

GONGYE YU MINYONG JIANZHU
DIANQI SHEJI DIANXING SHILI

工业与民用建筑 电气设计典型实例

徐兆峰 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

GONGYE YU MINYONG



DIANQI SHEJI DIANXING SHILI

工业与民用建筑 电气设计典型实例

徐兆峰 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



内容提要

本书作者从事工业与民用建筑电气设计多年, 具有较丰富的电气设计经验及写作经验。为了把这些宝贵的经验与读者分享, 作者精心挑选了几十个典型实例, 以期起到抛砖引玉的作用, 使读者快速入门并在设计中得心应手。

本书共分两部分, 分别为应用实例篇和工程实例篇。应用实例篇的每个实例都是作者设计实践的精心总结, 讲述了在各种电气设计中的设计思路、方法和常见问题的解决办法。工程实例篇中, 每个工程实例都有“设计内容介绍”和“设计要点提示”。实例包括多层、小高层、高层住宅、大型高层复杂综合楼和大型商贸、住宅小区总图等民用建筑电气设计, 派出所、居委会、教学楼、医院、大学校园、工矿、围船供水、隧道、路灯(含太阳能照明)等公共建筑用电设计, 以及炸药库防雷、油库消防联动报警、星级宾馆弱电和综合楼电气消防专项设计, 还有施工现场临时用电设计等内容。

读者对象: 电气设计人员、施工人员及大专院校相关专业师生。

图书在版编目(CIP)数据

工业与民用建筑电气设计典型实例/徐兆峰编著. —北京: 中国电力出版社, 2008
ISBN 978-7-5083-7387-4

I. 工… II. 徐… III. ①工业建筑电气设备建筑设计②民用建筑-电气设备-建筑设计 IV. TU85
中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第086914号

工业与民用建筑电气设计典型实例

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://www.ccepp.com.cn)

2009年1月第一版

880毫米×1230毫米 横16开 17.5印张 576千字

北京丰源印刷厂印刷

2009年1月北京第一次印刷

各地新华书店经售

印数 0001—3000册

定价 49.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

设计者之歌 (代序)

从巍峨高山的青松上汲取灵感，
从旭日东升的大海上捕捉激情。
给想象插上翅膀，
让思维与蓝天共鸣。

给排水管中是流动的血液，
强弱电线路是无数条神经，
采暖与通风涌动着春天的情。
璀璨的万家灯火飞爆流泉，
烘托出大桥高楼温情脉脉的面容。

为了每一个方案的诞生，
设计者们苦思冥想，如痴如梦。
多少个不眠之夜，
多少个月下孤灯。

电脑屏幕
设计方案巧变换，
方寸天地异彩纷呈。
电脑键盘
流淌着醉人的音乐，
奋进的旋律伴我们走过春夏秋冬。

设计者的花园 生机盎然 姹紫嫣红，
设计者的天空 群星灿烂 相互辉映。
在历史的长河中，
我们是来去匆匆的过客。
在深邃的天幕上，
我们是小小的流星。
让有限的生命走向无限，
愿流星耀眼的一瞬化为永恒。

徐兆峰

2008年6月

Preface

前言

花景权、郭长春、李宏、阎锡钢等为本书的出版给予了有力的支持；刘丽莎、王广平、杨秋萍、陈克、龙高军、包渊彦、冯胜等为本书的出版提供了大量的帮助，在此深表谢意。

由于作者水平所限，书中差错在所难免，敬请同行指正。

徐兆峰

2008年12月

作者多年从事工业与民用建筑电气设计。篇篇应用实例都是作者设计实践的精心总结；个个工程实例都有“设计内容介绍”和“设计要点提示”。实例有多层、小高层、高层住宅，大型商住楼和大型商贸、住宅小区总图等民用建筑电气设计，派出所、居委会、教学楼、医院、大学校园、工矿、围船供水、隧道、路灯（含太阳能照明）等公共建筑用电设计，以及炸药库防雷、油库消防联动报警、星级宾馆弱电和综合楼电气消防专项设计，还有施工现场临时用电设计等内容。

录 Contents

设计者之歌 (代序)
前言

第1篇 应用实例篇

例 1-1 住宅小区环网供电设计实例	3	例 2-3 高层住宅电气设计	61
例 1-2 学生会堂光、声、电设计	6	例 2-4 大学校园总图供电施工图设计	90
例 1-3 太阳能应用实例	13	例 2-5 大型建筑工地施工临时用电设计	94
例 1-4 多水源井遥控系统的电气控制	18	例 2-6 大型商贸、住宅小区总图施工图设计	98
例 1-5 新县城修建性详规电力设计	20	例 2-7 医院变电站施工图设计	108
例 1-6 啤酒厂变电站的防雷设计	23	例 2-8 工矿企业用电设计	112
例 1-7 沿江照明设计方案	25	例 2-9 隧道电气设计	118
例 1-8 水厂供电设计方案	27	例 2-10 道路照明设计	133
例 1-9 凤凰小区智能化设计	29	例 2-11 电气消防专项设计	138
例 1-10 结构化综合布线系统设计	31	例 2-12 围船供水电气设计	149
例 1-11 建筑电气设计图纸审查中的常见问题	35	例 2-13 油库消防设计	155
第2篇 工程实例篇		例 2-14 炸药库防雷设计	160
例 2-1 多层住宅电气设计	41	例 2-15 派出所电气设计	163
例 2-2 小高层住宅电气设计	50	例 2-16 教学综合楼电气设计	179
		例 2-17 星级宾馆弱电 (含消防) 设计	205
		例 2-18 居委会综合楼电气设计	223
		例 2-19 大型高层复杂综合楼供电系统设计	242
		例 2-20 太阳能路灯照明设计	264
		参考文献	271



