

宁波市某文化中心暖通设计

张权

同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司

摘要: 本文介绍了宁波市某文化中心内的大剧院及其配套用房的暖通设计情况, 包括冷热源配置, 空调水系统设计, 空调风系统设计, 防排烟系统设计。主要探讨了舞台及观众厅区域的风系统设计及观众厅的排烟设计, 并介绍了消声及隔振设计。

关键词: 暖通设计; 剧院; 防排烟; 消声隔振

【DOI】 10. 12254/j. issn. 2096-6539. 2024. 13. 099

一、工程概况

本文化中心建设用地面积为30760m², 总建筑面积75524.31m², 包含一个单体, 地上4层, 地下一层。项目由大剧院(含1198座大剧院、395座小剧场, 200座报告厅)、文化馆及文创空间、附属配套组成。地下附建I类机动车库。本文主要探讨大剧院及其配套用房的暖通设计, 剧院属乙等剧场。建筑效果图及大剧场局部剖面图见图1~2。



图1 效果图

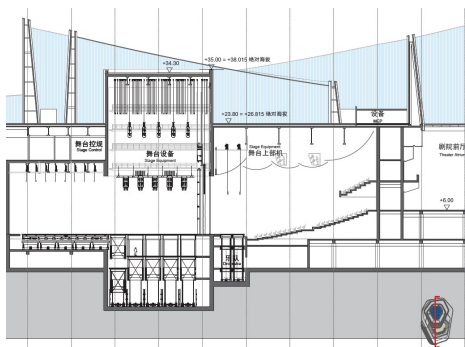


图2 剧院局部剖面图

二、空调室内设计参数

剧院作为一种比较特殊的建筑形式, 其空间尺度较大, 同时属于人员密集场所。在确定室内设计参数时主要参考JGJ57-2016《剧场建筑设计规范》^[2]及GB50736-2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》^[3]。在确定剧场新风量时, 为了更好的满足舒适性, 在参考GB50736中3.0.6-4条规定的基础上进行了些许放大, 确定为20m³/h·人, 这与德国的观众厅新风量标准20m³/h·人~30m³/h·人^[1]中的下限值对应。具体设计参数见表1。

表1 室内设计参数

房间名称	夏季		冬季		新风量 m ³ /h·人	允许噪声 dB(A)
	温度℃	相对湿度%	温度℃	相对湿度%		
舞台	26	《65	20	>30	30	《30
观众厅	25	《65	20	>30	20	《30
化妆间	25	《60	20	/	30	《45
小剧场	25	《65	20	>30	12	《35
报告厅	25	《65	20	>30	12	《40
排练厅	25	《65	20	/	30	《40

三、空调冷热源设计及其水系统

(一) 空调冷热源

剧院的空调运行有其特殊性。通常情况下, 大剧院都是非全天非连续使用的, 或间断使用或集中在部分时间段使用。故在冷热源设计时需考虑到建筑的使用特点、规模及现有的市政条件, 进行综合比较。最终本项目采用的冷热源如下:

(1) 大剧院(包含舞台、台仓和观众厅)、剧院前厅区域冷源采用2台螺杆式水冷冷水机组, 两台单台制冷量为961kW, 设置于地下室专用机房, 冷却塔设于屋顶。冷媒为R134a或其他环保冷媒, 冷冻水供回水温度为7/12℃, 空调热源由当地蒸汽热网提供, 空调热水通过1台汽水换热机组提供, 换热量为1180kW。热网提供0.8Mpa饱和蒸汽, 二次空调热水供/回水温度为60℃/45℃, 换热器设于地下专用机房内。

(2) 报告厅, 小剧场, 排练厅等大空间采用直膨型空调机组满足其独立使用的要求。

(3) 各层化妆间, 办公, 配套用房等小空间区域均设置多联机空调系统, 多联机室外机均置于屋面。

(4) 各层声控、光控、舞台机械控制室等舞台工艺用房, 均设置独立的多联机系统空调, 满足常年供冷的需求。同时需与舞台工艺深化单位密切配合, 根据其提供的设备用房的设备发热量, 合理配置相应的多联机容量。

