

地下建筑暖通空调设计手册

《地下建筑暖通空调设计手册》编写组

中国建筑工业出版社

地下建筑暖通空调设计手册

《地下建筑暖通空调设计手册》编写组

中国建筑工业出版社

本手册为新建、改造和利用地下建筑的暖通空调设计以及运行、维护和管理提供了必要的方法和资料。重点为岩石地下冷加工厂房以及辅助站房和洞库,有些内容也适用于平战结合的人防工程。

书中有相当部分内容也适用于地面建筑。由于本手册写得较简要,因此又可作为简明手册使用。

自动控制一章,目前其他手册还没有类似内容,同样也适用于地面建筑。设计人员可根据室内温湿度的不同控制精度向自控设计人员提出各种工况转换条件等自控设计资料。运行管理人员可更好地达到节能与合理运行要求。

本手册主要供设计人员使用,也可供施工、运行管理人员和有关院校的师生参考。

地下建筑暖通空调设计手册

《地下建筑暖通空调设计手册》编写组

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 33 插页: 2 字数: 805 千字

1983年7月第一版 1983年7月第一次印刷

印数: 1—14,700册 定价: 3.90元

统一书号: 15010·4385

前 言

为了适应地下建筑改造、利用和新建中设计的需要，我们编写了《地下建筑暖通空调设计手册》（以下简称《手册》）。

本《手册》以总结我国自己的实践经验为主，并参考了国外资料。重点是为岩石地下冷加工厂房及辅助站房的采暖、通风、空气调节设计提供必要的方法和资料，有些内容也适用于平战结合的人防工程和地面上的同类建筑。本《手册》主要供设计人员使用，也可供施工、运行管理人员和有关院校的师生参考。

《手册》反映了国内的先进技术和经验，选用较成熟的设计方法和设备。考虑到地下建筑科学技术的不断发展，对今后一段时间内可以完善的设备和设计方法，也作了适当的介绍。

本《手册》由“全国地下建筑暖通情报网”组织编写。在编写过程中，曾得到一些设计、科研、工厂、高等院校和气象台站等单位的支持和帮助，在此谨致谢意。

限于我们工作水平，加以征求意见不够广泛，欠妥之处在所难免，请读者批评指正。

《地下建筑暖通空调设计手册》编写组

参加《手册》编制工作的单位和人员

主编单位和人员:

航空工业部第四规划设计研究院

中国建筑科学研究院空气调节研究所

兵器工业部第六设计研究院

负责主编工作 胡定玺、杨定安、苏希安、赫崇轩、顾滨洲

参加编写单位和人员:

航空工业部第四规划设计研究院 胡定玺、杨定安、苏希安、李修洁、郑才户、余乃兴

电子工业部第十设计研究院 吕开盛

电子工业部第十一设计研究院 魏景坤

兵器工业部第五设计研究院 刘式猷、康祺、苏永森

兵器工业部第六设计研究院 顾滨洲

航天工业部第七设计研究院 宋宏光、雷秉春

中国建筑西南设计院 陈涛、李承鳌

林业部林产工业设计研究院 王吉昌

中国建筑科学研究院空气调节研究所 赫崇轩、顾锦梅

中国建筑科学研究院建筑物理研究所 张家猷、黄福其

中国建筑科学研究院建筑设计研究所 曹孝振、田湛芳

中国人民解放军89003部队 陆松泉、张靖

中国人民解放军80813部队 陈端阳

中国人民解放军海军工程设计研究局 席荣增、庄玉林、郑国宏、高耀祖

天津大学 马九贤

重庆建筑工程学院 刘宪英

国营六四一厂 郑官振

国营一七七厂 丁彦如

参加会审单位和人员:

中国人民解放军总后勤部基建营房部设计院 赵培森、吴衍康

清华大学 陈雨田、张瑞武、钱蓓妮

船舶工业总公司第九设计研究院 罗荣忠

全国水电暖通情报网 丁季芳

“全国地下建筑暖通情报网”第二届网长单位航空工业部第四规划设计研究院的杨士正、魏占和负责编写组织工作。

目 录

第一章 概述	1
第一节 地下建筑发展简况和现状	1
第二节 地下建筑的特点	2
第三节 地下建筑适用范围和分类	4
第四节 地下建筑采暖设计原则	5
第五节 地下建筑通风设计原则	10
第二章 综合防潮措施	13
第一节 总体布局	13
第二节 工艺布置	14
第三节 土建设计	14
附录 不同类型涂料的透湿率	18
第三章 洞室内外空气计算参数	21
第一节 洞室外空气计算参数	21
第二节 洞室内空气计算参数	27
第四章 热、湿负荷计算	30
第一节 围护结构的传热计算	30
第二节 设备、照明和人体等散热量	72
第三节 湿负荷计算	83
第五章 通风方式、气流组织和通风量的确定	101
第一节 通风方式	101
第二节 气流组织	108
第三节 通风量的确定	123
第六章 空气调节	128
第一节 空气调节系统的形式及分类	128
第二节 喷水式空气调节系统的空气处理	130
第三节 表面式冷（热）交换器的计算	168
第四节 整体式空调设备及其选择	195
第五节 单风道变风量系统的设计计算	209
第六节 双风管定风量空调系统	220
第七节 高速送风系统设计计算	225
第八节 诱导喷口	232
第九节 空气调节系统的冷源	236
第七章 通风除湿系统	258
第一节 分类和设计选择的一般原则	258
第二节 升温通风除湿系统	261
第三节 除湿机通风除湿系统	265

