

GONGYE QILUNJI
JISHU

工业汽轮机技术

■ 中国石化集团第五建设公司 王学义 编著

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

工业汽轮机技术

中国石化集团第五建设公司 王学义 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书在系统阐述汽轮机工作原理的基础上,详细地介绍了工业汽轮机的结构、运行、安装以及检修等内容。全书共分为十章,主要包括:工业汽轮机概论、工业汽轮机的工作原理、多级工业汽轮机、工业汽轮机的结构、工业汽轮机的凝汽设备、汽轮机的变工况、汽轮机的调节系统、工业汽轮机的运行、工业汽轮机的安装和汽轮机检修。

本书内容丰富、结构紧凑、图文并茂、实用性强,深入浅出,既可作为汽轮机现场安装、检修人员的培训教材,又可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

工业汽轮机技术 / 王学义编著. —北京:中国石化出版社, 2010.9
ISBN 978-7-5114-0574-6

I. ①工… II. ①王… III. ①蒸汽透平 IV. ①TK26

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 177783 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 36.5 印张 923 千字

2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

定价:98.00 元

前 言

随着科学技术的进步，我国石油化工工业得到了飞速发展。

近几十年来，石油化工装置不断地引进新技术、新设备、新工艺，同时，石油化工设备也在向大型化、单系列、自动化、智能化发展，从而对设备的管理和安装以及检修技术的要求也越来越高。

中国石化集团第五建设公司多年来在大型石油化工装置汽轮机组的安装及检修中一直有着极好的业绩。为了提高汽轮机的施工技术水平，以及为适应石油化工装置生产技术和现代化技能人员的培训需要，公司在原有《工业汽轮机技术》教材的基础上，坚持以国家、行业标准为指导，结合石油化工装置汽轮机组的特点，编著了《工业汽轮机技术》。该书在编著过程中力求做到结构合理、内容新颖、图文并茂、深入浅出、通俗精炼，并注重理论与实践的密切结合。

在本书编著过程中，得到了公司领导和同仁、众多单位和个人的大力支持与帮助，在此一并表示感谢。

谨将此书献给从事汽轮机现场安装、检修的工程技术及施工人员！

鉴于时间仓促和编者水平有限，难免有疏漏和不妥之处，恳请广大读者予以批评指正。在此，编者深表谢意。

目 录

第一章 工业汽轮机概论	(1)
第一节 工业汽轮机装置的基本组成	(1)
第二节 工业汽轮机的分类	(3)
第三节 工业汽轮机的型号	(7)
第四节 积木块系列工业汽轮机的技术特点	(12)
第五节 汽轮机的发展史	(14)
第二章 工业汽轮机的工作原理	(16)
第一节 工业汽轮机的基本概念	(16)
第二节 工业汽轮机的工作原理	(24)
第三节 蒸汽在动叶片中的能量转换	(33)
第四节 级的轮周效率与最佳速比	(37)
第五节 动叶栅尺寸的确定	(44)
第六节 汽轮机的级内损失及效率	(45)
第三章 多级工业汽轮机	(55)
第一节 多级工业汽轮机的工作过程及特点	(56)
第二节 多级工业汽轮机的损失	(58)
第三节 工业汽轮机的主要性能参数	(59)
第四节 多级工业汽轮机的轴向推力及其平衡	(64)
第四章 工业汽轮机的结构	(68)
第一节 工业汽轮机本体结构	(68)
第二节 工业汽轮机静子	(72)
第三节 工业汽轮机转子	(117)
第五章 工业汽轮机的凝汽设备	(147)
第一节 凝汽设备的作用及其组成	(147)
第二节 凝汽器的构造	(148)
第三节 凝汽器的压力 and 影响凝汽器工作的因素	(157)
第四节 抽气器	(169)
第五节 凝结水泵	(172)
第六章 工业汽轮机的变工况	(174)
第一节 喷嘴的变工况	(174)
第二节 级、级组的变工况	(176)
第三节 工况变动时各级焓降、反动度的变化	(179)
第四节 工业汽轮机的调节方式和调节级的变工况	(182)
第五节 变工况时轴向推力的变化	(186)
第六节 工业汽轮机的变动工况及其特性曲线	(187)

