

图书馆藏

20176

中文资料

工业汽轮机文集

第一机械工业部技术情报所

7826
12
2

前 言

随着机械工业的迅速发展，迫切要求汽轮机制造行业提供产品质量好、品种数量多的工业汽轮机。

遵照伟大领袖毛主席关于“要采用先进技术，必须发挥我国人民的聪明才智，大搞科学实验。外国一切好的经验，好的技术，都要吸收过来，为我所用。”的教导，我们编译了“工业汽轮机文集”供从事工业汽轮机设计制造人员、操作者及有关大专院校师生参考。

本文集主要介绍了用于不同部门的工业汽轮机，工业汽轮机系列化，工业汽轮机电液调节及三篇综合性评论文章。

由于时间仓促，水平有限，错误和不当之处，请批评指正。

编 者

一九七六年十二月

84-4/18



A 841985

目 录

工业汽轮机的应用与发展	(1)
现代工业汽轮机	(22)
工业汽轮机	(27)
工业汽轮机电液调节器的运行	(31)
现代标准化背压式汽轮机	(36)
公用热电站的工业汽轮机	(40)
高蒸汽参数、大功率和高转速的工业汽轮机	(50)
化工设备中拖动高压压气机的高转速汽轮机	(57)
拖动压气机的低、中蒸汽状态参数的工业标准汽轮机	(61)
背压式工业汽轮机的方案设计及系列化	(66)
工业汽轮机的积木块结构法	(86)
考虑排汽利用问题的汽轮机方案设计	(90)
背压式工业汽轮机的新系列	(99)
工业汽轮机的特性和选择条件	(104)
高速小容量汽轮机	(111)
整体式转子的工业汽轮机的各种经验	(113)
工业汽轮机事故汇集	(116)
石油化工厂的动力装置	(129)
驱动工业泵用小型汽轮机 and 它的问题	(131)
西德西门子公司汽轮机的质量控制	(142)
瑞士 BBC 公司汽轮机的质量控制	(143)

工业汽轮机的应用与发展

西安交通大学涡轮机教研室

工业汽轮机一词，按照最广的含义，应指中心公用电站汽轮机和船舶推进汽轮机以外的各种类型汽轮机，是由各种工业部的厂矿以及机关、医院、学校等公共场所自行安装用于发电供热、驱动供热或者专门驱动或发电，在船舶和军舰的蒸汽动力装置中驱动各种辅机和船舰发电机的汽轮机，还有中心公用电站中驱动水泵、风机用的小汽轮机也都包括在内。因为各种工业是这种汽轮机最主要的应用场合，所有其它应用范围都仅占次要地位，所以这种汽轮机叫作工业汽轮机。

一、发展概况

历史简述：

工业汽轮机的历史并不比中心电站汽轮机的历史短。在采用汽轮机作原动机的中心电站出现之前，不少工厂、矿山就用蒸汽机来发电供热。汽轮机开始用于工业自备热电站和用于中心电站，在时间上不会相差很久，驱动用的单级工业汽轮机的应用则肯定比中心电站汽轮机早些。

工业汽轮机之所以很早就得到应用，是因为许多工业部门的生产过程既需要以电或机械功的形式出现的动力，同时又需要由一定压力之下的蒸汽携带的热能，而发电供热式汽轮机能够同时满足工厂对动力和热能的需要，并且比分别提供动力和热能的方案或者买电和自备低压锅炉供热的方案在技术经济上更为有利。另外，在有汽源的前提下，用汽轮机直接驱动水泵、风机等有时也比先用蒸汽发电再用电动机驱动的办法方便有利。

在早期，各国普遍的情况是公用电网规模小而且很分散，电力供应不够充足，而且可靠性差，因此某些工厂用工业汽轮机装置自行供热并发电，当时各工厂的工业汽轮机热电站的总发电量在全国汽轮机电站总发电量中所占的比重相对较大，致于驱动用的工业汽轮机，在早期主要是单级透平，应用在矿井中、某些工厂中和船上，带动小功率的水泵、风机等，概括早期工业汽轮机的应用特点，可以说：范围不大，类型和品种不多，但装机容量的比重（相对于各类陆用汽轮机的总装机容量）较大。

几十年来随着工业化程度的提高，不但有关工业部门本身的规模扩大，需要更多更大的工业汽轮机，而且又增加了一些需要工业汽轮机的新兴工业部门，因此，这些年来工业汽轮机无论是在总装机容量方面，还是在类型、品种方面都有很大的发展。

数量发展现状：

图1的两条曲线是根据参考[1]*中的有关统计数字整理后绘出的，表示了美、苏、日、

* 文章后面的文献，以下同。

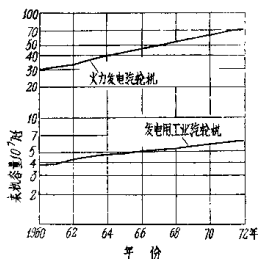


图1 八国发电用工业汽轮机总装机容量容量的增长

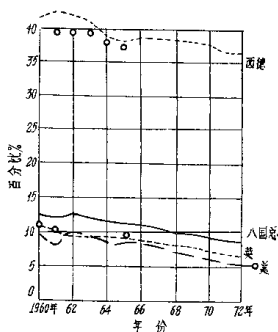


图2 八国发电用工业汽轮机总装机容量百分比的变化

英、西德、加拿大、法、意大利等八国的发电用汽轮机总装机容量和发电用工业汽轮机总装机容量在1960年到1972年的13年间增长的情况。根据〔1〕，日本在1960年到1969年的十年总共新装456万瓩发电用工业汽轮机。根据〔2〕，日本在这10年间共装485万瓩。不同来源的数据基本相符，说明这些数字有一定的可靠性。图2中的实线表示在图1所包括的13年间上述八国发电用工业汽轮机总装机容量占八国发电汽轮机总装机容量的百分比的变化。图中三条虚线分别表示根据〔1〕所得的西德、美、英三国的发电用工业汽轮机装机容量百分比的历年变化，三条虚线附近的小圆圈表示其它资料〔〔2〕，〔3〕，〔4〕〕所提供的个别数字。在这里，不同来源的数据彼此符合的情况也是满意的。

由两图可见，这八个工业化国家的发电用工业汽轮机总装机容量的发展速度低于发电机总容量的发展速度，这是因为公用发电事业近年来普遍地发展特别快，既然公用电网的供电能力提高，因而可靠性增加，当然有关工业自备发电的必要性就降低，所以发电用工业汽轮机总装机容量的相对比重逐年缓慢下降，但从装机容量的绝对值来看，从1960年的3672万瓩稳定地增加到1972年的6470万瓩，仍旧是很大的发展。

