

# 车用空调及压缩机行业发展概述

作者：鲁向前

## 一、车用空调行业基本情况

### 1、国内外汽车空调发展现状

20 世纪 30 年代美国的公共汽车装上了应用制冷技术的冷气装置。直到 20 世纪 60 年代，应用制冷技术的汽车空调才开始逐步普及起来。以后，人们对车空调的兴趣逐年增加，汽车空调技术日趋完善，功能也越来越全面。它的发展大体上可以分为以下几个阶段：

(1) 单一供暖空调装置阶段：始于 1927 年，由于地域性特点，目前在寒冷的北欧、亚洲北部地区，汽车空调仍使用单一供热系统。

(2) 单一供冷气空调装置阶段：始于 1939 年，美国帕克汽车公司率先在轿车上装用机械制冷降温空调器。目前单一降温的汽车空调仍在热带、亚热带部分地区应用。

(3) 冷暖型汽车空调器阶段：始于 1954 年，美国汽车公司(AMC)首先在轿车上安装了冷暖型一体化空调器，汽车空调才真正具备了调温、除湿、通风、过滤、除霜等对空气的调节功能。该方式目前仍然大量地用在中低挡车上，它也是目前使用量最大的一种方式。

(4) 自控汽车空调装置阶段：由于冷暖型汽车空调需依靠人工调节，这既增加了驾驶员的工作量，分散了驾驶员注意力，降低了行车安全，同时对车内温度的控制效果也不理想。1964 年通用汽车公司率先在轿车上应用自控汽车空调。自控空调只需预先设定出风口温度，它便能自动地在设定的温度范围内运行。传感器随时检测车内外温度，控制系统自动调节各部件工作位置，达到控制车内温度和完成使其它功能的目的。目前，大部分中高级轿车、高级大汽车都配装自控空调。

(5) 微机控制汽车空调阶段：自 1977 年美国通用汽车公司、日本五十铃汽车公司同时将自行研制的微机控制汽车空调系统装在各自生产的轿车上，即预示着汽车空调技术已发展到一个新阶段。微机控制的汽车空调具有数字化显示，

冷、暖、通风调控三位一体和车内多点温度控制等特点。通过微机控制可以实现空调运行与汽车运行的协调工作，极大地提高了制冷效果，节约了燃料，从而提高了汽车的整体性能和舒适程度。目前微机控制空调在高档轿车上得到广泛的应用。

上世纪 90 年代以前我国的汽车产品主要以载货汽车为主，长期以来汽车空调技术研究一直处于空白状态。从 20 世纪 60 年代开始，我国的汽车空调发展经历了以下三个发展阶段。

第一阶段是从 60 年代初到 70 年代末，主要是利用汽车发动机排出的废气或冷却循环水产生得热量来供给车室内采暖用。

第二阶段是 80 年代初至 1990 年。80 年代初期，我国从日本购进制冷降温用的汽车空调系统装配在红旗、上海等小轿车和豪华大汽车上；80 年代中后期，我国第一汽车制造厂以及上海、北京、湖南、广州、佛山等分别从日本、德国引进先进的空调生产线和空调技术，生产国产大中型汽车、轻型车及轿车的空调系统。

第三阶段是从 90 年代开始到目前。国内已形成生产规模的汽车空调生产企业，分别从国外引进了国际最先进的平行流式冷凝器和层叠式蒸发器的生产技术和生产线，同时按《蒙特利尔议定书》和《中国消耗臭氧层物质逐步淘汰国家方案》的要求，开始研究开发汽车空调制冷装置工质由氟利昂 R12 向 R134a、R407c、R410a 的转换。至此，我国汽车空调技术缩小了与世界领先水平的差距。

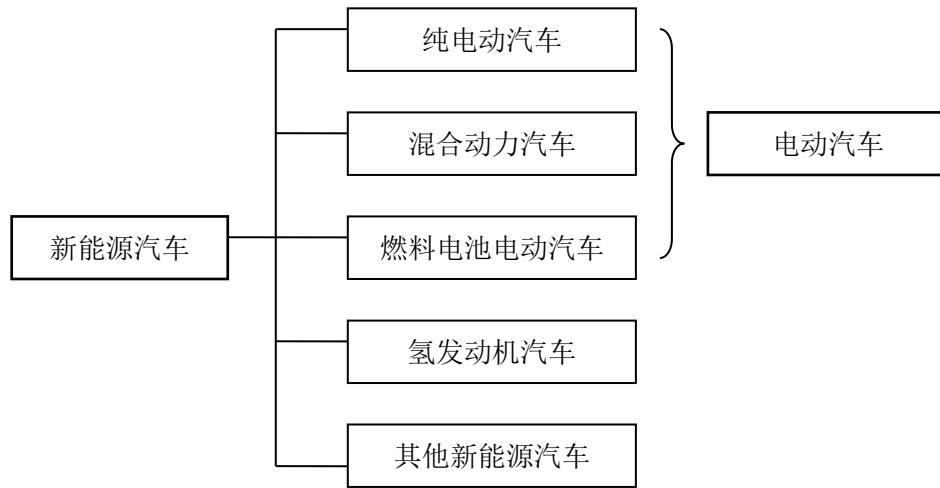
## 2、新能源汽车及电动汽车的发展现状

### (1) 新能源汽车和电动汽车的分类

按照我国 2009 年 7 月 1 日正式实施的《新能源汽车生产企业及产品准入管理规则》，新能源汽车是指采用非常规的车用燃料作为动力来源(或使用常规的车用燃料，但采用新型车载动力装置)，综合车辆的动力控制和驱动方面的先进技术，形成的技术原理先进、具有新技术、新结构的汽车。新能源汽车包括：纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池电动汽车、氢发动机汽车、其他新能源（如高效储能器、二甲醚）汽车等。