第1篇

应用实例篇

1 规划计算

规划计算是住宅小区设计的重要环节，也是设计的基础。在住宅小区规划中，应根据国家有关标准、规范和地方标准，结合小区的实际情况，进行规划计算。规划计算的内容包括：人口规模、用地规模、建筑密度、容积率、绿化率、停车位、公共绿地、公共建筑、公共配套设施等。规划计算的结果将直接影响到小区的建设和使用。



图 1-1 住宅小区环境供配电设计案例

设施齐全,环境幽美,建筑物密集是住宅小区的建设特点。住宅小区传统的供电方式是架空线路和台上、杆上变压器以及各种弱电线路,致使小区空中线路如蛛网密布,加上与绿化树木混在一起,导致事故频频发生,供电可靠性降低,且有碍观瞻。在人们对生活质量、生存环境要求越来越高的今天,采用箱式变电站(箱变)及埋设地下电缆构成环网供电,应该是当今住宅小区供电方案的理想选择。根据不同的建筑环境,箱式变电站可以选择不同的造型和颜色,以一个建筑小品的形式屹立在楼群中。下面结合某市凤凰小区供电设计,对住宅小区环网供电方式进行探讨。

某市凤凰小区总建筑面积 24.8 万 m^2 , 18 层住宅 11 幢, 25 层商住楼 3 幢, 其余多为 7 层商品住宅, 另有写字楼、综合楼数幢。入住户数为 2182 户, 约 8637 人。它是以商品住宅为主的居住生活小区, 兼容适量的公共设施, 计划将该小区建设成为 21 世纪标志性示范小区。

1 负荷计算

用电负荷是确定供电等级、供电方式及选择设备的依据。负荷计算事关供电全局。我国幅员辽阔, 气候差异甚大, 要想按照一个统一的标准计算负荷是不现实的。户平均负荷 ($\text{kW}/\text{户}$) 及同时需要系数的选取有成倍的差距。本小区供电以 $5\text{kW}/\text{户}$ 为设计依据, 同时需要系数参照全国各地的标准取平均值。对于公用建筑, 按有中央空调统计其负荷密度为: 商场 $80\text{W}/\text{m}^2$, 写字楼 $40\text{W}/\text{m}^2$, 设备用房 $20\text{W}/\text{m}^2$, 库房(含汽车库) $10\text{W}/\text{m}^2$ 。

2 供电系统

环网供电能使配电网线路简化, 管理方便, 能方便地为重要负荷提供两个电源。并且出现故障时易于查找, 对于实现电网自动化管理具有重要的意义。同辐射形供电相比, 投资少。因此, 在国内外获得越来越广泛的应用。

凤凰小区在中心设一开关站, 采用环形供电, 东、西两区自成一环。低压供电半径小于等于 250m , 整个小区设有 17 台箱式变电站和 7 个变电点。小区供电体系见图 1-1。

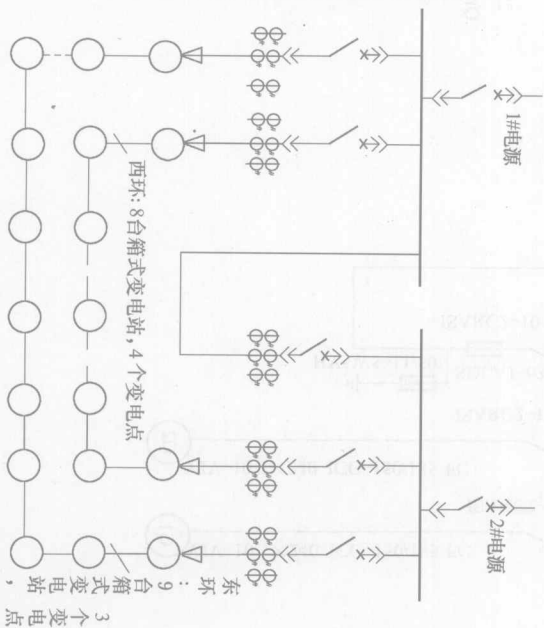


图 1-1 凤凰小区供电拓扑图

凤凰小区环网单元采用箱式变电站, 一进一出, 单线单环, 在低压侧进行电能计量。环网单元典型接线见图 1-2。

对于大型商用商业建筑及地下车库等不宜设置箱式变电站的用户, 可设置变电点, 配置环网柜作为整个小区环网供电系统的一个单元。为了限制短路容量, 简化继电保护, 小区两个环形供电系统采用开环运行方式。

3 箱式变电站的若干技术问题

箱式变电站供电可节省建筑面积、节约投资、安装方便、无人值班。凤凰小区是采用开关站加箱式变电站的环网供电方式, 开关站为双电源单母线分段系统, 两个供电环网起止于两段母线上。平时, 联络开关断开运行, 当一个电源故障时, 联络开关闭合, 另一电源带全部负荷运行。此种供电方式, 兼有双回路供电与环网供电的优点, 大大提高了供电的可靠性, 而投资

