

建筑设备学组

78002

002

《采暖通风空调讲座》

电子计算机房的空气调节及灭火

中国科学院设计室 张焕言

北京土木建筑学会

1978年11月

前 言

电子计算机是现代技术的一门学科，又是现代技术的一个主要推动者，我国八年规划纲要中指出的是影响全局的带头学科之一。它的出现，使数学分析、工业管理、自动控制和信息存储等许多领域的面貌发生了新的变化，尤其是使近年来的宇宙航行、尖端武器的研制得以实现。目前，电子计算机正向巨型、微型、网络、智能模拟方面发展。计算机的科学技术水平、智能模拟方面发展，计算机的科学技术水平、生产规模和应用程度已经成为衡量一个国家现代化水平的显著标志。

随着电子计算机科学技术的发展和广泛应用，对电子计算机房建筑设计已成为迫不及待的任务，对电子计算机房的空气调节设计问题也成为广大暖通设计工作者所关心的问题。

本文主要介绍我们1975年设计的石油部涿县计标中心收集的资料和设计体会，并结合各兄弟单位在来访参观中对计算机房空调设计及消防方面应如何考虑等所提出的问题谈一些看法，供有关单位参考，不妥之处请批评指正。

一、计算机房对室内参数的要求：

（温湿度及清洁度的要求）

（一）、温湿度

计算机房的温湿度要求取决于电子计算机内部元件的要求。从计算机的元件角度来看，温度越高可靠性越差、故障率越高；从机体内电路角度来看，湿度与线路性能成反比。据统计：每当元件结温上升 $13\sim 15^{\circ}\text{C}$ 时，晶体管的失效率增加5倍。决定元件结温的因素有二个，一是周围温度（周围温度上升 10°C ，则管内结温也约上升 10°C ），二是管内功率耗散，如管内耗散升高15毫瓦，则结温上升 12°C 。因此，一台由平均功率耗散为15毫瓦晶体管组成的机内，在气温为 24°C 的机房内工作，其可靠性相当于一台具有平均功率耗散为30毫瓦晶体管组成的机内。

在气温为 32°C 的机房内使用的 5 倍。

从上述分析来看，保证计标机工作的环境温度是保证计标机工作可信的不可缺少条件。

保证计标机元件工作的环境温度一是在计标机内部有冷却装置，这是在计标机制造时由厂家带的。目前我国还没有生产此种计标机；另一个是保证计标机房的温度。这就是我们空调要解决的问题了。

在设计中，大家对计标机房温度及波动值很关心，每个制造厂家对温度的要求是不同的，同一制造厂家对不同型号产品的要求也不一定相同，甚至对同一型号产品生产先后不同其要求也不尽相同。

相对湿度：机房内湿度高会使纸带霉带弯曲，造成计标误差，并易产生静电；湿度高会使机口结露损坏元件，所以，相对湿度必须控制在一定范围内。

下页列举国内外对计标机房温湿度要求的实例：

(1). 美国 I. B. M 公司 370 系列对土站要求

项 目	计 标 机 运 行	计 标 机 行 机	设计参数
温 度	$16 \sim 32^{\circ}\text{C}$	$10 \sim 43^{\circ}\text{C}$	24°C
相对湿度	$20 \sim 80\%$	$8 \sim 80\%$	50%
最高湿球 温 度	26°C	27°C	

温度控制仪表精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\pm 5\%$ 。

(2). 美国采暖、制冷、空调工程师学会 (ASHRAE)

项 目	推 荐	极 限
温 度	$23.9 \pm 1^{\circ}\text{C}$	$18.3 \sim 26.7^{\circ}\text{C}$
相对湿度	$45 \pm 5\%$	$20 \sim 60\%$

(3). 日本

	温 度	相对湿度
富士通公司	$22 \sim 24^{\circ} \pm 2^{\circ}C$	$50 \pm 10\%$
横河电机制作所	夏季: $26 \pm 2^{\circ}C$ 冬季: $26 \pm 2^{\circ}C$	$50 \pm 10\%$
富士电机株式会社	夏季: $24 \pm 2^{\circ}C$ 冬季: $22 \pm 2^{\circ}C$	$50 \pm 5\%$

(3). 西德西门子 7700 系列要求谈判对土站要求:

温度: $18 \sim 22^{\circ}C$, 相对湿度 $40 \sim 60\%$

检测元件精度: 温度 $\pm 1^{\circ}C$

相对湿度: $\pm 5\%$

(4). 法国拜尔公司 温度: $22 \pm 2^{\circ}C$

相对湿度: $40 \sim 60\%$, 温度变化率 $5^{\circ}C/小时$

(5). 国内情况:

型号	代号	制造厂	温 度	相对湿度
DJS-6	108Z	北京有线电厂	$23^{\circ} \pm 2^{\circ}C$	$50 \pm 10\%$
DJS-8	320	北京有线电厂	$23^{\circ} \pm 2^{\circ}C$	$50 \pm 10\%$
DJS-11	150	北大, 北京有线电厂	$20^{\circ} \pm 1 \sim 2^{\circ}C$	$50 \pm 5 \sim 10\%$
DJS-130		四机部	$23^{\circ} \pm 2^{\circ}C$	$50 \pm 10\%$
TQ-6	655	上元十三厂	$22^{\circ} \pm 1^{\circ}C$	$50 \pm 5\%$
TQ-11	905丙	上元十三厂	$23^{\circ} \pm 2^{\circ}C$	$50 \pm 10\%$
TQ-16	709	上元十三厂	$23^{\circ} \pm 2^{\circ}C$	$50 \pm 10\%$

从上述情况分析, 电子计称机房对基准温度湿度允许范围较宽, 但对温湿度的波动范围要求较小, 才能保证计称机的正常使用 (如涿县计称机房的 150 机是将已运行的 150 机搬到我们所设计的涿县新机房, 已经运行的室温要求必须在 $20 \pm 1^{\circ}C$ 范围内, 否则机口就不能正常运行)

综合国内外情况, 一般室内温度可取 $20 \sim 26^{\circ}C \pm (1 \sim 2)^{\circ}C$ 至

内相对湿度取: $50 \pm (5 \sim 10) \%$

(6) 发展趋势: 元件结温的升高会影响计算机的可靠性, 保证元件结温的因素一是控制元件周围环境温度, 二是向低功率发展。目前国外计算机已经发展到第四代产品。——大规模集成电路, 计算机机柜内部就没有冷却装置, 又在逐步降低元件的功耗, 所以对于计算机房的环境温度要求也会日趋放宽, 78年6月在北京的外文书中一本书中曾经提出这样的要求(见表)

	计算机工作时		计算机不工作时		
	温度($^{\circ}\text{C}$)	相对湿度($\%$)	温度($^{\circ}\text{C}$)	相对湿度($\%$)	
UNIVAC(美)	16~20	30~70	5~33	20~85	温度变化 5.5 $^{\circ}\text{C}/\text{时}$
N.C.R(美)	20~26	40~60	/	/	
I.B.M(美)	16~32	20~80	10~43	8~80	
HITAC(B)	18~27	30~70	4~40	20~90	

(二) 清洁度

计算机在制造时对清洁度的要求较高(有的要求100级, 如磁盘)但在计算机运行时对清洁度的要求就不高了。日本资料提出对室内空气含尘量在 $0.1 \sim 0.1145$ 毫克/ M^3 , YODIC-100 安装计划书中提出室内空气含尘量在 0.2 毫克/ M^3 以下, 美国资料要求对进入计算机房的空气要经过机械过滤和静电过滤, 对5 μ 的灰尘过滤掉80%。进口计算机所带的空调箱只有泡沫塑料过滤器或尼龙网过滤器。

据了解国内对计算机房清洁度的要求也不高, 一般也只是说泡沫塑料过滤器过滤就可以了, 最多只不过用中效过滤器进行过滤, 有时因国产磁盘机不严密可对磁盘间进行单独处理。

(三) 室内噪音要求:

计算机本身也是一个噪声源, 计算机产生的噪音一般也在 $65 \sim 70$ 分贝(A声级)。目前对计算机房噪声级要求尚无统一规定。我们设计时控制在65分贝以下(A声级)

二、计算机房空调负荷计算

计算机房负荷计算与一般恒温房间负荷计算一样, 包括围

护结构传热、太阳辐射热、人体散热、照明散热、新风负荷以及设备发热等。除设备发热另作计标外，其它几项与一般恒温房间的计标方法一样。对计标机房来说，设备发热要占 70~80% 对围护结构的热工要求按温度波动 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 的空调房间要求设计，在此，围护结构的传热已不是主要矛盾了。下面对设备发热的计标谈几点看法：