根据图1的曲线趋势，到目前为止这八国的发电用工业汽轮机总容量应超过7000万瓩。考虑到八国工业发电在全世界工业发电中所占的比重，如果粗略估计目前全世界发电用工业汽轮机的总装机容量在8000万到9000万瓩之间可能错误不大。

对发电用工业汽轮机的总合数的估计决定于对平均单机功率的估计，〔2〕的统计表明，上述日本在10年内新装的485万瓩发电用工业汽轮机总共是388台，平均每台约12500瓩，如果取平均单机功率为10000瓩，则目前全世界这种工业汽轮机的拥有量应约为八、九千台。

驱动用工业汽轮机直到六十年代中期以前一般都是中、小功率汽轮机，其中单级汽轮机可能占相当大一部分，自那时以来，单机功率直到100000瓩的大功率驱动用工业汽轮机发展很快，总装机容量大约是前一类工业汽轮机的27~33%（见下面）。

类型和品种:

工业汽轮机从用途上可以分为发电供热, 驱动供热, 单纯驱动和单纯发电四个类型。从工作原理上则可分为背压, 抽汽背压, 冷凝, 抽汽冷凝四种主要型式, 不同类型的工业汽轮机虽然可能从早期就都有应用, 但是这些年来各种型式中的品种发展却是很突出的, 工业汽轮机品种的发展主要反映在功率范围的扩大和进排汽参数的多样化。随着中、小功率工业汽轮机转速的提高, 转速范围固然也显著扩大了, 但总不及功率范围扩大之甚。

现在, 在几十个瓩的单级工业汽轮机仍有应用的同时, 驱动巨大压缩机的冷凝式工业汽轮机的功率已发展到十万瓩的水平, 并已准备试制12万到18万瓩的机组〔5〕; 而发电供热用的工业汽轮机的功率已达到12.5万瓩、17.5万瓩, 以至于28.5万瓩的水平, 单级透平本身的功率范围可以从几个瓩到3000瓩; 多级透平则从最小的400、500瓩到上述最大值。同时, 在最小功率与最大功率之间的差不多任何其它功率都可能是工业上需要的, 这与通常对公用电站汽轮机允许预先规定少数几个单机功率等级的情况很不相同。

在参数方面, 单级工业汽轮机既有几个大气压进汽压力的品种, 也有在100绝对大气压进汽压力下工作的品种, 在后一情况中, 单级汽轮机实际上成为一个能作机械功的减压减温装置, 多级工业汽轮机的进汽参数也由原来的低温低压发展到现在应用的140绝对大气压、550°C的水平, 虽然公用电站汽轮机装置曾一度致力于提高新汽参数, 但世界上第一台超高参数的汽轮机却是西德一家化工厂在1956年安装投运的300绝对大气压、600°C背压式热电汽轮机〔6〕, 与在单机功的增长方面的情况相类似, 对于工业汽轮机来说, 并不发生高参数进汽排斥中、低参数进汽的问题, 背压式工业汽轮机的排汽参数以及抽汽式汽轮机的抽汽压力也是多种多样的。

现代工业汽轮机的转速随汽轮机的品种和用途的不同也是变化很大的: 最低大约为1500转/分, 最高可达30000转/分。

目前, 除单级汽轮机的品种不计之外, 各类多级工业汽轮机的品种多达一百几十个。

应用范围:

工业汽轮机应用范围之广可以从它所牵涉到的工业部门和企事业类别的数目得到一个总的印象。表1大致分门别类列举了工业汽轮机在其中得到应用的行业名称。此表是就世界范围的情况列举的, 其中某些应用场合不一定在各国都有同等程度的发展, 个别应用场合在一些国家和地区甚至完全没有实例也是可能的, 例如地区供热在北欧相当发达, 而在南欧就应用不多, 又如工业汽轮机用于驱动水电站辅助的情况只有在电站汽轮机组已经发展到足够大的单机功率水平的国家中才会出现。

各业务部门应用工业汽轮机的具体要求和情况也相差很大。化工(包括石油化工)、钢铁和造纸三种工业是工业汽轮机最主要的用户, 所装工业汽轮机的容量比重最大, 其中, 化学工业可能采用的工业汽轮机品种也最多, 在地区供热企业较发达的国家或地区, 这一行业也是工业汽轮机的主要用户之一, 当然它对工业汽轮机品种的要求比较简单, 关于这四种工业中工业汽轮机的发展和应用情况下面将进一步重点分析。关于各种工业应用工业汽轮机的主要情况和特点〔7〕中有一个简要介绍。

表1 应用工业汽轮机的主要业务部门

工 业 部 门	其 它 部 门	企 事 业 单 位
石化工业 化工联合企业、石油化工、石油精 炼、煤炭、采矿、天然气液化 冶金工业 钢铁联合企业、有色金属冶炼 轻纺工业 造纸、纸浆、纸板、纺织、印染、 原糖、制革、食品 建材加工 水泥 机械工业 汽车制造、拖拉机、农机制造、 其它制造厂	农林 木材加工厂 卫生部门 制药工厂 交通运输 铁路、船舶动力厂辅助驱动 电力工业 火电站辅机驱动	地区供热 垃圾焚化站、区域性热电站 事业单位 机关、学校、医院、公共场所和 建筑

二、自备发电工业汽轮机

由以上的讨论可知，在发电工业汽轮机和驱动工业汽轮机这两个大类中，前一类在总装机容量方面占有很大的比重；在台数方面，如果撇开单级小功率驱动汽轮机不说，发电工业汽轮机也比驱动工业汽轮机占有更大的比重，从各主要工业化国家的总情况看是这样，从应用工业汽轮机的各主要工业部门来看也基本如此。所以在分析工业汽轮机的应用和发展动向时，主要应着眼于自备发电用工业汽轮机方面，但是工业汽轮机应用于自备发电时的具体情况及其与电力工业的关系在各个国家中有明显差别，各主要工业应用工业汽轮机进行自备发电的具体要求也不相同，同时又与一种工业本身在某个国家的具体条件下的发展状态有关。因此，为了深入了解工业汽轮机的应用情况并对我国发展工业汽轮机的问题提出一些看法，需要对各国的自备发电趋向以及有关的各主要工业的自备发电要求加以探讨。

