

Danyuanshi kongtiaoji de
yunxing caozuo ji guanli

单元式空调机的 运行操作及管理

滕达 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

单元式空调机的 运行操作及管理

滕达 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



内 容 提 要

本书在讲述单元式空调机的基础理论知识,空调设备的结构、工作过程的基础上,介绍了单元式空调机的选购、安装、调试、使用及其故障维修技术。内容主要包括单元式空调机工作原理,单元式空调机系统的结构,单元式空调机制冷系统的设计,单元式空调机的选购、安装、调试与使用,单元式空调机检修工具与操作技能,单元式空调机常见故障分析,单元式空调机的维修技术等。

本书可作为单元式空调作业人员的培训教材,也可作为管理人员及空调专业相关人员的学习、工作参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

单元式空调机的运行操作及管理/滕达主编. -北京:中国电力出版社, 2005

ISBN 7-5083-2619-9

I. 单… II. 滕… III. ①空气调节器-运行②空气调节器-管理 IV. TM925.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第104092号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2005年1月第一版 2005年1月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 10.5印张 234千字
印数 0001—4000册 定价 17.00元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)



前 言

随着我国社会主义市场经济的迅速发展，人民生活水平不断提高，制冷与空调技术得到了迅速发展，单元式空调机在人们的生活中得到了广泛的应用。

《单元式空调机的运行及管理》是为从事空调工种作业人员编写的。本书全面系统地介绍了有关单元式空调机的基础理论知识，重点讲述了单元式空调系统的管理、维护修理及安装技术要求。使空调作业人员进行专业基础理论学习的同时，能系统地掌握单元式空调机的操作和管理技能，提高空调操作人员的素质，增加预防事故及处理紧急事故的实际能力，杜绝或减少恶性事故的发生。

本书由滕达研究员任主编，参与本书编写的还有杨柳、林涛、王宁等。

本书可作为单元式空调机操作人员的技术用书，又可作为大、中专、职业教育学校有关师生学习参考用书。

由于成书时间仓促，不妥之处，恳请广大读者提出宝贵意见，以便进一步修改完善。

编者

2004年8月



目 录

前言

第一章 单元式空调机工作原理	1
第一节 单元式空调机概述	1
第二节 单元式空调机工作原理	3
第二章 单元式空调机的结构	8
第一节 单元式空调机压缩机的结构	8
第二节 冷凝器和蒸发器	16
第三节 节流膨胀装置	25
第四节 常用辅助部件	28
第三章 单元式空调机制冷系统设计	34
第一节 系统设计	34
第二节 单元式空调机换热器的选择与确定	37
第三节 单元式空调机末端处理机组的选择与确定	38
第四节 单元式空调机循环泵等附件的选择与确定	40
第四章 单元式空调机的选购、安装、调试与使用	45
第一节 单元式空调机的选购	45
第二节 单元式空调机的安装准备	47
第三节 风管式空调机的安装、调试与使用	49
第四节 风冷式冷（热）水机组的安装、调试与使用	59
第五节 多联式空调的安装、调试与使用	69
第六节 安装注意事项	86
第七节 单元式空调机的使用及维护	88
第五章 单元式空调机检修工具及操作技能	96
第一节 单元式空调机检修工具与材料	96
第二节 单元式空调机的检修仪器与设备	100
第三节 单元式空调机的维修基本技能	107
第六章 单元式空调机常见故障分析	116
第一节 单元式空调机常见故障分析方法	116
第二节 单元式空调机常见故障分析与排除	117
第七章 单元式空调机维修技术	135
第一节 制冷系统检修基础	135
第二节 单元式空调机制冷系统的维修	139
第三节 单元式空调机控制系统维修	153
参考文献	161

第一章

单元式空调机工作原理

第一节 单元式空调机概述

一、单元式空调机工作系统

单元式空调机系统是中央空调系统在小型化独立活动空间上的微缩，它既有中央空调冷热源集中处理与控制的特点，又有房间空调能够独立操作控制的特点，是介于中央空调和房间空调之间的一种空调系统。这种系统特别适用于新建商业住宅楼宇，也可用于单独的别墅、餐厅、娱乐场所、医院等公共场所。

单元式空调机系统主要由三部分组成：第一部分是为用户提供冷、热量的冷、热源部分，对于单冷型系统，它通常是一台制冷机组，对于冷暖型系统，它通常是一台热泵机组，在特别寒冷的地区，还经常辅助以燃油（气）或电热装置，以满足极端天气的采暖需求；第二部分是将冷、热量输送到各个需用场合的输送分配系统，它主要由管道、载热/冷介质及控制分配的阀门等装置组成；第三部分是将冷/热量传递到空调空间的末端装置，它可以是风机盘管、散流器或是由蒸发器和风扇组成的室内机。

