

洁净室空调洁净方案汇总

一、制冷方案

制冷方案应根据供冷要求(耗冷量、供冷方式、冷冻水温等)、工程建设地区的水源情况(水温、水质、水量等)以及电源、热源筹备方面进行技术经济比较。既要求有较好的经济指标,又要考虑当地的可能性。制冷装置的选用是制冷方案确定过程中的中心环节,制冷装置的主要类型如下:

1、压缩式制冷装置压缩式制冷装置包括活塞(往复)式、离心式和螺杆式三种。活塞(往复)压缩式制冷装置的主要设备是活塞式制冷压缩机,常用工质氨(NH₃)、氟利昂—12、22(F—12、22)。这类设备用电动机带动,使用方便,品种多,产品全,能满足各类空调供冷的要求,被广泛采用。但一次投资大,设备费用高,耗电量大,维护管理比较复杂。离心压缩式制冷装置的主要设备是离心式制冷压缩机,常用工质是氟利昂—11、113、114(F—11、113、114)。该机与活塞式制冷压缩机的原理相同,但它只有回转运动,比活塞式运转平稳,振动小、机件少,常与蒸发器,冷凝器组合为一体,设备紧凑占地面积小。离心式制冷压缩机的制冷量较大,因此只有空调耗冷量较大时,才选用这类设备。螺杆式压缩制冷装置的主要设备是螺杆式制冷压缩机,常用工质是氟里昂—12、22、氨(F—12、22、R717)。目前生产的螺杆式制冷压缩机与活塞式相比,虽效率稍低,但由于其结构简单、体积小,吸气系数高、排气温度低、单级压缩比大,对湿行程不敏感,排气脉动小,易损件少,柱修周期长,制冷量可无级调节等优点,因此在各种制冷装置中得到较广泛应用。一般在(120—800)x105kJ/h容量范围内的制冷装置中用该机具有较好的技术经济指标。

2、吸收式制冷装置吸收式制冷装置利用热能制冷。常见的有氨—水吸收式制冷装置和水—溴化锂水溶液吸收式制冷装置。前者适用于低温冷冻;后者适用于空调供冷,制取4℃以上空调或工艺用冷水。溴化锂吸收式制冷中水为工质,溴化锂水溶液为吸收剂。它的优点如下。对蒸汽热源的压力有极大的适应能力,当蒸汽压力为0.02—0.1MPa时,可采用单溴化锂吸收式制冷机,当蒸汽压力为6.0—1.0MPa时,可采用双效溴化锂制冷机。其次设备简单,基本上是热交换器的组合体,容易制造,除小功率的屏蔽泵、真空泵外,无运动部件,因此振动小、运转平稳;设备在真空下工作,工质无嗅、无毒、对人无害,使用安全,操作管理简单;容易实现设备操作自动化,制冷能力可在10%~100%范围内自动调节;对冷却水的水温适应性强,即使达到37~38℃,设备仍能正常运转;节省电能,单机制冷量相同条件下,溴化锂制冷机的耗电量仅为压缩式制冷机的5%左右,这对于供电紧张而热源较充足的地区是很适用的。但是,溴化锂吸收式制冷也有缺点和使用的局限性,主要是溴化锂水溶液在接触空气的情况下,对金属具有强烈腐蚀性,一旦遭到腐蚀,不仅影响传热效果,降低使用寿

命，而且会引起设备损坏，所以要求设备必须严格密封，在运行管理上也需十分注意。

3、蒸汽喷射式制冷装置蒸汽喷射式制冷装置也是利用热能进行制冷的一种设备，以水为制冷剂，以蒸汽为制冷动力。蒸汽的压力要求 0.2—0.8MPa，其主要优点有：设备在真空下工作，除泵以外，无转动件；制冷剂为水，对人无害，使用安全，操作简单；设备简单，容易制造，一般机械工厂或机修车间都可加工制造；设备一次投资小，而且可以安装在室外，节省土建费用；可利用工业企业中的废热或工业企业中的采暖锅炉，冬季供热采暖，夏季供汽制冷。蒸汽喷射式制冷的主要缺点是效率较低，设置专用锅炉和利用小型采暖锅炉供汽是不经济的。冷冻水温在 5℃ 以上时可以采用，在 100℃ 以上时比较经济。其效率随冷冻水温度变化，冷冻水温度越低，消耗蒸汽量越大，效率越低。此外，冷却水量很大，单机制冷量相同条件下，蒸汽喷射式制冷机所需冷却水是为压缩式或溴化锂吸收式的 1.5 倍左右，这对于水源紧张的地区是不宜采用的。