表2 八国发电用工业汽轮机装机容量百分比历年变化

年 份	美	苏	日	英	西 德	加拿大	法	意大利
1960	9.59/7.23	0	19.1/8.88	10.7/10.2	41.4/36.4	17.3/3.30	38.7/20.4	24.4/6.62
1961	3.09/6.61	0	18.1/8.70	10.2/9.71	42.6/37.5	15.0/3.15	45.4/23.6	24.8/7.10
1962	10.0/8.16	0	18.0/9.26	9.62/8.03	42.1/37.3	13.2/2.96	43.2/22.7	28.0/8.58
1963	9.33/7.63	0	16.0/8.94	9.23/8.63	41.8/36.8	14.4/3.38	42.5/22.5	37.2/12.2
1964	8.37/6.83	0	14.8/8.71	9.38/8.71	39.1/35.1	13.6/3.36	41.7/22.1	35.3/12.9
1965	8.45/6.94	0	14.1/8.51	9.19/8.23	38.3/34.4	12.7/3.27	40.4/21.7	34.8/13.8
1966	8.32/6.83	0	14.6/9.07	9.04/8.01	39.0/34.8	12.7/3.41	37.1/20.3	32.2/13.6
1967	7.68/6.30	0	17.0/9.28	8.51/7.54	38.5/34.2	13.0/3.61	38.6/20.6	29.1/13.0
1968	7.18/5.91	0	18.5/10.3	8.16/7.23	38.4/33.8	11.1/3.40	36.2/19.5	27.7/13.2
1969	6.72/5.56	0	16.3/10.9	8.05/7.15	38.2/33.7	11.6/3.01	32.8/17.9	27.4/13.5
1970	6.19/5.13	0	17.5/12.0	7.29/6.53	38.1/33.6	8.95/2.99	32.6/18.3	24.5/12.7
1971	5.73/4.77	0	16.6/11.9	6.96/6.21	36.8/32.7	8.55/2.65	31.5/18.0	21.7/11.9
1972	5.44/4.49	0	15.4/11.3	6.60/5.91	36.8/32.1	8.11/2.48	30.8/17.5	23.7/13.3

注：斜线左上的百分比以汽轮机总装机容量为基数；斜线右下的百分比以水、火电站总装机容量为基数

八国自备火力发电情况分析:

根据〔1〕的有关数据可以得出上述八国发电用工业汽轮机装机容量在全部发电汽轮机总装机容量中所占百分数的历年变化,以及前者在发电汽轮机和水轮机共同总装机容量中所占百分数的历年变化(表2)。表3直接取自〔1〕的表1—21。考虑到有关因素并参照其它数据对表2的数字进行分析后,可以将这几个国家的自备火力发电情况归纳如下:

1. 对于水力发电所占比重大的国家(加、意、法、日),以火电站发电量为基数的和以总发电量(火电站加水电站)为基数的两种自备火力发电率(基本上与装机容量百分比相同)相差较大,因此对这几个国家来说,表2中相对应的两组数字相差较大,相反,对水电比重最小的英国,两种发电工业汽轮机容量百分比的相应两组数字历年都很接近,苏联的发电用工业汽轮机装机容量为零,是因为苏联的中心热电站基本上代替了分散的自备热电站,而少数自备热电站的汽轮机容量未统计在内。

表3 八国水电装机容量百分比

年份	美	苏	日	英	西德	加拿大	法	意大利
1960	17.8	22.1	53.6	3.2	12.1	81.0	47.0	71.4
1961	18.2	22.1	52.0	3.3	11.9	79.0	52.7	69.4
1962	18.2	22.6	48.5	3.7	11.2	77.8	46.9	67.8
1963	17.9	22.3	44.0	3.8	10.5	76.4	46.4	64.6
1964	17.9	20.5	41.0	3.9	9.9	75.2	48.8	59.6
1965	17.5	20.1	39.7	3.6	10.3	74.1	45.0	56.5
1966	17.1	18.8	37.5	4.0	10.0	72.9	43.9	54.0
1967	17.0	18.9	34.5	3.9	10.3	70.8	43.4	50.7
1968	16.7	19.0	33.5	3.6	10.3	69.4	42.5	48.8
1969	16.0	19.3	32.5	3.5	9.9	68.3	40.6	47.5
1970	15.5	18.8	30.0	3.2	9.6	66.1	39.2	45.0
1971	14.6	19.1	26.4	3.0	9.2	65.6	37.3	42.4
1972	13.8	18.5	24.3	2.8	8.6	65.1	36.4	42.2

2. 美国和英国的自备发电比率相对较低,而且由1960年到1972年下降的幅度最大。这主要是由于他们的公用电网大,备用机组容量比例也较大,因而自备发电的必要性无论从保证工业电源的角度看或从降低工业的生产成本的角度看,都有下降的趋向。有一种美国资料〔8〕估计美国的自备发电成本为0.94美分/千瓦时,而由公用电网购买电力的价格为1.0美分/千瓦时。英国〔4〕认为在一定的条件下工厂用背压式汽轮机自行发电的成本约为购电价格的一半。西德则估计自备发电的成本仅为购电的1/3。另外,地区供热不普遍也是美英两国发电用工业汽轮机装机比率低的原因之一。

3. 与此相反,西德和法国两个欧洲大陆国家,主要由于是容量较小的区域性电网,发电中心接近工业集中的地区,因而便于将发电与供热结合起来,所以工业自备发电所占比重在八国中最大,特别是西德,又加上一些历史原因,自备发电不但比率最高,绝对值也很大(根据表2,发电用工业汽轮机装机容量在1972年约达1800万千瓦,等于美国的同年数值。估计目前已超过美国,而美国的电站总装机容量约为西德的七、八倍),而且13年来这一比率下降很少,这样大的自备发电能力所生产的电力当然不是工厂本身全部用掉的,而是其中相当

大一部分又送入公用电网。根据〔11〕,西德1961年的自备发电量占全国总发电量的38% (与表2中的装机容量百分比相符合),而自备发电量的30%是送入公用电网的。这一年美国的相应数字是10%和2.5%。

4. 加拿大是水电比重最大的国家,因此它的两个自备发电装机容量比率相差倍数最大,以电站总容量为基数的比率特别低,这大概是与加拿大的自备发电有关的主要工业不很发达,以及它的自备水力发电相对较为发达这两件事有关。