(二) 空调水系统

(1) 本工程1200座剧院(包括舞台、台仓和观众厅)、剧院前厅以及二层艺术普及区采用冷水机组及蒸汽换热机组作为空调冷热源, 空调水系统形式为一级泵变流量系统, 二管制, 主管路为同程系统。冷、热水泵分别设置, 可变频调节。市政蒸汽入口总管设置热量计量表。换热机组设置供热量自动控制装置, 通过气候补偿器对供水温度、流量等参数能根据室外温度进行调节。空调冷水供回水温度为7/12℃, 空调热水供回水温度为60/45℃。

(2) 各空气处理机组的回水支管上设置电动二通调节阀, 根据回风温度调节该阀门开度。在台仓风机盘管水系统的供水干管上设置静态平衡阀, 回水干管上设置压差控制阀, 各风机盘管的回水支管上设开关型电动二通阀。

(3) 空调水系统采用开式膨胀水箱满足系统的膨胀、补水及定压。

(4) 空调水系统采用全自动示踪加药系统进行水处理。全自动示踪加药系统应具有药剂浓度直接监控和GPRS无线远程监控功能,所有运行参数与水质数据可保留和归档。旁路水处理设备自带自动排污系统、电解电流监控仪以及水质结垢指数监控仪。

四、空调风系统

(1) 观众厅空调送风量的确定

设计初期,针对观众厅空调风系统的设计,本人调研了部分典型剧院项目,对其大剧场观众厅的空调系统参数进行了归纳总结,结果如下表2:

根据前期调研结果,以及建成项目的实际运行情况,并结合计算,对本项目观众厅的空调系统参数设计见表3:

(2) 1200座剧院舞台、观众厅(包括池座和楼

表2 国内部分剧场观众厅空调设计参数

项目名称	池座面积(m ²)/座椅数(座)	楼座面积(m ²)/座椅数(座)	空调箱配置风量及	送风量指标	冷负荷指标
上海保利大剧院	800/800	428/600	池座1台AHU 42000m ³ /h, 340kW 楼座1台AHU 30000m ³ /h, 240kW	池座: 52.5m ³ /h·座 楼座: 50m ³ /h·座	池座: 425W/m ² 楼座: 560W/m ²
东莞大剧院	885/955	400/400	1台AHU为池座和楼座服务 65000m ³ /h, 750kW	48m ³ /h·座	583W/m ²
温州大剧院	875/966	400/324	1台AHU为池座和楼座服务 63000m ³ /h, 630kW	49m ³ /h·座	494W/m ²
遵义大剧院	820/858	500/625	池座2台AHU 22850m ³ /h, 214kW 楼座2台AHU 15000m ³ /h, 144kW	池座: 53m ³ /h·座 楼座: 48m ³ /h·座	池座: 522W/m ² 楼座: 576W/m ²

表3 宁波某文化中心观众厅空调参数

项目名称	池座面积(m ²)/座椅数(座)	楼座面积(m ²)/座椅数(座)	空调箱配置	送风量指标	冷负荷指标
北仑区文化中心 剧院观众厅	990/946	228/209	池座2台AHU 38000m ³ /h, 201kW 楼座1台AHU 17000m ³ /h, 102kW	池座: 80m ³ /h·座 楼座: 81m ³ /h·座	池座: 406W/m ² 楼座: 447W/m ²