第七章 工业汽轮机的调节系统	(192)
第一节 汽轮机调节系统的任务和组成	(192)
第二节 汽轮机调节系统	(198)
第三节 调节系统的结构及其静态特性	(200)
第四节 液压传动放大机构及其静态特性	(211)
第五节 调节系统的静态特性	(232)
第六节 汽轮机的保护系统和保护装置	(246)
第七节 工业汽轮机组油系统	(263)
第八节 工业汽轮机电子调速器与电液调节系统	(273)
第九节 调节抽汽式汽轮机和背压式汽轮机的调节	(303)
第八章 工业汽轮机的运行	(311)
第一节 汽轮机的热应力、热膨胀与热变形	(311)
第二节 工业汽轮机的启动	(323)
第三节 汽轮机的热态启动	(337)
第四节 工业汽轮机的停机	(340)
第五节 工业汽轮机组的运行维护	(346)
第六节 调节抽汽式汽轮机和背压式汽轮机的运行	(351)
第七节 工业汽轮机的故障及处理	(354)
第八节 汽轮机的寿命管理	(373)
第九章 工业汽轮机的安装	(380)
第一节 汽轮机安装前的准备	(380)
第二节 底座的安装	(389)
第三节 汽缸和轴承座的安装	(390)
第四节 轴承和轴封的安装	(403)
第五节 转子的安装	(410)
第六节 导叶持环或隔板的安装	(420)
第七节 汽封及通流间隙的检查与调整	(430)
第八节 上、下汽缸闭合	(439)
第九节 联轴器的安装	(447)
第十节 灌浆	(471)
第十一节 汽缸保温	(473)
第十二节 变速齿轮箱和盘车装置的安装	(474)
第十三节 调节系统的安装	(484)
第十四节 调节系统和保安系统的整定与调试	(511)
第十五节 附属机械设备安装	(513)
第十章 工业汽轮机检修	(526)
第一节 汽轮机检修周期及分类	(526)
第二节 汽轮机组的检修	(528)
第三节 转子平衡	(529)
参考文献	(575)

第一章 工业汽轮机概论

工业汽轮机是以蒸汽为工质，将蒸汽热能转变为转子旋转机械能的动力机械，它具有单机功率大、效率高、转速高、调速方便、使用寿命长、运行安全可靠等优点，因此，被广泛应用于石油化工、冶金等行业。随着科学技术进步和资源的开发，新技术、新设备、新工艺不断地引进，我国石油化工工业也得到了飞速发展，逐渐形成了石油化工装置设备的新特点，即大型化、单系列、自动化、智能化，引进与国产的工业汽轮机在石油化工装置中都得到了广泛的利用。

石油化工装置大多采用工业汽轮机作为原动机来驱动压缩机、风机、泵及发电机等工作机械。为了提高石油化工装置的独立性，减少对电网的依赖性，提高开工率，一般都建有汽轮机发电机组的自备电站，既供热又供电，这样可减少远距离输电和送汽，既解决本装置生产和生活的用汽，又可综合利用本装置资源，如生产过程的余热、余料等，这种热电联合的自备电站经济效益很明显，自备发电与公用发电并存，如有裕量还可向公用电网送电。

第一节 工业汽轮机装置的基本组成

一、工业汽轮机的定义

工业汽轮机是指工业企业中驱动用汽轮机与自备电站发电用汽轮机的总称，即指除公用电站汽轮机和船舶用汽轮机以外的各种类型的汽轮机。

工业汽轮机应用范围：

- (1) 厂矿企业的自备供热发电用的汽轮机；
- (2) 石油化工、冶金等行业装置中用于驱动泵、鼓风机、压缩机等工作机械的汽轮机；
- (3) 自备电站用于驱动锅炉给水泵和风机的汽轮机；
- (4) 船舶用的各类辅助动力用汽轮机。

二、工业汽轮机的特点

工业汽轮机的应用范围十分广泛，使用场合各不相同，对进排汽参数、功率、转速以及布置型式和调节特性等方面，也都有各种不同的要求，因此品种非常繁杂，型式多样。目前工业汽轮机产品已系列化生产，最大程度地满足用户对工业汽轮机的需求，其主要特点是：

(1) 使用领域宽广，易实现转速调节，具有较大的转速调节范围，通常为额定转速的 $-10\% \sim +15\%$ ，特殊情况可达额定转速的 $-40\% \sim +30\%$ ，增加了调节手段或操作的灵活性；

(2) 汽轮机的转速高，变转速范围大，转速范围可达 $3000 \sim 16000\text{r/min}$ ，可用来直接驱动工作机械；

(3) 适用于各种工作环境，满足防尘、防爆和防腐蚀等的特殊要求，无易燃、易爆危险；

(4) 品种繁多, 规格齐全。根据用户要求, 不同的转速、功率、进、抽和排汽压力、温度及流量等技术参数, 可选择不同的机组布置方式;

(5) 适用于有较高自动化要求的工业流程;

