

空调车间建筑设计

第一机械工业部第六设计院

中国建筑工业出版社

李超明 著

空调车间建筑设计

第一机械工业部第六设计院

中国建筑工业出版社

本书主要介绍机械工厂空气调节车间（通称恒温恒湿车间）的建筑设计，但不包括洁净车间，其中以使用和制造精密机床的空气调节车间为重点，对其它工厂空调车间设计也有参考价值。对空调车间的建筑平、剖面设计、建筑热工设计特点、围护结构构造等作了较详细的介绍，同时也介绍了与空气调节车间建筑设计有关的工艺要求、空气调节与制冷、隔振、电气照明和自动控制、给排水等方面的专业要求、供配合方案设计时参考。

读者对象为建筑设计人员、基建人员和有关大专院校师生。

空调车间建筑设计

第一机械工业部第六设计院

*

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

*

开本：787×1092毫米1/16 印张：18 1/8 字数：441 千字

1980年1月第一版 1980年1月第一次印刷

印数：1—17,750册 定价：1.45元

统一书号：15040·3664

前 言

随着我国工业现代化的发展,要求机械工业能够生产质量更高的精密产品。这些精密产品的制造,需要建立许多具有以控制温湿度为主的空气调节车间(通称恒温恒湿车间)。

为了满足机械工业建造空调车间的需要,进一步总结交流空气调节车间的设计经验,我们编写了本书。内容力求以设计和生产需要出发,尽量多介绍实例、简易计算方法及图表、技术经济指标等,以便在设计中应用。本书内容以建筑设计为主,考虑到空调车间设计是一个多工种综合性较强的车间,因此,对工艺、空气调节与制冷、隔振、自动控制、给排水等与建筑设计有关的专业要求也作了介绍。书中吸取目前工艺及空调设计的实践经验,采用了按季节变化的温度参数,研究了空气温度与工件温度的关系,把注意力从空气温度转移到工件或设备温度上来。建筑方面在总结建筑布置和构造经验的基础上,提出了空调车间平面布置原则和各种围护结构构造方案及技术经济指标;分析了 K 、 D 值与空调设计的关系;根据我国的气象条件,提出了围护结构隔汽层的合理位置及图表计算方法;通过测定、分析,提出了空调车间地面保温的范围和措施。同时也介绍了空调车间常用设备隔振基础的设计方法及隔振措施,隔振元件的计算方法及规格。其他还根据空调冷冻设备的设置情况,提出了建筑参数面积指标以及空调车间耗冷量指标;根据国内的实践经验及理论推算,提出了采用天然冷源的条件和一些数据。

在本书编写过程中,得到了许多工厂、学校、科研和设计单位的支持和帮助,并提供了许多宝贵资料,在此表示感谢。由于我们实践经验不足,水平不高,书中难免有缺点和错误,欢迎读者指正。

参加本书编写工作的有:李德川,龙天振,王永涵,秦敏知,陈德浩,张家平,施俊良,顾寒芳。

第一机械工业部第六设计院

一九七八年四月

目 录

第一章 工艺要求

第一节 温湿度要求的基本概念	1
第二节 生产环境对精密产品制造和使用的影响	2
第三节 需要在空调车间生产的产品	9

第二章 车间设计

第一节 机械工厂空调车间分类和组成	13
第二节 车间位置的选择	14
第三节 平面设计	15
第四节 剖面设计	28
第五节 立面设计	37
第六节 结构选型	40
第七节 防火要求	43
第八节 色彩	44
第九节 经济分析	45

第三章 空调车间辅助房间设计

第一节 空调、制冷机房	47
第二节 生产辅助间设计	53
第三节 生活间设计	54

第四章 热工设计特点

第一节 选择 K 、 D 值的几个问题	59
第二节 传热系数 K 值的确定方法及其计算	65
第三节 热惰性指标 D 值的确定方法及其计算	73
第四节 隔汽及防潮	75
第五节 地面保温	85

