

高等学校教学用书

采暖与通风

上册

(采暖工程)

西安冶金学院供热与通风教研组
哈尔滨建筑工程学院供热与通风教研室^編



中国工业出版社

高等学校教学用书



采 暖 与 通 风

上 册

(采 暖 工 程)

西安冶金学院供热与通风教研组编
哈尔滨建筑工程学院供热与通风教研室

中国工业出版社

本书主要介绍了采暖工程中的热损失，以及民用与工业建筑中常用的热水采暖、热风炉采暖、辐射采暖等系统的作用原理、设备零件的构造，设计计算理论与方法。并对采暖系统的调整、运行管理做了较详细的阐述。此外，还扼要地介绍了一些采暖新技术。本书反映了几年来，特别是我国大跃进以来在采暖方面的新成就与经验。

本书可作为高等学校“供热、供煤气与通风”专业的教材，也可供采暖通风工作者和土建学院其他专业的师生参考。

采 暖 与 通 风

上 册

采 暖 工 程

西安冶金学院供热与通风教研组编
哈尔滨建筑工程学院供热与通风教研室

*

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本787×1092 1/16·印张14 5/8·插页1·字数333,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印数 1,333 ·定价（10-6）1.75元

统一书号：15165·707（建工-54）

編 者 的 話

本书是根据我們几年来的教学經驗、以及在进行科学研究和解决实际生产問題中的一些体会，汇集了国内外的有关資料，編写而成。全书分为“采暖工程”（上册）及“通风工程”（下册）两册。上册共十一章，主要闡述建筑物的热損失、各种常用的采暖系統、以及它的經營管理与調节等方面的問題，并介紹了应用新技术的特殊采暖方法。在內容上注意了反映大跃进以来的新成就，例如，对热风炉热风采暖作了較詳細的介紹；充实了由于我国气候与經濟特点而对采暖技术提出的特殊要求部分，結合我国具体情况，对建筑热損失中某些問題作了較詳細的論述；加强了在我国被广泛采用的蒸汽采暖的內容；对热水采暖則作了适当的精減（如小住宅热水采暖系統等），而着重地介紹了实际工作中常用的計算方法；在烟气采暖方面主要是介紹了被广泛应用的几种火墙、火炕和火炉，而刪減了大热容量的火炉；在輻射与散热器采暖一章中，則着重地介紹散热板的型式及其实用計算方法；最后，还加强了采暖系統的調整理論的闡述，并对利用新技术采暖方法也作了扼要的介紹。

本书的緒論和第一、三、五、九、十章及第十一章的二、三节由西安冶金学院供热与通风教研組編写；第二、四、六、七、八章及第十一章的一、四节由哈尔滨建筑工程学院供热与通风教研室編写。

編写的过程中由于受我們的思想水平及业务水平所限，再加上時間又比較仓促，书中难免存在缺点。恳請讀者給予批評指正。

西安冶金学院供热与通风教研組

哈尔滨建筑工程学院供热与通风教研室

一九六一年五月

上册目录

編者的話	3	第五节 热水采暖系统的布置原则	83
緒論	6	第六节 自然循环单管热水采暖系统的形式及特点	85
第一节 采暖通风的任务和采暖通风技术发展简史	6	第七节 单管热水采暖系统的计算	86
第二节 采暖的卫生意义和采暖系统的分类	9	第八节 机械循环热水采暖系统	95
第一章 采暖房间热损失	12	第九节 水泵的连接及其选择	99
第一节 采暖季节房间获得与散失的热量	12	第十节 机械循环热水采暖系统的管路计算	102
第二节 采暖计算用的室外温度和室内空气温度	13	第十一节 热水热水式采暖及蒸汽热水式采暖	112
第三节 建筑围护物的热稳定	15	第五章 蒸汽采暖	115
第四节 房间热损失计算	18	第一节 蒸汽作为带热体的特点, 蒸汽采暖的适用范围, 低压蒸汽采暖系统的基本工作原理	115
第五节 用建筑物热指标决定热损失的方法	28	第二节 开式低压蒸汽双管式系统图式, 管网布置细节	118
第二章 烟气采暖	30	第三节 双管式低压蒸汽采暖系统管道计算, 计算例题	123
第一节 概述	30	第四节 单管式低压蒸汽采暖系统	127
第二节 烟气采暖系统的工作原理和分类	30	第五节 高压蒸汽的特性, 高压蒸汽采暖系统图式, 线路布置及特殊细节	134
第三节 炉膛的基本型式	31	第六节 高压蒸汽采暖系统的特殊部件	139
第四节 蓄热的烟气采暖	32	第七节 高压蒸汽采暖系统的蒸汽管道计算, 凝水管计算	144
第五节 不蓄热的火炉	41	第八节 真空蒸汽采暖和蒸汽空气混合采暖	146
第六节 火炉的计算	43	第六章 辐射与散热板采暖	149
第七节 火墙、火炉和火炕等砌造的主要原则	47	第一节 辐射与散热板采暖的特点	149
第八节 防火措施	49	第二节 辐射与散热板采暖系统的型式	150
第九节 烟气采暖的优缺点	50	第三节 辐射与散热板采暖系统的计算	155
第三章 集中采暖系统的放热器	51	第七章 热风采暖	160
第一节 对放热器的要求及其基本类型	51	第一节 热风采暖的工作原理, 形式及其特点	160
第二节 放热器传热系数 K 值的确定及面积的计算	58	第二节 热风炉, “热风炉采暖”在我国的应用	163
第三节 放热器放热量的调节	62	第八章 小型采暖系统的锅炉和锅炉房布置	169
第四章 热水采暖	65		
第一节 自然循环热水采暖系统工作原理图	65		
第二节 自然循环双管热水采暖系统	67		
第三节 热水采暖系统中空气的排除	68		
第四节 热水采暖系统的管路水力计算	71		