第四节	液体吸湿剂通风降湿系统	281
第五节	固体吸湿剂通风降湿	319
第八章	消声与减振	341
第一节	声音的性质	341
第二节	噪声测量	341
第三节	噪声标准	347
第四节	通风系统中降低噪声的设计	343
第五节	通风机噪声的估算	351
第六节	通风系统中噪声的自然衰减	353
第七节	消声器	360
第八节	减振	384
第九章	其它类型的地下建筑	393
第一节	柴油发电站	393
第二节	蓄电池室及充电机室	407
第三节	变压器室的通风降湿	409
第四节	地下油库	413
第五节	地下库房	415
第十章	通风降湿系统的运行管理	420
第一节	运行管理的重要性	420
第二节	烘洞	420
第三节	试运转与调整	421
第四节	运行管理制度	423
第五节	运行管理方法	424
第六节	设备维护	429
第七节	常用测试仪表	432
第八节	设计要为运行管理创造条件	435
第十一章	自动控制	437
第一节	概述	437
第二节	自动调节装置	437
第三节	通风空调系统各环节的自动调节	472
第四节	各种通风降湿系统的自动控制	438
第五节	集中空气调节系统自动控制	491

第一章 概 述

第一节 地下建筑发展简况和现状

一、发展简况

人们利用天然洞穴已有悠久的历史，远在人类会建造房屋之前，就已开始利用它遮风蔽雨，借以生存。继之，开挖窑洞并在其中生活。由于地下建筑有许多优点，直至今日仍有许多人身居窑洞。我国西北地区人民还积累了许多建设窑洞的经验。人们对温度全年变化极小的深埋地下建筑，也早有认识。因此，许多封建帝王利用这一特点，把陵墓建在地下，以便长期保存。但上述各类地下建筑仍未摆脱规模小，用途单一，设备简陋的原始状态。

地下建筑开始用于工业生产已有七、八十年的时间，其发展过程大体经历了如下阶段：

首先，城市地下建筑是从兴建地下铁道，解决城市交通运输问题开始的。到二十世纪初，有的国家开始修建了地下水电站；有的国家利用天然洞作精密仪表厂，在地下建筑中，用于工业生产获得了初步效果。二次世界大战期间，参战国家的地面建筑受到空袭，破坏很大。因此，许多国家迅速把一些军事工业转入地下生产。二次世界大战以后，许多国家鉴于战争年代的经验教训，结合战时需要，大力修建地下建筑。同时由于地下建筑施工技术的发展，造价逐步降低，再加上空调技术的发展和应用，推动了地下建筑的迅速发展。

二、现状

近年来，兴建地下建筑的国家越来越多，规模越来越大，应用范围越来越广。在质量方面也有了显著的提高。

从规划方面来看，许多国家均在加强。普遍强调近期和远期相结合；地面建筑和地下建筑相结合。有的国家在城市兴建地下交通线、停车场、仓库、商店和学校，以至地下街等各种类型的地下建筑，有些城市已经形成了比较完整的地下建筑体系。一些大的地下公共建筑，平时既是商业和社会的活动中心，又是交通枢纽，战时就可成为各种类型的防空建筑物。

从使用范围来看，转入地下的项目主要是用于军事工程，其中包括指挥所、通信枢纽、舰艇库、飞机库，以及军事工业；也有机械工业、纺织工业、轻工业、食品工业、化学工业、电力工业甚至有冶金工业等；交通方面有地下铁道、汽车隧道和车库；还有大量的库房和各种类型的防空建筑物。

从修建的规模来看，以地下工厂为例：其跨度逐渐加大，由早期的一般采用5~6m发展到8~12m。为了满足特殊要求，有的已达到40m。以长度为例，从100m左右发展到200~300m，还有的达到500m以上。以面积为例，由不足1万m²发展到3~4万m²，有

的甚至还超过了这个数字。库房单体建筑面积有的比工厂还要大。再如地铁，目前已有二十多个国家，五十多座城市拥有地下铁道。其中有的城市地铁通车里数已超过200公里，一般时速在40km以上，最高的达一百余公里。又如地下汽车库，有的城市拥有大型地下汽车库数十个甚至上百个。大型的地下汽车库可停车上千辆，目前发展趋势仍往多层和大容量方面发展。

从施工速度来看，有的国家仅在六十年代的十年间，地下工程挖掘的土、石方总计达1500万 m^3 ；有的国家修建100万 m^2 的库房，在一个出入口、三个工作面的条件下，用三年的时间即可建成投产。

从暖通空调设施来看，凡地面建筑所采用的暖通空调设备绝大多数都可应用于地下。在设备选择上，更应着重选择体形小，效率高，耐腐蚀的设备。为了克服地下建筑的潮湿，一般应有防潮除湿设施。在通风、空调系统设置上，有分区的和集中的两种型式。大型通风、空调系统因管道多，灵活性差已不多用，而趋向于简化分区，提高灵活性和可靠性。在操作运行上有的国家采取部分自控和全自控。

第二节 地下建筑的特点

地下建筑与地面建筑比较，有以下特点：

一、地下建筑是防御现代化武器的有力措施

地下建筑在战争时期要比地面建筑有明显的优越性。地面建筑在常规武器或核武器袭击时，大多数被摧毁。与此相反，地下建筑则大多数能保存下来。如设有完善的通风空调等设备，则可长期地正常使用。

（一）地下建筑具有防御核武器杀伤的能力

1. 地下建筑都能防御光辐射；
2. 地下建筑覆盖1m土壤或0.7米厚的混凝土即能起到防御早期核辐射；
3. 地下建筑如做好口部密闭，能有效地防止放射性灰尘侵入；
4. 根据地下建筑设防标准，能达到防御相应的冲击波。

