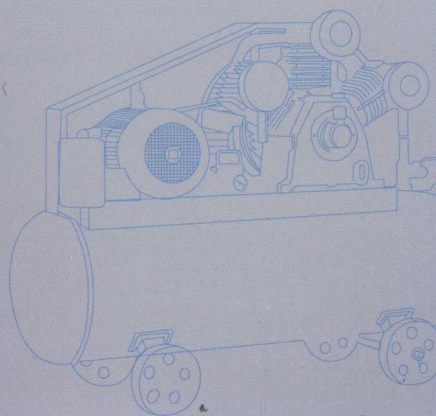


往复式空气压缩机 操作维修指南

田景亮 主编



辽宁科学技术出版社

往复式空气压缩机 操作维修指南

田景亮 主编

辽宁科学技术出版社

沈阳

图书在版编目 (CIP) 数据

往复式空气压缩机操作维修指南/田景亮主编. —沈阳:
辽宁科学技术出版社, 2010. 3

ISBN 978 - 7 - 5381 - 6228 - 8

I . 往… II . 田… III . 往复式压缩机:空气压缩机 - 维
修 - 指南 IV . TH457.07 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 235495 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳新华印刷厂

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 140mm × 203mm

印 张: 6.75

字 数: 175 千字

印 数: 1 ~ 4000

出版时间: 2010 年 3 月第 1 版

印刷时间: 2010 年 3 月第 1 次印刷

责任编辑: 韩延本

封面设计: 恒英广告

版式设计: 于 浪

责任校对: 李 雪

书 号: ISBN 978 - 7 - 5381 - 6228 - 8

定 价: 15.00 元

联系电话: 024 - 23284372

邮购热线: 024 - 23284502

E - mail: lnkjc@126.com

http://www.lnkj.com.cn

本书网址: www.lnkj.cn/uri.sh/6228

前 言

往复式空气压缩机广泛地应用于机械矿山、化工石油、交通运输、建筑航海等行业。它的用户几乎包罗了国民经济的各个部门，量大面宽，就专业压缩机制造厂来讲，它的产量占据了压缩机总产量的冠首。提高往复式空气压缩机的维修技术，对保障安全生产、提高生产效率和延长压缩机的使用寿命，具有重要的意义。为了满足压缩机司机和维修人员的工作需要，为职工培训部门提供切实可行的培训教材，特编写了本书。

本书主要阐述了往复式空气压缩机的基本构造和操作方法，并重点介绍了各种常见故障的分析和处理。另外，鉴于压缩机的类别和型号特别繁多，本书很难做一一详细介绍。为了扩大读者的知识面，更好地为现场服务，本书在附录中还对各种压缩机的型号、性能及主要压缩机的故障处理做了重点介绍。

本书内容简明实用，语言通俗易懂，是一本具有较强实用性、针对性和指导性的读本。可供从事压缩机使用和维修人员以及设备管理人员学习参考，还可以作为技能培训鉴定部门的教材。

本书由田景亮主编，在编写过程中，得到了刘丽华、孙启良、王敬菊、李新、王进等同志的大力帮助和支持，作者还参阅了近年来出版发表的相关文献，在此，对所有的资料提供者、有关出版社和作者表示衷心地感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请各位同仁及读者不吝批评指正。

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 空气与压缩空气的特性	1
第二节 压缩空气的用途	3
第三节 往复式压缩机的应用与发展	6
第二章 空气压缩机的基础知识	7
第一节 空气压缩机的分类及表示方法	7
一、分类	7
二、压缩机型号含义	9
第二节 往复式压缩机的工作原理及特点	11
一、往复式压缩机的工作原理	11
二、往复式压缩机的特点	13
第三节 压缩空气的供气系统	14
一、主机房	16
二、辅助建筑	16
三、管路系统	16
第三章 往复式空气压缩机的构造	18
第一节 往复式空气压缩机的基本构造	18
一、L形压缩机的基本构造	19
二、L形压缩机的工作原理	20
第二节 往复式空气压缩机的主要部件及技术要求	21
一、曲轴部件	21
二、连杆部件	23
三、十字头部件	25
四、气缸部件	27
五、活塞组件	29

