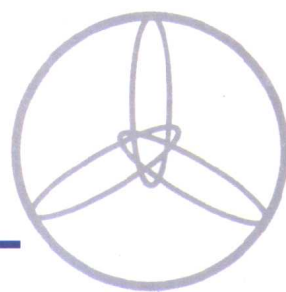
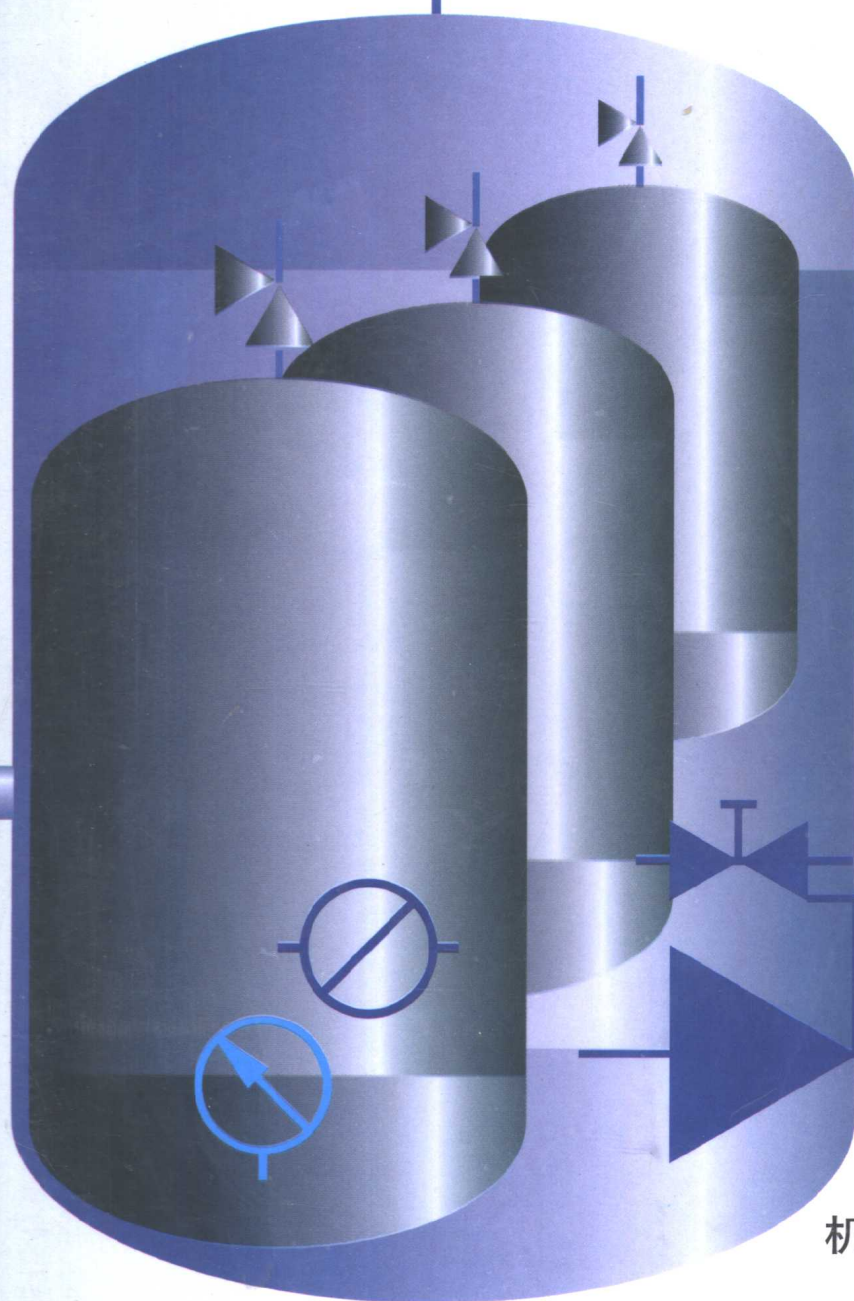


# 空气压缩机站 设备运行与 维修手册

黄允芳 周树 牟世鹏 编



机械工业出版社

# 空气压缩机站设备 运行与维修手册

黄允芳 周 树 牟世鹏 编



机械工业出版社

本手册主要包括空气压缩机站房设备的选型及其配套设备,设备的安装和调试,安全而经济的运行和维修,微机监控的应用,以及站房的技术经济管理工作等方面的技术和经验。是站房设备管理、运行、维修人员的工具书,也可作为企业设备负责人、技术人员和有关院校师生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

空气压缩机站设备运行与维修手册/黄允芳等编. - 北京:机械工业出版社, 1999.3

ISBN 7-111-06900-5

I. 空… II. 黄… III. ①空气压缩机-压缩机站-运行-手册②空气压缩机-压缩机站-维修-手册 IV. TH45-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 29266 号

出 版 人: 马九荣 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 李正民 版式设计: 冉晓华 责任校对: 申春香

封面设计: 姚 毅 责任印制: 王国光

三河市宏达印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1999 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·23.25 印张·565 千字

0 001-3 000 册

定价: 37.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

## 编 者 的 话

本书的编写，主要是本着空气压缩机站的设备运行与维修必须为生产服务，必须讲求技术、经济和管理效益的宗旨。着重介绍实用、有效的先进经验，国家和有关部门的专业标准与法规，以及设备维修工程学的基本概念和相关知识。注重理论与实际相结合，既有必要的理论知识，又有丰富的实践经验。

参加本书编写工作的是：第 1、2、4、9、10、11 和 12 章为黄允芳，第 3、8 和 13 章为牟世鹏，第 5、6、7 和 14 章为周树。参加审稿工作的有周树、黄允芳、朱江和王承祥等。

吕小鹏、黄士甫曾为编写工作提出过宝贵意见；沈阳气体压缩机厂曾对编写工作给予大力支持；沈阳水泵厂和沈阳风动工具厂分别提供了各自空气压缩机站的运行与维修的管理经验与技术状况。在此，谨表诚挚的感谢。

限于我们的知识与经验水平，本书在内容和编排方面难免存在缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