二、单元式空调机分类

根据载热/冷介质的不同，单元式空调机系统可分为三种类型。

1. 户用中央空调系统

户用中央空调也称户式中央空调，这种系统以水或者乙二醇水溶液为载热/冷介质，主机为风冷冷水机组或热泵机组，末端装置为风机盘管，通过水管将主机产生的冷/热水输送到风机盘管，在末端装置中冷/热水与室内空气进行热交换，产生出冷/热风，以平衡房间的空调负荷。它是一种集中产生冷/热量、分散处理各房间负荷的空调系统，这种系统也称为别墅中央空调或家用中央空调。

风机盘管可以调节其风机转速或通过水管上的阀门调节流过盘管的水量，从而调节送入室内的冷/热量，因此该系统可以以每个空调房间进行单独调节，满足各个房间不同的空调需求，同时也具有明显的节能效果。此外，由于冷/热水机组的输配系统所占空间很小，因此一般不受住宅层高的限制，但此种系统一般难以引进新风，因此对于通常密闭的空调房间而言，其舒适性较差。

2. 多联空调系统

这种系统以制冷剂为载热/冷介质，主机为冷凝器、压缩机和其他制冷附件组成的室

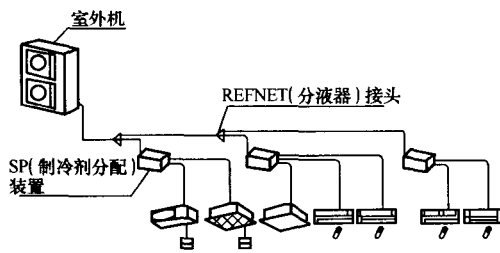


图 1-1 多联空调系统

外机，末端装置是由直接蒸发式蒸发器和风机组成的室内机，一台室外机通过管路能够向若干个室内机输送制冷剂液体。以膨胀阀为核心的分配器装在制冷管路上，它能够根据各个室内机负荷的大小控制供液量，这种系统的工作原理如图 1-1 所示。目前这种系统尚无统一的名称，有时也称之为变制冷剂流量空调系统或俗称“一拖多”空调机组。

这种空调系统通过控制压缩机的制冷剂循环量和进入室内各换热器的制冷剂流量，可以适时地满足室内冷、热负荷要求。它具有节能、舒适、运转平稳等诸多优点，而且各房间可独立调节，能满足不同房间不同空调负荷的需求。但该系统控制复杂，对管材材质、制造工艺、现场焊接等方面要求非常高，且其初期投资比较高。

3. 风管式空调系统

这种系统以空气为载热/冷介质，主机为小型空气—空气热泵，即风冷单元式空调机组，末端装置为安装在各个用冷场合的散流器，如图 1-2 所示。机组集中产生的冷/热量，将室内的回风或新风的混合物进行冷却/加热处理，处理好的冷/热空气通过风管送到各个空调场合，平衡房间的冷/热负荷。送风量的大小通过装在风管或散流器上的风阀进行调节。由于风管敷设保温层后比较粗，直径为 $\phi 240$ 左右，风管难以拐弯和穿梁打洞，因此房间层高需高一些，而且应在建筑设计时充分考虑好才行。

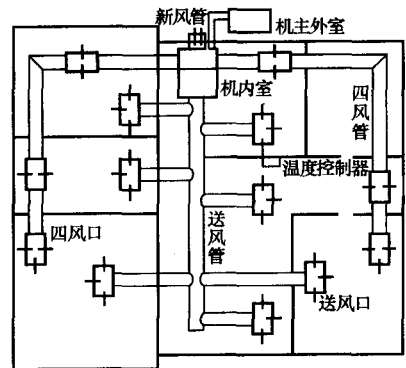


图 1-2 风管式空调系统

与其他型式的单元式空调机相比，风管式空调系统的初投资较小，且不易产生凝结水，便于引入新风，其空气质量能得到较大的改善；同时由于蒸发器直接与空气产生热交换和不用水泵，因而能效比高于空气—水热泵（即户用中央空调机组），耗电量小，但是它采用统一送风的方式，在没有变风量末端的情况下，难以满足不同房间不同的空调负荷要求。而变风量末端的引入将会使整个空调系统的初期投资大大增加。

除了户用中央空调系统、多联空调系统及风管式空调系统这三种基本的系统型式以外，还可以互相交叉，衍生出一些新型的系统。例如，将户用中央空调系统和风管式系统进行组合：户用中央空调机组往室内送冷/热水平衡房间的空调负荷，而新风统一由风管式机组处理后分别送入各个房间。

单元式空调机系统最常用的热源为环境大气，因为它的使用不受任何限制。水（如地下水、地表水、废水等）和土壤也是小型中央空调优良的热源，若有便利水源和土壤源可用的地方，应优先考虑水或土壤作为机组的热源。户用中央空调系统目前已有用水作热源