设备发热另计标：计标机与其它机一样，是消耗电能产生热量，其发热另应从制造厂家获得，但根据我们已做过的计标机房（从第一代产品到第三代产品）并没有获得过这数据，据对已运行的计标机运行情况的观察及计标机供电情况分析，可用下述方法进行计标：

一般计标机房供电分中频（400 周、1000 周）及高频（50 周）两部分，一般中频部分供计标机主机用，高频部分供外部设备用，但也有的小型机（如 DJ5-130）全部用高频电，进口计标机中有的也全部用高频 50 周电。

1. 外部设备发热另计标：一般外部设备用高频 50 周电，其发热另可按下列式计标：

$$Q = 860 N \cdot \varphi \quad (\text{大卡/时})$$

式中：N — 用电量（时）

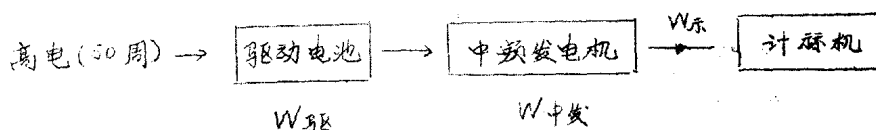
φ — 同时使用系数

国产机 $\varphi = 0.2 \sim 0.3$

进口机可大些，有的可达 0.5

2. 主机部分发热另计标：

(1). 中频部分发热另计标



在计标机内经过变压、整流、滤波

(1). 已知计标机的指示功率 $W_{示}$ (KVA)

$$Q = 860 W_{示} \cos \varphi \cdot K \quad (\text{大卡/小时})$$

在指示功率情况下 $K=1$

(11). 已知中频发电机组使用功率 $W_{中发}$ (瓩)

$$Q = 860 W_{中发} \cdot K \text{ (大卡/时)}$$

式中: K — 考虑设备不满负荷运行情况及不同时使用的系数, 对于 K 值的选取要根据具体情况, 大型机可小些, 小型机可取大些.

一般取 $0.6 \sim 0.9$.

(12). 已知驱动电机功率 $W_{驱}$ (瓩).

$$Q = 860 \eta_1 \eta_2 K \cdot W_{驱} \text{ (大卡/时)}$$

式中: η_1 — 驱动电机传动效率, 一般 $0.9 \sim 0.95$.

η_2 — 中频发电机组发电效率, 一般取 $0.85 \sim 0.9$.

K — 同 (11)

(2). 高频 50 周电 W (瓩)

$$Q = 860 W K \text{ (大卡/时)}$$

式中: K — 同上.

(3). 隔离供电式:

高频 50 周电 $\rightarrow$ 隔离变压器 $\rightarrow$ 计算机.

隔离变压器只起隔离外界干扰作用, 目前我国计算机还没有此种供电方式, 进口计算机有这样的供电方式, 其发热量:

$$Q = 860 W_{电} K \cos \varphi \text{ (大卡/时)}$$

式中: $W_{电}$ — 变压器的额定容量 (千伏安)

K — 同上.

为了估算计算机机房负荷, 提供以下数据做为参考: 以夏季平均每平方米得热量为计算单位 (大卡/小时·米²).

(1). 热源:

来自计算机: $300 \sim 400$ (大卡/小时·米²)

来自人工照明: $35 \sim 40$ (" ")

来自人体: 2 (" ")

来自围护结构: 50 (" ")

总计: $387 \sim 487$ (" ")

(2) 美国: $300 \sim 350$ (大卡/小时·米²)

(3) 日本: $300 \sim 330$ 及 $350 \sim 500$ (大卡/小时·米²)

(4) 本次设计的石油部涿县 150 机房:

来自计算机: 165 (大卡/小时·米²)

来自人工照明: 16 (" ")

来自人体: 2 (" ")

来自围护结构: 33 (" ")

总计 216 (" ")

(3) 国内某研究所计算机房改造:

来自计算机: 108 (大卡/小时·米²)

来自人工照明: 11 (" ")

来自人体: 4 (" ")

来自围护结构: 35 (" ")

总计 158 (" ")

计算机房的换气次数 (次/小时)