(6) 蒸汽来源稳定、操作可靠、运行安全平稳、效率高, 并能利用工厂的余热。

三、工业汽轮机装置的基本组成

工业汽轮机装置的基本组成如图 1-1 所示, 由四个主要设备组成, 即锅炉、汽轮机、凝汽器和锅炉给水泵。

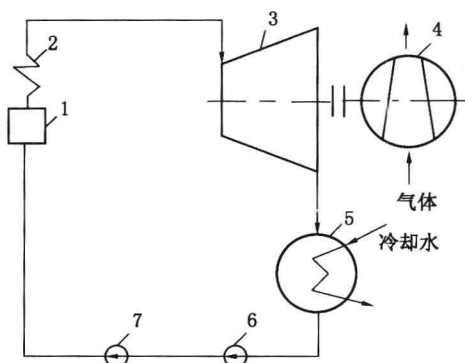


图 1-1 工业汽轮机装置的基本组成

- 1—锅炉; 2—过热器; 3—工业汽轮机;
4—离心式压缩机(或风机、泵及发电机等);
5—凝汽器; 6—凝结水泵; 7—锅炉给水泵

1. 锅炉

锅炉是产生高温高压蒸汽的设备, 水在锅炉内吸收燃料(煤、燃油或天然气)燃烧时产生的热量后变成高温高压蒸汽。

过热器用来将锅炉汽包来的饱和蒸汽继续加热, 在原有的压力下提高蒸汽的温度, 变成“过热蒸汽”。

2. 汽轮机

汽轮机是利用蒸汽对外作功的设备。从过热器出来的高温高压过热蒸汽, 流经汽轮机后, 蒸汽在喷嘴中和动叶片中不断膨胀将热能转变为动能, 进而在动叶中又将动能转变为机械功, 由汽轮机的轴端输出, 用于驱动压缩机、风机、泵以及自备电站发电机等工作机械。蒸汽在膨胀过程

中压力、温度不断降低, 最后排入凝汽器。

3. 凝汽器

凝汽器又称为冷凝器, 是凝汽式汽轮机中工质的低温放热源。在工业汽轮机内作完功的蒸汽排到凝汽器内, 在一定压力下将汽化潜热释放给冷却水, 蒸汽凝结成水, 并形成凝汽器中真空。凝结水由凝水泵抽出, 经锅炉给水泵再送回锅炉, 作为锅炉给水。

凝汽器的作用: 一是将作完功的蒸汽回收, 凝结成水后再供给锅炉, 循环使用, 这样可以降低运行成本, 提高经济效益, 保证蒸汽质量, 减少对设备的腐蚀; 二是建立并保持汽轮机排汽口的高度真空, 增大蒸汽的可用焓降, 从而提高汽轮机的功率和循环热效率, 这对汽轮机的功率和汽轮机装置的经济性具有重大的影响。

通常每台凝汽式汽轮机配置一台凝汽器, 但也有几台汽轮机共用一台凝汽器(兰州石化公司 30 万 t/a 合成氨装置的空压机机组、氮压机机组、合成气压缩机机组、氨冰机机组的 4 台汽轮机共用一台凝汽器)。

背压式汽轮机的排汽压力高于大气压, 它的排汽可供其他用汽单位利用, 所以不需要凝汽器。

4. 锅炉给水泵

锅炉给水泵的作用是消耗一部分功率用来完成热力循环中的压缩过程, 将凝结水的压力提高, 送入锅炉中, 锅炉给水泵的运行情况对装置的经济性和安全可靠性的影响。

常用的锅炉给水泵多为多级离心泵。

从图 1-1 中可以看出,汽轮机装置中有 3 个封闭的回路。

(1) 汽水回路

水在锅炉内吸收燃料燃烧时产生的热量后,变为高温高压蒸汽。汽轮机将高温高压蒸汽中的一部分能量转换为机械功,向外界输出驱动工作机械旋转。蒸汽的压力和温度随之降低,然后排入凝汽器中被冷却水冷凝成凝结水,再由锅炉给水泵加压送入锅炉。这样,就构成了一个由锅炉、汽轮机、凝汽器和锅炉给水泵组成的封闭回路,工质在这个回路里不断地进行着水变汽,汽变为水的变化过程。这个回路就是汽水回路,这是汽轮机装置中一个主要回路。

(2) 空气烟气回路

空气进入锅炉后和燃料一起产生燃烧过程变成烟气,高温烟气在锅炉内将一部分热量传给水 and 蒸汽后温度降低,燃烧后的烟气经锅炉尾部烟道、除尘器后由吸风机抽出并经烟囱排入大气。同时,新鲜空气又不断地进入锅炉参加燃烧。

(3) 冷却水回路

冷却水由冷却水池或冷却塔经冷却水泵加压进入凝汽器,在凝汽器中吸收了排汽的汽化潜热后,冷却水温度升高,排入冷却水池中进行冷却,形成了封闭回路。

在一个动力装置中有上述三个不同工质构成的独立封闭回路,这是汽轮机装置的一个特点。回路多,使整个装置变得复杂,但对装置的运行性能也会产生深刻的影响,这样可以减少装置中各主要设备彼此之间的互相影响,有利于保持汽轮机装置的主要工作特性的稳定性。例如,当外界负荷发生变化时,可以调节空气烟气回路和冷却水回路,使汽水回路中工质的进出口参数不变。

第二节 工业汽轮机的分类

汽轮机类别和型式很多,可按热力特性、工作原理、蒸汽初压、结构形式和用途等进行分类。

一、按热力特性分类

1. 凝汽式汽轮机

凝汽式汽轮机如图 1-2 所示,蒸汽在汽轮机中膨胀做功后,全部排入凝汽器,排汽在低于大气压力的真空状态下凝结成水。这类汽轮机广泛应用于石油化工、冶金、电力行业。

2. 抽汽凝汽式汽轮机

抽汽凝汽式汽轮机如图 1-3 所示,蒸汽在抽汽式汽轮机中膨胀做功时,从中间某一级抽出进入热力管网供给工业或热用户使用,其余大部分蒸汽在汽轮机后面几级继续膨胀做功后排入凝汽器。