11.11.07

# 目 录

编者的话

## 第1章 概论 ..... 1

### 1 空气压缩机站简介 ..... 1

#### 1.1 压缩空气在工业企业的作用 ..... 1

#### 1.2 压缩空气生产过程及设备 ..... 1

##### 1.2.1 压缩空气生产过程 ..... 1

##### 1.2.2 压缩空气生产设备 ..... 4

#### 1.3 空气压缩机站的安全与环境保护 ..... 6

##### 1.3.1 对空气压缩机站房安全的一般要求 ..... 6

##### 1.3.2 对空气压缩机站的特殊要求 ..... 7

##### 1.3.3 对环境保护的一般要求 ..... 8

#### 2 空气压缩机站设备运行与维修管理的内容 ..... 8

##### 2.1 设备运行管理的主要内容 ..... 8

##### 2.2 设备维修管理的主要内容 ..... 9

##### 2.3 空气压缩机站的生产、技术、经济考核指标 ..... 9

#### 3 空气压缩机站的管理人员及对其业务素质的要求 ..... 9

## 第2章 空气压缩机组 ..... 12

### 1 空气压缩机 ..... 12

#### 1.1 空气压缩机的工作原理与力学基础 ..... 12

##### 1.1.1 空气压缩机的工作原理 ..... 12

##### 1.1.2 空气压缩机的热力性能 ..... 13

##### 1.1.3 空气压缩机的作用力 ..... 15

#### 1.2 空气压缩机的分类、结构形式及特点 ..... 20

##### 1.2.1 空气压缩机的分类及型号编制方法 ..... 20

##### 1.2.2 往复式活塞式压缩机的结构形式及其特点 ..... 22

##### 1.2.3 常用结构形式压缩机性能比较 ..... 33

#### 1.3 空气压缩机的主要部件 ..... 33

##### 1.3.1 机身 ..... 33

##### 1.3.2 曲轴连杆机构 ..... 34

##### 1.3.3 气缸与活塞 ..... 41

##### 1.3.4 气阀 ..... 44

##### 1.3.5 滑动密封部件 ..... 47

##### 1.3.6 润滑系统 ..... 48

##### 1.3.7 冷却系统 ..... 52

#### 1.4 推荐采用的国产空气压缩机的技术经济指标 ..... 55

### 2 空气压缩机的驱动机构 ..... 56

#### 2.1 驱动机的种类及选型 ..... 56

#### 2.2 空气压缩机与驱动机的连接 ..... 57

### 3 空气压缩机的附属设备 ..... 57

#### 3.1 进气滤清器 ..... 57

#### 3.2 冷却器 ..... 61

#### 3.3 液气分离器 ..... 62

#### 3.4 储气罐 ..... 64

#### 3.5 安全阀 ..... 65

#### 3.6 空气压缩机站的冷却水系统 ..... 66

##### 3.6.1 开放式冷却系统 ..... 66

##### 3.6.2 封闭式冷却系统 ..... 68

##### 3.6.3 对冷却水水质的要求 ..... 70

##### 3.6.4 封闭式冷却系统的防冻 ..... 71

##### 3.6.5 冷却水的节约 ..... 71

##### 3.6.6 水管中的压力降 ..... 72

#### 3.7 空气压缩机使用的仪表 ..... 73

## 第3章 空气压缩机驱动用电动机 ..... 75

### 1 电动机 ..... 75

#### 1.1 电动机常用公式 ..... 75

#### 1.2 电动机铭牌 ..... 76

#### 1.3 常用电动机分类 ..... 76

##### 1.3.1 按外壳防护形式分类 ..... 76

##### 1.3.2 按安装方式分类 ..... 77

##### 1.3.3 按工作制及定额分类 ..... 78

##### 1.3.4 按绝缘等级分类 ..... 78

##### 1.3.5 按转速与频率关系分类 ..... 79

### 2 笼型异步电动机 ..... 80

#### 2.1 异步电动机的工作原理 ..... 80

#### 2.2 笼型异步电动机的起动 ..... 81

|                                 |            |                                    |            |
|---------------------------------|------------|------------------------------------|------------|
| 2.2.1 直接起动 .....                | 82         | 2.2.8 活塞和活塞杆的安装 .....              | 136        |
| 2.2.2 减压起动 .....                | 83         | 2.2.9 填料函的安装 .....                 | 139        |
| 2.3 笼型异步电动机的保护 .....            | 87         | 2.2.10 气阀的安装 .....                 | 140        |
| 3 绕线型异步电动机的起动 .....             | 88         | 2.3 润滑系统的安装 .....                  | 141        |
| 4 同步电动机 .....                   | 90         | 2.4 气体管道的安装 .....                  | 141        |
| 4.1 同步电动机的工作原理 .....            | 90         | 2.5 附属设备的安装 .....                  | 142        |
| 4.2 凸极式同步电动机的基本结构 .....         | 93         | 2.6 压缩机组安装竣工验收记录表 .....            | 143        |
| 4.3 同步电动机型号与参数 .....            | 95         | 3 空气压缩机的调试 .....                   | 144        |
| 4.4 同步电动机的励磁系统 .....            | 96         | 3.1 试车前的准备 .....                   | 144        |
| 4.4.1 励磁主电路 .....               | 97         | 3.1.1 压缩机的准备 .....                 | 144        |
| 4.4.2 触发控制回路 .....              | 98         | 3.1.2 驱动机的试验 .....                 | 144        |
| 4.5 同步电动机的保护 .....              | 105        | 3.2 空载试车 .....                     | 144        |
| 4.5.1 主电路过电压保护 .....            | 105        | 3.2.1 冷却水系统和润滑油系统的<br>试验 .....     | 144        |
| 4.5.2 主电路过电流保护 .....            | 105        | 3.2.2 空载试运转 .....                  | 145        |
| 4.6 晶闸管励磁装置的调试 .....            | 105        | 3.3 负荷试车 .....                     | 145        |
| 4.6.1 灭磁插件的检查和整定 .....          | 105        | 3.3.1 吹洗 .....                     | 145        |
| 4.6.2 其他插件的检查和整定 .....          | 107        | 3.3.2 升压试车 .....                   | 146        |
| 4.6.3 晶闸管励磁装置试车 .....           | 110        | 3.3.3 安全阀调试和气量调节装置<br>试验 .....     | 146        |
| 5 高压电动机的供电与控制 .....             | 111        | 3.3.4 负荷连续运行试验 .....               | 146        |
| 5.1 高压电动机的供电 .....              | 111        | 3.4 压缩机运行测试 .....                  | 149        |
| 5.2 高压电动机的控制 .....              | 112        | 3.4.1 压力的测量 .....                  | 149        |
| 6 电动机的干燥 .....                  | 112        | 3.4.2 温度的测量 .....                  | 150        |
| 7 变频技术 .....                    | 116        | 3.4.3 转速的测量 .....                  | 151        |
| <b>第4章 空气压缩机的安装与调试 .....</b>    | <b>122</b> | 3.4.4 排气量的测量 .....                 | 152        |
| 1 压缩机的基础 .....                  | 122        | 3.4.5 压缩机轴功率的测量 .....              | 152        |
| 1.1 对基础的基本要求 .....              | 122        | 3.4.6 冷却水消耗量的测定 .....              | 155        |
| 1.2 地脚螺栓与垫铁 .....               | 124        | 3.4.7 润滑油消耗量的测定 .....              | 155        |
| 1.2.1 对地脚螺栓与垫铁的技术<br>要求 .....   | 124        | 3.4.8 基础与管道振动的测量 .....             | 156        |
| 1.2.2 地脚螺栓与基础的连接 .....          | 124        | 3.4.9 噪声的测量 .....                  | 156        |
