

罗茨鼓风机及其使用

苏春模 著

中南工业大学出版社
1999·长沙

前 言

罗茨鼓风机是回转式鼓风机的一种，于1854年由美国的弗朗西斯和菲兰德·罗茨两兄弟发明，并由此而得名。作为气体增压与输送机械，罗茨鼓风机由于其结构简单，使用维修方便，不需要内部润滑，在使用压力范围内排气量几乎不变，容积效率高，并具有输送介质不含油等特性，因此在国民经济各部门得到了广泛应用。

国内外对罗茨鼓风机素有大量研究，但较系统的论著所见不多。我们知道的，有俄国工程师A·M·卡兹1946年编著的《罗茨鼓风机的计算、结构和试验》一书，中国风机行业协会依据1975年“中南地区罗茨风机短训班讲义”编印的《罗茨鼓风机》（内部读本）等。为了适应现代罗茨鼓风机发展的需要，作者在广泛收集国内外有关资料的基础上，根据自己多年从事罗茨鼓风机设计和试验研究的经验，完成了本书的著述工作。

作为国内出版的第一部罗茨鼓风机专著，本书集中地反映了罗茨鼓风机领域迄今为止的主要研究成果，包括作者本人的一些研究结论，体现了罗茨鼓风机的最新技术水平。书中系统地阐述了罗茨鼓风机的结构特点，热力学原理，叶型理论，主要零部件参数与强度计算，气流脉动分析，低噪声设计与噪声控制技术，并详细介绍了罗茨鼓风机的性能试验，典型用途，选型方法，安装、使用及维修方法等内容。

本书在著述过程中，承蒙长沙鼓风机厂高级工程师朱春雷、王贞祺审阅，朱贵秀、田国光、潘杰、成相予等校阅，并提出许多宝贵意见；书中插图由袁伟、刘咏梅、王寒等描绘，谨在此一并致谢。

由于作者水平有限，书中可能存在不妥甚至错误之处，诚望读者批评指正。

作 者
1999年9月

目 录

第1章 绪 论

1.1 概述	(1)
1.2 原理与特点	(2)
1.2.1 工作原理	(2)
1.2.2 分类、特点及应用	(3)
1.3 参数与单位	(5)
1.3.1 性能参数	(5)
1.3.2 单位换算	(5)
1.4 技术要求及发展概况	(7)
1.4.1 技术要求	(7)
1.4.2 发展概况	(7)

第2章 结 构

2.1 典型构造	(10)
2.1.1 实体展开图	(10)
2.1.2 主要零部件	(10)
2.2 结构型式	(13)
2.2.1 总体结构	(13)
2.2.2 进、排气结构	(15)
2.2.3 传动方式	(17)
2.2.4 成组型式	(18)
2.3 密封结构	(20)
2.3.1 密封型式	(20)
2.3.2 油密封装置	(21)
2.3.3 气密封装置	(22)
2.4 润滑系统与冷却装置	(25)
2.4.1 齿轮和轴承的润滑	(25)
2.4.2 气体和润滑油的冷却	(25)
2.4.3 机械密封的冷却与润滑	(28)

第3章 叶型分析

3.1 圆弧线叶型	(29)
3.1.1 基本尺寸关系.....	(29)
3.1.2 型线方程.....	(30)
3.1.3 径距比的选取.....	(32)
3.1.4 面积利用系数.....	(35)
3.2 渐开线叶型	(38)
3.2.1 渐开线及其性质.....	(38)
3.2.2 渐开线叶面的啮合.....	(40)
3.2.3 基本尺寸.....	(42)
3.2.4 型线方程.....	(44)
3.2.5 径距比的选取.....	(45)
3.2.6 面积利用系数.....	(46)
3.3 摆线叶型	(48)
3.3.1 摆线形成原理.....	(48)
3.3.2 基本尺寸关系.....	(49)
3.3.3 型线方程.....	(50)
3.3.4 面积利用系数.....	(52)
3.3.5 宽凸台叶型.....	(54)

第4章 热力学分析

4.1 流量	(58)
4.1.1 理论流量.....	(58)
4.1.2 内泄漏流量.....	(59)
4.1.3 外泄漏流量.....	(62)
4.1.4 实际流量与容积效率.....	(64)
4.2 功率与效率	(66)
4.2.1 定容积压缩原理.....	(66)
4.2.2 理论功率与绝热效率.....	(68)
4.2.3 轴功率与机械效率.....	(70)
4.3 温升与排气温度	(71)
4.3.1 内泄漏的加热作用.....	(71)
4.3.2 定容积压缩终温.....	(72)
4.3.3 排气温度及温升.....	(73)
4.4 其他	(75)
4.4.1 逆流冷却.....	(75)
4.4.2 湿式真空泵.....	(77)