若抽汽压力可以在某一范围内进行调节时,称为调节抽汽汽轮机。这类汽轮机广泛应用于石油化工装置。生产用汽的抽汽压力一般为 0.78 ~ 1.56MPa,生活用汽的抽汽压力一般为 0.068 ~ 0.245MPa。

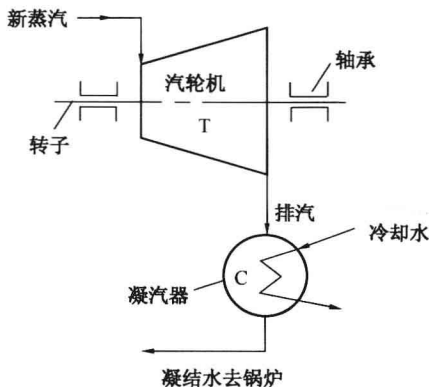


图 1-2 凝汽式汽轮机示意图

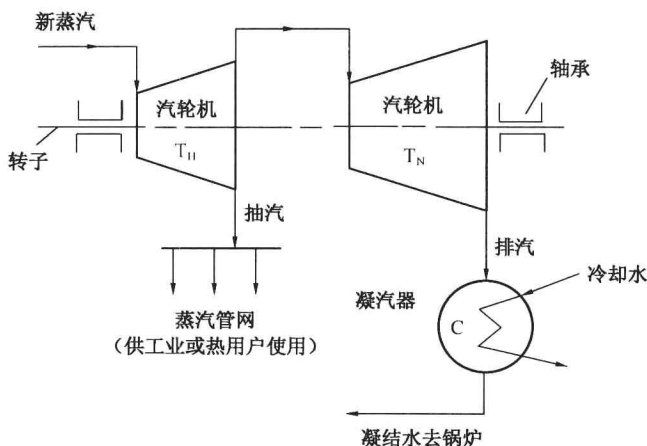


图 1-3 抽汽凝汽式汽轮机示意图

3. 背压式汽轮机

背压式汽轮机如图 1-4 所示，蒸汽进入汽轮机膨胀做功后，在大于一个大气压的压力下排出汽缸，可供工业或热用户采暖用汽。当排汽供给其他中、低压汽轮机使用时，称为前置汽轮机。

4. 抽汽背压式汽轮机

抽汽背压式汽轮机如图 1-5 所示，为了满足不同用户的需要，在抽汽背压式汽轮机中间某一级抽出部分压力较高的蒸汽，进入热力管网供给工业用户使用，其余大部分蒸汽在汽轮机后面几级继续膨胀做功后，以较低的压力排入管网，供给工业或热用户采暖用汽。

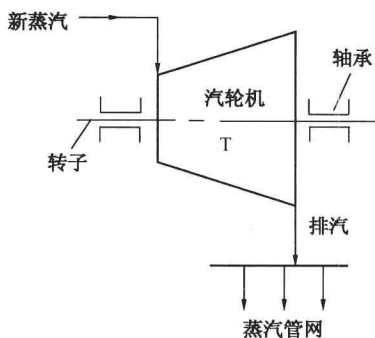


图 1-4 背压式汽轮机示意图

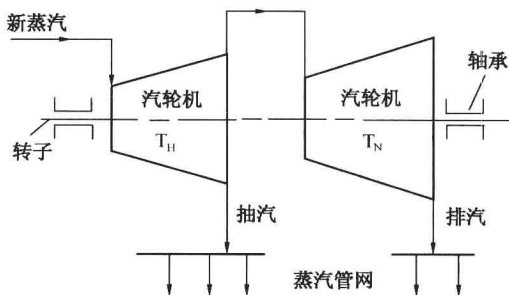


图 1-5 抽汽背压式汽轮机示意图

5. 混压(多压)式汽轮机

混压式汽轮机如图 1-6 所示，除引进新蒸汽外，还将生产工艺过程中多余蒸汽用管路注入汽轮机中的某个中间级内，与原来的蒸汽一起工作。这样可以从多余的工艺蒸汽中获得能量，得到一部分有用功，实现蒸汽热量的综合利用，这种汽轮机称为注入式汽轮机，也称为多压式或混压式汽轮机。图 1-6(a)所示汽轮机属于混压式汽轮机，图 1-6(b)所示汽轮机为同时具有抽汽和注汽汽轮机。这种汽轮机也广泛应用于石油化工装置。