| 1.2.3 垫铁 .....                  | 125        | 4 竣工验收 .....                       | 159        |
| 1.2.4 机座、垫铁及地脚螺栓同时<br>安装法 ..... | 126        | <b>第5章 空气压缩机站设备运行<br/>管理 .....</b> | <b>160</b> |
| 2 压缩机的安装 .....                  | 127        | 1 设备运行管理的目标和主要内容 .....             | 160        |
| 2.1 压缩机整机安装 .....               | 127        | 2 严格执行空气压缩机组安全运行<br>规程 .....       | 160        |
| 2.2 压缩机现场组装安装 .....             | 129        | 2.1 空气压缩机组安全运行规程 .....             | 161        |
| 2.2.1 压缩机的清洗 .....              | 129        | 2.2 空气压缩机组运行记录 .....               | 162        |
| 2.2.2 机身和中体的安装 .....            | 129        | 3 实行空气压缩机站设备节能运行 .....             | 164        |
| 2.2.3 曲轴和轴承的安装 .....            | 130        | 3.1 空气压缩机站设备节能运行的<br>主要环节 .....    | 164        |
| 2.2.4 连杆的安装 .....               | 132        | 3.2 空气压缩机站设备节能运行操作                 |            |
| 2.2.5 十字头的安装 .....              | 133        |                                    |            |
| 2.2.6 联轴器的安装 .....              | 134        |                                    |            |
| 2.2.7 气缸的安装 .....               | 135        |                                    |            |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 示例 .....                    | 165        |
| 4 防止厂区压缩空气管网的泄漏             |            |
| 损失 .....                    | 166        |
| 4.1 厂区管网的敷设形式及其优缺点 .....    | 166        |
| 4.2 厂区管网泄漏的预防维修 .....       | 167        |
| 5 合理安排设备运行和维修时间 .....       | 168        |
| 6 产品成本管理 .....              | 169        |
| 6.1 产品成本的构成 .....           | 169        |
| 6.2 降低产品成本的几项措施 .....       | 169        |
| 7 设备运行情况的记录和统计 .....        | 171        |
| <b>第6章 设备维修工程基础知识 .....</b> | <b>174</b> |
| 1 概述 .....                  | 174        |
| 2 设备维修方式 .....              | 174        |
| 2.1 预防维修 .....              | 175        |
| 2.2 改善维修 .....              | 175        |
| 2.3 事后维修 .....              | 176        |
| 3 设备的可靠性和可利用率 .....         | 176        |
| 3.1 设备的可靠性 .....            | 176        |
| 3.1.1 可靠性的定义 .....          | 176        |
| 3.1.2 可靠度 .....             | 176        |
| 3.1.3 平均故障间隔期和故障频率 .....    | 177        |
| 3.1.4 维修度 .....             | 177        |
| 3.2 设备的可利用率 .....           | 177        |
| 3.3 设备完好标准 .....            | 178        |
| 4 设备维护 .....                | 178        |
| 4.1 日常维护 .....              | 178        |
| 4.2 定期维护 .....              | 179        |
| 5 设备点检 .....                | 179        |
| 5.1 日常点检 .....              | 179        |
| 5.2 定期检查 .....              | 181        |
| 6 设备故障的基础理论知识和分析法 .....     | 183        |
| 6.1 故障的分类 .....             | 183        |
| 6.1.1 渐发性故障和突发性故障 .....     | 183        |
| 6.1.2 功能故障和参数故障 .....       | 183        |
| 6.2 故障模式和故障机理 .....         | 184        |
| 6.2.1 故障模式 .....            | 184        |
| 6.2.2 故障机理 .....            | 184        |
| 6.3 故障分析法 .....             | 185        |
| 6.3.1 故障树分析法 .....          | 185        |
| 6.3.2 PM分析法 .....           | 188        |
| 7 设备的状态监测诊断技术 .....         | 188        |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 7.1 振动诊断技术 .....              | 189        |
| 7.2 润滑油样分析法 .....             | 190        |
| 7.3 测温技术 .....                | 190        |
| 7.4 泄漏检测仪 .....               | 190        |
| 7.5 润滑油质量检测仪 .....            | 191        |
| 8 设备修理计划 .....                | 191        |
| 8.1 修理类别 .....                | 191        |
| 8.2 设备修理复杂系数 .....            | 191        |
| 8.3 设备修理计划的编制步骤 .....         | 192        |
| 9 备件管理 .....                  | 192        |
| <b>第7章 空气压缩机组的维护与小修 .....</b> | <b>194</b> |
| 1 设备维修方式和维修组织 .....           | 194        |
| 1.1 设备维修方式 .....              | 194        |
| 1.2 设备维修组织 .....              | 194        |
| 2 认真贯彻设备完好标准 .....            | 195        |
| 2.1 往复式空气压缩机完好标准 .....        | 195        |
| 2.2 压力容器完好标准 .....            | 195        |
| 3 空气压缩机组的维护 .....             | 196        |
| 3.1 日常维护 .....                | 196        |
| 3.2 定期维护 .....                | 196        |
| 3.2.1 定期维护的内容和技术要求 .....      | 196        |
| 3.2.2 定期维护的实施程序 .....         | 198        |
| 4 空气压缩机的润滑管理 .....            | 198        |
| 4.1 润滑管理的基本内容 .....           | 198        |
| 4.2 润滑油质量监测 .....             | 199        |
| 4.3 润滑油的过滤 .....              | 200        |
| 4.4 静电净油法 .....               | 201        |
| 4.4.1 静电净油法的原理 .....          | 201        |
| 4.4.2 静电净油机 .....             | 201        |
| 5 往复式空气压缩机的振动监测 .....         | 202        |
| 6 设备故障管理 .....                | 204        |
| 6.1 设备故障管理的开展方法 .....         | 205        |
| 6.2 设备事故的处理与防范 .....          | 206        |
| 6.2.1 设备事故分类 .....            | 206        |
| 6.2.2 设备事故处理 .....            | 207        |
| 6.2.3 设备事故的防范 .....           | 207        |
| 7 空气压缩机组的小修 .....             | 208        |
| 7.1 小修内容 .....                | 208        |
| 7.1.1 定期维护方面 .....            | 208        |
| 7.1.2 修理方面 .....              | 209        |

