

目 录

单元一 绪论	1
学习任务 1 认识空调	2
学习任务 2 我们与空调作业	9
单元二 湿空气与焓湿图	13
学习任务 1 湿空气	14
学习任务 2 焓湿图及焓湿图的应用	20
单元三 空调热、湿负荷与送风状态	31
学习任务 1 空调房间热、湿负荷确定	32
学习任务 2 空调房间送风参数及送风量确定	47
单元四 空气的热、湿处理技术	56
学习任务 1 空气热、湿处理技术基础	57
学习任务 2 喷水室处理空气技术	61
学习任务 3 表面式空气热、湿处理技术	67
学习任务 4 空气加湿与除湿的处理技术	73
学习任务 5 空气能量回收技术	83
学习任务 6 空气处理方案的确定	88
单元五 典型中央空调系统	97
学习任务 1 中央空调系统概述	98
学习任务 2 全空气空调系统	104
学习任务 3 风机盘管加新风空调系统	112
学习任务 4 诱导式空调系统	122
学习任务 5 中央空调风系统及设备	126
学习任务 6 中央空调水系统概述	144
学习任务 7 中央空调水系统的应用形式	161

单元六 现代智能化中央空调系统	177
学习任务 1 变频调节技术	178
学习任务 2 变风量空调系统	182
学习任务 3 蓄冰空调系统及低温送风系统	191
学习任务 4 热泵式中央空调系统	202
学习任务 5 温、湿度独立控制空调系统	211
学习任务 6 户式中央空调系统	219
单元七 中央空调工程实例	231
参考答案	239
参考文献	250

单元一

绪 论

单元概述 >>

本单元主要介绍了空调技术在我们生活中的应用及空调作业对专业人员的职业要求。通过本内容的学习，要求学生对空调行业有一个总体认识，熟悉专业名词、专业发展及前景、从业要求，为以后的专业技术学习和岗位技能训练做好铺垫。

学习任务中的内容主要为常识性内容，如专业发展史、相关法律法规等，这些都是节选内容，可以通过网络查询。本单元内容可作为一般了解性知识来学习。

单元目标 >>

- 能说出三种空调形式的基本特点和应用场合。
- 知道从事中央空调运行管理工作所需要的资格条件。
- 知道从事中央空调系统工作任务的内容和性质。

学习任务 1

认识空调

任务概述 >>

本任务主要是从总体上认知空调技术及其专业特点，其中空调的含义、空调技术的应用形式是重点。在生产、生活中，应用空调技术的地方很多。随着科学技术的不断发展，空调技术也在不断地改进，为适应新时代节能减排形势的需要，空调新技术、新工艺层出不穷，这也是我们学习空调专业的不竭动力。

任务目标 >>

- 能说出空气调节的定义和相关名词的含义。
- 能说出空调技术的主要发展过程及重要人物和事件。
- 能描述不同形式空调系统的基本工作思路。

知识链接 >>

一、空调的概念

空调这个名词对我们来说并不陌生，因为日常生活中我们都能接触到，如家庭使用的家用分体空调；商场、超市里安装的中央空调……除了这些与我们的学习、生活息息相关的场所和空间安装了空调之外，空调还和工业生产加工、农业生产过程等各行各业都有着密切的关系。

采暖通风与空气调节都是控制建筑或场所热、湿环境和室内空气品质的技术，同时也包含对系统本身所产生噪声的控制。暖通空调由采暖、通风和空气调节三部分组成，缩写为 HV&AC (Heating , Ventilating and Air Conditioning)。

(1) 采暖

又称供暖，是指给建筑物供给热量，以保持室内一定温度。如火炕、火炉、火墙、火地等采暖方式及现代的采暖设备与系统。

(2) 通风

通风是用自然或机械的方法向某一房间或空间送入室外空气及从该房间或空间排出空气的过程。送入的空气可以是经过处理的，也可以是不经过处理的，换句话说，通风是利用室外空气（又称新鲜空气或新风）来置换建筑物内的空气（简称室内空气）以改善室内空气的品质。