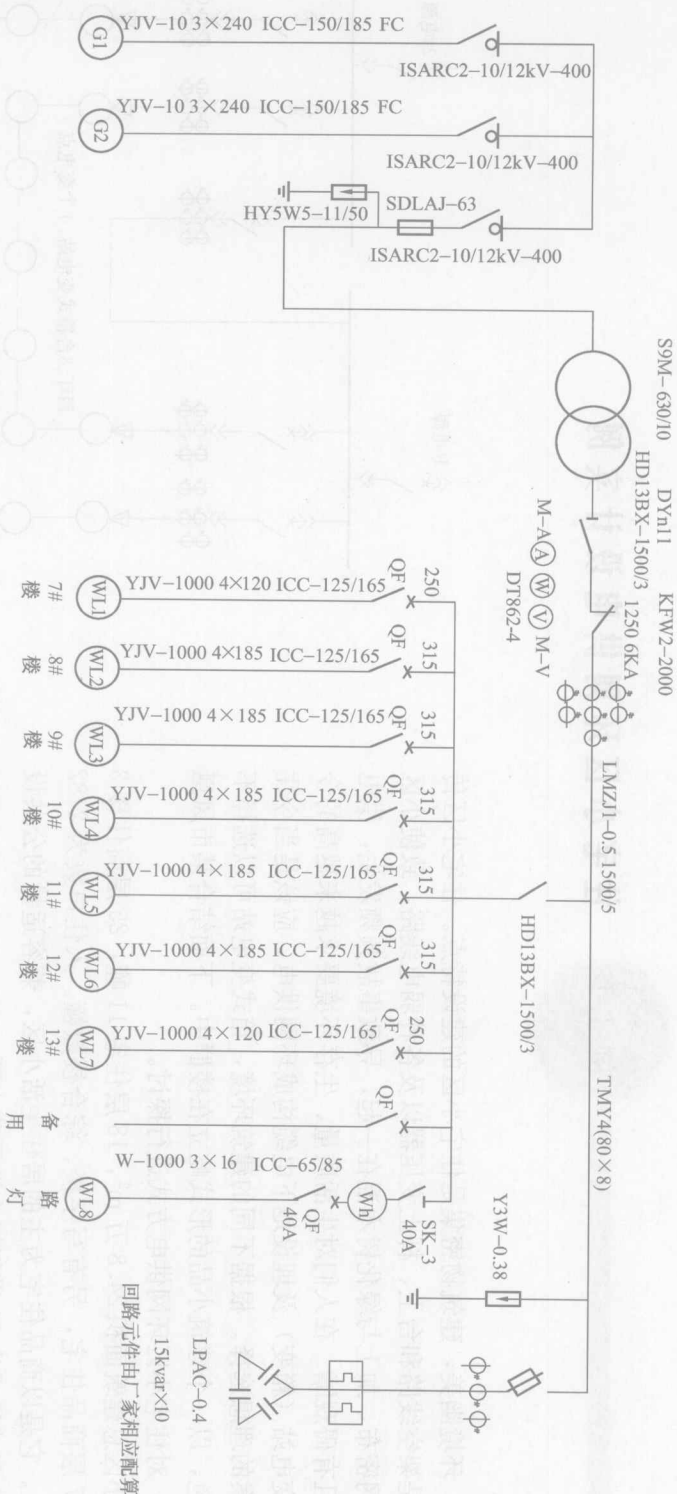


图 1-2 环网单元典型接线图

却低于双回路辐射型供电。

3.1 箱式变电站高压受电设备采用高压负荷开关串接熔断器的环网柜
此种环网柜，用负荷开关投切电路和隔离故障点，用熔断器完成短路保护功能。此种环网柜能在 10ms 之内迅速切除故障，此时线路和设备所承受的故障电流远未达到故障电流峰值，故对于供电线路和设备无须进行短路电流校验。如何合理选配负荷开关、熔断器与变压器的参数，将是涉及能否发挥熔断器和负荷开关的使用，以及提高组合电器技术指标的重要问题。

(1) 额定电流。凤凰小区箱式变电站中变压器容量为 315~630kVA，高压额定电流为 16~33A，考虑过载因素 SDLAJ 熔断器额定电流定为 40~80A。负荷开关额定电流没有制约因素，其额定电流由机械强度、开关能力、标准化因素决定，一般选择为 400~630A。本小区箱式变电站变压器高压负荷开关选用 ISARC2-10/12kV 型， $I_e=400A$ 。

进出箱式变电站的高压线路选用 ISARC2-10/12kV 负荷开关， $I_e=$

400A。高压电缆为 YJV-10。

(2) 转移电流是一种三相短路电流值，当短路电流在转移点附近时，首开相短路电流由熔断器断开，而后二相短路电流则由熔断器转移给负荷开关断开。当短路电流大于转移电流时，三相短路电流全由熔断器断开。发生转移电流的条件如下：发生三相短路时，最快的熔体熔化成为首开相，其撞击器同时触发负荷开关脱扣器。此时，若负荷开关的分闸时间 t 小于第一与后两相熔断器熔断时间差 ΔT （熔断器熔断时间有离散性），则另两相短路电流由负荷开关断开。反之，则由另两相熔断器断开。熔断器的“时间—电流”特性离散性小，熔断器动作快（弧前时间小）或延长负荷开关分闸时间，就可以降低或避开转移电流。高压熔断器一般只保护变压器低压侧端子内的短路，因端子短路有严酷的瞬态恢复电压（TRV），其陡度大，负荷开关难以承受，必须由熔断器断开故障。因此，转移电流应选择小于端子短路电流。综上所述，转移

电流不仅与熔断器的“时间—电流”特性有关，还与熔断器撞击器触发负荷开关的分闸时间有关，0.9倍熔断器触发负荷开关分闸时间在熔断器的“时间—电流”特性电流偏差为 -6.5% 的曲线所对应的电流值就是三相转移电流值。

(3) 交接电流是一种过电流值，低于交接电流的过电流，由负荷开关负责开断，高于交接电流的过电流是熔断器的保护范围。交接电流可以由负荷开关和熔断器两者的“时间—电流”特性曲线交点来确定。合理确定交接电流值，会减少限流熔断器的动作次数，具有一定的技术经济意义。特别是对真空和SF₆负荷开关，可以提高交接电流接近转移电流以充分发挥这类负荷开关的开断能力优势。