组正在悄然兴起。

在燃气利用便利的地区，冬季由燃气炉提供热量的采暖方式应用得也较普遍。燃气炉可以集成在家用小型中央空调系统里，也可以单独设置。此外，小容量的直燃式溴化锂冷/热水机组已经打入市场，它使单元式空调机又多了一种选择，但要真正走入家庭，还必须进一步减少尺寸、重量和降低价格。

三、单元式空调机的发展方向

居住建筑空调方式，目前常用的有房间空调器、户用中央空调、多联空调机、小区集中供冷供热。这些空调方式各有特色，应根据不同地区条件、不同建筑功能、不同消费层次、不同投资来源而因地制宜，在相当一段时间内将同时发展，不存在谁替代谁的问题。但是随着人民生活水平的不断提高，随着住宅中央空调系统本身性能的不断改善和造价的不断下降，住宅中央空调机的前景是十分广阔的。

我国单元式空调机的需求同样是多样化、多层次的，因此，在研究和设计过程中，应针对中国的用户开发出适合中国国情的单元式空调机系统。在发展我国的单元式空调机中应考虑以下四种因素。

(1) 我国幅员辽阔，拥有多种多样的气候类型。这就要求我们的单元空调机具有多样性的特点，要根据不同的气候特征选择适合的空调形式。

(2) 我国经济发展水平地区差异性大，在不同的地区人们对单元式空调机的需求不一样。即使在同一地区，由于人们的收入水平不一样，住宅形式也千差万别，而生活习惯也不尽相同，因此对家用空调的需求也是多层次的，因此必须针对不同层次的用户设计不同形式的家用空调。

(3) 从能源的角度来看，我国虽然能源总量很大，但由于人口众多，人均能源拥有量不高，能源供应相对较为紧张。而单元式空调机在当前的能源消耗结构中所占的比重是非常大的，这就要求我国的单元式空调机的发展必须注重节能性，一方面注重提高机组本身的能效比，另一方面应当注重能源的综合利用。这样也就对交流变频技术、蓄能技术、能源综合利用技术等提出了更高的要求。

(4) 从环境的角度来看，目前我国环境污染的问题较为突出，许多城市出现了诸如“热岛”效应、空气污染等现象。考虑上述问题，一方面要求所开发的单元式空调机必须把对环境的影响尽量减少到最小；另一方面要考虑到环境污染对空调系统本身性能的影响，进行相应的设计。

第二节 单元式空调机工作原理

一、单元空调机工作原理

主机即风冷热泵冷热水机组或者风冷冷水机组，安放在室外平台上。主机本身带有水泵和膨胀水箱，其作用是向空调系统提供冷/热水。

末端装置即安装在室内各个房间中的风机盘管，其作用是将主机输送过来的冷/热水与室内空气进行热交换，将室内空气温度维持在所要求的范围内。每台风机盘管都配有三速开关或温度控制三速开关，其进水管上相应地装有调节阀，如电动二通阀。当室内需要较大冷/热量时，将三速开关置于高速挡；反之，可将三速开关置于低速挡。当室内温度达到设定值时，与三速开关装在一起的温度控制器动作，关闭进水管上的调节阀，停止向风机盘管供冷/热水。

主机与风机盘管用水管连接成密闭的管路系统，载热介质充满管路系统，并通过装在主机中的水泵在管路中循环流动。这样，主机产生的冷/热量通过载热介质连续不断地传送到末端装置，末端装置再把载热介质携带的冷/热量传递给室内空气，从而达到降温/采暖的目的。

系统常用的载热介质有水和乙二醇水溶液。水使用起来非常方便，但使用时要进行防水垢处理，同时水的凝固点为 0°C ，因此在气温低于 0°C 的环境中使用，要采取防冻措施。乙二醇水溶液的凝固点低于 0°C ，且随乙二醇浓度的增大而降低，因此使用乙二醇水溶液时不需要防冻，但价格较贵。

户用中央空调的管路系统还装有其他一些管件和辅助系统，其目的一方面是为了保证空调系统稳定可靠地运行，另一方面是为了便于日常维护、运行管理和维修。下面简要介绍一下常用的管件和辅助系统。

(1) 截止阀。它是用来截断水路的管件，在检修时，可根据需要使检修部分的管路与未检修的部分断开。例如，主机与管路系统连接处的一对截止阀，就是为了检修主机时能够方便地与管路系统脱开而设置的。

(2) 过滤器。它是用来过滤载热介质中的脏物的。管路系统在安装时积存的脏物或运行时产生的脏物都会被载热介质冲洗下来，并随载热介质在管路中流动，这些脏物应及时过滤出来。否则，不仅会造成管路堵塞，而且也会损坏水泵等部件。过滤器应定期地清洗或更换。