（二）地下建筑具有防御常规武器破坏的能力

1. 深埋的地下建筑，一般均能防御炸弹的直接命中。
2. 浅埋的地下建筑，一般均能防护由于爆炸产生的弹片和建筑物倒塌产生的碎块。如在设计时提高了防护能力，浅埋的地下建筑也能抗相应等级的炸弹直接命中。

（三）地下建筑具有防御毒气的作用

地下建筑在做好密闭的条件下，防止污染有两种措施，一种方法是经过过滤吸收设备消除被带入的毒气和放射性灰尘；另一种方法是利用该建筑物有效空间的原有空气量维持人员生活。特别是地下工厂、地下仓库（易燃易爆的除外）空间大，人员少，可提供的空气量较多，对隔绝防护非常有效。在战时，这类地下建筑可根据实际情况不采用或少设置通风滤毒设备。利用清洁式通风和隔绝式通风，绝大多数能满足使用要求。

根据地下建筑的有效容积和战时实际容纳人数，按照图1-1，可以计算出每人占不同体积时的隔绝防护时间。

图1-1是按掩蔽时每人呼出 CO_2 为20l/h，其初始浓度约等于零计算而得。 CO_2 含量为

1.5%时，短期对人生理无影响；CO₂含量为2.0%，人体有轻微反映（烦闷、气喘、头晕）；CO₂含量为3.0%，呼吸机能开始有明显变化，约半数人员产生气短，而且血压、脉搏及作业率等都有改变，图中最大浓度取2.5%。

二、地下建筑可以节约用地

根据实践经验，机械加工车间或粮食仓库的占地总面积，建在地面一般是建在地下的2~3倍。

三、地下建筑围护结构冷热负荷均比地面建筑少

中国有句俗话“冬暖夏凉”，这是对地下建筑热工性能的高度概括。地面建筑围护结构的冷热负荷直接受气温的变化而变化，而地下建筑则不完全如此，地温的变化既受气温的影响，又受埋深的影响。地温随着深度的增加而衰减和延迟，到达一定深度后，则为一个常数。浅埋地下建筑在-3.0~-5.0m范围内，夏季的初始温度是较低的，而且地下建筑均不计太阳辐射热，因此，地下建筑的围护结构冷热负荷均比地面建筑少。据国外某些文献记载，地下建筑冬季采暖空调耗热量有的约为地面同类型工厂的10%，国内有的工程也进行了比较，约为地面同类工程的5~12%。

四、地下建筑抗震性能良好

地下建筑抗震性能良好，从理论和实践两方面都得到了证明。在理论上，许多抗震研究者都认为地下建筑在地震波作用下，因周围地基土的约束作用，受到了很大阻尼，而不能进行过分振动。因此，地下建筑比地面建筑抗震性能好得多。在实践方面，也得到了证明。根据唐山地区地震后的实际调查，地震在7~9度地段，地面建筑倒塌和严重破坏的占35%以上，遭到不同程度破坏的占60%以上。而地下建筑（浅埋的砖结构）只出现小的裂缝，其他均完好，深埋地下建筑则完好无损。

五、地下建筑存在的问题

（一）潮湿是地下建筑的特点之一

由于地下建筑围护结构表面散湿，又不受太阳的照射，因此比地面建筑潮湿。在夏季，洞室内温度比洞室外空气温度低，室外空气进入地下建筑后，温度下降，相对湿度升高，当壁面温度低于露点时，即出现凝结水。致使地下建筑夏季潮湿问题更为突出。

地下建筑湿源大体包括以下几项：1.施工水；2.裂隙水；3.壁面散湿；4.空气带入的水分；5.人员散湿；6.工艺散湿等。

（二）地下建筑的噪声比地面同类型建筑有所增加

地下建筑多为封闭空间，围护结构的材料目前大部是混凝土、块石或砖墙，吸声效果差，因此它比同类型的地面建筑的噪声有所增加，尤其是中、高频。由于人耳对中、高频的声音很敏感，所以在地下建筑中明显地感到噪声大。

（三）地下建筑造价一般要比地面建筑高

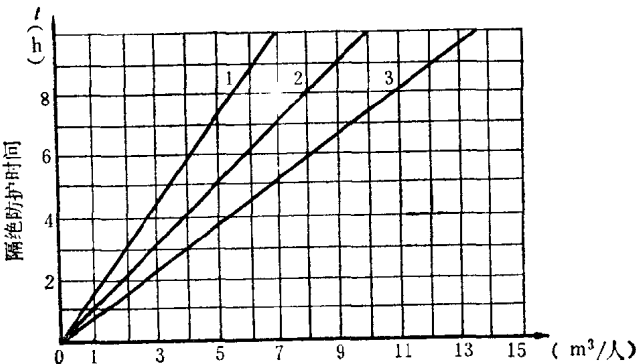


图 1-1 每人占不同体积时的隔绝防护时间
1—CO₂允许浓度为2.5%；2—CO₂允许浓度为2.0%；3—CO₂允许浓度为1.5%

有的国家在五十年代曾根据其本国情况作过分析,认为对一般机械工业厂房的地下建筑,若以地面建筑的投资为100%来计算,利用旧矿坑为119%,新建的为144%,化工厂则相应为134%~160%,冷库则为78%~150%。我国地下建筑,由于所处地区的差异,其造价相差也很悬殊。根据部分地下建筑的初步统计,其造价大致为:一般地下机加车间为同类型地面建筑的1.7~2.5倍;地下冷库则比地面冷库略高;地下粮仓有的比地面粮仓还低。总之,对于地下建筑造价高这一缺点,必将伴随着科学技术的发展将逐渐得到改进。