故障电流高于转移电流是熔断器的保护范围，低于交接电流是负荷开关的保护范围，交接电流和转移电流之间是负荷开关和熔断器共同保护工作范围。组合电器与单独熔断器、负荷开关额定参数不一样。一般熔断器额定电流略高于组合电器额定电流，以确保组合电器的工作可靠性。额定电流、交接电流、转移电流都应按配合要求核定。

3.2 箱式变电站的过电压保护

作为站内变压器和其他高压受电设备的过电压（雷电波或操作过电压）保护，箱式变电站内应设避雷器。因10kV阀型避雷器FZ、FS系列工频放电电压有效值为 $26\sim 31\text{kV}$ 。氧化锌避雷器（MOA）的标称电压为 $19.5\sim 21\text{kV}$ ，对于10kV油浸变压器绝缘通常是按 35kV 工频耐压1min。因此，阀型避雷器和MOA都能有效地进行保护。若采用环氧树脂干式变压器时，由于其绝缘是按 28kV 工频耐压1min，显然只有选用MOA作为过电压保护才是合理的。凤凰小区为从经济角度考虑，选用S9M型Dyn11接线的油浸全密封、防尘、防腐及与可爆性气体隔离的变压器，其抗振性较好。高压侧配套选用HY5W5-17/50避雷器（另外一种氧化锌避雷器），低压侧选用Y3W-0.38避雷器。

3.3 计量与无功补偿

采用高压计量，还是低压计量，各地要求不一。凤凰小区采用低压计量，设有电流表、电压表、电能表，关于变压器本身损耗问题，将其折合电费一起由用户承担。考虑到小区负荷的特点，并结合以往设计的工程实践，无功补偿采取变压器容量的 $1/6$ 左右，即每一箱式变电站补偿容量为 90kvar 。采用自动投切方式。

3.4 开环点的选择

环网在运行中，通常在某点用负荷开关断开网络形成两个独立的链状树干式供电系统，此断开点称开环点。开环点分为正常开环点和故障开环点。开环点的设置能保证单电源网络两端断路器不会同时断开（提高供电的可靠性）。双电源网络，因两路电源电压的数值和相位不可能完全一致，闭环运行将引起环流，增加供电线路损耗，故环网供电系统一般都是开环运行。选择开环点应使断口两端电压的数值和相位相差最小。具体实现此原则最通常的方法是：首先假设环网为闭环运行，通过计算找出由两端电源供电的箱式变电站或变电点，求出功率分界点的位置，此功率分界点即为环网的正常开环点。如果出现有功功率与无功功率分界点不一致时，多因在高压线路中的电压损耗主要是由无功功率所引起，故此时应选择无功功率分界点作为正常开环点。

一般功率分界点不会恰好落在某两个变电站之间。因此，只能通过计算，选择两端累计功率差值较小的点作为正常开环点。当然，在实际运行中，若发现实际运行功率与设备功率之间有差异，就应将正常开环点的位置加以调整，使环网运行于最佳状态。

为了防止误操作形成闭环，在环网柜中设有闭锁装置。由物业管理人员负责控制，禁止其他人员随意操作。

4 环网电缆的选择

凤凰小区环网线路全部选用YJV-10 3×240 交联聚乙烯电缆穿碳素波纹管埋地敷设。电缆按长期允许载流量选择，并进行短路热稳定校验。1kV以下电缆当采用低压断路器或熔断器作网络保护时，一般均能满足稳定性要求，不必进行校验。对于3kV及以下的电缆，可按下式进行短路热稳定校验 $A=I_{\infty}\sqrt{t/k}$ 。

5 针对气候特点对箱式变电站提出特殊要求

凤凰小区所在的城市夏有酷暑，冬无严寒，是一座四季常青的亚热带山城。它又是一座钢铁之城，污染较大，置于室外的箱式变电站须考虑防晒、通风、散热、防污染措施。箱体采用双面通风窗，上盖及周边有百叶通风孔，为防止小动物侵入和防尘，通风孔采用钢板网加阻燃防尘滤布，防护等级应达IP44，顶盖应设置隔热层，四周设置活动遮阳板。或直接安装一套智能化恒温控制装置。

某学院学生会堂，观众厅有效容积 8032m³，满场时观众厅可容纳观众 1068 人，是集各类会议、小型表演、电影放映等多种需要于一身的多功能大厅。综合性强、技术性高，光、声、电设计比较专业、系统。设计的理念是：门厅，青春的殿堂，迎合校园的氛围，展现知识与青春，诠释庄重和现代；观众厅，迎合多功能的需求，庄重而不失活力，豪放而不拘小节；选用较经济的材料，构成现代沉稳的典范；风格定位：夏日冰茶，清凉而浅淡。

1 光—照明设计

由舞台照明、门厅、观众厅照明及事故疏散照明组成。

(1) 学生会堂的照明重点是舞台照明，它注重于功能性。

(2) 门厅的照明注重于装饰性，高档影剧院使用花吊灯，显得较豪华。一般影剧院可以使用格栅发光顶棚或光带。因学生会堂门厅层高受限，故采用此种方式。这样做，比较经济，且有开阔的视野。