电动汽车是全部或部分由电能驱动电机作为动力系统的汽车，按照目前技术

的发展方向或者车辆驱动原理，可划分为纯电动汽车、混合动力汽车和燃料电池电动汽车三种类型。新能源汽车和电动汽车的分类关系见下图：



## （2）电动汽车的发展

全球气候变暖、大气污染以及能源成本高涨等问题日趋严峻，汽车作为环境污染和能源消耗的主要来源之一，其节能减排问题受到了越来越广泛的重视，各国政府和汽车企业均将节能环保当作未来汽车技术发展的指导方向，这样节能环保的电动也就应运而生。电动汽车是集汽车技术、电子及计算机技术、电化学技术、能源与新材料技术于一体的高新技术产品，与普通内燃机汽车相比，具有无污染、噪声低及节省石油资源的特点。基于以上电动汽车的特点，它极有可能成为人类新一代的清洁环保交通工具，它的推广普及具有不可估量的重要意义。

## 3、电动汽车空调的特点

电动汽车空调特点与室内空调装置相比，电动汽车空调装置主要有以下特点：

（1）汽车空调系统安装在运动的车辆上，要承受剧烈而频繁的振动与冲击，要求电动汽车空调装置结构中的各个零部件都应具有足够的强度、气密性能；

（2）电动汽车内乘员所占空间比大，产生的热量多，热负荷大，要求空调具有快速制冷和低速运行能力；

（3）电动汽车车身隔热层薄，而且门窗多，玻璃面积大，隔热性能差，致使空调冷气热漏损严重；

(4) 车内高低不平且有座椅，气流分配组织困难，难以做到气流分布均匀。

(5) 电动汽车有足够的电能可以驱动电动空调压缩机工作，但蓄电池提供的直流电是电动汽车唯一的动力源，没有发动机余热可以用于车内采暖。电动汽车无法使用现有的燃油汽车空调系统；

(6) 电动汽车空调使用的就是直流电气系统，可靠性高，维护方便。结构紧凑无噪声及容易实现能量的连续调节。此外，开门的次数以及在行车中受车速、光照、怠速等因素的影响，空调湿热负荷极大。压缩机乃至整个空调系统都要适应这种多因素的变化以确保车室环境的舒适性要求。因而使空调系统变工况运行变得较为复杂和难以控制。

电动汽车空调系统的解决方案的确定，应该是一个系统的工程，主要有以下几个因素决定：

- (1) 空调系统的制冷能力；
- (2) 空调系统的控制模式的节能性能；
- (3) 空调系统的技术成熟度以及复杂性；
- (4) 空调系统的通用性。

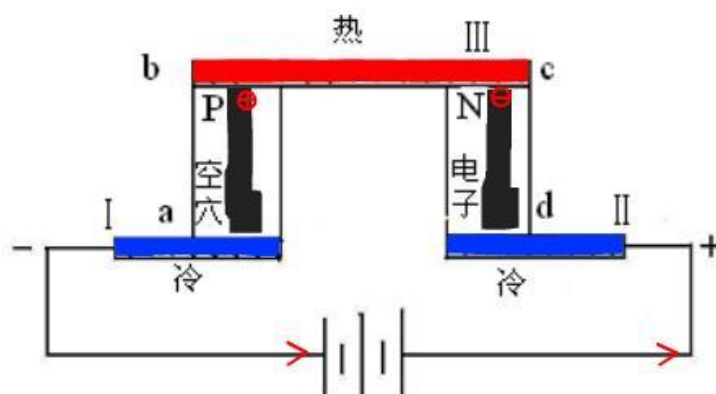
#### **4、电动汽车空调的发展趋势**

电动汽车驱动能量来源于蓄电池，有别于传统燃油汽车，使得它的空调系统也不同于燃油汽车空调，由于作为驱动能量来源的蓄电池容量有限，空调系统的能耗对电动汽车的续航里程有较大的影响。同燃油汽车相比，对电动汽车空调系统的节能高效提出了更高的要求。同时，电动汽车空调必须要解决制冷、制热两大问题。根据电动汽车特有性质，目前电动汽车空调可采用热电（偶）空调系统和电动热泵型空调系统。

##### **(1) 热电（偶）电动汽车空调系统**

该项技术具有很多适合电动汽车使用的特点，并且与传统机械压缩式空调系统相比，热电空气调节具有以下特点：热电元件工作需要直流电源；改变电流方向即可产生制冷、制热的逆效果；热电制冷片热惯性非常小，制冷时间很短，在热端散热良好冷端空载的情况下，通电不到一分钟，制冷片就能达到最大温差；

