

TU83-62/8=2

:2

2008

实用供热空调设计手册 (下册)

(第二版)

陆耀庆 主编

中国建筑工业出版社

目录 (下册)

第 19 章 空调设计的基本资料	1441	19.8.1 空调过程的热、质平衡	1504
19.1 大气环境的质量标准	1441	19.8.2 不同大气压力时的修正问题	1505
19.1.1 大气质量分级	1441	19.8.3 保持正压所需风量的估算	1506
19.1.2 不同质量等级的浓度限值	1441	19.9 空调系统的划分与技术	
19.1.3 环境质量区的划分	1442	层的设置	1507
19.2 热舒适和热舒适方程	1442	19.9.1 空调系统的划分、选择与配置	1507
19.2.1 室内的热舒适性及影响热舒适性的因素	1442	19.9.2 技术设备层的设置	1510
19.2.2 人体热平衡和舒适方程 (Fanger 方程)	1453	19.10 $h-d$ 图的应用	1511
19.2.3 热环境的评价指标	1458	19.10.1 湿空气的状态参数	1511
19.3 室内空气的质量标准及设计参数	1459	19.10.2 不同状态空气的混合	1511
19.3.1 室内空气的质量标准	1459	19.10.3 典型的空气状态变化和 处理过程	1512
19.3.2 室内空调计算参数	1464	19.11 空调系统的优化设计	1513
19.3.3 新风量	1465	19.11.1 年经常费法	1513
19.4 实用设计指标汇编	1479	19.11.2 等价均匀全年费用法	1514
19.4.1 空调冷负荷设计指标	1479	第 20 章 空调负荷计算	1515
19.4.2 冷、热源设备的装机容量及能源效率限定值	1481	20.1 空调区冷负荷的基本构成	1515
19.4.3 其他指标	1483	20.1.1 空调区得热量的构成	1515
19.4.4 各种空调系统投资、寿命等的比较	1486	20.1.2 空调区冷负荷的构成	1515
19.5 简易空调负荷估算方法	1487	20.1.3 空调区湿负荷的构成	1515
19.5.1 基本设计条件	1488	20.2 空调区负荷计算的准备工作	1516
19.5.2 最大冷、热负荷的确定	1488	20.2.1 围护结构的夏季热工指标	1516
19.5.3 单位面积冷热负荷估算值	1491	20.2.2 房间的分类	1522
19.6 通过风管、风机和水泵的得热和失热	1496	20.2.3 城市的分组	1522
19.6.1 通过风管的得热与失热	1496	20.2.4 有外遮阳板的窗口直射面积和散射 面积的计算	1523
19.6.2 空气流经通风机时的温升	1498	20.3 外墙、架空楼板或屋面的 传热冷负荷	1525
19.6.3 通过水泵和水管道的温升	1499	20.4 外窗的温差传热冷负荷	1534
19.7 风机连接对全压的影响	1500	20.5 外窗的太阳辐射冷负荷	1536
19.7.1 风机的出口	1500	20.5.1 外窗无任何遮阳设施的 辐射负荷	1536
19.7.2 风机的进口	1503	20.5.2 外窗只有内遮阳设施的 辐射负荷	1546
19.8 空调过程的热、质平衡及不同大气 压力时的修正	1504	20.5.3 外窗只有外遮阳板的辐射负荷	1546
		20.5.4 外窗既有内遮阳设施又有外	

遮阳板的辐射负荷	1546	21.3.4 喷水室热工及阻力计算	1588
20.6 内围护结构的传热冷负荷	1546	21.4 蒸发冷却器	1595
20.6.1 相邻空间通风良好时内围护结构温差 传热的冷负荷	1546	21.4.1 直接蒸发冷却器	1595
20.6.2 相邻空间有发热量时内围护结构温差 传热的冷负荷	1546	21.4.2 间接蒸发冷却器	1601
20.7 人体显热冷负荷	1547	21.5 空气的加热	1606
20.8 灯具冷负荷	1550	21.5.1 设计要点	1606
20.8.1 白炽灯散热形成的冷负荷	1550	21.5.2 空气加热器的选择计算 (见表 21.5-2)	1607
20.8.2 荧光灯散热形成的冷负荷	1552	21.5.3 电加热器	1608
20.9 设备显热冷负荷	1552	21.6 空气的加湿	1610
20.9.1 发热设备显热散热量的计算	1553	21.6.1 空气加湿的方法	1610
20.9.2 设备显热形成的冷负荷计算	1554	21.6.2 各种加湿器的比较	1611
20.10 渗透空气显热冷负荷	1556	21.6.3 湿膜蒸发式加湿器	1612
20.10.1 渗入空气量的计算	1557	21.6.4 干蒸汽加湿器	1618
20.10.2 渗入空气显热形成的冷 负荷计算	1557	21.6.5 电极式加湿器	1620
20.11 食物的显热散热冷负荷	1558	21.6.6 电热式加湿器	1621
20.12 散湿量与潜热冷负荷	1558	21.6.7 PTC 蒸汽加湿器	1621
20.12.1 人体散湿量与潜热冷负荷	1558	21.6.8 间接蒸汽加湿器	1622
20.12.2 渗入空气散湿量与潜热冷负荷	1558	21.6.9 超声波加湿器的应用	1622
20.12.3 食物散湿量与潜热冷负荷	1558	21.6.10 高压喷雾加湿器	1623
20.12.4 水面蒸发散湿量与潜热冷负荷	1559	21.6.11 室内直接加湿	1624
20.13 各个环节的计算冷负荷	1560	21.7 空气的除湿	1626
20.13.1 空调区的计算冷负荷	1560	21.7.1 各种除湿方法的比较	1626
20.13.2 空调建筑的计算冷负荷	1560	21.7.2 冷冻除湿的选择计算	1627
20.13.3 空调系统的计算冷负荷	1560	21.7.3 固体除湿	1629
20.13.4 空调冷源的计算冷负荷	1561	21.7.4 干式除湿——转轮除湿机	1634
20.14 计算例题	1561	21.7.5 除湿系统设计与安装注意事项	1642
20.15 空调冷负荷计算的电算法	1565	21.7.6 溶液除湿	1644
第 21 章 空气处理和处理设备	1566	21.8 组合式空调机组	1646
21.1 空气的过滤净化	1566	21.8.1 组合式空调机组的类型 (见表 21.8-1)	1646
21.1.1 大气污染物的分类	1566	21.8.2 组合式空调机组的型号	1649
21.1.2 空气过滤器的性能	1566	21.8.3 组合式空调机组的基本规格 (见表 21.8-3)	1649
21.1.3 过滤净化的计算	1568	21.8.4 组合式空调机组的噪声限值	1650
21.1.4 空气的除臭、消毒	1569	21.8.5 组合式空调机组的技术要求	1650
21.2 空气的冷却	1572	21.8.6 组合式空调机组空气处理要求	1651
21.2.1 设计要点	1572	21.9 风机盘管机组	1652
21.2.2 热工计算和压力损失计算	1573	21.9.1 风机盘管机组分类	1652
21.3 喷水室	1581	21.9.2 风机盘管机组型号表示方法	1653
21.3.1 喷水室设计要点	1581	21.9.3 风机盘管机组基本性能参数	1653
21.3.2 喷水室构件	1582	21.9.4 风机盘管机组技术要求	1654
21.3.3 Luwa 型高速喷水室及流体动力 式喷水室	1587	21.9.5 风机盘管新风供给方式 (见表 21.9-4)	1655
		21.9.6 风机盘管水系统 (表 21.9-5)	1656
		21.9.7 风机盘管调节方法	1657