第五章 围护结构构造

第一节 保温墙	92
第二节 内隔墙	104
第三节 保温屋面及顶棚	105
第四节 楼面及地面	112
第五节 地下室的围护结构	116

第六章 门窗及细部处理

第一节 门	118
第二节 窗	127
第三节 围护结构细部处理	131
第四节 装修细部处理	137

第七章 隔振基础设计

第一节 概述	142
第二节 隔振措施	145
第三节 设备的隔振	149
第四节 隔振材料及隔振器	153
第五节 隔振基础计算	172

第八章 空气调节与制冷

第一节 空气调节系统	183
第二节 制冷系统	195
第三节 空调系统与建筑设计有关的问题	205
第四节 空调机房和制冷机房	213

第九章 给排水

第一节 空调车间的用水	216
第二节 给排水系统	219
第三节 循环水构筑物	221
第四节 给排水管道	224

第十章 电气照明和自动控制

第一节 电气照明	225
第二节 自动控制	231

附录

附表1-1 座标镗床使用和装调环境温度	244
附表1-2 螺纹磨床使用和装调环境温度	244
附表1-3 齿轮磨床使用和装调环境温度	245
附表1-4 高精度精密滚齿机使用和装调环境温度	245
附表1-5 高精度精密丝杠车床使用和装调环境温度	245
附表1-6 高精度精密刻线机使用和装调环境温度	246
附表1-7 高精度磨床使用和装调环境温度	246
附表1-8 工具产品加工和装调环境温度	246
附表1-9 精密滚动轴承加工和装配环境温度	246
附表1-10 仪器仪表使用和装调环境温度	247
附表1-11 光学玻璃冷加工环境温度	247
附表1-12 长度计量室环境温度	248
附表1-13 热学、力学、电学计量室环境温度	248
附表1-14 一些行业常用的相对湿度	248
附表2-1~2-5 技术经济指标汇总(示例)	249
附表4-1 建筑材料的热工计算指标	254
附表4-2 常用建筑材料的厚度 δ 、热阻 R 、蒸汽渗透阻 H 及热惰性指标 D 计算值	259
附表4-3 保温材料规格、性能、产地、价格	264
附表4-4 大气压 $B=755$ (mmHg) 时在各种温度下的最大水蒸汽分压力 E 值 (mmHg)	266
附表4-5 不同温度和相对湿度下的露点温度 (标准大气压)	268
附表4-6 室外气象参数	268
附表5-1 内表层或贴面层常用材料	270

附表7-1 空调机组及压缩冷凝机组的实测数据	271
附表7-2 OFD刻线机实测振幅值	271
附表7-3 TJ ₁ 型弹簧隔振器技术性能	272
附图7-1~7-6 几种型号压缩冷凝机组隔振基础	273
附表8-1 常用空调机组主要规格	276
附表8-2 W型金属空调机主要规格	278
附表8-3 JW型金属空气调节器主要规格	278
附表8-4 卧式非金属空调器主要规格	278
附表8-5 卧式金属空调器主要规格	278
附表10-1 不带反射罩荧光灯单位面积安装功率 (瓦/米 ²)	279
附表10-2 带反射罩荧光灯单位面积安装功率 (瓦/米 ²)	279
附表10-3 高压水银荧光灯 (JS-300、GGY250) 单位面积安装功率 (瓦/米 ²)	280
附表10-4 配照型工厂灯单位面积安装功率 (瓦/米 ²)	280
附表10-5 伞形灯单位面积安装功率 (瓦/米 ²)	281
附表10-6 圆球型灯单位面积安装功率 (瓦/米 ²)	281
图表 围护结构内部温度计算图表	282
图表 围护结构内部 e_x 计算图表	283
主要参考文献	284

第一章 工 艺 要 求

随着机械工业的不断发展,产品精度不断提高,在常温下的普通车间已不能满足高精度产品的生产和精密工艺的要求,只有在室内温度、湿度和灰尘得到控制的空气调节(以下简称空调)车间内才能满足生产需要。

高精度产品和精密工艺需要对生产环境加以控制的主要原因是:

1. 保证高精度设备的原始精度,使之能够正常工作。
2. 保证高精度产品的装配及调试工作顺利进行,以达到预期的精度。
3. 保证高精度零件的正常加工及测量。
4. 保证量值传递的准确一致。

高精度产品往往对生产环境的温度、湿度、灰尘、振动等其中之一项或几项需要控制,主要是根据产品和工艺的不同而异。

第一节 温湿度要求的基本概念

一、空调区域

空调区域是指空调车间内部空调的有效区域。车间内虽采取了空调措施,但并不是车间(或房间)内任何一处都能达到设计的空调温度参数,由于设备的高度、送风方式、室内热源和建筑围护结构的热工性能等不同,对空调区域都有影响。在一般无高大精密设备(设备高度在2米以内)的车间内,空调区域高度可在2~2.5米,如装有高大设备,则其高度以高于设备(仅指精密设备而言,起重设备等不包括在内)0.3~0.5米为宜。通常所指空调区域是指:离外墙内0.5米、离地面0.3米至高于精密设备0.3~0.5米范围内的空间区域。

二、温(湿)度基数

温(湿)度基数是指空调车间内设计所规定的空气温(湿)度。不同的产品,不同的工艺,不同的工作,可采用不同的温(湿)度基数。如计量室以20°C为常年温度基数;多数精密机床车间可采用随季节变化的温度基数,例如冬季为17°C,夏季为23°C,春、秋季节为20°C等。

三、空调精度

空调精度就是空气温度和相对湿度的调节精度,分别用温度偏差和相对湿度偏差来表示。

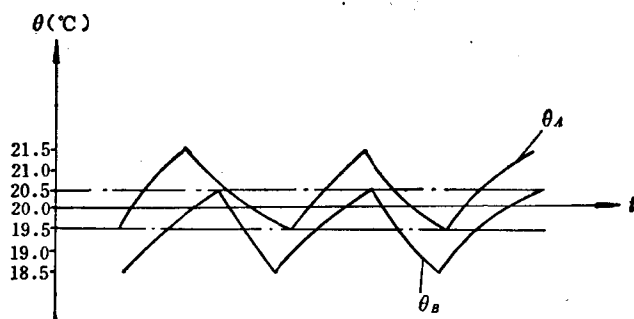


图 1-1 室温(A、B点)波动曲线
 θ_A —A点空气温度波动曲线; θ_B —B点空气温度波动曲线

假定某个房间的温度基数为 20°C ，房间内A点和B点的温度分别在 $19.5\sim 21.5^{\circ}\text{C}$ 和 $18.5\sim 20.5^{\circ}\text{C}$ 范围内变化；平均温度分别为 20.5°C 和 19.5°C ，如图1-1所示。