六、气阀部件	33
七、填料箱	35
第三节 空气压缩机附属装置的构造	36
一、润滑系统	36
二、冷却系统	39
三、控制系统	41
四、供气系统	44
五、安全系统	46
第四章 空气压缩机的电气控制	50
第一节 传统的电气控制	50
一、Y— Δ 降压启动控制	50
二、自耦变压器降压启动控制	52
三、频敏变阻器降压启动控制	54
第二节 空气压缩机的新型启动方式	56
一、变频启动控制器	56
二、软启动控制器	58
三、PLC 控制系统在空气压缩机中的应用	62
第五章 空气压缩机的安全操作	67
第一节 空气压缩机操作的基本要求	67
一、空气压缩机司机的基本职责	67
二、空气压缩机司机的交接班制度	68
三、空气压缩机操作的相关安全要求	68
第二节 空气压缩机的操作	69
一、启动压缩机前的操作步骤	69
二、启动运行压缩机的操作步骤	69
三、停止运行压缩机的操作步骤	71
第三节 空气压缩机的调节	74
一、转速调节	74
二、余隙调节	74

三、旁通调节	75
四、压开进气阀调节	75
五、电液气量调节	76
第四节 空气压缩机事故预防措施	77
一、防止空气压缩机爆炸事故的措施	78
二、防止撞缸事故的措施	79
三、防止连杆螺栓断裂事故的措施	79
四、防止轴瓦、十字头滑道烧毁事故的措施	80
五、防止活塞被卡事故的措施	80
第五节 空气压缩机房的消防安全	80
一、空气压缩机房火灾的防范	80
二、空气压缩机房消防器材的配置和管理	80
三、空气压缩机房发生电气火灾和油火灾时的扑救 措施	81
四、灭火器的使用方法	81
第六章 空气压缩机的润滑和冷却	83
第一节 空气压缩机的润滑	83
一、润滑的功用及方式	83
二、空气压缩机用油的种类和性能	85
三、润滑的注意事项	86
第二节 空气压缩机的冷却	86
一、冷却的功用及方式	86
二、水冷却	87
三、风冷却	88
第七章 往复式空气压缩机的保养和检修	90
第一节 日常保修	90
一、日常维护	90
二、三级保养	91
三、长期闲置设备的保养	91

四、压缩机保养完好的标准	92
第二节 计划检修	93
一、大修	93
二、中修	94
三、小修	94
四、日常修理	95
第八章 往复式压缩机的修理	96
第一节 压缩机修前的准备和拆卸	96
一、修前准备	96
二、拆卸的相关规定和原则	96
三、压缩机拆卸的程序和要求	97
第二节 压缩机的配件修理	100
一、机身修理	100
二、曲轴修理	102
三、十字头修理	105
四、活塞修理	106
五、气缸修理	108
第三节 压缩机的装配与安装	109
一、曲轴和主轴瓦的组装	112
二、连杆组件的装配	114
三、十字头与滑道的装配	117
四、填料函的装配	118
五、吸、排气阀的组装及装配	120
六、飞轮及联轴器的装配	122
七、润滑系统的组装	123
八、安全阀的组装	123
九、气缸的安装	124
十、总装配	125