21.9.8 冷热负荷计算	1657	22.5.5 系统分类	1697
21.10 单元式空调机	1657	22.5.6 机组规格	1699
21.10.1 分类	1657	22.5.7 系统设计	1700
21.10.2 单元式空调机的能源效率限定值 及能源效率等级	1659	22.5.8 系统制热能力校核	1703
21.10.3 空调机的制冷量	1660	22.5.9 系统配管设计	1705
21.10.4 蒸发器(直接蒸发式空气冷却器) 的计算	1661	22.5.10 系统控制配线设计	1710
21.10.5 空调机的热平衡计算	1664	22.5.11 室外机安装	1712
21.10.6 选择计算举例	1665	22.5.12 新风供给设计	1715
21.10.7 空调机应用范围的扩大—— 循环混合	1667	22.6 高大建筑物分层空调设计	1716
21.10.8 空调机出口风管的合理连接	1668	22.6.1 分层空调适用范围和空调方式	1716
21.11 分散式高大建筑屋顶通风空 调机组	1669	22.6.2 分层空调负荷计算	1717
21.11.1 概述	1669	22.6.3 分层空调气流组织	1723
21.11.2 Roof Vent LHW 机组的类型 与结构	1670	22.6.4 空调系统	1733
21.11.3 运行流程与模式	1672	22.7 部分空调系统实例汇编	1734
21.11.4 系统配管设计	1673	22.7.1 国家电力调度中心空调系统设计	1734
21.11.5 Top Vent 冷/暖、通风机组	1673	22.7.2 江苏省电网调度中心蓄冷 空调设计	1740
第 22 章 空调系统	1675	22.7.3 上海财富广场办公楼地板送风 系统的设计和应用	1748
22.1 空调系统的分类(见表 22.1-1)	1675	22.7.4 上海儿童医学中心空调设计	1751
22.2 空调系统的比较与选择	1676	22.7.5 上海科技馆空调设计	1755
22.3 集中式空调系统	1679	22.7.6 上海世茂国际广场暖通空调设计	1760
22.3.1 系统划分原则	1679	22.7.7 上海四季酒店	1768
22.3.2 回风系统选择	1679	22.7.8 上海体育馆水蓄冷工程改造	1780
22.3.3 一次回风系统与一、二次回风系统的 处理过程和计算方法见表 22.3-3	1679	22.7.9 苏州工业园区现代大厦空调设计	1783
22.3.4 单风机系统与双风机系统	1683	22.8 温湿度独立控制空调系统	1790
22.4 蒸发冷却式空调系统	1683	22.8.1 概述	1790
22.4.1 一级蒸发冷却空调系统	1683	22.8.2 系统运行策略	1792
22.4.2 二级蒸发冷却空调系统	1685	22.8.3 系统的主要组成部件	1795
22.4.3 三级蒸发冷却空调系统	1686	22.8.4 运行能耗分析	1798
22.4.4 除湿与蒸发冷却联合空调系统	1690	22.8.5 干燥地区温湿度独立控制空调 系统的设计	1799
22.4.5 蒸发冷却空调系统的设计 选用原则	1691	22.8.6 应用实例	1805
22.4.6 蒸发冷却空调系统的设计要点	1693	22.9 溶液调湿式空调系统与设备	1808
22.5 变制冷剂流量多联分体式 空调系统	1696	22.9.1 除湿溶液处理空气的基本原理	1808
22.5.1 简介	1696	22.9.2 除湿溶液处理空气的基本单元 与装置	1810
22.5.2 产品性能测试条件	1696	22.9.3 溶液热回收型新风机组	1811
22.5.3 系统工作范围	1697	22.9.4 溶液热回收型新风机组的 性能参数	1814
22.5.4 系统应用场合	1697	22.9.5 溶液热回收型新风机组的选型	1817
		第 23 章 变风量空调系统	1821
		23.1 基本概念	1821
		23.1.1 系统特点与适用范围	1821
		23.1.2 系统调节原理	1822

23.2 负荷计算	1822	24.3.1 空调负荷计算	1860
23.2.1 现代化办公和商业建筑的特点与 热舒适性	1822	24.3.2 附加负荷计算	1862
23.2.2 内外分区与空调负荷	1822	24.3.3 低温送风空调系统设计	1865
23.2.3 负荷计算步骤及注意事项	1824	24.4 低温送风空调器选型及机房布置	1882
23.2.4 负荷分类与用途	1825	24.4.1 空调器选型	1882
23.3 变风量空调系统末端装置	1826	24.4.2 空调机房布置要求	1883
23.3.1 变风量末端装置	1826	24.5 低温送风空调系统运行	1884
23.3.2 常用变风量末端装置的特点 与适用范围	1829	24.5.1 低温送风系统的软启动	1884
23.3.3 变风量末端装置的主要部件	1829	24.5.2 送风温度的再设定	1884
23.4 系统选择	1831	24.5.3 利用自然冷源节能运行	1884
23.4.1 风机动力型变风量空调系统	1831	第 25 章 气流组织	1886
23.4.2 单风管变风量空调系统	1832	25.1 气流组织的基本要求及分类	1886
23.4.3 系统布置及注意事项	1834	25.2 侧向送风	1888
23.5 变风量空气处理系统设计	1836	25.2.1 侧向送风的送、回风口布置形式及 适用条件	1888
23.5.1 变风量空气处理系统分类	1836	25.2.2 侧送百叶送风口的最大送风速度 (见表 25.2-1)	1888
23.5.2 送风温度及系统风量计算	1836	25.2.3 侧送气流组织的设计计算	1888
23.5.3 空气处理机组选用	1837	25.2.4 侧向送风的设计要求及 注意事项	1904
23.6 变风量末端装置选择计算 与选型	1838	25.3 孔板送风	1905
23.6.1 风量计算	1838	25.3.1 孔板送风及其适用条件	1905
23.6.2 选型实例	1839	25.3.2 孔板送风的设计计算	1905
23.7 变风量空调系统新风设计	1846	25.3.3 孔板送风的设计要求及 注意事项	1908
23.7.1 新风处理方式(表 23.7-1)	1846	25.4 散流器送风	1911
23.7.2 几个新风问题及对策	1847	25.4.1 散流器送风及其适用条件	1911
23.8 风系统设计	1848	25.4.2 散流器送风的最大送风速度, 见表 25.4-1	1912
23.8.1 风管计算方法	1848	25.4.3 散流器送风的设计计算	1912
23.8.2 风管布置特点	1849	25.4.4 散流器送风的设计要求及 注意事项	1916
23.8.3 风系统设计步骤	1850	25.5 喷口送风	1916
23.9 自动控制	1851	25.5.1 喷口送风及其适用条件	1916
23.9.1 室内(区域)温度控制	1851	25.5.2 喷口送风的设计计算	1917
23.9.2 空调系统控制	1852	25.5.3 喷口送风的设计要求及注意事项	1921
第 24 章 低温送风空调系统	1856	25.6 条缝口送风	1922
24.1 概述	1856	25.6.1 条缝口送风及其适用条件	1922
24.1.1 低温送风系统分类及冷媒温度	1856	25.6.2 条缝口送风的设计计算	1922
24.1.2 低温送风系统特点	1856	25.6.3 条缝口送风的设计要求及 注意事项	1926
24.1.3 低温送风空调系统的建筑适用性	1857	25.7 下部送风	1928
24.2 低温送风空调系统冷源选择	1857	25.7.1 下部送风的类型、特征及与其他 送风方式的对比	1928
24.2.1 冷源型式与送风温度关系	1857		
24.2.2 冷水机组直接产生低温空调冷水	1858		
24.2.3 直接膨胀式(DX)系统	1858		
24.2.4 冰蓄冷系统	1858		
24.3 低温送风空调系统设计	1859		