A点温度的调节精度是：较温度基数 20°C 上偏差 $+1.5^{\circ}\text{C}$ ，下偏差 -0.5°C ，平均值偏差 $+0.5^{\circ}\text{C}$ ；B点温度的调节精度是：上偏差 $+0.5^{\circ}\text{C}$ ，下偏差 -1.5°C ，平均值偏差 -0.5°C 。通常把平均值偏差叫做静态偏差，相对于平均值的变化范围叫做动态偏差。以上面例子来说，A点的静态偏差为 $+0.5^{\circ}\text{C}$ ，动态偏差为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，写作 $\theta_A = 20.5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。同样， $\theta_B = 19.5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

如果在某个空调区域内，A点的平均温度最高，B点的平均温度最低，那末A、B两点温度的平均值之差叫区域偏差。以上面例子来说，区域偏差为 1°C 。

关于相对湿度，同样有上偏差、下偏差、动态偏差、静态偏差和区域偏差这样几个概念。如果房间的相对湿度基数为 50% ，而A点和B点的相对湿度分别在 $46\sim 58\%$ 和 $42\sim 54\%$ 范围内变化，或者写成 $\varphi_A = 52 \pm 6\%$ 和 $\varphi_B = 48 \pm 6\%$ ，静态偏差分别为 $+2\%$ 和 -2% ，动态偏差为 $\pm 6\%$ ，区域偏差为 4% 。

通常所说的室温或相对湿度允许波动范围是指工作区的空气温度或相对湿度偏离其基数的允许差值。本书所说的空调精度即室温或相对湿度允许波动范围。

第二节 生产环境对精密产品制造和使用的影响

一、空气温度

(一) 温度与产品、工艺的关系

金属具有热胀冷缩的特性，这种特性对普通精度的产品和零件的影响不大，但对于高精度的设备和零件则不一样。空气温度的变化，会引起产品和零件的温度变化，以致零件的尺寸也随之而变化。精密零件的尺寸精度很高，其制造误差往往以微米计，由于配合间隙很小，温度的微量变化，都有可能产生精度超差，甚至造成产品报废。因此，在精密机械工业中，必须对空气温度加以控制。例如，测量长度为 500毫米 ，累积误差为 1.5微米 的精密线纹尺，当工件温度波动范围超过 0.26°C 时，即会出现超差。对于那些以光波的波长为长度标准的测量仪器，由于光波的波长随温度、气压、湿度而变化，因此必须首先控制室内的温度。从计算得知，测量长度为 1000毫米 ，当空气温度变化 1°C 时，氦氖激光波长要变化 0.929微米 。

空气温度还会影响精密基础零件的几何精度。因此，在刮研和装配这些零件时，须保持车间温度的稳定。当测量某些产品的定位精度时，车间的温度基数还必须保持在 20°C 。

此外，空气温度还会影响加工质量和效率。如钢球精研时，为了防止研磨膏中的煤油挥发过快，使研磨膏变稠而影响钢球表面加工质量，要求室温控制在 28°C 以内。光学玻璃的抛光质量和效率也和室温有密切关系，温度过低，抛光效率降低，温度太高，抛光胶的粘度减小而产生塑性变形，影响加工精度。

近几年，许多单位为了确定温度基数探讨了精密机械加工对温度的要求，他们曾在下列几方面进行了测试。

1. 温度对座标定位精度和孔距加工精度的影响

在测量座标镗床的定位精度中，由于检定用的标准尺和定位元件间的线膨胀系数的不

同, 其差异最大为 $\pm 1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 左右, 若温度基数 20°C 偏离 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 时, 则附加的误差将达小型座标镗床定位精度的30~38%, 中大型座标镗床定位精度的50~70%; 当温度基数 20°C 偏离 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 时, 附加的最大误差将达小型座标镗床定位精度的50~63%, 中大型座标镗床定位精度的 83~113%。因此, 测量机床的定位精度时, 温度基数必须严格控制在 20°C 。

许多工厂的座标镗床都不在 20°C 室温下使用。为了研究温度对孔距加工精度的影响, 曾将25个铸铁件在不同的温度(温度基数分别为 15°C 、 17°C 、 20°C 、 23°C 和 25°C , 空调精度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$)下进行加工试验, 被加工的157个孔距尺寸没有一个尺寸由于温度基数的改变而超过加工允许误差。这是因为在温度基数改变后, 在加工中仅对其中少数座标点带来误差, 而其余大部分点仍在机床允许误差之内。此外, 实际零件加工的精度要求往往低于机床能达到的加工精度, 据调查统计, 机床的精度储备为一倍, 且孔距精度要求高的, 其孔距尺寸往往较短(<100 毫米), 因此, 改变温度基数, 不会影响孔距加工精度。应当指出, 当加工有色金属工件时, 因其线膨胀系数多在 $25 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 左右, 所以改变温度基数后造成的孔距误差相当于普通钢、铁件的7~14倍。因此在加工高精度有色金属工件的孔距时, 应保持室温基数为 20°C 。