第一节 常用的采暖锅炉 169

第二节 锅炉设备的计算及选择 170

第三节 锅炉的安全装置及进水设备 171

第四节 采暖锅炉房的布置原则 174

第九章 采暖系统的调整与经营 176

第一节 启动调整及关于经营调节的一般性概念 176

第二节 蒸汽采暖系统的经营 179

第三节 热水采暖系统的经营 182

第十章 采暖系统的自动控制 187

第一节 采暖系统自动控制的含义 187

第二节 远程信号设备 187

第三节 室内温度的自动控制 189

第十一章 特殊采暖 192

第一节 太阳能采暖 192

第二节 红外线采暖 196

第三节 半导体采暖 198

第四节 电热采暖 200

附录

附录 I . 生产厂房工作区域气象条件 204

附录 II . 若干建筑材料的物理常数 205

附录 III . 常用几种围护物的传热系数 K 值 207

附录 IV . 在 760 毫米水银柱大气压力下及不同空气温度 t 时的最大水蒸汽分压力 E_{max} (毫米水银柱) 208

附录 V . 各种建筑物的换气次数 208

附录 VI . 工厂热损失计算图表 209

附录 VII . 各种放热器的技术资料 211

附录 VIII . 陶瓷放热器性能规格表 213

附录 IX . 楼梯间内放热器的分配 (以放热器总量的百分数计) 213

附录 X . 考虑水在管内冷却而对放热器面积附加的百分数 213

附录 XI . 在重力循环上分式的双管热水采暖系统中, 由于水在输送管内冷却而产生的附加压头的百分数 214

附录 XII . 重力式及机械循环热水采暖系统的管道计算用图 ($t = 82^{\circ}\text{C}$) 215

附录 XIII . 集中式采暖系统内的局部阻力系数数值 216

附录 XIV . 用以决定流入单管式热水采暖系统中放热器内水流量的曲线图 218

附录 XV . 用以决定单管式热水采暖系统中小环路内所耗压力数量的曲线图 219

附录 XVI . 从 $60^{\circ}-90^{\circ}\text{C}$ 水的容重 γ 值 220

附录 XVII . 用以计算低压蒸汽管道图 221

附录 XVIII . 低压蒸汽采暖系统的自流凝水管和空气排出管的管径 222

附录 XIX . 用以计算单管低压蒸汽采暖系统管路的计算表 223

附录 XX . 减压阀选择图表 224

附录 XXI . 高压蒸汽管径计算表 225

附录 XXII . 用以计算以热水为带热体时不同的垂直放热板放热量的图表 227

附录 XXIII . 常用的低压锅炉的技术资料 229

参考资料 237

緒 論

第一节 采暖通风的任务和采暖通风技术发展簡史

人們为了生存，早在古代就开始建造房屋，用以擋风遮雨，取暖防暑，为生活和劳动創造需要的条件。随着社会生产的不断发展，人們生活水平的逐步提高，为了获得更好的劳动和生活环境，以及为滿足生产工艺需要，利用采暖通风技术来建立一定的室內气象条件的要求就愈来愈高。如同其他科学技术一样，采暖通风技术也正是随着社会生产的发展，在不断解决实际問題的过程中，伴随着其他有关科学的进步，而逐渐发展成为一門專門的科学。

采暖通风的任务就是，在人們工作和生活的場所建立适宜的气象条件，为保护人的健康和促进生产发展創造最有利的条件。

采暖和通风技术的发展經過以下几个主要阶段：

一、原始采暖。最早，人們是把燃料直接放在房間內就地燃燒，用以煮飯或采暖。这时还没有專門燃燒設備，烟气是直接散入房間而后經過半开的門或一些專設的孔洞排出的。

二、火炉采暖。在这个阶段的开始时，人們只是用沒有烟囱的原始火炉做飯兼采暖。以后才发展到使用有炉篋和烟囱的火炉和专供采暖的火炉。同时，也产生了用以采暖的火炕和火牆（它們經常是和炉灶联在一起的）。

根据考古学家发掘的半坡新石器时代、仰韶文化遺址中可以看到，我国早在远古石器时代的居民建筑中，就已有带着簡單烟道的專門的炉灶，还有兼作保留火种，同时又可供晚間采暖的專門設備。在这里，也发现了双連灶形式的火炕，被认为是火炕采暖的雛形。

从“古今图书集成”上的記載可以看出，到夏商周三代时期，在我国貴族的建筑中，已有了专供采暖使用的火炉。从古墓中发掘出的冥器和一些遺址中还可以看出，到汉代，在我国已有具有炉篋的炉灶和带有烟道的采暖設備了。可以推測在汉代就已有与現代形式接近的火炕和火牆。

在火炉采暖方面，我国人民积累了丰富的經驗。流傳在各地民間的各种火炉就是根据当地的气候条件和燃料特点不同而創造出来的。在故宫博物館中所陈列的各式各样的火炉，不仅外觀极美，而且装在炉上的金屬网罩对改善采暖效果也很有意义。直到今天还被人們广泛采用的火炕，不仅可以就地取材，經濟，而且是按照各地气候条件不同采用了不同构造方法，以保證它們具有不同的热容量，因此，也是比較科学的。特别是为了防止“倒风”，以及为保證从开始生火就能很好燃燒，在結構上采取的特殊措施，对現代鍋炉設備的进一步改进，也是很有参考价值的。这一切显示了我国劳动人民的偉大天才和智慧。

当人們利用了有烟囱的火炉（火炕、火牆等）以后，由于大部分烟气能够直接排到室外，因而与以前的采暖方式相比，可以进一步改善室內空气的卫生状况。

但是，利用火炉采暖时，部分烟气和灰尘仍会流散到室內，还必須有人經常到采暖房

間中去料理火炉。这些缺点就滿足不了人們随着生活水平的提高而提出的新的要求了。

三、集中采暖。与火炉采暖的最大区别是，它有一个加热中心向若干房間或整幢房屋供热。最初出現的集中采暖是“火地式”，即利用中心火炉的烟气通过敷設在采暖房間地板下的烟道，先加热地板，进而使房間暖和（这种采暖方式在北京故宫和北方民間的建筑中尚可看到）。