4.4.3 双级压缩	(79)
------------	------

第5章 结构参数与强度计算

5.1 主要结构参数	(82)
5.1.1 叶轮参数	(82)
5.1.2 转子间隙	(83)
5.1.3 齿轮侧隙和轴承游隙	(86)
5.1.4 齿轮参数	(87)
5.1.5 进、排气口径	(88)
5.2 主要零部件的强度计算	(88)
5.2.1 气体作用力	(88)
5.2.2 轴的强度与刚度	(90)
5.2.3 轴与叶轮的过盈配合	(95)
5.2.4 叶轮强度	(97)
5.2.5 平键联接	(98)
5.2.6 轴承寿命	(99)
5.2.7 齿轮强度	(100)

第6章 气流脉动与噪声控制

6.1 气流脉动分析	(104)
6.1.1 理论流量脉动	(104)
6.1.2 进气流量脉动	(109)
6.1.3 排气缝隙宽度计算及回流过程分析	(109)
6.1.4 排气流量脉动	(115)
6.2 低噪声设计原理	(117)
6.2.1 串接转子	(117)
6.2.2 扭叶转子	(118)
6.2.3 螺旋形排气口	(119)
6.2.4 渐扩缝隙预进气结构	(121)
6.3 噪声特性分析	(123)
6.3.1 基本概念	(123)
6.3.2 噪声形成机理	(126)
6.3.3 频谱特性与A声级特性	(127)
6.4 噪声控制方法	(128)
6.4.1 降噪工作程序	(128)
6.4.2 消声器	(129)
6.4.3 隔声罩与隔声间	(133)
6.4.4 水下消声	(135)

第7章 性能试验

7.1 试验规则	(137)
7.1.1 试验类别	(137)
7.1.2 试验装置	(137)
7.1.3 试验要求	(137)
7.2 试验方法	(139)
7.2.1 温度测量	(139)
7.2.2 压力和压差测量	(140)
7.2.3 流量测量	(140)
7.2.4 转速测量	(142)
7.2.5 轴功率测量	(143)
7.2.6 振动测量	(144)
7.2.7 噪声测量	(145)
7.3 试验数据处理	(146)
7.3.1 读数整理	(146)
7.3.2 性能计算方法	(146)
7.3.3 试验报告	(150)

第8章 用途及选型方法

8.1 用途	(152)
8.1.1 用途分类	(152)
8.1.2 典型用途介绍	(153)
8.2 选型方法	(159)
8.2.1 工况参数的确定	(159)
8.2.2 机型的选择	(160)
8.2.3 电机的选配	(162)
8.2.4 选型步骤	(163)
8.3 选型计算	(164)
8.3.1 混合气体参数	(164)
8.3.2 性能换算方法	(165)
8.3.3 选型示例	(166)

第9章 安装与使用

9.1 鼓风系统	(171)
9.1.1 系统布置方式	(171)
9.1.2 流量调节方法	(171)

9.1.3 鼓风机的安全装置	(174)
9.2 安装	(176)
9.2.1 基础工程	(176)
9.2.2 就位、调整及灌浆抹面	(178)
9.2.3 联轴器和皮带装置的调整	(180)
9.2.4 管路设备的安装与检查	(182)
9.3 运行与维护	(182)
9.3.1 试车与运行	(182)
9.3.2 润滑剂的选择与使用	(185)
9.3.3 常见故障及其排除方法	(188)