2. 温度对精密螺纹加工的影响

有些单位曾在 17°C 和 23°C 下进行磨削高精度丝杠的试验, 结果均能满足精度要求。影响螺距累积误差的主要因素是机床本身热源。无论是精密丝杠车床还是螺纹磨床, 当加工时, 其冷却油温往往高于室温 $6\sim 7^{\circ}\text{C}$, 工件温度亦较室温高出 $2\sim 3.5^{\circ}\text{C}$, 机床的母丝杠也有温升。但室温和机床热源所造成的螺距累积误差, 用机床的螺距温度校正尺均能消除。因此, 对于加工精密螺纹, 适当改变温度基数是可以的。至于带有临床丝杠测量装置的螺纹磨床, 为了确保量值的准确一致, 仍取常年温度基数为 20°C 为宜。

3. 温度对齿形加工的影响

原则上, 圆分度的精度只取决于环境温度的稳定, 适当改变温度基数, 对加工精度没有什么影响。如高精度分度蜗轮母机和磨齿机在不同温度基数下进行调试和加工, 机床的几何精度不受温度基数的影响, 加工零件均能达到JB162-60标准3级精度。

4. 温度对设备的几何精度的影响

从一个大零件分析, 只要零件各部位的材料相同, 而且材料的线膨胀系数相同, 那末其几何精度就不受温度基数改变的影响。

通过对九台不同类型高精度机床在不同温度下进行几何精度测定的结果表明, 大多数项目在允许误差范围之内, 而且数据在各个温度基数下基本一样, 仅有5%的数据超差。因此, 适当改变温度基数对机床的几何精度影响是不大的。

5. 温度对设备维护和使用性能的影响

精密设备往往都有精密轴系, 轴系的配合间隙要求很严, 通常以微米计。配合间隙的改变对设备的磨损状况有重要的影响, 甚至影响设备的正常使用。因此, 研究温度对配合间隙的影响是很重要的。通过对座标镗床主轴套筒间隙试验, 当空气稳定在不同的温度时, 实测和计算确定的间隙十分吻合。当温度基数升高时, 间隙减小; 反之, 间隙增大, 但变化均不大。也就是说, 在温度基数为 20°C 时制造的机床, 在 17°C 或 23°C 的温度基数下使用, 套筒间隙将有 ± 0.65 微米的变化, 并不影响维护和使用。其它类型的精密机床也是如此。

改变温度基数对使用性能和传动效率的影响也不大。当温度基数偏离于 20°C 达 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 时,座标镗床的套筒手柄进给力变化约为 ± 1 公斤,仅占温度基数为 20°C 时进给力的 $1/3 \sim 1/4$ 。不同温度下空运转的温升无明显的变化,并不发生抱轴现象,这说明适当改变温度基数,传动效率基本相同,对摩擦损耗基本不发生影响。

6. 温度对设备装调的影响

在高精度设备的装调工作中,以大件的精刮研、装调、现场的计量检查、设备的精调和精度交检等与温度关系最大。

前文已说过,温度对零件和设备的几何精度的影响不大,所以在装配过程中,可以适当改变温度基数。但对属于长度精度的精调和交检,如座标镗床的定位精度,则要求温度基数保持在 20°C 。总的说来,高精度设备的装调应比设备的使用对温度基数要求严一些。对于机床和静态工作的精密长度计量仪器,则要分别对待,对于后者,不但需要保持 20°C 的温度基数,而且要严格控制一定的温度精度。但对于机床的使用,一般可适当偏离 20°C ,要求温度相对稳定即可。

(二) 温度参数的选择

过去,我国大多数空调车间均以 20°C 作为常年的温度基数。由于夏季要把炎热的气温降至 20°C ,冷负荷大,增加基建投资和运行费用,提高精密产品的成本。早在1965年,一些单位就着手进行改变温度基数的试验研究。目前已有一部分单位实行按季节变化的温度基数(即夏天 23°C ,冬天 17°C ,春、秋季为 20°C)进行生产,经数年的实践,不但满足生产的要求,而且节约了大量运行费用。以一个空调面积为3000平方米的空调车间为例,由于采用了上述的按季节变化的温度基数,全年节约电20万度,夏季每天节约电2000度、节约水40吨,收效很大。而且工人感觉舒适,减少疾病,反映良好。这是符合国情,符合多、快、好、省的措施。

根据不同的产品和不同的工艺,对空气温度的要求可分为三种:

1. 全年室温控制在一定范围内,不控制温度基数和波动范围。采用这种温度参数的有以下几种:

- (1) 光学玻璃的冷加工。
- (2) 一些仪表的装调。
- (3) 大型电子计算机的使用。

2. 不严格控制温度基数,全年室温在一定范围内,对温度精度稍加控制($\pm 1 \sim 2^{\circ}\text{C}$)。采用这种温度参数的有以下几种:

- (1) 光学量仪的装配调试。
- (2) 精密轴承的磨削加工和装配。
- (3) 工具行业中精密齿轮刀具的精加工。
- (4) 部分高精度精密机床的使用和装调。