4、热、湿处理方案热、湿处理的过程包括加热、冷却、加湿和减湿。热、湿交换的介质有水、蒸汽、液体吸湿剂和制冷剂。热、湿交换的设备可分为直接接触式和表面式，其中直接接触式包括喷水室和蒸汽加湿器。表面式包括空气加热器，水冷式表面冷却器和直接蒸发式表面冷却器。直接接触式热、湿交换设备的特点是，与空气进行热、湿交换的介质直接和被处理的空气接触，通常是将其喷淋到被处理的空气中去。例如，在喷水室中喷出不同温度的水，可以实现空气的加热、冷却、加湿和减湿等多种空气处理过程。利用蒸汽加湿器喷蒸汽，可以实现空气的等温加湿过程；利用喷淋设备喷淋液体吸湿剂，可以实现空气的各种减湿过程。表面式热、湿交换设备的特点是，与空气进行热、湿交换的介质不和空气直接接触，热、湿交换是通过处理设备的金属表面进行的。例如，在空气加热器中通入热水或蒸汽，可以实现空气的等湿加热过程；而在表面冷却器中通入冷冻水或制冷剂，可以实现空气的等湿冷却或减湿冷却（即干燥冷却）过程等。必须指出，在电加热器和使用固体吸湿剂的空气处理设备中，没有上面提到的那些参与热、湿交换的介质，它们是利用电能加热空气或固体吸湿剂的物理、化学作用吸收空气中的水分。其作用原理与直接接触式和表面式热、湿交换设备有所不同。

常用的热、湿处理方案如下：

（1）加热方案利用空气加热器中通入热水或蒸汽，可以实现空气等湿加热过程，空气加热器通常用于空调系统的一次加热和二次加热，可以提供较大的供热量，并且比较经济。利用电加热器是让电流通过电阻丝发热来加热空气。电加热器有加热均匀、热量稳定、效率高、结构紧凑和控制方便等优点。因此，在空调机组和小型空调系统中应用较广。在恒温精度要求较高的大型空调系统中净化空调系统中，也经常送风支管上使用电加热器来控制局部加热，这就是所

谓的第三次加热或叫精加热。但是，采用电加热器要耗费较多的电能，所以在加热量要求较大的地方不宜采用。

(2) 加湿方案利用普通的蒸汽喷管对空气进行加湿。普通的蒸汽喷管是由略粗于供汽管道的管子组成，上面开有若干直径为 2—3mm 的小孔。蒸汽在管网压力作用下，由这些小孔喷出，混到从蒸汽管周围流过的空气中去，使空气得到加湿。普通的蒸汽管虽然构造简单，容易加工，但喷出的蒸汽往往夹带凝结水滴，影响加湿效果的控制。通常用于湿度要求不严格的系统中。利用干式蒸汽加湿器对空气进行加湿。干式蒸汽加湿器就是在喷管外设一蒸汽保温外套，在保温外套内通入高压蒸汽，因而保证喷管外壁有较高的温度，不至于在管内产生凝结水。蒸汽再经过加湿器筒体、导流箱、导流管和加湿器内的筒体，最后干蒸汽经喷管喷出加湿周围的空气。通常用于大型空调系统中。利用电加湿器中的电能产生蒸汽，不经管道的输送，而将蒸汽直接混到空气中去进行加湿。电加湿器根据工作原理不同，可分为电热式和电极式两种。电极加湿器结构紧凑，加湿量容易控制，所以应用较多。其缺点是耗电量大，电极上易积垢和腐蚀。因此，宜用在小型空调系统中。目前整体式空调机组多采用电极式加湿器，并与压缩机、蒸发器、冷凝器、通风机等一起组装在一箱体内，使用方便。利用喷循环水的方法对空气进行加湿。在淋水室和淋水表冷段，都设有水泵，冬季喷池内的循环水，可以实现对空气的加湿。这种方法处理的风量较大，耗电量少，对湿度易于保证，是集中式空调系统中经常采用的加湿方法。