显然，这种集中采暖方式，在一定程度上克服了前述火炉采暖的缺点，但是，由于工业的发展和高层建筑的出现，人們逐渐集中在一起生活，分散使用的火炉和火地集中采暖就都不能适应这种新的要求了。这时产生了火焰式热风集中采暖，进而使用了蒸汽和热水集中采暖。

蒸汽和热水集中采暖首先是在欧洲出現的。十九世紀初，在亚洲一些国家开始使用。可是，由于受到当时科学技术的限制，它的造价貴、装置較复杂，又因經常会发生渗漏而弄脏地面和牆壁，外表也难看，所以在当时及以后数十年中，沒有被广泛采用。直到十九世紀末，在人們掌握了利用机械設備来造成系統循环以后，热水采暖系統才有了很大发展。

四、区域供热。这已不是由一个加热中心供給一幢房屋的采暖用热，而是向整个区域，以至整个城市供热。在利用热电站代替集中鍋炉房以后，就更加突出地显示出这种供热方式在經濟上的优越性。在我国解放以后，区域供热获得了迅速的发展。

各个国家在采暖的发展上也同样經過上述几个阶段，只是开始的时间不相同罢了。

房間的通风，不論那个国家在十九世紀以前，也就是城市的高层建筑和大工业发展时期以前，主要是利用自然通风。

在利用建筑措施以及加强自然通风来改善室內空气环境方面，我国人民在几千年来的建筑实践中，創造了許多宝贵經驗。例如为防止太阳辐射而設置的双层屋頂和双层通风屋頂；适合于炎热地区的建筑形式；穿堂风的利用等等，对我们今天研究綜合降温措施仍然极有价值。

实践証明：在层数不高的一般民用建筑中，是完全可以采取合理的建筑措施以及利用自然通风在夏季創造室內适宜的空气环境。

但是，随着生产和科学的不断发展，在高层建筑，特别是工业厂房中湧現了許多新的問題。例如，冶金工厂、机械工厂中的某些生产过程中散发出大量的热、粉尘、有害气体和蒸汽，这些有害物严重地恶化了劳动环境，对人們的健康和生产都带来很大危害。象精密仪表工业、紡織工业和食品工业等生产工艺方面也对保持室內具有一定的气象条件提出了愈来愈高的要求（例如，精密仪表厂中的有些車間甚至要求室內溫度的波动范围不得超过 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ）。这些要求，不仅是为了保护人的健康，同时也直接关系到产品的产量和质量。这些問題就远不是单纯依靠建筑措施以及自然通风所能解决的了。这样，就促进了通风技术的向前发展。

人們首先是利用專門的空气加热器来加强室內空气通风的。当通风机产生以后，机械通风开始发展起来。到最近几十年，在采暖通风技术上已成功的利用了灵敏的控制及度量仪表等現代装置，能在关闭的房間內自动的保持空气的溫度、湿度、流动速度及必須的純洁度，甚至人工电离度都在最有利的状况下。这就是通常所說的“空气調节”。

由于我国过去很长时期处于封建社会，工业发展較晚。当民族工业开始兴起以后，又受到帝国主义的侵略和压迫，使得我国經濟和文化都处于十分落后的状态，因而在集中采

暖 and 机械通风等方面也是很落后的，没有什么发展。

在旧中国，也有一些具有现代通风装置的建筑，但这些建筑均为剥削阶级所享受；有的是资本家为了夺取高额利润，按生产工艺的需要装设了一些机械通风和空气调节系统，但是，在絕大多数的工厂中的劳动条件和居住条件却是十分恶劣的。例如，有些工厂中的空气含砂尘或铅浓度超过了今天卫生标准的数千倍；有的鋼厂夏季各車間温度达到 48° — 65° C，造成大量工人因患职业病而致死亡。那时就更談不到有专门从事于采暖通风研究的机构和培养这方面人材的学校了。

系统的工业通风的理論与实践經驗还是十月革命后，苏联的采暖通风工作者按照社会主义建設的需要，在广泛的生产实践与科学实验的基础上开始建立的。

解放后，由于社会制度的改变，劳动人民成为国家的主人。在党的领导下，我国采暖通风技术获得了空前未有的发展。

党对劳动人民从来都是十分关心的。根据党的方針，几年来政府发布了“工厂安全卫生規程”，“防止厂矿企业中砂尘危害的規定”，“工业企业設計卫生标准”以及一系列关于防止中毒，防暑降溫，防止砂尘危害等指示、法令和办法；每年都撥出大量資金用以建造居住和公共福利建筑，以及用以改善劳动条件；在党的领导与关怀下，从无到有的建立起許多有关采暖通风科学的研究机构，在十几所高等学校里已設立了专门培养这方面技术干部的专业，設計部門也成立了設計采暖通风的专门組織；学习了苏联以及其他国家的先进經驗，培养出一支年青的采暖通风技术干部队伍。这就使我国采暖通风技术获得了空前迅速的发展。

特别是在1958年大跃进以来，高速度发展的建設事业对采暖通风提出了一系列的新問題：如何保証在大幅度提高生产率的条件下来保护工人的健康；如何貫徹綜合利用方針，变有害为有利；如何滿足大量中小型工业企业生产特点的需要等等。这些都有力地促进了这門科学的发展。

在党的领导下，在三面紅旗的光輝照耀下，我国采暖通风科学研究工作获得了空前未有的成就。

从1958年开始，在几年来实践与研究的基础上，全国許多单位联合在一起，对南方建筑降溫問題和高溫車間降溫問題进行了較系統的研究，在对南方炎热地区建筑热工、利用水降溫、自然通风和适应于各种生产条件下的不同隔热方法及其設備，新型噴霧风扇等等問題的专题研究上，以及对民用建筑和各种高溫車間通风降溫綜合处理的研究等各方面都获得了显著的成績。