第三节 地下建筑适用范围和分类

一、适用范围

1.适于建在地下的工业厂房有:火炮、枪枝、弹药、坦克、飞机发动机、舰船等大型装备部件、零件制造车间;电站、滚珠轴承、机加车间以及有一定温湿度要求的精密仪表车间;还有食品和纺纱车间等。但必须指出,对于一个工厂而言,所有车间建在地下是非常困难和不必要的。[从技术经济和安全上考虑,对于生产过程中散发大量有毒物质、灰尘、易爆易燃等气体时,不宜建在地下,如炼铁、炼油、炼铝、炼焦以及大型化工、重型机械和织布车间等。

2.城市的地下铁道、汽车库、越江隧道和地下街在经济条件允许时可大力发展。

3.有高精度的恒温、洁净和有防微振要求的房间,建在地下易于满足要求。自身要求安静的房间,如医院的手术室、医疗室;编辑部门的编辑室以及其他需要安静的房间,也可建在地下。

4.部分物资贮存仓库适于建在地下。现有资料表明,在温度基本稳定的情况下,相对湿度在40~65%,可满足大多数物品的贮存。对于陶瓷制品、塑料制品、竹制品在相对湿度较大的情况下也能满足贮存要求;蔬菜、水果贮存于地下也比在地面建筑中有利;对于各种类型的冷库,从长远的观点来看设于地下也比设于地面为宜;易爆物质贮存于地下,相对湿度不超过80%也认为是适宜的。但必须贮存在单独的洞室,单体容量不宜过大,以免殉爆。

粮库设于地下,已有许多经验。实践证明在全年温度变化较小的地下建筑中,贮存粮食极为优越。当在20℃以下时,可防止生虫和延长保管时间。在建设投资和维持管理费用方面,有的地区经验证明地下粮库往往比地面建筑经济。

5.城市浅埋的地下建筑更应考虑平战结合。一般工作和生活用房在设计时就应从平、战两个方面来考虑。例如平时可做食堂的餐厅、剧团的排演场、学校的音乐室、健身房,平时大部分地下建筑还可以作为会议室、俱乐部和旅馆等。战时上述房间都可以迅速转为人员掩蔽室。

二、分类

1.按用途可分为:工业厂房、仓库、地铁、越江隧道和防空建筑物等。

2.按埋设深度可分为深埋和浅埋

这里所指的深埋和浅埋界限是从传热角度来划分的。其深埋和浅埋界限,严格的说应达到等温层的部位作为划分深埋和浅埋的界限。但一般工程初步估算可定为6~7m。亦

可按下式计算。

$$y = \left(\frac{2a}{\omega_1} \right)^{\frac{1}{2}} \ln \frac{\theta d}{\theta d(y)} \quad \text{m} \quad (1-1)$$

式中 y ——从地表面算起的地层深度 (m)；

a ——土壤 (或岩石) 的导温系数 (m^2/h)；

ω_1 ——气温以年为周期性波动频率 ($1/\text{h}$)；

$$\omega_1 = 2\pi/8760$$

θd ——地表温度年周期性波动波幅 ($^{\circ}\text{C}$)；

$\theta d(y)$ ——从地表至埋深 y 米处年周期性波动波幅 ($^{\circ}\text{C}$)。

计算时详见第四章第一节。但必须指出，上述计算公式对我国东北和西北部分较严寒地区在 $\pm 0.00 \sim -3.00\text{m}$ 范围内计算所得数据与实际地温相差较大，所以在本章给出全国主要城市实测地温。参见表1-1。