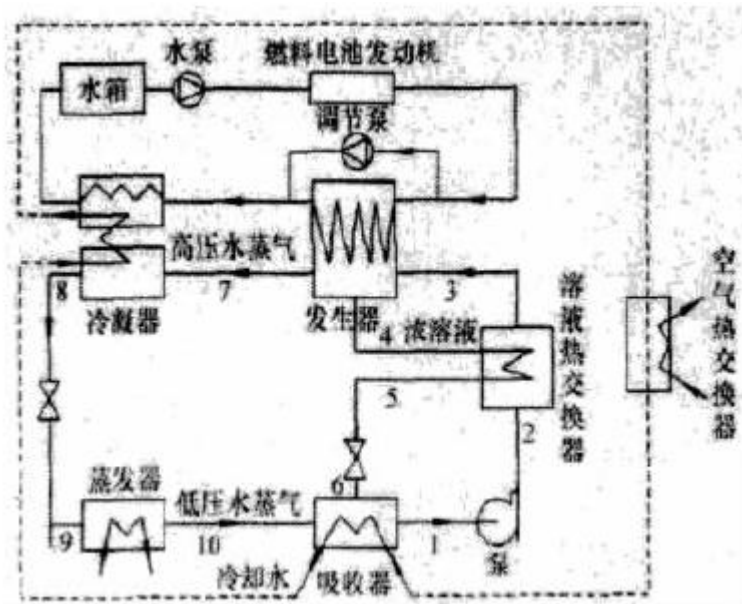
调节组件工作电流的大小即可调节制冷速度和温度，温度控制精度可达  $0.001^{\circ}\text{C}$ ，并且容易实现能量的连续调节；在正确设计和应用条件下，其制冷效率可达 90% 以上，而制热效率远大于 1；体积小、重量轻、结构紧凑，有利于减小电动汽车的整备质量；可靠性高、寿命长并且维护方便；没有转动部件，因此无振动、无摩擦、无噪声且耐冲击。



热电（偶）制冷、制热工作原理图

## (2) 余热制冷空调系统

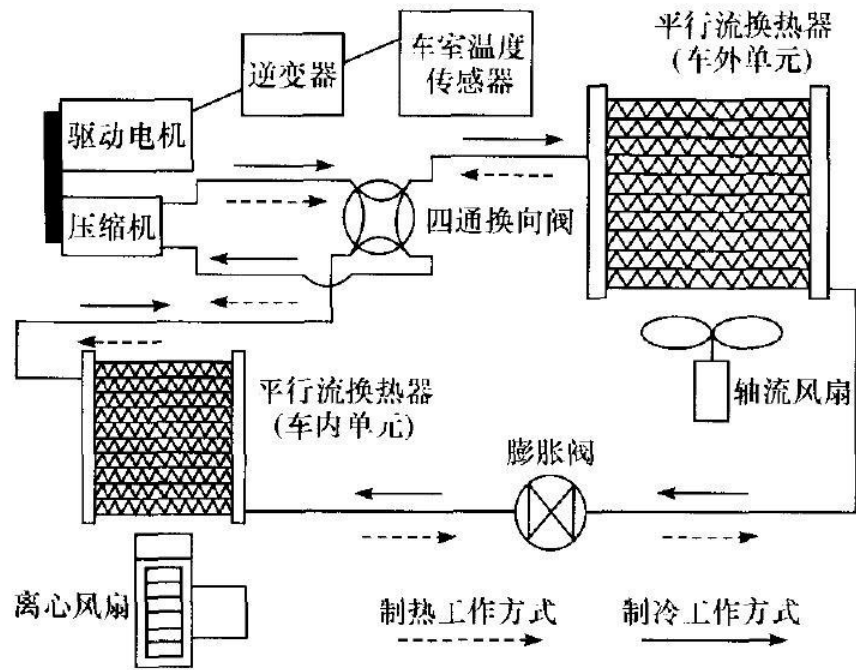
目前利用余热的空调制冷技术主要有氢化物制冷空调、固体吸附式制冷空调以及吸收式制冷空调，其工作原理、特点、系统组成不尽相同。氢化物空调是指利用金属氢化物作为工质，通过在不同温度下金属氢化物释放或吸收氢气的特点而实现制冷。固体吸附式制冷是利用某些固体物质在一定温度，压力下能吸附于某种气体或水蒸气，在另一种温度、压力下又能把他释放出来的特性，通过吸附与解吸过程导致压力变化，从而起到压缩机的作用。吸收式制冷也是以热能为动力，利用由两种沸点不同的物质组成溶液具有的气液不平衡特性来完成制冷循环，溴化锂和氨水吸收式制冷是最常见的吸收式制冷。对于燃料电池电动汽车来说，用燃料化学能转化成的电能作为动力，但是燃料电池的化学能转化效率只有 50% 左右，其余的能量都转化为余热白白排放掉，导致燃料电池汽车能耗非常大。而汽车空调系统需要消耗能源，若能利用燃料电池的余热制冷，一举两得，将大大提高燃料电池的能源利用效率，为燃料电池汽车的发展和应用提供技术上的支持。