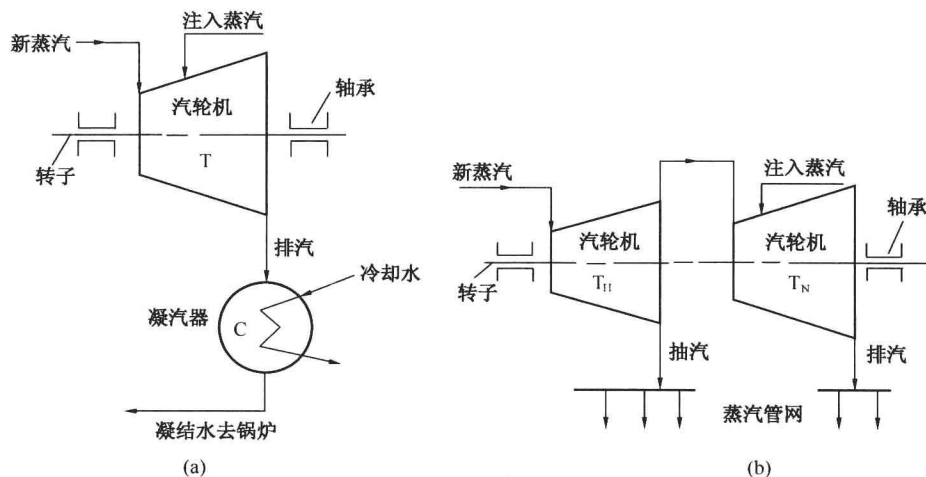


图 1-6 多压式汽轮机示意图

二、按工作原理分类

1. 冲动式汽轮机

蒸汽主要在喷嘴叶栅(或静叶栅)中进行膨胀,在动叶栅中只有少量的膨胀。

2. 反动式汽轮机

蒸汽在喷嘴叶栅(静叶栅)和动叶栅中都进行膨胀,且膨胀程度相同。

三、按结构型式分类

1. 单级汽轮机

通流部分只有一个级(单列、双列、三列)组成的汽轮机称为单级汽轮机。一般为背压式汽轮机,可作工业驱动(泵、风机等辅助机械)用,也可带动发电机。

2. 多级汽轮机

这种汽轮机通流部分由两个以上的级组成的汽轮机称为多级汽轮机。由于其功率大、转速高、效率高,广泛应用于石油化工、冶金、轻纺、制糖等部门。可作为背压式、凝汽式、抽汽背压式、抽汽凝汽式和混压式汽轮机。

四、按新蒸汽的参数分类(按汽轮机的进汽压力分类)

- ① 低压汽轮机 新蒸汽压力为 $1.2 \sim 1.5 \text{ MPa}$ 。
- ② 中压汽轮机 新蒸汽压力为 $2 \sim 4 \text{ MPa}$ 。
- ③ 高压汽轮机 新蒸汽压力为 $6 \sim 10 \text{ MPa}$ 。
- ④ 超高压汽轮机 新蒸汽压力为 $12 \sim 14 \text{ MPa}$ 。
- ⑤ 亚临界汽轮机 新蒸汽压力为 $16 \sim 18 \text{ MPa}$ 。
- ⑥ 超临界汽轮机 新蒸汽压力超过 22.2 MPa 。

五、按汽流方向分类

1. 轴流式汽轮机

蒸汽在汽轮机内基本上沿轴向流动,流动总体方向大致与转子相平行。

2. 辐流式汽轮机

蒸汽在汽轮机内基本上沿幅向(径向)流动,流动的的总体方向大致与转子垂直。

3. 周流(回流)式汽轮机

蒸汽在汽轮机内大致沿轮周方向流动的小功率汽轮机。

六、按用途分类

1. 工业驱动汽轮机

① 单纯驱动用汽轮机

仅用来驱动各种工业机械，不向外界供汽。汽轮机多为凝汽式，可以变转速运行。主要用于石油化工、冶金和自备电站锅炉给水泵等。

② 驱动并供热汽轮机

用来驱动各种工业机械，同时向外界供汽，以满足其他用途(动力、工艺或生活)。汽轮机为背压式或抽汽背压式或抽汽凝汽式，可以变速运行的汽轮机。主要用于石油化工、冶金部门等。