25.7.2	地板送风静压箱(层)	1931	26.6.6	自力式压差控制器的设计排布及选型	2010
25.7.3	地板送风系统设计中的问题	1934	26.6.7	多功能平衡阀的排布及选型示例	2012
25.8	空气分布器	1941	26.6.8	平衡阀的现场调试	2012
25.8.1	常用空气分布器的型式、特征及适用范围	1941	26.6.9	平衡阀设计应用示例	2013
25.8.2	常用空气分布器的选用简表	1951	26.7	变流量空调水系统设计	2015
25.8.3	地板送风的空气分布器	1951	26.7.1	概述	2015
25.9	回风口	1961	26.7.2	一次泵定流量系统	2016
25.9.1	回风口的布置方式及吸风速度	1961	26.7.3	二次泵变流量系统	2018
25.9.2	常用回风口的型式	1962	26.7.4	一次泵变流量系统	2020
26.7.5	“低温差综合症”	2023	26.7.5	“低温差综合症”	2023
26.7.6	变流量水系统比较	2024	26.7.6	变流量水系统比较	2024
26.7.7	一次泵变流量水系统设计注意事项	2025	26.7.7	一次泵变流量水系统设计注意事项	2025
26.7.8	含热回收机组的冷水系统设计	2025	26.7.8	含热回收机组的冷水系统设计	2025
26.8	水系统的附件、设备及配管	2027	26.8	水系统的附件、设备及配管	2027
26.8.1	集管及分、集水器	2027	26.8.1	集管及分、集水器	2027
26.8.2	水过滤器	2028	26.8.2	水过滤器	2028
26.8.3	循环水系统的补水、定压与膨胀	2030	26.8.3	循环水系统的补水、定压与膨胀	2030
26.8.4	减压稳压阀	2037	26.8.4	减压稳压阀	2037
26.8.5	循环水泵	2038	26.8.5	循环水泵	2038
26.8.6	排气阀	2041	26.8.6	排气阀	2041
26.8.7	设备的配管	2043	26.8.7	设备的配管	2043
26.9	水系统的水处理	2043	26.9	水系统的水处理	2043
26.9.1	循环冷却水的主要水质指标	2043	26.9.1	循环冷却水的主要水质指标	2043
26.9.2	结垢与腐蚀倾向的预测	2044	26.9.2	结垢与腐蚀倾向的预测	2044
26.9.3	阻垢措施(盐垢)与现场监测	2045	26.9.3	阻垢措施(盐垢)与现场监测	2045
26.9.4	腐蚀控制	2046	26.9.4	腐蚀控制	2046
26.9.5	腐蚀鉴定及监测	2050	26.9.5	腐蚀鉴定及监测	2050
26.9.6	微生物污染的控制	2051	26.9.6	微生物污染的控制	2051
26.9.7	物理水处理方法	2052	26.9.7	物理水处理方法	2052
26.10	冷却塔	2053	26.10	冷却塔	2053
26.10.1	冷却塔类型	2053	26.10.1	冷却塔类型	2053
26.10.2	冷却塔产品标记	2055	26.10.2	冷却塔产品标记	2055
26.10.3	选择冷却塔的基本技术参数	2056	26.10.3	选择冷却塔的基本技术参数	2056
26.10.4	冷却塔的噪声及噪声控制	2056	26.10.4	冷却塔的噪声及噪声控制	2056
26.10.5	冷却塔的选型	2057	26.10.5	冷却塔的选型	2057
26.10.6	冷却塔的布置	2059	26.10.6	冷却塔的布置	2059
26.10.7	冷却水系统设计	2059	26.10.7	冷却水系统设计	2059
26.10.8	冷却水系统的防冻	2060	26.10.8	冷却水系统的防冻	2060
27	空气洁净	2062	27	空气洁净	2062
27.1	洁净空调技术的应用	2062	27.1	洁净空调技术的应用	2062
27.1.1	微电子工业	2062	27.1.1	微电子工业	2062
27.1.2	医药卫生	2062	27.1.2	医药卫生	2062