座)、二层剧院前厅、小剧场、200座报告厅等大空间场所采用全空气空调系统。空气处理过程采用一次回风形式,过渡季可变新风比(最大70%)运行。空气处理机组包含新回风混合段、粗中效过滤段(G4+F7)、表冷加热段、湿膜加湿段、送风机段。

a. 观众厅(包括池座和楼座)采用座椅送风,观众厅池座及楼座下部为土建静压箱。回风口则设置在顶棚面光桥的顶部,这样可以很好的讲回风口隐藏起来,保证观众厅的室内装饰效果。气流组织为下送上回,近似于置换通风。

b. 侧舞台,后舞台送风管均设置在舞台顶部贴墙布置,采用喷口侧送向舞台的形式。主舞台风管设置在侧台梁下,并分为两路风管。一路采用喷口侧送在非演出时段保证整个舞台空间的舒适性。而在演出时段通过电动风阀的开关切换,切换为另一路风管,喷口下送,避免吹动幕布或造成舞台上演员的不适吹风感。舞台区域的回风口均布置在舞台下方,形成上送下回的气流组织,保证空调效果。

c. 剧院前厅区域通高三层,室内净高达到了16m,为了保证人员活动区域的空调效果,采用分层空调形式。送风口设置在一层侧送,距地3m。同时为了保证空调噪音与室内效果,在与室内专业充分沟通后,风口采用喷口且设置在幕墙分割的间隔处,将风口对室内造型的影响降到最低。回风口设置在侧墙,与室内造型结合保证室内效果。同时楼座入口通道采用单独的全空气空

调系统,采用顶部下送及侧墙侧回的气流组织。

d. 小剧场,报告厅均采用顶部下送风,侧墙下侧回风的气流组织。并结合室内效果确定风口位置。

e. 台仓设置落地风机盘管,台仓底部预留除湿机点位及排水点位,保证台仓区域的舒适性。

五、通风及防排烟设计

(1) 观众厅设置平时通风及过渡季排风,排风量为新风量的80%。同时排风管道兼用做排烟管道,排风口同样设置在顶棚面光桥的顶部,有利于排除废热及废气,有利于风口的隐藏。机房设置于屋面,且避开观众厅及舞台投影上方,机房内分设排风机及排烟风机。观众厅排烟量根据《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251-2017^[4]第4.6.7条~第4.6.13条的规定计算确定,且不小于《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251-2017表4.6.3中的数值;需要注意的是,观众厅排烟量计算时,需要考虑最不利情况,即楼座区域的清晰高度,这会导致排烟量比常规的大空间排烟量偏大。同时核算观众厅排烟量按13次/h换气次数计算排烟量,两者取大值作为观众厅的最终排烟量取值。观众厅消防补风采用机械补风,补风口利用土建竖井送至与观众厅相通的耳光室,这样同样可以有有效的隐藏风口,保证观众厅的室内装饰效果。

(2) 剧场的主舞台,侧舞台及后舞台均为独立的防烟分区,设置独立的排烟系统,并合用机械补风系统。排烟量同样根据《建筑防烟排烟系统技术标准》GB

51251-2017^[4]相关条文计算，机械补风量不小于排烟量的50%。

(3) 台仓区域分为跑道道区域与中间挑空区域，两个区域分别考虑排烟系统，中间使用挡烟垂壁区隔开。台仓消防补风系统，根据两个区域排烟量的不同，分设两台独立的消防补风风机，同时合用风管及消防补风口，补风口设在台仓底部。

(4) 剧院前厅虽然有屋面天窗，但考虑到室内效果未考虑自然排烟，故设计为机械排烟系统。排烟量同样根据《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251-2017^[4]相关条文计算。消防补风则考虑前厅一层的外墙补风窗进行自然补风。

(5) 本项目中观众厅，舞台等区域的排风系统及排烟系统的风管及风口均为合用，这样可以有效的减少建筑内的设备管道，提高管道的利用率。同时为了保证排烟及排风系统的有效切换，设计在排风系统的风机入口设置了常开的防火阀及止回阀，排烟系统的风机入口设置了常闭的排烟阀及280度熔断的排烟防火阀。这样可以使得两个并联的系统，在使用中有效切换，满足设计需求。

六、消声及隔振设计

(1) 空调系统的消声主要包括降低沿管道传播的风机噪声（合理配置消声器、消声弯头、静压箱等）和合理控制气流噪声两方面的内容。控制气流噪声的根本措施就是降低风速。本工程不同区域的管道风速控制见表4。