3. 按周围介质不同可分为：岩石洞和土洞。

4. 按洞体形成可分为：天然洞和人工洞。

5. 按平面布置大体可分为：棋盘式、通道式和盲洞等。

第四节 地下建筑采暖设计原则

地下建筑采暖与地面建筑采暖的作用不完全相同。地下建筑设置的采暖系统，既要满足冬季的采暖要求，又要兼顾夏季或过渡季起升温降湿的作用。

一、采暖系统的设置原则

采暖系统一般可分为三种形式：散热器采暖系统、热风采暖系统和两者相结合的系统。在地下建筑中，往往选择后者。

(一) 在下列场合宜设置散热器

1. 冬季通风为负压运行时，有渗入冷空气的口部；

2. 冬季通风虽然是正压运行，但由于正压很小或口部较多，各口部压力又不平衡，在有可能渗入冷空气的口部；

3. 局部需要采暖 (或升温降湿) 的场合。

(二) 布置采暖系统时应注意的事项

1. 采暖管道均应采用焊接。

2. 采暖管道与生产供热管道，一般应分别设置；散热器与空气加热器管道也应分别设置。

3. 空气加热器应考虑分组设置调节阀门，以便根据不同季节调节所需的加热量，改变送风温度。

4. 加热设备应按正常使用过程中的热负荷选择。如果预热期所需的热负荷过大时，应考虑采取临时设施。

5. 为了减少洞内湿源，系统中放汽和泄水装置应引至附近排水地沟中。

6. 当采用机械送风集中加热与散热器相结合的加热系统时，其散热器热负荷，应考虑潮湿季节非工作时间机械送风集中加热系统停止运行时，洞内维持一定相对湿度的要求。

全国主要城市实测地温(±0.0~-3.2米)月平均值

表 1-1

地 名	深 度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
北 京	±0.0	-5.3	-1.5	5.8	16.1	23.7	28.2	29.1	27.0	21.5	13.1	3.5	-3.6
	-0.8	2.6	1.7	3.6	9.4	15.1	20.2	22.8	23.9	21.5	16.9	11.2	5.6
	-1.6	7.4	5.6	5.4	8.0	11.9	15.6	18.6	21.0	20.6	18.3	14.7	10.6
	-3.2	12.7	11.0	9.8	9.5	10.4	12.1	13.9	16.3	17.3	17.3	16.4	14.8
上 海	±0.0	4.4	6.2	9.5	15.2	20.2	25.1	30.4	29.9	25.0	18.9	12.8	6.7
	-0.8	9.7	8.9	10.2	13.4	16.7	20.3	24.2	25.9	25.0	21.5	17.5	13.0
	-1.6	13.2	11.4	11.4	12.8	15.2	17.7	20.7	22.9	23.4	21.9	19.4	16.2
	-3.2	17.2	15.8	14.8	14.4	14.8	15.5	16.7	18.2	19.4	19.9	19.7	18.8
天 津	±0.0	-5.0	-1.0	5.8	16.2	23.2	28.0	29.4	27.2	22.4	13.5	4.0	-2.4
	-0.8	3.2	2.3	4.5	10.3	15.5	19.9	23.0	23.9	21.9	17.8	12.4	-7.3
	-1.6	8.1	6.2	6.3	8.9	12.5	16.1	18.9	20.6	20.4	18.7	15.6	11.7
	-3.2	12.9	11.3	10.1	9.8	10.6	12.0	13.7	15.2	16.3	16.7	16.2	14.8
哈 尔 滨	±0.0	-20.8	-15.4	-4.8	6.9	16.8	23.2	25.9	24.1	15.7	5.9	-6.2	-16.7
	-0.8	-4.3	-4.8	-2.9	-0.6	2.4	9.7	15.1	17.3	15.4	10.4	(4.8)	0.3
	-1.6	2.0	0.3	-0.2	0.1	0.2	3.1	8.8	12.2	(12.9)	11.1	7.9	4.5
	-3.2	6.0	4.7	3.0	2.4	2.1	2.1	4.0	6.6	8.5	9.2	8.6	7.3
长 春	±0.0	-17.3	-12.7	-3.7	7.4	16.7	22.7	26.0	23.7	16.3	7.2	-4.0	-13.5
	-0.8	-1.3	-2.0	-1.0	0.0	5.2	12.2	17.1	18.9	16.7	(12.1)	6.4	2.1
	-1.6	3.3	1.6	1.0	1.0	2.5	7.3	11.5	14.5	14.6	12.7	9.4	6.1
	-3.2	7.2	5.8	4.7	4.0	3.8	4.6	6.5	8.6	10.2	10.6	10.1	8.8
沈 阳	±0.0	-12.5	-7.8	-0.1	9.8	18.2	23.9	26.9	25.7	18.5	9.6	-0.6	-9.4
	-0.8	1.0	-0.7	-0.6	0.9	7.8	14.5	18.8	20.7	18.6	13.8	8.3	3.9
	-1.6	5.0	3.2	2.3	2.6	5.4	10.6	14.5	17.2	17.3	14.8	11.3	7.6
	-3.2	9.2	7.8	6.8	6.2	6.3	7.9	10.0	12.4	14.0	14.1	12.9	11.0
石 家 庄	±0.0	-3.5	0.2	8.5	18.1	24.5	28.8	29.7	27.6	23.4	14.9	5.1	-2.0
	-0.8	3.4	3.5	7.0	12.9	18.2	22.8	25.6	25.6	23.1	18.2	11.9	6.5
	-1.6	8.0	6.5	7.5	11.1	15.2	19.0	22.0	23.5	22.7	20.2	11.1	11.6
	-3.2	13.9	12.1	11.2	11.4	12.7	14.4	16.3	18.1	18.1	18.9	17.8	16.0
呼 和 浩 特	±0.0	-12.8	-7.9	1.8	9.9	18.4	24.4	26.5	23.6	16.5	7.9	-2.4	-10.7
	-0.8	1.3	0.6	0.9	1.4	8.3	14.2	17.6	18.7	16.8	12.9	7.8	3.8
	-1.6	4.1	2.6	1.9	1.7	4.6	9.1	12.1	14.2	14.1	12.5	9.6	6.5
	-3.2	7.8	6.5	5.4	4.6	4.6	6.0	7.8	9.5	10.8	11.3	10.8	9.5
西 安	±0.0	-0.6	3.6	10.4	17.6	22.4	28.8	30.5	28.6	22.8	15.3	7.4	0.6
	-0.8	4.6	5.0	8.4	12.9	17.0	21.4	24.2	25.1	12.6	18.5	13.2	8.2
	-1.6	8.9	7.6	8.7	11.3	14.4	17.7	20.5	22.4	21.9	19.8	16.5	12.3
	-3.2	14.4	12.8	11.9	12.0	12.9	14.3	15.9	17.7	18.8	18.9	18.1	16.3
银 川	±0.0	-9.4	-3.8	4.4	12.8	20.6	27.1	30.2	26.9	20.0	10.3	-0.2	5.9
	-0.8	1.7	0.4	1.4	6.5	11.9	16.8	20.1	20.9	19.4	15.5	9.5	4.3
	-1.6	5.6	3.9	3.4	5.3	8.8	12.4	15.4	17.3	17.4	15.9	12.5	8.5
	-3.2	10.1	8.6	7.4	6.9	7.6	9.1	10.9	12.6	13.8	14.2	13.6	12.1