2. 工业电站汽轮机

① 单纯发电用汽轮机

工厂自备动力电站中驱动发电机，不向外界供汽。汽轮机为凝汽式，定转速运行。主要应用于石油化工、冶金和制糖、造纸等轻工业部门。

② 发电并供热用汽轮机

用于工厂自备动力电站驱动发电机，并向外界供汽。汽轮机为抽汽背压式、抽汽凝汽式或背压式，定转速运行。主要应用于石油化工、冶金和制糖、造纸等轻工业部门。

七、按蒸汽流道数目分类

1. 单流道汽轮机

全部排汽都通过末级的汽轮机。

2. 双流道或多流道汽轮机

蒸汽在两个或多个并列的汽流流道中分流的汽轮机。

八、按能量传递方式分类

1. 直联式汽轮机

直联式汽轮机如图 1-7 所示，这种汽轮机直接与工作机械相连。

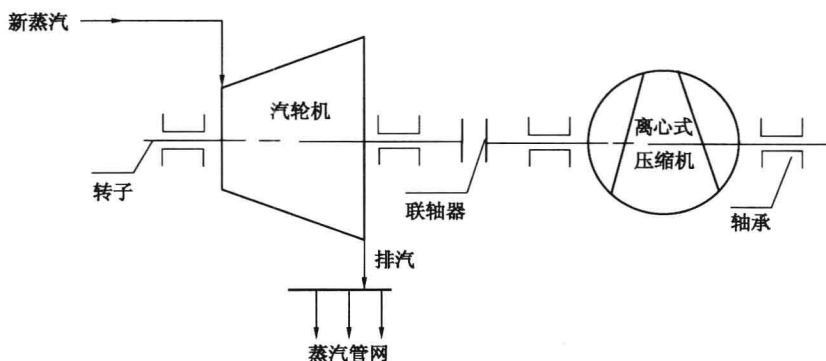


图 1-7 直联式驱动离心压缩机的汽轮机组示意图

2. 带变速齿轮箱的汽轮机

带变速齿轮箱的汽轮机如图 1-8 所示，这种汽轮机通过变速齿轮箱与工作机械相连。图 1-8(a)为带减速齿轮箱的汽轮发动机组，图 1-8(b)为带增速齿轮箱的驱动离心式压缩机的汽轮机组。

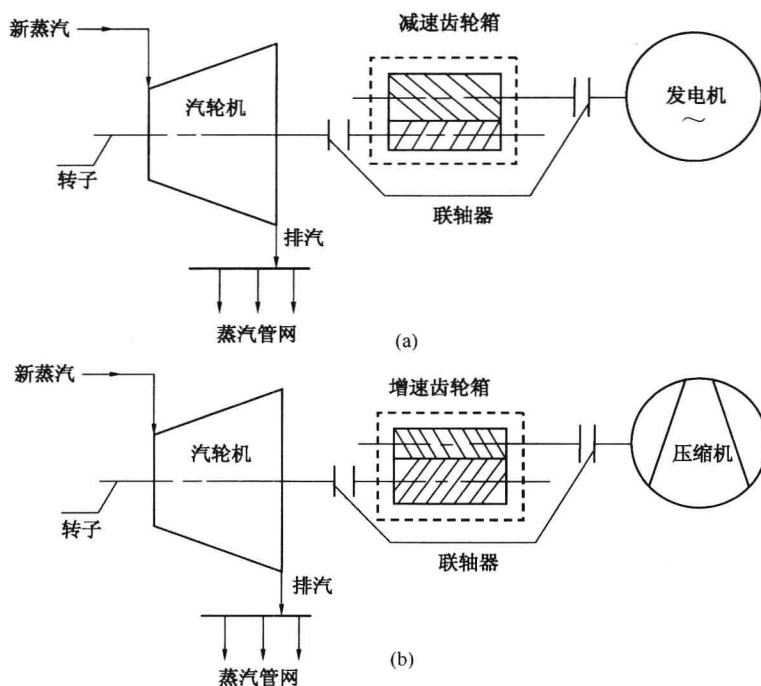


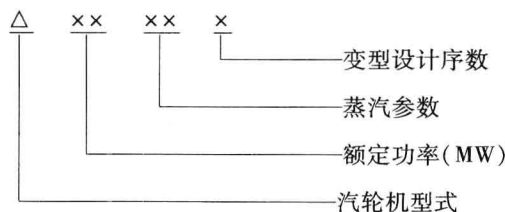
图 1-8 带变速齿轮箱机组示意图

第三节 工业汽轮机的型号

一、国产汽轮机的型号

目前汽轮机的型式、类别繁多，分类的方法也各不相同。为了便于识别汽轮机的类别，常采用一些符号来表示汽轮机的基本特性，这些符号称为汽轮机的型号。我国生产的汽轮机所采用的系列标准及型号已经统一，主要由汉语拼音和数字所组成。

1. 汽轮机产品型号组成



2. 汽轮机型号

汽轮机的型号分为三段，第一段用拼音字母表示汽轮机的热力特性或用途，如表 1-1 所示，后面的数字表示汽轮机的额定功率 (MW)。第二段为几组数字，各组数字用斜线分隔。第一组数字表示新汽压力；第二组数字表示的意义取决于机组的类型，对凝汽式汽轮机表示新汽温度，对背压式汽轮机表示背压，对一次调整抽汽汽轮机表示抽汽压力。一般各组蒸汽参数表示的意义见表 1-2。第三组数字表示中间再热式汽轮机的再热温度，对双抽汽汽轮机表示低压抽汽压力。第三段的数字表示变型设计的序号。

表 1-1 国产汽轮机型式代号

代 号	型 式	代 号	型 式
N	凝汽式	CB	抽汽背压式
B	背压式	CY	船用
C	一次调整抽汽式	Y	移动式
CC	二次调整抽汽式	HN	核电汽轮机

表 1-2 蒸汽参数表示方式

型 式	参 数 表 示 方 式
凝汽式	蒸汽初压
凝汽式(具有中间再热)	蒸汽初压/蒸汽初温/再热温度
抽汽凝汽式	蒸汽初压/高压抽汽压力/低压抽汽压力
背压式	蒸汽初压/背压
抽汽背压式	蒸汽初压/抽汽压力/背压