3. 严格控制温度基数和温度精度($\leq \pm 1^{\circ}\text{C}$),采用这种温度参数的有以下几种工艺。

- (1) 长度计量室。
- (2) 精密刻划工艺。
- (3) 以光波的波长为长度标准的测量仪器。

(4) 部分高精度精密机床的使用和装调。

一些行业常用的温度参数见附表 1-1~1-13。

(三) 工件温度波动与室温波动的关系

在空调车间内, 常用电接点、水银温度计和电子继电器 (晶体管继电器) 来控制电加热器的通断, 使室温在允许的精度范围内波动, 而且波动周期一般不超过半个小时。由于工件 (设备) 的热惯性比较大, 工件温度的波动比室温波动要小得多, 衰减倍数 k 主要与工件的横断面尺寸和形状, 空调区空气的流速和室温波动周期有关。经计算, 当空调房间工作区的风速为 0.1 米/秒时, 线纹尺和丝杠 (直径 $d=4.5$ 厘米) 对室温波动 (周期为半小时) 的衰减倍数分别为 11.3 和 12.8, 而当风速为 0.3 米/秒时, 衰减倍数分别为 6.5 和 7.4。工件温度波动与空气温度波动的关系如下式:

$$\Delta t_d = k \cdot \Delta t_1 d \quad \text{式 1-1}$$

式中 $\Delta t_1 d$ —— 工件温度波动幅度 ($^{\circ}\text{C}$);

Δt_d —— 空气温度波动幅度 ($^{\circ}\text{C}$);

k —— 工件对空气波动的衰减倍数。

表 1-1 列出了室温波动周期为 0.5 小时时, 实测工件温度波动和室温波动的关系。

实测工件温度波动与室温波动的关系

表 1-1

室温波幅 ($^{\circ}\text{C}$)	线 纹 尺		备 注	室温波幅 ($^{\circ}\text{C}$)	丝 杠		备 注
	温度波幅 ($^{\circ}\text{C}$)	k			温度波幅 ($^{\circ}\text{C}$)	k	
± 0.55	± 0.05	11		± 0.55	± 0.035	15.7	$d_e=7$ 厘米
± 0.35	± 0.035	10		± 0.55	± 0.055	10	$d_e=4.5$ 厘米
± 0.7	± 0.055	12.7		± 0.35	± 0.033	10.6	$d_e=4.5$ 厘米
				± 0.7	± 0.05	14	

注: 线纹尺的一面贴着桌面, 不与空气进行热交换, 一般实测的 k 比计算的 k 要大一些。 d_e 为工件的当量直径。

如果工件用罩子罩起来, 由于罩内空气是静止的, 工件与空气之间的热交换进行得更缓慢, 所以, 工件对罩内空气温度波动的衰减倍数将更大。如对于线纹尺, 计算的 k 值可达 25。因此, 在提工艺要求时, 注意不要将设备或工件温度的允许变化值作为室温的设计参数。否则就会不适当地提高空调标准, 增加基建投资。

例题: 设 $20 \times 20 \times 500$ 毫米的钢制精密线纹尺, 其累积误差为 0.0015 毫米, 试求此线纹尺温度的允许变化值及其对室温精度的要求 (不采用局部密闭措施和采用局部密闭措施两种情况)。

解 线纹尺的允许误差是综合的误差, 包括加工误差、测量误差和温度误差。通常因温度变化引起的变形误差为总误差的 $1/3 \sim 1/5$ 。令温度变化产生的变形误差为 Δl 。

设 $\Delta l = \frac{1}{5}$ 累积误差 = 0.0005 毫米

$$\Delta l = l \cdot \alpha \cdot \Delta t_1$$

式中 l —— 线纹尺的全长 (毫米);

α —— 线纹尺的线膨胀系数 = $11.5 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$;

Δt_1 —— 线纹尺偏离 20°C 的允许温度 ($^{\circ}\text{C}$)。

$$0.0005 = 500 \times 11.5 \times 10^{-6} \cdot \Delta t_1$$

$$\therefore \Delta t_1 = 0.09^{\circ}\text{C}$$

为了保证线纹尺达到允许的精度，线纹尺的温度波动允许范围为 0.09°C ，其波动幅度 $\Delta t_1 d$ 为 $\pm 0.045^{\circ}\text{C}$ ，用 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ 。将 $\Delta t_1 d = \pm 0.05^{\circ}\text{C}$ 代入式1-1

得 $\Delta t d = \pm k \cdot 0.05$

线纹尺置于室内，不采用局部密闭措施，根据表1-1，取 $k=10$ 。

$$\therefore \Delta t d = \pm 10 \times 0.05 = \pm 0.5^{\circ}\text{C}$$

当线纹尺置于局部密闭罩内时， $k=25$

$$\therefore \Delta t d = \pm 25 \times 0.05 = \pm 1.25^{\circ}\text{C}$$

从以上例题看来，工件是否采取局部密闭措施，对室温精度的要求，相差达两倍之多，对土建、空调和自动控制均有影响，因此，对那些须严格控制空气温度波动范围的设备，应设法采取局部密闭措施，以减少空气温度的波动。

需要特别指出，在多次的测试中，均发现不论空气温度是如何稳定，机床本身的热源是造成机床和工件温升的主要原因，甚至引起机床和工件的热变形，要减少机床或工件的热变形，空气温度是无能为力的。所以，开展对设备的冷却系统和润滑系统附加恒温装置，以减少设备或工件的热变形，从而改变对室温要求的研究，是值得今后予以重视的课题。