(3) 空气调节

空气调节简称空调，是实现对某一房间或空间内的温度、湿度、洁净度和空气流动

速度等参数进行调节与控制,并提供足够量的新鲜空气的工程技术。所要求各参数的数值和允许波动范围,由空调建筑和生产工艺的类别和性质要求所决定。在空调工程中除了我们常见的舒适性空调之外,还会见到一些有特殊用途的空调工程。例如:

洁净空调

洁净空调是空调工程中的一种,它不仅对室内空气的温度、湿度、风速有一定的要求,而且对空气中的含尘粒数、细菌浓度等都有较高的要求,相应的技术称为空气洁净技术。对空气温度、湿度、洁净度、压力、噪声等参数根据需要都进行控制的密闭性较好的空间称为洁净室。洁净室的应用包括医院里的手术室、移植病房、ICU等,食品、光学、医药实验室等;微电子系统、制药工业等。

恒温、恒湿空调

恒温、恒湿空调也是空调工程中的一种,是指在室内要维持某一基准温、湿度,而又允许温、湿度有一定波动范围的空气环境。例如计量室、光栅刻线室、精密仪器制造和装配车间等。恒温、恒湿室除了对温度有较为严格的要求外,一般对空气的湿度、洁净度、设备的消声防振等也有一定程度的要求。

二、空调技术的发展

如今,在我们的生活当中已经离不开空调,各种新型空调还在不断涌现。空调从诞生之日发展至今,从简单的空调扇到传统的制冷空调,再到今天节能化、智能化的超空调时代,已经走过了百余年的历程。

1902年,美国人 Willis·Carrier·(开利)设计了第一个空调系统,1906年他以“空气处理装置”为名申请了美国专利。开利空调设计初始是用来调节印刷生产过程中的温度与湿度,以保证印刷过程精确及印刷质量,该技术的应用在印刷行业取得了较好的效果。之后便进入诸多行业,如化工业、制药业、食品及军工业。空调发明后,开始享受的对象一直是机器及生产,而不是人。1922年开利工程公司研制成功具有里程碑地位的空调产品——离心式空调机,简称离心机(图 1-1-1)。离心机最大的特点是效率高,这为大空间调节空气打开了大门。从此,人成为空调服务的对象,开创了舒适性空调的先河。开利不仅是空调的发明者,而且创办了现在世界上最大的空调公司之一——开利公司。在纪念开利发明空调 100 周年的会议上,大会强烈重复了这样一种说法:“假如没有空调,世界的工作效率会降低 40%。”因此,我们把开利尊称为“空调之父”。

家用空调的研制始于 20 世纪 20 年代中期。1928 年开利公司推出了第一代家用空调。但因经济大萧条和第二次世界大战,空调一直没能得到广泛的应用。20 世纪 50 年代后经济起飞,家用空调才开始真正走入千家万户。



图 1-1-1 开利和他的第一台离心式制冷机

20 世纪 80 年代初期，变频空调技术在日本开始应用。1982 年，日本生产了第一台交流变频空调。它是在普通空调的基础上选用了变频专用压缩机，并增加了变频控制系统而形成的。它的基本结构和制冷原理与普通空调完全相同。传统空调压缩机依靠其不断地“开、停”来调整室内温度，其一开一停之间容易造成室温忽冷忽热，并消耗较多电能。变频空调的主机是自动进行无级变速的，它可以根据房间情况自动提供所需的冷（热）量。当室内温度达到期望值后，空调主机则以能够准确保持这一温度的恒定速度运转，实现“不停机运转”，从而保证环境温度的稳定。变频空调具有节能、噪声低、温控精度高、调温速度快、电压要求低、环境温度要求低等特点。

1998 年，变频空调技术取得了重大突破，日本研制出了直流变频技术，直流变频空调的性能比交流变频空调更加优异。从此以后，直流变频空调迅速成为现代空调的主流，目前直流变频空调已在日本和欧美家用空调市场占 90% 以上。在我国，继海尔 1998 年率先推出国内首台直流变频空调以后，国内生产变频空调的厂家也迅速增加，中国变频空调市场尤其是直流变频空调市场开始有了突飞猛进的发展。