余热制冷空调系统工作原理图

### (3) 热泵型电动汽车空调系统

该热泵型空调系统是在原有燃油汽车上进行改进的，压缩机是由永磁直流无刷电机直接驱动，系统的工作原理图如图2所示。该系统与普通的热泵空调系统并无本质区别，由于在电动车上使用，压缩机等主要部件有其特殊性。而且国外热泵技术具备了一定的基础，该技术最大的优点就是制冷、制热效率高，相关企业开发的全封闭电动涡旋压缩机，是由一个直流无刷电动机驱动，通过制冷剂回气冷却，具有噪声低，振动小，结构紧凑，质量轻等优点。在测试条件为环境温度 $40^{\circ}\text{C}$ ，车内温度 $27^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度50%的工况下，系统稳定时它能以 $1\text{kW}$ 的能耗获得 $2.9\text{kW}$ 的制冷量；当环境温度为 $-10^{\circ}\text{C}$ ，车内温度 $25^{\circ}\text{C}$ ，以 $1\text{kW}$ 的能耗可以获得 $2.3\text{kW}$ 的制热量。在 $-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下，均能以较高的效率为电动汽车提供舒适的驾乘环境。若能在零部件技术上得到改进，相应效率还可以得到提高。



热泵系统工作原理图

综合以上所述，从空调技术成熟性和能源利用效率比较来看，对于热电（偶）电动汽车空调系统，目前存在着热电材料的优值系数较低，制冷性能不够理想，并且热电堆产量受到构成热电元件的蹄元素产量的限制。不具备电动汽车空调节能高效的要求。这使得电动汽车空调更倾向于选用节能高效的热泵型空调，该技术方案对于不同类型电动汽车通用性较好，并且对整车结构改变较小，是将来电动汽车空调发展趋势。

目前热泵型电动汽车空调最大的软肋是低温制热问题，尤其是在东北地区，这也是将来该行业研究难题之一。为了使热泵型电动汽车空调更节能高效，可以从以下几个角度去着重解决：

- a) 开发更高效的直流涡旋压缩机；
- b) 开发控制更精准、更节能的硅电子膨胀阀；
- c) 采用高效的过冷式平行流冷凝器；
- d) 改善微通道蒸发器结构，使制冷剂蒸发更均匀；
- e) 采用 PTC 加热器，增强冬季制热效果。

此外,电动汽车开门的次数以及在行车中受车速、光照、怠速等因素的影响,空调湿热负荷大。压缩机乃至整个空调系统都要适应这种多因素变化的工况,因此热泵型电动汽车空调系统变工况设计尤为重要。

## **二、压缩机行业基本情况**

### **1、压缩机基本原理**

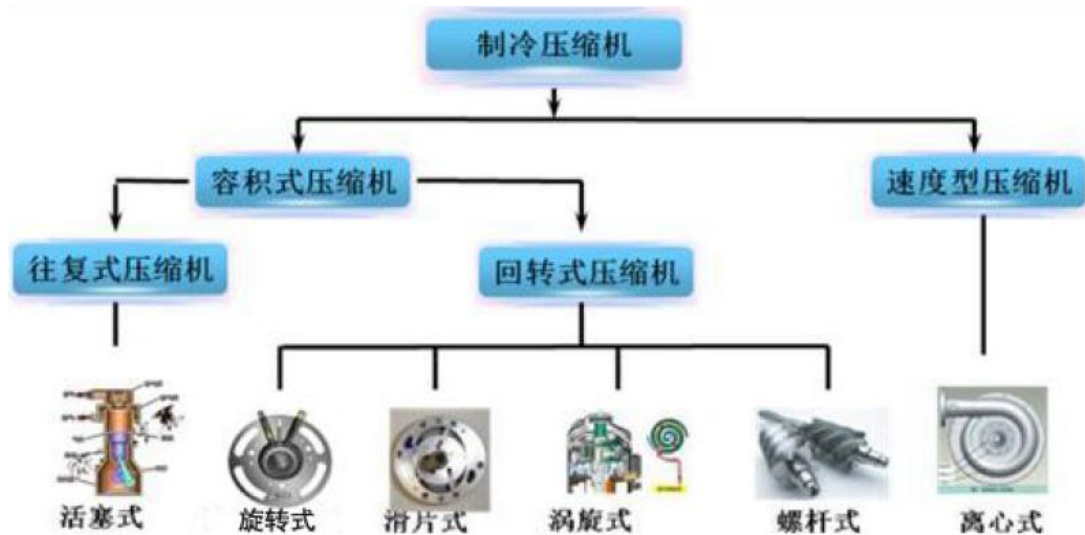
在日常生产和生活中,人们使用各式各样的机器进行能量(如电能、热能、位能等)的传递或转换,用以满足各种不同的需要。在制冷与空调技术中,需要将热量从低于环境介质温度的物体中转移到环境介质中去,具备此类功能的机器或系统称为制冷机或制冷系统。