(3) 观众厅有不同用途，应进行合理的设计，以满足不同用途的照明要求。使用调光或控制线路，可以根据需要开关一定数量的照明器，调节照明水平。

(4) 设计事故疏散照明，其主通道上的照度不应低于 0.5lx，以满足安全疏散的要求。

(5) 能满足摄影摄像的照度和合理的用光要求（考虑到总体投资预算和实际使用情况，对歌舞表演等作常规舞台灯具、舞台灯光设计）。

1.1 舞台灯光照明

下面分别对舞台灯光的名称、安装部位、功能及设计要求进行简单介绍，各部位舞台灯光相应的功能及灯具配置见表 1-1。

舞台照明主要是解决舞台演出、表演以及特技所需要的照明。设计中采用高亮度散光灯具，以使照度分布均匀。

表 1-1

各部位舞台灯光相应的功能及灯具配置

序号	种类	部 位	功 能	灯 具
1	面光	置于舞台大幕之外，观众厅顶部	光线从正面投射于舞台前表演区，以观看演员的立体效果	聚光灯为主，回光灯为辅
2	侧面光	在观众厅挑台两翼和楼厢上设置	光线从楼上左右两侧投向舞台表演区，作为面光的补充	聚光灯为主，回光灯为辅
3	耳光	舞台大幕之外，左右两侧靠近台口位置	光线从侧面左右交叉地投向舞台表演区，用来加强舞台布景、道具和人物的立体感	聚光灯为主，回光灯为辅
4	顶光	装在大幕顶部，灯光过渡桥（吊杆）上的灯具可升降	光线自上部投射于舞台前、中、后表演区，进行强光照明用	聚光灯
5	柱光	装于舞台台口大幕内两侧（可升降）、左右移动的活动台口，或立式铁架上	光线从台口内侧投向表演区，弥补面光、耳光之不足，还可更换色片或作追光用	聚光灯为主，回光灯为辅
6	侧光	设在舞台两侧一层天桥上	光线从高处左右两面投至舞台表演区，是照射演员面部、场景，增加立体感的辅助灯光	聚光灯
7	脚光	大幕外台唇部位的条灯，装在舞台前沿的灯槽内	光线从台板上投向演员面部，以消除鼻下阴影，弥补顶光、侧光之不足，闭幕时还可打出色光改变大幕的颜色	由球面、抛物面或椭圆形反射器组成的成排灯具
8	天排光	为台口上部天幕前（3~6m）吊杆上和特制顶光过渡桥上的灯，从外向里有两道天排光	光线从上部俯射天幕，作天空布景照明用。要求灯具功率大，光色变换多	泛光灯，且要求照度均匀，投光角度大

续表

序号	种类	部 位	功 能	灯 具
9	地排光	指舞台村景后、天幕(3~4m)前边台板上,或专门设立的地沟槽内的灯光	光线从下部仰射天幕,用来表现高山、地面、日出、日落的景观,并能显示出天空和地平线“无限遥远”的效果	泛光灯、云灯、效果灯、特制的幻灯(自下而上地照射)
10	流动光	放置在舞台侧面边幕处、台板上带有灯架、可自由移动的灯光。其插座装于台板里并加盖	光线从舞台左、右两侧照射演员,角度可任意调整,满足演出中的特定艺术气氛要求	聚光灯、柔光灯

灯光的艺术与气氛的处理:面光、顶光、侧光、逆光等主照明灯具选用八色数字换色器,灯光设计师巧妙地运用红、绿、蓝、白等色光,通过光线强弱和混合光量的比例变化,制造出各种理想的色光。运用智能化电脑灯控制台的操作能使舞台上的灯光颜色、图案千变万化,实现舞台染色智能化,灯光设备数字化,灯具功能多样化,灯光效果立体化。

1.1.1 面光

用作舞台人物造型,使观众看清楚演员的艺术形象,要求能射进舞台进深3/5的位置。对面光的投射角度有一定要求,表演前区的演员面部(在表演区的1/3处取1.5m高)面光投射角取45°为宜,最小不少于30°,最大不超过50°。投射角越小,则越能消除面部阴影,但会变得呆板平淡,人物在布景上也会留下繁杂的阴影。相反,如果投射角在45°以上(特别是60°以上),布景的阴影虽消除,但作为正面的远程会议摄像专用冷光束灯,效果却相应减弱了,增加了阴影,表情显得冷酷,令人不愉快。

1.1.2 耳光

一般分三层,由台面上2.2m算起,每层高度约2.2~2.5m。中间层的角度最好,灯光也最多,一、三层次之。耳光角度取25°~30°较理想。计算角度时,要考虑假台口(应离台口20cm),打出光圈的切线不受台口侧墙的影响。耳光开口宽度1~1.5m,视灯具多少而定。灯光中心应能射至表演区的2/3深处。

1.1.3 顶光

紧靠大幕的幕布后面装第一排顶光灯,以后约2m顺序在各檐幕后装二

排、三排、四排等。

自上而下的照明,类似夏日正午日光直射。光照物体投影小,明暗对比强。

1.1.4 脚光

位于缩进台口1~1.5m处。演出时,既能迅速投入使用,不需用时又可隐藏起来。此灯设在舞台地面上,会使舞台视野受到阻碍,如嵌入舞台,又会产生暗区,因此,常使用半嵌入式或在灯具上加装椭圆反射器,均可避免产生暗区又不影响观众的视野。

1.1.5 侧光(桥光)

侧光照射舞台中心轴线的30°为宜,最大不超过45°。光线自左或右,从上到下照射,光照物体投影明确,立体感较强,层次丰富,是人们最容易接受的光照方式。

站灯(侧光)是补充桥光由上至下不均匀的地方。

1.1.6 逆光

来自正后方的照明,光照物体的外轮廓分明,具有艺术魅力的剪影效果,是摄影艺术和舞台天幕中常用的配光方式。

1.1.7 追光

追光一般设置在面光桥的中心区,大型剧场的追光灯设置在观众席后面的二层楼上。

1.1.8 天排光

天排光灯装于天幕前舞台上部的吊杆上,发出专门俯射大幕的灯光。天幕水平灯装在吊杆和灯光渡桥上,自上部照射天幕,作天空布景照明用。

1.1.9 地排光

地排光灯装在村景后面,天幕前边的台板上或专设的地板槽内,是仰射天幕的灯具。用来表现地平线、水平线、高山、日出、日落等场景。

1.2 学生会堂舞台灯具选型设计说明

(1) 以2kW电影回光灯为光源的主光,以聚光灯作基本(底)光。

(2) 选用灯具色温高,显色指数合理。2kW电影回光灯色温在3200K左右,2kW电影聚光灯色温在3000K以上,能够满足会议、文艺演出的需要(目前摄像机的标准色温要求有两种:①3200K标准色温的普通摄像机;②3200K标准色温并且兼容5400K标准色温的摄像机)。