最近几年来通风降溫技术实践和科学研究中的主要經驗是：根据不同客观情况，抓住主要矛盾，首先从根本上防止室内高溫的产生着手（例如采取隔热措施等），同时采取綜合措施。事实証明：依此解决降溫問題，不仅效果好，而且花錢少。

南方炎热地区建筑降溫問題和高溫車間降溫問題的研究中所获得的成就，对于改善我国炎热地区的居住条件和劳动环境，使人民能够更好的生产和生活也有着积极意义。

在除尘方面，蒸汽消尘与水力消尘的进一步发展及应用，新型除尘器的創造（适用于含尘量大而且带有蒸汽的热烟气的除尘器），以及羣众創造出的一整套的綜合防尘措施，在解决砂尘的危害上获得了很大的成就。

在采暖方面也取得了不少成就。例如，結合我国特点研究了新型热风炉采暖，并已在

实际中应用，获得了良好的结果；研究成功的陶瓷放热器，已正式成批生产，它对节约采暖系统所用金属上有着重要的意义。

在民用建筑方面，采暖通风技术的进步，可以下面的典型例子说明。

1959年，在广泛进行实验研究的基础上，设计与安装了要求十分复杂的北京人民大会堂的空气调节。在这总面积达到十七万平方米的巨大建筑中，仅对同时可容纳一万人集会的大礼堂和可容纳五千人举行宴会的宴会厅就使用了12套每小时风量10万立方米的空气调节系统，采用了遥控遥测装置，能保持室内空气具有一定的温度、湿度和纯洁度。

总之，十年来，在党的领导下，所获得的巨大成就，使得采暖通风技术已经在过去十分薄弱的基础上成长起来，并且结合着我国特点获得了新的发展。它有力地证明了社会主义制度的优越性。

随着社会主义建设事业的迅速发展而不断提出的新问题，要求我们去继续研究与创造。

根据党的八届九中全会的决议精神，如何使采暖通风技术能更好的为农业生产服务；如何在1958年以来对人民公社合理采暖方式研究的基础上进一步研究与改进；已成为摆在我国采暖通风工作者面前的一项十分重要的新任务。

第二节 采暖的卫生意义和采暖系统的分类

人们机体的活动，和一切自然现象一样，是遵守能量守恒定律的。人们因吃了食物而得到并储备了能，通过作各种功，把它变成了热。所以，人体是经常都在散发着热的。散发热量之多少则主要是决定于人们所作的功，也就是劳动量的大小。同时，为了保持机体的正常机能，人体体温应经常维持在几乎不变的水平上（约 $+35.5^{\circ}$ 至 37.0°C ）。

机体向周围环境中散热的方式主要有以下三种：辐射、对流以及皮肤表面的蒸发。此外有少部分的热（约10%）是经过呼吸器官散出的。

人体的中央神经系统具有体温调节能力，得以维持散发到周围环境内的热量与体内产生的热量平衡，这也就保证了人体体温维持在正常的情况下，使人感到舒适。但是当周围环境的冷却作用过大或过小时，要仍然保证人体的产生热量与散发热量的平衡就困难了。这时促使体温调节机构工作紧张起来，从而使人感到不舒适。在超过了一定范围时，甚至将破坏人体产生热和散发热的平衡，这时，体温发生了变化，人就会生病。所以，保持人体周围的空气参数等条件在能保证人们机体得以正常活动的一定水平，乃是非常重要的。因为对流散热量是和空气的温度及流动速度有关系；而蒸发则除了空气的温度、速度外还和相对湿度有关；至于人体借辐射而散失之热量与周围吸收辐射热之围护结构的表面温度有关；因此，上述诸因素对人的舒适感都有着重大的影响。

采暖设备工作的目的就是用以保持室内具有舒适的空气温度。它还应尽可能地保持在每一房间的全部面积上和全部高度范围内的空气温度是相同的，而且不随时间的不同而有很大的波动。特别重要的是应在地板以上2米高度范围内保持空气温度均匀，因为这个空间是人们活动的区域（通常称之为“工作区”）。此外，采暖设备不应成为有害气体，尘埃及臭味等污染空气的根源。

为了把室内空气温度保持在一定水平，采暖系统应在房间内散发出予定的热量。为此，

任何采暖系統必須有以下三個組成部分：（1）熱的發生器；（2）把熱量由發生器輸送到采暖房間的設備（供熱管道）；（3）保證把送到房間的熱量散發于房間的設備（放熱器）。

采暖系統中所有這三個部分聯成一個整體時，稱之為“局部采暖系統”。因為熱的取得及利用是在同一地點，即采暖房間內進行的。

很多房間的采暖用熱如是从一個遠離這些房間的中央發生器產生時，則這樣的采暖系統稱之為“集中采暖系統”。

局部采暖系統中包括火爐、煤氣、電熱采暖。採用後兩種形式時，必須有從外面沿着管道或導線輸送煤氣（化學能）或電能的設備，這種新的部件我們稱之為“輸能管路”。

在集中采暖系統內，用以把熱從發生器輸送到放熱器的是液態或氣態的物質，這種物質通稱“熱媒”或“帶熱體”。

按照所用帶熱體的形式不同，可把集中采暖系統分為三類：熱水的、蒸汽的及熱風的采暖系統。

集中式的熱水采暖系統是首先在鍋爐（熱的發生器）中把水加熱，熱水沿着管路流到布置在采暖房間內的放熱器里，并借放熱器把自己的熱散給房間的空氣而自行冷卻。散熱後的水（通稱為回水）又沿管路流回鍋爐再次加熱。假如水沿管路的流動只是靠熱水和回水之間的重率差而造成的壓力，那麼我們把它稱為自然循環熱水采暖系統。假如系統中水的流動是靠水泵的機械能或噴射器的幫助，則稱為機械循環熱水采暖系統。