27.1.3	食品工业	2062	27.10	洁净室的节能	2108
27.1.4	其他	2063	27.10.1	能耗特点	2108
27.2	污染物质	2063	27.10.2	节能措施	2109
27.2.1	污染物的分类	2063	27.11	洁净室设计的综合要求与规划原则	2110
27.2.2	污染物的浓度	2063	27.11.1	洁净室建筑设计的综合原则	2111
27.2.3	污染物的来源和发尘量	2064	27.11.2	洁净室的人、物净化流程设计	2112
27.3	洁净室的洁净度等级标准	2066	27.11.3	其他问题	2112
27.3.1	室内尘粒的级别标准	2066	第 28 章	蓄冷和蓄热	2114
27.3.2	室内细菌浓度的级别标准	2067	28.1	基本概念	2114
27.3.3	工业洁净室的分子态污染物 (AMC) 有关标准	2068	28.1.1	概述	2114
27.3.4	各种行业的洁净标准参考	2069	28.1.2	蓄冷系统的计量	2114
27.4	洁净室的原理、构成与分类	2070	28.1.3	系统的运行及控制策略	2115
27.4.1	洁净室的原理	2070	28.1.4	蓄冷常用术语	2117
27.4.2	洁净室的构成	2070	28.2	空调蓄冷系统的分类和蓄冷介质	2118
27.4.3	洁净室的分类	2071	28.2.1	蓄冷系统的分类与蓄冷介质的选择	2118
27.5	空气过滤器的特性指标和分类	2073	28.2.2	各类蓄冷空调系统的性能、价格对比	2119
27.5.1	过滤器的特性指标	2073	28.3	水蓄冷	2121
27.5.2	过滤器的分类	2075	28.3.1	水蓄冷空调系统	2121
27.5.3	空气过滤器的滤材和型式结构	2078	28.3.2	水蓄冷空调系统设计	2122
27.5.4	静电空气过滤器	2080	28.3.3	水蓄冷系统的控制	2125
27.5.5	化学过滤器	2080	28.3.4	蓄冷水槽	2126
27.5.6	高效过滤器的安装	2081	28.3.5	水蓄冷系统的运行和保养	2134
27.5.7	关于过滤器的选择	2082	28.4	冰蓄冷	2134
27.6	局部净化设备及洁净室附属设备	2083	28.4.1	冰蓄冷空调系统的适用条件和要求	2134
27.6.1	局部净化设备的应用和围挡	2083	28.4.2	冰蓄冷空调系统制冰与蓄冷方式	2135
27.6.2	各种局部净化设备	2083	28.4.3	各种冰蓄冷装置的性能、特点和选用	2137
27.6.3	洁净室的附属设备	2085	28.4.4	冰蓄冷空调系统的设计	2156
27.7	洁净室的风量确定与气流组织	2086	28.4.5	蓄冰空调系统的设计注意事项	2171
27.7.1	非单向流洁净室的风量确定	2086	28.4.6	冰蓄冷空调系统的运行、控制策略和自动控制	2172
27.7.2	单向流洁净室的风量确定	2088	28.4.7	冰蓄冷技术在其他领域中的应用	2175
27.7.3	洁净室的气流组织和换气次数	2088	28.5	蓄热系统	2176
27.8	净化空调系统设计	2090	28.5.1	蓄热系统的形式与分类	2176
27.8.1	净化空调系统的特点	2090	28.5.2	蓄热系统及设备的性能和特点	2177
27.8.2	实现各种不同级别洁净室的系统方式	2091	28.5.3	电蓄热供暖和空调系统的设计	2183
27.8.3	工业净化空调方式应用例	2096	28.5.4	蓄热生活热水系统的设计	2186
27.9	生物洁净室的设计	2099	28.5.5	蓄热系统的控制	2187
27.9.1	生物洁净室与工业洁净室的主要区别 (表 27.9-1)	2099	28.5.6	蓄热系统的施工、运行和保养	2187
27.9.2	医院洁净手术室设计	2099	第 29 章	空调冷源	2189
27.9.3	无菌病房与隔离病房	2103	29.1	空调冷源选择基本原则	2189
27.9.4	实验动物洁净设施设计	2103			
27.9.5	生物安全技术	2105			

29.1.1	空调冷源的种类及其特点	2189	选用指南	2314	
29.1.2	空调冷源选择基本原则	2189	29.9 模块化水冷式冷水机组	2322	
29.2	制冷剂	2191	29.9.1	简介	2322
29.2.1	制冷剂的种类及编号方法	2191	29.9.2	模块化水冷式冷水机组的型号及代号	2322
29.2.2	制冷剂的分类、特性及评价指标	2194	29.9.3	模块化水冷式冷水机组性能参数	2323
29.2.3	制冷剂的选用原则与技术要求	2200	29.9.4	模块化水冷式冷水机组不同工况下的制冷性能	2325
29.2.4	常用制冷剂的热力特性及压焓图	2205	29.9.5	换热器水侧阻力及修正	2327
29.2.5	有关“保护臭氧层和抑制全球气候变暖”方面的资料摘编	2250	29.9.6	可变量运行的模块化冷水机组	2328
29.3	制冷机的选择	2260	29.9.7	模块化冷水机组的安装与进出水管的连接	2329
29.3.1	制冷机的种类	2260	29.9.8	选型示例	2333
29.3.2	空调用制冷机的优缺点比较	2261	29.10 制冷系统的管道设计与配管	2334	
29.3.3	各类制冷机的名义工况条件	2264	29.10.1	氟制冷系统管道设计与配置	2334
29.4	活塞式制冷压缩机及冷水机组	2265	29.10.2	氨制冷系统管道设计与配置	2341
29.4.1	活塞式制冷压缩机的构造原理及特点	2265	29.11 制冷机房设计	2343	
29.4.2	活塞式冷水机组	2268	29.11.1	制冷机房设计原则及要求	2343
29.5	涡旋式压缩机及冷水机组	2270	29.11.2	直燃型溴化锂吸收式冷(热)水机组的机房设计	2345
29.5.1	工作过程	2270	第30章 热泵	2347	
29.5.2	涡旋式压缩机的特点	2271	30.1 空气源热泵机组	2347	
29.5.3	压缩机的结构简介	2272	30.1.1	概述	2347
29.5.4	压缩机的输气量、制冷量及电机功率	2272	30.1.2	热泵机组的种类与特点	2347
29.5.5	涡旋式冷水机组	2274	30.1.3	空气-水热泵机组	2348
29.5.6	冷水机组的制冷、制热循环过程及外部水管系统连接图	2274	30.1.4	机组的变工况特性	2349
29.6	螺杆式压缩机及冷水机组	2276	30.1.5	空气源热泵系统设计与机组容量确定	2351
29.6.1	螺杆式压缩机分类	2276	30.1.6	季节性能系数	2356
29.6.2	螺杆式冷水机组	2280	30.1.7	噪声与振动控制	2357
29.6.3	螺杆式冷水机组的控制原理与保护	2284	30.1.8	设计注意事项	2360
29.6.4	螺杆式冷水机组选用指南	2286	30.2 地下水式水源热泵	2362	
29.7	离心式压缩机及冷水机组	2287	30.2.1	概述	2362
29.7.1	离心式压缩机的原理	2288	30.2.2	地下水式水源热泵机组	2363
29.7.2	离心式压缩机的组成与分类	2288	30.2.3	热泵机组与水源的连接使用方式	2365
29.7.3	离心式冷水机组	2292	30.2.4	机房系统设计	2367
29.7.4	离心式冷水机组的控制原理与保护	2297	30.2.5	地下水源系统设计	2370
29.7.5	离心式冷水机组的选用指南	2298	30.2.6	其他水源系统设计	2374
29.7.6	离心式冷水机组的运行规律	2300	30.3 水环热泵	2375	
29.8	溴化锂吸收式冷(热)水机组	2305	30.3.1	概述	2375
29.8.1	吸收式制冷原理及工质	2305	30.3.2	水环热泵机组	2377
29.8.2	蒸汽和热水型溴化锂吸收式冷水机组	2309	30.3.3	系统设计	2382
29.8.3	直燃型溴化锂吸收式冷热水机组	2312	30.3.4	自控设计	2390
29.8.4	溴化锂吸收式冷(热)水机组		30.3.5	安装与噪声控制	2393
			30.4 地源热泵	2394	

