松操作。就地操作盘可在控制系统出现最极端故障时实现最低层的手动运行。

### 4、操作界面简明易学

控制软件具备优良的人机对话界面，直观明了，操作人员可进行直觉性的操作，简单易学。软件适用性强，紧紧跟随硬件技术的发展不断升级换代。在控制软件的人机界面，提供中、英等语言界面，以方便不同国家演出团队使用。



## 三、总结

舞台工艺设计应遵循设计科学、技术性能优良、配

置优化实用、运行安全可靠、维修操作方便、经济合理的设计原则；应充分考虑艺术创作的多样性与独特性，在现有建筑体形的基础上尽可能发挥舞台机械灵活多变的特点。

**参考文献:**

[1] 《机械设计手册》2017 闻邦椿主编

[2] JGJ57-2016 剧场建筑设计规范

[3] GB50017-2003 钢结构设计规范

[4] GB16754-2008 机械安全、急停、设计原则

[5] GB5226.1-2002 机械安全、机械电气设备

[6] GB/T3811-2008 起重机设计规范

[7] WH/T27-2007 舞台机械验收检测程序