和大气相通的熱水采暖系統稱為低壓熱水采暖系統。不和大气相通，而其中最低壓力高于大气壓力的熱水采暖系統，稱為高壓熱水采暖系統。

蒸汽采暖系統與熱水采暖系統的一個主要不同點是由鍋爐送到放熱器的帶熱體不是熱水而是蒸汽，蒸汽在放熱器內冷卻并凝結成水。凝結水流回鍋爐再次加熱成蒸汽。假如凝結水不返回鍋爐，蒸汽采暖系統仍能工作。然而這種運行方式，因為增加了非生產性的熱量損失，所以是不合理的。蒸汽采暖系統按照蒸汽壓力，分為真空的（蒸汽壓力低于大气壓力時）、低壓的（蒸汽壓力在0.05至0.7表壓力之間時）及高壓的（蒸汽壓力高于0.7表壓）。

熱風采暖系統是將加熱了的空氣（帶熱體）直接送入房間內，在這裡冷卻并放出自己的熱。冷卻了的空氣整個地或部分地流回熱發生器重新加熱。和熱水采暖系統一樣，空氣在風道中的流動，可以單靠自然重力壓力或者同時有通風機激動。由于熱空氣可以直接送入采暖房間內，所以在房間內不必裝置任何放熱器。

采暖系統也可以具有更複雜些的設備；如增加了“熱交換器”。在這種情況下，它們被稱之為“複合采暖系統”。在這種系統中，發生器中產生的熱，先借一種帶熱體傳送到熱交換器內，然後在熱交換器中加熱另一種帶熱體，使它傳送熱量到采暖房間。象火焰熱風、蒸汽熱風，以及熱水熱水、蒸汽熱水等采暖系統都屬於複合采暖系統。

主要是依靠對流方式來加熱房間空氣的采暖系統（象前面所提出的各種系統一般都屬這類），稱為對流采暖。如這種采暖系統主要是依靠輻射方式在采暖房間中散發熱量，則稱謂輻射采暖。

采暖系統的選擇根據經濟和適用的原則，同時也考慮衛生和防火安全的要求。在選擇采暖系統時，帶熱體選擇得是否最合理而經濟的問題，具有特別重要的意義。

如前所述，采暖系統中最常用的帶熱體是：燃燒燃料時的產物、水、蒸汽或空氣。顯然，最好的帶熱體應具備以下各項條件：

(1) 用在放熱器上的資金和金屬最少（例如在集中采暖系統中，放熱器所耗金屬約占全系統總重量的70%）；

(2) 輸送熱能時的热損失最少；

(3) 輸送熱能時的費用最少（包括建設費用及運轉費用）；

(4) 符合對采暖系統所提出的衛生要求；

(5) 系統的使用便利；

(6) 防火安全；

(7) 無論在個別房間內或就整個房屋而論，采暖系統與建築結構和建築造型的配合是滿意的。

現在就按前面提出的這些要求來討論上述諸帶熱體的特點：

燃燒生成物僅只靠它不太大的熱容（約0.26千卡/公斤 $^{\circ}\text{C}$ ）而散熱，燃燒生成物的高溫使它能用最少量重量的帶熱體傳送大量的熱，並在運動中消耗之能量較少。但是，它在輸送中損失熱量，所以就要求把熱發生器和放熱器合併成一個整體（例如火爐），從衛生觀點上看，這種帶熱體只在對房內空氣給熱的散熱面溫度足夠低時才適于採用。

水作為帶熱體時，有熱容大和單位體積重量大的特點，因此能以極小體積的帶熱體傳送大量的熱，並且可在較低的帶熱體溫度下加以利用。因此，在輸送熱距離很遠時，無效的熱耗損仍然較少。也由於同一原因，散熱器的表面溫度最接近於衛生上所希望的溫度。但是水的單位體積重量大，因而流動時所耗失的能量是可觀的。

蒸汽主要靠本身在放熱器內凝結而散熱，由於它潛熱的數量極大以及蒸汽的單位體積重量小，所以蒸汽可在流動中耗損少量的能量而傳送大量的熱。但當蒸汽壓力高於大氣壓時，放熱器的表面溫度有時將超過衛生要求所許可的數值，並且在管道中無效的熱損失量也會增加。

空氣，就其物理性質而論，是近於燃燒生成物的。由於衛生的要求，空氣溫度不可過高（不高于 60°C ，正常是 35° 到 40°C ）。所以輸送過程中的熱損失不大。但是因為熱容小，所以使用的帶熱體數量多，並且因此在流動中所耗失的能量比用蒸汽或水時都要多些。

在上述諸帶熱體中，就火災方面而論，以燃燒生成物為最危險。其他形式的帶熱體，只在溫度超過與采暖部件接觸的建築結構的燃燒溫度時，才是危險的。

第一章 采暖房間热損失

第一节 采暖季节房間获得与散失的热量

房間在受到热源作用时，就会获得热量，从而提高房間內的空气溫度，圍护物內表面以及房間內其它物体的表面溫度。在寒冷季节，由于室外空气溫度低于室內空气溫度以及其它原因，房間也会損失热量，从而使房間里的空气溫度和其它物体表面溫度降低。

房間一般从下述几个方面获得热量：

1. 太阳的輻射热。它是通过建筑圍护物以及阳光直接經窗戶而傳入房間的。这一热量将随季节而变化。在我国，特别是在南部和中部地区，房間获得的輻射热，不仅夏季，就是在冬季，其数量也是相当多的。