而压缩机正是这样一种将低压气体提升为高压气体的流体机械,系制冷机或制冷系统的核心,它从吸气管吸入低温低压的制冷剂气体,通过电机运转带动活塞对其进行压缩后,向排气管排出高温高压的制冷剂气体,为制冷循环提供动力,从而实现压缩、冷凝(放热)、膨胀、蒸发(吸热)的制冷循环过程。此外,压缩机还可以在热泵系统(“热泵”是一种能从自然界的空气、水或土壤中获取低品位热能,经过电力做功,提供可被人们所用的高品位热能的装置)中应用,与其在制冷系统中的功能完全相同,但压缩机在热泵系统和制冷系统中的工作温度范围大不相同。尽管如此,用于制冷机和热泵的压缩机均被称为制冷压缩机。

### **2、压缩机的分类**

制冷压缩机根据其工作原理可以分为容积型和速度型两大类,如下图所示:





### (1) 容积型压缩机

容积型压缩机系用机械的方法使气缸的容积变小，使得吸入的气体被压缩而增加其压力，当达到一定压力时气体被强制地从气缸内排出。因此，容积型压缩机的吸排气过程是间歇性的，其流动并非连续稳定的。它又分为两种结构型式：活塞式和回转式。

活塞式压缩机是依靠活塞的往复运动压缩气缸内的气体，通常系通过曲柄连杆机构把原动机的旋转运动转变为活塞的往复运动。回转式压缩机内无往复运动件，它是依靠气缸内的转子旋转时产生的容积变化而实现的气体压缩。此类压缩机也有多种不同的结构型式，其中应用较广的有旋转式、涡旋式、螺杆式及滑片式。

### (2) 速度型压缩机

用机械的方法使流动的气体获得高流速，然后在扩张的通道内使气体流速减小，从而使气体的动能转化为压力能，以达到提高气体压力的目的，此类机器称为速度型压缩机，且其流动是连续、稳定的。在制冷或热泵系统中应用的速度型压缩机几乎都是离心式压缩机。

## 3、压缩机应用范围

以目前制冷技术发展程度看，各类压缩机虽然根据其制冷量的大小有各自的大致应用范围。

目前，活塞式制冷压缩机主要用于家用冰箱、冷柜、汽车空调等领域；而旋

转式压缩机在家用空调领域几乎垄断了所有的份额，且通过变频和双缸等技术革新正逐步向家用中央空调、商用中央空调领域拓展，此外，在除湿机、热泵干衣机、热泵热水器等其他领域也有广泛的应用；涡旋式压缩机在大功率家用中央空调、商业制冷、热泵领域有着广泛的应用；螺杆式压缩机主要应用于商业制冷、大型空调领域，此外，双螺杆式空气压缩机还广泛应用于机械，冶金，电子电力，医药，包装，化工，食品，采矿，纺织，交通等众多工业领域。

根据上述压缩机应用范围情况来看，发行人生产零部件配套的旋转式、涡旋式压缩机应用在以民用空调（家用空调及部分商用空调）为主、以热泵热水器、除湿机、热泵干衣机等其他家用电器为辅的领域。但随着制冷技术的不断进步，旋转式、涡旋式压缩机的应用有向大功率领域扩展的趋势。

#### **4、民用制冷压缩机概况**

目前民用（家用及商用）制冷压缩机主要包括旋转式及涡旋式压缩机产品，其最重要的应用领域为空调：旋转式压缩机通常指 1~3HP 家用窗式、壁挂式、柜式空调器用压缩机；在 3~7HP 压缩机市场中旋转式压缩机与涡旋式压缩机竞争日益激烈；7HP 以上的压缩机市场中，涡旋式产品占据主导地位。此外，旋转式压缩机在热水器、除湿机、热泵等领域均有应用，涡旋式压缩机在大功率空调器、冷水机组等商业领域应用广泛。