中央空调是空调大家族中的重要组成部分。中央空调在国民经济建设和人民日常生活中起着越来越重要的作用，中央空调技术是随着社会经济的发展和能源及环境的可持续发展而不断开拓前进的，我们可以从决定中央空调效率和功能两方面技术来看待中央空调技术的发展过程。

首先是冷水机组的发展过程。水冷式冷水机组是以蒸汽压缩循环方式来达到空调制冷效果的，它是工业革命以来最具历史性的一种空调设备，迄今已有近百年的历史。从早期的往复式到近年来的螺杆式、离心式，其平稳、高能效的运转使得冷水机组已经成为空调界的主流机组，是当今中央空调机组中发展最成熟、设计最经典的机组之一，被各类公共建筑广泛采用。尤其是现阶段三级离心式冷水机的应用，使中央空调系统的冷量提供达到了前所未有的高水平，可以认为是诸冷水机中制冷量最大、效率最高、运行

最稳定、最安全的冷量提供者，是冷水机中的佼佼者。

其次是空调方式的变化。空调方式的变化主要是空气热、湿处理过程和输送分配过程的变化。传统的全空气送风空调和风机盘管空调系统仍然是现代中央空调工程设计的主要方式，在空调市场上占有绝对的地位。但是这些传统的空调方式在运行过程中已凸显出了一定的不足，如不节能、效率低、调节不灵活、舒适性不高等，满足不了现代人的生活和工作的需求。空调设计人员和使用单位都已经意识到了这个问题，所以现在的空调设计及应用工程中不断地出现新的工艺和方法，如变风量空调，热、湿单独处理，地源（水源）热泵等。这些新的工艺和方法在空调工程中的应用我们将在后面的单元任务中学习。

空调制冷市场专家认为，未来空调技术开发将主要围绕以下几个主题：变频空调技术、节能、环境保护、舒适、静音化、智能化网络控制等。

三、空调技术的应用

在生活中我们会遇到各种各样的空调系统或装置。从我们家庭使用的小型分体空调到大型建筑的中央空调都是空调技术的典型应用，不同的建筑、不同的使用环境对空调装置的性能、形式也提出了不同的要求。因此，在空调大家族中我们要着重认识以下几个成员，它们是空调技术在工程中的具体应用，也是我们专业技术学习的重点和方向。

1. 家用空调器

家用空调，基本功能就是实现冬暖夏凉。现在市场中销售的主流家用空调分为壁挂式和柜式，二者都是分体式的。家用分体空调器（图 1-1-2），其基本工作过程为：夏季，制冷剂通过室内机从房间内吸收空气的热量再转移到室外机中排出，因此室内温度下降，达到空调降温的目的；冬季，制冷剂从室外机中吸收外界空气的热量再转移到室内机中放出，达到空调升温的目的。



图 1-1-2 家用分体空调器

此外,生产厂家为满足人们对舒适性的更高要求,还在普通空调的基础上增加了多项技术而实现多种功能,例如:

(1)变频空调。变频空调是与传统的“定频空调”相比较而产生的概念。传统定频空调的压缩机转速基本不变,依靠其不断地“开、停”压缩机来调整室内温度,其一开一停之间容易造成室温忽冷忽热,并消耗较多电能。“变频空调”通过变频器改变压缩机的供电频率,调节压缩机的转速,依靠压缩机转速的快慢达到控制室温的目的,室温波动小、电能消耗少,其舒适度大大提高。

(2)负离子空调。负离子本身具有除尘、除臭、抑菌、提神醒脑等作用,被誉为“空气中的维生素”。市面上的负离子空调只是在普通空调上加装了一台负离子发生器,它所产生的负离子在空气中的寿命很短,因为在空气中迁移时会被异性电荷中和,因此,无法达到净化远距离空气的目的。

(3)除菌光触媒空调。这种空调利用内置紫外线装置产生的紫外线照射到光触媒上,促使光触媒再生,从而起到持续杀菌的目的。

(4)换气空调。传统空调在工作过程中,需要门窗紧闭以防冷量散失,但房间内的空气质量会变差。因此,加装换气装置进行大面积的换气可以提高室内的氧气含量,排出室内污浊空气,改善室内空气质量,并保持室内湿度,从而抑制细菌滋生。