第九章 往复式压缩机机械故障处理	127
第一节 机械故障的诊断	127
一、故障诊断步骤.....	127
二、故障诊断方法.....	128
三、故障诊断注意事项.....	130
四、故障诊断原则.....	130
第二节 压缩机系统故障的分析与排除	131
一、机体和气缸部分常见故障的分析与排除.....	131
二、曲轴和连杆部分常见故障的分析与排除.....	138
三、活塞和气阀部分常见故障的分析与排除.....	142
四、润滑和冷却系统常见故障的分析与排除.....	150
第三节 压缩机整机故障的分析与排除	158
第四节 压缩机典型事故的分析与预防	165
一、爆炸事故.....	165
二、自燃事故.....	169
三、机组系统积炭.....	170
四、违章操作事故.....	172
第十章 往复式压缩机电气故障处理	174
第一节 电气故障的诊断	174
一、电气故障的诊断步骤.....	174
二、电气故障修复注意事项.....	177
第二节 压缩机常见电气故障及排除	178
第十一章 往复式空气压缩机的试运转和验收	185
第一节 压缩机试运转和验收的程序	185
第二节 压缩机验收标准	187
附表一 我国常用压缩机及特点.....	189
附表二 螺杆式压缩机常见故障分析与处理.....	193
附表三 离心式压缩机常见故障分析与处理.....	198
参考文献	208

第一章 绪 论

第一节 空气与压缩空气的特性

空气是地球上分布极其广泛的一种无固定形状的天然资源，储量无比丰富。空气具有可压缩性，经空气压缩机做机械功使本身体积缩小，压力提高后的空气叫压缩空气。压缩空气是一种重要的动力资源，与其他能源相比，具有下列特点。

①清晰透明，无色无味，没有特殊的危害性。

②制造简单，贮存和运输方便。制造压缩空气的设备和工艺简单，贮存气体的容器形状和大小可自由设计，气体的输送只需一条密封的管道即可。

③安全可靠，适应性强。压缩空气没有起火的危险，不怕超负荷，不受高温、灰尘、腐蚀的影响，能在恶劣的环境下工作。

④空气资源没有成本，取之不尽，用之不绝。

⑤便于控制和变速。以压缩空气为介质的气动元件属于简单设计，因而容易用控制流量大小的方式来实现直线或回转运动的无级变速。

⑥压缩空气具有复原性。空气占有一定的空间，但它没有固定的形状和体积。对密闭容器中的空气施加压力时，空气的体积就会被压缩，使内部压强增大。当外力消失时，空气在内部压强的作用下又会恢复原来的体积。如果在容器中有一个可以活动的物体，在空气恢复原来的体积时，该物体将被容器内空气的压力向外弹出来，这一原理被广泛应用在生产、生活中。例如：皮球里打入压缩空气，气越足，球越硬；轮胎里打入压缩空气，轮胎就能承受一定的重量。在大型汽车上，用压缩空气开关车门和刹车；水压机利用压缩空气对水加压；在工厂里，压缩空气用来开

动气锤打铁；在煤矿里，它能开动风镐来钻眼。

压缩空气的主要缺点是气体中含有相当数量的杂质，影响了压缩机的稳定运行和气体的洁净。其主要杂质和尘粒有以下几种。

1. 固定微粒

在一个典型的大城市环境中，每立方米大气中约含有 1.4 亿个微粒，其中，大约 80% 在尺寸上小于 $2\mu\text{m}$ ，空压机吸气过滤器无力消除。此外，空压机系统内部也会不断产生磨屑、锈渣和油的碳化物，它们将加速用气设备的磨损，导致密封失效。

2. 水分

大气的相对湿度一般高达 65% 以上，经压缩冷凝后，即成为湿饱和空气，并夹带大量的液态水滴，它们是设备、管道和阀门锈蚀的根本原因，冬天结冰还会阻塞气动系统中的小孔通道。值得注意的是：即使是分离干净的纯饱和空气，随着温度的降低，仍会有冷凝水析出，大约每降低 10°C ，其饱和含水量将下降 50%，即有一半的水蒸气转化为液态水滴。所以，在压缩空气系统中，采用多级分离过滤装置或将压缩空气预处理成具有一定相对湿度的干燥气体是十分必要的。