二、空气的相对湿度

在机械工厂中，设备和工件的锈蚀和发霉与空气的相对湿度有关，相对湿度的大小，也影响工人的劳动卫生条件。

金属（钢铁）锈蚀的主要原因，是空气中含有侵蚀性成分如 SO_2 、 H_2S 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 等引起的氧化反应，此种反应在水溶液中进行要比在干燥状态下快许多倍。如将铁放在相对湿度为70%以上的空气中，很容易生锈，而在相对湿度为30%以下的空气中，长时间内都不会生锈。

精密机械一般都带有光学部件，因而既要注意锈蚀问题，还要考虑发霉问题。光学玻璃的主要成分是 SiO_2 ，水能使之分解，因此，玻璃发霉与空气的湿度关系最大。

空气中相对湿度的变化对光学部件的加工有影响，如影响胶合质量，影响真空镀膜和化学镀膜的质量。

相对湿度过高时，电气元件容易产生失灵现象；相对湿度过低时，设备和工件容易发生静电感应，人也会产生不舒服的感觉。

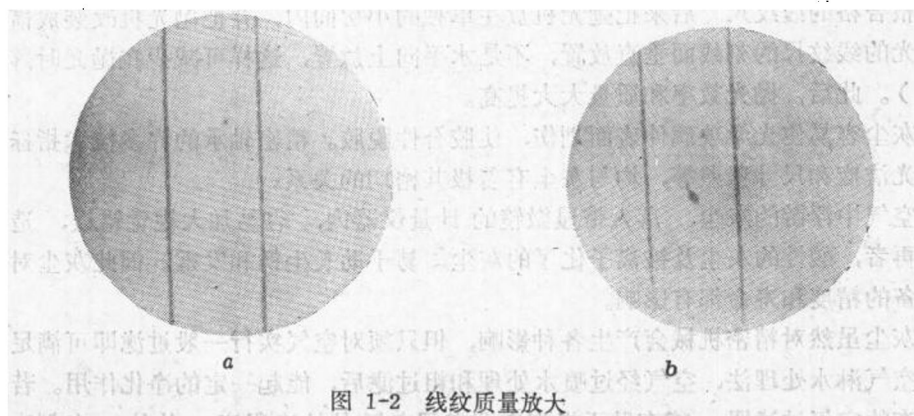
所以，对空调车间的相对湿度，应控制在一定范围内。一些行业常用的相对湿度见附表1-14。

三、振动

超过一定限度的振动，对精密设备（仪器）是很有害的。它可能破坏精密设备的精度，降低加工及装配质量，缩短工具的寿命，以及使机件过早损坏，甚至使工件质量因不合格而报废。过大的振动使精密仪表示值不稳定，妨碍正常的测试，甚至破坏仪表的细小零件。因此，高精度精密设备（仪器）应远离振源或采取隔振措施，以消除或减少振动对精密设备的影响。

振动对精密线纹尺光电瞄准刻划的影响很大。据某机床厂1965年的实测，该厂采用光电瞄准并联机械刻划线纹尺时，刻线机在外界振源（冷冻机、通风机和水泵）的影响下（刻线机、冷冻机和空调系统均无隔振措施），刻出线纹尺的线纹质量很不好，线条不光滑，呈麻花状，示波器显示的波形跳动很大（见图1-2a）。反之，当冷冻机、通风机和

泵停机，于夜深人静之时，示波器显示出的波形仅有微跳，线纹光滑平直，线纹质量合乎要求，线纹精度也达到允许误差以内（见图1-2b）。



在刻划光栅时，即使只有微弱的振动，也会造成严重的质量事故。例如某厂光栅刻线机在外界振动影响下刻划出的光栅（200条/毫米~2000条/毫米），存在着明显的弊病，弊病的程度随振动的加剧而严重，在振动较大的情况下，用肉眼就可观察到振动的痕迹。

振动对加工光洁度也有影响。根据有关单位对多层厂房的实测资料，在机床底座的振动极限速度 $v=0.5$ 毫米/秒时，已不能满足磨床加工光洁度 ∇_7 的需要，只有 $v \leq 0.3$ 毫米/秒才能满足要求。当 $v=0.06$ 毫米/秒时，零件光洁度可以达到 ∇_{10} 。加工光洁度要求愈高，要求振动的极限速度值也愈低。

振动对计量测试也有影响，据某单位测试结果，万能工具显微镜在测内孔时，因受冲击振动，位移达0.4微米，当速度 $v=0.1$ 毫米/秒时，标尺开始跳动，影响正确读数。

总之，由于空调车间是制造和使用精密设备的车间，所以，应根据不同的产品和工艺，采取不同的隔振措施，以确保生产正常进行。

四、灰尘

随着科学技术的迅速发展，要求产品精度愈来愈高，配合间隙愈来愈小，质量要可靠，使用寿命要长久。空气中的灰尘使产品受到污染，是影响产品质量的重要原因之一。因此，对精密机械的防尘要给以足够的重视。

精密线纹尺（或分度盘），其线宽仅0.5~2微米，采用光电瞄准刻线工艺时，任何细小灰尘的沾污，都足以造成废品。某厂采用光电并联刻线法刻划精密线纹尺，有一次在标准尺上某线段处落下一颗用肉眼看不见的灰尘，在该线段处便造成5.1微米的线距误差，使此线纹尺报废。产生这样大的误差的原因是光电瞄准刻线原理，如线纹尺表面没有灰尘，当光电显微镜的光轴通过实线A（标准尺上线纹）的中心时，光电显微镜内两边的光通量相等，在被刻尺上刻下与实线A相对应的一条线。如实线A（图1-3）上落下了一颗灰尘，改变了光电显微镜内部的光通量比例，当光轴通过A的中心时，两边的光通量不等，因而不刻线，一直等到光轴通过虚线B时，两边的光通量才相等，刻下与虚线B相对应的一刀。这个A、B两线间的距离就是由灰尘造成的误差。