|                                |     |                              |     |
|--------------------------------|-----|------------------------------|-----|
| 7.2 质量控制与验收 .....              | 209 | 4.1 断裂故障 .....               | 255 |
| 8 储气罐的安全技术管理 .....             | 210 | 4.2 爆炸事故 .....               | 256 |
| 8.1 压力容器的使用与管理 .....           | 210 | <b>第 10 章 空气压缩机大修工艺技术</b> .. | 258 |
| 8.2 压力容器的定期检验 .....            | 211 | 1 空气压缩机大修技术经济管理工作            |     |
| 8.3 安全附件 .....                 | 212 | 要点 .....                     | 258 |
| <b>第 8 章 电动机的运行管理和维修</b> ..... | 214 | 1.1 大修前的管理工作 .....           | 258 |
| 1 电动机完好标准 .....                | 214 | 1.2 大修的典型内容 .....            | 259 |
| 2 电动机运行前的准备及检查 .....           | 214 | 1.3 主要零件的更换标准 .....          | 259 |
| 3 运行中电动机的管理和维护 .....           | 215 | 1.4 施工阶段及竣工验收的管理             |     |
| 4 电动机维修 .....                  | 215 | 工作 .....                     | 261 |
| 4.1 电动机的维修方式 .....             | 215 | 2 空气压缩机主要零部件修理工艺 .....       | 261 |
| 4.2 电动机的维护修理 .....             | 216 | 2.1 机身的修理 .....              | 261 |
| 5 电动机润滑 .....                  | 219 | 2.1.1 轴承孔表面磨损的修理 .....       | 261 |
| 6 电动机常见故障原因、排除与                |     | 2.1.2 油池渗漏的修理 .....          | 263 |
| 修理 .....                       | 220 | 2.2 曲轴的修理 .....              | 263 |
| 6.1 异步电动机常见故障原因与               |     | 2.2.1 轴颈磨损的修理 .....          | 263 |
| 排除 .....                       | 220 | 2.2.2 曲轴弯曲变形的修理 .....        | 266 |
| 6.2 三相异步电动机的局部修理 .....         | 228 | 2.2.3 键槽磨损的修理 .....          | 267 |
| 6.2.1 定子绕组接地故障诊断 .....         | 228 | 2.3 连杆的修理 .....              | 267 |
| 6.2.2 定子绕组断路故障诊断 .....         | 228 | 2.3.1 连杆大端变形的修理 .....        | 267 |
| 6.2.3 定子绕组短路故障诊断 .....         | 230 | 2.3.2 连杆小头孔磨损的修理 .....       | 268 |
| 6.2.4 绕组接线错误的检查 .....          | 231 | 2.3.3 钢制连杆体弯曲、扭曲变形的          |     |
| 6.2.5 三相异步电动机转子修理 .....        | 232 | 修复 .....                     | 268 |
| 7 同步电动机晶闸管励磁装置的维护              |     | 2.3.4 螺栓、螺母的更换 .....         | 268 |
| 和检修 .....                      | 235 | 2.3.5 连杆修理技术要求 .....         | 268 |
| 7.1 装置的维护 .....                | 235 | 2.4 滑动轴承的修理 .....            | 268 |
| 7.2 一般故障的检修 .....              | 235 | 2.4.1 修理方法 .....             | 268 |
| 7.3 同步电动机常见故障及排除 .....         | 237 | 2.4.2 轴承合金的浇注与补焊 .....       | 269 |
| <b>第 9 章 空气压缩机常见故障与</b>        |     | 2.4.3 滑动轴承轴瓦的技术要求 .....      | 270 |
| 排除 .....                       | 240 | 2.5 气缸的修理 .....              | 270 |
| 1 常见一般故障及排除 .....              | 240 | 2.5.1 气缸镜面磨损与拉伤的修理 .....     | 270 |
| 1.1 过热 .....                   | 240 | 2.5.2 气阀孔的气阀支承座密封面损伤         |     |
| 1.2 异常声响 .....                 | 241 | 的修理 .....                    | 272 |
| 1.3 排气量降低 .....                | 243 | 2.6 活塞与活塞杆的修理 .....          | 272 |
| 1.4 液压泵、注油器故障 .....            | 245 | 2.6.1 活塞托瓦的修理 .....          | 274 |
| 1.5 冷却水泵故障 .....               | 246 | 2.6.2 活塞环槽的修理 .....          | 275 |
| 1.6 振动带来的故障 .....              | 246 | 2.6.3 活塞杆的修理 .....           | 275 |
| 2 气阀故障及排除 .....                | 247 | 2.7 液压泵的修理 .....             | 276 |
| 2.1 产生原因 .....                 | 247 | 2.8 冷却器的修理 .....             | 277 |
| 2.2 排除方法 .....                 | 248 | 2.8.1 列管式冷却心子泄漏的修理 .....     | 277 |
| 3 指示图显示的故障及排除 .....            | 253 | 2.8.2 散热片式冷却心子泄漏的            |     |
| 4 突发性故障及排除 .....               | 255 | 修理 .....                     | 278 |
|                                |     | 2.8.3 缝隙板式冷却器泄漏的修理 .....     | 278 |