(3) 冷却干燥方案在淋水室中利用低于空气露点温度的冷冻水对需要处理的空气直接进行喷淋，使其产生热、湿交换，可以实现对空气的冷却干燥处理。这是空调中应用最普遍的方法。淋水室处理空气有以下优点：具有热工性能上的多样性，即可用于降焓、降温、降湿，又可用于增焓、增温、增湿，在不同的季节均能保持较严格的相对湿度。当喷水温度不同时，淋水室可以对空气做不同过程的热工处理。设备比较容易制造，可以现场加工，也可以由专业化工厂制造，现场组装；金属耗量较少，造价较低；可以兼作空气净化用，除去空气中的灰尘，使空气清新，改善工作条件。淋水室处理空气有以下缺点：设备的占地面积大，两排卧式淋水室最小长度为 1.9m，三排最小长度为 2.5m，而表冷器的长度一般不超过 0.6m，淋水表冷器也只是 1.4m。水系统较为复杂，为了适应室外气象条件的变化，一般用改变喷水温度的方法调节，即利用一部分循环水。因此，每套空调器都必须设置水泵；另一方面水系统为开式系统，回水无压力，如回水不能靠重力流出或做它用，则需要设回水箱或回水泵；水与空气直接接触，易受污染变脏，需定期排污并补充新水。利用冷水式表面冷却器处理空气，使产生热、湿交换，可以实现对空气的冷却干燥处理。这也是空调中普遍应用的方法。冷水表冷器与淋水室比较，处理空气能力相近，其优点如下：

(a) 设备的体积小，所需机房面积小，安装简便。

(b) 水系统比较简单, 由于水循环可以采用封闭式系统, 可以省去冷水箱和回水箱以及喷水泵; 水与空气不直接接触, 避免了空气与水的相互污染, 水系统的补水量大为减少。

(c) 输水系统电能消耗低, 每套空调器的表冷器, 无需设置水泵, 表冷器的阻力损耗全部由动力站的冷冻给水泵负担, 尽管表冷器的空气阻力较大, 但处理空气的总耗电量一般都较低。冷水表冷器处理空气有以下缺点: 对空气的处理过程不像淋水室那样具有多样性, 只能实现减焓降湿(即湿式冷却)、减焓等湿(即干式冷却)和增焓升温的一部分(即加热)三种处理过程, 需加湿时, 还须另设加湿器, 不易达到较严格的相对湿度要求, 这是表冷器处理空气的最大缺点。设备制造工艺复杂, 不能现场加工, 只能由专业工厂生产, 现场组装; 金属消耗量大, 一般要消耗较多的有色金属; 造价也较淋水室高, 10000—160000m³/h 八种规格的表冷器与三排淋水室的造价相比较, 平均要高出 30% 以上。无除尘、去味作用。为了消除上述缺点, 增加热交换效率, 也可采用带淋水的表冷器。带淋水的表冷器, 淋水仅作为加湿除尘用。其处理功能可以和淋水室相同, 适用于要求采用闭式冷水系统, 且相对湿度要求严格又不能用蒸汽加湿或用蒸汽加湿不合理时(例如无蒸汽源或不能全天供蒸汽)。利用直接蒸发式表冷器也可对空气进行处理, 实现对空气的冷却干燥处理, 这是小型空调机组普遍采用的方法。直接蒸发式由于采用制冷系统中的蒸发器作为空气冷却器, 因此设备简单, 体积小, 占地面积小, 初投资也最省; 但冷媒的管路损失大, 要求密封严格, 故蒸发器与冷冻机距离不宜拉得很远, 一般一台冷冻机的蒸发器供给一个送风系统, 组成整体式机组。直接蒸发式表冷器不易调节, 不易保持严格的相对湿度, 一般用于相对湿度无严格要求的系统。