2. 人体散发的热量。其数值随着人們所从事的劳动强度不同而变化。

3. 房間內的加热設備（如炉子等）和热产品冷却时散发的热量。

4. 房間內的机械动力設備運轉时散发出的热量。

5. 房間內照明灯光等所散发的热量。

上述热源，在各个季节里都是存在的。

房間散失的热量，主要是通过以下几个方面：

1. 由于室內空气溫度高于室外空气溫度，热量通过圍护物自室內向室外所散失的热量。

2. 由于风，以及室內外溫度差的作用，通过門窗縫隙渗入大量冷空气，加热这些冷空气所需要的热量。

3. 由于室內水分蒸发而需要吸收的热量。

4. 送入房間的冷材料在室內所吸收的热量。

值得注意，上述房間的获得热量及散失热量，除了随着季节变化而变化以外，还随着房間所处地区、方位以及房間的用途、結構特点、形状、以致于室內設備之不同而有所不同。

于采暖季节中，在要求維持一定的室內溫度的条件下，除了那些产生大量热的热車間等特殊房間以外，房間所散失的热量总是远大于它所获得的热量的。这时，就需要設置采暖裝置，向室內供給热量，补偿其热損失，以維持室內具有所要求的空气溫度。房間获得热量和散失热量的差值，我們常称它为“热負荷”。

在一般居住建筑和不产生热量或产生热量很少的冷車間內，主要是通过圍护物損失热量（包括通过門窗縫隙所渗入的冷空气的吸热）。我們常把这种热量的損失称之为“房間热損失”。它也就是这些房間的采暖系統應該供給的热量，即采暖系統的热負荷。

在本书“采暖工程”中所讲到的房間热損失，只是指通过圍护物所損失的热量。至于前面讲到的象人体、热設備、机械动力設備等向室內散热，以及水分蒸发，冷材料被加热等所消耗室內热量的計算，将在“通风工程”一书中研究。

第二节 采暖計算用的室外温度和室内空气温度

通常，一切工程結構是根据它們在最不利的工作情况下設計的。根据这个原則，采暖系統供給的热量應該补偿房間最大可能的热損失量。

由傳热理論可知，通过房間圍护物所損失的热量是与房間內外溫度差成正比例变化的。当房間內溫度一定时，則在室外溫度为最低值时，将发生热損失的最大值。按理，这个最低的室外溫度就應該是决定采暖系統計算热量的溫度。但是，以采暖房間的所在地，于某一时刻內所觀測到的室外空气絕對最低溫度，作为計算用的最低溫度是不恰当的，因为，这种絕對最低溫度的出現是非常罕見的。例如：就北京來說，低于 -22.8°C 的室外气温約經78年才能觀測到一次。假如以这个室外气温来設計房間采暖系統的热負荷时，那么，这一采暖系統的全部設計热負荷在78年中只能发生一次，这当然是不合理的。此外，我們知道，最低气温的連續時間不是很长的，由于圍护物的热惰性，当室外溫度降低的时间很短时，并不能明显地引起室內气温的变化。

由此可見，采暖的室外計算溫度，必須选用当地有代表性的某个室外空气溫度，它的連續時間應該这样长，以致它足以明显地引起了室内空气溫度的变化。我們將这个溫度称为采暖用室外計算溫度；用符号 $t_{n.p.o.}$ 表示。

全国主要城市的 $t_{n.p.o.}$ 的統一暫行規定是用下述方法决定的：采用当地最近25年內四个最冷的冬季中連續最冷五天的室外气温平均值，經概算为整数后作为当地的 $t_{n.p.o.}$ ①。

采用連續最冷五天時間来計算，是考虑延續到这样长的時間，室外空气溫度的波动才开始明显地影响到2.5磚厚度的外牆的內表面溫度。而延續时期較短的波动，几乎在外牆內完全衰減掉。

显然，决定 $t_{n.p.o.}$ 时采用的最冷气温的延續時間，对具有不同热惰性的圍护物來說應該是不同的。也即是說，甚至在同一个气候环境里，对热惰性不同的圍护物，其 $t_{n.p.o.}$ 也应不同。但是考虑到这样作法在設計實踐中很不方便，而且这种考虑热惰性来决定 $t_{n.p.o.}$ 的方法十分复杂，同时也沒有充分地經過实际驗証，故在統一規定中沒有采用此类方法。

由于計算 $t_{n.p.o.}$ 的方法所依据的气象資料尚不很充足，經实践和分析研究証明，上述暫行的 $t_{n.p.o.}$ 值尚有进一步研究改进的必要。在进行这一研究工作的同时，应对建筑圍护物的热工特性进行研究。結合当地气候特点、生活习惯，吸取居民的建筑經驗，并經過充分的技术經濟比較，确定出我国各地区具有代表性的牆厚，从而确定相应牆厚所应采取的最冷气温的連續時間，以确定 $t_{n.p.o.}$ 及其它有关数值②。

在冬季，把室内空气溫度和圍护物內表面溫度維持在一定範圍內，这对在室內創造合适的生活和工作环境來說，是具有重要意义的。室内空气溫度 t_i 值，不仅应随人所从事的劳动强度的不同而有不同的規定，而且也應該考虑到气候特点、人体的体质和生活习惯等。 t_i 值直接影响到人的对流散热，所以将明显地影响人的舒适度。对生产性的房間所宜采用的室内空气溫度 t_i 值，我国建委和卫生部曾頒布了暫行規定（列在附录 I 中）。对居

① 詳見К·Ф·福庚《Фокин》著“房屋圍护部分的热工学”第五章，第六节。

② 如确定，由于圍护物的热惰性不同，在确定圍护物最小允許热阻时的修正系数 m 等。

住、办公等人们长期停留的房间，在目前设计中，多取 t_a 为 $+16^{\circ}\text{C}$ 。这是考虑到我国目前高速度社会主义建设要求节约非生产性建筑的建设投资，以及考虑到我国大部分地区冬季室外气温高、采暖期短的气候特点而采用的。因为室外气温愈高的地区，所要求室内空气温度可以较低些^①。

我国地区广大，上述影响决定 t_a 值的因素的差异也较多，尤其在全国城乡人民公社化后，公社中各类生产及民用建筑内的房间也很需要制定出合宜的 t_a 值，因此，补充与制定适合我国具体情况的，对不同类型的建筑房间所应采用的室内空气温度 t_a 值是一项急待完成的工作。