|                                |     |                              |     |
|--------------------------------|-----|------------------------------|-----|
| 3 空气压缩机大修后装配工艺要点 .....         | 278 | 6.2 填料的组合 .....              | 320 |
| 4 试车与验收 .....                  | 279 | 6.3 填料元件用的材料 .....           | 320 |
| 4.1 试车前的准备工作 .....             | 279 | 7 活塞杆的设计 .....               | 320 |
| 4.2 无负荷试验 .....                | 279 | 7.1 活塞杆的强度校核 .....           | 320 |
| 4.3 负荷试验 .....                 | 280 | 7.2 活塞杆冷却装置的设计 .....         | 321 |
| 4.4 设备验收 .....                 | 280 | 8 中间接筒的设计 .....              | 322 |
| <b>第 11 章 空气压缩机的易损零件</b> ..... | 281 | 8.1 单室中间接筒 .....             | 322 |
| 1 空气压缩机的易损零件及备件 .....          | 281 | 8.2 加长单室中间接筒 .....           | 322 |
| 2 易损零件及其制造工艺 .....             | 283 | 8.3 双室中间接筒 .....             | 322 |
| 2.1 轴瓦 .....                   | 283 | 8.4 长双室中间接筒 .....            | 323 |
| 2.2 连杆小头衬套 .....               | 285 | 8.5 抽真空装置 .....              | 324 |
| 2.3 活塞环 .....                  | 287 | 9 空气压缩机实现无油润滑改装              |     |
| 2.4 填料密封圈 .....                | 290 | 示例 .....                     | 324 |
| 2.5 刮油环 .....                  | 293 | <b>第 13 章 微型计算机在空气压缩机运行中</b> |     |
| 2.6 气阀阀片和气阀弹簧 .....            | 293 | <b>的应用</b> .....             | 328 |
| 2.7 填充聚四氟乙烯活塞环和支承环 .....       | 298 | 1 概述 .....                   | 328 |
| 3 易损零件的储备管理 .....              | 302 | 2 空气压缩机控制系统的设计 .....         | 329 |
| 3.1 备件的储备形式 .....              | 302 | 3 微型计算机在空气压缩机测试中             |     |
| 3.2 常备件的储备定额 .....             | 302 | <b>的应用</b> .....             | 330 |
| 3.3 备件储备管理工作要点 .....           | 303 | 3.1 微型计算机的特点 .....           | 330 |
| <b>第 12 章 空气压缩机实现无油润滑的</b>     |     | 3.2 微型计算机的组成 .....           | 330 |
| <b>技术改进</b> .....              | 305 | 3.3 空气压缩机控制中数字输入             |     |
| 1 概述 .....                     | 305 | 通道 .....                     | 332 |
| 2 活塞的设计 .....                  | 306 | 3.4 微型计算机与输入通道间的             |     |
| 2.1 活塞的结构 .....                | 306 | 信息交换 .....                   | 333 |
| 2.2 活塞环槽数量的确定 .....            | 307 | 3.5 实现工程量的直接数字输出 .....       | 333 |
| 2.3 活塞与活塞环槽的结构尺寸 .....         | 307 | 3.6 巡回测量的定时打印制表 .....        | 334 |
| 2.4 活塞用的材料 .....               | 308 | 3.7 系统中的若干问题及部分程序 .....      | 335 |
| 3 活塞环的设计 .....                 | 308 | <b>第 14 章 设备维修的几项技术经济管理</b>  |     |
| 3.1 活塞环的结构形式 .....             | 308 | <b>工作</b> .....              | 343 |
| 3.2 活塞环的结构尺寸 .....             | 311 | 1 制定设备维修工作定额 .....           | 343 |
| 4 支承环的设计 .....                 | 312 | 1.1 每一修理复杂系数维修工作定额的          |     |
| 4.1 支承环的结构形式 .....             | 312 | 缺点 .....                     | 343 |
| 4.2 支承环的结构尺寸 .....             | 315 | 1.2 按型号制定空气压缩机组维修工作          |     |
| 5 弹力环的设计 .....                 | 316 | 定额的可行性 .....                 | 343 |
| 5.1 弹力环用的材料 .....              | 316 | 1.3 按型号制定空气压缩机组维修工作          |     |
| 5.2 弹力环的结构和安装形式 .....          | 316 | 定额的方法 .....                  | 344 |
| 5.3 弹力环的弹力和开口计算 .....          | 316 | 2 设备外委修理的管理 .....            | 346 |
| 5.4 弹力环的结构尺寸 .....             | 317 | 2.1 编制设备修理委托书 .....          | 347 |
| 5.5 弹力环制造技术要求 .....            | 318 | 2.2 选择承修企业并签订设备修理            |     |
| 6 填料函的设计 .....                 | 318 | 合同 .....                     | 347 |
| 6.1 填料的结构尺寸 .....              | 318 | 2.3 施工管理工作 .....             | 348 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 3 设备报废与更新的管理 .....      | 349 |
| 3.1 设备报废 .....          | 349 |
| 3.2 设备更新 .....          | 350 |
| 3.2.1 制定设备更新规划 .....    | 350 |
| 3.2.2 设备选型 .....        | 351 |
| 3.2.3 签订设备订货合同 .....    | 351 |
| 3.2.4 设备到货入库管理 .....    | 352 |
| 3.2.5 设备安装验收 .....      | 353 |
| 3.3 新设备使用初期的管理 .....    | 353 |
| 3.3.1 使用初期的主要管理工作 ..... | 353 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 3.3.2 设备质量综合评价法 ..... | 354 |
| 4 设备档案管理 .....        | 355 |
| 4.1 设备档案应包括的资料 .....  | 355 |
| 4.2 设备档案管理工作要点 .....  | 357 |
| 5 设备维修技术资料管理 .....    | 357 |
| 5.1 设备维修用主要技术资料 ..... | 357 |
| 5.2 技术资料室及其管理制度 ..... | 359 |

## 附录 A 本手册引用的有关标准

|            |     |
|------------|-----|
| 目录 .....   | 361 |
| 参考文献 ..... | 362 |

# 第1章 概 论

我国工厂、矿山的压缩空气生产车间通常称为空气压缩机站。大多数空气压缩机站的主机为低压往复式空气压缩机。从这一实际情况出发,本手册的内容包括空气压缩机站设备的结构、性能特点,设备的安装、运行,维修技术,以及相关的技术经济管理知识。希望应用这些技术和管理知识,达到保证压缩空气供应和设备安全经济运行的目的,从而提高企业的经济效益。

## 1 空气压缩机站简介

### 1.1 压缩空气在工业企业的作用

空气压缩机站房内的设备布置,见图1.1-1。站房设备的设置应注意以下几点:

- 1) 安装压缩机、干燥器、储气罐等设备时,应留有足够的空间用于维修保养工作;
- 2) 布置通风管道时,应使之易于维修;
- 3) 应考虑预留日后增容的位置;
- 4) 机房地面应为光洁水泥地,压缩机机座高出地面少许,以便于冲刷清洁地面;
- 5) 机房墙面宜贴上专门的吸声板,避免用陶瓷面砖之类的硬表面;
- 6) 冷却水管道应有排放阀,以便于较长时间停产时排尽管网内的水;
- 7) 在压缩机的上方应有起重装置,其承载能力与压缩机组最重部件相配。

压缩空气作为动力源已经有一个多世纪的历史了。它的原料是自然界中取之不尽、用之不竭的空气,并有安全的优点。随着科学技术的发展,压缩空气越来越多地应用于控制技术、表面加工处理等方面,尤其是用于直接或间接接触生产物料的一些工作过程。这样,人们对压缩空气的品质就有了进一步的要求。同时,为了保护环境,还要求空气压缩机对环境的影响最小,并能最大程度地符合各种环境条件等。

### 1.2 压缩空气生产过程及设备

#### 1.2.1 压缩空气生产过程

大自然的自由空气在大气压力下,经过空气滤清器(有的兼有消声器功能)被吸入空气压缩机气缸内;通过做往复运动的活塞作用,使吸入的空气容积在气缸内缩小,由低压力变为高压,再通过排气阀门及管道排出,就获得具有一定容积与压力的压缩空气。因为空气经过其容积由大变小、其压力由低变高,就产生一定的热量。为提高机器的效率与降低能耗,压缩空气在生产过程中尚需经过冷却、分离油水和固体杂质,然后送入储气罐中以利使用。有些使用场合对压缩空气的品质有更高的要求,这就需要对压缩空气进行后处理。如运用干燥器及过滤器,就能获得高品质的压缩空气。