5. 八国之中,以电站总容量为基数的工业汽轮机装机容量百分比逐年增加的国家只有日本和意大利,其中后者在13年中由6.62%增加到13.3%,整整增加了一倍。日本按百分数增加较少,这是因为它的基数大,实际上按绝对值它在13年中共增加了发电用工业汽轮机750万瓩(仅次于西德的800万瓩)而意大利只增加了不到四百万瓩。企业自备发电比率增加的原因一般不外乎两个,即(一)有关工业在一段时期内的发展速度超过了同期内电力工业的发展速度;(二)自备发电成本与购电费用的比价发生了变化——前者相对下降,后者相对升高,在资本主义国家中,这两方面的原因可能是相互联系的,对日本和意大利说,终究两方面的原因各起作用到何种程度,我们没有充分资料不能作出判断。

主要工业部门的自备发电情况:

根据〔12〕中燃料原料编的表57整理的表4给出有关日本各主要用电和自备发电部门在1960、1969和1970三个年份内的自备发电量及自备发电率($=\frac{\text{自备发电量}}{\text{总耗电量}}$)的数字,此表数字基本正确,可以这样证明:根据〔1〕表3—5可得日本工业和交通两个部门的各年度总耗电量为1960年共670.5亿度,1970年共2038.7亿度(1969年缺),这两个数字与表4中相应数字互相符合。

表4 日本主要自备发电工业的产电及耗电情况

工 交 部 门	自备发电量A, 亿度			自备发电率B, %			总耗电量A/B, 亿度		
	1960	1969	1970	1960	1969	1970	1960	1969	1970
化工、石油化工	30.8	139.3	181.2	17.1	32.1	37.1	180.0	434.0	483.5
钢铁	22.1	119.5	148.9	15.1	25.9	28.5	146.5	461.5	522.0
造纸	14.9	74.1	92.0	24.7	50.0	54.5	60.4	148.2	168.8
制铝、粗炼、精炼	9.0	52.0	70.3	28.0	48.3	50.3	32.1	107.6	139.7
国营铁路	14.1	18.6	18.8	54.0	27.9	26.3	26.1	66.6	71.5
石油制品, 煤炭制品	1.4	14.4	15.7	30.0	56.2	54.1	4.7	25.6	29.0
水泥	14.3	13.1	13.3	50.7	23.7	21.9	28.2	55.3	60.7
全国各业总计	117.0	455.7	568.2	17.5	25.5	27.8	668.0	1787.5	2033.2

表4提供了几点有意义的情况:第一,在日本,表中所列六种工业加上国营铁路的自备发电量在全国总自备发电量中占95% (1960)到97% (1969, 1970),可见其它一些自备发电的工业例如纺织、制糖、机械制造、食品、皮革等所占自备发电量的比重是很小的。第二,化工、钢铁、造纸三大自备发电工业所占比重在三年中依次为58%, 73%和74.5% (逐年增加)。忽略自备水力发电量所占的很小比重,并假设各行业自备发电用汽轮机的年利用率基本

表5 日本三大工业中发电工业汽轮机(单位: 万瓩)

年 份	1960	1969	1970
装 机 容 量			
全国合计 (根据图1)	210	648	819
化工、石油化工	51/26.3	198/30.5	242/32.0
钢 铁	39.7/18.9	169.6/26.1	215/26.0
造 纸	26.7/12.7	105.4/16.3	133/16.2

注: 斜线右下数字为百分数

相同, 就可以得到这三大工业中发电用工业汽轮机的装机容量, 如表5所示。第三, 只有水泥工业和国营铁路两个部门是自备发电率在10年中显著下降的, 三大工业和其它工业的自备发电率都逐年增加, 因此全国各行业的平均自备发电率也增加, 但正是由于两个部门自备发电率下降, 三大工业自备发电率的增长速度就超过全国平均值的增长速度。第四, 全国平均自备发电率, 尤其是三大工业的自备发电率, 在1960年到1970年期间增长的速度明显超过表2中所示日本的发电用工业汽轮机装机容量百分数在相同期间内的增长速度 (由8.88%到12.0%)。这种情况主要反映了工业用电量在全国发电量中所占的比重逐年下降, 但在一定程度上也说明自备发电工业汽轮机的年利用率超过公用电站汽轮机年利用率的平均值。正因为这两点, 即使在发电用工业汽轮机装机容量百分比逐年明显下降的国家中如美国、英国, 工业自备发电率仍旧可能是逐年增加的。

日本的数字不能说是典型的, 但化工、钢铁、造纸三种工业的自备发电量占各行业总自备发电量中绝大部分, 而且有逐年占更大部分的趋势, 这一点对各国基本都相同。因此下面分别讨论三大工业的汽轮机自备发电问题时就不限于以日本为对象。

造纸、钢铁、化工三大工业的自备发电:

造纸工业是同时大量用电和用蒸汽的工业, 每生产一吨纸大致需要3吨至9吨蒸汽 (约在3绝对大气压下) 和700~1000度电〔12, 13〕自备热电站利用动力锅炉产生的蒸汽通过背压式汽轮机供应全部所需蒸汽和一部分电力, 不足之数由公用电网购买, 以便尽可能降低生产成本, 自备热电站采用抽汽冷凝式汽轮机装置, 可使所供电力和热量基本平衡, 以致自备发电率可能达到100%。但由于抽汽冷凝式汽轮机装置的初投资大大超过背压汽轮机装置, 而且又牵涉到冷却水源的问题, 全部自备供电的方案在技术经济上就不一定是最有利的, 提高背压汽轮机进汽参数可以增加与每一单位汽轮机排汽热量相对应的出力, 因而也就增加了热电站的发电量, 近年来造纸工业采用更高参数的背压式汽轮机以便提高电热比和自备发电率是一般的倾向, 但初参数越高自备发电的初投资也越大, 目前所采用的进汽参数大概不超过100绝对大气压、525°C。

根据〔2〕, 在日本近年来新装工业汽轮机中背压式有逐渐减少, 而抽汽冷凝式有逐渐增加的趋势。〔2〕所给的统计数字不是专对造纸工业中所装的发电用汽轮机。但从表4看到日本造纸工业的自备发电率从1960年的24.7%提高到1970年的54.5%。自备发电率这样大的增长不可能归之于背压式汽轮机初参数的提高, 它必定也反映了造纸工业应用抽汽冷凝式工业汽轮机越来越高的趋势。

美国造纸工业的自备发电率不超过日本，虽然它的发电用工业汽轮机的装机容量百分比
较低，1969年美国造纸工业消耗电力510亿度（生产各种用途的纸类共5400万吨），其中300亿
度是自备热电站生产的〔13〕，自备发电率达到约60%，所拥有的工业汽轮机装机容量可能是
400万瓩以上。