30.4.1	简介	2394	32.3.1	空调系统的节能措施	2449
30.4.2	埋地管换热器系统的形式与连接	2395	32.3.2	空调系统的节能评价指标及评价方法	2457
30.4.3	设计方法及步骤	2399	32.3.3	风机的单位风量耗功率	2460
30.4.4	设计注意事项	2406	32.4	能量回收装置	2461
30.4.5	埋地管的水力计算	2407	32.4.1	概述	2461
30.4.6	埋地管换热系统的检验	2411	32.4.2	转轮式热回收器	2465
30.4.7	设计举例	2412	32.4.3	液体循环式热回收器	2476
第31章 户式集中空调		2415	32.4.4	板式显热回收器	2484
31.1	概述	2415	32.4.5	板翅式全热回收器	2486
31.1.1	户式集中空调分类	2415	32.4.6	热管热回收器	2491
31.1.2	户式集中空调的特点	2415	32.4.7	溶液吸收式全热回收装置	2510
31.2	负荷计算	2416	32.5	冷水机组的热回收	2514
31.2.1	室内设计参数选用	2416	32.5.1	冷水机组热回收分类	2514
31.2.2	夏季空调负荷计算	2416	32.5.2	热回收冷水机组的特点	2514
31.2.3	冬季空调负荷计算	2419	32.5.3	热回收冷水机组的运行控制	2516
31.3	风管式集中空调系统的设计	2419	32.5.4	提高热回收机组热水水温的冷水系统设计	2518
31.3.1	系统特点	2419	32.6	游泳馆的热能回收与利用	2519
31.3.2	系统总负荷的确定	2420	32.6.1	游泳馆的特殊性	2519
31.3.3	设备选用与布置	2420	32.6.2	游泳馆的能源再生系统	2519
31.3.4	风管系统的设计	2421	32.6.3	控制运行的温度模式	2520
31.3.5	系统控制	2422	32.6.4	运行模式	2521
31.4	水管式集中空调系统的设计	2422	32.6.5	再生系统应用示例	2522
31.4.1	系统的组成与特点	2422	第33章 供暖与空调系统的自动控制		2523
31.4.2	系统负荷确定	2422	33.1	基础知识	2523
31.4.3	设备选择	2423	33.1.1	基本概念	2523
31.4.4	水管系统设计	2424	33.1.2	自控系统的结构与功能	2524
31.4.5	系统控制	2427	33.1.3	供暖与空调自控系统的设计	2528
31.5	蒸发冷凝式空调系统	2428	33.1.4	供暖与空调专业的设计范围	2529
31.5.1	机组分类	2428	33.2	常用传感器	2529
31.5.2	主要技术性能	2429	33.2.1	温度传感器	2529
31.5.3	系统特点	2430	33.2.2	湿度传感器	2531
31.5.4	系统设计方法及注意事项	2430	33.2.3	压力/压差传感器	2531
31.5.5	控制系统设计	2431	33.2.4	流量计	2532
31.5.6	工程设计举例	2432	33.2.5	液位计	2534
第32章 供暖通风与空调系统的节能设计		2434	33.2.6	气体成分传感器	2535
32.1	冷热源的节能设计	2434	33.2.7	人员进出探测器	2535
32.1.1	冷热源节能设计的主要途径	2434	33.3	常用执行器	2535
32.1.2	供热系统循环水泵的选择	2439	33.3.1	电磁阀	2535
32.1.3	室外热力网的节能设计	2440	33.3.2	电加热器的控制设备	2536
32.1.4	空气源热泵机组应用需知	2445	33.3.3	电动机的控制设备	2536
32.2	供暖系统的节能设计	2447	33.3.4	电动调节阀	2539
32.3	空调系统的节能设计	2449			

33.4 控制器及调节方法	2552	34.3.3 分项计算法	2622
33.4.1 控制器	2552	34.4 人工冰场的制冷系统	2624
33.4.2 自动控制系统的结构形式	2553	34.4.1 人工冰场的供冷方式	2624
33.4.3 控制规律	2555	34.4.2 间接供冷系统	2625
33.5 制冷机房和水系统的监测与控制	2558	34.4.3 制冷机及制冷机容量的确定	2628
33.5.1 监测与控制内容	2558	34.5 消除雾气和防止结露	2629
33.5.2 冷水机组的监测与控制	2559	34.5.1 消除冰面雾气	2629
33.5.3 冷却水系统的监测与控制	2560	34.5.2 防止顶棚结露	2630
33.5.4 冷水系统的监测与控制	2563	34.6 人工冰场设计与施工的注意事项	2631
33.6 空调系统的监测与控制	2566	34.7 工程实例	2632
33.6.1 风机盘管机组的监测与控制	2567	34.7.1 首都体育馆冰场	2632
33.6.2 新风机组的监测与控制	2567	34.7.2 吉林市冰上运动中心冰场	2634
33.6.3 空调机组的监测与控制	2569	34.7.3 西安博登文化娱乐公司人 工溜冰场	2636
33.6.4 变风量系统空调机组的监测与 控制	2572	第 35 章 暖通专业设计深度及设计 与施工说明范例	2637
33.6.5 多工况节能控制	2576	35.1 方案设计深度的规定	2637
33.7 锅炉房的监测与控制	2582	35.1.1 设计说明书	2637
33.7.1 锅炉房监测与控制的任任务	2582	35.1.2 设计图纸	2638
33.7.2 供暖锅炉房检测参数和仪表	2583	35.2 初步设计的深度规定	2638
33.7.3 供暖锅炉房的自动控制	2593	35.2.1 供暖通风与空气调节	2638
33.8 供热系统的监测与控制	2601	35.2.2 热动力	2640
33.8.1 供热监测与控制系统的的设计	2601	35.3 施工图设计的深度规定	2641
33.8.2 供热网的主要调节方法与目标	2603	35.3.1 供暖通风与空气调节	2641
33.8.3 几种典型换热站自动监测与控制	2604	35.3.2 热动力	2644
33.8.4 通信系统	2610	35.4 供暖通风与空气调节初步设计 说明范例	2646
第 34 章 人工冰场设计	2615	35.5 供暖通风与空气调节施工图设计 说明范例	2653
34.1 人工冰场的基本设计条件	2615	35.5.1 供暖工程施工图设计说明	2653
34.1.1 冰场的类型	2615	35.5.2 空调与制冷工程施工图设计说明	2658
34.1.2 冰场的设计参数	2616	参考文献	2665
34.2 人工冰场的场地构造与排管布置	2616	“产品资讯”目录 (见光盘)	2684
34.2.1 冰场场地的构造形式	2616		
34.2.2 供冷排管设计	2619		
34.3 人工冰场的冷负荷计算	2621		
34.3.1 指标估算法	2621		
34.3.2 图表计算法	2622		

第 19 章 空调设计的基本资料

19.1 大气环境的质量标准

19.1.1 大气质量分级

根据国家标准 (GB 3095) 的规定, 我国大气环境分为三级:

1. 一级 为保护自然生态和人群健康, 在长期接触情况下, 不发生任何危害影响的空气质量要求。

2. 二级 为保护人群健康和城市、乡村的动、植物, 在生长和短期接触情况下, 不发生伤害的空气质量要求。

3. 三级 为保护人群不发生急、慢性中毒和城市一般动、植物 (敏感者除外) 正常生长的空气质量要求。

19.1.2 不同质量等级的浓度限值

不同质量等级的浓度限值, 见表 19.1-1。

不同质量等级空气污染物的浓度限值

表 19.1-1

污染物名称	取值时间	浓度限值 (mg/m ³)		
		一 级	二 级	三 级
总悬浮微粒 (T. S. P)	日平均	0.15	0.30	0.50
	任一次	0.30	1.00	1.50
飘 尘	日平均	0.05	0.15	0.25
	任一次	0.15	0.50	0.70
二氧化硫 (SO ₂)	年日平均	0.02	0.06	0.10
	日平均	0.05	0.15	0.25
	任一次	0.15	0.05	0.70
氮氧化物 (NO _x)	日平均	0.05	0.10	0.15
	任一次	0.10	0.15	0.30
一氧化碳 (CO)	日平均	4.00	4.00	6.00
	任一次	10.00	10.00	20.00
光化学氧化剂 (O ₃)	一小时平均	0.12	0.16	0.20