围护物内表面温度 t_s ，也有着重要的卫生意义。它能影响人体辐射换热的强度，因而也影响着人的舒适感。 t_s 不能小于某一规定值，以避免发生对人不适的吸热感觉和保证围护物的内表面不产生凝结水。 t_a 及 t_s 影响到人体的对流和辐射换热，根据对人体的热平衡的研究可知，在一定的范围内，当提高 t_a 时可以相应的降低 t_s 值；反之亦然。

在表 1-1 中所列举的 Δt 的数值，就是保证对人体合适的室内空气和围护物内表面间的温度差值。

表 1-1

房 屋 名 称	Δt 数 值	
	用 于 墙	用 于 天 花 板
居住房屋、幼儿园、医院、托儿所	6	4.5
剧院、电影院、学校、俱乐部、火车站、工业企业的辅助房间（室内潮湿的房间除外）	7	5.5
散热量不大的（小于20千卡/米 ³ ·小时）生产房间当室内空气相对湿度小于60%	8	7
小于45%	9	8
散热量大的（大于20千卡/米 ³ ·小时）生产房间当室内空气相对湿度小于45%时	12	12
在潮湿的房间中允许水份在墙上凝结时	7	—

在已知室内外的温度时，则可以利用传热学中的公式计算出通过任一面围护物所损耗的热量。

$$Q = K(t_a - t_{n.p.o})F \quad \text{千卡/小时} \quad (1-1)$$

式中 K ——传热系数（千卡/米²·小时· $^{\circ}\text{C}$ ）；

t_a ——室内空气温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

$t_{n.p.o}$ ——采暖室外计算温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

F ——围护物面积（米²）；

$(t_a - t_{n.p.o})$ ——计算温度差（ $^{\circ}\text{C}$ ）。

由于房间围护物并不总是与室外空气接触的，例如房间的天棚上有屋顶间或地板下有埋入地内的地下室等，在这些房间和地下室內的空气温度就比室外的空气温度高些。在实际允许的计算的精确度范围内，对这类情况，计算温差的决定是把公式（1-1）內的 $(t_a - t_{n.p.o})$ 值乘以某个修正系数 ψ 值。

① 该理论是由苏联学者果洛莫夫研究得出的。

下面就是这些修正系数的数值:

对于上接屋顶间的天花板:

- 无屋面板, 在掛瓦条上鋪設石棉水泥板的屋面 $\psi = 0.9$
- 有屋面板, 同上屋面 $\psi = 0.8$
- 屋面板上尙鋪有油毛氈等卷材 $\psi = 0.75$

对于分隔采暖房間与不采暖房間的隔斷墙

- 假如不采暖房間与室外空气相通时 (例如外室、門厅) $\psi = 0.7$
- 假如不采暖房間不与室外空气相通时 $\psi = 0.4$

对于采暖地下室或半地下室 (在地坪上小于一米时) 之楼板

- 外墙有窗时 $\psi = 0.6$
- 外墙无窗时 $\psi = 0.4$

对于高出室外地坪的冷地窖之上的地板而勒脚是連續結構时

- 勒脚的热阻 $R > 1 \text{米}^2 \cdot \text{小时} \cdot \text{°C} / \text{千卡}$ $\psi = 0.4$
- 勒脚的热阻 $R < 1 \text{米}^2 \cdot \text{小时} \cdot \text{°C} / \text{千卡}$ $\psi = 0.75$

对于一切其它情况, 冷房間的溫度按热工計算决定。

相邻的采暖房間溫度不同时, 通常只考虑从較热的房間傳到較冷房間的热耗, 并且只当相邻房間的室內气温相差超过 5°C 时, 才加以考虑。因为在溫度差很小时, 由此而損失的热量已小到在允許的精确範圍內可以被忽略不計。

第三节 建筑圍护物的热稳定

上述的热損失計算原理是认为房間中热流的傳遞是处在稳定的过程中, 亦即认为圍护物內表面的受热量等于其外表面的放热量, 这时室內外溫度差 ($t_{\text{室}} - t_{\text{外}}$) 及圍护层內外表面溫度差 ($\tau_{\text{內}} - \tau_{\text{外}}$) 也被看作是不变的。

但实际上, 由于外溫的驟然改变或采暖設備放热的不均匀, 会引起室溫的波动和圍护物內外表面溫度之波动。在这种情况下, 房屋热流的傳遞是处在不稳定的状况下。房間对于室內空气溫度和圍护层內表面溫度波动的定隱程度称为房間热稳定性, 溫度波动越大, 热稳定性越差。在停止采暖時間內, 圍护层冷却的速度就代表圍护层的热稳定性。它决定于圍护层的蓄热能力。

間歇采暖 (如火炉) 的放热是很不均匀的, 因而所形成的热流即处于不稳定状况。

如果房間的平均溫度为 $t_{\text{室}, \text{cp}}$, 則房間內空气的最高与最低溫度为:

$$t_{\text{室}, \text{max}} = t_{\text{室}, \text{cp}} + A_t \quad (1-2)$$

$$t_{\text{室}, \text{min}} = t_{\text{室}, \text{cp}} - A_t \quad (1-3)$$

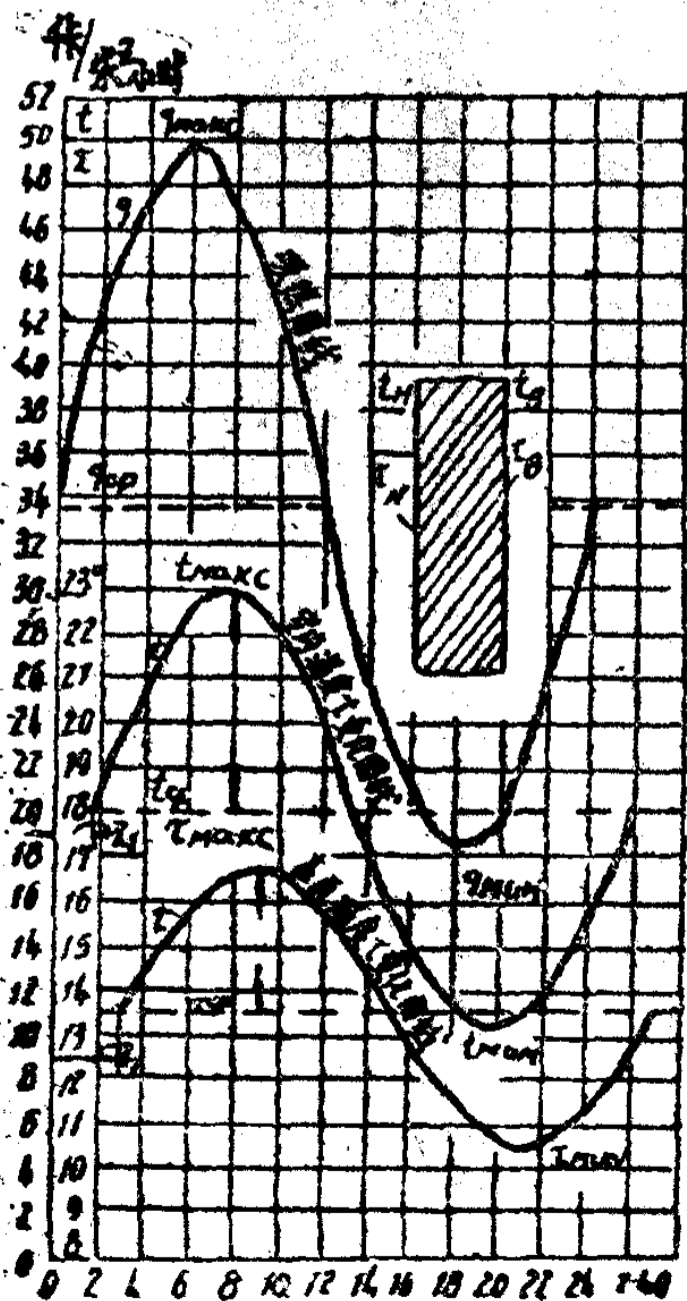


图 1-1

式中 A_z ——室内的空气温度波动振幅 ($^{\circ}\text{C}$)。

围护物内表面的温度亦相应变化为:

$$t_{\text{макс}} = t_{\text{ср}} + A_z \quad (1-4)$$

$$t_{\text{мин}} = t_{\text{ср}} - A_z \quad (1-5)$$

式中 $t_{\text{ср}}$ ——围护物内表面的平均温度 ($^{\circ}\text{C}$);

A_z ——内表面温度波动振幅 ($^{\circ}\text{C}$)。

由于围护物内表面温度的改变, 致使围护物内表面吸热量的极大极小值改变为:

$$Q_{\text{макс}} = Q_{\text{ср}} + A_q \quad (1-6)$$

$$Q_{\text{мин}} = Q_{\text{ср}} - A_q \quad (1-7)$$

式中 A_q ——围护物表面的吸热量的波动幅度。

图1-1所示是热流量和温度的变化曲线。苏联弗拉索夫教授认为热流与温度的波动都是接近正弦曲线规律变化的。它们的周期都为 z 小时, 其始点较晚是因为采暖设备加热空气需要一些时间, 而空气被加热后再将热量传给围护物又需要一段时间。

最大热流量 $Q_{\text{макс}}$ 相当于室内空气的最大温度 $t_{\text{в.макс}}$ 及最大的内表面温度 $t_{\text{макс}}$, 而 $Q_{\text{мин}}$ 则相当于 $t_{\text{мин}}$ 及 $t_{\text{мин}}$ 。

根据热流量与温度之间的关系, 可以写出经过 1米^2 任意一围护物的热流最大数量 $Q_{\text{макс}}$ 为:

$$Q_{\text{макс}} = \alpha_v (t_{\text{в.макс}} - t_{\text{макс}}) \quad (1-8)$$

式中 α_v ——围护物内表面的吸热系数。

对热流量的平均值可以相似的写作:

$$Q_{\text{ср}} = \alpha_v (t_{\text{в.ср}} - t_{\text{ср}}) \quad (1-9)$$

于是可得出:

$$A_q = Q_{\text{макс}} - Q_{\text{ср}} = \alpha_v [(t_{\text{в.макс}} - t_{\text{в.ср}}) - (t_{\text{макс}} - t_{\text{ср}})] \quad (1-10)$$

由传热学可知, 热流波动幅度 A_q 对受热面的温度波动幅度 A_z 的比值称为感热系数, 即:

$$S_s = \frac{A_q}{A_z} = \frac{A_q}{t_{\text{макс}} - t_{\text{ср}}} \quad \text{千卡/米}^2 \cdot \text{时} \cdot \text{度} \quad (1-11)$$

公式 (1-11) 是表示感热系数 S_s 与 A_q 及 A_z 之间的关系, 对于任一围护物的 S_s 都是被围护物的材料性质及房间采暖周期所决定的。苏联 O·E·弗拉索夫教授给出以下的计算公式:

$$S_s = \sqrt{\frac{2\pi C\gamma\lambda}{z}} \quad \text{千卡/米}^2 \cdot \text{时} \cdot \text{度} \quad (1-12)$$

式中 C ——材料的热容量 (千卡/公斤·度);

γ ——材料的容重 (公斤/米³);

λ ——该层材料的导热系数 (千卡/米·时·度);

z ——波动周期 (小时)。

当 $z=12$ 小时, $S_s = 0.72 \sqrt{C\gamma\lambda}$;

$z=24$ 小时, $S_s = 0.5 \sqrt{C\gamma\lambda}$ 。