(3) 调光设备为国内知名品牌 CEE, 选用目前舞台先进的数码控制设备, 它具有线性好、触发精确度高、稳定性强等特点。

(4) 为满足演出的人物造型或物体的立体效果, 选用了电影回光灯作为面光照明和顶光照明; 电影回光灯适应大型歌舞晚会需要强烈照明的场合, 以加强歌舞剧布景层次。

(5) 为了突出气氛和满足一般歌舞晚会多姿多彩的艺术效果, 选用 8 台 HMI—1200 电脑扫描灯用作舞台定点光及特殊光。

(6) 舞台设备用电负荷约 270kW, 舞台表演区垂直照度不低于 100lx, 不但满足了一般现场节目的制作和一般文艺节目演出、排练的需要, 并为大型的歌舞晚会提供一定的照度, 使整个舞台呈现多彩的灯光艺术风格。

1.3 会议灯光

远程会议摄像采用专用冷光束灯 (3200K 标准色温, 2.5kW 石英泡) 分色平铺在主席台上前方, 为会议提供标准照度的照明 (含重点照明与气氛烘托照明)。重点照明主要是为会议主席台上讲话人服务, 该照明是以基本光为主, 适应对人物造型的处理。

背景照明主要是对主席台背景或徽标 (会标、会旗) 的照明, 以营造庄重、温馨的氛围。

1.4 观众厅照明

学生会堂有多种用途。若看电影用, 则照度可减少到 20~30lx; 如作报告厅用, 则需要书写记录, 观众厅的照度就必须增加到 100~300lx。

(1) 观众厅照明设计注意事项。

1) 光源的亮度要低, 使观众不感到眩目, 否则会影响观众观看演出。

2) 在观看演出时, 光源不能出现在视野中, 因此一般使用嵌入顶棚的下射式灯具。

3) 观众厅的照明不能有碍于舞台照明和放映。

4) 要便于从顶棚内部进行维修, 以便于平时清洁照明器和更换损坏的光源。

5) 观众厅的照明器的排列布置应与顶棚的建筑物结构相结合, 进行合理的设计, 以获得理想的照明效果。可以使用灯具组合成各种图案, 给人一种华丽的感觉; 对于其建筑结构是由许多平面按顺序层次排列而成的顶棚, 可采用荧光灯光横向线状排列, 并依据顶棚的横向走向形成自然的光带, 显得自

然而华丽; 一般顶棚都是分层式, 有安装隐藏光源的地方, 此时整个观众厅光线柔和; 如果顶棚有雕花灯等其他建筑装饰, 将更显雅致。

6) 观众厅常设有壁灯, 主要是用于照明两侧的走道, 同时美化整个剧场, 其布置的形式可根据剧场的高度、场地的 size 而定, 其主要的原则是美观。

7) 在厅间通道上应设置对号地排灯, 一般设 24~36V 的白炽灯, 也可以作为夜行灯, 以引导观众。

8) 观众出入口一般不设置照明灯, 以免演出时光线漏入观众厅, 影响观看效果, 常设置太平门标志灯, 以指示出入口。

(2) 观众厅照明设计要点。

1) 根据中华人民共和国国家标准 GB 50034—2004《建筑照明设计标准》5.2.4 条, 影剧院观众厅照明在 0.75m 水平面的照度值应大于 200lx。该项目为学校会堂, 有可能进行视频会议及多媒体报告, 参照学校建筑照明标准 5.2.7 条, 多媒体教室照明应大于 300lx, 故本项目设计照度值为 300lx。

2) 观众厅顶棚高度在 10~15m, 将来灯具维护困难, 故灯具的寿命和品质十分重要。主照明灯具选用英国 THORN 索恩照明的 CORSA200 系列筒灯。暗灯槽内的隐藏灯具选用英国 THORN 的 PP136 支架灯具。

3) 考虑举行视频会议及多媒体报告会的需要, 观众厅灯具采用可调光电子镇流器, 配合适当的调光系统, 可在演讲、多媒体演示、观众做笔记等众多灯光场景方便切换。

2 声—扩声系统设计

2.1 扩声系统设计思路

(1) 扩声系统。扩声系统是建声和电声设计的统一扩声系统, 涉及建筑声学、音响工程学、电气控制学等方面的内容, 是一门综合学科, 与物理学中的声传播、建筑学中的建筑声学等密切相关, 涉及声波的反射、混响、声场扩散、隔音、降噪等内容。针对学生会堂的多功能使用要求, 不同的功能需要适当兼顾, 不能顾此失彼。应妥善处理室内各墙面、顶面、地面的声反射, 在室内表面覆盖具有不同吸声材料和吸声结构, 可以对混响时间进行适当的修正以改善声音的扩散和消除声音缺陷, 克服回音、颤音, 获得较理想的音质。

(2) 扩声系统技术要求。学生会堂扩声系统主要考虑会议、演讲的基本要求,同时兼顾文艺演出的需要,应以保证语音清晰度为主,适当兼顾音乐节目的质量。其技术要求考虑:①室内空场稳态最大声压级,对语言扩声系统约85~95dB,对音乐扩声系统约在90~100dB;②室内最小声压级位置上,信噪比应大于30dB;③最大供声距离为临界距离的3倍,声场不均匀度一般在±3dB范围内;④传输频率响应,在125~4000Hz范围内,允许差为6~10dB。