注: 日平均——任何一天的平均浓度不许超过的限值;
任一次——任何一次采样测定不许超过的限值;
年日平均——任何一年的日平均浓度均值不许超过的限值;
总悬浮微粒——指 100 μ m 以下的微粒;
飘尘——指 10 μ m 以下的微粒;
光化学氧化剂——1h 平均值每月不得超过一次以上。

污染物浓度的监测,应符合下列规定:

- (1) 总悬浮微粒:采取滤膜采样,重量法。
- (2) 飘尘:采取压电晶体法。
- (3) 二氧化硫:采取盐酸副玫瑰苯胺比色法。
- (4) 氮氧化物(以二氧化氮计):采取盐酸萘乙二胺比色法。
- (5) 一氧化碳:采取红外分析、气相色谱法、汞置换法。
- (6) 光化学氧化剂(O_3):采取硼酸碘化钾法(要扣除同步监测 NO_x 的干扰)。

19.1.3 环境质量区的划分

环境质量区的划分,见表19.1-2。

大气环境质量区的划分及执行标准的规定

表 19.1-2

环境质量区	划分条件	执行标准	备注
一类区	国家规定的自然保护区、风景游览区、名胜古迹和疗养地等	一级	国家确定
二类区	城市规划中确定的居民区、商业交通居民混合区、文化区、名胜古迹和广大农村	二级	当地政府确定
三类区	大气污染程度比较严重的城镇和工业区以及城市交通枢纽、干线等	三级	当地政府确定

注:位于二类区内的工业企业,应执行二级标准,位于三类区内的非规划的居民区,应执行三类区的三级标准。

19.2 热舒适和热舒适方程

19.2.1 室内的热舒适性及影响热舒适性的因素

热舒适性是人体生理和心理相关的主观感觉,舒适性是人体通过自身的热平衡条件和对环境的热感觉经综合判断后得出的主观评价或判断。ASHRAE 55—1992对热舒适所作的定义是:对环境表示满意的意识状态。

除了衣着、活动方式等个人因素外,影响人体热平衡从而影响热舒适性的环境因素主要是温度、湿度、气流运动和辐射换热量。

1. 室内空气温度与房间温度

室内空气温度是影响热舒适的主要因素,第6.1.4节中已介绍了“作用温度”,“作用温度”有时也称为修正干球温度(adjusted dry bulb temperature)或显热温度(sensitive temperature)。根据作用温度的计算公式,房间温度 t_r ($^{\circ}C$)可表示为:

$$t_r = \frac{1}{2}(t_s + t_a) \quad (19.2-1)$$

式中 t_s ——房间围护结构的内表面温度, $^{\circ}C$;

t_a ——房间内的空气温度, $^{\circ}C$ 。

很多研究发现:当人以坐姿、着轻便服装,处于舒适的房间温度范围内时,即满足条件 $20^{\circ}C < t_r < 26^{\circ}C$, $|t_s - t_a| < 4^{\circ}C$ 时,其辐射散热和对流散热基本上各占一半;实际上上式就是表达这一特性的温度——作用温度。

2. 平均辐射温度

平均辐射温度 (mean radiant temperature), 是描述室内辐射换热状况的基本指标, 其定义为: 假设在一个绝热黑体表面构成的封闭空间里, 人体与周围的辐射换热量和在实际房间里的辐射换热量相同, 则这一黑体封闭空间的表面平均温度称为实际房间的平均辐射温度。

平均辐射温度 \bar{T}_r 可按式计算:

$$\bar{T}_r^4 = T_1^4 \cdot F_{p-1} + T_2^4 \cdot F_{p-2} + \dots + T_n^4 \cdot F_{p-n} \quad (19.2-2)$$

式中 T_n ——表面 n 的表面热力学温度, K;

F_{p-n} ——人与表面 n 之间的角系数。

角系数 F_{p-n} 取决于人的位置和方向, 以及围护结构的尺寸, 一般可根据图 19.2-1 和图 19.2-2 (引自 SAHRAE Handbook Fundamentals 2005) 确定。

如果围护物表面之间存在的温度差异比较小, 式 (19.2-1) 可简化成线性形式:

$$\bar{t}_r = t_1 \cdot F_{p-1} + t_2 \cdot F_{p-2} + \dots + t_n \cdot F_{p-n} \quad (19.2-3)$$

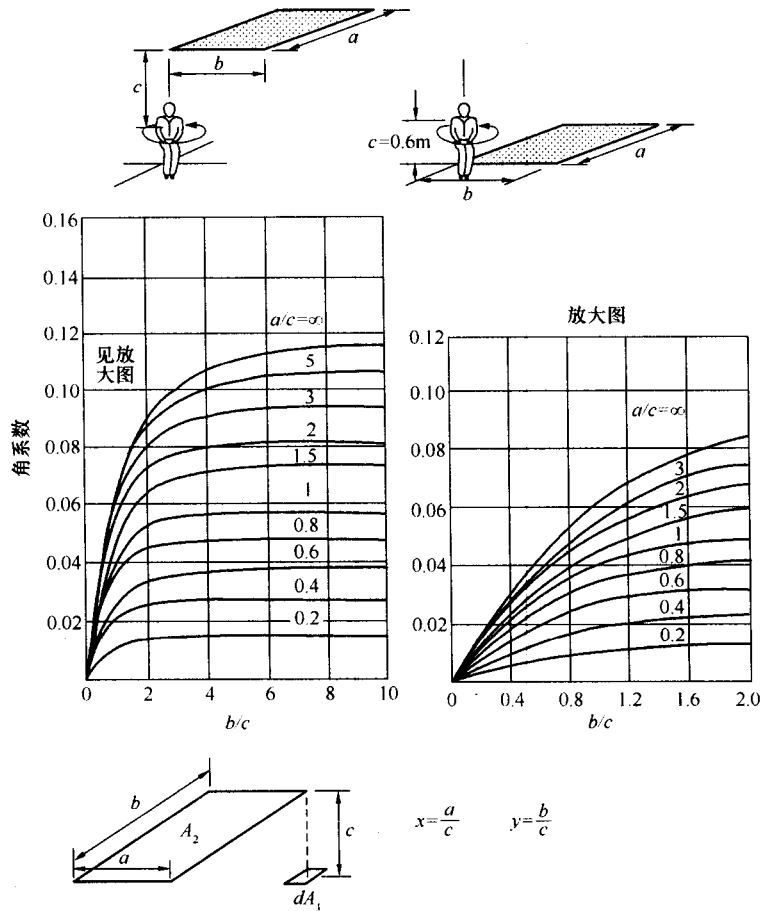


图 19.2-1 以纵坐标为轴旋转时坐姿人体与水平矩形平面的平均角系数

$$F_{1-2} = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \tan^{-1} \frac{y}{\sqrt{1+x^2}} + \frac{y}{\sqrt{1+y^2}} \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{1+y^2}} \right]$$