第 10 章 检修方法

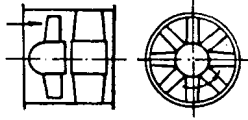
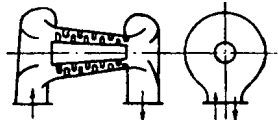
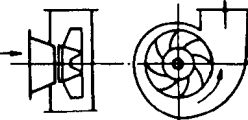
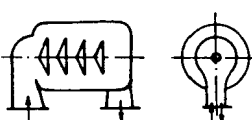
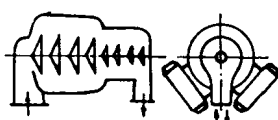
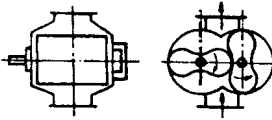
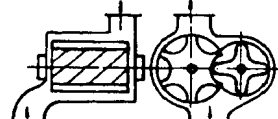
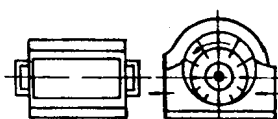
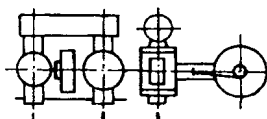
10.1 检修原则.....	(191)
10.1.1 检修类别.....	(191)
10.1.2 检修规则.....	(191)
10.1.3 零件修换原则.....	(192)
10.2 拆卸与清洗.....	(193)
10.2.1 联接件的拆卸.....	(193)
10.2.2 齿轮、联轴器和皮带轮的拆卸.....	(193)
10.2.3 轴承的拆卸.....	(194)
10.2.4 壳体和转子的拆卸.....	(195)
10.2.5 零件清洗.....	(196)
10.3 检查与修理.....	(197)
10.3.1 转子的检查与修理.....	(197)
10.3.2 齿轮的检查与更换.....	(199)
10.3.3 轴承的检查与更换.....	(200)
10.3.4 机壳和墙板的检查与修理.....	(201)
10.3.5 联轴器和皮带轮的检查与更换.....	(202)
10.4 组装及试车.....	(202)
10.4.1 常用联接件的装配.....	(202)
10.4.2 常用密封件的装配.....	(202)
10.4.3 轴与叶轮的装配.....	(203)
10.4.4 轴承的安装.....	(205)
10.4.5 同步齿轮的装配.....	(205)
10.4.6 转子间隙的调整.....	(209)
10.4.7 联轴器和皮带轮的装配.....	(212)
10.4.8 试车.....	(212)
参考文献.....	(213)

第1章 绪 论

1.1 概述

压缩和输送气体的机械,分为通风机、鼓风机和压缩机等类别(见表1-1)。其中,通风机

表1-1 通风机、鼓风机和压缩机的常见类型

类别		风 机		压缩机
		通风机	鼓风机	
升压	型式	$\Delta P \leq 15\text{kPa}$	$15\text{kPa} < \Delta P \leq 200\text{kPa}$	$\Delta P > 200\text{kPa}$
透平式	轴流式			
	离心式			
容积式	回转式	罗茨式		
		螺杆式		
		滑片式		
	往复式	活塞式		

升压较小,侧重于输送目的;压缩机升压较高,首要作用是压缩;鼓风机的性能介于上述两者之间,与通风机合称风机。另外,鼓风机和压缩机在吸入侧工作的场合,称为抽风机或真空泵。

罗茨式起初只用于正压鼓风,后来发展到真空领域,演化出罗茨真空泵。当进气口处于大气状态时,罗茨鼓风机的排气表压一般为 $9.8\sim 196\text{kPa}$ 。作为真空泵,直排大气时真空度可达 $-9.8\sim -80\text{kPa}$;与旋片式或滑阀式前置真空泵配套,作机械增压泵使用时,其极限真空可达 $5\times 10^{-2}\text{Pa}$ 左右。

直排大气的真空泵与机械增压泵虽然都称罗茨真空泵,但工作特性有很大差异。前者在粗真空范围工作,压差大、压力比小,气体呈粘滞流状态;后者在中、高真空范围工作,压差小、压力比大,含有分子作用原理。罗茨鼓风机与直排大气的罗茨真空泵,虽然名义上有鼓风机与真空泵之分,但都在大气压附近工作,压力特性并无多少差异。通常,罗茨鼓风机可直接作直排大气的真空泵使用,反之亦然。

因此,本书将直排大气的罗茨真空泵纳入罗茨鼓风机的范畴进行讨论。对两者不作区分时,统称为鼓风机;需要区分时,分别称之为鼓风机与真空泵。或因进气表压为负值,将直排大气的真空泵称为负压鼓风机。

1.2 原理与特点

1.2.1 工作原理

1. 基本原理

罗茨鼓风机是一种双转子压缩机械(见图1-1),两转子的轴线互相平行。转子由叶轮与轴组合而成,叶轮之间、叶轮与机壳及墙板之间具有微小间隙,以避免相互接触。两转子由原动机通过一对同步齿轮驱动,作方向相反的等速旋转。借助于两叶轮的相互啮合(假定其叶面相互接触),鼓风机进、排气口不直接相通,叶轮与机壳及墙板围成封闭的基元容积,其大小在旋转过程中不发生变化。传统形式下,气体的压缩,是在基元容积与排气口连通的一瞬间,由高压气体向基元容积回流均压而实现的。