(3) 排气阀。管路系统的最高处应设置排气阀，供管路系统注入液体时排出系统中气体之用。单元式空调机运行过程混入管路系统的气体也可用排气阀排出。

(4) 放水与补水系统。放水系统一般接在管路系统的最低点，由放水管和一组截止阀组成，其作用是在清洗或维修管路系统时排出其内的液体。补水系统由补水管路、补水阀门及截止阀组成，其作用是向管路系统中补充液体。补水系统有手动和自动两种，自动补水系统可以根据管路中液位的高低自动给管路补水。

二、单元式空调机特点

单元式空调机是人民物质生活水平提高和热泵技术充分发展的产物。生活水平的提高对舒适性提出了更高的要求，而房间空调又不能完全满足这些要求，这使单元式空调机有了市场需求；热泵技术的充分发展又为单元式空调机生产成为可能。因此，单元式空调机既有大型中央空调舒适性的特点，又有房间空调安装方便的特点。

小型风冷热泵冷/热水机组是专为中小型别墅和住宅设计的中央空调主机。机组与不

同规格的室内风机盘管相配合，可以满足用户夏季制冷和冬季制热的舒适性要求。具体有以下特点：

(1) 当采用涡旋压缩机时，比挂壁式分体机能效比高。

(2) 室内气流组织合理，连续运行室温波动小，同时便于送新风，因而舒适度高。

(3) 单元式空调机是以家庭为应用对象的小型化中央空调系统，可以适应住户的个性化需求，同时一台主机可以满足多个房间的空调需求。

(4) 住宅中央空调系统采用主机与末端分离的安装方式，不仅能够很好地配合室内装修，同时也保证了家居环境的安静。

(5) 制冷系统封闭于主机中，用户使用时室内管路中为循环水，使维护工作量降到最小，同时便于集中控制，实现自动化操作。

(6) 系统可根据实际负荷进行自动化运行，节约能源和运行费用。机组直接用电驱动，无需其他辅助设施。

(7) 机组占用空间小，不需设机房，施工调试简单，减少了土建投资；另一方面，管路和末端都暗藏在天花板内，不破坏住宅的整体外观，运行干净安全，符合环保潮流。

(8) 空调系统为用户所有，产权关系明确，可以简化空调设施的物业管理。

单元式空调机的缺点是：

(1) 机组容量大，噪声高。

(2) 冬季气温低、湿度高时，供热量不足，需要增设辅助加热手段。

(3) 机组放在室外，在日晒雨淋、酸雨、污染空气的恶劣环境下，机组效率逐年下降，使耗电量逐年增大，使用寿命缩短。

(4) 价格比房间空调器贵。

三、单元式空调机的应用模式

空调一般有单冷型和冷暖型，前者只能夏季降温，而后者不仅能夏季降温，还能冬季采暖。单元式空调机组在构造单元式空调机系统时也有单冷和冷暖两种应用模式，冷暖模式根据冬季采暖热量的来源又有普通冷暖模式和辅助冷暖模式两种，前者热量来自机组本身，即机组按照热泵循环工作进行制热，后者热量来自其他辅助手段，如城市热网提供的蒸汽或热水、燃油或燃气的小型中央热水装置。单元式空调机本身又有整体式和分体式两种结构，因此它在构造单元式空调机时可以组合成以下应用模式。

1. 单冷模式

选用一台单冷型的卧式或立式单元式空调机，其主要功用是产生冷水，为室内机盘管提供冷源。这种模式只能使室内夏季降温。

2. 冷暖模式

选用一台热泵型的卧式或立式单元式空调机组，其主要功用是产生冷/热水，为室内风机盘管提供冷/热源。这种模式靠机组本身就能使室内夏季降温、冬季采暖。

3. 辅助冷暖模式

选用一台单冷型的卧式或立式单元式空调机，其主要功用是产生冷水，为室内风机盘

管提供冷源。冬季采暖靠城市热网或配置的小型中央热水装置为室内风机盘管提供热源。这种模式也能使室内夏季降温、冬季采暖。

4. 分体式单冷模式

选用一台单冷型的分体式单元式空调机，其主要功用是产生冷水，为室内风机盘管提供冷源。这种模式只能使室内夏季降温。

5. 分体式冷暖模式

选用一台热泵型的分体式户用中央空调机组，其主要功用是产生冷/热水，为室内风机盘管提供冷/热源。这种模式靠机组本身就能使室内夏季降温、冬季采暖。

6. 分体式辅助冷暖模式

选用一台单冷型的分体式单元式空调机，其主要功用是产生冷水，为室内风机盘管提供冷源。冬季采暖靠城市热网或配置的小型中央热水装置为室内风机盘管提供热源。这种模式也能使室内夏季降温、冬季采暖。