3. 油分

高速、高温运转的空压机采用润滑油，可起到润滑、密封及冷却的作用，但会污染压缩空气。采用自润滑材料发展的少油机、半无油机和全无油机虽然降低了压缩空气中的含油量，但也随之产生了易损件寿命降低、机器内部和管理系统锈蚀以及空压机在磨合期、磨损期及减荷期含油量上升等副作用。这对于追求高可靠性的自动化生产线无疑是一种威胁。此外，从空压机带到系统中的油在任何情况下都没有好处，因为经过多次高温氧化和冷凝乳化，油的性能已大幅降低，且呈酸性，对后续设备不仅起不到润滑作用，反而会破坏正常的润滑。

4. 微生物

在制药、生物工程、食品制造及包装过程中，细菌和噬菌体的污染是不容忽视的。

第二节 压缩空气的用途

压缩空气是第二大动力能源，仅次于电力，又是具有多种用途的工艺气源，广泛应用于生产、生活的各个环节，其应用范围遍及石油、化工、电力、机械、铁路、交通、轻工、纺织、汽车制造、电子、食品、医药、生化、国防、科研等行业和部门。为了便于说明，下面我们根据使用的不同特点，分别介绍一下压缩空气的各种用途。

1. 利用压缩空气作为动力传动

通常我们把以压缩空气为传递力能介质的机械称为风动机械，风动机械的类别很多，由于它们的工作环境和对象不同，所需用的压缩空气的压力也各有不同，现将我们在生产、生活中常用的一些风动机械（器具）及其所需的压力介绍如下。

①传统的风动工具，如凿岩机、风镐、气动扳手、气动喷砂等，压力一般在 $0.6 \sim 1.5 \text{MPa}$ 。

②仪表控制及自动化装置，如加工中心的刀具更换等，压力一般为 0.6MPa 。

③车辆制动，门窗启闭装置，压力一般为 $0.2 \sim 0.6 \text{MPa}$ 。

④喷气织机中用压缩空气吹送纬纱以代替梭子，压力一般为 $0.1 \sim 0.2 \text{MPa}$ 。

⑤食品、制药工业，利用压缩空气搅拌浆液，压力一般为 $0.2 \sim 0.6 \text{MPa}$ 。

⑥大型船用柴油机的启动，压力一般为 $2.5 \sim 6.0 \text{MPa}$ 。

⑦风洞实验、地下通道换气、金属冶炼，压力一般为 $6.0 \sim 10 \text{MPa}$ 。

⑧油井压裂，压力为 15MPa。

⑨高压空气爆破采煤，压力为 80MPa。

⑩武器系统、导弹发射、鱼雷发射，压力一般为 150 ~ 300MPa。

⑪潜艇沉浮、沉船打捞、海底石油勘探、气垫船、轮胎充气，压力一般为 0.2 ~ 0.25MPa。

⑫喷漆，压力一般为 0.3 ~ 0.6MPa。

⑬吹瓶机，压力一般为 3.0 ~ 4.5MPa。

2. 利用压缩空气气体来制冷或制热

当今世界，人们在生活中已离不开空调设备，热了需要空调制冷降温，冷了需要空调制热升温，许多食品则需要在低温下制造和储存，这些温度的变化完全是靠压缩空气的变换来获得的，简单地说就是通过制冷剂在蒸发器（室内机）的蒸发吸收室内热量，在冷凝器（室外机）液化散热，这样就形成了循环制冷。制热的过程就是室内与室外。反过来，实际上，制冷与制热的原理是一样的，都是靠气体的压缩和膨胀而实现的，我们常用的氨和氟利昂压缩机的压力一般为 0.8 ~ 1.2MPa。