苏联: $50 \sim 80$ 次/时

美国和日本: $51 \sim 109$ 次/时

国内 $30 \sim 40$ 次/时

三、计算机房的气流组织

计算机房换气次数较大, 主要发热源又是电子计算机, 空气调节的送回风方式如何与之相配合以减小室内的温度梯度, 从而保证计算机的正常工作, 这就需要把气流处理好。实践证明, 对不同的计算机采取不同的气流组织方式是必要的。

现将国内外计算机房常见的送回风方式介绍如下:

1. 侧送侧回:

(1) 上侧送, 下侧回。

(2) 上侧送, 上侧回。

(3) 下侧送, 下侧回。

2. 顶送侧回:

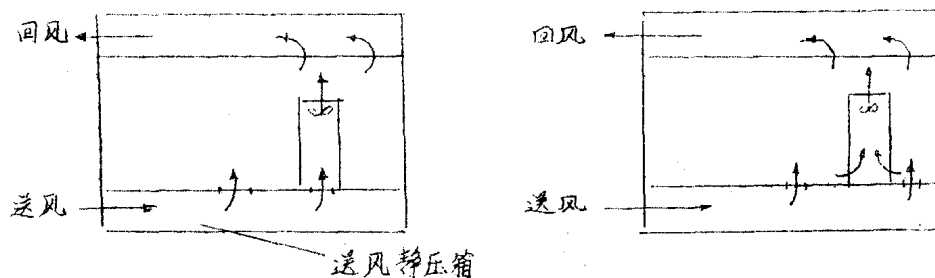
(1) 顶送下侧回。

(2) 顶送上侧回。

1及2两项系指计算机房进行全厅通风，计算机与计算机房合用一个系统时。

3. 下送上回。

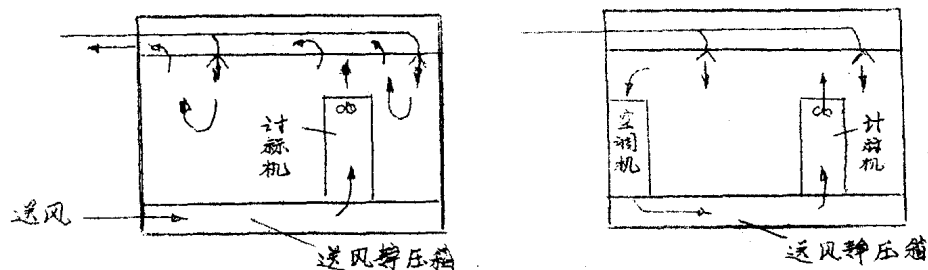
(1). 计算机房与计算机合用一个系统：



将经过处理后的风送至计算机房内活动地板下的送风静压箱，在计算机柜下部或旁边的地板上开送风口，通过计算机自带的风机把冷风吸入机柜后再排至室内，再通过回风静压箱（或回风口）将回风返回空调机房，室内送风可在计算机房周边开些送风口（不要开在人行道的区域内，以避免工作人员不适之忌）。此种气流组织对机柜冷却是最有利的，对计算机房来说主要热流（计算机）在下部，下送上回使机柜首先得到冷却，被加热的空气向上升后被带回空调机房。国外计算机房六十年代已采用这种方法了，我国的计算机房采用此法也日渐增多。

下送上回的回风方法可采用回风静压箱，也可采用回风口再接回风道，因地制宜灵活运用。

(2). 计算机房送风与机柜送风系统分开设置（见下图）。



这样的方式使人感觉舒适，机柜送风温度可常年不变，便于控制，但造价高。

采用下送上回方式的地石全部采用活动地板。

9 这里顺便提一下计算机房采用活动地板的优点：活动地板或称架空地板是国内外随着计算机的发展而发展起来的新型地石。特别是配合下送的静压送风方法已成为计算机室特有的建筑形式，它可以不用风管，机柜下电缆走线方便，特别是便于机房设备的布置，适应设备的扩大，更新和调查。据赴美考察的同志介绍，在美国计算机房都采用标准的活动地板，目前我国对活动地板进行全套加工的有：(1)北京市木材厂（规格： $0.6\text{M} \times 0.6\text{M}$ ，厚 2.5CM ，包括支架在内平均每平方米 100元 ）；(2)江苏元锡荣卷大张卷龙山五金厂。