二、送风方案

普通的空调送风方式可分为集中式和局部式两种。另外, 净化系统需要粗效、中效和高效过滤器, 结合空调与净化的双重要求, 净化空调系统可分为集中式净化空调系统和分散式净化空调系统。

1、集中式净化空调系统空气的初效和中效过滤器及热湿处理设备(风机、加热、加湿冷却设备)集中设置在一个空调机房内, 用管道与布置在室内风口处的高效过滤器相连所组成的系统, 叫集中式净化空调系统。集中式净化空调系统的送风方式可有以下几种形式:

(1) 单风机系统

(a) 为防止污染空气渗入净化空调系统而再次污染中效过滤器后的空气, 中效过滤器一般应设置在系统的正压段。

(b) 为防止高效过滤器后的空气再次被污染, 高效过滤器应尽量布置在系统末端即尽量靠近洁净室的送风口。一般情况下不宜采用在空调机房内或离洁净室送风口较远的送风管道上集中布置高效过滤器的做法。

(c) 当回风含尘浓度较高或有大粒径灰尘、纤维等情况下，可在回风口或回风管道上设置中效过滤器。

(d) 在围护结构比较严密的条件下，为防止系统停止运行后室外污染空气由新风口进入洁净室，除在回风口或回风管道上设置中效过滤器外，可在新风人口管道上设置电动密闭阀并与风机连锁。当风机启动时，密闭阀打开，停止运行时关闭；或在新风人口管道上设置一般调节阀，再增设一道中效过滤器。

(2) 设置值班风机的系统当净化空调系统间歇运行时，为防止系统停运后室外污染空气通过围护结构的缝隙或从新风口进入洁净室，可以设置值班风机。值班风机的风量按维持室内预定正值所需换气次数确定；如果洁净室内的排风系统全天运行或在非生产时减少风量运行，则值班风机的风量还应考虑排风系统的排风量。

(3) 并联的集中式系统当一空调机房内布置多个集中式净化空调系统时，可将几个系统并联，只设一个新风热湿处理系统。这样做可以减轻每个集中式净化处理室空调系统的冷负荷与热负荷，而且运行比较灵活。系统正常运行时，阀 1 和阀 3 关闭，阀 2 和阀 4 打开，新风风机 3 和送风风机 5 投入运行；系统值班运行时，阀 1 和阀 3 打开，阀 2 和阀 4 关闭，新风风机 3 投入运行，送风风机 5 停止运行。此外，当某个系统不需要运行时，可将阀 1 和阀 2 或阀 3 和阀 4 关闭，其相应的送风风机也停止运行即可，而其余系统可以照常使用。

(4) 双风机系统当系统阻力较大时，为了降低噪声，减少漏风量和便于系统的运行调节，经技术经济比较认为合理时，可采用双风机集中式净化空调系统双风机系统由于两台风机串联使用，其效率较每台风机单独使用时要低，同时机房面积也大。

(5) 两级高效过滤器系统。对于层流洁净室，为了延长顶棚高级过滤器的使用寿命，减少其更换次数及提高室内空气洁净度，可在送风静压箱人口处或空调机房内增设一道高效过滤器。这种做法的缺点是系统的阻力增大，投资也相应增加。

(6) 部分空气直接循环的集中系统利用大型离心通风机实现部分空气直接循环的集中式系统。利用并联的小型离心式通风机实现部分空气直接循环的集中式系统。层流洁净室的换气次数很大，如果空调机房与洁净室的距离较远，可利用大型离心式通风机或风量大、风压高、效率高、噪声低的数台小型离心式通风机并联，就近实现部分空气的直接循环，缩短了大风管的长度，并节省了风管所占空间。将小型离心式通风机和高效过滤器组成净化送风单元，然后用净化送风单元组成层流洁净室，其机房占地面积较土建式的小，施工周期也将大大缩短。