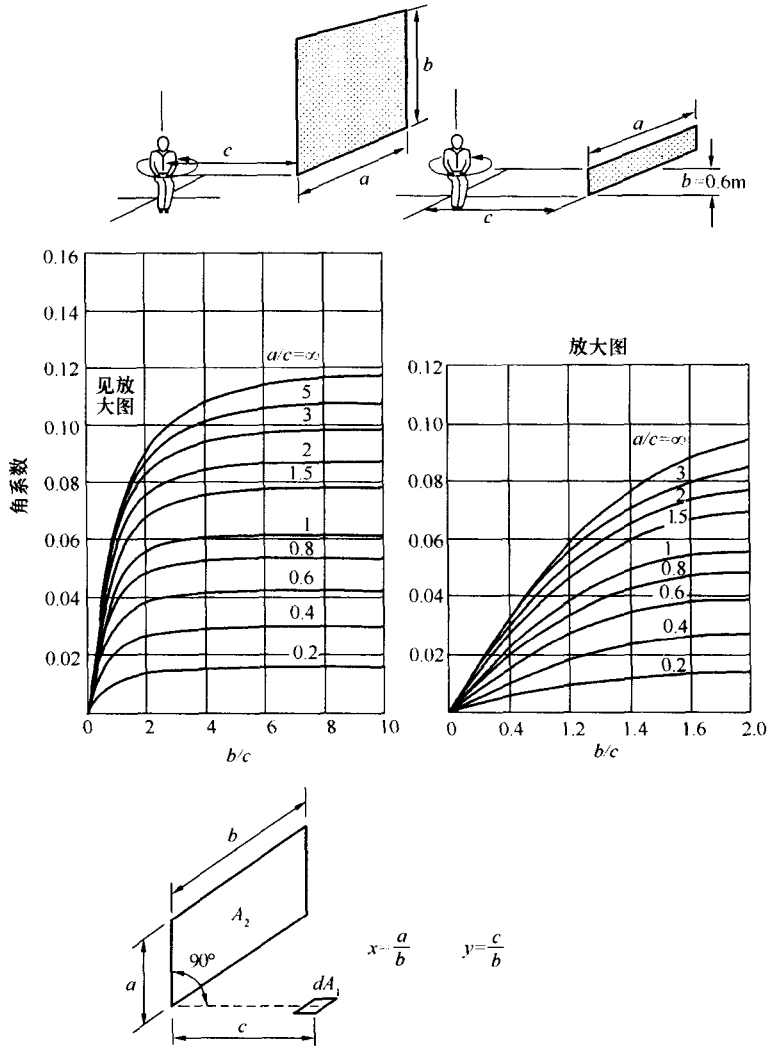


图 19.2-2 以纵坐标为轴旋转时坐姿人体与垂直矩形平面的平均角系数

【例 1】办公室的尺寸及人坐的位置如图 19.2-3 所示，围护结构的表面温度分别为：

- | | | | |
|-----|--------|-----|--------|
| 西窗 | 31.1℃； | 南隔墙 | 23.9℃； |
| 西墙 | 26.7℃； | 平顶 | 25.0℃； |
| 北隔墙 | 23.9℃； | 地面 | 25.6℃； |
| 东隔墙 | 23.9℃； | | |

人员坐的方向为未知数，试计算该办公室围护结构的平均辐射温度。

【解】(1) 北隔墙：角系数表示由人体服装外部（表面 0）直接辐射到隔墙（表面 1、2、3 和 4）上的总能量，已知

$$F_{0-1,2,3,4} = F_{0-1} + F_{0-2} + F_{0-3} + F_{0-4}$$

式中 F_{0-1} 是表面 0 至北隔墙表面 1 的角系数，根据 $b/L = 0.54/0.9 = 0.6$ 和 $a/L =$

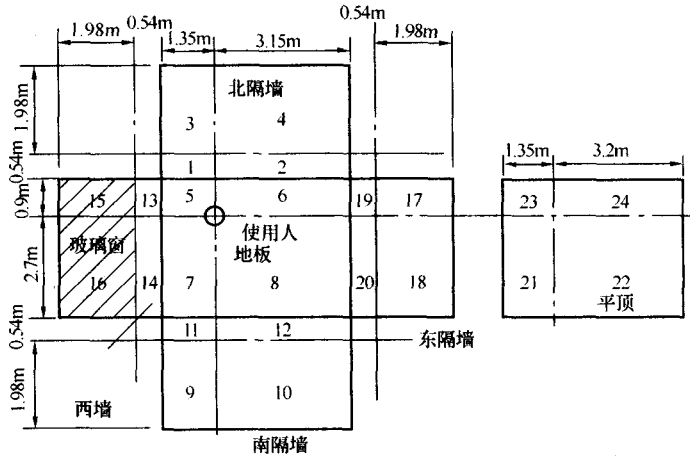


图 19.2-3 办公室尺寸 (m)

1.35/0.9=1.5, 由图 19.2-2 得角系数 $F_{0-1}=0.04$ 。L 是由人体至北隔墙的水平距离 ($L=0.9\text{m}$)。以同样方法可计算出角系数 F_{0-2} 、 F_{0-3} 和 F_{0-4} 。

(2) 确定人体 (表面 0) 至地面 (表面 5) 的角系数 F_{0-5} , 坐着的人的中心至地面的垂直距离是 0.54m, 则 $b/L=0.9/0.54=1.67$, $a/L=1.35/0.54=2.5$, 由图 19.2-1 可得角系数 $F_{0-5}=0.068$ 。以同样方法, 可求出如表 19.2-1 所示的其他角系数。

(3) 对于北隔墙 (表面 1):

$$\bar{T}_{r,1}^4 \cdot F_{0-1} = (23.9 + 273)^4 = 3.11 \times 10^8$$

其他的 $\bar{T}_{r,n}^4 \cdot F_{0-n}$ 乘积, 可按此方式进行计算, 结果如表 19.2-1 所示。

乘积的总和为: $\Sigma \bar{T}_{r,n}^4 = 78.98 \times 10^8$, 即 $\bar{T}_r^4 = 78.98 \times 10^8$

所以, $\bar{T}_r = (78.98 \times 10^8)^{\frac{1}{4}} = 298.1\text{K}$ 或 $\bar{t}_n = 298.1 - 273 = 25.1^\circ\text{C}$