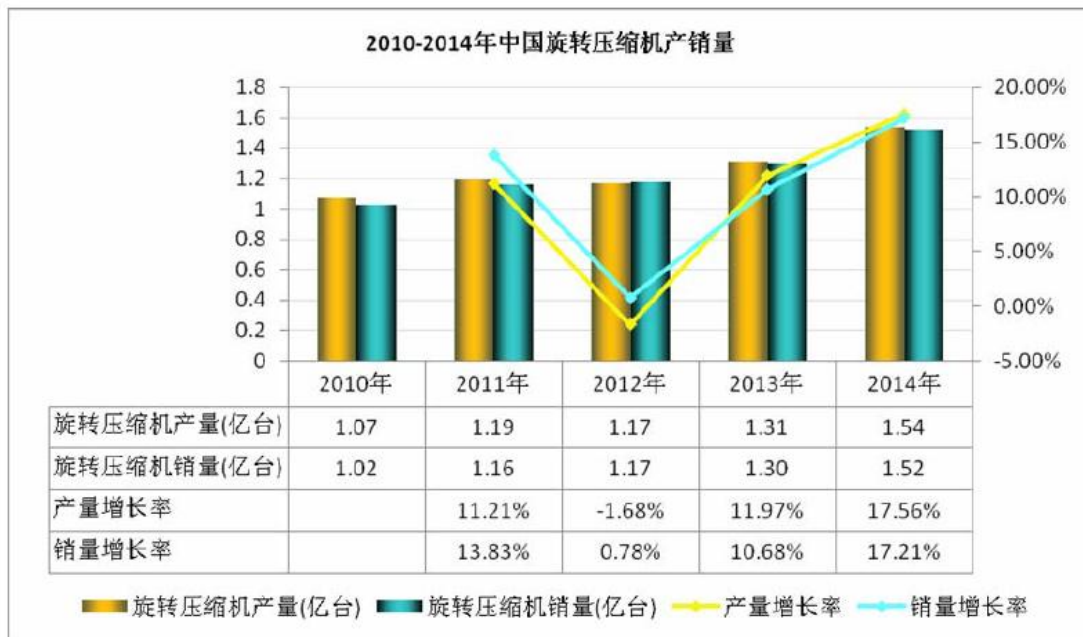
### **三、车用空调及压缩机行业市场空间**

#### **1、压缩机行业市场空间**

##### **（1）旋转式压缩机行业**

中国既是全球最大的旋转式压缩机的市场，又是全球旋转式压缩机的最大生产国。根据 WIND 咨询及产业在线数据统计，全球约 80%以上旋转式压缩机在中国生产，而中国市场上旋转式压缩机的销量占全球销量的比重约 70%。

2010~2014 年国内市场旋转式压缩机产、销量情况如下图所示：



数据来源：产业在线（<http://acc.chinaiol.com>）以及 WIND 咨询数据库。

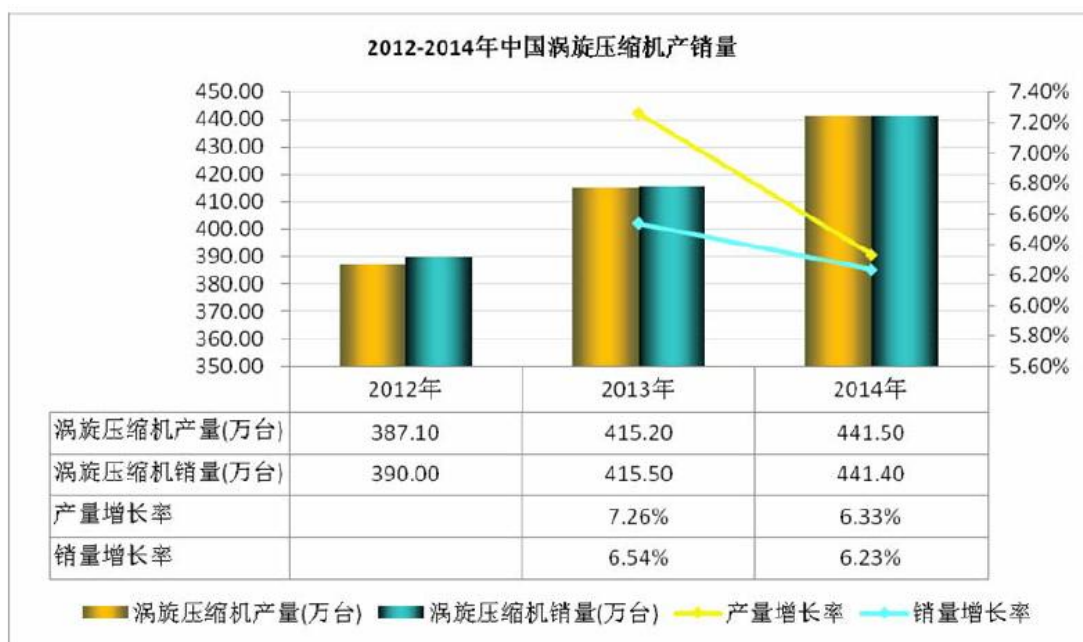
由上图可知，近五年来我国旋转式压缩机产、销量总体呈现较快增长态势，产量从 2010 年的 1.07 亿台增长至 2014 年的 1.54 亿台，年复合增长率达到 9.53%；销量从 2010 年的 1.02 亿台增长至 2014 年的 1.52 亿台，年复合增长率达到 10.49%。

2010~2011 年，我国空调行业需求随着家电下乡、节能补贴政策的落实以及全球性罕见的高温气候的刺激而大幅放量，使制冷压缩机企业的销量充分释放。2012 年，受到全球经济衰退、国内房地产市场相对低迷、家电以旧换新政策退出的影响，压缩机销量略有下降。2013~2014 年，伴随全球经济复苏，压缩机行业增长良好。

此外，根据“产业在线”数据统计，2014 年，旋转式压缩机中的旋转式变频压缩机销售规模超过了 5,000 万台，同比增长 25%，变频产品行业占比提升至 35%，创下有史以来的行业新高。国内外市场变频能效升级带动是该年度旋转式压缩机销售规模的增长主要动力。

## （2）涡旋式压缩机行业

目前大部分涡旋式压缩机是在亚洲和北美生产的，中国涡旋压缩机产量约占全球的 1/3。近年来，涡旋压缩机在新兴国家和地区的需求持续扩大，以中国为例，2012~2014 年，国内市场涡旋压缩机产、销量如下图所示：