(7) 设置消声器的集中式系统。系统利用装配式洁净小室，局部净化设备(洁净工作台、洁净棚、层流罩和自净器等)与一般空调环境所构成的系统，均叫分

散式净化空调系统。目前，应用最广泛的是集中式净化空调系统与分散式净化空调系统相结合的形式，它兼有集中式和分散式系统的优点，更能适应工艺生产的要求和建筑工程的客观条件。

2、分散式净化空调系统分散式净化空调系统的基本形式如下。

(1) 在集中式空调系统的环境中，设置局部净化设备。

(2) 在分散式空调系统的环境中，设置局部净化设备。送风方案的选择新建工程应根据洁净室的面积、净高、位置及消声、减振等要求，经综合技术经济比较后，确定采用集中式净化空调系统或分散式净化空调系统作为送风方案。一般情况下，面积较大，净高较高、位置集中及消声、减振要求严格的洁净室应采用集中式系统；反之，可采用分散式系统。改建工程除应符合上述原则外，可根据工程的具体情况作不同的处理。原有建筑内设有集中式空调系统时，可在空调系统内集中增设中效过滤器和高效过滤器或在送风口处增设高效过滤器，并且用提高风机转速或更换风机的方法，提高风机的风量和风压，组成集中式净化空调系统。也可在室内增设局部净化设备，组成分散式净化空调系统。原建筑内未设空调系统时，可增设集中式净化空调系统；也可增设净化空调器或小型空调器和局部净化设备，组成分散式净化空调系统。

三、净化方案

1、全室净化

以集中净化空调系统，在整个房间内造成具有相同洁净度环境的净化处理方式，叫全室净化。这是洁净技术中最早发展起来的一种方式，并且现在也仍然被采用。这种方式适合于工艺设备高大，数量很多，且室内要求相同洁净度的场所。但是这种方式投资大、运行管理复杂、建设周期长。

2、局部净化

以净化空调器或局部净化设备(如洁净工作台、棚式垂直层流单元、层流罩等)，在一般空调环境中造成局部区域具有一定洁净度级别环境的净化处理方式叫局部净化。这种方式适合于生产批量较小或利用原有厂房进行技术改造的场所。目前，应用最广泛的是全室净化与局部净化相结合的净化处理方式，这是洁净技术发展中产生的净化方式，它既能保证室内具有一定洁净度，又能在局部区域实现高洁净度环境，从而达到既满足生产对高洁净度环境的要求，又节约能源的双重目的。例如，需要 100 级洁净度的操作工段，当生产批量较小时，只要在洁净度较低的乱流洁净室内，利用洁净工作台或层流罩等局部净化设备，就能实现全室净化与局部净化相结合的净化方式。

3、洁净隧道

以两条层流工艺区和中间的乱流操作活动区组成隧道形洁净环境的净化处理方式叫洁净隧道。这是全室净化与局部净化相结合的典型，是目前推广采用的净化方式，也被称之为第三代净化方式。按照组成洁净隧道的设备不同，洁净隧

道可分为以下几种形式：

(1) 台式洁净隧道这种形式的洁净隧道是将洁净工作台相互连接在一起，并取消中间的侧壁，组成生产需要的隧道型生产线。当工艺要求垂直层流时，可选用垂直层流工作台。当工艺要求水平层流时，则选用水平层流工作台。这种净化方式较全室净化更易保证局部空间的高洁净度，并由于工作台相互连接，可以减少或防止交叉污染。此外，对建筑的要求比较简单，只要求具备乱流洁净室的环境即可。其缺点是洁净工作台的尺寸固定，使操作面缺乏足够的灵活性，工艺设备必须适应工作台的尺寸，调整起来也不大方便。