压缩空气的基本生产过程如图1.1-2所示。

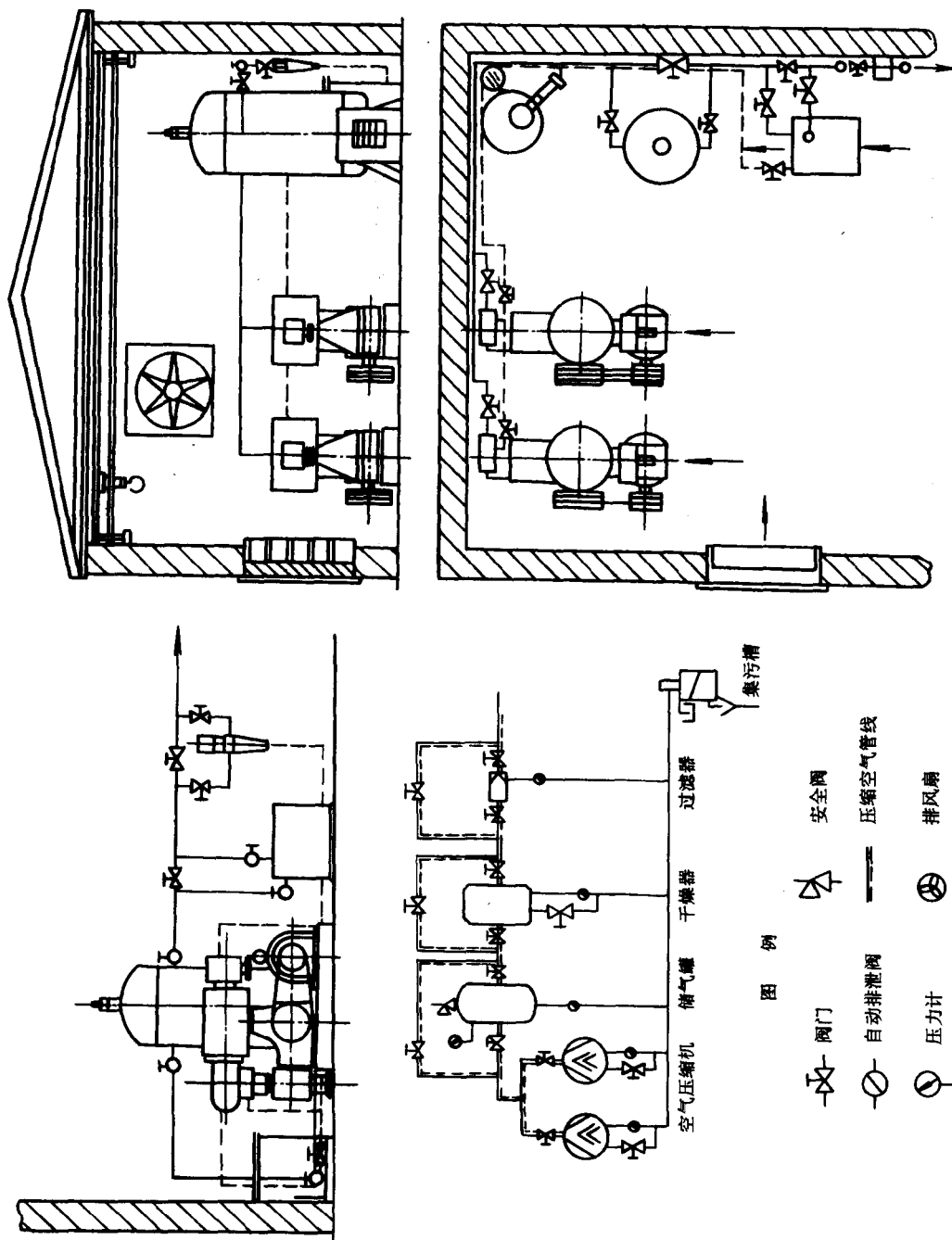


图 1.1-1 空气压缩机站设备布置

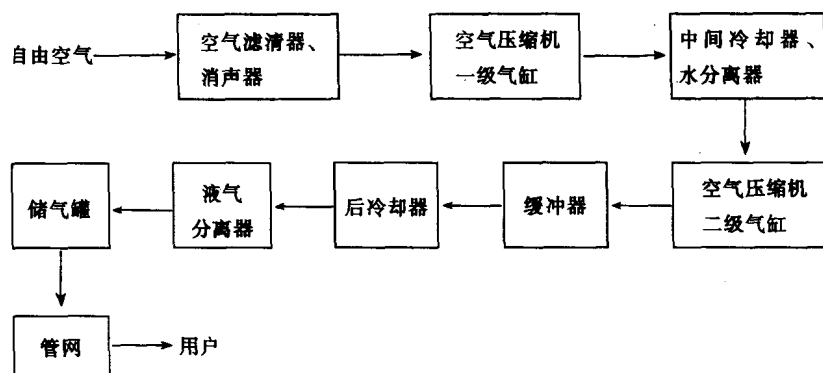


图 1.1-2 压缩空气的基本生产过程

正如前面所述，由于不同的使用场合对压缩空气品质提出不同质量要求，因此压缩空气后处理措施也不同。其后处理过程如图 1.1-3 所示。

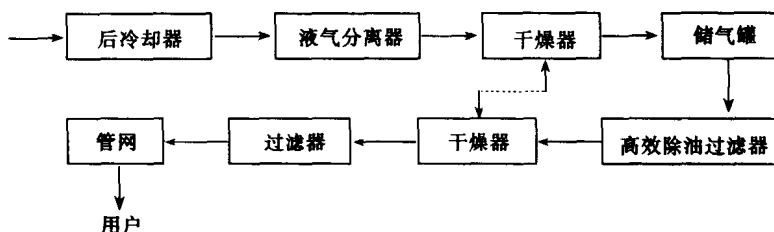


图 1.1-3 压缩空气的后处理过程

压缩空气的品质，包含三个方面的指标：

- (a) 干湿程度用露点表示；
- (b) 含尘量用尘埃粒径和浓度表示；
- (c) 含油量用单位体积压缩空气含油质量多少表示。

三方面的质量标准与质量等级见表 1.1-1~表 1.1-3。

表 1.1-1 压力露点（由干燥器达到）

°C

| 级 别 | ISO 8571.1 | ISO 8573.1 | Pneurop 6611① |
|-----|------------|------------|---------------|
| 1   | -60        | -70        | -40           |
| 2   | -40        | -40        | -20           |
| 3   | -2         | -20        | +2            |
| 4   | +3         | +2         | +10           |
| 5   | +7         | +10        | -             |
| 6   | +10        | -          | -             |

① 摘自 1988 年 2 月的 ISO 标准 DP8571 第一部分中的质量等级。

表 1.1-2 残余含尘量（由过滤器达到）

| 级 别 | 粒径/ $\mu\text{m}$ | 质量浓度/ $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ |
|-----|-------------------|-------------------------------------|
| 1   | 0.1               | 0.1                                 |
| 2   | 1.0               | 1.0                                 |
| 3   | 5.0               | 5.0                                 |
| 4   | 40.0              | 10.0                                |

表 1.1-3 残余含油量（由过滤器达到）

| 级 别 | 含油量/ $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ |
|-----|------------------------------------|
| 1   | 0.01                               |
| 2   | 0.1                                |
| 3   | 1.0                                |
| 4   | 5.0                                |
| 5   | 25.0                               |

因压缩空气质量的高低直接影响投资和生产费用的大小, 所以应该避免过高的质量要求。使用干燥的及相应无尘和无油的压缩空气较为经济实用。因为这样可以避免油、水或冰以及灰尘引起风动工具和风动机械的多种故障(如腐蚀、润滑剂效果降低、控制元件的气道及喷嘴堵塞、磨损加剧等), 并可避免废品发生及生产停顿。