英国一个大型制造新闻纸的工厂〔14〕每小时生产大约100吨新闻纸，它的自备发电站有
2台双抽汽冷凝汽轮机，3台单抽汽冷凝汽轮机和一台15000瓩的前置透平（初压100绝对大
气压，初温500℃，背压25绝对大气压）总装机容量约70000瓩。当生产用电功率为62096瓩时，
其中有9878瓩的功率是从公用电网输入的。这时相应的自备发电率为84%。

钢铁联合企业主要是直接消耗燃料（主要是煤，其次是油和天然气的工业，所以用电量
相对较小，每生产1吨粗钢约需300~650度电，主要看电炉钢在总产量中所占比重的大小而
定，美国在1969年生产粗钢1.24亿吨，钢铁工业总耗电量不到500亿度，比造纸工业所消耗的
510亿度还少一些。致于蒸汽消耗量就不能与造纸工业的消耗量相比了，所以钢铁工业的自备
发电主要并不是象在造纸工业中那样通过热电联合生产的方式达到降低生产成本的目的，而
是通过能量综合利用的方式使生产过程中产生的大量废热又转变为电能，从而达到降低生产
成本的目的，由此可见苏联采用的中心热电站向工业供电并供汽的方式并不能应用于钢铁工
业。苏联的钢铁工业为了降低生产成本也必须采用自备发电的办法。

表6〔12〕给出关于几个资本主义工业化国家1970年的粗钢生产与耗电量方面的数字，粗
钢生产（包括轧钢）是整个钢铁工业的最主要和最大量的部分，虽然总耗电量略低于整个钢
铁工业的总耗电量，但在自备发电率方面两者不会有重要差别，所以表6的自备发电率可以
作为整个钢铁工业的自备发电率看待。对照表2和表6，可以看到在工业汽轮机装机容量百
分比较低的美、英、日、意四国，钢铁工业的自备发电率也相对较低，而在西德和法国两个
百分比都显著较高，各国钢铁工业发电用工业汽轮机1970年的装机容量的瓩数也可根据表6
大致估计出来。

表 6 1970年几个主要产钢国的粗钢生产与耗电量

国 别	粗 钢 产 量, 万 吨		耗 电 量, 亿 度		粗钢耗电率 度/吨	自备发电率 %
	合 计	电 炉 钢	总耗电量	自产电量		
意 大 利	1728	699	112	24.3	648	21.7
日 本	9382	1562	480	136.0	514	28.4
法 国	2377	261	107	50.7	451	47.3
英 国	2832	552	127	27.6	448	21.8
西 德	4504	444	173	90.9	385	52.4
美 国	11914	1808	484*	117.0*	406*	24.2

*1968年数字。

为了进一步分析钢铁工业自备发电的情况必须首先知道钢铁生产过程中的所谓“次级能
源”情况。根据〔15〕所载，1970年苏联钢铁工业中各种次级能源的全年总热量为751000亿大
卡/年。按当年产粗钢1亿吨计，每产1吨粗钢可得750000大卡/吨的废热，假使这些废热全
部由自备电站的汽轮发电机组以30%的热效率变为电能，可得大约260度/吨钢的电力，实际
上有些次级能源的热量（如冷却焦炭时所产生的热量）根本不能转变为电力，另外还有一部

分热量需要由驱动用工业汽轮机转变为机械能带动高炉鼓风机，所以每生产1吨钢由于综合利用废热可能得到的电力大概不会达到100度，所以全部靠废热的综合利用来自备发电的话，各国钢铁工业的自备发电率就不可能象表6所示的那样高，换言之，各国钢铁工业的自备发电量中总有一部分是由原煤或原油生产的，而对西德和法国来说，这很可能是大部分。

利用废热自行发电在经济上的利益是明显的，而自备发电率超过废热利用所许可的限度就表示钢铁联合企业用一般方法自行发电相对于由公用电网购电也是合算的，但是钢铁工业的自备发电率一般明显地低于造纸工业的自备发电率，这又说明主要是单纯供电的自备发电在经济效果上总是不及热电联合生产的自备发电。

化学工业，包括石油化工，与前两种工业之间的主要区别在于它的产品种类极端多样化，以及随之而来的生产过程的极端复杂性。在分析化学工业的自备发电和应用工业汽轮机的情况时虽然是将产品归成大类，但产品类型仍然是多样化的。表7〔16〕对了解国外主要化工产品概况是有帮助的。

表7 1968年主要工业化国家的主要化工产品产量（单位：万吨）

国 别	基 本 化 工 原 料					化 肥	化 纤	石 油 化 工					合 计
	硫 酸	盐 酸	硝 酸	纯 碱	苏 打	氮 肥	化 纤	合成树脂	乙 烯	合成橡胶	合成纤维		
美	2575	157	557	798	413	878	72	669	564	217	145		6748
苏	1017	—	—	152	313	375	42	129	100*	—	13		—
日	659	31	37	191	101	211	51	541	179	38	89		1908
西 德	421	47	298	160	128	160	25	326	88	24	37		1704
英	334	—	—	—	—	91	27	126	69	24	27		—
法	345	16	268	97	113	137	12	101	53	22	13		1177
意	331	—	116	83	67	109	19	140	65	13	20		—
合 计	5682					1761	248	1832	1118*		324		
世界总产量	7962	3410	1785	1898	1522	2660	357	2179		421	324		

* 估计值。

表7中所列主要化工产品的产量占全部化工产品产量的绝大部分，其它如染料，颜料，涂料，药品等产量的吨数都是很小的，根据此表和其它资料〔1〕中的有关数据可以估计出每生产1吨化工产品平均大约消耗1500~2000度电。

从自备发电问题的角度看，表7中三大类化工企业的情况也有所不同。

先分析基本化工原料企业的自备发电及工业汽轮机的应用情况。西德有一个大型化工基本原料联合企业在1972年总共用电37.6亿度，占当年西德化工部门用电量470亿度的8%〔17〕。按单产耗电量2000度/吨算，企业的年产量大约是190万吨。企业的两个自备热电站分三期达成，共装设各种主要工业汽轮机17台，总发电能力53.5万千瓦，总供汽能力为1200吨/时〔18〕。如果假设实际供汽能力占总供汽能力的百分比大致等于供电能力的百分比，可以算出产品的蒸汽单耗为4.4吨/吨，因为其中有一部分是低压下的生活取暖蒸汽〔17〕，实际生产用汽单耗可以估计为3~3.5吨/吨，大致相当于造纸工业每吨产品用汽量（3吨~9吨）的下限，但这个企业的生产用汽母管的压力为22绝对大气压，而造纸工业则主要应用3绝对大气压左右的蒸汽，所以从热量来看，化工基本原料的单产耗热量可能与造纸工业的平均单产耗热量差不多。所以这种企业的自备发电和造纸工业的一样是属于热电联合生产性质的，由于化工原料