其它如光刻光栅尺，对防尘的要求也很高。

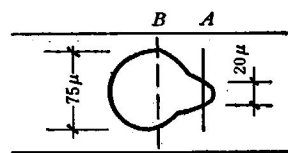


图 1-3

灰尘对镜面光洁度加工的影响也很大,某厂的线纹尺抛光机曾与磨齿机布置在一个房间内,磨齿机虽带有局部除尘装置,但排不尽灰尘。由于灰尘的影响,有时一个月还抛不出一根合格的线纹尺。后来把抛光机放在单独的小房间内,并把抛光机改装成横式(就是被抛光的线纹尺的刻线面垂直放置,不是水平向上放置,这样可减少在抛光时落下灰尘的可能)。此后,抛光效率和质量大大提高。

灰尘容易使光学玻璃件表面划伤,使胶合件脱胶。精密轴承的许多技术指标如摩擦力矩、光洁度和尺寸误差等,均与灰尘有着极其密切的关系。

空气中浮游的灰尘,落入带显微镜的计量仪器内,容易加大视觉错误,造成测量误差。再者,酸性的灰尘及被离子化了的灰尘,易于助长生锈和发霉。因此灰尘对保持高精度设备的精度和寿命都有影响。

灰尘虽然对精密机械会产生各种影响,但只须对空气实行一般过滤即可满足要求,如采取空气淋水处理法,空气经过喷水处理和粗过滤后,能起一定的净化作用。若能采用无纺毡布的空气过滤器,能有助于提高空调车间空气的洁净程度。此外,在划分空调系统时,尽可能把不同洁净度的房间分在不同的系统里,这样可保证对防尘要求严格的房间的洁净,以减少相互之间的污染。对机械工厂以外有更高洁净要求的车间应采取的措施不属本书范围内。

五、噪声

不超过一定声压级的噪声对精密设备和精密工艺不产生影响。由于空调车间大多采用密闭形式,较大的室内噪声会引起人们的不适,且空调车间内有的房间,需要安静的环境,例如计量室和一些精密磨床间。精密磨床在进行镜面磨削时,需要采取无火花磨削,工人凭耳朵听砂轮与工件接触的声音,来判断磨削情况,虽然空调系统噪声和砂轮磨削声音的频率不同,但过大的空调系统噪声会妨碍工人倾听磨削声音。因此,设计空调车间时应考虑如何减少室内噪声。

值得注意,由于声波的传递,过大的噪声会引起某些精密仪器的振动。有关单位曾对空调房间的噪声引起的振动进行过测定,当室内噪声的声压级达到98分贝时,在工作台上产生的振动速度达0.55毫米/秒,为50~60分贝时的5倍之多。

空调房间内的噪声,来自室外及室内两方面。室外的噪声主要来自车间空调系统,通过风管传到室内,至于车间外其它的音响,由于许多空调车间是密闭的,又有较好的隔热性能,对声音的隔绝,起了一定的作用,不致影响车间正常生产。

空调系统的噪声,就是指通风机、水泵和冷冻机等设备所产生而经风管传进车间内的声音。其中以通风机的噪声最为严重,直接影响车间内噪声的声压级。有关单位曾测定,通风机的噪声属于低频(31.5~250周/秒),在离通风机(风机型号为8*,转速为680转/分)一米处,噪声高达114~130分贝。在装有四套送、回风机的空调机房中(风机型号为6*、7*、8*、9*各一套)噪声高达86分贝。因此,空调车间应该考虑通风机噪声的影响,应采用风机转子经过平衡的、转速低的通风机,有利于减少空调系统的噪声。

至于车间内部生产设备的噪声,因这些设备大多属于精密设备,工作时的噪声比较小。经测定,高精度精密机床的齿轮噪声属于中频范围,频率在500~1000周/秒,声压级大多在75分贝以下。

实测证明,在空调车间内,精密机床的齿轮噪声对通风机噪声的干扰甚少,前者属中

频（频率为500~1000周/秒），后者为低频（频率为31.5~250周/秒）。机床开动与否，在低频段，通风机噪声声压级差2~8分贝；通风机开动与否，在中频段，机床齿轮噪声只差0~7分贝。因此，空调房间的通风机噪声，一般不会影响对精密机床齿轮噪声的测定。

经调查，空调房间的声压级为50~65分贝（频率为31.5~250周/秒）时，能够适应生产的要求，只要采取一般措施如采用低转速的、转子经过平衡的风机，空调房间与空调机房间有良好的围护结构，管道不一定装设消音装置，也能达到上述的声压级范围。

六、照明

由于空调车间是制造和使用精密设备的车间，需要较高的照度值，否则容易造成视觉误差引起产品返修甚至报废。但也有的工作需要较低的照度值，如电学计量室使用光电检流计等仪器，为了便于看清光点读数而要求低照度；又如光学零件的照相刻划，则要求在暗室内工作等。