四、单元式空调机风机盘管的型式

风机盘管有多种结构型式。根据风机与盘管式换热器安放的位置不同，风机盘管分为卧式、立式和卡式三种结构形式。风机与换热器前后放置的结构型式称卧式，风机与换热器上下放置的结构型式称立式，换热器围绕风机四周放置的结构型式称卡工。根据安装方式，风机盘管有明装和暗装两种外观，明装即直接安放在室内，整个风机盘管都露在外面，因此这类风机盘管有外装饰面；暗装即将风机盘管隐藏在装饰结构内，仅风机盘管的回风口和出风口露在外面，风口上装有百叶吸风口或散流器，因此这类盘管的风机和换热器都露在外面，框架采用防腐耐用的镀锌钢板和喷塑钢板，无装饰结构。因此，风机盘管有卧式暗装、卧式明装、立式暗装、立式明装、吸顶卡式、明装壁挂、明装柜式和明装柱式等结构型式，用户可根据居室装修风格的不同作出不同的选择。下面简要介绍一下风机盘管的常见结构型式。

1. 卧式暗装

卧式暗装风机盘管的外形结构如图 1-3 所示，它安装在天花板里面隐藏起来，出风口一般开在天花板有台阶地方的立面上。这种风机盘管的隐蔽性好，有利于装修；其次，相对于其他型式的风机盘管，卧式暗装风机盘管的噪声指标偏低，它是单元式空调机中使用

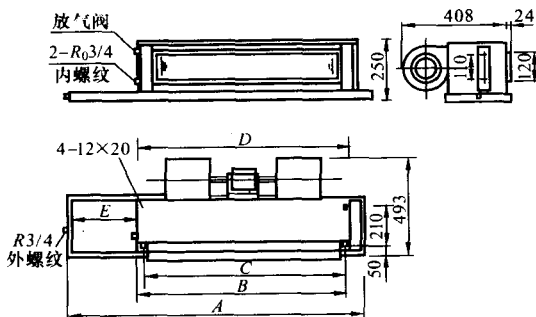


图 1-3 卧式暗装风机盘管的外形结构

最多的结构型式。

卧式暗装风机盘管的高度直接影响到装饰天花的高度，现代建筑对楼层高度的限制比较严格，因此用户都希望降低天花板高度以增加室内的净高。为此，国内的一些厂家开发出了超薄型卧式暗装风机盘管，这种风机盘管的高度仅有 205mm，同时采用最新设计的前向多翼风机和优化水路结构，使机组的体积更小，

质量更轻，噪声更低，效率更高。

2. 卧式明装

卧式明装风机盘管有装饰性的外壳，风机与换热器隐含其内，通常吊装在室内房间的上部。这种风机盘管在单元式空调机中的应用较小，通常只适合没有吊顶天花板或装修简单的房间使用。

3. 立式暗装

立式暗装风机盘管通常安装在窗台下面，并隐藏在装饰层后面。出风方向有顶面向上出风、侧面水平出风和倾斜向上出风三种选择，从便于热交换的角度来看，倾斜向上出风比较好。由于这种结构型式的风机盘管需要占用地面，因此在单元式空调机中使用较少。

4. 立式明装

立式明装风机盘管通常安装在走道旁或窗台下面，它有装饰性的外壳，风机与换热器隐含其中。出风方向与立式暗装风机盘管相同，这种结构型式在单元式空调机中使用也较少。

5. 吸顶卡式

吸顶卡式风机盘管直接卡装在天花里面隐藏起来，只有风口露在外面，出风在四周，回风在中间。吸顶卡式风机盘管只有暗装一种安装结构，其特点与卧式暗装风机盘管相同，是单元式空调机中使用最普遍的结构型式之一。

明装壁挂风机盘管的外形与尺寸与分体式房间空调器的室内机基本相同，明装柜式风机盘管的外形与尺寸和单元式空调机的室内机基本相同，明装柱式也是从分体式空调的室内机演变而来的。这些风机盘管一般只需将空调室内机汇集管接头的内螺纹改成能与水管螺纹相配即可，故这里不再赘述。

根据用户的实际使用要求及中央空调的自动控制要求，风机盘管的电气控制可以有若干种不同的控制方式，但最常用的方式为三速开关控制及温控三速开关控制。通过控制风机电机的转速来控制风机盘管的送风量，有高速、中速、低速三挡可供选择；温控三速开关是把温度控制器和三速开关做成一体的控制元件，它除了具有普通三速开关的功能外，还可以用温度控制器控制风机盘管供水管上的电动阀开关来调节室内温度。风机盘管在出厂时，风机至接线端子台之间的电气控制线已经接好。接线端子台以前部分的电气控制线由用户根据使用要求进行配置。



第二章

单元式空调机的结构

第一节 单元式空调机压缩机的结构

单元式空调机常用的压缩机有往复式、滚动式、旋转滑片式、螺杆式、涡旋式等几种型式。

一、往复式压缩机

往复式压缩机容积效率低，零部件多，机器笨重，易损件多，机器振动大。但其制造工艺成熟，加工容易，成本低，系统简单。

回转式（包括螺杆式、滚动式、旋转滑片式、涡旋式）压缩机没有往复运动，一般情况下不设气阀，因此零部件少，结构简单紧凑，易损件少，振动小；另外，其容积效率高。由于回转式压缩机工作表面多呈曲面形状，使加工工艺复杂，精度要求较高，故其成本较往复式高。