单产耗电量约为在造纸工业中的2倍,所以如果两种工业自备热电站的热电比基本相同的话,那么化工原料企业的自备发电率就应该比造纸工业的低,而这正与表4中的有关数字相符合,根据[17,18]所提供的数据可以估计出这个化工企业热电站的平均自备发电率是77%,鉴于西德工业汽轮机装机容量百分比和自备发电率本来就特别高,不应认为这个数字是很大的,西德造纸工业的平均自备发电率高于80%是完全可能的(比较上面美国和英国的数字)。

化学纤维工业也是在生产过程中对电能和蒸汽都有需要的工业,所以这种工业的自备电站也和基本原料工业的一样是属于热电联合生产的范畴,由于年产量很小(表7),在估计化工部门几个大类产品企业的自备发电比重时,假设化纤产品的单产耗电量与耗汽量与基本化工原料企业的相同是不会引起很大误差的。

氮肥生产过程中的关键在于氨的合成,每1吨氨可制大约4吨氮肥[19],但是氨的单产耗电量视生产方法不同相差很大:用电解法时达到12000度/吨;用气化法只有1000~1600度/吨[1]。考虑到两种方法可能都有应用以及由氨制成氮肥的过程中还有其他电力消耗,我们估计氮肥的单产耗电量略低于化工产品的平均单产耗电量,可能在1000~1500度/吨。在制氨过程的造气阶段有废热产生,可由废热锅炉加以利用并产生生产所需的蒸汽,即使另外还需要一些蒸汽供应,估计量不会很大,所以氮肥的单产汽耗量是不会象在基本化工原料生产中那样大的,总的看来,氮肥工业的自备电站应是供电为主的,而且综合利用废热产生的电力可能也是主要部分,所以自备发电率大概是低于基本化工原料企业的自备发电率。

石油化工的四种主要产品中只有合成橡胶的生产可能大量消耗电力(如果用电力作原料),因为生产1吨橡胶需要约5吨电力,而生产1吨电力的耗电量为3000~3500度,其它三种产品的单产电耗量,根据[19],都低于1500~2000度/吨的平均值很多,但合成橡胶的产量在四种产品总产量中的比重很小。所以石油化工产品的单产耗电量取为1000~1500度/吨可能也是适当的。石油化工产品,特别是乙烯的生产过程中,由于有气体裂解,能够产生大量废热可以用来产生蒸汽,这些蒸汽可以至少满足一部分生产过程中对蒸汽的需要,包括驱动用工业汽轮机的需要,因此自备热电站可能也是以供电为主,而自备发电率也应该较低。

表7的数字表明基本化工原料的产量一般占各类主要化工产品总产量的大部分,以日本为例基本化工原料(加上化纤)产量占56%(美国,西德,法国更高),石油化工产品产量占33%,化肥只占11%,根据以上分析,单产耗电量也是以基本化工原料企业为最高,因此这类企业的耗电量在化工部门总耗电量中所占的比重还应高于产量比重,就日本1968年的情况看,耗电量比重大概超过60%,因为自备发电率也是这类企业最高,所以又可以认为1968年日本化工部门的发电用工业汽轮机装机容量也有60%以上(即高于产品产量的比重)是集中在基本原料企业中,如果这个比例随年分的变化不大,则根据表5可以估计日本1969年和1970年的基本化工原料企业的发电用工业汽轮机的装机容量分别约为120万千瓦和160万千瓦。

区域供热。

区域供热主要是指向一个居民点的家庭用户及集体单位供应热水和取暖热能,现在有不同的方法来实现区域供热,利用背压式或抽汽冷凝式工业汽轮机的排汽或抽汽供热而同时发出一定数量的电力输入公用电网可能是目前最普遍的方法,区域性热电站的锅炉可以使用各种普遍燃料,但也可用城市垃圾作燃料,这就使区域热电站和垃圾焚化站结合起来,也就是使区域供热和城市环境保护的一个方面结合起来,这是工业汽轮机的一个较新的应用领域。

各国应用工业汽轮机的区域性热电联合生产工业目前发展的程度相差很大。上述八个国家中，苏联发展的是中心热电站，其主要目的是发电，并同时向周围工厂企业供热，并不等于区域性热电站，所采用的热电式汽轮机不算作工业汽轮机，其余七国中，西德和法国的区域供热企业可能较为发达，但也不象北欧一些国家如瑞典、丹麦那样普遍，其它几个工业化国家区域供热企业拥有的工业汽轮机装机容量目前还只占很小的比重。

但是这一较新的企业如果发展起来，对发电用工业汽轮机说却可能成为一个相当巨大的应用领域，瑞士资料〔20〕估计全国每年消耗的总能量中，居民家庭分散取暖和烧热水所用的部分约占45%，现在他们提出一种要用装设背压式工业汽轮机的区域性热电站全面向居民家庭供应暖气和热水的建议，实现这种建议所需的工业汽轮机容易，即使按照1970年的人口和能量消费水平来计算，也要达到大约900万瓩。

三、驱动用工业汽轮机

驱动用工业汽轮机的总装机容量相对于发电用工业汽轮机的总装机容量来说，到目前为止，仍然只占较小的比重，但近年来这个比重可能是在增加着，如果按台数算，则驱动用工业汽轮机，包括小功率的在内，可能与发电用的不相上下；从品种型号看，甚至就超过后者了，现在绝大多数驱动用工业汽轮机都是变速转的，这是相对于发电用工业汽轮机而言的一个总的工作特点，单独对驱动用工业汽轮机的应用情况及工作条件进行分析对于全面了解工业汽轮机是很必要的。此外，关于工业汽轮机的产品系列化问题也以结合驱动用工业汽轮机来讨论更为全面，因为它比发电用工业汽轮机多一个转速变化的条件。