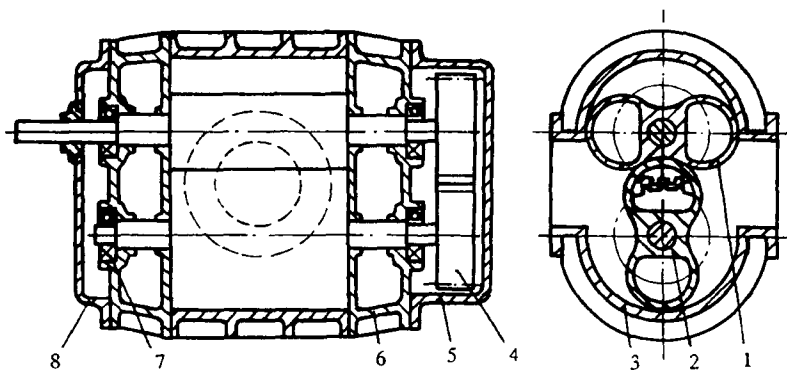


图1-1 基本原理示意图

1. 主动转子;2. 从动转子;3. 机壳;4. 同步齿轮;5. 主油箱;6. 墙板;7. 轴承;8. 副油箱。

2. 预进气原理

预进气压缩方法,主要是为改善鼓风机的回流冲击特性提出来的。如图 1-2 所示,在基元容积由进气口向排气口移动的过程中,通过开在机壳或墙板上的导气孔口,向其内部预先导入高压气体,以便在基元容积与排气口连通之前,使其内部压力逐渐与排气口的压力达到平衡(或接近平衡)。与传统的压缩情形相比,导入预进气后,排气口的回流冲击强度大为减弱,鼓风机的气体动力性噪声得以降低。

实际应用中,通常从鼓风机的排气口引回一部分气体,作为高压预进气导入机壳。如果将排气口的高温气体冷却之后再导入基元容积,则不仅可以减缓排气口的回流冲击,而且还能降低鼓风机的排气温度,这种降低排气温度的方法称为逆流冷却。

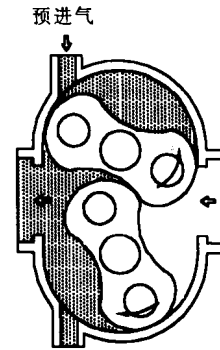


图 1-2 预进气原理示意图

1.2.2 分类、特点及应用

1. 分类方式

由于工作方式不同,罗茨鼓风机(真空泵)有单级与双级、干式与湿式之分。

(1)单级与双级。只有一个压缩级的鼓风机(真空泵),称为单级鼓风机(真空泵)。将两台单级鼓风机(真空泵)串联起来,对气体连续进行两次压缩,即为双级鼓风机(真空泵)。

(2)干式与湿式。鼓风机一般作干式输送,真空泵有干式和湿式两种情况。所谓湿式真空泵,就是从泵的进气口向机壳内注入少量的水,通过水分与气体混合,吸收气体压缩过程中产生的热量;同时利用水对机壳内部间隙进行密封,减少气体经过间隙的泄漏。因此,注入的水既称冷却水,又称密封水。

此外,还有下列各种分类方法:

按叶轮头数分,有两叶鼓风机和三叶鼓风机。

按密封型式分,有迷宫密封、涨圈密封、填料密封和机械密封等各种型式的鼓风机。

按冷却方式分,有空冷鼓风机、水冷鼓风机和逆流冷却鼓风机等。

按结构型式分,有立式鼓风机、卧式鼓风机、竖轴式鼓风机、密集成组型风机等。

按传动方式分,有直联鼓风机、带联鼓风机等。

按介质种类分,有空气鼓风机、煤气鼓风机、氢气鼓风机、二氧化硫鼓风机等。

还可按用途分,如立窑鼓风机、气化鼓风机、曝气鼓风机等。

2. 主要特点

与其他类型的气体压缩机械比较,罗茨鼓风机具有下述特点:

(1)由于是容积式鼓风机,因而具有强制输气特征。在转速一定的条件下,流量也一定(随压力的变化很小)。即使在小流量区域,也不会像离心式鼓风机那样发生喘振现象,具有比较稳定的工作特性。

(2)作为回转式机械,没有往复运动机构,没有气阀,易损件少,因此使用寿命长,并且动力平衡性好,能以较高的速度运转,不需要重型基础。运转一周有多次吸、排气,相对于活塞式压缩机而言,气流速度比较均匀,不必设置储气罐。

(3)叶轮之间、叶轮与机壳及墙板之间具有间隙,运转时不像螺杆式和滑片式压缩机那样

需要注油润滑,因此可以保证输送的气体不含油,也不需要使用气-油分离器等辅助设备。由于存在间隙及没有气阀,输送含粉尘或带液滴的气体时也比较安全。

(4)无内压缩过程,理论上比那些有内压缩过程的鼓风机要多耗压缩功。但除同步齿轮和轴承外,不存在其他的机械摩擦,因此机械效率高。特别是大型罗茨鼓风机,容积效率高,全绝热效率也比较高。