很多来访单位对下送上回的气流组织担心两个问题，一怕地石起尘，二怕人感到过冷。起尘问题：根据实验结果表明：下送上回方式的地石风速只有 $0.02\text{米/秒} \sim 0.35\text{米/秒}$ ，上侧送下侧回方式的地石风速要达 $0.5 \sim 1\text{米/秒}$ 。所以起尘问题是不必担心的。人感到过冷的问题：送风口一般开在计算机柜前或开在机柜下部，这些地方并不是人所活动的区域。如果室内送风与机柜送风分开设置，这个问题就不存在了。

4. 除了上述几种方法外，国外有些计算机自带冷却装置，在计算机口柜内带有直接蒸发式或水冷式表冷口，对计算机冷却效果很好，如石油部从法国进口的CYBER 1724型计算机的主机及扩充单元总贮存口部分就自带冷却装置，带走的散热可佔主机及扩充口总发热的 80% ，只供给冷源口的冷却水就可以了。目前我国还没有生产带冷却装置的计算机。

目前：在我国对一般小型计算机房采用第1及2种气流组织效果还是可以的，因小型计算机发热量不大，对于大型及较大型的计算机房采用下送上回的气流组织是非常必要的。随着活动地板造价的降低，小型计算机房采用下送上回的气流组织更好。

四、空气调节过程设计及设备选择

1. 送风温度及送风温差

(1) 送风温度：前已谈过计算机房的基准温度在 $20 \sim 26^\circ\text{C}$ ，要根据制造厂家的要求确定。对于下送上回的气流

组织。为了使直接进入机柜的冷风不使机口结露及工作人员过冷，送风温度最低不低于 17°C 。如果送风口直接开在机柜下部，室内送风另设一个系统，活动地板又较严密，送风温度还可依 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 送风温差：一般可取 $6\sim 9^{\circ}\text{C}$ 。

4. 空气处理过程：

夏天：为减焓降温过程，采用表冷式空气冷却器，不推荐使用喷雾室。

冬天：为加湿过程。

3. 设备的选择：电子计算机一般是全天24小时连续运行，空调设备必须考虑备用。选择多中小机组即经济又灵活。一般备用另考虑30%左右，例如本次设计选用四台空调设备，其中一台备用，三台同时使用。

4. 控制问题：

机柜送风与室内送风合一的系统，因扰来自室内，所以要对室温应进行控制，若采用定型空调机组，室内干球温度通过电加热器动作来实现，室内湿球温度通过加湿器及直接蒸发式冷却器的供液电磁阀动作来实现。

机柜送风与室内送风分开的系统时两个系统分别进行控制。

五、电子计算机房的消防：

一般人们认为电子计算机房是不易起火的，尤其是硬设备是不起火的。这种看法是不对的。据日本统计，从1968年至1972年在日本只计算机房发生火灾就有16起之多。起火的起因也是多方面的，其中有因风扇起火、配电盘起火、电线起火、打字机起火引起的火灾就有多起。还有因接地不良起火，邻近起火蔓延至计算机房起火等造成的损失是很严重的，每次火灾损失最少60万日元，最多达7020万日元，有的在火灾发生后因计算机受水浸及灭火剂的浸蚀不能再用。所以对计算机房的消防方法是一个值得研究的问题。

首先必须说明，计算机最怕水、泡沫灭火剂及干粉灭火剂的浸蚀，对计算机房避免用此法灭火，一般在建筑上采取防火措施，以及在通风系统加设防火门等，还要采用下述消防措

施。

1. 国外方法：

(1). 手提式 CO_2 灭火器

CO_2 灭火器不会污染电子设备，使用比较简便。其配备标准大致规定如下：计算机房面积在 100米^2 以下时，至少配置 2 支（7磅重）超过 100米^2 时，其超过部分每 100米^2 最少增加 1 支。灭火器设置地点应分佈在离各机口设备步行距离 20 米以内，并应畅通无阻，在使用时易于取出。