应用范围及装机容量估计：

为了便于讨论，可将驱动用工业汽轮机分为三大类：

1. 小功率简单型汽轮机；
2. 大容量火电站用的给水泵和风机汽轮机；
3. 各种工业用的压缩机、鼓风机汽轮机。

简单型工业汽轮机大多是只有一个双列变速级的汽轮机，或者一个变速级加上一个冲击式压力级的两级汽轮机，但也有一些是功率不超过一、二千瓩的多级汽轮机，这类工业汽轮机应用于多种具有适当蒸汽来源的工厂、企业、船舶以及中小电站，主要任务是带动装置中的各种辅助设备如泵类、风机之类，但也有带动主机的，如糖厂的主传动轴。这类工业汽轮机品种多，台数多，但总装机容量的比重远小于台数的比重。这类工业汽轮机应用历史最久，到四十年代已经发展到相当成熟阶段〔21〕，但近年来应用范围还是继续有所扩大。

第二类工业汽轮机专门用来直接驱动现代大功率（20万~40万瓩以上）发电用蒸汽轮机装置中的锅炉给水泵以及送风机和引风机，因此是随着现代大功率发电汽轮机和大蒸发量动力锅炉日益为中心电站所采用而发展起来的，最早的应用可能是在50年代末期，60年代以来各主要工业化国家公用电网中投运的大功率汽轮机越来越多，给水泵汽轮机的台数和总装机容量也迅速增加。锅炉风机的应用较迟于给水泵汽轮机（因为风机所需功率远小于给水泵，大概是主机功率的1.1%〔28〕到1.4%〔29〕），总装机容量也小得多。

根据〔1〕，几个工业发达的国家到1970年底投入的20万瓩以上的汽轮机组总功率如表8

表 8 1970年世界各国20万千瓦以上中心电站汽轮机总功率

国 别	美 国	苏 联	日 本	英 国	西 德	法 国	总 计
总 功 率 (万千瓦)	9930	3860	1930	1740	880	1360	19700

所示。如果假设所有20万千瓦以上的大机组都采用工业汽轮机拖动锅炉给水泵，并按主机功率的3%估计给水泵耗功，则这几个国家的给水泵汽轮机的装机总容量在1970年底约达到600万千瓦。但美国的大功率机组中20~39.9万千瓦的总共有6168万千瓦，而美国电站对40万千瓦以下的汽轮机组不一定采用工业汽轮机带动给水泵，考虑到这一情况，我们初步估计这些国家，包括意大利和加拿大，1970年底的给水泵汽轮机总装机容量为500万千瓦，即约占1970年自备电站工业汽轮机（约6000万千瓦）的8%。前面图2和表2已经表明自备电站工业汽轮机的装机容量百分比是逐年下降的，特别是以公用火车站装机容量为基数的百分比下降更显著。同时，1970年以来大功率机组投运的容量比重越来越大，所以目前这8%的数值增加到发电用工业汽轮机总容量（约7000万千瓦）的9%以上是完全可能的，即约650万千瓦（包括锅炉风机汽轮机）。

第三类驱动用工业汽轮机主要是在下列几种场合中应用：

1. 在钢铁工业中驱动炼铁高炉鼓风机；
2. 在氮肥工业中驱动氮氢压缩机，空气压缩机，氨冷冻机；如以天然气作原料，则驱动原料气压缩机；
3. 在石油化工生产乙烯的装置中驱动裂解三机，即裂解气压缩机，丙烯压缩机，乙烯压缩机；
4. 在天然气液化装置中驱动天然气压缩机；
5. 在石油精炼装置中驱动石油气压缩机，循环气压缩机，以及冷、热油泵、风机等。

根据[22]提供的有关英国一个钢铁企业的高炉炼铁动力装置的数据，可以估计出每年生产1吨粗钢平均消耗的高炉鼓风机动力相当于30~50度电，主要决定于炼钢时的生铁重量百分比的大小（生铁重量百分比越大，高炉每吨生铁的出钢率就越低，因而每吨钢所分摊的高炉风机动力就越大），与表6中倒数第二行的数字相比较，可以看到这个数值大体是粗钢单耗电量的1/12，即8.7%。如果1970年钢铁工业的自备发电率取为20~50%（见表6），则驱动用工业汽轮机的装机容量将大致等于发电用工业汽轮机容量的1/6~1/2.4或17%~40%。由此可以估计出1970年各国钢铁工业所拥有的两类工业汽轮机的装机容量，如表9所示（按汽轮机每年运行7000小时估计），如果忽略加拿大钢铁工业的较小数字，则前述八国1970年的钢铁

表 9 1970年各国钢铁工业发电和驱动工业汽轮机装机容量（单位：万千瓦）

国 别	意大利	日 本	法 国	英 国	西 德	苏 联	美 国	总 计
发 电 用 汽 轮 机	34.7	194.3	76.7	39.4	130.0	180.0*	167.0	822.1
驱 动 用 汽 轮 机	13.4	57.0	13.4	15.1	15.1	57.0*	57.5	234.1

* 苏联的数字是按照美日两国的平均值估计的。

工业驱动汽轮机装机容量 234.1 万瓩在八国全部自备发电工业汽轮机总装机容量 6212 万 (= 6032 万 + 180 万) 瓩中约占 3.6%，现在取为 5%，以便考虑钢铁工业中可能应用的其它驱动工业汽轮机的功率（例如制氧站透平压缩机的驱动汽轮机）。

在年产 30 万吨合成氨的装置中，驱动三种主要压缩机的汽轮机总功率大约是 40000 瓩〔21〕。按 30 万吨氨可制 100 万吨氮肥计算，则每年生产 1 吨氮肥所需驱动用工业汽轮机功率为 0.04 瓩。

在年产 30 万吨乙烯的装置中，裂解三机所需的总驱动功率略少于 40000 瓩〔21〕，所以每年生产 1 吨乙烯所需的驱动用工业汽轮机功率为 0.13 瓩。

参照表 7，如果估计加拿大 1968 年生产氮肥约 90 吨，乙烯约 30 万吨，则前述八国在 1968 年共产氮肥 1850 万吨，共产乙烯 1150 万吨，于是，应用以上所得两个单产消耗功率数值，就得到 1968 年八国氮肥工业的驱动用工业汽轮机装机容量约达 74 万瓩，而乙烯工业的约达 150 万瓩，这两项分别占 1968 年八国发电用工业汽轮机总装机容量 5600 万瓩（包括苏联钢铁工业中的容量估计值 153 万瓩）的 1.32% 和 2.68%，为了简单，取为 2% 和 4%。显然这也是适合于目前情况的数字，因为在这两种工业内部，驱动功率对发电功率之比值一般是不随年度的推移而有显著变动的（因自备发电率也基本不大变动）。