表4 管道及风口风速控制表

使用空间	风管内气流速度的允许值 (m/s)		
	主风管	次风管	房间出风口
大剧院 (NR-25)	≤ 4.5	≤ 3.5	≤ 2.0
小剧院 (NR-30)	≤ 6.5	≤ 5.0	≤ 3.5
报告厅、排练厅 (NR-35)	≤ 7.0	≤ 6.0	≤ 4.0
公共大厅 (50dBA)	≤ 9.0	≤ 7.0	≤ 5.0

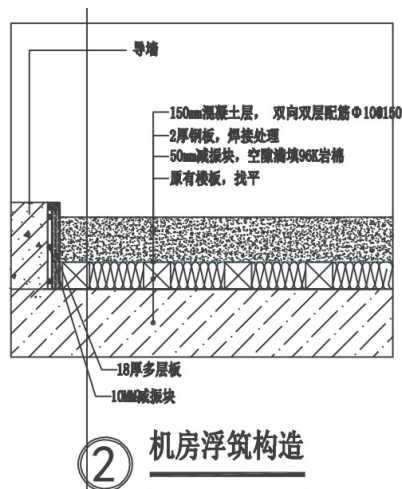
(2) 控制空调设备的风机噪声主要依靠合理配置消声器、消声弯头、静压箱等来满足相应的消声要求。根据声学计算，设置的消声措施见表5

表5 核心空间（观众厅、舞台）消声措施

设备编号	风量 (m ³)	使用空间		消声措施
AHU-B1-01/07	38000	池座静压箱	送风管	2节 XZP100+2节 ZW100
			回风管	2节 XZP100+1节 ZW100
AHU-B1-03	17000	楼座静压箱	送风管	2节 XZP100+2节 ZW100
			回风管	1节 XZP100+2节 ZW100
AHU-B1-05/09	37000	主舞台 侧舞台	送风管	2节 XZP100
			回风管	2节 XZP100+2节 ZW100
AHU-B1-11	15000	后舞台	送风管	2节 XZP100
			回风管	2节 XZP100

(3) 送回风管在穿墙或楼板时均应做好隔声封堵。观众厅静压箱内风管全部做防火隔声毡（隔声毡隔声量≥15dBA）包裹。

(4) 平时使用使用的空调、通风设备机房均避免设置在观众厅、舞台的投影正上方。同时屋面为舞台及观众厅服务的排风机房设置浮筑楼板隔震，做法见图3



说明：用于室内地面，减振块以上的结构不能和周边的墙体、柱、梁等刚接

图3 机房浮筑楼板构造图

七、结语

综上所述，剧院建筑由于其建筑内部空间的复杂性，及相关舞台深化单位较高的配合度，对暖通设计工作带来较大的困难。笔者认为设计人员在设计时需要充分考虑以下几点：

(1) 剧院内部的主要功能分区包括观众厅，舞台，前厅，排练厅，附属房间等，根据其不同的使用功能和使用时间，需要充分考虑空调系统的独立性，并结合已有的市政条件和业主需求，选择合理的空调系统，便于使用方的运行与维护。

(2) 剧院特别是观众厅的排烟系统设计，由于现行的防排烟规范对剧院这类特殊建筑未有明确的规定。故建议在遵循现行规范对于高大空间排烟量计算的基础上，与原规范对于观众厅排烟量的计算值，进行对比后取大值作为观众厅排烟量取值较为妥当且保险。

(3) 消声与隔振，也是剧院建筑设计的重要内容。暖通设计时需要与声学专业密切配合，从噪声源头、传播路径进行必要的消声处理。隔振设计，则需要平时使用的设备机房在尽量远离敏感区域的基础上做好隔振措施。

参考文献

[1] 观演建筑空调设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社. 2008
 [2] 剧场建筑设计规范 (JGJ57-2016) [S]. 2016
 [3] 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范 (GB 50736-2012) [S]. 2012
 [4] 建筑防排烟系统技术标准 (GB 51251-2017) [S]. 2017