2. 大型中央空调

传统的大型中央空调也叫冷却塔式中央空调,也就是我们常说的中央空调。这种空调系统中房间空气的热量主要依靠水(冷冻水和冷却水)作为载体,依靠水冷式冷水机完成热量从低温水(冷冻水)到高温水(冷却水)的输送,最终从冷却塔转移到室外,这种热量转移方式属于“间接空调”;而家用分体空调系统主要依靠制冷剂直接完成热量的转移,即房间空气的热量直接被制冷剂转移到室外,属于“直接空调”。这是空调系统中的热量转移的两种方式。

中央空调主要的工作过程为:冷水机组在机房内(图 1-1-3),室内机一般称为风机盘管(图 1-1-4),两者通过水管连接。冷水机通过压缩制冷剂循环,制冷剂再对水进行制冷,产生冷冻水(7℃),用水泵将冷冻水送入每个房间的风机盘管内,室内空气与冷冻水换热达到温度调节的目的,即向房间输送了冷量。同时,冷冻水(12℃)携带热量返回冷水机,冷水机再通过与冷却塔之间的水系统(冷却水)把热量送到冷却塔排到外界环境。传统中央空调系统在冬天制热时需要另外配备锅炉或者外热网提供热水,由热水向房间提供热量,冬、夏季节需要进行设备和管路的转换。该空调形式一般适用于建筑面积 $\geq 5\,000\text{ m}^2$ 的场所,如商场、超市、图书馆、酒店、车站、机场、地铁枢纽等大型公共建筑。

传统中央空调系统的优点是可实现集中供冷或供暖,使用舒适,每个房间也可以单独控制,初投资费用相对低廉。缺点是存在漏水的隐患,一旦漏水,将严重破坏装修;换热效率低,节能性一般;随着时间推移,运行成本加大,并且需要专业人员开机、维护、保养,会产生一部分费用,后期费用高;占用机房面积较大;等等。



图 1-1-3 中央空调冷水机房



图 1-1-4 风机盘管

3. 家用或商用小型中央空调

家用或商用小型中央空调，也称户式中央空调。它是集中了家用分体空调和大型中央空调优点的新型空调系统。工程中，常见的一种形式是将大型中央空调的全空气系统和风机盘管系统小型化的独立空调系统；另一种形式是家用分体空调机的放大版，即一台室外机带多台室内机形式（图 1-1-5）。