此外,罗茨鼓风机还具有结构简单、制造容易、操作方便、维修周期长等优点。其缺点是:①无内压缩过程,绝热效率较低(小机型尤为偏低);②由于间隙的存在,造成气体泄漏,且泄漏流量随升压或压力比增大而增加,因而限制了鼓风机向高压方向的发展;③由于进、排气脉动和回流冲击的影响,气体动力性噪声较大。

3. 应用范围

作为一种典型的气体增压与输送机械,罗茨鼓风机在其特定压力区域内具有广泛的适用特性。其流量通常为 $0.5 \sim 800 \text{ m}^3/\text{min}$,最大可达 $1400 \text{ m}^3/\text{min}$ 左右,单级工作压力为 $-53.3 \sim 98 \text{ kPa}$ 。双级串联时,鼓风机正压可达 196 kPa ,真空泵负压可达 -80 kPa 。采用逆流冷却时,单级正压可达 156.8 kPa ,负压可达 -78.4 kPa 。以长沙鼓风机厂 1999 年的产品型谱为例,图 1-3 示出了罗茨鼓风机和真空泵的性能范围。

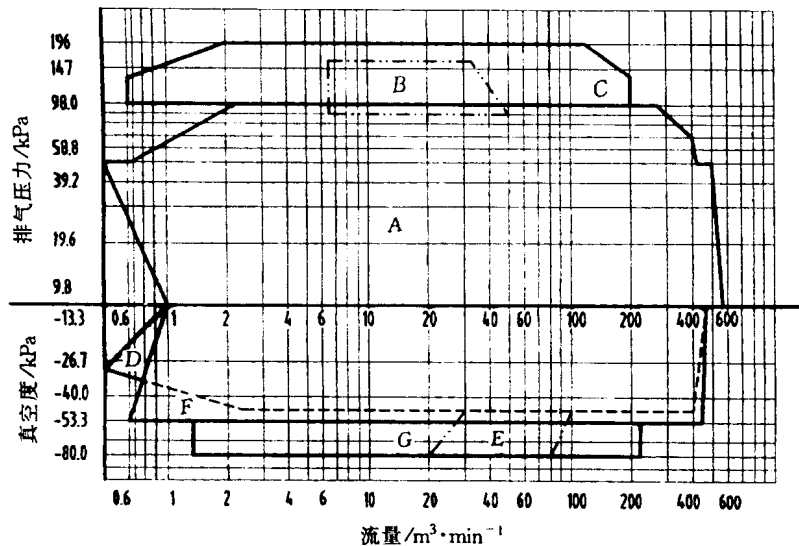


图 1-3 罗茨鼓风机(真空泵)的性能范围

A. 单级鼓风机; B. 单级(逆流冷却)鼓风机; C. 双级鼓风机; D. 单级干式真空泵;
E. 单级干式(逆流冷却)真空泵; F. 单级湿式真空泵; G. 双级湿式真空泵。

就应用而言,罗茨鼓风机大多作空气鼓风机使用,其用途遍布建材、电力、冶炼、化工与石油化工、矿山、港口、轻纺、邮电、食品、造纸、水产养殖和污水处理等许多领域。采用气密性好的密封装置时,也可用来输送空气之外的气体,如氢气、氧气、一氧化碳、二氧化碳、硫化氢、二氧化硫、甲烷、乙炔、煤气等。另外,在医药、食品、化工和石油化工等部门,罗茨鼓风机通常用作各种低压气力输送系统的气源机械。

1.3 参数与单位

1.3.1 性能参数

罗茨鼓风机的性能参数,包括转速、压力、流量、轴功率及排气温度等。

1. 转速

鼓风机主动轴在单位时间内旋转的转数,称为鼓风机的转速。单位有 s^{-1} 和 r/min 。

2. 压力

(1)压力。鼓风机进、排气口法兰处的气体压力,称为进气压力和排气压力。对罗茨鼓风机而言,压力通常指静压。常用单位有 Pa 和 kPa。

(2)升压。鼓风机进、排气压力之差即为升压,也称压差。表达式为:

$$\Delta P = P_d - P_s \quad (\text{kPa}) \quad (1-1)$$

式中 P_s ——进气压力, kPa;

P_d ——排气压力, kPa。

计算 ΔP 时, P_s 、 P_d 均取绝对压力,或者同时取表压。

(3)压力比。鼓风机排气压力与进气压力的比值称为压力比,即:

$$\epsilon = \frac{P_d}{P_s} \quad (1-2)$$

计算 ϵ 时, P_s 、 P_d 均取绝对压力。

3. 流量

单位时间内,气体流经鼓风机某一指定截面的质量或容积,称为气体通过该截面的质量流量或容积流量。

产品样本和铭牌上标称的流量,为特定条件下的容积流量。对鼓风机,指进气口处于标准吸入状态,即温度为 20°C 、压力为 101.325kPa 、相对湿度为 50% 的空气状态时,单位时间内排出的气体在进气状态下的容积;对真空泵,指进气温度为 20°C 、排气压力为 101.325kPa 时,单位时间内吸入的空气在进气状态下的容积。常用单位有 m^3/s 和 m^3/min 。