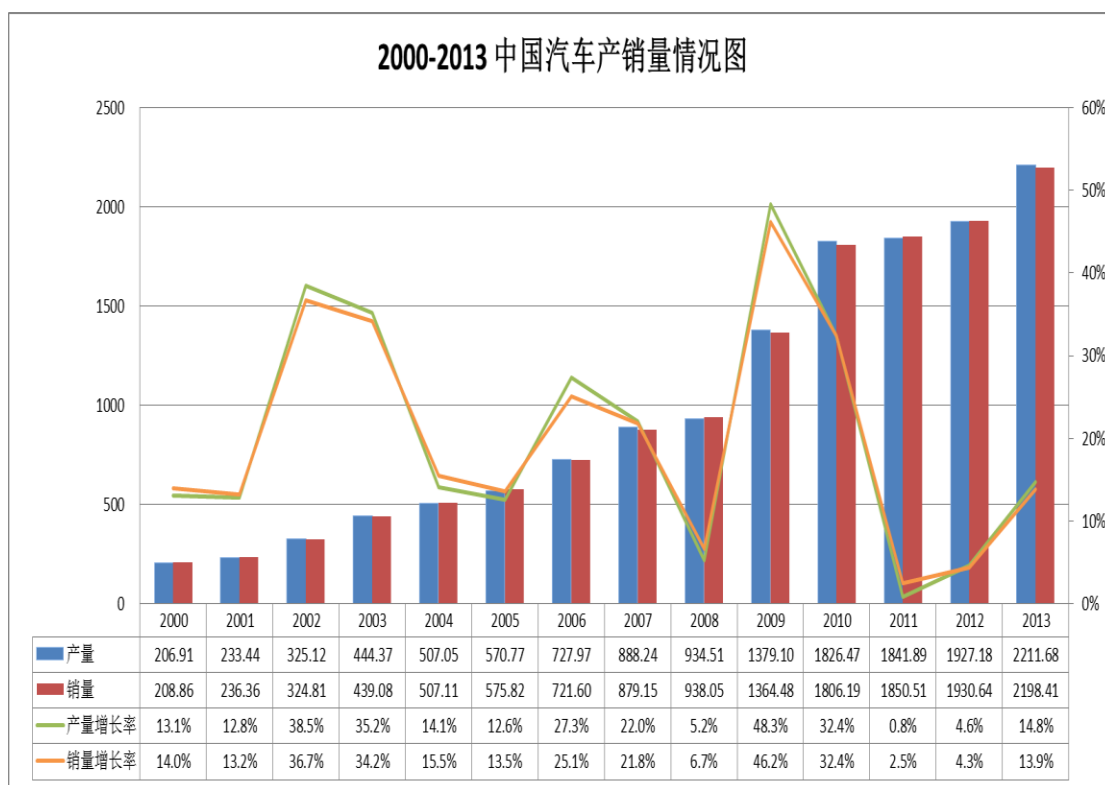
数据来源：WIND 咨询。

为了争取中国市场更大的份额，全球压缩机生产商增加在中国生产及供应能力。近三年，我国涡旋式压缩机产量呈现稳步增长的态势，从2012年的387.10万台增长至2014年的441.50万台，年复合增长率为6.80%。近三年来，我国涡旋式压缩机销量也呈现稳步增长的态势，从2012年的390万台增长至2014年的441.40万台，年复合增长率达到6.39%，主要得益于涡旋式压缩机广泛的应用范围扩大以及大容量机型需求的增加。例如：涡旋式压缩机应用于轻型商业制冷工程的需求一直在快速增长，正在扩展并开始渗透到以前螺杆压缩机产品所占据的范围。

## 2、我国汽车市场空间

作为整车的重要零配件，汽车空调的销售量与整车的产销量密切相关，因此汽车产销量的变化能够反映汽车空调市场需求量的变动情况。

我国汽车工业经过四十多年的发展，已经成为支撑国民经济发展的支柱产业。随着汽车工业的发展，我国汽车产量逐渐扩大。特别是在改革开放的三十年间，从1978年的年产量14.9万辆，到2013年的年产量为2,211.68万辆，增长了148.43倍。我国高速增长的汽车工业为汽车空调行业提供了广阔的市场空间。



资料来源：WIND 咨询

### 3、新能源汽车市场空间

自 2009 年以来，全球新能源汽车市场呈现火爆发展态势，2013 年全球新能源汽车销量 20 万辆，其中美国近 10 万辆，日本、中国、欧洲紧随其后。2014 新能源汽车销量依然强劲，其中由于我国政策的刺激作用，使得新能源汽车销量迅猛增长，全年销量达 7.38 万辆，全球销量近 40 万辆。