（一）往复式压缩机结构

往复式压缩机是问世最早、技术较成熟、至今还广泛应用的一种压缩机机型，其单机功率范围约为 0.1~150kW，缸径为 20~180 mm，气缸数为 2~16 个。压缩机转速在小型机中可达 3600r/min，甚至更高（如变频压缩机），在大中型机中可达 1750r/min。

按使用制冷剂来分，一般有氨压缩机和氟利昂压缩机两种。

按压缩机级数来分，有单级压缩机和双级压缩机两种。制冷剂蒸气在压缩机内只经过一次的压缩称为单级压缩机，制冷剂蒸发由低压到高压经过压缩机两次压缩称为双级压缩机。

按活塞作用方式来分，有单作用压缩机和双作用压缩机。单作用压缩机其制冷剂蒸气仅在活塞的一侧进行压缩；双作用压缩机，在活塞两侧可以轮流对制冷蒸气进行压缩，双作用压缩机的结构复杂，目前已很少采用。

按气缸中心线的位置来分，有直立形、V形、W形、Y形、扇形（S形）、十字形等。直立形用 L 表示，有时可省略。

按压缩机密封方式来分，有开启式和封闭式，而封闭式又分为半封闭式和全封闭式。半封闭式表示符号为 B，全封闭式表示符号为 Q，开启式表示符号可省略。

1. 开启式压缩机

压缩机曲轴的功率输入端伸出机体之外，通过传动装置（带轮或联轴节）与原动机相连接。在伸出部位要用轴封装置防止轴段和机体间泄漏，整个机器只要松开连接件后就可

拆开维修。这种利用轴封装置的隔离作用，使原动机独立于制冷剂系统之外的压缩机结构形式称为开启式压缩机，其主要特点如下：

(1) 原动机独立于制冷剂系统之外，与制冷剂和润滑油不接触，对电动机无耐制冷剂、耐油的要求。

(2) 电动机的冷却与制冷剂系统无关，压缩机暴露在大气中，使吸入制冷剂蒸气的过热度减少。

(3) 容易拆卸维修，电动机的维修对制冷系统无影响。但是开启式压缩机具有质量重、体积大、占地面积多、工质和润滑油易泄漏及噪声大等缺点，主要用在大、中型空调机组上。

2. 半封闭式压缩机

半封闭式压缩机是将压缩机与电动机共同密封在一个壳体内，壳体两段用螺栓、螺母连接，检修时可以分拆。这种压缩机电动机的转子直接套在压缩机曲轴的直端上，取消了传动机构和轴封，使机组结构更加紧凑。

半封闭式和开启式压缩机在结构上最明显的区别是半封闭式电动机的外壳和压缩机机体铸在一起的，相互间内腔连通，不需安装任何轴封，消除了轴封处最易泄漏的缺点，并且还可以利用吸入的低湿、低压制冷剂蒸气来冷却电动机绕组，改善了电动机的冷却条件，从而提高了电动机的功率。半封闭式压缩机与电动机共用一根轴连接，取消了传动用的联轴器，缩短了机组的轴向尺寸。

半封闭式压缩机所有运动部件全部密封在机壳内，运转时看不到曲轴的转向，所以，必须选择正反转均能供油的润滑液压泵，如月牙或转子内啮合齿轮液压泵。

此外，在半封闭式压缩机中，电动机绕组直接与润滑油接触，所以，对润滑油电绝缘性能要求较高，电动机绕组之间及绕组与机壳之间绝缘电阻通常应不小于 $1M\Omega$ ，这种压缩机电动机所选用的绝缘材料与通用电动机的不同。半封闭压缩机上的电动机接线柱出头，也应当具有严格的密封性。

3. 全封闭式压缩机

压缩机与电动机一起水平或垂直装置在一个密闭的、由上下两部分冲压而成的铁壳内，并焊接成一个整体。从外表看，只有压缩机的吸、排气管和充注管接头以及电动机的引出线，这种型式的压缩机称为全封闭压缩机。它比半封闭式压缩机的结构更紧凑、更轻、密封更好。机组与壳体间设有减振装置，运转平稳，噪声低。它们的另一个特点是壳体好像一个气液分离器，能减少液击事故的发生。电动机沉浸在低温制冷剂蒸气中，改善了电动机的冷却条件，并提高了功率。

电动机和压缩机都置于 $3 \sim 4\text{mm}$ 的薄钢板冲压成形的壳体内，电动机定子垂直固定在机体上，转子紧压在曲轴上，曲轴支承在机体上，曲轴的回转运动通过连杆传给活塞变为往复运动，阀板上的吸气和排气阀片起到控制吸气、排气的作用。