另外,工程上通常以温度为 0°C 、压力为 101.325kPa 的状态,作为衡量气体流量的基准状态。这一状态下的容积流量称为标准容积流量,以单位 Nm^3/min 表示。

4. 轴功率

由原动机传入鼓风机主动轴的功率,称为鼓风机的轴功率。常用单位为 W 和 kW。

5. 进、排气温度

鼓风机进、排气口法兰处的气体温度,称为进气温度和排气温度。进、排气温度之差称为温升,即:

$$\Delta t = t_d - t_s \quad (^\circ\text{C}) \quad (1-3)$$

式中 t_s 、 t_d ——分别为进气温度与排气温度, $^\circ\text{C}$ 。

1.3.2 单位换算

压力、流量、功率和温度的单位种类较多。为方便起见,介绍一些有关的换算关系。

1. 压力

国际单位制(SI)中,压力的单位为帕(Pa)。表 1-2 列出了一些常用单位的换算关系。此外还有托(Torr), $1\text{Torr} = 133.322\text{Pa}$;磅力每平方英寸(lbf/in^2), $1\text{lbf}/\text{in}^2 = 6894.76\text{Pa}$;磅力每平方英尺(lbf/ft^2), $1\text{lbf}/\text{ft}^2 = 47.8803\text{Pa}$ 。

表 1-2 压力单位换算表

帕 (Pa)	标准大气压 (atm)	工程大气压 (kgf/cm^2)	巴 (bar)	毫米水柱 4℃ (mmH_2O)	毫米汞柱 0℃ (mmHg)
1	9.86923×10^{-6}	1.01972×10^{-5}	1×10^{-5}	1.01972×10^{-1}	7.50062×10^{-3}
1.01325×10^5	1	1.03323	1.01325	1.03323×10^4	7.60×10^2
9.80665×10^4	9.67841×10^{-1}	1	9.80665×10^{-1}	1×10^4	7.35559×10^2
1×10^5	9.86923×10^{-1}	1.01972	1	1.01972×10^4	7.50062×10^2
9.80665	9.67841×10^{-5}	1×10^{-4}	9.80665×10^{-5}	1	7.35559×10^{-2}
1.33322×10^2	1.31579×10^{-3}	1.35951×10^{-3}	1.33322×10^{-3}	1.35951×10	1

2. 流量

SI 规定,流量单位为立方米每秒(m^3/s),也可用立方米每分(m^3/min)表示。常用单位还有立升每秒(L/s),立方英尺每秒(ft^3/s)和立方英寸每小时(in^3/h)等。换算关系为:

$$1\text{m}^3/\text{s} = 60\text{m}^3/\text{min} = 1000\text{L}/\text{s}$$

$$1\text{ft}^3/\text{s} = 0.0283168\text{m}^3/\text{s}$$

$$1\text{in}^3/\text{h} = 4.55196 \times 10^{-6}\text{L}/\text{s}$$

3. 功率

SI 规定,功率以瓦(W)或千瓦(kW)为单位表示。常用单位还有千克力米每秒($\text{kgf}\cdot\text{m}/\text{s}$),马力或米制马力(法 ch,CV;德 PS),英马力(hp)及英尺磅力每秒($\text{ft}\cdot\text{lbf}/\text{s}$)等。换算关系见表 1-3。

表 1-3 功率单位换算表

千瓦 (kW)	千克力·米/秒 ($\text{kgf}\cdot\text{m}/\text{s}$)	马力 (ch)	英马力 (hp)	英尺·磅力/秒 ($\text{ft}\cdot\text{lbf}/\text{s}$)
1	1.019716×10^2	1.35962	1.34102	7.37562×10^2
9.80665×10^{-3}	1	1.33333×10^{-2}	1.315×10^{-2}	7.23301
7.35499×10^{-1}	7.5×10	1	9.8632×10^{-1}	5.42476×10^2
7.4570×10^{-1}	7.60402×10	1.01387	1	5.50×10^2
1.35582×10^{-3}	1.38255×10^{-1}	1.84340×10^{-3}	1.81818×10^{-3}	1