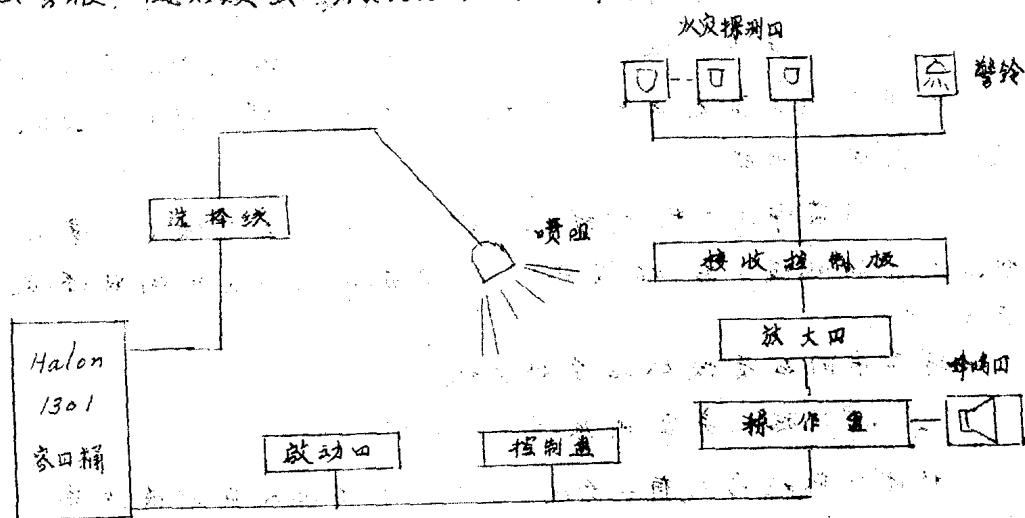
(2). 固定式灭火设备

在新建或改造的大规模数据处理中心的设计中，最好采用这种固定式灭火设备。

(i). 灭火剂：Halon 1301 是卤素族灭火剂，分子式为 CF_3Br 可以长期贮存而不发生变质，在常温下稳定，是一种无色无味的气体。容口压力（瓶装） $4.2\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

(ii). 灭火系统

一般将装有 Halon 1301 的容口或容口组放在一起，通过管路而喷嘴连接，当火灾发生时，火灾探测口予先动作，立即发出警报，随后放出 Halon 1301 气体。



自动消防系统图

用 Halon 1301 灭火，对计算机不会有腐蚀和损坏，因灭火剂浓度较低（ $3.7\sim 4\%$ ），操作人员可订留在机房里进行修正。

程序或通过程序行机。

(iii) 火灾警报装置:

烟感警报及光束型或光点型烟雾探测器。

2. 国内方法:

(1). 采用悬挂式 CO_2 灭火器 (灭火器内为 CO_2 液体)

(2). 采用固定式 1211 灭火剂: 分子式为: CF_3ClBr , 国内某工程采用 1211 灭火剂灭火, 是将 1211 钢瓶组组合一起后, 通过无缝镀锌钢管接至喷嘴。

喷嘴处压力: 7 kg/cm^2 , 上海红卫器材厂生产。

(3). 报警装置:

离子烟感器: 生产单位有北京荣文高温仪表厂, 沈阳黄姑区电表厂, 营口辽宁无线电三厂。

光感型红外线报警装置: 由上海技术物理所及上海力弹簧厂共同研制。

六、实例 —— 石油部海县计称机房的设计:

1. 简介:

(1). 建筑面积 3597 m^2 , 其中有 1# 计称机房及 2# 计称机房以及为计称机房服务的附属房间 (见平面布置图)。

(2). 全部土建、暖气、上下水、电气、由我单位设计, 1# 计称机房空调设备随法国计称机一起带来, 2# 计称机房空调设计由我单位承担。

(3). 建筑净高 3 米, 计称机房部分采用活动地板 (水磨石地石至活动地板口高 40 公分), 计称机房内吊顶采用装吸音板。

墙石采用石膏板外贴塑料壁纸。

2. 2# 计称机房空调及消防的设计:

概述: 本机房内有一台 DJ5-11 型计称机及其附属设备, 运称次数 100 万次/秒。

(1). 室内设计参数:

室内温度: $20^\circ \pm 1^\circ\text{C}$;

室内相对湿度: $50 \pm 10\%$

清洁度: 送风经一边泡沫塑料过滤器过滤, 再经内另加
两边细孔泡沫塑料过滤。

噪声级: ≤ 65 分贝 (A 声级)

(2). 负荷计算:

(i). 围护结构传热: $13,704$ (大卡/小时)

(ii). 太阳辐射传热: $8,000$ (大卡/小时)

(iii). 人体散热: $1,250$ (大卡/小时)

(iv). 机口发热: $36,980$ (大卡/小时)