往复活塞式压缩机主要由机体、曲柄连杆机构、气阀及其他零部件构成。

(二) 往复活塞式压缩机润滑

压缩机运行离不开润滑，润滑是保证压缩机长期、安全、有效工作的关键。往复活塞

式制冷压缩机的润滑方式通常有三种。

1. 飞溅润滑

它是利用曲轴回转和曲柄连杆机构的运动把曲轴箱中的润滑油甩至各润滑部位的。当曲轴回转时，曲拐和连杆大头与润滑油接触，并将润滑油甩至气缸镜面及曲轴箱壁面，因而活塞、气缸、连杆的摩擦面得到润滑。同时，在前后两个主轴承座上，设有漏斗状的润滑油收集器，将气缸和曲轴箱壁面流下来的润滑油收集起来，经过油孔润滑前后轴承。

飞溅式润滑简单，润滑油循环量少，但对摩擦表面的润滑及冷却的效果较差，摩擦面磨损较快，所以，仅用于小型开启式压缩机。

2. 离心供油润滑

这种供油润滑方式目前均用于曲轴呈垂直安装的全封闭压缩机上。在正常运行时，曲轴顶端和偏心孔浸没在润滑油中，由于曲轴高转速运转时产生离心力，离心供油能沿曲轴的两侧油孔流动，并开有正反螺旋油槽，因此，它与曲轴的旋转方向无关，这对曲轴旋转方向难于判别的封闭式压缩机特别适用。

3. 压力供油润滑

它是利用液压泵产生压力。油，通过一定的输油管路输送到压缩机各润滑部分进行润滑。曲轴回转时带动液压泵工作，曲轴箱底部的润滑油便通过滤油器和油三通阀被吸入液压泵。液压泵出来的压力油分为三路：一路进入曲轴油孔，润滑后轴颈、曲柄销，并通过连杆体内的油孔进入连杆小头，润滑活塞销；二路进入轴封室，润滑和冷却轴封摩擦面，然后再流到能量控制阀，作为能量控制的液压动力，同时进入前轴颈，以补充因轴后端输油油路过长，油压降低而影响前轴颈润滑；三路进入油压调节阀，并接入油压控制器和油压表。气缸的润滑是利用曲拐和连杆大头在高速旋转时将油抛到气缸镜面上。

压力供油润滑的油量充足、油压稳定，是大型多缸压缩机主要的润滑方式。

在液压泵的出油口上装有油压表和油压调节阀，后者用以调节液压泵的出油压力在规定的范围内（一般较曲轴箱压力高 0.15 ~ 0.30MPa），并将多余的油送回曲轴箱。

压缩机的曲轴箱内配备了油冷却器，使压缩机运转时油温保持在规定的范围内（小于 70℃）。

经压缩排出的制冷蒸气和油的混合物在进入冷凝器之前先被油分离器将油分离，并留在油分离器底部，然后通过浮球阀或孔板回到压缩机曲轴箱内，也可以在回油管路上装设电磁阀而对回油进行控制。

在活塞式制冷压缩机上并装有压差控制器，保证出油压力与曲轴箱压力之间有一定的压差，运转中当压差过低会影响压缩机的正常润滑时，压缩机即自动停机，同样，启动时如压差小于规定值则无法启动压缩机。

在活塞式制冷压缩机的曲轴箱中，一般还配备了油加热器，启动前应将油加热到规定油温，使溶解在油中的制冷剂被驱赶出来，以免影响液压泵的正常运行。

压力供油润滑系统主要有液压泵、滤油器等组成。液压泵的作用是不断地吸取曲轴箱中的润滑油，并在提高压力后输送到各摩擦表面上。

(三) 往复活塞式压缩机能量调节

当压缩机按照规定的温度工况运转时，它的制冷量是恒定不变的。在选用压缩机时，为安全起见，一般总是选取用制冷量比所需冷量偏大些的压缩机产品。实际上，季节的变化或环境温度的变化会影响设备的冷凝温度，使压缩机的产冷量有所改变。为保证制冷设备的制冷量能随时满足规定的蒸发温度的需要，就要对压缩机的能量进行调节，实际上就是对压缩机的输气量进行调节。

压缩机能量调节的方法主要有如下几种：压缩机间歇运行、变速调节、旁通调节、顶开吸气阀片气缸卸载输气量调节。

1. 压缩机间歇运行

最简单的能量调节方法是压缩机间歇运行，使压缩机按时间的平均输出能适应制冷负荷变化的要求。频繁的启动停机会带来额外的能量损失，此法特别用于大容量的多机并联机组，这时只需相应地停止一台或多台机组运行，即可使整机高效运行，启动电流不可过大，各压缩机均匀工作。另外，该方法只适用于小容量制冷压缩机，不适用于大容量压缩机。

