

现代建筑空调技术丛书

体育建筑 空调设计

邹月琴
贺绮华
编著



TU245

Z96

452392

现代建筑空调技术丛书

体育建筑空调设计

邹月琴 贺绮华 编著

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

DV56/02

本书主要介绍了体育建筑空调设计要点以及多功能体育馆、室内游泳馆及室内滑冰场的空调设计方法。附带介绍了游泳池水处理及室外人工滑冰场的设计以及体育建筑的防排烟等内容。最后附有四个体育馆空调设计实例,这些实例设计上各有特点,具有较好的参考价值。

现代建筑空调技术丛书

体育建筑空调设计

邹月琴 贺绮华 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 6⁷/₈, 字数: 152千字

1991年1月第一版 1998年2月第五次印刷

印数: 18,221—20,220册 定价: 7.50元

ISBN 7-112-01194-9

TU·870 (6255)

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)

前 言

随着我国国民经济的迅速发展,国家用在“发展体育运动,增强人民体质”方面的投资将会逐年增加。为了迎接1990年在我国召开的第十一届亚运会,仅在北京就新建和改建了33个比赛场、馆,再加上各种配套工程,其工程建设规模在130万 m^2 以上,比1959年北京十大建筑规模大一倍多。要求能完全满足大型国际比赛的各种需要,并达到世界一流水平,当然,体育馆内的空气调节也不例外。

建国40年来,我国体育事业蒸蒸日上。60年代初,为了第26届世界乒乓球锦标赛,1961年在北京建成第一座万人以上(15000人)多功能大型体育馆——北京工人体育馆,首次对室内空气调节提出了严格技术要求,不仅要保证比赛要求,而且要能消除众多观众散发的热量,减少比赛大厅上下温差,防止脑后风,保持馆内空气新鲜,冬暖夏凉,特别是要解决空气调节送风气流和乒乓球赛要求稳定微小风速之间的矛盾。科研、设计、施工单位共同协作,采用集中式空调系统喷口送风方式,通过模型试验研究和现场实测,满足了使用要求。总结并提出了设计计算方法,为我国大型体育馆空调技术发展打下基础。60年代后,全国各省市和主要大中城市,都相继建造了大、中、小型多功能体育馆,观众人数由几千人到万人以上,而且都设计了空气调节,如浙江省体育馆、江苏省体育馆、山东省体育馆、河北省体育馆、陕西省体育馆、上海体育馆、武汉洪山体育馆、广州天河体育

馆以及上海游泳馆、成都游泳馆等,这就为全国性比赛(如全运会)和国际性比赛创造了良好环境条件。在空调技术方面亦有了发展,例如:比赛大厅空调方式除了喷口送风外,还采用了上送下回、下送上回、分区送风以及变射程的喷口送风等方式。全国建成一批体育馆后,经过多年实际运行,并通过对空调效果实测,各单位都提出了一些经验体会,有些设计单位还写出总结报告。作者曾负责和参加过一些体育建筑空调方式的模型试验和体育建筑空调设计以及现场使用效果实测等,探索和总结了一些数据和经验。由于目前国内还没有体育建筑空调设计规范和统一规定,为此,写了这本“体育建筑空调设计”,作者非常希望通过这本书能和全国广大同行们共同研讨,使我国体育建筑的空调技术得到更快发展,充分发挥空气调节的作用。

本书共分七章,主要内容为设计要点、多功能体育馆、室内游泳馆、冰球馆和滑冰场等空调设计的主要问题,防火排烟,工程设计实例。第三、五、六、七章和第四章第六节由贺绮华编著,第一、二、四章由邹月琴编著,并校阅全书。

作者在编著过程中,参考并采用了有关科研和设计单位提供的设计总结和资料,在此致以衷心谢意。

由于水平所限,时间匆忙,有疏漏之处,请批评指正。

作者

1990年1月

目 录

第一章 总论	1
第一节 体育建筑中空气调节的重要性	1
第二节 体育建筑类型和特点	3
第二章 体育建筑空调设计要点	7
第一节 体育建筑室内空调设计参数	7
第二节 空气调节系统划分	11
第三节 体育建筑内气流组织与设计计算	13
第四节 热回收装置与计算	32
第三章 多功能室内体育馆的空调设计	40
第一节 概述	40
第二节 空气调节方式	41
第三节 空调冷热源方式及设备选择	55
第四节 空调系统的节能措施	66
第五节 空调系统设计应注意的问题	69
第四章 室内游泳馆的空调与池水处理	73
第一节 游泳馆空调设计特点	74
第二节 池水温度和空气参数	76
第三节 防止围护结构内表面结露和防锈蚀	78
第四节 采暖通风系统与气流组织	84
第五节 节能和热回收	90
第六节 游泳池的水循环和处理	94
第五章 室内滑冰场的制冰及空调设计	122
第一节 概述	122
第二节 冰场的地板构造	124

第三节	室内滑冰场的冷却管设计.....	128
第四节	滑冰场的制冰方式.....	132
第五节	室内滑冰场空气调节设计.....	136
第六节	室外人工滑冰场设计实例.....	143
第六章	体育建筑的防火与排烟.....	155
第一节	体育建筑防火排烟的重要性.....	155
第二节	通风、空调系统的防火防烟措施.....	158
第三节	体育馆建筑的排烟设计.....	160
第四节	游泳馆消防设计举例.....	164
第五节	预防氨压缩机房的氨气爆炸问题.....	165
第七章	国内外工程实例	167
实例一	香港红磡体育馆空气调节设计.....	167
实例二	大阪城国际文化体育大厅空调设计.....	176
实例三	深圳体育馆空调设计.....	189
实例四	北京木樨园体育馆空调设计简介.....	203
参考文献		209

第一章 总 论

体育建筑是城市主要公共建筑之一，它是开展各种体育运动和体育竞赛的活动中心。人们在这里可以观看各种体育项目比赛和表演，如各种球类（篮球、排球、乒乓球、羽毛球和冰球等）比赛、游泳、体操以及武术杂技等表演，可给人们以美的享受和为国进取的启迪。

体育建筑包括：室外体育场，如田径场和足球场；室内体育馆即多功能综合体育馆、体操馆、游泳馆和冰球馆以及各种训练馆等。对于室内体育馆（简称体育馆），一般由比赛大厅、休息厅、贵宾室、运动员休息和训练室以及附属服务性房间（如浴室、厕所等）组成。而比赛大厅包括比赛区和观众席（看台），是体育馆核心。

第一节 体育建筑中空气调节的重要性

随着我国国民经济蓬勃发展，国家用于发展体育事业、增进人民身心健康方面的投资逐年增加。解放后30多年来，除了对原有体育馆进行改造，完善体育设施外，最主要是增设通风或空气调节，特别是60年代初，为了迎接第26届世界乒乓球赛，我国在北京修建了万人以上的体育馆——北京工人体育馆，不仅提出要保证观众区舒适条件，解决观众席上部温度太高的问题，而且提出乒乓球赛区的风速要求（即不

超过 0.2m/s), 这就对空气调节的要求更加严格。为此, 通过模型试验、现场实际运行使用, 总结得出喷口送风和集中式空调系统是体育馆比赛大厅适用的空调方式, 并提出了设计计算方法, 至今这种送风方式仍在广泛使用。60年代后, 我国各省市都相继新建了综合性体育馆, 容纳观众数都在万人左右, 馆内均设有空气调节。从此, 使人们清楚认识到空气调节在体育建筑中的重要性。

对于一座现代化的体育馆, 不但要求建筑体形美观大方, 各种体育设施齐全完善, 而且还要求舒适卫生的环境条件, 即合适的室内空气温度、湿度、风速、新风量和噪声标准等。除了要满足观众区舒适外, 还必须保证运动员和比赛项目所要求的温度、湿度和风速。例如篮球、排球赛, 运动员活动量较大, 比赛场区的风速不能太小, 一般应达 0.5m/s 左右, 而观众席只能 0.3m/s 左右; 乒乓球和羽毛球赛时。风速不能太大, 否则会将球吹偏, 影响运动员比赛。又如: 室内游泳池, 其空气温度不能太低, 风速不能太大, 相对湿度不能过高, 否则, 运动员从水中出来会发生颤抖; 又因游泳池的池水不断蒸发, 馆内余湿量较大, 如果不采取通风措施排除, 在冬季就会使围护结构表面结露。当进行冰球赛时, 为防止冰面起雾和围护结构结露的问题, 也必须采取通风和空调的方法加以解决。因此, 采暖通风和空气调节在体育馆中是必不可少的。

综上所述, 在室内体育建筑中, 空气调节与体育项目比赛要求密切相关, 馆内没有空气调节和通风设施, 比赛是难以进行的。因此, 在今后新建体育馆时, 应十分重视空调设计。

第二节 体育建筑类型和特点

一、室内体育建筑类型

1. 体育建筑按规模大小可分为大、中、小三种。根据国外资料, 体育馆总面积为 $2000 \sim 5000 \text{m}^2$ 的设施, 列为小型; 总面积在 $5000 \sim 10000 \text{m}^2$ 的设施, 列为中型; 总面积在 10000m^2 以上的设施, 列为大型体育馆。

2. 体育建筑按功能可分为多功能(综合性)、单一功能两种。

多功能体育馆又称综合体育馆, 它包含两个方面的含意, 其一是指一座体育馆内, 其比赛大厅具有多种功能。既可进行多种体育项目比赛(如各种球类、体操、拳击等), 又可进行文娱演出(如杂技、舞蹈、音乐、电影等), 还可举行大型集会等公共活动。比赛场内设有舞台、固定座位和活动座位, 活动座位平时可折叠放入固定座席的下部空间内, 如首都体育馆和北京工人体育馆等。其二是指体育建筑内设有各种不同性质的房间, 除了比赛大厅外, 还设有练习馆、各种器械健身房、棋类室、台球室、保龄球馆、电影馆、电子游戏室、快餐小卖部以及咖啡酒吧厅等, 如深圳体育馆。这些房间均为舒适性空调, 平时可作为训练和娱乐场所, 以充分发挥体育建筑内各种设施的作用, 并提高其经济效益。

单一功能体育馆是指专门项目的比赛和使用, 例如游泳馆、冰球馆、举重馆、体操馆等。

3. 按比赛大厅形体可分为圆形、矩形和方形、椭圆形、多边形等。

由于建筑体形不同，它必然涉及到采用何种空调方式，也就是说，如何送风、回风和排风，才能做到既保证比赛场区的要求，又满足观众区舒适性条件。现将国内建成的各种体形体育馆的规模和采用的空调方式列于表1-1。

国内建成的体育馆情况汇总

表 1-1

名 称	建 筑 体 形	功 能	比赛厅 面 积 (m^2)	容纳 人数 (人)	空 调 方 式
北京工人体育馆	圆 形	多功能	6940	15000	喷口侧送下回
首都体育馆	矩 形	多功能	13000	17000	百叶侧送或顶棚条缝送下回
浙江省体育馆	马 鞍 形	多功能	3780	6000	喷口侧送下回
江苏省体育馆	长八角形	多功能	6800	10000	喷口侧送下回
上海体育馆	圆 形	多功能	9500	18000	喷口侧送，孔板送，下回
山东省体育馆		多功能	4646	8800	喷口侧送下回
陕西省体育馆	长八角形	多功能	5940	9000	双排变射程喷口侧送下回
武汉洪山体育馆	多 边 形	多功能	5544	7500	旋流风口分区上送下回
深圳体育馆	多 边 形	多功能	3660	6600	双排变射程喷口侧送下回
北京月坛体育馆	六 角 形	多功能	3100	2900	双排喷口侧送下回
北京地坛举重馆	多 边 形	举 重 技 巧	2330	3000	下送上回
北京亚运中心北 郊综合体育馆	矩 形	多功能	建筑面积 28000	5300	上送下回（散流器和旋流 风口）
北京木樨园体育馆	矩 形	球 类 击 剑	1960	3000	观众区下送风方式 比赛场喷口侧送下回

从表1-1看出，比赛大厅面积在 $5000m^2$ 以上就属于大中型体育馆。为了适应多功能的需要，特别是小球赛时风速要求，采用了喷口送风、上送以及分区送风方式，以适应各种体形。

近些年来，不论体育建筑规模大小，总的趋势向着多功

能综合使用发展,有时除了设固定座席外,还在比赛区设一定数量临时座席,因此,在空调设计时应加以考虑。

对于单一功能体育建筑——室内游泳馆,国内建成部分游泳馆情况汇总于表1-2。

国内建成的部分游泳馆情况汇总

表 1-2

名 称	游泳池尺寸(m)	观众席人数(人)	水温(°C)	池边室温(°C)	采 暖 系 统	空调方式	使用情况
国家体委游泳馆	20×50	2500	25~27	28	热风 and 散热器	送、回风系统无排风	室内正压,窗户结露,观众席冬季温度太高
海 军游泳馆	21×50	2000	25~26	27~28	热风 and 散热器	通风系统和上侧送下回方式	窗户结露,观众席温度太高
北京工人体育馆游泳馆	20×50	—	26	28	暖风扇散热器	直流式送、排风系统,上送下回方式	窗和墙结露,风速太大
湖 南 省体 委游泳馆	21×50	2400	27~29	27~29	暖风扇散热器	设进、排风系统,上送下回气流组织方式	改造前结露严重观众席温度太高
武汉市体委游泳馆	20×50	—	≥30	30	暖风扇散热器	无通风	
成都体委游泳馆	21×50	1600	26~27	27~28	热 风 散 热 器	上侧送下回,并有送排风系统	窗结露,观众席温度太高
上海体委游泳馆	21×50 (5个池)	4000	24~25 26~27	27~28	热 风 散 热 器	池区和观众区分设进排风系统,均为上送下回方式	馆内无结露,冬季观众席温度高达28~31°C
广州天河游泳馆	21×50 (5个池)	3500	26~27		热风 and 散热器,局部设红外线	分区送风,上送下回方式	

二、体育建筑特点

体育建筑除了一般舒适性空调的共性外,由其性质决定,具有下列特点:

1. 体育建筑的容积约在 10000m^3 以上,顶棚高度均在 10m 以上,属于高大空间建筑。室内观众和照明等产生热量向上升,在顶棚下形成热空气层,至少要有 $10\sim 20\%$ 空调风量排至室外,因此,空调所需的风量较大。

2. 室内热湿负荷较大,且主要是照明和人员负荷。如比赛大厅的照明负荷在比赛时,中小型体育馆的比赛场地为 $50\sim 70\text{W}/\text{m}^2$,大型体育馆可达 $100\sim 200\text{W}/\text{m}^2$ 。比赛大厅总的冷负荷可达 $230\sim 580\text{W}/\text{m}^2$ 。

3. 由于容纳观众数很多,新鲜空气量和送风量均比一般建筑大,才能满足卫生条件。

4. 由于建筑本身特征,一般为轻型结构,窗墙比大,要特别注意围护结构表面结露的问题,尤其是屋顶和窗,必须采取保温措施。室内游泳馆、冰球馆更应注意结露问题。

5. 比赛大厅一年四季都有余热,除了在冬季空场预热时送热风外,满场时也需送冷风或等温风。春秋季时,要考虑 100% 利用新风的可能性。

6. 观众区和比赛区的要求不同,如观众区只要保证舒适性条件,而比赛区要满足体育项目要求的温度、湿度和风速。

第二章 体育建筑空调设计要点

根据第一章阐述的体育建筑类型和特点,结合具体对象进行空调设计时,应综合考虑①建筑体形与规模;②容纳观众的数量;③使用功能;④对环境条件的要求等因素,以便采取相应的采暖通风和空调方案与措施,满足各类体育建筑的各种功能需要。为此,体育建筑空调设计要点为:

1. 室内空调设计参数的确定;
2. 空调系统划分原则;
3. 室内气流组织方式与设计计算方法;
4. 冷热负荷的特点与考虑(包括冷热源选择);
5. 节能与热回收;
6. 对围护结构的要求;
7. 防火与排烟;
8. 消声与隔振等。

本章主要讨论几个共性问题如:室内设计参数、气流组织型式与设计计算、系统划分和热回收装置与设计选择计算等,其余部分将结合体育建筑特点分别在第三、四、五、六章中阐述。

第一节 体育建筑室内空调设计参数

体育建筑的空调属于舒适性空调范畴,目前我国对体育

建筑的空调设计参数尚无统一标准和规定，因此，只能按卫生标准和比赛项目的要求，参照国外标准规范和手册的规定，结合我国实际情况和已建成的体育馆的经验，由设计人员加以确定。待体育建筑空调设计规范制定批准后，应按要求执行。