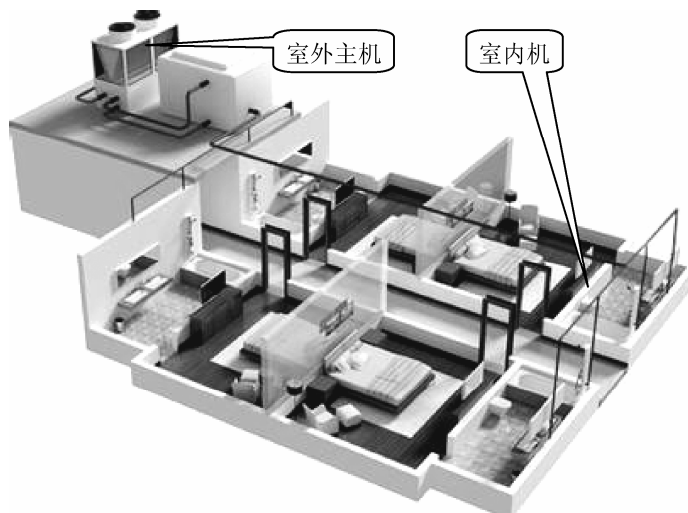


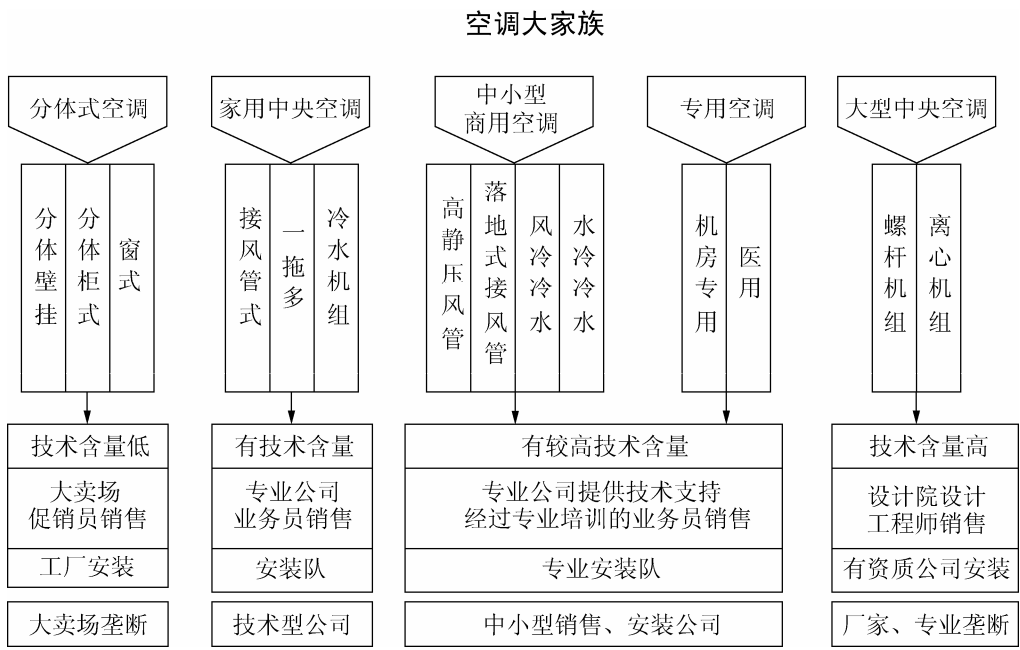
图 1-1-5 户式中央空调示意图

其制冷、制热原理和结构与大型中央空调基本相同，由一台主机制冷、制热，通过风管送风或冷、热水管接多个末端出风设备，将冷、暖送到不同的区域，来实现室内空气调节的目的。它结合了大型中央空调的便利、舒适、高档次以及传统小型分体机的简单、灵活等多方面优势，是适用于别墅、公寓、家庭住宅和各种工业、商业场所的暗藏式空调。家用中央空调作为一个非常成熟的产品，以其低廉的价格和优良的品质，近十几年来在欧美等国家得到了广泛的应用，公寓和别墅使用率高达 80%。在我国，家用中央空调近几年的销售数量和使用速度也在成倍增长。

户式中央空调按照输送介质的不同，可分为三种类型：风管式系统、冷/热水机组、多联机系统。不同形式的系统工作原理基本相同，但具体工作过程和系统组成是不同的，这些内容将在后面的单元中学习。

特别提示：空调技术的发展历史、产品应用、著名生产厂商等内容可以在网络中查询，相信网络会给你带来意想不到的收获！

拓展提高 >>



思考练习

1. 填空题
- (1) 空气调节技术中的“空调四度”是_____、_____、_____、_____。
- (2) 被称为“空调之父”的人是_____。
- (3) 家用空调器中，夏季制冷时热量的转移方向是_____。
- (4) 大型中央空调系统中，空调建筑内的热量最后是从_____排出去的。
- (5) 大型中央空调系统中转移热量的载体主要有_____、_____、_____。
2. 简答题
- (1) 对洁净室的空气参数有何要求？
- (2) 描述一下变频空调器的工作原理，并说明其优点。
- (3) 大型中央空调系统冷水机的作用是什么？
- (4) 简述户式中央空调的结构特点。

学习任务 2

我们与空调作业

任务概述 >>

本任务主要是有关国家对空调行业从业人员的强制要求,从制度上保证从业人员的合法利益和安全生产。职业资格证书(等级证书)和特种作业操作资格证书(上岗证)是从事中央空调系统运行管理的许可证。要获得这两个证书,不但要有丰富的理论知识,要打好空调专业的基础,还要掌握中央空调运行管理、维护保养等实际操作技能。国家劳动部门和安全生产监督管理部门分别负责这两个证书的培训、考核、发证和监督管理,在相应网站可查询具体的制度文件。