总之，空调车间的照度值要比普通车间的照度值为高。

第三节 需要在空调车间生产的产品

在机械工业中，需要在空调车间内进行生产的行业有：机床、工具、轴承、仪器仪表、光学玻璃、无线电、电子计算机、航空、国防尖端工业和计量部门等。以上这些行业，并不是全部产品和所有工序都需要在空调车间内生产，而只是其中的高精尖产品、精密零部件的关键工序有需要。下面简略介绍机床、工具、轴承、仪器仪表、光学玻璃和计量部门对生产环境的要求。

一、机床

在机床行业中，大多数高精度精密机床需要在空调车间内进行生产和使用。高精度精密机床（以下简称精密机床）分十二类，表1-2为各类精密机床的加工精度。

高精度精密机床的加工精度

表 1-2

序号	机 床 名 称	项 目	精 度	序号	机 床 名 称	项 目	精 度	备 注
1	坐标镗床	定位精度	3~8微米	10	高精度平面磨床	工件光洁度	$\nabla_{12}\sim\nabla_{14}$	也可不在 空调车间内 生产和使用
2	坐标磨床	定位精度	4微米			工件不平度 及不平行度		
3	螺纹磨床	丝杠精度等级	4~6级			工件光洁度	5微米/米 ∇_{10} 以上	
4	齿轮磨床	齿轮精度等级	3~5级					
5	高精度长刻线机	刻线误差	1~5微米/米	11	螺旋伞齿轮加工			
6	高精度圆刻线机	刻线误差	$\pm 1\sim 5$ 秒	12	高精度车床	齿轮精度	5级	
7	高精度滚齿机	齿轮精度等级	3~5级			工件不圆度	1微米	
8	高精度丝杠车床	丝杠精度等级	5~6级			工件锥形成	1微米/ 100毫米	
9	高精度外圆磨床	工件不圆度	0.5微米			工件光洁度	$\nabla_{10}\sim\nabla_{12}$	
		工件锥形成	1微米					

在普通的机床厂或其它机械工厂中，如果仅在工具车间或有关车间有一台或少量几台精密机床，而其负荷率又不高，可采取简易措施来解决温度的稳定问题，如可集中在春、秋季或温度最适宜的时间生产及采取简易升降温措施。精密机床制造厂由于精密机床数量较多和负荷率较高，因此，常集中建设空调车间，一般分两个工段：精密加工工段和精

密装配工段。

（一）精密加工工段

精密机床的产品精度虽高，但仅是少数关键精密零部件的精度比较高，即使是这些零件，也只是其精加工工序才放在空调车间内。

不同的产品有不同的精密零件。因此，空调车间设置的精密机床品种，将根据生产纲领而定，并不是所有空调车间都设置相同的机床。

（二）精密装配工段

精密机床的精度虽然很高，但并不是所有装配工作都需要在空调车间内进行，大多数的部件装配工作，基础件粗刮研和产品的预装工作，均可在常温下进行。精密装配工段只须考虑精密部件装配（如主轴部件、主轴箱部件和转台部件等）、主要基础件的精密刮研、机床总装、精度调整和试车工作。因此，精密装配工段一般分精密部装和精密总装两部分。

除本行业外，不少行业都采用精密机床。如航空工业中大量使用座标镗床、齿轮磨床，造船工业中的透平机，化工行业的透平压缩机，汽轮发电机的主传动高速齿轮等都需要重型高精度滚齿机和磨齿机加工。总之，不论那一个行业的精密零件，只要采用精密机床加工，就需要对生产环境加以控制。各种精密机床的使用和装调温度见附表1-1~1-7。

二、工具

（一）量具

在量具生产中，以量块的精度和光洁度要求最高。量块研磨时，机床研磨盘的平面性会因温度变化 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 而产生变化，因而使量块不合格。在精研过程中须经常测量，加工完毕后又须作配套测量，都需要在空调车间内进行。

量具千分尺中的千分螺杆、螺纹塞规和卡尺等，虽然要采用精密螺纹车床、螺纹磨床和刻线机等精密机床，但这些零件都可以在常温下加工。为了加强对精密机床的维护，有的工厂将这些机床安装在条件较好的房间内。

（二）量仪

量仪分光学量仪、机械量仪、气动量仪和电动量仪。仪器的精度高，特别是光学量仪的精度更高，光学量仪大多在计量室内作为精密测量和计量之用。这些仪器的制造和使用需要在空调车间内进行。例如加工光学量仪中的精密线纹尺、圆分划板；齿轮量仪中的标准元件如标准蜗杆、长、圆光栅尺；量仪中的轴系零件；量仪的装配和调整，均须在空调车间内进行。

（三）刀具

刀具的生产大多数在常温下进行，但精密齿轮刀具的精加工工序，如AA级以上的齿轮滚刀精铲齿形，AA级以上插齿刀和A级以上剃齿刀的精磨齿形，均须在空调车间内加工。各类工具产品环境温度见附表1-8。

三、轴承

轴承是机器的重要部件之一。我国轴承精度分为B、C、D、E、（F）和G级。其中G级为普通级，精度最低；B级精度最高。根据国内轴承生产的情况，只有B级、C级轴承、微型轴承和专用轴承在空调车间内生产。

精密轴承的精度和光洁度（ ∇_{10} 以上）要求很高，其磨削加工、装配、检验和包装等