一、室内温度、相对湿度和风速

由于室内设计参数直接影响到能源消耗、一次投资、运转费用、比赛成绩以及人们舒适与健康，因此，正确地选择所采用的室内空调设计参数，是空调设计好坏的先决条件。

现将一些国家和我国的体育馆采用的室内温度、相对湿度和风速分别列于表2-1和表2-2。

一些国家采用的室内设计参数

表 2-1

国 别		室 内 设 计 参 数			备 注
		温 度 (°C)	相对湿度 (%RH)	风 速 (m/s)	
美国	夏季	23.9~25.6	50~55	0.2~0.25	乒乓、羽毛球等比赛时要求在0.15m/s
	冬季	18~20	35~55		
苏联	夏季	22~23	55	0.2~0.25	
	冬季	19~21	35~55	0.1~0.15	
日本	夏季	26~27	40~60	0.1~0.2	
	冬季	20~22	40左右		

从表2-1和表2-2比较，在夏季，国外设计温度比国内低，在冬季，国外设计温度比国内高，分析其原因，主要是我国夏季气候炎热，如温度太低，室内外温差太大，也不舒适，同时也不经济。而在冬季，人们穿衣较厚，我国有些地区本来就不采暖，因此，保持在16°C左右已感到舒适。根据

我国建成的体育馆采用的室内设计参数 表 2-2

体 育 馆 名 称		室内空调设计参数			备 注
		温 度 (°C)	相对湿度 (% RH)	风 速 (m/s)	
北京工人体育馆 首都体育馆	夏 季	28	65	0.2~0.5	乒乓、羽毛球等小 球比赛时 $\geq 0.2\text{m/s}$
	冬 季	18~20	35~50	0.15	
北京月坛体育馆 地坛体育馆	夏 季	26	60	0.2~0.5	
	冬 季	18			
上海体育馆	夏 季	27	50 $\pm$ 5	0.2	冬季不送热风
	冬 季	15~18			
江苏省体育馆	夏 季	28	60	0.2~0.5	冬季不送暖风
山东省体育馆	夏 季	27	55	小球风速 ≥ 0.2	
陕西省体育馆	夏 季	27	55	小球风速 ≥ 0.2	
河北省体育馆	夏 季	27	55	0.2~0.5	
	冬 季	16			
浙江省体育馆	夏 季	28	65	0.2左右	冬季不送热风
深圳体育馆	夏 季	25~26	55	0.2~0.5	冬季无加热
	冬 季	18~20	50		
湖北体育馆	夏 季	28	60	0.1~0.2	
建议采用	夏 季	26~28	55~65	≥ 0.5	小球赛时 $\geq 0.2\text{m/s}$
	冬 季	16~18	35~50	≥ 0.2	

有关资料分析计算, 夏季室内计算温度由26°C提高到28°C, 冷负荷可减少21~23%, 冬季由22°C降为20°C, 则热负荷可以减少26~31%。

关于室内风速, 比赛场地与观众看台是不相同的。对于

比赛场地,在进行小球如羽毛球、乒乓球、冰球等比赛时,其风速不得大于 0.2m/s (国外有的资料提出 0.15m/s),因为小球质量轻,一个乒乓球只有 2.5g 重,如果风速太大,则会影响球路;而羽毛球比赛时,工作区高度要在离地 $10\sim 11\text{m}$ 范围内,其风速都不能超过 0.2m/s 。当进行其它球类比赛时,比赛场地风速可以加大,甚至为 0.5m/s 左右,也不会有影响。对于观众看台,根据舒适性要求,一般在 $0.15\sim 0.3\text{m/s}$,冬季取下限值,夏季可取上限值。

二、新鲜空气量和换气次数

由于体育馆观众较多,必须保证有足够的新鲜空气量即新风量。从国内设计情况来看,新风量一般应保证每个观众有 $8\sim 10\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$ 以上,春秋季可以适当增加到 $20\sim 30\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$,甚至可全部采用新风,按此要求折算,新风比大约在 30% 左右。近几年来的设计也有增大的趋势。

关于体育建筑内的换气次数,根据我国暖通空调设计规范规定,高大空间建筑的换气次数 $\leq 5\text{ 1/h}$ 左右,送风温差在 $6\sim 10^\circ\text{C}$ 之间。目前我国建成的体育馆的风量都是在每人 $31\sim 39\text{m}^3/\text{h}$,例如:北京工人体育馆为 $33\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$

首都体育馆	$38\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$
上海体育馆	$31\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$
山东体育馆	$35\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$
陕西省体育馆	$39\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$
江苏省体育馆	$39\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$

因此,一般至少要取风量为 $33\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$,其换气次数为 $4\sim 6\text{次/h}$ 。

三、室内噪声标准

由于是公共场所,观众较多,又有比赛,一般要求