在天然气液化装置中，单位重量产品所需的压缩机功率与在乙烯装置中是同样数量级的。根据〔21〕，在每小时生产 100 吨液化天然气的装置中，压缩机需要大约 70000 瓩的驱动功率，这种装置如果按年产 70 万吨计，则每年生产 1 吨液化天然气所需的工业汽轮机功率为 0.1 瓩，相当于 90 度电/吨。如果估计目前利用汽轮机驱动的液化天然气企业的总产量大约是每年二千万吨的数量级，则这项企业中驱动用汽轮机总装机容量可达 200 万瓩之谱，占到目前八国发电用工业汽轮机总装机容量（按 7200 瓩计算）的 3%。

石油精炼装置所需的主要驱动用汽轮机的功率较小，例如每年炼制 500 万吨原油的装置中，主要压缩机只需要两台 5000 瓩的汽轮机来驱动，在年产 2400 万吨的装置中最大的驱动用工业汽轮机约 25000 瓩（不止一台），所以每年精炼 1 吨原油大概只需要 0.002 瓩的驱动用工业汽轮机装机容量，考虑到现代炼油装置中采用的中、小功率汽轮机比较多（可能超过任何其它工业装置），其中一部分可能不应包括在简单型工业汽轮机的装机容量总数之内，暂取 0.003 瓩作为石油精炼单产装机容量的数值。目前精炼石油工业每年处理原油总量如果估计为 10 亿吨，则这项工业中的驱动用工业汽轮机的总装机容量可达 300 万瓩的水平，这在八国发电用工业汽轮机总装机容量 7200 万瓩中占 4%。

综合以上逐项分析的结果，第二、三两类驱动用工业汽轮机装机容量共占发电用工业汽轮机总装机容量的大约 27%，这一数值偏低的可能性肯定大于偏高的可能性，这是因为前面发电用工业汽轮机的总装机容量基本上是按各项有关工业的总数计算的，而驱动用工业汽轮机只估计了几个主要有关工业企业中的装机数字，固然对发电用工业汽轮机的统计（或估计）也有遗漏的项目，例如简单型发电汽轮机的瓩数和相当大量的船舶发电汽轮机的瓩数就未统计在内，但是驱动用工业汽轮机方面而缺漏的项目更多，就是在简单型汽轮机的装机容量中，驱动用的也肯定比发电用的多，考虑到这种情况，将所得到的数值 27% 改为 27~33% 这样一个范围应该更符合实际一些。

就世界范围说，这个比例数的范围大概也基本适用，八大工业化国家之外的广大地区的许多国家中，既有使这一范围向下移的因素（即使发电用汽轮机容量比重增加），如许多

欧洲较小的工业化国家地区供热汽轮机和船用发电汽轮机装机容量相当大，也有相反的因素使这一范围上升，例如炼油工业和天然气液化工业在第三世界国家中所占的比重就可能大于其它工业的比重，因而驱动用工业汽轮机的装机容量比重就应该高些，在缺乏更全面的分析的情况下，对世界范围也只能采用27~33%这一数字范围。

主要类型和工作条件：

简单型驱动汽轮机大多数是背压式的或者是低真空冷凝式的，抽汽式的如果也有应用，为数是不会多的，高进汽参数、高背压的前置式单级驱动汽轮机的应用，现在也多起来，因为用这种汽轮机来代替一般减压装置是十分方便而在经济上又极合算的。简单型工业汽轮机由于应用范围广阔，其工作条件是多种多样的，但一般说来并不苛刻。

给水泵工业汽轮机主要有两种类型，即冷凝式和背压式，七十年代以前，背压式采用较多，近年来倾向于采用冷凝式的，单机功率视主机功率和进汽压力的大小大概在10000瓩左右到50000瓩的范围之内，冷凝式汽轮机的进汽压力一般在五、六个大气压到十几个大气压之间选择，温度约三、四百度，但在部分负荷下进汽参数由于切换汽源而升高，一般情况是给水泵汽轮机与主机的复杂的热力系统不相联系，所以可以采纯冷凝式，背压式给水泵汽轮机的进汽压力约在20~40绝对大气压之间，温度也不过400°C左右，背压约5绝对大气压左右，排汽回入主机本体或主机热系统的某一个抽汽压力适当的给水预热器。除排汽外，一般还有一至二次抽汽由背压汽轮机进入主机热系统。这两类汽轮机的工作转速变化范围决定于对给水泵转速范围的规定，一般是额定转速的70~105%之间。给水泵汽轮机最主要的工作特点是，在低负荷下进汽流量反而增加，而当负荷低于一定数值时就需要切换到压力较高的汽源，以便继续拖动给水泵并保证其转速和供水量满足锅炉的要求。

高炉风机汽轮机一般总和钢铁企业的自备发电汽轮机在同一个蒸汽动力厂中工作，很可能使用同一个汽源。但前者的功率只是后者的1/6~1/2.4，所以进汽参数大概主要是按照发电汽轮机装置的需要决定，一般采用中等进汽参数，40~70绝对大气压、400~450°C，由于一般容量的高炉大都采用单级离心式鼓风机，出口风压很低(2~2.5绝对大气压)，风量和功率消耗都不大。同时，离心式鼓风机的工作转速不允许很高，所以驱动汽轮机如果直接拖动的话，工作转速相对于功率来说就显得较低，因此较新的高炉汽轮机鼓风机机组大都通过减速齿轮传动，汽轮机虽是冷凝式，但排汽压较高，一般在0.1绝对大气压左右，现代大型及特大型高炉或高炉组采用透平式风机，每台所需驱动功率可以达到5万瓩以上，7万瓩的也在计划之中，这种大型透平空气压缩机的转速与所需功率之间的关系大致如图3所示[5]。这时可用大功率汽轮机直接驱动风机。这类大型汽轮机进汽参数一般为45~70绝对大气压和450~490°C，但也有采用更低(30绝对大气压/330°C)或更高(90绝对大气压/535°C)参数的，排汽压力则不一致，主要决定于冷却水源的情况，但一般低于0.1绝对大气压，因为大型高炉装置要求驱动汽轮机的热效率都高些，特别是在部分负荷的较大范围内。

合成氨装置和乙烯装置采用的驱动汽轮机类型是多样化的。这两种装置各有3台或4台压缩机，用以压缩不同的气体，所需功率各不相同，由于几种气体的绝热指数不同，气体常数不同，在同样温度下的音速也不同，所以压缩机的最佳工作转速就不同，因此需要用3台或4台相应转速、较小功率的汽轮机分别直接拖动，而不用一台大功率汽轮机带动几台压缩机，既然一个装置中有几台功率和转速都不相同的汽轮机共同工作，当然就有可能采用不同