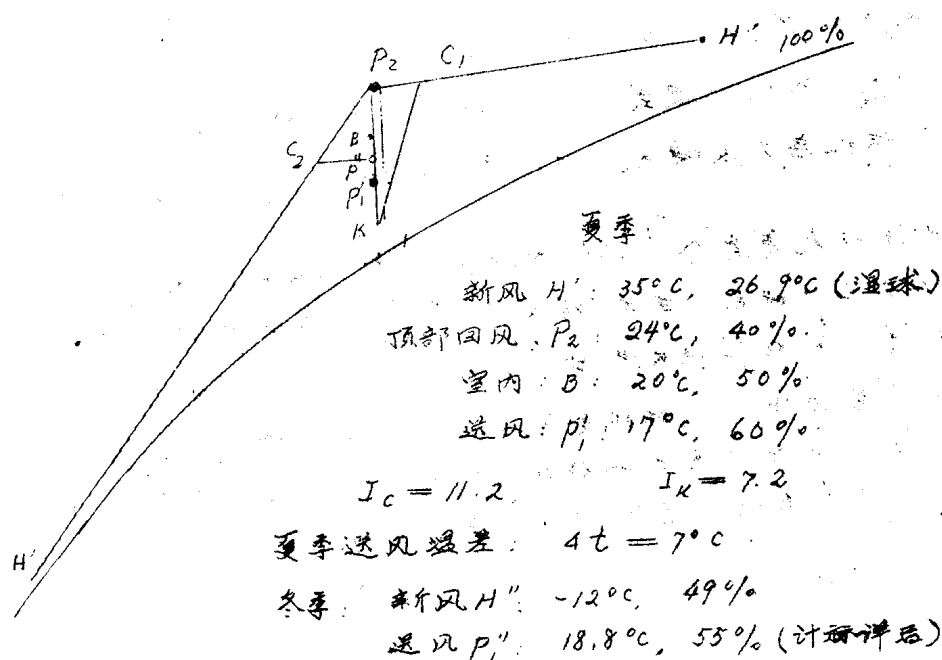
(v). 照明发热: $10,300$ (大卡/小时)

总冷负荷 $Q_{\text{总}} = 70,234$ (大卡/时)

注: 机口发热量的计算方法同前所述

(3). 气流组织: 采用卡送上回气流组织地板下静压送风
方式, 室内送风在计算机房地板周边开送风口 (可调), 回风经
吊顶上的回风可调散流口后再回至吊顶内的回风静压箱, 然后
回至空调机房。(原设计还有灯具回风口, 施工时未装)

(4). 空气调节过程的设计及设备选择:



因计算机房内只有人体散湿量，量很小，所以可以认为是等湿过程。

$$\text{计算机房} Q = \frac{70234}{0.24 \times 7} = 41,600 (\text{公升/时})$$

$$\text{所需冷量} Q = 41600 (11.2 - 7.2) = 166,500 (\text{大卡/时})$$

主站单位已有 KD-20 型空调箱，所以这次全部选用此种设备，共选四台 KD-20 设备，其中一台备用。每台风量：12,000 米³/时，每台冷量：36,000 大卡/时，在 KD-20 型空调箱中增加了加热口、加湿口及自控设备。考虑到原有设备的风机风压不够，决定施工时将原有设备风机拆除，每台 KD-20 设备另配 4-72-11 型 8C 风机一台，系统中送回风干管均装有阻抗复合式消声口，送风经消音后活动地板下送风静压箱。

自动控制：因为机柜送风与房间送风合为一系统，故采用室温控制，室内干球温度（采用铂电阻温度计）通过控制电加热口来实现；室内湿球温度（采用电接点水银温度计）通过控制电加湿口及直接蒸发式表冷口的供液电磁阀来实现。

冬季送风温度的确定：冬季围护结构的散热量为 29,280 大卡/时，机口及照明的总发热量为 47,280 大卡/时，尚有余热 18,000 大卡/时，冬季只开一台设备，送风温差 $\Delta t = \frac{18000}{1000 \times 1.2 \times 0.24} = 5.2$ (°C)，送风温度为 $24 - 5.2 = 18.8$ (°C)。