续表

地 名	深 度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
西 宁	±0.0	-8.2	-2.5	6.1	12.2	16.6	21.1	22.2	20.0	15.9	8.6	0.6	-5.8
	-0.8	-0.7	-0.9	2.0	7.1	11.4	15.0	17.0	17.1	15.4	12.0	6.8	2.5
	-1.6	3.4	1.9	2.5	5.3	8.8	11.5	13.7	14.8	14.4	12.8	9.7	6.3
	-3.2	7.9	6.4	5.6	5.8	7.0	8.4	9.8	11.0	11.7	11.7	11.0	9.7
兰 州	±0.0	-7.4	-1.0	7.9	16.3	20.5	25.7	27.3	24.3	19.5	10.8	2.0	-6.2
	-0.8	1.4	0.7	4.4	10.6	14.4	18.1	20.9	21.1	19.1	15.1	9.4	4.1
	-1.6	6.2	4.6	5.1	8.4	11.4	14.0	16.5	17.9	17.6	15.9	12.6	8.9
	-3.2	10.7	9.2	8.3	8.5	9.7	11.0	12.3	13.8	14.6	14.7	13.9	12.5
乌鲁木齐	±0.0	-18.3	-12.7	-3.0	10.4	17.5	24.2	27.2	24.8	17.9	7.7	-3.8	-12.4
	-0.8	-0.1	-0.7	0.4	5.0	10.5	15.2	18.4	19.6	17.6	(12.7)	7.0	2.8
	-1.6	4.6	3.2	2.7	4.3	7.6	11.1	14.0	16.1	16.1	14.0	10.7	7.4
	-3.2	8.8	7.3	6.1	5.6	6.4	7.9	9.9	11.9	13.1	(13.2)	12.7	11.0
济 南	±0.0	-1.8	1.5	8.3	17.7	24.9	29.5	30.3	28.8	24.2	16.6	7.4	0.3
	-0.8	5.1	4.8	7.6	13.5	19.0	23.0	26.0	26.4	23.9	20.1	14.8	8.8
	-1.6	10.7	9.4	10.1	12.5	16.6	20.5	22.8	24.5	23.9	21.3	18.3	15.2
	-3.2	16.1	14.4	13.5	13.5	14.7	16.6	18.5	19.9	20.9	20.7	19.7	18.3
南 京	±0.0	2.7	4.6	10.2	16.2	21.1	27.7	32.6	31.4	24.7	18.4	11.2	5.4
	-0.8	8.8	8.2	9.9	13.7	17.3	21.5	25.0	26.7	25.3	21.6	17.2	12.3
	-1.6	12.6	10.8	11.0	12.9	15.5	18.5	21.4	23.7	24.0	22.1	19.3	15.7
	-3.2	16.9	15.3	14.2	14.0	14.6	15.7	17.2	18.8	20.1	20.5	20.0	18.6
蚌 埠	±0.0	1.7	5.8	11.5	17.5	22.9	30.1	33.5	32.1	26.0	17.8	10.0	4.2
	-0.8	7.7	8.2	10.4	13.3	16.9	21.3	24.7	25.5	24.1	21.1	16.1	10.4
	-1.6	12.0	10.7	11.5	12.8	15.1	18.0	21.0	22.7	22.0	21.6	18.6	15.3
	-3.2	16.5	15.0	14.1	14.0	14.5	15.5	17.0	18.6	19.7	20.0	19.5	18.2
杭 州	±0.0	4.8	6.5	11.5	17.6	21.0	27.3	33.9	30.8	25.1	19.0	12.7	7.4
	-0.8	10.1	9.3	11.3	14.8	18.1	21.9	25.7	27.0	25.6	22.2	18.1	13.6
	-1.6	13.9	12.1	12.1	13.9	16.4	19.1	22.1	24.2	24.4	22.7	20.2	16.9
	-3.2	18.2	16.8	15.6	15.2	15.7	16.6	18.0	19.5	20.8	21.2	20.8	19.8
南 昌	±0.0	5.4	7.5	12.5	18.7	22.5	29.2	35.0	33.4	29.3	21.3	14.3	8.3
	-0.8	10.9	10.4	12.5	16.4	19.5	23.9	28.1	29.2	27.6	23.7	18.9	14.5
	-1.6	15.1	13.3	13.5	15.4	18.0	20.9	24.0	26.0	26.0	24.2	21.5	18.2
	-3.2	19.0	17.3	16.3	16.2	17.0	18.3	20.1	21.9	23.0	23.3	22.6	21.1
郑 州	±0.0	-0.4	4.0	8.6	17.4	24.2	29.5	30.4	28.3	24.0	16.1	7.8	2.1
	-0.8	6.1	6.4	8.6	12.8	17.5	22.2	24.6	25.3	23.4	19.6	14.3	9.5
	-1.6	10.2	9.0	9.6	11.6	14.8	18.4	21.0	22.6	22.3	20.4	17.1	13.4
	-3.2	14.7	13.2	12.4	12.4	13.3	14.9	16.6	18.3	19.3	19.3	18.8	16.8
汉 口	±0.0	3.0	6.6	11.7	18.6	22.5	29.5	34.0	33.3	28.4	20.3	12.3	6.8
	-0.8	10.0	9.3	11.0	14.6	17.8	21.9	25.0	26.5	25.8	22.3	18.2	13.5
	-1.6	14.3	12.4	12.3	13.9	16.1	18.7	21.4	23.4	23.9	22.7	20.3	17.2
	-3.2	18.3	16.9	15.9	15.5	15.7	16.4	17.5	18.7	19.8	20.4	20.3	19.6