按不同的使用目的, 推荐的压缩空气质量等级如表 1.1-4 所示。

表 1.1-4 不同使用场合的压缩空气推荐质量等级

| 序 号 | 使 用 场 合   | Pneurop 6611 等级 |     |     |
|-----|-----------|-----------------|-----|-----|
|     |           | 固体              | 水   | 油   |
| 1   | 普通工厂用气    | 4               | 4   | 5   |
| 2   | 搅拌用气      | 3               | 5   | 2   |
| 3   | 仓储用气      | 2               | 2   | 3   |
| 4   | 气动马达      | 4~3             | 4~1 | 5~3 |
| 5   | 粒状料输送     | 3               | 4   | 3   |
| 6   | 粉状料输送     | 2               | 3   | 2   |
| 7   | 射流技术中的传感器 | 2               | 2~1 | 2   |
| 8   | 铸造机械      | 4               | 4   | 5   |
| 9   | 食品与饮料输送   | 2               | 3   | 1   |
| 10  | 工业手工工具    | 4               | 5~4 | 5~4 |
| 11  | 机床        | 4               | 3   | 5   |
| 12  | 矿山        | 4               | 5   | 5   |
| 13  | 包装机械与纺织机械 | 4               | 3   | 3   |
| 14  | 精微调压器     | 3               | 3   | 3   |
| 15  | 过程控制工具    | 2               | 2   | 3   |
| 16  | 测量用气      | 2               | 3   | 3   |
| 17  | 照相胶片加工    | 1               | 1   | 1   |
| 18  | 喷枪        | 3               | 3~2 | 3   |
| 19  | 冲击钻       | 4               | 5~2 | 5   |
| 20  | 喷砂设备      | -               | 3   | 3   |

### 1.2.2 压缩空气生产设备

(1) 进气滤清器 有的滤清器与消声器组合一起成进气滤清消声器。其主要作用是防止大气中的尘埃进入空气压缩机内。对滤清器的基本要求是容尘量大、效率高、阻力小(不大于 294Pa)。通常多使用金属丝滤网或纸质滤芯, 近来采用泡沫塑料过滤日增。

泡沫塑料过滤对  $1\mu\text{m}$  以上灰尘有较高的过滤效率, 是一种经济有效的过滤方式; 推荐滤速  $0.2\sim 0.3\text{m/s}$ , 滤料厚度  $15\sim 20\text{mm}$ 。这种塑料为聚氨基甲酸酯中细孔泡沫塑料。用体积分数为 5% 的 NaOH 溶液常温浸泡 8h, 除去臭味及孔隙间杂质, 以改进孔隙状况、降低阻力, 然后再使用。该泡沫塑料耐油、耐弱酸碱, 在  $-30\sim 80^\circ\text{C}$  不老化, 积尘后清洗晾干可重复使用。也有使用聚乙烯泡沫塑料的。

(2) 空气压缩机 往复活塞式空气压缩机是站内主要设备。一般均为两级压缩。长期以

来一直使用气缸有油润滑压缩机；气缸无油润滑的空气压缩机已成功地经受了较长期运行的实践考验，现在已有系列产品可供选用。若在吸入空气中不含油的话，则无油润滑压缩机排出的压缩空气中含油量仍为零；而有油润滑压缩机排出的压缩空气中含油量为  $8 \sim 20 \text{ mg/m}^3$ 。

(3) 冷却器 中间冷却器设置于空气压缩机一级气缸之后，其主要目的是冷却一级气缸排出的高温（约  $160^\circ\text{C}$ ）空气，供二级气缸使用，可节省能量、提高效率。中间冷却器往往与液气分离器合二为一，这样也可起到缓冲作用。后冷却器设置在二级气缸之后，主要作用为冷却压缩空气、分离油与水，为后接干燥器创造有利条件。

(4) 储气罐 它的作用为平衡气流脉冲与压力、分离冷凝水、存贮压缩空气。为了使风动工具、气动机械理想地运转，就需要使用无脉冲的压缩空气，储气罐能起到这种稳定作用。同时，由于它储存了一定量的压缩空气，当短时间用气量较高时，它可起到补充供气的作用，使管网中的压力降减小。又因为空气压缩机是按压力调节气量的，这样可使压缩机的起动频度（开机、停机调节频率）和负荷循环频度（全负荷、空转调节频率）降至允许范围。

(5) 干燥器 有加热（内加热、外加热和微加热之分）再生干燥器，无热再生干燥器和冷冻式干燥器。处理气量为  $0.3 \sim 700 \text{ m}^3/\text{min}$ ，压力露点温度为  $-40 \sim -70^\circ\text{C}$ （冷冻式为  $-2 \sim 3^\circ\text{C}$ ）。近年来国内已批量生产，产品质量良好。

1) 干燥器的安装地点 一般情况将它安装在压缩机机房内。但对风冷式冷冻干燥器要注意安装地点有足够的通风，室温不得低于  $2^\circ\text{C}$ ，以避免冷凝水结冰。

对安装场地应有维修与操作人员足够的活动空间。对安装有热再生干燥器的机房应有足够的高度，以便更换电热元件。

为便于维修，应安装一带有截止阀的旁通管道。这样，干燥器就更便于从管网中脱开而不使压缩空气供应中断，见图 1.1-4。

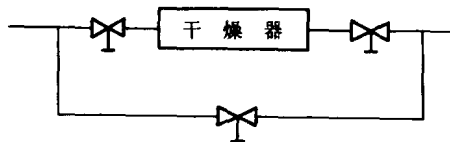


图 1.1-4 干燥器的旁通管路

2) 干燥器的布置 干燥器的布置有两种方式。

(a) 安装在储气罐之后。采用这种布置方式，从后冷却器来的压缩空气进入储气罐后能进一步得到冷却。罐内形成的冷凝水应经常通过罐底部的排水管导出，由此可使压缩空气干燥器有较低的人口温度，这对降低能耗有益。同时，储气罐还起缓冲作用，因此压缩空气干燥器的负荷均匀，可达到较稳定的压力露点。这种布置的优点是所需压缩空气储气罐的容量可大为减小，因而干燥器也较小。

(b) 安装在储气罐之前。采用这种布置方式，干燥器应按压缩机的最大排气量选购。由于储气罐内充注的已是干燥后的压缩空气，故罐内无冷凝水产生（即无锈蚀倾向）。为了有较多数量（大于压缩机的供气量）的具有固定压力露点的干燥压缩空气供周期性地耗用，这种布置方式所需的压缩空气储气罐容量要大，干燥器也较大。

(6) 过滤器 压缩空气中有许多污染物，影响压缩空气的品质。它的来源主要有三个方面：第一是压缩机吸入的空气中常常带有砂粒、尘埃、水气和有毒气体。大气中有很多小粒子，如工厂区的尘埃质量浓度为  $0.01 \sim 0.5 \text{ g/m}^3$ ，城市为  $0.01 \sim 0.1 \text{ g/m}^3$ 。所以，压缩空气中的尘土浓度与大气中的尘土浓度密切相关。第二是在压缩机内，由于机械磨损的微粒和润滑油变成蒸气，随压缩空气流到下游聚集成炭渣和淤泥及有损害性的硬的沉淀物。第三是在