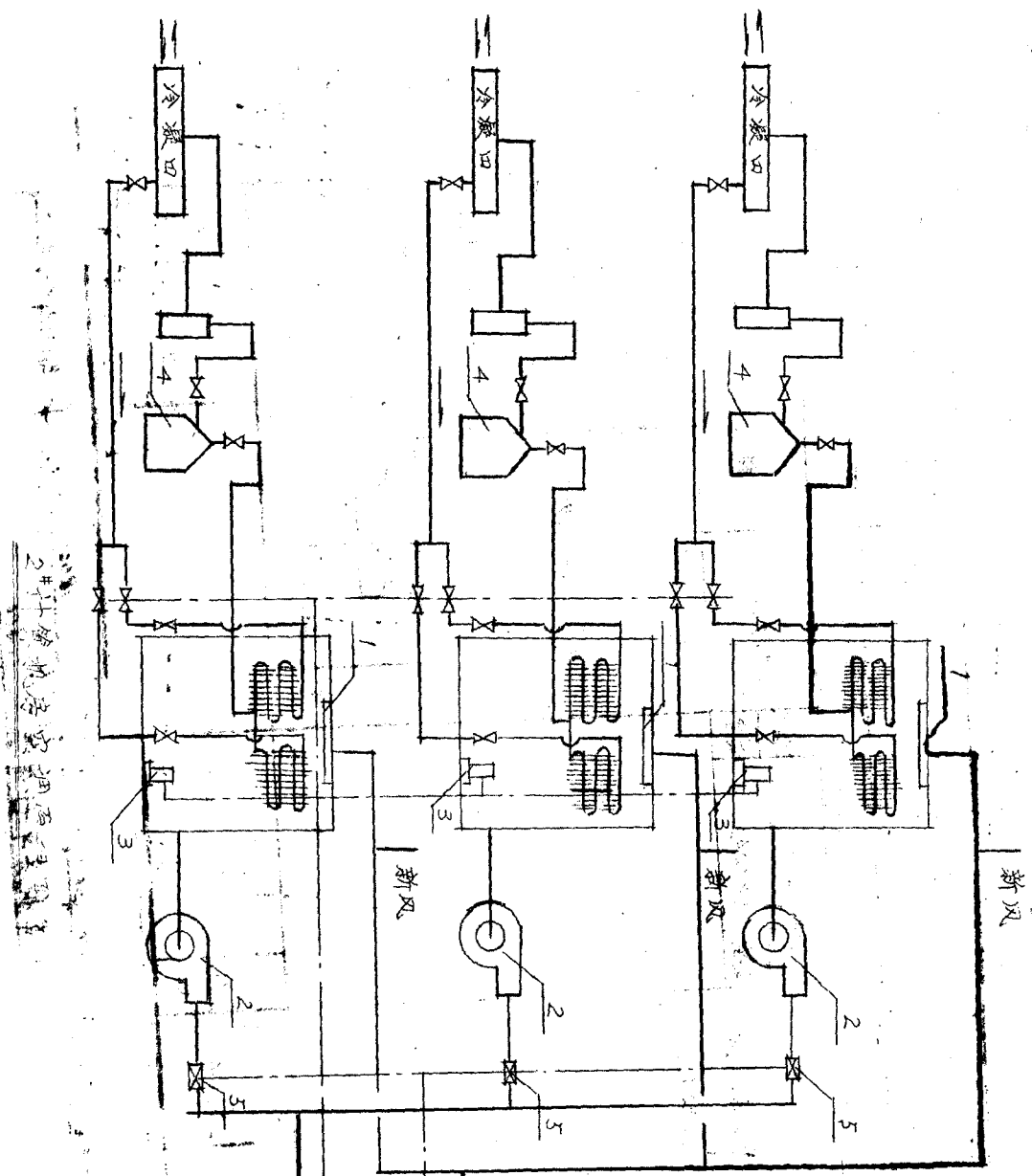
(5) 消防：采用手提式 CO₂ 灭火器，天津消防器材厂生产。

(6) 计算机房不设暖气，附属房间的暖气上下水设计不另述。

3. 1# 计算机房简介：1# 计算机房内有两台由法国进口的 CYBER 174 型计算机，主机柜及扩充盘心贮存口在机柜内部自带冷却装置，有 80% 的发热量由冷却装置带走，其余热量及其它机柜发热量由设在计算机房内的四台空调口带走，四台空调口总耗电 300 瓩（其中一台备用），新风另设一个空气处理系统，采用顶送方法送至室内。（详见原理图）。

序樓





注：①铂电阻温度计。

②电接点水银温度计。

1. — 细孔泡沫塑料过滤器。

2. — 4-72-11 型 BC 风机。

3. — 电加湿器。

4. — 4F-10 压缩机。

5. — 电加热器。