(3) 扬声器系统的选取和布置。在选取扬声器时,一般要求在具有一定的声性能的前提下,着重考虑效率高、所承受的功率大和恒定指向性特性。恒定指向性有利于在较广阔的范围保证良好的音质,并且考虑使用均衡器时,保证在整个服务区得到平直响应。

在布置扬声器时,一般应考虑三点:①在任何情况下,扬声器的布置应保证所有听众接受到均匀的声能,即声压分布均匀;②扩声系统应有良好的声音自然感,并尽量做到视听一致;③在建筑上扬声器的布置合理,而且有利于抑制声反馈。根据以上3条,扬声器布置有集中方式、分散方式及两者结合等方式,各自优缺点及设计注意点见表1-2。

表1-2 扬声器布置方式优缺点及设计注意点

布置方式	扬声器的指向性	优缺点	设计注意点
集中布置	较宽	①声音清晰度高; ②声音方向感好且自然; ③有引起啸叫的可能性	应使听众区的直达声较均匀,并尽量减少声反馈
分散布置	较尖锐	①易使声压分布均匀; ②容易防止啸叫; ③声音清晰度容易变坏; ④声音从旁边或反面传来,有不自然感觉	应控制靠近传声器的扬声器功率,尽量减少声反馈;应防止听众区产生双重声现象,必要时采取延时措施
混合布置	主扬声器应较宽,辅助扬声器应较尖锐	①大部分座位的声音清晰度高; ②声压分布较均匀,没有低声压级的地方; ③有的座位会同时听到主、辅扬声器两方向来的声音	应控制解决声程差和限制声级的问题,必要时采取延时措施,避免双重声现象

(4) 扩声设备选择。

- 1) 应符合设计选定扩声系统特性指标的要求;
- 2) 功放设备的单元划分应满足负载的分组要求;
- 3) 扩声系统的功放一般采用低阻直接输出,当传输距离较远时,采用定压输出;

4) 为确保扩声音质,一般应有足够的功率储备,在语言扩声时为3~5倍,在音乐扩声时为5~10倍。

确定了扬声器系统后,根据扬声器系统的各项技术参数(如覆盖角)及建筑声学专业提供的条件(如场地形状、座位分布、混响时间、平均吸声系数等)确定扬声器的个数和具体摆放位置。在设计中应注意全部扬声器系统的总覆盖范围应覆盖所有的观众席和场地,但尽量不要重叠。因为不足的覆盖将引起不均匀的声压,过多的重复将引起干扰。

扩声系统的一个特点就是声源和最后扩声用的扬声器处于同一声场内,经过放大的信号通过扬声器辐射的声音会反馈至传声器,存在声反馈问题。而且声压级要求高,频率范围要求宽,需要有多组可分别调控的输出接口,需要解决延迟、混响等问题,一般还需设有供电台、电视台录音、转播等使用的音频信号输出口,总体的系统技术指标要求较高。扩声系统一般采用低阻输出的传输的方式。

(5) 频率特性及扬声器组合。扬声器系统选择还要注意其频率特性应符合有关规范计的要求,在现代的电声系统中用一只扬声器重放所有频带的信号是不可能的,必须在一个音箱中装几只各具特色的扬声器组成一个扬声器系统,把整个频带分成几段,每一段都使用专门扬声器进行重放。目前多功能力能多采用三分频或两分频系统,两分频系统价格相对低一点,如果音箱整体设计无碍,分频点设置合理,分频电路设计精确,扬声器选择得当,两分频系统已能很好满足多功能场馆的使用要求。

扬声器系统选择时还应注意是有源扬声器系统,还是无源扬声器系统,两者的布线是不同的。有源扬声器系统由于音箱内置功放,传输线仅传输小的音频信号,而且是低阻抗输出,所以传输距离可以很远,不存在终端匹配问题,对传输线的要求低,不需要大截面导线。不过应注意除了一对信号线外,还应有一对电源线。无源扬声器系统由于音箱内不带功放,而从功放到音箱间传输的是大电流,有时电流瞬时可达百安培数量级,但电声系统要求

功放设备输出端至最远端扬声器的导线衰减一般应不大于 0.5dB, 因此对传输线的要求较高, 而且距离不能太远。另外由有源扬声器系统组成的电声系统控制中心只负责小信号的处理, 包括信号控制、音色修饰和适当放大。由于解除了控制中心的能量负担, 故可大大提高运行的可靠性和配置的灵活性, 也可节省安装和调试时间。由于场所限制, 有的扬声器安装得比较高, 采用有源扬声器系统将会产加维修难度。且有源扬声器系统规格、型号较少, 对选型有一定的限制。

(6) 控制处理设备。控制处理设备就是将各种信号源汇集在一起, 并可以对其中任一信号源进行放大、处理、混合、分配的设备组合。控制处理设备应力求简单, 操作方便, 对音响师依赖少, 可以采用单声道扩声处理。

扩声系统最好选择 8~12 路输入的调音台, 其中至少 6 路为话筒输入, 输出应具有编组存储功能, 可进行场景预置。

(7) 信号源。多功能厅馆的信号源设备一般有 AM/FM 调谐器、激光唱机、双卡录音卡座、传声器(俗称话筒)等, 其中最主要的就是传声器的选择和布置。考虑各种可能情况, 充分预留传声器插座, 具体用到哪几只传声器可在控制中心用跳线板选择。为防止声反馈, 减少混响声的干扰, 降低环境噪声的影响, 传声器应采用心型或超心型等指向性较强的传声器, 最好配置无线传声器系统以适应不同的需要。

2.2 扩声系统的技术指标要求

扩声系统按功能可分为语言扩声、音乐扩声和音乐及语言扩声。音乐扩声较语言扩声要求有更高的动态范围及更好的频率响应。因此扩声系统应按音乐及语言扩声系统设计。扩声系统的技术指标要求如下。