续表

地 名	深 度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10月	11月	12月
长 沙	±0.0	4.6	6.6	12.2	18.6	21.6	29.6	35.3	32.2	28.7	20.6	13.0	8.1
	-0.8	10.8	9.6	11.7	15.5	18.4	22.9	27.0	27.9	26.7	23.2	18.2	13.9
	-1.6	14.2	12.2	12.4	14.6	17.0	19.8	23.0	25.1	25.2	23.6	20.3	17.0
	-3.2	18.2	16.5	15.4	15.3	16.2	17.4	19.1	20.9	22.0	22.2	21.4	19.9
广 州	±0.0	15.9	16.4	20.4	24.5	28.0	29.8	31.8	31.7	30.6	27.3	22.1	17.4
	-0.8	19.1	18.3	19.8	22.4	25.4	27.0	28.4	29.1	28.7	26.9	24.0	20.6
	-1.6	21.3	20.2	20.3	21.9	24.0	25.6	27.0	27.8	28.0	27.2	25.4	22.9
	-3.2	23.7	22.6	21.9	22.0	22.8	23.8	24.6	25.5	26.1	26.3	25.8	24.7
成 都	±0.0	6.9	9.6	14.8	20.2	23.7	26.8	28.8	27.8	23.8	18.4	13.7	8.6
	-0.8	10.7	10.7	13.2	16.8	19.9	22.6	24.8	25.5	24.2	21.2	17.8	13.9
	-1.6	13.4	12.4	13.3	15.7	18.2	20.4	22.5	23.8	23.6	22.0	19.6	16.5
	-3.2	18.3	17.0	16.3	16.5	17.5	18.6	19.9	21.2	22.0	22.0	21.3	19.9
贵 阳	±0.0	6.2	8.4	14.7	19.5	21.1	25.0	27.7	27.3	24.0	17.7	13.4	8.3
	-0.8	11.4	10.8	12.9	16.1	18.3	20.7	20.9	23.9	23.3	20.4	17.4	14.0
	-1.6	14.0	12.8	13.2	15.1	17.0	18.9	20.9	22.2	22.4	21.1	18.9	16.5
	-3.2	17.4	16.1	15.3	15.4	16.1	17.1	18.3	19.6	20.3	20.5	19.9	18.8
昆 明	±0.0	9.7	12.2	17.0	22.1	24.3	22.6	23.0	22.7	21.6	17.2	13.7	10.0
	-0.8	12.4	12.6	14.1	16.4	18.8	19.7	20.6	21.2	21.2	19.4	16.9	14.1
	-1.6	14.7	14.0	14.2	15.3	16.9	18.1	19.0	19.8	20.2	19.6	18.2	16.4
	-3.2	17.4	16.7	16.2	16.0	16.2	16.5	17.0	17.4	17.8	18.1	18.2	17.8
拉 萨	±0.0	-1.0	3.3	8.4	14.2	20.0	22.6	19.0	18.1	16.2	10.2	3.5	-0.7
	-0.8	2.8	3.4	6.2	9.9	13.1	16.1	16.7	16.6	15.5	12.8	8.1	4.7
	-1.6	4.8	4.4	6.1	8.7	11.4	14.0	15.2	15.6	15.1	13.4	9.9	6.8
	-3.2												
台 北	±0.0	11.7	16.3	18.5	21.9	26.3	28.2	30.4	30.0	28.3	24.6	21.2	18.0
	-1.0	19.8	18.7	19.2	20.7	23.4	25.5	27.5	28.2	28.1	26.4	24.2	21.7
	-3.0	23.1	22.2	21.6	21.3	21.6	22.4	23.3	24.3	25.0	25.2	24.9	24.2
	-5.0	23.6	23.4	23.0	22.7	22.4	22.3	22.5	22.6	22.9	23.3	23.6	23.7

注：本表是根据中央气象局1964年版《中国地温资料》整理的。台北的地温资料是根据解放前原始数据整理的。

二、热媒选择原则

采暖热媒的选择，应根据地下建筑所在地点、建筑规模、使用条件等因素，结合实际情况，经过技术经济比较，择优选用。在一般情况下，散热器热媒应优先考虑热水，空气加热器热媒应优先考虑蒸汽。热媒的来源应尽量利用城市热网、工业的废热、区域锅炉房。

如果地下建筑或附近地面建筑需要全年供应生产用汽，这时，采暖、升温除湿的热媒，可与生产用汽结合考虑。

三、散热器的选择和布置

为了减少地下建筑的潮湿，避免产生漏汽漏水现象，应尽量采用接头少的散热器。此

外，还应尽量选择体形小，效率高的散热器。现介绍以下几种类型。

- 1. 光管散热器，根据需要可以制成单管、排管和盘管。它可以在工厂加工，也可以现场制作。盘管长短、管径大小、布置形式均可根据需要选用。若制成与地面结合为一体的辐射板，可放在位于轻微劳动且人们经常停留的地方。
- 2. 壁板式散热器是一种新产品，近来在北京、江苏和辽宁等地已定点生产。现只介绍单板壁板式散热器，见图1-2。