近年全球新能源汽车销量（万辆）：

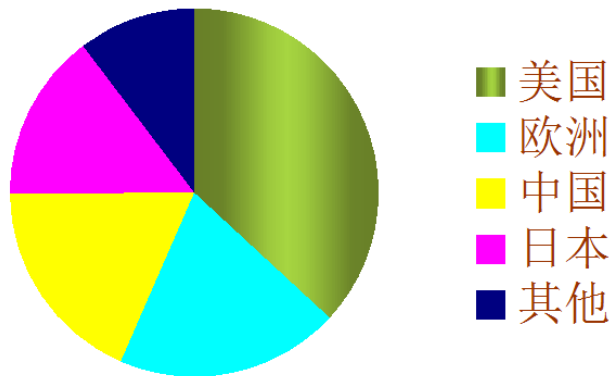
	欧洲	美国	日本	中国	全球
2009	0.03	0	0.1	0.23	0.4
2010	0.06	0.04	0.24	0.74	1.1
2011	1.2	1.8	1.3	0.82	5.4
2012	2.7	5.3	2.3	1.28	12

2013	3.3	9.7	3.1	1.76	20
2014	8	15	6	7.48	40

资料来源：WIND 咨询

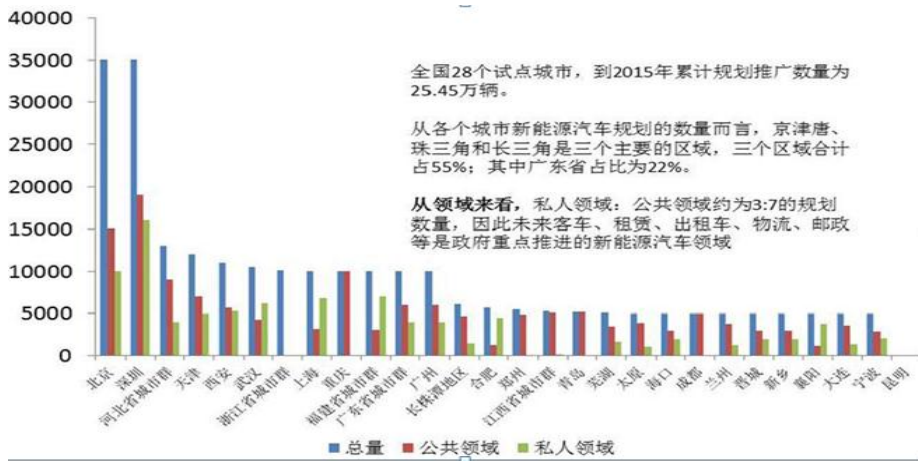
从市场结构看，美国、日本、中国、欧洲乃是主要市场，其中我国以 18.7% 的市场份额位居第三，美国销量占比有所下降，主要是全球新能源汽车普及所致。

### 2014全球新能源汽车市场结构



资料来源：WIND 咨询

### 中国新能源汽车市场规划数量：



资料来源：各地方政府数据统计

## 4、我国轨道交通产业市场空间

轨道交通包括铁路交通和城市轨道交通。随着科技的进步，目前轨道交通列

车都采用电力驱动，因而轨道交通列车空调系统与电动汽车空调系统制冷/热运行原理相同。作为轨道列车的重要零配件，轨道交通列车空调的销售量与整车的产销量密切相关，因此轨道交通市场发展空间决定了列车空调系统的市场规模。

自从实施城市轨道交通设备国产化政策以来，国产城轨车辆不断涌现，自主创新能力显著增强。当前全国各地纷纷掀起城市轨道交通建设高潮，国产轨道交通设备的市场需求大幅提升，广阔的市场空间将有力拉动我国轨道交通设备制造业的长足发展。随着城市化建设步伐的加快，中心城市不断在向周边辐射，轨道交通建设的紧迫性也在增加。中国已形成一个世界上规模最大、发展最快的轨道交通建设市场。纵观我国地铁、轻轨发展动态，未来 5-10 年间，中国城市轨道交通运输及其设备制造市场前景广阔。

我国《铁路中长期发展规划》中明确指出，到 2020 年全国铁路营业里程达到 12 万公里以上，未来几年铁路年均增长有望保持在 4000 公里左右。在城市轨道交通方面，到 2015 年我国城市轨道交通运营历程将达到 3000 公里。到 2020 年，我国将建设城际轨道交通和客运专线约 1.5 万公里，需要投入 2 万亿元资金，其中各类技术装备的购置和安装费用约占 35-40%。因此，城际客运专线的建设将为轨道交通装备制造产业提供大约 7000-8000 亿元市场空间。

2010-2020 年我国轨道交通行业投资额预测（单位：亿元）



资料来源：WIND 咨询

伴随我国持续加大对轨道交通的投入，轨道交通装备产业将进入黄金发展期。其中，城市轨道交通即将迎来井喷，今后较长一段时期有望保持每年 2500-3000 辆的持续增长，年市场规模 150-200 亿元；动车组同样需求强劲，受高铁通车高峰的来临，年增长量也将长期保持在 300-400 辆的水平，年市场规模 600-800 亿

元；机车（动力车头）市场每年需求 700-1000 辆，年市场规模 140-200 亿元；货车随着近年铁路货运能力提升，铁路货车需求在逐年提升，年平均将有 7-8 万辆的需求，年市场规模 300-320 亿元；客车（客车车厢）保有量有望保持 4% 的增长，年需求约 7000 辆左右，年市场规模 200 亿元左右。