(4) 角系数之和为: $F_{0-n} = 0.994 \approx 1.0$

F_{0-n} 和 $\bar{T}_{r,n}^4$ 计算值

表 19.2-1

表面	表面温度	角系数	b/L	a/L	F_{0-n}	$\bar{T}_{r,n}^4 F_{0-n} \times 10^8$
北隔墙	296.9K	F_{0-1}	0.6	1.5	0.04	3.11
		F_{0-2}	0.6	3.5	0.045	3.5
		F_{0-3}	2.2	1.5	0.07	5.44
		F_{0-4}	2.2	3.5	0.087	6.76
东隔墙	296.9K	F_{0-17}	0.63	0.29	0.014	1.09
		F_{0-18}	0.63	0.86	0.03	2.33
		F_{0-19}	0.17	0.29	0.004	0.31
		F_{0-20}	0.17	0.86	0.009	0.7
南隔墙	296.9K	F_{0-9}	0.73	0.5	0.023	1.79
		F_{0-10}	0.73	1.17	0.038	2.95
		F_{0-11}	0.2	0.5	0.008	0.62
		F_{0-12}	0.2	1.17	0.013	1.01

续表

表面	表面温度	角系数	b/L	a/L	F_{0-n}	$\bar{T}_{r,n} F_{0-n} \times 10^8$
西墙	299.7K	F_{0-13}	0.4	0.67	0.018	1.45
		F_{0-14}	0.4	2.0	0.03	2.42
西窗	304.1K	F_{0-15}	1.6	0.67	0.04	3.42
		F_{0-16}	1.6	2.0	0.07	5.99
地面	298.6K	F_{0-5}	1.67	2.5	0.068	5.41
		F_{0-6}	1.67	5.8	0.073	5.8
		F_{0-7}	5.0	2.5	0.087	6.92
		F_{0-8}	5.0	5.8	0.102	8.11
平顶	298K	F_{0-21}	1.36	0.68	0.033	2.6
		F_{0-22}	1.36	1.59	0.052	4.1
		F_{0-23}	0.45	0.68	0.015	1.18
		F_{0-24}	0.45	1.59	0.025	1.97
Σ					0.994	78.9×10^8

【例2】仍以上列办公室为例，但按式(19.2-3)进行计算，比较两种计算方法的差异。

【解】计算结果如表19.2-2所示。

 F_{0-n} 和 \bar{t}_n 计算值

表 19.2-2

表面	表面温度	角系数	b/L	a/L	F_{0-n}	$\bar{t}_r \cdot F_{0-n}$
北隔墙	23.9℃	F_{0-1}	0.6	1.5	0.04	0.96
		F_{0-2}	0.6	3.5	0.045	1.08
		F_{0-3}	2.2	1.5	0.07	1.67
		F_{0-4}	2.2	3.5	0.087	2.08
东隔墙	23.9℃	F_{0-17}	0.63	0.29	0.014	0.34
		F_{0-18}	0.63	0.86	0.03	0.72
		F_{0-19}	0.17	0.29	0.004	0.10
		F_{0-20}	0.17	0.86	0.009	0.22
南隔墙	23.9℃	F_{0-9}	0.73	0.5	0.023	0.55
		F_{0-10}	0.73	1.17	0.038	0.91
		F_{0-11}	0.2	0.5	0.008	0.19
		F_{0-12}	0.2	1.17	0.013	0.31
西墙	26.7℃	F_{0-13}	0.4	0.67	0.018	0.48
		F_{0-14}	0.4	2.0	0.03	0.80
西窗	31.1℃	F_{0-15}	1.6	0.67	0.04	1.24
		F_{0-16}	1.6	2.0	0.07	2.18
地面	25.6℃	F_{0-5}	1.67	2.5	0.068	1.74
		F_{0-6}	1.67	5.8	0.073	1.87
		F_{0-7}	5.0	2.5	0.087	2.23
		F_{0-8}	5.0	5.8	0.102	2.61

续表

表面	表面温度	角系数	b/L	a/L	F_{0-n}	$\bar{t}_r \cdot F_{0-n}$
平 顶	25℃	F_{0-21}	1.36	0.68	0.033	0.83
		F_{0-22}	1.36	1.59	0.052	1.3
		F_{0-23}	0.45	0.68	0.015	0.38
		F_{0-24}	0.45	1.59	0.025	0.63
Σ					0.994	25.42

由计算结果可知，两者相差仅 0.32℃，百分比则为：

$$\Delta = \frac{25.42 - 25.1}{25.42} \times 100\% = 1.26\%$$

平均辐射温度也可以根据平面辐射温度 t_{pr} (plane radiant temperature) 以六个方向 [上 (up)、下 (down)、右 (right)、左 (left)、前 (front)、后 (back)] 与人员在相同方向的投影面积系数进行计算。

对于站立的人，平均辐射温度可按下式计算：

$$\bar{t}_r = \{0.08[t_{pr}(\text{up}) + t_{pr}(\text{down})] + 0.23[t_{pr}(\text{right}) + t_{pr}(\text{left})] + 0.35[t_{pr}(\text{front}) + t_{pr}(\text{back})]\} \div [2(0.08 + 0.23 + 0.35)] \quad (19.2-4)$$

对于坐着的人，平均辐射温度可按下式计算：

$$\bar{t}_r = \{0.18[t_{pr}(\text{up}) + t_{pr}(\text{down})] + 0.22[t_{pr}(\text{right}) + t_{pr}(\text{left})] + 0.30[t_{pr}(\text{front}) + t_{pr}(\text{back})]\} \div [2(0.18 + 0.22 + 0.30)] \quad (19.2-5)$$

由第 6 章所述可知，应用 Vernon 球型温度计，可以测量出室内的黑球温度 T_g (K)；当已知黑球温度和空气流速 v (m/s) 时，则可按下式估算平均辐射温度值：

$$\bar{T}_r^4 = T_g^4 + cv^{0.5}(T_g - T_a) = T_g^4 + 0.247 \times 10^9 v^{0.5}(T_g - T_a)$$

$$\text{或} \quad \bar{T}_r = [T_g^4 + 0.247 \times 10^9 \times v^{0.5}(T_g - T_a)]^{\frac{1}{4}} \quad (19.2-6)$$

式中 T_g ——黑球温度，K；

T_a ——环境空气温度，K；

v ——空气流速，m/s。

【例 3】 房间有一个面积较大的玻璃窗，在窗附近测得干球温度为： $t_a = 24^\circ\text{C}$ ，黑球温度为： $t_g = 28^\circ\text{C}$ ，空气流速为： $v = 0.15\text{m/s}$ ，试求该房间的作用温度。

【解】 由式 (19.2-6) 可计算出平均辐射温度为：

$$\begin{aligned} \bar{T}_r &= [T_g^4 + 0.247 \times 10^9 \times v^{0.5}(T_g - T_a)]^{\frac{1}{4}} \\ &= [(28 + 273)^4 + 0.247 \times 10^9 \times 0.15^{0.5}(28 - 24)]^{\frac{1}{4}} = 304.5\text{K} = 31.5^\circ\text{C} \end{aligned}$$

注意：式 (19.2-6) 中，含 4 次方项中的温度必须用热力学温度，温度差项中的温度，则可以采用摄氏温度。

据此可估算出作用温度为：

$$t_o = \frac{1}{2} \cdot (\bar{t}_r + t_a) = \frac{1}{2} \times (31.5 + 24) = 27.8^\circ\text{C}$$

作用温度反映的是环境辐射和空气流动的综合影响，本例的作用温度比周围空气的温