(1) 最大声压级(空场稳态准峰值声压级): 0.25~4.00kHz 范围内平均声压级≥90dB。

(2) 传输频率特性: 0.25~4.00kHz 内允许-6~4dB。

(3) 传输增益: 0.1~4.00kHz 的平均值≥-12dB。

(4) 声场均匀度: 0.1~4.00kHz 的平均值≤10dB。

(5) 清晰度和混响时间: 清晰度应为 85% 以上, 混响时间为 1.4~1.8s;

(6) 信噪比: 10~15dB。

(7) 系统失真度: ≤(5%~10%)。

(8) 视听一致性: 最好用立体声布置。

2.3 声学计算

声学计算的主要公式主要有两个。

(1) 声压级的计算公式。即

$$L_p = L_w + 10 \lg \left(\frac{1}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$$

式中 r ——声源与接收点的距离, m;

L_w ——声源的声功率级;

R ——房间常数。

当考虑空气吸收时

$$R = \frac{S(\bar{a} + 4mV/S)}{1 - (\bar{a} + 4mV/S)}$$

不考虑空气吸收时

$$R = S\bar{a}/(1 - \bar{a})$$

式中 $\bar{a}$ ——室内平均吸声系数;

m ——空气的声能衰减常数;

S ——房间内总表面积, m^2 ;

V ——房间容积, m^3 。

声能传输过程中, 除房间表面吸收能量外, 空气本身也吸收声能, 特别是对 1000Hz 以上的高频影响较大, 所以当计算声压级时, 应根据实际情况确定房间常数 R 。

(2) 混响时间的计算公式。赛宾—努特生公式为

$$T = 0.161V/(\bar{a}S + 4mV)$$

式中 $\bar{a}$ ——室内平均吸声系数;

m ——空气的声能衰减常数, 1/m;

S ——房间内总表面积, m^2 ;

V ——房间容积, m^3 ;

T ——混响时间, s。

在设计选定扬声器布置方案及扩声系统的技术指标后, 由专业厂家建立声学模型, 进行模拟试验——利用计算机软件(例如 EASE 软件), 按建筑提供的座席位置设置听音面, 并吊挂扬声器系统, 按厂家提供的参数模拟验

证。调整扬声器系统的具体摆放位置和角度，甚至更换吸声系数不同的装修材料，进行各种方案比较，经过反复的计算和调整得到理想的三维场地声压图，才可进行施工图设计。

2.4 某学院学生会堂观众厅扩声系统设计说明

根据其功能定位要求，需两套系统。

(1) 影院系统（按 AC-3 系统设计）。见图 1-3。



图 1-3 影院系统设计

(2) 会议演出系统。见图 1-4。



图 1-4 会议演出系统设计

会议扩声和影院扩声共用一套扩声系统以减少重复投资。采用扬声器分散布置方式。

由于重点在会议的语言扩声，因此小舞台的主扩声加上观众席区的补声这种典型的扩声方案是最佳选择。这种分散式扩声设计对音箱的要求较高，要体现高的语言清晰度和整个厅堂的声场均匀度对音箱的选型更严格。若只做简单的中高频号筒式扩声，语言的清晰度不成问题，但很难解决整个声场的均匀度。且中高频的频响范围很窄，没有混厚的低音和丰满的高音。因此选择了C-MARK BT307 全频音箱做主扩声，以保证声像定位的一致性，此音箱结构稳固，音质完美，安装简单，频响为（45Hz~20kHz），还选用了BT36 超低频音箱作为低频的补偿，以满足影院效果对低频震撼的需求。同时，在设计中采用了C-MARK BT153 做分散式补声扩音，分十点扩声，达

到了语言扩声所需要的语言清晰度以及声场均匀度对音箱的要求。

舞台上设计了四只 BT123 全频音箱，四只音箱平时用做舞台返听，在做影院效果扩声时则兼作中置音箱使用。

通过装修设计材料的选择及相关做法，模拟混响时间频率特性见表 1-3。

表 1-3

模拟混响时间频率特性

频 率	125Hz	250Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz
混响时间 (s)	1.18	1.09	0.93	0.85	0.80

2.5 选用设备要点

(1) 多功能厅采用 C-MARK DT-12B 数字反馈抑制器。在常规的使用情况下，操作人员通常因声音的“啸叫”而烦恼。C-MARK DT-12B 是双通道数字反馈抑制器，可以自动追踪“啸叫”点，将啸叫频点移走，与以往的反馈抑制器不同的是，C-MARK DT-12B 是移频，不将突出的声波切除，却可以消除声音的“啸叫”，保持了音色的完美。

(2) 采用 C-MARK A902 四通道压缩器/噪声门。音响设备扩声，调音过程中，动态范围很大，所以要求音响师根据输出的电平来进行提升和衰减，使强音时不至于因过负荷而产生失真；弱音时不至于因音源信号过小而造成输出电平不足的现象。自动控制输出电平还能保护功率放大器和扬声器，例如不小心将话筒掉在地上，使音源信号发生强烈的峰值，或者是当插头和插口接触不良或受撞击时产生瞬时强大电平冲击时，能够保护功放和扬声器的高音单元。A902 是一部具有压缩信号、消除噪声以及扩展信号动态范围、高性能和高质量的处理器。它提供足够的保护功能，使系统保持正常的工作，更好地发挥系统的最佳效果。

3 电——学生会的供电

3.1 舞台灯光设计要点

(1) 舞台灯光的供电电源，要根据剧场的等级和舞台灯光回路数来确定是否采用双路供电。

(2) 舞台灯光以单相照明负荷为主，三相负荷不平衡的情况较为严重，且晶闸管调光设备将产生较大的谐波分量。因此，剧场的供电变压器宜采用