(2) 棚式洁净隧道这种形式的洁净隧道是将洁净棚，即棚式垂直层流单元串联在一条生产线上所组成的。根据工艺要求，洁净棚的面积可以变化，空气可以全部为室内循环式，也可连通集中式净化空调系统，吸取部分新风。棚式洁净隧道适合于工艺设备较大的场所。

(3) 罩式洁净隧道这种形式的洁净隧道是将层流罩，即罩式垂直层流单元串联在一条生产线上所组成的。由于层流罩的进深比洁净棚小，只适用于工艺设备较小的场所。空气循环方式与棚式洁净隧道和台式洁净隧道相同，是目前采用较多的一种洁净隧道。

(4) 集中送风式洁净隧道这种形式的洁净隧道是由集中式送风系统的满布高效过滤器的静压箱所组成的。层流工作区的宽度可依照工艺提出的要求确定，而不像台式、棚式和罩式洁净隧道那样，因局部净化设备的尺寸而限制层流工作区的宽度，设计可以更为灵活。采用这种形式时，回风可以通过技术夹道，也可像图这样，在乱流操作活动区设置地沟。此外，工业管道可布置在工作区的沿壁板一侧，排风管接至地沟。

洁净隧道的特点如下：

(a) 在隧道内造成不同的洁净度，从而充分利用了不同洁净气流特性，最大限度地满足工艺要求。一般情况下，隧道内的两侧是高洁净度的层流工作区，中间是乱流的操作活动区。工艺区连成一条线，使用方便，人员的活动也不会引起交叉污染。

(b) 由于在隧道内减少了层流面积，基建费用和运行费用要比全室净化的垂直层流洁净室节约三分之一以上。乱流活动操作区的净高较层流工艺区高得多，能满足人员舒适感的要求。

(c) 技术夹道既可作为回风道，又可布置各种工业管道，安装工艺辅助设备。组成洁净隧道的局部净化设备(洁净工作台、洁净棚和层流罩等)、工业管道以及工艺辅助设备的维修均可在技术夹道内进行。由于技术夹道相对于洁净隧道为负压，因此，维修工作不会引起洁净隧道的污染，维修工作可在不停止工艺生产的情况下进行。洁净隧道所需的局部净化设备、顶棚、壁板、回风口及门窗等构件，可以标准化、模数化，由专业工厂加工生产，在现场组装。同时，

洁净隧道可以迅速拆装，重新组合，为工艺变化提供了方便。

(d) 洁净隧道可以按一定规模配置净化空调系统，因此空调系统可通用化、系列化，从而可以大大缩短设计周期。

(e) 一般情况下，洁净隧道对于建筑方面的要求比较简单，只要具备乱流洁净室的环境，即可满足要求。

4、洁净管道

把需要超高洁净度级别(如 1 级或 10 级)的工艺生产线,放在与室内空气环境隔绝的管道中的净化处理方式,叫洁净管道。这种方式要求工艺生产必须是自动化的,高效过滤器必须是以 $0.1\mu\text{m}$ 尘粒为标准的才能实现超高洁净度。此外,这种方式由于被净化的是管道中的空气,送、回风量很小,可以大幅度地节约能量,是洁净技术的发展方向,也被称为第四代净化方式。

以上介绍的净化处理方案需要根据具体情况确定。目前技术上发展已经比较成熟的是全室净化、局部净化(包括全室净化和局部净化相结合)以及洁净隧道三种净化处理方式,工程设计中应结合具体情况选择其中一种或两种净化方式作为设计方案。在满足工艺要求的条件下,应尽量选用局部净化方式。局部净化采用局部净化设备,在一般空调环境中实现。由于局部净化设备一般均由专业工厂生产,设备质量高,又可加快现场施工速度,在改建工程中可以优先考虑这种方案。当只用局部净化方式不能满足工艺要求时,可采用局部净化与全室净化相结合的净化方式作为设计方案。当上述净化方式均不能满足工艺要求时,才选用全室净化的净化方式作为设计方案。由于这种方式要造成全室具有相同的洁净度,特别是洁净度级别高时,初投资和运行费用都很高,因此,洁净室的面积应严格加以控制。