4. 温度

有摄氏度(℃)、开(K)等表示单位。其中用 K 表示的温度为热力学温度,又称开氏温度或绝对温度。表示温度差或温度间隔时,换算关系为:

$$1^\circ\text{C} = 1\text{K}$$

表示温度数值时,换算关系为:

$$T = t + 273.15$$

或 $T \approx t + 273 \text{ (K)}$

(1-4)

式中 t ——摄氏温度,℃;

T ——热力学温度,K。

1.4 技术要求及发展概况

1.4.1 技术要求

输送空气和中性无毒气体的一般用途罗茨鼓风机,主要技术要求如下:

1. 介质

进气温度不高于 40℃,气体中固体微粒的含量不大于 100mg/m³,微粒最大尺寸不大于鼓风机内部最小工作间隙的一半。

2. 设计要求

(1)整机使用寿命应不少于 10 年,第一次大修前安全运行的时间应不少于 15000h。同步齿轮使用寿命应不低于 25000h,精度不低于 GB10095 规定的 7 级。

(2)实际流量与设计流量的偏差及容积比能偏差(不包括成组型鼓风机)不得超过表 1-4 的规定值。

表 1-4 流量及容积比能的允许偏差

设计流量(m ³ /min)	实际流量偏差(%)	容积比能偏差(%)
<0.5	±7	±8
0.5~1.5	±6	±7
1.5~15	±5	±6
>15	±4	±5

(3)轴承部位振动速度的有效值(均方根值)应不大于 11.2mm/s。

(4)轴承部位的温度应不高于 95℃。使用普通机油润滑时,油温一般不高于 65℃。

3. 制造要求

(1)叶轮应作动平衡试验,动平衡精度应不低于 G6.3 级。皮带轮应作静平衡试验。

(2)轴与轴承配合部位的尺寸,同步齿轮及齿轮副的检测项目,叶轮之间、叶轮与机壳及墙板间的间隙,均应符合设计规定。

(3)水夹套零件和油冷却器应作水压试验,试验压力为其工作压力的 1.5 倍,持续 15~30min 不得有渗漏现象。

(4)鼓风机及其配套件的外表面不允许有锈迹、碰伤。油漆表面不应有漏漆、堆漆、漆流、起泡、缩皱及色泽明显差异等现象。

1.4.2 发展概况

1. 发展简史

1854 年,美国人弗朗西斯和菲兰德·罗茨(Francis 和 Philander Roots)兄弟俩发明罗茨鼓

风机。

1867年,罗茨鼓风机开始在工业方面(首先是在冶炼方面)得到应用。

1951年,我国开始制造罗茨鼓风机。

60~70年代,长沙鼓风机厂研制出D系列空冷鼓风机和SD系列水冷鼓风机,国产罗茨鼓风机开始形成正式系列。

80年代初,长沙鼓风机厂、上海鼓风机厂、天津鼓风机厂、武汉鼓风机厂等单位联合设计出L系列罗茨鼓风机。

1987年,长沙鼓风机厂从日本引进罗茨鼓风机(真空泵)设计制造技术。产品包括R系列一般用途鼓风机、R-K系列和R-N系列特殊气体鼓风机、TS系列低噪声鼓风机、TR系列双级高压鼓风机、R-V系列单级干式真空泵、R-W系列单级湿式及TR-W系列双级湿式真空泵。

20世纪90年代以来,罗茨鼓风机技术开发活动更趋活跃。以长沙鼓风机厂为例,该厂先后开发出SR系列三叶鼓风机、WR系列水下鼓风机、JR系列两叶成组和JS系列三叶成组鼓风机,并承担国家“八五”科技攻关任务,研制出R-CT系列单级高压鼓风机和R-VT系列单级干式高负压真空泵,填补了国内空白。

经过近半个世纪的努力,特别是改革开放以来,我国罗茨鼓风机制造业已经步入与国际同行同步发展的轨道。同时,随着国民经济的发展,对罗茨鼓风机的需求总体上呈扩大趋势。1990~1998年,我国罗茨鼓风机的产量增加了将近1倍(见图1-4)。