管路系统内焊渣、密封垫片碎屑及压缩空气中的水和水蒸气连续不断地产生氧化铁锈，并同其他杂质聚结，严重时可能使控制系统失灵。所以，经压缩机压缩的空气，在管路或控制系统中的污染物主要是固体杂质、油和水，以及油蒸气和水蒸气等。一些典型粒子的粒径为：油烟  $0.03\sim 1.0\mu\text{m}$ ，飞灰  $1.0\sim 200\mu\text{m}$ ，人头发  $30\sim 200\mu\text{m}$ ，红血球  $0.03\sim 0.5\mu\text{m}$ ，烟草烟  $0.01\sim 1.0\mu\text{m}$ ，大气尘土  $0.001\sim 20\mu\text{m}$ ，细菌  $0.3\sim 3.0\mu\text{m}$ ，病毒  $0.03\sim 0.05\mu\text{m}$ 。有效地使用压缩空气过滤器，必须注意以下事项。

过滤器一般只能滤去固态颗粒及液滴，而油蒸气和水蒸气可不受阻碍地通过（活性炭过滤器除外）。因此，对气相物进行冷凝就很重要，而后冷却器也就成为压缩空气后处理过程中极重要、极有效的设施。它可以将压缩空气按水与空气温度的不同，冷却至  $30\sim 35^{\circ}\text{C}$  左右。这时，压缩空气中所含水蒸气、油蒸气及其他蒸气可有 65% 被冷凝，于是后接的压缩空气干燥器就可在十分理想的条件下将压力露点降至所需值。

经干燥后，压缩空气已只含很少量的油雾（ $\mu\text{m}$  级的微细油滴）与极微小的固态杂质。这时使用过滤器才有效。如不经预冷和预先分离掉凝聚物与杂质，过滤器元件负担就过重，引起压力损失迅速增大。

压缩空气中所含油的温度，决定着精微（高效）过滤器的效率。温度为  $30^{\circ}\text{C}$  时，流经过滤器的油量比  $20^{\circ}\text{C}$  时多 5 倍；温度为  $40^{\circ}\text{C}$  时，流经过滤器的油量最多可达  $20^{\circ}\text{C}$  时流经过滤器油量的 10 倍。因此，应把精微过滤器尽可能安装在压缩空气温度较低的地方。

气相时，油以分子形式存在于压缩空气中，机械的过滤器无法将其分离掉。这时就需用活性炭吸附式过滤器（它安装在精微过滤器之后）。这样，压缩空气的残余油含量可达  $0.003\text{mg}/\text{m}^3$ （前提是压缩空气最高温度不超过  $21^{\circ}\text{C}$ ）。

国内已有好几家公司生产过滤器，现介绍几种。

1) 除尘过滤器 设计压力为  $0.8\text{MPa}$ 、除尘粒径为  $3\mu\text{m}$ ，标准压力降为  $0.002\text{MPa}$ 。一般用于再生式干燥器之后，以滤除干燥剂粉尘；或用于多尘地区的压缩空气系统除尘；作为除油过滤器的前置过滤器。

2) 高效（精微）除油过滤器 设计压力为  $0.8\text{MPa}$ ，标准除油效率（粒径  $0.3\mu\text{m}$  时）为 99.97%，标准压力降为  $0.007\text{MPa}$ 。安装在再生式干燥器或冷冻式干燥器之后。

3) 超精密过滤器（吸味过滤器） 吸味表示过滤器将滤除任何以气味形态存在的杂质。其超精密结构为活性炭介质滤芯。其过滤粒径为  $0.1\mu\text{m}$ ，设计压力为  $0.8\text{MPa}$ ，标准压力降为  $0.001\text{MPa}$ 。

### 1.3 空气压缩机站的安全与环境保护

#### 1.3.1 对空气压缩机站房安全的一般要求

(1) 空气压缩机性能标志 必须在空气压缩机显著位置永久性地标有以下项目，且易于识别。

- 1) 产品名称及型号；
- 2) 排气量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )；
- 3) 最终排气压力 ( $\text{MPa}$ )；
- 4) 若吸气压力高于大气压力时，标出吸气最大压力 ( $\text{MPa}$ )；
- 5) 机器主轴转速 ( $\text{r}/\text{min}$ )；

- 6) 电动机功率 (kW);
- 7) 生产厂名称;
- 8) 产品编号及出产年份。

(2) 限压装置 空气压缩机的限压装置应符合以下要求:

1) 空气压缩机每一级都必须具有防止超压的安全装置。安全装置不得因有闭锁装置而失效, 而且设定或调整值不得超过各级规定最大工作压力的 10%。

2) 超压安全装置必须安装得能充分接触, 工作时不会危及被保护的设施。

(3) 测压装置 空气压缩机的测压装置应符合以下要求:

1) 空气压缩机必须装有测压仪表, 以监控其正常运行。测压仪表上应标明许可压缩终压。

2) 测压仪表的测压点必须在各级排气管道上。

3) 测压仪表的构造或安装必须确保当其损坏时, 被保护设备不因受前向或侧向飞出的碎片或冲出的被测物而损伤。

4) 测压仪表上必须有生产厂的标志。

(4) 避免危险工况的措施

1) 空气压缩机气缸必须具有能防止液体聚结的装置, 特别是卧式气缸。

2) 空气压缩机上的阀门, 必须装配得能确保其工作方式符合功能要求。

3) 功率大于 100kW 的空气压缩机, 其带阀座的阀门, 应具有不可能造成误装的几何形状。

### 1.3.2 对空气压缩机站的特殊要求

1) 气缸有油润滑的空气压缩机, 压缩终了温度不得超过表 1.1-5 中第 4 栏的数值。

表 1.1-5 有油润滑压缩机压缩终了温度与后冷却器出口温度极限值

| 1               | 2          | 3            | 4        | 5          |
|-----------------|------------|--------------|----------|------------|
| 压缩机类型           | 装机电动机功率/kW | 许可压缩终了压力/MPa | 压缩终了温度/℃ | 后冷却器出口温度/℃ |
| 单 级             | <20        | <1.0         | 220      | 80         |
|                 | <20        | >1.0         | 220      | 80         |
|                 | >20        | -            | 200      | 60         |
| 多 级             | <20        | <1.0         | 180      | 80         |
|                 | >20        | >1.0         | 180      | 60         |
|                 | <20        | >1.0         | 160      | 80         |
| 多级间隙运行<br>(短时间) | >20        | >1.0         | 160      | 60         |
|                 | <20        | <1.6         | 200      | 80         |

2) 如果压缩终了温度超过表 1.1-5 中第 4 栏数值, 就必须装后冷却器。后冷却器应尽可能近地设置在末级后面。对多级空气压缩机, 如果不能以其他方式达到表中第 4 栏规定的后一级的压缩终了温度, 则必须装备中间冷却器。

3) 如果储气罐设置在靠近后冷却器, 且连接管向储气罐倾斜, 则不需使用液气分离器, 否则就须安装液气分离器。

4) 如果电动机功率大于 20kW, 必须在各压力级后、中间冷却器及后冷却器后设有测温点, 以及布置于该处或别处的指示仪或温度限止器。