任务目标 >>

- 知道职业资格证书和特种作业操作资格证书的作用。
- 理解中央空调作业的性质和从业人员所具备的条件。

知识链接 >>

作为中央空调运行管理的专业技术人员,我们主要从事着各项制冷与空调的作业任务。工程设计、安装、施工、调试、操作、维护、保养、检修等作业内容都具有一定的技术性,需要从业人员具有相应的专业知识和技能水平。同时,制冷与空调作业不安全因素较多,具有一定的危险性,易发生事故,因此,制冷与空调作业又属于特种作业,这就要求我们还必须掌握制冷与空调作业的安全技术。我们国家对制冷与空调作业的职业资格证书制度和特种作业操作资格证书制度都做出了明确的规定,这些法律法规、规章制度切实地保护了我们专业技术人员的身心利益,也保证了安全生产。

一、国家职业资格证书制度

国家职业资格证书制度既是劳动就业制度的一项重要内容,也是一种特殊形式的国家考试制度。它是指按照国家制定的职业标准,通过政府认定的考核鉴定机构,对从业者的技能水平或职业资格进行客观、公正、科学规范的评价和鉴定,并对合格者授予相应的国家职业资格证书。

国家职业资格证书由劳动保障部统一印制,劳动保障部门或国务院有关部门按规定办理和核发(图 1-2-1)。国家职业资格证书是持有者具备某种职业所需要的专门知识和技能的证明,是持有者求职、任职、开业的资格凭证,是用人单位招聘、录用员工的主要依据,也是境外就业、对外劳务合作人员办理技能水平公证的有效证件。

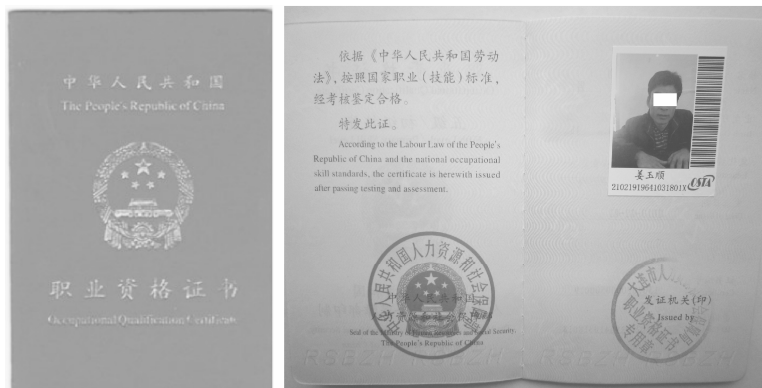


图 1-2-1 国家职业资格证书

《中华人民共和国职业分类大典》对中央空调作业人员的职业及性质进行了明确的阐述，现摘要如下：

1. 职业名称：中央空调系统操作员

职业编码：X4-07-03-05。

所在分类：商业、服务业人员。

职业描述：从事中央空调系统运行、维护、检修、管理的人员。

2. 从事的主要工作

- (1) 根据使用性质和天气情况，制定中央空调系统的运行方案。
- (2) 按运行管理规范要求，对中央空调系统进行操作。
- (3) 对中央空调系统运行过程中的参数进行调节、监测和管理。
- (4) 对中央空调系统的冷却水系统和冷媒水系统进行水质检测和处理。
- (5) 对中央空调系统运行过程中出现的异常问题进行正确处理。
- (6) 对中央空调系统的风道系统、风机盘管系统及末端装置进行维护、保养和维修。
- (7) 对中央空调系统的冷却水系统和冷媒水系统进行维护、保养和维修。
- (8) 对中央空调系统的动力设备、仪器仪表进行维护、调试和小规模维修。
- (9) 对中央空调系统冷热源设备进行检测、调试、维护和一般故障的维修。
- (10) 填写对中央空调系统的运行、调试、维护、检修记录。

3. 职业能力特征

- (1) 具有用语言或文字方式有效地进行交流、表述的能力。
- (2) 具有准确而有目的地运用数字进行运算的能力。
- (3) 具有对工艺规程、技术参数的记忆、理解、辨识和执行能力。
- (4) 具有觉察物体或图形资料及有关细节的能力。
- (5) 具有能够根据视觉信息协调眼、手、足及身体其他部位，迅速、准确、协调地做出反应，完成既定操作的能力。
- (6) 具有辨别颜色的能力。