2. 变速调节

改变压缩机的转速可以达到压缩机能量调节的目的，双速压缩机就是采用这种方法进行能量调节的。

压缩机制冷量是随其转速的增加而增加的，现代的压缩机均能在高转速下运行，从而减少了压缩机的体积。随着计算机和电子技术的迅速发展，出现了变频器驱动压缩机的新技术，实现了运转频率范围内 18 ~ 150Hz 的连续无级调速，目前这种技术已在空调器中得到推广应用。

3. 顶开吸气阀片气缸卸载输气量调节

这是在多缸往复活塞式压缩机中应用很广的一种输气量调节方法。它设法使压缩机中一个或几个气缸卸载，将所吸入的蒸气不被压缩和排出，从而相应地减少了通向冷凝器的输气量。实现气缸的卸载可以采取顶开并保持吸气阀打开方法。

压缩机启动后，油压逐步建立，能量控制阀将压力油供给卸载液压缸，使油活塞克服弹簧力连同推杆一道左移推动转动环，使坐落在转动环斜槽顶部的吸气阀顶杆落至斜槽底部，吸气阀片便落在阀线上，气缸则转入工作状态。如果在压缩机运转过程中，制冷量显得过大，则通过卸载能量调节机构的反向动作，吸气阀片即被顶杆重新顶起。这时气缸卸载，改变压缩机的输气量，以达到调节制冷量的目的。这种卸载机构中，通常采用一个卸载液压缸（油活塞、推杆机构）控制两个气缸的工作。一般每个气缸有 6 个吸气阀片的顶杆，相应转动环上有 6 个斜槽。为配合顶杆的动作，每根顶杆上装一个复位弹簧。

还有一种结构是在阀板上提供旁通通道，当卸载时，使气缸中蒸气在压缩行程中由旁通孔不经过排气阀而流回吸气腔。

气缸卸载也可以采取堵住（不让吸气）直接进入气缸的方法来实现，由于气缸中没有气体流动损失，所以，此法比上述的吸气旁通法效率要高。

二、螺杆式压缩机

螺杆式压缩机由于结构紧凑，能适用于大压比的工况，对湿行程不敏感，有良好的输气量调节特性、维护方便等特点，所以是一种理想的空调主机。

螺杆式压缩机属于容积式回转压缩机。它用一对螺杆（即阴、阳转子）的回转运动来造成螺旋状齿型空间的容积变化，以进行气体的压缩。阴转子的齿沟相当于气缸，阳转子的齿相当于活塞，由阳转子带动阴转子做回转运动，使两者相互啮合的空间容积不断变化，将制冷剂蒸气吸入，经过压缩机达到一定压力后排出。

螺杆压缩机具有如下一些特点：

- (1) 没有余隙容积，不存在剩余气体的再膨胀过程，容积效率高；
- (2) 没有吸、排气阀，结构简单，易损件少，而且没有阀片阻力损失；
- (3) 采用滑阀调节机构，制冷量可在 10% ~ 100% 之间实现无级调节，低负荷运行的经济性好；
- (4) 采用喷油冷却，排气温度低，但润滑系统较复杂，油分离器体积较大；
- (5) 转子加工精度要求高，运行时噪声较大。

(一) 螺杆式压缩机工作原理

当压缩机运转时，阳转子带动阴转子（也有由阴转子带动阳转子的结构），由阴阳转子凹凸齿槽、啮合密封线与气缸和端盖内壁所围成的人字形基元容积不断变化。当基元容积由最小向最大变化时，它与径向与轴向进气口相通，进行吸气过程。当基元容积达到最大时，便与进气口隔开，吸气结束。此后，基元容积由最大逐渐变小，开始气体的压缩过程。当基元容积内气体压力升到一定压力时，便开始与轴向和径向排气口接通，进行排气过程，直到基元容积变为零为止。随着转子连续运转，上述过程重复进行。

1. 开启式螺杆压缩机

开启式螺杆压缩机与往复式相比，有许多优点：

- (1) 螺杆转子为旋转运动，转速可提高，因此，同排量的压缩机，开启式螺杆压缩机体积小、质量轻，特别是运转中无往复惯性力；
- (2) 结构简单，零件数仅为往复式压缩机的 1/10，而且易损件少，无吸排气阀、膨胀过程，对液击不敏感；
- (3) 工况范围较广，既可作热泵主机，又可作空调主机。

缺点是噪声较大，需要油分离器和油冷却器等辅助设备。

2. 半封闭式螺杆压缩机

螺杆式压缩机在小容量机型中也能获得良好的性能，并且又能适应工况变化，运行可靠，很快便向半封闭和全封闭结构发展。

它具有如下特点：

- (1) 全部采用滚动轴承。径向轴承采用圆柱轴承，止推轴承则用滚珠止推轴承来承受转子轴向推力，这些滚动轴承的间隙比滑动轴承小，可保持转子轴心稳定，从而能减小转子啮合间隙，减少泄漏损失。