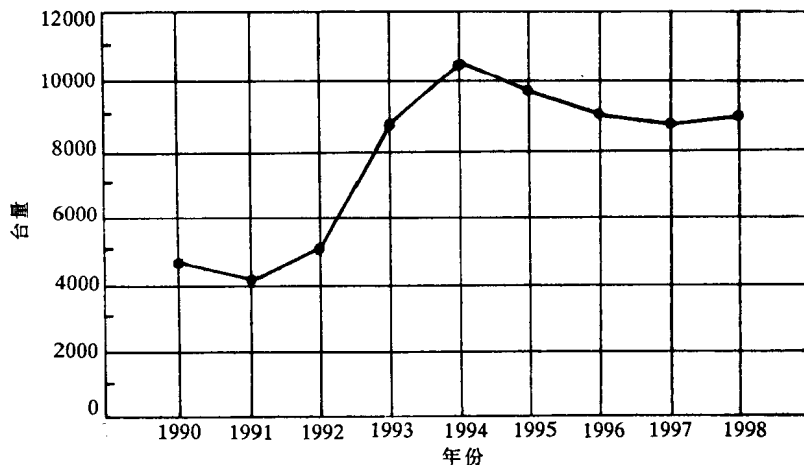


图 1-4 罗茨鼓风机的产量

2. 发展趋势

罗茨鼓风机的发展趋势,主要是进一步提高效率、降低噪声、增强可靠性及扩大应用范围。

(1)提高效率。主要是优化叶轮型线,改善叶轮“啮合”间隙的内密封效果;提高鼓风机的制造精度,改善转子间隙的均匀程度,并使之尽可能缩小,从而减少气体泄漏,提高容积效率。此外,要合理匹配电机,避免出现大马拉小车的情况。

(2)降低噪声。重点是进行低噪声技术开发,如预进气结构设计、扭叶转子加工等,以减小气流脉动,降低气体动力性噪声。同时应不断改善叶轮平衡品质,提高同步齿轮制造精度,以减小振动,降低机械性噪声。大多数情况下,还需要采取消声和隔声等辅助措施,控制噪声在

传播途径中的辐射,以满足用户对噪声的要求。

(3)增强可靠性。一是改进产品实物质量,二是加强安全保护措施。为此,应注重低压安全阀和逆止阀的研制与配置,并利用微机控制技术,对鼓风机的压力、油温、电流等运行参数进行自动监测,通过联锁或报警等方式,对鼓风机起动、运行及停车过程进行控制,使其处于安全、稳定、可靠的受控状态。

(4)扩大应用范围。应注重密封技术与材料技术的应用研究,改进产品的密封性、耐磨性、耐腐蚀性、阻燃防爆性等,以满足各种易燃、易爆、有毒、含尘及腐蚀性气体的输送要求。也可针对高温、高压或高负压等特殊要求,开发适销对路的产品,以此扩大罗茨鼓风机的应用范围,向其他类型鼓风机和真空泵的使用领域渗透。

第 2 章 结 构

2.1 典型构造

2.1.1 实体展开图

为了说明罗茨鼓风机的构造情况,图 2-1 示出了一种产品的实体展开图,表 2-1 列出了图中主要零部件的名称和材料。

表 2-1 SRE-200 型鼓风机主要零部件明细表

序号	名 称	材 料	序号	名 称	材 料	序号	名 称	材 料
1	机壳	HT250	15	锁紧螺母	45	29	水套盖	HT200
2	密封垫	橡胶石棉板	16	骨架油封	橡胶 I-2	30	O 形密封圈	橡胶 I-2
3	平键	45	17	密封垫	橡胶石棉板	31	小轴承座垫	橡胶石棉板
4	主动转子		18	甩油盘	Q235-A	32	小轴承座	HT250
5	平键	45	19	副油箱	HT250	33	小轴承	
6	从动转子		20	长形油标	有机玻璃	34	止动垫圈	Q235-A
7	侧板	HT250	21	主动齿轮	20CrMo	35	圆螺母	45
8	密封衬套	45	22	从动齿圈	20CrMo	36	O 形密封圈	橡胶 I-2
9	墙板	HT250	23	从动轮毂	45	37	小轴承压盖	HT200
10	轴承座垫	橡胶石棉板	24	齿轮挡圈	Q235-A	38	密封垫	橡胶石棉板
11	轴承座	HT250	25	止动垫圈	Q235-A	39	圆形油标	有机玻璃
12	轴承		26	锁紧螺母	45	40	O 形密封圈	橡胶 I-2
13	轴承压板	Q235-A	27	主油箱	HT250	41	油标座	HT200
14	止动垫圈	Q235-A	28	密封垫	橡胶石棉板			

2.1.2 主要零部件

鼓风机的主要零部件有机壳、墙板、转子、同步齿轮、轴承及密封件等。

1. 机壳

机壳为截面呈椭圆形的缸体,一般由高强度铸铁制成,输送腐蚀性气体时可采用不锈钢制造。缸体上设有进、排气孔口,外部铸有加强筋和安装脚,大多为整体结构。也有些大尺寸机壳采用水平中分结构,上、下壳体之间采用销钉定位。

2. 墙板

在机壳与主、副油箱之间设有墙板。其作用一是作为端盖,将机壳两端封闭起来;二是作为支座,将转子两端支承起来。靠近轴伸端的称为前墙板,另一端的称为后墙板。有的墙板上