注：所用的单位 功率——兆瓦(MW)(1MW=1000kW，船用汽轮机为千马力)；

汽压——兆帕(MPa)；

汽温——摄氏温度(℃)。

例 1：C12-4.9/0.98

表示汽轮机为一次调整抽汽式，额定功率 12MW，初压为 4.9MPa，调整抽汽压力为 0.98MPa(绝对大气压)。

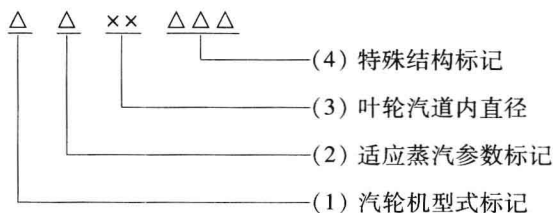
例 2：B3-3.43/0.49：背压式汽轮机，额定功率为 3MW，初压为 3.43MPa，背压为 0.49MPa。

例 3：N3-2.35：凝汽式汽轮机，额定功率为 3MW，初压为 2.35MPa(绝对大气压)。

例 4：CB12-4.9/1.18/0.17：抽汽背压式汽轮机，额定功率为 12MW，初压为 4.9MPa，抽汽压力为 1.18MPa，背压为 0.17MPa。

二、国产工业汽轮机的规格、型号

1. 单级工业汽轮机的规格型号



(1) 汽轮机型式标记 B—背压式；N—凝汽式。

(2) 适应蒸汽参数标记 G—高新蒸汽参数 $>3.5\text{MPa}/435^{\circ}\text{C}$ ；低新蒸汽参数 $\leq 3.5\text{MPa}$ 不作标记。

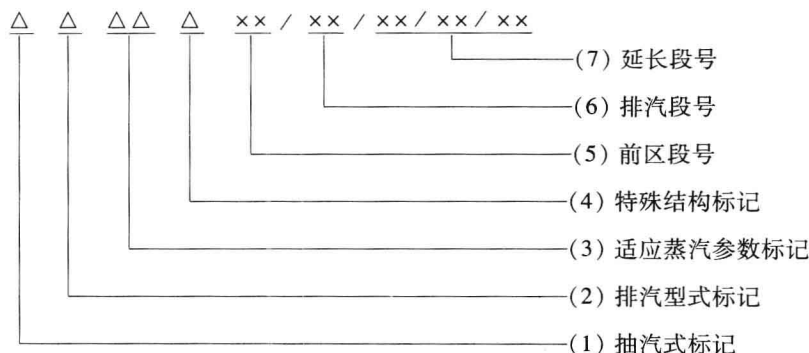
(3) 叶轮汽道内直径 取两位归整的阿拉伯数，cm，复速级叶轮指第一列叶片的直径。

(4) 特殊结构标记 C—带齿轮变速器；D—单列级叶轮；H—回流式；X—悬臂式；按字母顺序排列。

例如：B32CDH 表示为适应低新蒸汽参数，带齿轮变速器的单列级回流背压式汽轮机，叶轮汽道内直径为 32cm。

2. 多级工业汽轮机型号:

第一种:



(1) 抽汽式标记 C。

(2) 排汽型式标记 B—背压式; N—凝汽式; S—双分流凝汽式。

(3) 适应蒸汽参数标记 G—高新蒸汽参数, 连续运行可能的最大值为 14MPa/535℃; Z—中新蒸汽参数, 连续运行可能的最大值为 8MPa/510℃; GZ—G 和 Z 类的区段组合, 适应高新蒸汽参数; 低新蒸汽参数不作标记。

(4) 特殊结构标记 D—各级为叶轮整体电解成型叶片的转子; T—采用了非标准区段或部套。

(5) 前区段号 用外缸轮室部分的内半径表示, 双分流式用内缸轮室内半径表示。

(6) 排汽段号 一般用转子末级叶轮汽道内半径表示, 为了区分扭叶类型, 允许段号有小调整。

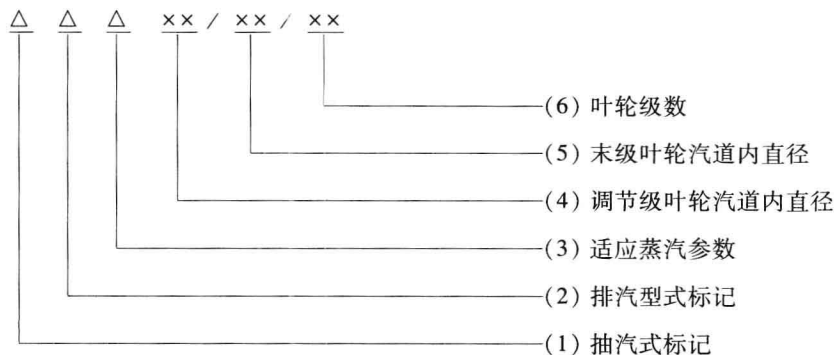
(7) 延长段号 用延长段长度表示, 有几个延长段便表出几段的段号, 无延长段时以“0”表示。