3. 利用压缩空气来实现气体的分离与合成

气体分离技术目前已在工业生产中得到广泛的应用，与我们的生活息息相关的氧气就是从空气中分离出来的，其分离方法主要有低温分离法和分子筛吸附分离法。这两种方法的生产过程都是靠压缩空气的变化而实现的，例如，分子筛吸附分离法的原理是利用氮气与氧气在不同压强、在同一吸附剂上被吸收的能力的不同，从而将氮气与氧气进行分离。同时，利用气体压力的变化，还可以实现某些气体的合成，例如，制备氢气合成气体的方法就是将液相甲醇和水放在一起，加悬浮催化剂后利用压力和温度的变化发生化学反应而获得的。在化学工业中，气体压缩至高压，常常利于合成及聚合，如氮氢合成氨、氢与二氧化碳合成甲醇、二氧化碳与氨合成尿素等。在石油行业中，可用人工方法把

氢加热、加压后与油反应，实现加氢精制。

4. 利用压缩空气实现矿山井下通风

压缩空气在矿山井下的使用极其广泛，如采掘工作面的风镐、凿岩机、风动装岩机、混凝土喷射机，井口、井底使用的气动操车设备，地面使用的锻钎机、空气锤等，都是以压缩空气为动力源的。更重要的是矿井离地面较深，空气稀薄，再加上存有一定数量的煤气和瓦斯气，随时可能危害井下工作人员的生命，为此，矿井必须设置压风系统，向井下风动机具和工作面供给压缩空气。因此，在矿山作业中，压缩空气不仅是风动机械设备的动力源，更是保障作业人员安全的生命之源。

5. 利用压缩空气实现管道运输

管道运输是物资在管道内借助高压气泵的压力，往目的地输送物资的运输方式。它具有经济环保、安全方便和维护费用低的特点。其原理相当于自来水管道将水输送到各家各户。管道运输的工具本身就是管道，是固定不动的，只是物资本身在管道内受压力的作用发生位移。

为了增加运量，加速周转，现代管道的管径和气压泵功率都有很大的增加，管道里程愈来愈长，有的长达数千千米，行程横跨几个国家的已不少见。现代管道不仅可以输送气体和液体，如天然气、煤气、石油及石油制品等，而且还能输送粒状物体，如矿砂、煤浆等。在真空道内还能实现集装箱运输。

根据压缩空气的不同性质，我们还可以列举出许多应用实例。例如，人们利用压缩空气可携带某些物质来工作的特点，发明了喷砂、喷漆、喷雾器等；利用压缩空气体积可压缩的特点，发明了气体缓冲器、气体弹簧、气体包、气体袋等；利用压缩空气比重轻的特点，制造了救生圈、救生衣、浮囊、浮箱等。总之，压缩空气在生产和生活中的应用越来越广泛，它和人们的关系越来越密切。

第三节 往复式压缩机的应用与发展

往复式活塞压缩机是各类压缩机中发展最早的一种，它是通过活塞在气缸内做往复运动来压缩和输送气体。

往复式压缩机发明和问世以来，其结构和性能不断地改进，特别是随着炼油、乙烯、化肥等产业的高速发展，极大地拉动了往复压缩机设计和制造水平的提高，在国际上，大型往复压缩机的最大活塞载荷已经高达 1250kN 以上，轴功率也突破了 10000kW。目前，往复式压缩机正朝着大容量、高压、结构紧凑、能耗少、噪声低、效率高、可靠性高、排气净化能力强的方向发展，普遍采用撬装无基础、全罩低噪音设计，大大节约了安装、基础和调试的费用，并开发研制变工况条件下运行的新型气阀，使气阀寿命大大提高。在产品设计上，应用压缩机热力学、动力学计算软件和压缩机工作过程模拟软件等，提高计算准确度，通过综合模拟模型预测压缩机在实际工况下的性能参数，以提高新产品开发的成功率，压缩机机电一体化性能得到强化。采用计算机自动控制，自动显示各项运行参数，实现优化节能运行状态，优化联机运行，运行参数异常显示、报警与保护等技术。产品设计重视工业设计和环境保护，压缩机外形美观且更加符合环保要求等。

经过 20 多年的发展，我国已经形成 L、D、DZZ、H、M 等数十个压缩机系列的数百种产品。目前，国内中小型压缩机已基本满足国内各行业的需求，但大型往复式压缩机还不能满足需求。

近年来，我国压缩机行业通过引进、消化、吸收及再创新，取得了突破性进展，打破了国外厂商长期垄断我国压缩机市场的格局，但是，与国外先进水平相比，依然存在着一一定的差距。主要差距为基础理论研究差、产品技术开发能力低、工艺装备落后。另外，技术含量高和特殊要求的产品还不能满足需求。

第二章 空气压缩机的基础知识

第一节 空气压缩机的分类及表示方法

一、分类

空气压缩机是工业生产中一种用途极为广泛的通用机械，它的种类和型号繁多，分类方法和名称也各有不同。一般按压缩机的结构原理不同，可分为容积式和动力式（速度式）两大类。容积式压缩机的原理是利用气体在容积内压缩、增加气体分子密度来提高压力；动力式压缩机的原理是利用提高气体分子的运动速度，挤压空气分子间距来提高压力。容积式压缩机主要包括往复式和回转式等类型。动力式压缩机主要包括喷射式、透平式、离心式和轴流式等类型。在众多的压缩机中，往复式压缩机应用范围最广，它具有良好的使用性能和能量指标。故本节我们将详细介绍往复式压缩机的分类。

往复式压缩机通常有以下几种分类方式。

1. 按压缩机的气缸位置（气缸中心线）分类。

(1) 卧式压缩机，气缸均为横卧的（气缸中心线呈水平方向）。

(2) 立式压缩机，气缸均为竖立布置的（直立压缩机）。

(3) 角式压缩机，气缸布置成 L 形、V 形、W 形和星形等不同角度的。

2. 按压缩机气缸段数（级数）分类。

(1) 单段压缩机（单级），气体在气缸内进行一次压缩。

(2) 双段压缩机（两级），气体在气缸内进行两次压缩。

(3) 多段压缩机（多级），气体在气缸内进行多次压缩。

3. 按气缸的排列方法分类。

(1) 串联式压缩机，几个气缸依次排列于同一根轴上的多段压缩机，又称单列压缩机。

(2) 并列式压缩机，几个气缸平行排列于数根轴上的多级压缩机，又称为双列压缩机或多列压缩机。

(3) 复式压缩机，由串联和并联式共同组成多段压缩机。

(4) 对称平衡式压缩机，气缸横卧排列在曲轴轴颈互成 180° 的曲轴两侧，布置成H形，其惯性力基本能平衡（大型压缩机都朝这个方向发展）。

4. 按活塞的压缩动作分类。

(1) 单作用压缩机，气体只在活塞的一侧进行压缩，又称为单动压缩机。

(2) 双作用压缩机，气体在活塞的两侧均能进行压缩，又称为复式或多动压缩机。

(3) 多缸单作用压缩机，利用活塞的一面进行压缩，而有多个气缸的压缩机。

(4) 多缸双作用压缩机，利用活塞的两面进行压缩，而有多个气缸的压缩机。

5. 按压缩机的排气终压力分类。

(1) 低压压缩机，排气终了压力在 $0.3 \sim 1.0 \text{ MPa}$ 。

(2) 中压压缩机，排气终了压力在 $1.0 \sim 10 \text{ MPa}$ 。

(3) 高压压缩机，排气终了压力在 $10 \sim 100 \text{ MPa}$ 。

(4) 超高压压缩机，排气终了压力在 100 MPa 以上。

6. 按压缩机排气量的大小分类。

(1) 微型压缩机，排气量在 $1 \text{ m}^3/\text{min}$ 以下。

(2) 小型压缩机，排气量在 $1 \sim 10 \text{ m}^3/\text{min}$ 以下。

(3) 中型压缩机，排气量在 $10 \sim 100 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

(4) 大型压缩机，排气量在 $100 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

7. 按压缩机的转速分类。