(7) 具有灵活应变和独立处理问题的能力。

(8) 具有学习、获取外界信息的能力。

二、制冷与空调特种作业操作资格

1. 制冷与空调作业

制冷与空调作业指对大、中型制冷与空调设备运行操作、安装与修理的作业。

国家安全生产监督管理总局把制冷与空调作业类别又细分为两个“准作业项目”，分别是“制冷与空调设备运行操作作业”和“制冷与空调设备安装修理作业”。

(1) 制冷与空调设备运行操作作业：指对各类经营企业和事业等单位的大、中型制冷与空调设备运行操作的作业。

适用于化工类（石化、化工、天然气液化、工艺性空调）生产企业；机械类（冷加工、冷处理、工艺性空调）生产企业；食品类（酿造、饮料、速冻或冷冻调理食品、工艺性空调）生产企业；农副产品加工类（屠宰及肉食品加工、水产加工、果蔬加工）生产企业；仓储类（冷库、速冻加工、制冰）生产经营企业；运输类（冷藏运输）经营企业；服务类（电信机房、体育场馆、建筑的集中空调）经营企业和事业等单位的大、中型制冷与空调设备运行操作作业。

(2) 制冷与空调设备安装修理作业：指对制冷与空调设备整机、部件及相关系统进行安装、调试与维修的作业。

2. 特种作业人员条件要求

特种作业是指容易发生事故，对操作者本人、他人的安全健康以及设备、设施的安全可能造成重大危害的作业。

为了规范特种作业人员的安全技术培训考核工作，提高特种作业人员的安全技术水平，防止和减少伤亡事故，根据《安全生产法》《行政许可法》等有关法律、行政法规，国家安全生产监督管理总局制定了第三十号令《特种作业人员安全技术培训、考核管理规定》。其中第二条界定了本规定的对象为生产经营单位特种作业人员的安全技术培训、考核、发证、复审及其监督管理工作。

本规定所称的特种作业人员，是指直接从事特种作业的从业人员。第四条规定了特种作业人员应当符合的条件：

(1) 年满 18 周岁，且不超过国家法定退休年龄；

(2) 经社区或者县级以上医疗机构体检健康合格，并无妨碍从事相应特种作业的器质性心脏病、癫痫病、美尼尔氏症、眩晕症、癔病、震颤麻痹症、精神病、痴呆症以及其他疾病和生理缺陷等；

(3) 具有初中及以上文化程度；

(4) 具备必要的安全技术知识与技能；

(5) 相应特种作业规定的其他条件。

3. 持证上岗

《安全生产法》规定，从事制冷与空调特种作业的人员应当接受专门的安全技术培训，经安全技术理论和实际操作技能考试合格，取得“中华人民共和国特种作业操作证”，方可上岗作业（图 1-2-2）。



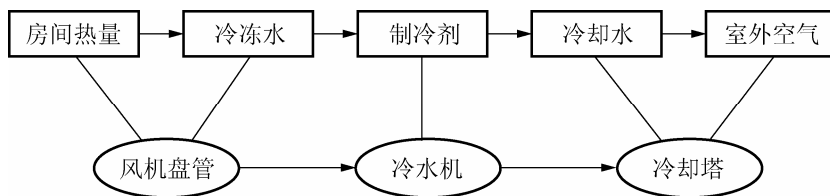
图 1-2-2 中华人民共和国特种作业操作证（正面）

单元要点归纳

通过对本单元任务的学习，同学们应已对空调行业建立起一定的轮廓，明确了自己的学习方向。

1. 空调技术名词及空调系统在工程中的应用形式是我们认知的重点。其中，户式中央空调和大型中央空调是中央空调运行管理方向专业课程的重点。

2. 大型中央空调系统中热量转移的方向（学习思路）：



3. 职业资格证书：对从业者的技能水平进行客观、公正、科学、规范的评价和鉴定。

特种作业操作资格证书：《安全生产法》规定特种作业人员必须持证上岗。