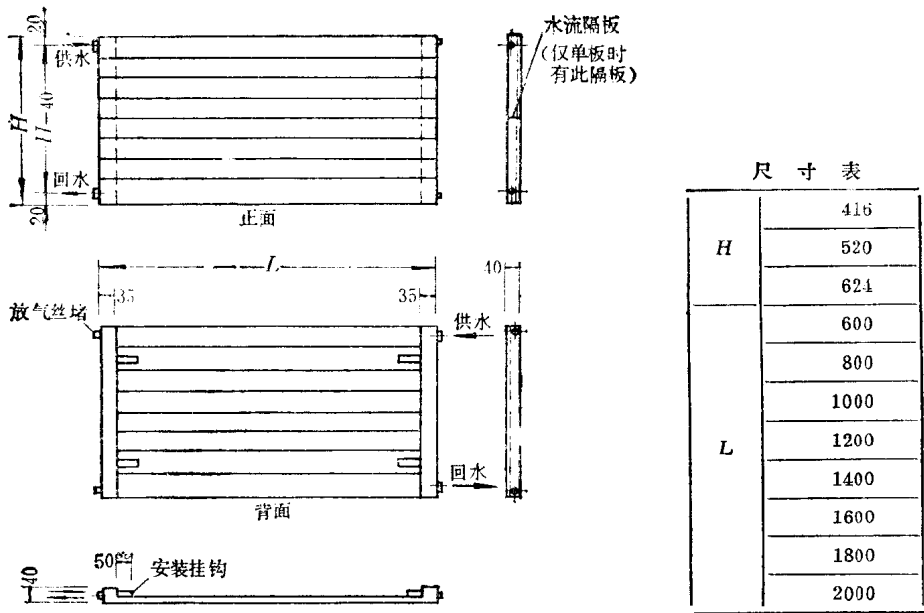


图 1-2 单板壁板式散热器

单板壁板式散热器采用 $52 \times 11 \times 1.5\text{mm}$ （宽 $\times$ 高 $\times$ 厚）的扁管作为散热器的基本模数单元（见图1-3）；联箱的断面为（ $35 \times 40\text{mm}$ ）矩形，供水管的接管直径为 $1/2''$ 。传热系数 K 见表1-2，工作压力为 6kg/cm^2 ，适用于热水采暖。

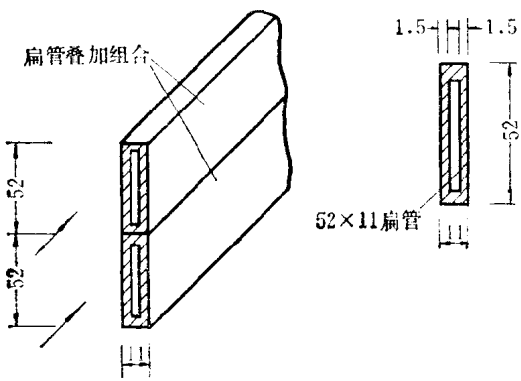


图 1-3 扁管叠加剖面

壁板式散热器有以下优点：

- （1）金属热强度高（ $0.66 \sim 0.70\text{kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$ ），散热性能好；
- （2）组合灵活，便于组合成各种不同高度和长度；
- （3）重量较轻（ 416×1000 单板为 12kg ； 416×1000 单板带对流片为 17.5kg ； 416×1400 单板带对流片为 26公斤 ），便于安装；
- （4）厚度较

扁管传热系数 K 表 1-2

型 号	每米长的散热面积 (m ²)	传 热 系 数 (kcal/m ² ·h·°C)
单板 (H=416mm)	0.915	$K=3.27 \times \Delta T^{0.215}$
单板带对流片 (H=416mm)	3.620	$K=1.21 \times \Delta T^{0.215}$

薄，占地较少；（5）可以涂刷不同颜色的油漆，比较美观。

3.圆翼形散热器，施工较方便，适用于热水和蒸汽。

4.闭式对流散热器是在钢串片的基础上进行了改进，1980年5月北京市散热器厂已大批生产。这种散热器是将钢串片向同一方向翻90°边，形成罩子，造型美观，强度大，具有较高的承压能力，适用于各种热媒。其技术经济指标见表1-3，外形见图1-4。

闭式对流散热器技术经济指标 表 1-3

散热器型号	散热面积 (m ²)	散热量 (kcal/h)	散热系数 (kcal/m ² ·h·°C)	重量 (kg)	金属热强度 (kcal/kg·h·°C)	压力 (kg/cm ²)	
						使 用	试 验
闭式240×100	5.23	897	2.56	15.8	0.881	10~12	15
闭式150×80	3.34	761	3.4	10.5	1.124	10~12	15
闭式150×60	2.48	650	3.91	9	1.12	10~12	15

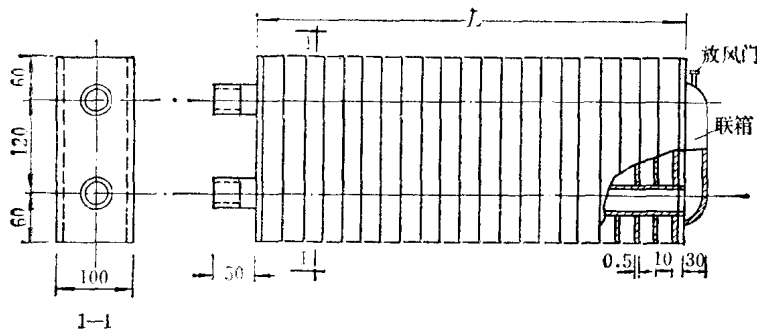


图 1-4 闭式对流散热器立面

第五节 地下建筑通风设计原则

一、通风机房和进、排风口部的设置

（一）进、排风口的数量，一般宜有两个。其中一个为进风，一个为排风。大型工厂应根据工艺要求和气流组织形式来确定。但数量也不宜过多，以利战时的防护。

（二）通风口和风道的布置

1.进风口可利用引洞上部的空间，采用隔断，使进风道与人行通道分开。这种进风道布置较简单。

2.排风口可利用斜井和竖井，在排风口处设置轴流风机或专设排风机房。

3.进、排风口的设防标准，应根据地下建筑的性质和设计要求而定，并应与洞室出入口的防护能力相适应。

（三）通风机房的布置

1.在考虑车间平面布置的同时，就应充分考虑通风方式和通风系统的布置。

2.通风机房在车间平面布置上，既要考虑使用方便，又要考虑节省管道。在一般情况下，送风机房布置在引洞与主洞联结处为好。排风机房如选用轴流风机也可不设机房，而