例如:

CNG240/63/20/25/28 表示用于 G 及 Z 类区段组合, 适应高新蒸汽参数的抽汽凝汽式汽轮机, 前区段号为 40, 排汽段号为 63, 三个延长段号分别为 20, 25, 28。

BGD25/20/0 表示适应高新蒸汽参数的电解叶片转子结构的背压式汽轮机, 前区段号为 25, 排汽段号为 20, 无延长段。

第二种:



(1) 抽汽式标记 C。

(2) 排汽型式标记 B—背压式; N—凝汽式; S—双分流凝汽式。

(3) 适应蒸汽参数标记 G—高新蒸汽参数 $> 3.5\text{MPa}/435^{\circ}\text{C}$; Z—中新蒸汽参数, $2.4\text{MPa}/390^{\circ}\text{C} \sim 3.5\text{MPa}/435^{\circ}\text{C}$; 低新蒸汽参数, $2.4\text{MPa}/390^{\circ}\text{C}$, 不作标记。

(4) 调节级叶轮汽道内直径 取两位数表示。

(5) 末级叶轮汽道内直径 取两位数表示。

(6) 叶轮级数 用两位阿拉伯数表示。

例如:

NZ70/52/09 表示用于中新蒸汽参数范围内的凝汽式汽轮机, 调节级叶轮汽道内直径为 70cm, 末级叶轮汽道内直径为 52cm, 共九级叶轮。

三、杭州汽轮机厂积木块三系列工业汽轮机型号

我国杭州汽轮机厂和意大利新比隆等厂, 都是引进德国西门子(SIEMENS)公司维塞尔(WESEL)厂的三系列工业汽轮机技术的设计、制造技术。

1. 德国西门子公司积木块三系列工业汽轮机基本类型

积木块工业汽轮机中最常见的有下列几种机型:

NK; ENK; NG; ENG; HG 型, 德文字母解释如下:

H—高压进汽[$8 \sim 14\text{MPa(A)}/535^{\circ}\text{C}$]外缸受高压

N—常压进汽[$0.1 \sim 8\text{MPa(A)}/510^{\circ}\text{C}$]外缸受承常压

K—凝汽式

G—背压式

E—抽汽式

例 NK—常压进汽的凝汽式汽轮机

ENG—常压进汽的抽汽背压式汽轮机

HG—高压进汽的背压式汽轮机

2. 汽轮机汽缸区段名称(图 1-9)

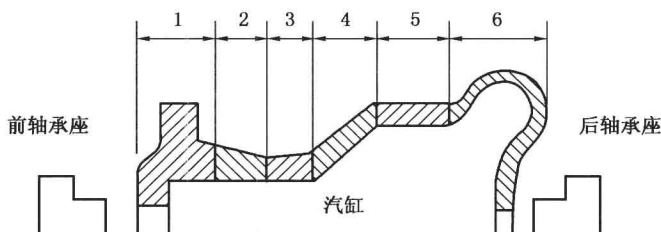
(1) 汽缸前区段, 分常压和高压两种。

(2) 减压段, 用于厚壁的汽缸前段和薄壁的后段之间的连接部分。

(3) 延长段, 汽缸直径不变, 只增加通流部分长度。

(4) 过渡段, 既可以延长通流部分长度, 又可增加通流部分直径。

(5) 法兰段, 凝汽式汽轮机前汽缸和排汽缸连接区段。



- | | |
|----------|-------|
| 1. 前区段 | 进汽段 |
| 2. 减压段 | |
| 3. 第一延长段 | } 中间段 |
| 4. 过渡段 | |
| 5. 第二延长段 | |
| 6. 后区段 | 排汽段 |

图 1-9 汽缸区段划分示意图

(6) 排汽段, 分背压式排汽段和凝汽式排汽段两种。

3. 积木块三系列汽轮机型号



例 1: 积木块系列工业汽轮机的型号为 ENG32/25/32 其含义为:

“E”—抽汽式;

“N”—常压进汽;

“G”—背压式;

前“32”—进汽缸内半径为 32cm (320mm);

“25”—转子末级根部直径为 25cm (250mm);

后“32”—延长段长度为 32cm (320mm)。

例 2: 积木块系列工业汽轮机的型号为 NK25/28/12.5 其含义为:

“N”—常压进汽;

“K”—凝汽式;

“25”—进汽缸内半径为 25cm (250mm);

“28”—转子末级根部直径 28cm (280mm);

“12.5”—延长段长度 12.5cm (125mm)。

四、日本三菱重工汽轮机产品型号

日本三菱重工 (MHI) 广岛造船制造所的汽轮机采用的是美国克拉克公司的专利技术。日本三菱重工广岛造船所制造的汽轮机型号中各单元的含义表示:

