

# 空分装置自动化

何其高 编

ONGFEN  
ZHUANGZHI  
ZIDONG —  
HUA

机械工业出版社



51  
32

# 空分装置自动化

何其高 编



机械工业出版社

本书较全面、系统地介绍了空分装置的自动化技术。全书分二篇，共十四章。上篇主要介绍空气压缩、氮气预冷、膨胀机制冷、空气分离、产品氧（氮）气压缩输送等系统和单元设备的自动控制、自动调节、自动检测及中间分析等技术。下篇主要介绍五种蓄冷器自动切换装置的结构原理及控制线路。结合实践经验，对安装、调试、使用维护等知识也作了适当的介绍。书中除介绍目前广泛应用的机械凸轮切换装置、电气气动切换装置、气动射流切换装置、电子切换装置外，还介绍了机械凸轮电动计时切换装置。

本书可供从事空分行业的工人和技术人员使用，也可供设计、安装部门，以及有关专业的师生参考。

## 空分装置自动化

何其高 编

\*

责任编辑：严蕊琪 蒋有彩

封面设计：王 伦

\*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

重庆印制一厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16·印张 15<sup>1</sup>/<sub>4</sub>·插页 1·字数 370 千字

1988 年 4 月重庆第一版 · 1988 年 4 月重庆第一次印刷

印数 0.001—2.150·定价：3.80 元

\*

ISBN 7-111-00433-7/TH·75

## 前 言

空分装置是利用深冷技术，提取空气中的氧、氮及其他气体组分的设备。它不仅广泛应用于冶金、化学工业，而且在化肥、纺织工业中逐渐推广，甚至在煤气生产和污水处理中也已开始应用。利用空分装置提取的稀有气体，在电子、原子能、航天及国防和民用工业中得到了广泛应用。

空分装置制造业在我国尚属年轻的工业，而空分装置自动化更是一项新技术。随着空分装置向全低压大型化的发展，其自动化所占的地位越来越重要，自动化水平不断提高。因此，如何正确使用、操作、维护空分装置，就成为迫切需要解决的重要问题。

为了使有关技术人员和工人能够较快并系统地掌握空分装置自动化技术，确保正确地操作和安全生产，提高设备的使用能力，减少能耗，节约能源，因此编写了本书。

在编写过程中，得到杭州制氧机厂宗康长同志的支持，并帮助审改了稿件；还得到西安交通大学低温教研室陈长青等老师和北京氧气厂宋连生等有关同志的帮助。此外，开封空分设备厂及其他许多单位的广大同行给予了大力支持和帮助，对此表示衷心的感谢。

由于水平有限，书中难免有不足和错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前 言

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 第一篇 空分装置各单元系统的自动化.....          | 1  |
| 第一章 概论.....                     | 1  |
| 一、空分装置的分类.....                  | 1  |
| 1. 按生产氧气的纯度分.....               | 1  |
| 2. 按产品品种分.....                  | 1  |
| 3. 按产品的状态分.....                 | 1  |
| 4. 按产品的产量大小分.....               | 1  |
| 二、空分装置自动化的概况.....               | 2  |
| 1. 空分装置自动化的组成.....              | 2  |
| 2. 控制形式.....                    | 2  |
| 第二章 空气压缩系统的测量和自动控制.....         | 3  |
| 一、空气压缩系统工艺流程简介及对测量和自动控制的要求..... | 3  |
| 1. 工艺流程的原理方框图.....              | 3  |
| 2. 工艺流程简介.....                  | 3  |
| 3. 空气压缩系统对测量和自动控制的要求.....       | 4  |
| 二、空气滤清器的自动控制.....               | 4  |
| 1. 湿式空气滤清器的自动控制.....            | 4  |
| 2. 干式空气滤清器的自动控制.....            | 6  |
| 三、离心式压缩机轴向位移的产生和轴向位移安全装置.....   | 8  |
| 1. 离心式压缩机轴向位移的产生.....           | 8  |
| 2. 电磁式轴向位移安全装置.....             | 8  |
| 3. ZV-1 型位移测量保护装置.....          | 9  |
| 4. 液压式轴向位移安全装置.....             | 14 |
| 四、离心式压缩机的喘振与自动防喘振系统.....        | 16 |
| 1. 离心式压缩机喘振的产生.....             | 16 |
| 2. 自动防喘振系统.....                 | 17 |
| 五、润滑油压力的测量、报警、联锁及辅助油泵的自动控制..... | 22 |
| 1. 润滑油的作用和对控制的要求.....           | 22 |
| 2. 润滑油压力的测量、报警及联锁.....          | 23 |
| 3. 辅助油泵电动机的控制.....              | 23 |
| 六、冷却水压力的测量、报警和联锁.....           | 25 |
| 1. 冷却水的作用和对控制的要求.....           | 25 |
| 2. 冷却水压力的测量、报警和联锁工作原理.....      | 25 |
| 七、润滑油温度测量及报警.....               | 25 |
| 1. 润滑油温度对设备的影响.....             | 25 |
| 2. 润滑油温度测量和报警原理.....            | 25 |

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 八、轴承温度测量、报警和联锁控制                 | 27 |
| 1. 轴承温度升高的原因和对控制的要求              | 27 |
| 2. 轴承温度测量、报警和联锁控制系统的组成和工作原理      | 27 |
| 3. 轴承温度测量的新动向                    | 29 |
| 九、油箱液位的报警                        | 29 |
| 十、离心式空气压缩机的信号系统                  | 33 |
| 十一、离心式空气压缩机带仪控点的工艺流程             | 33 |
| 第三章 氨水预冷系统的测量和自动控制               | 34 |
| 一、工艺流程简介                         | 34 |
| 二、工艺流程对自动控制的要求                   | 34 |
| 三、水冷却塔和空气冷却塔液面自动调节               | 35 |
| 1. 由气动单元组合仪表组成的调节系统              | 35 |
| 2. 由气动浮筒式液面调节器组成的调节系统            | 37 |
| 四、空气出冷却塔的流量测量                    | 38 |
| 1. 测量系统的组成                       | 38 |
| 2. 系统中主要组成部分的介绍                  | 38 |
| 3. 系统的测量原理                       | 40 |
| 五、空气冷却塔阻力的测量                     | 40 |
| 六、水泵的控制                          | 41 |
| 第四章 膨胀机制冷系统的控制                   | 43 |
| 一、膨胀机在空分装置中的作用                   | 43 |
| 二、透平膨胀机的工作原理和制冷量的调节              | 43 |
| 1. 透平膨胀机的工作原理简介                  | 43 |
| 2. 透平膨胀机制冷量的调节方法                 | 43 |
| 三、透平膨胀机制冷系统工艺流程及对控制的要求           | 44 |
| 1. 透平膨胀机制冷系统工艺流程简介               | 44 |
| 2. 透平膨胀机制冷系统对控制的要求               | 44 |
| 四、透平膨胀机转速测量                      | 45 |
| 1. 转速测量系统的组成                     | 45 |
| 2. 透平膨胀机转速测量系统的工作原理              | 46 |
| 五、透平膨胀机自动防飞车系统                   | 47 |
| 1. 采用气动碟阀的自动防飞车系统                | 47 |
| 2. 采用电动碟阀的自动防飞车系统                | 48 |
| 六、透平膨胀机进口气量遥控和自动紧急停机系统           | 50 |
| 1. 采用气动薄膜调节阀组成的膨胀机进气量遥控及自动紧急停机系统 | 50 |
| 2. 采用电动调节阀组成的膨胀机进气量遥控及自动紧急停机系统   | 51 |
| 3. 电机制动的膨胀机防飞车和紧急停机系统            | 53 |
| 七、透平膨胀机机前空气的温度调节                 | 53 |
| 1. 透平膨胀机机前空气温度调节的意义              | 53 |
| 2. 透平膨胀机机前空气温度自动调节系统             | 54 |
| 八、透平膨胀机润滑油油泵电机的控制                | 55 |
| 九、透平膨胀机制冷系统的流量测量                 | 56 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 十、冷却水的流量报警                   | 57 |
| 十一、透平膨胀机信号系统                 | 60 |
| 十二、透平膨胀机带仪控点的工艺流程            | 60 |
| 第五章 空气精馏系统的控制                | 61 |
| 一、空气精馏系统工艺简介                 | 61 |
| 二、工艺对控制的要求                   | 61 |
| 三、阻力的测量                      | 62 |
| 1. 阻力测量的意义和原理                | 62 |
| 2. 阻力测量系统                    | 62 |
| 四、液面的测量                      | 63 |
| 1. 液面测量的意义                   | 63 |
| 2. 液面测量原理                    | 64 |
| 3. 液面测量系统的组成和原理              | 64 |
| 五、下分馏塔液空液面自动调节系统             | 66 |
| 1. 下分馏塔液空液面调节的意义             | 66 |
| 2. 下分馏塔液空液面的自动调节系统           | 66 |
| 六、节流阀的遥控                     | 67 |
| 1. 纯液氮和污液氮入上分馏塔节流阀的工艺连接和用途   | 67 |
| 2. 污液氮和纯液氮节流阀的遥控系统           | 68 |
| 七、纯氮气、污氮气及氧气出上分馏塔的遥控         | 69 |
| 1. 纯氮气、污氮气及氧气遥控阀的工艺连接和用途     | 69 |
| 2. 电动蝶阀的遥控系统                 | 69 |
| 八、液氧泵的控制                     | 70 |
| 1. 液氧泵的用途                    | 70 |
| 2. 液氧泵的控制系统                  | 73 |
| 九、空气分离系统带仪控点的工艺流程            | 73 |
| 第六章 氧(氮)气压缩输送系统的自动控制         | 74 |
| 一、氧(氮)气压缩输送系统工艺流程的简介         | 74 |
| 二、氧(氮)气压缩输送系统工艺流程对控制的要求      | 74 |
| 三、低压缓冲罐的压力自动调节               | 74 |
| 1. 低压缓冲罐的作用                  | 74 |
| 2. 低压缓冲罐压力过高自动放空和压力过低自动调节系统  | 75 |
| 四、中压缓冲罐压力过高自动放空系统            | 76 |
| 1. 中压缓冲罐的用途                  | 76 |
| 2. 中压缓冲罐压力过高自动放空仪控系统         | 77 |
| 五、氧气输送管道的压力自动调节              | 78 |
| 1. 用途                        | 78 |
| 2. 氧气输送管道压力自动调节系统            | 78 |
| 六、氧(氮)气压缩机的自动报警和自动停机联锁控制     | 79 |
| 1. 水压的测量和报警及联锁控制             | 79 |
| 2. 润滑油压力、温度的自动报警与联锁控制系统      | 79 |
| 3. 氧(氮)气压缩机各级排气温度过高自动报警和联锁控制 | 80 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 七、立式活塞式氧气压缩机的信号系统.....        | 82  |
| 八、氧气压缩系统带仪控点的工艺流程.....        | 82  |
| 第七章 分析.....                   | 84  |
| 一、氧的分析.....                   | 84  |
| 1. 热磁式氧气分析仪.....              | 84  |
| 2. 浓差电池测氧仪.....               | 87  |
| 3. 原电池测氧仪.....                | 92  |
| 4. 燃料电池测微量氧.....              | 94  |
| 5. 铜氨浓液吸收法分析氧.....            | 95  |
| 二、微量水的分析.....                 | 96  |
| 1. 五氧化二磷分析微量水.....            | 96  |
| 2. 露点法测量气体中的水分.....           | 97  |
| 三、二氧化碳含量的分析.....              | 98  |
| 四、乙炔的分析.....                  | 99  |
| 1. 冷凝比色法的分析原理.....            | 99  |
| 2. 吸附比色法的分析原理.....            | 99  |
| 3. 试剂的配制.....                 | 99  |
| 4. 配制标准色阶.....                | 99  |
| 5. 计算.....                    | 101 |
| 第八章 安装与调试.....                | 102 |
| 一、安装.....                     | 102 |
| 1. 仪表盘的布置.....                | 102 |
| 2. 建立变送器室.....                | 102 |
| 3. 管路的敷设.....                 | 102 |
| 4. 铂电阻温度计的安装.....             | 105 |
| 5. 仪控的管路和电缆两者的保护和支撑.....      | 105 |
| 6. 变送器的安装.....                | 105 |
| 7. 气源.....                    | 106 |
| 8. 电磁式轴向位移安全器的安装.....         | 107 |
| 9. 透平膨胀机转速表的安装.....           | 107 |
| 10. 自动分析仪的安装.....             | 108 |
| 11. 仪表盘的安装.....               | 108 |
| 12. 气动薄膜调节阀的安装.....           | 108 |
| 二、调试.....                     | 108 |
| 1. 仪表的一次调校.....               | 108 |
| 2. 单元系统的调试.....               | 109 |
| 3. 仪表与控制系统的联调.....            | 110 |
| 第二篇 蓄冷器自动切换装置.....            | 113 |
| 第九章 蓄冷器及其切换的概论.....           | 113 |
| 一、蓄冷器的用途和原理简介.....            | 113 |
| 二、蓄冷器的工作状态.....               | 113 |
| 三、一对蓄冷器的工艺流程及切换时强制阀的动作程序..... | 114 |
| 四、切换周期.....                   | 116 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 五、四个蓄冷器的工艺流程及强制阀的动作程序             | 117 |
| 六、蓄冷器切换装置的意义                      | 118 |
| 七、蓄冷器自动切换装置的种类和发展                 | 119 |
| 八、强制阀的简介                          | 119 |
| 第十章 机械凸轮切换装置                      | 122 |
| 一、概论                              | 122 |
| 二、电动机的控制线路分析                      | 122 |
| 三、切换装置的机械结构及其工作原理                 | 123 |
| 四、双座气活门的结构及原理                     | 124 |
| 五、切换周期时间的确定                       | 125 |
| 六、双座气活门与强制阀中气缸的连接                 | 126 |
| 七、切换时各强制阀动作原理和动作程序分析              | 128 |
| 八、手动操作切换分析                        | 137 |
| 九、性能分析                            | 137 |
| 第十一章 电气气动切换装置                     | 138 |
| 一、问题的提出和解决                        | 138 |
| 二、电气气动切换装置的概况                     | 139 |
| 三、切换系统的连接                         | 139 |
| 四、蓄冷器自动切换周期表                      | 142 |
| 五、电气气动切换系统的主要组成部分                 | 142 |
| 1. 气动强制阀                          | 144 |
| 2. 四通电磁阀                          | 144 |
| 3. 电动凸轮程序控制器                      | 145 |
| 4. 切换周期计时器                        | 145 |
| 5. 控制计时器                          | 145 |
| 6. 记忆计时器                          | 146 |
| 7. 温差记录调节仪                        | 146 |
| 六、控制线路的动作原理和动作程序                  | 146 |
| 1. 控制线路的简介                        | 146 |
| 2. 电动凸轮程序控制器手动控制线路的动作原理和动作程序分析    | 147 |
| 3. 电动凸轮程序控制器按时间控制线路动作原理和动作程序分析    | 148 |
| 4. 电动凸轮程序控制器按中部温差控制线路动作原理和动作程序分析  | 155 |
| 5. 四通电磁阀手动操作控制线路的动作原理和动作程序的分析     | 164 |
| 6. 产品氧、产品氮放空三通强制阀控制线路的动作原理和动作程序分析 | 165 |
| 7. 纯氮抑制(节流)强制阀控制线路动作原理和动作程序分析     | 165 |
| 七、切换系统的安装、调试与使用                   | 166 |
| 1. 切换系统的安装                        | 166 |
| 2. 切换系统的调试                        | 167 |
| 3. 切换系统的使用                        | 168 |
| 八、性能分析                            | 171 |
| 1. 优点                             | 171 |
| 2. 缺点                             | 171 |
| 第十二章 气动射流程序控制切换装置                 | 172 |

## I

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 一、问题的提出和解决                       | 172 |
| 二、蓄冷器的工艺流程及切换系统示意图               | 172 |
| 三、气动射流切换系统的基本结构及工作原理             | 173 |
| 1. 基本结构及工作原理方框图                  | 173 |
| 2. 工作原理                          | 173 |
| 3. 气动射流切换系统的两种工作状态               | 174 |
| 四、气动射流切换系统主要组成部分的介绍              | 176 |
| 1. 射流程序控制器                       | 176 |
| 2. QSY-102型气动升压器                 | 178 |
| 3. QSY-103型气动升压器                 | 179 |
| 4. QSD-01 型气电转换开关                | 179 |
| 5. DSJ-A 型电动时间继电器                | 179 |
| 五、控制线路的动作原理和动作程序分析               | 180 |
| 1. 控制线路简介                        | 180 |
| 2. 气动射流程序控制器手动控制线路的动作原理和动作程序分析   | 182 |
| 3. 气动射流程序控制器按时间控制线路的动作原理和动作程序的分析 | 182 |
| 4. 气动射流程序控制器按温差控制线路动作原理和动作程序分析   | 191 |
| 5. 手动控制分析                        | 196 |
| 六、安装调试与维修                        | 196 |
| 1. 安装                            | 196 |
| 2. 调试                            | 201 |
| 3. 维修                            | 202 |
| 七、性能分析                           | 202 |
| 1. 优点                            | 202 |
| 2. 缺点                            | 203 |
| 第十三章 电子切换装置                      | 204 |
| 一、问题的提出和解决                       | 204 |
| 二、蓄冷器的工艺流程及切换系统示意图               | 204 |
| 三、电子切换系统的基本结构及其工作原理方框图           | 205 |
| 1. 基本结构与工作原理方框图                  | 205 |
| 2. 电子切换系统的工作原理                   | 205 |
| 3. 蓄冷器自动切换系统的两个工作状态              | 207 |
| 四、电子切换装置线路的工作原理和动作程序分析           | 207 |
| 1. 按周期切换的工作原理和动作程序分析             | 207 |
| 2. 周期的变换                         | 212 |
| 3. 温差自动延时装置                      | 213 |
| 五、使用方法                           | 213 |
| 1. 面板上各指示灯、开关、旋钮的用途              | 213 |
| 2. 开机的步骤及注意事项                    | 215 |
| 3. 电子切换部分与小凸轮部分的倒换               | 216 |
| 4. 测试台使用方法                       | 216 |
| 六、性能分析                           | 217 |
| 1. 优点                            | 217 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 2. 缺点.....                     | 217 |
| 第十四章 机械凸轮电动计时切换装置 .....        | 218 |
| 一、问题的提出和解决.....                | 218 |
| 1. 机械结构的改革.....                | 218 |
| 2. 电机控制系统的改革.....              | 218 |
| 二、机械凸轮电动计时切换装置的简介.....         | 218 |
| 三、切换装置的传动部分.....               | 219 |
| 四、蓄冷器自动切换周期时间表和阀位开关位置图.....    | 220 |
| 五、双座气活门与强制阀中气缸的连接.....         | 222 |
| 六、切换装置控制线路的动作原理和动作程序分析.....    | 223 |
| 1. 控制线路简介.....                 | 223 |
| 2. 按时间自动切换控制线路动作原理和动作程序分析..... | 224 |
| 3. 按温差自动切换控制线路动作原理和动作程序分析..... | 228 |
| 4. 手动切换控制线路的动作原理和动作程序分析.....   | 230 |
| 七、性能分析.....                    | 230 |
| 1. 优点.....                     | 230 |
| 2. 缺点.....                     | 230 |

# 第一篇 空分装置各单元系统的自动化

## 第一章 概 论

### 一、空分装置的分类

空分装置就是利用深冷技术将空气分离后,提取氧气、氮气及空气中其他气体组分的设备,俗称制氧机。它的种类很多,分类的方法也较多,一般可按下列几种方法来分类:

#### 1. 按生产氧气的纯度分

- (1) 高纯氧装置,它是生产纯度为99.2%以上的工业氧设备。
- (2) 不纯氧装置,它是生产纯度为95%左右的工业氧设备。
- (3) 富氧装置,它是生产纯度更低的液化空气的设备。

#### 2. 按产品品种分

- (1) 单高产品装置,它是只生产单种高纯产品氧(或氮)气的空分装置。
- (2) 双高产品装置,它是同时生产高纯度氧气又生产高纯度氮气的空分装置。

#### 3. 按产品的状态分

- (1) 生产气态产品的空分装置。
- (2) 生产液态产品的空分装置。
- (3) 同时生产气态产品及部分液态产品的空分装置。

#### 4. 按产品的产量大小分

- (1) 小型空分装置。
- (2) 中型空分装置。
- (3) 大型空分装置。

以上所述的无论何种类型的空分装置,以其生产的工艺流程来说,根据进入空分装置的压缩空气的压力高低不同,又可分为高压工艺流程、中压工艺流程、高低压工艺流程及全低压工艺流程等四种。

高压工艺流程,一般没有膨胀机。它的工作压力一般约为100~200大气压 $\ominus$ 。它主要用于小型制氧机中。例如产氧量为每小时20标准米<sup>3</sup>(0℃和760毫米汞柱 $\omin�$ 状态下所占的体积)的制氧机。

中压工艺流程,它的工作压力约为20~25大气压,它主要用于小型和中型的空分装置。例如国产的每小时产氧量为50、150、300标准立方米的制氧机。

高低压工艺流程,其工作压力一部分约为100~200大气压的高压空气,另一部约为6个

$\ominus$  指工程大气压,1工程大气压=98066.5帕。

$\omin�$  1毫米汞柱=133.322帕。

大气压的低压空气。例如国产的每小时产氧量为3350标准立方米的制氧机。

全低压工艺流程，它的工作压力约为6个大气压。此工艺流程的优点是，在生产气态的氧、氮产品时，其能耗最小。因此应用也愈来愈广。目前国产每小时产氧量为600标准立方米以上的制氧机均采用它。因此，本书以叙述全低压工艺流程的空分装置的自动化为主。

## 二、空分装置自动化的概况

所有工艺过程的自动化，均是根据工艺要求而设计的，空分装置自动化也不例外。一般空分装置都具有空气压缩、空气分离和产品输送三大主要部分。空分装置自动化也就是根据这三大部分的工艺要求而设计的。

### 1. 空分装置自动化的组成

根据工艺要求，空分装置自动化，虽然由于其类型不一和所用的设备不尽同，而有所不同，但以下几方面却是共性。

(1) 管道及设备中的温度、压力、液面、阻力、流量等参数的自动测量、自动控制和自动调节。

1) 温度测量和调节，一般采用铂电阻温度计作为一次测温元件，而二次仪表一般采用动圈式温度指示仪或动圈式温度指示调节仪，也有采用自动平衡电桥的。

2) 压力测量一般采用弹簧管压力表。介质为氧时应用禁油的氧气压力表。

3) 液面、阻力、流量的测量及调节，一般采用气动单元组合仪表。

(2) 阀门的遥控或自控，当调节性能要求较高时，采用气动调节阀，而要求不太高时，一般采用电动阀。

(3) 压缩机、膨胀机和泵等机器的自动控制及安全保护系统。

(4) 蓄冷器（或可逆式板式热交换器）的自动切换。

(5) 自动分析，一般多采用仪器分析。仪器的种类很多，本书将介绍一些较广泛应用的分析仪器。

### 2. 控制形式

采用就地集中控制和控制室集中控制两种。小型、中型的空分装置大多采用就地集中控制，而大型空分装置大多以控制室集中控制为主，就地集中控制为辅。一般将经常需要测量参数的仪表，放置于控制室的仪表盘上。另外，经常操作的阀门、操作不方便的阀门及由电机带动的设备，均集中于控制室操作，将它们的遥控器或操作按钮置于仪表盘或操作台上。

## 第二章 空气压缩系统的测量和自动控制

### 一、空气压缩系统工艺流程简介及对测量和自动控制的要求

#### 1. 工艺流程的原理方框图

空气压缩系统主要由空气滤清器、空气压缩机组、冷却器、油箱等设备组成，图 2-1 示出空气压缩系统的工艺流程原理方框图。

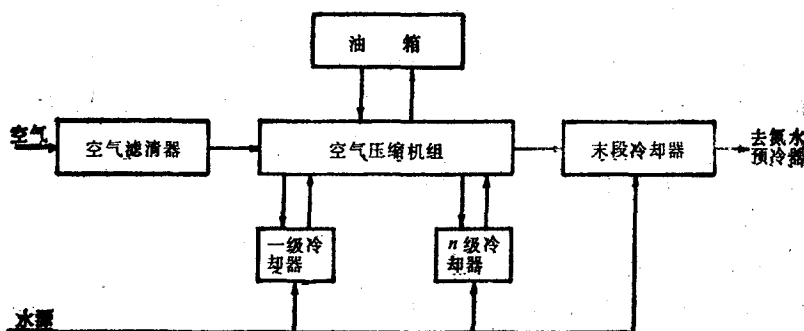


图 2-1 空气压缩系统的工艺流程原理方框图

#### 2. 工艺流程简介

(1) 大气中的空气先进入空气滤清器，将空气中的固体杂质清除掉。因为大气中存在大量的固体杂质和尘土，如果带入压缩机中，将对压缩机引起不良的后果；若进入离心式压缩机，就会增加叶片和导流器的磨损；如果带入水冷却器，则会使其表面污染，不但使导热系数下降，同时也使阻力增加。因此必须先通过空气滤清器以保证洁净的空气进入压缩机。

目前，在空分装置中应用的空气滤清器有湿式和干式两种，在实际中，有的采用其中之一，有的二种串联使用，这时，一般是湿式在前，干式在后。这样，大气中的空气先通过湿式滤清器，将绝大部分固体杂质和尘土过滤掉，然后，再经过干式滤清器，将空气中尚带有的油和剩余的杂质清除干净，成为洁净的空气进入空气压缩机。

(2) 将经过滤清的常压空气吸入空气压缩机，进行若干级压缩，逐级提高压力，使之达到所需的压力值。空分装置中应用的空气压缩机有离心式（即透平式）和活塞式两类，而后者又有立式和卧式两种。在一般的小型空分装置中，高压、中压的采用活塞式空气压缩机，而在全低压的空分装置中则采用离心式空气压缩机。

(3) 空气经每级压缩后，不但提高了空气压力，而且也使温度升高了。为了提高压缩机的效率，用水冷却器将压缩后而提高了温度的空气冷却，然后再进入下一级的吸入口。最后一级出来的压缩空气进入末级冷却器，送至氨水预冷器中进一步冷却。

(4) 油箱是用来贮存和提供空气压缩机润滑和冷却用的油。

### 3. 空气压缩系统对测量和自动控制的要求

#### (1) 对空气滤清器的要求

要求空气滤清器的电机能按时间或按阻力进行自动控制。

#### (2) 对空气压缩机组的要求 (以离心式为例)

1) 要求空气压缩机 (透平式) 及增速器的轴承温度达到 $65^{\circ}\text{C}$ 时, 自动发出声光报警, 而温度达到 $70^{\circ}\text{C}$ 时, 则自动停机。

2) 要求离心式空气压缩机的轴位移, 达到一定值 (0.3毫米) 时, 自动发出声光报警信号, 而达到另一一定值 (0.5毫米) 时, 则要求自动停机。

3) 润滑油压力降低到一定值 ( $0.5\text{公斤力/厘米}^2$ )<sup>①</sup>时, 自动发出声光报警信号, 而降低到更低值 ( $0.3\text{公斤力/厘米}^2$ ) 时, 则要求自动停机。

4) 当冷却水压力降低到一定值 ( $0.5\text{公斤力/厘米}^2$ ) 时, 自动发出声光报警信号。

5) 当润滑油温度达到 $45^{\circ}\text{C}$ 时, 自动发出声光报警信号。

6) 油箱中油液面降低到240毫米高度时, 自动发出报警信号。

7) 开车时, 润滑油压力低于 $0.5\text{公斤力/厘米}^2$ 时, 要求联锁保证主电机不能起动。

8) 电动油泵 (辅助油泵) 要求润滑油压力低于 $0.5\text{公斤力/厘米}^2$ 时, 自动起动运转, 而润滑油压力达到 $1.5\text{公斤力/厘米}^2$ 时, 自动停止运转。

9) 要求自动防止离心式压缩机产生喘振。

#### (3) 温度的测量。

1) 压缩机一级进口和各级出口气体温度的测量。

2) 冷却水总管和各级水冷却器出口水温度的测量。

3) 主电动机轴承温度的测量。

4) 主电动机定子绕组温度的测量。

#### (4) 压力的测量

1) 压缩机一级进口气体压力的测量。

2) 压缩机各级出口气体压力的测量。

#### (5) 压缩机进口流量的测量。

## 二、空气滤清器的自动控制

### 1. 湿式空气滤清器的自动控制

#### (1) 湿式空气滤清器的工作原理和对控制的要求

它的工作原理是: 在片状的链带上装有框架, 而框架上装有若干层丝织的过滤网, 过滤网上浸有油膜, 利用过滤网上的油膜粘附空气中的固体杂质和尘土, 从而得到干净的空气。链带是由电动机变速后, 经过链轮而带动它缓慢地移动。过滤器的下部有一个油槽, 当过滤网经过油槽时, 将附着在网上的杂质清洗掉。同时, 过滤网也重新覆盖一层新的油膜。湿式空气滤清器带动链带的电动机, 一般设计为连续运转。但实践运行发现这样耗油量太大, 同时空气带油量也大, 对后面的设备和工艺带来不良影响。为此要求对此电动机定时自动起动和

①  $1\text{公斤力/厘米}^2=0.0980665\text{兆帕}$ 。

自动停止。一般要求电动机停10分钟自动起动运转，而运转3分钟后又自动停止。如此不断地循环工作。

## (2) 湿式空气滤清器电动机控制线路动作原理和动作程序分析

### 1) 控制线路的组成

图2-2所示为湿式空气滤清器电动机的控制线路原理图。

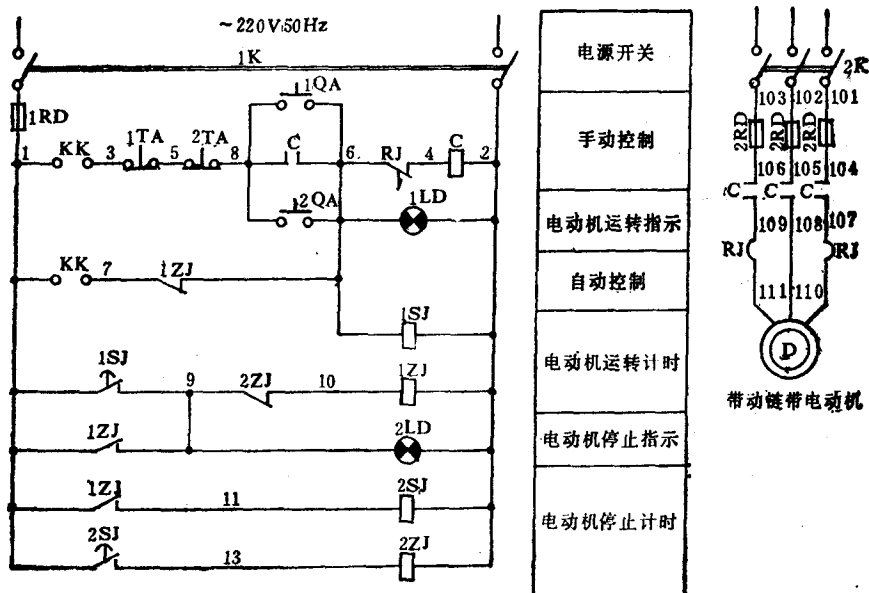


图2-2 湿式空气滤清器电动机控制线路原理图

图中，1K、2K为组合开关，1QA、2QA为常开按钮，1TA、2TA为常闭按钮，1TA、1QA为现场操作按钮，2TA、2QA为操作室操作按钮，C为磁力起动器，1ZJ、2ZJ为中间继电器，1SJ、2SJ为时间继电器，1RD、2RD为熔断器，D为带动链带的电动机，LD为信号灯，RJ为热继电器，KK为转换开关。

### 2) 控制线路的动作原理和动作程序分析

本控制线路设有手动控制和自动控制二部分，下面分别介绍：

#### a. 手动控制

首先将控制线路的电源开关1K和电动机的电源开关2K合上。

然后将选择开关KK放置于手动操作位置，即图2-2中KK (1-7) 断开，而KK (1-3) 闭合。

当需要启动电动机带动链带移动时，按下常开按钮1QA (8-6) 或2QA (8-6)，使磁力起动器C线圈得电。它的常开触点C (8-6) 闭合，使之自锁。同时，它的另三个常开触点C (106-109、105-108、104-107) 闭合，使电动机D得电运转，带动链带移动，同时电动机D运转，指示灯1LD得电发亮。

当电动机D运转一定时间 (3分钟) 后，链带移动一定量，需要停止时，则按下常闭按钮1TA (3-5) 或2TA (5-8)，使磁力起动器C线圈失电。它的常开触点C (8-6) 断开，自锁断开。它的另三个常开触点C (106-109、105-108、104-107) 断开，电动机D失电，停止运转，链带也停止移动。同时表示电动机D运转的指示灯1LD失电熄灭。

### b. 自动控制

将电源开关1K和2K合上,然后将转换开关KK放置于自动位置,即图2-2中的KK(1-3)断开,而KK(1-7)闭合。由于这之前所有的继电器线圈均为失电状态,故常闭触点1ZJ(7-6)闭合,磁力起动器C得电,电动机D起动运转,带动链带移动;时间继电器1SJ线圈也得电,并开始计时;同时,指示灯1LD也得电发亮。

当时间继电器1SJ计时达到整定值(3分钟)时,其延时闭合常开触点1SJ(1-9)闭合,使中间继电器1ZJ线圈得电,它的常闭触点1ZJ(7-6)断开,使磁力起动器C线圈失电,电动机D停止,链带也停止移动。同时,表示电动机D运转的指示灯1LD失电熄灭,时间继电器1SJ线圈也失电,恢复原状,其延时闭合常开触点1SJ(1-9)断开,为下次延时闭合作好准备。这时由于常开触点1ZJ(1-9)已闭合,使1ZJ线圈自锁而继续得电。电动机D停止,指示灯2LD得电发亮。常开触点1ZJ(1-11)闭合,使时间继电器2SJ线圈得电,并开始计时。

当时间继电器2SJ计时达到整定值(10分钟)时,它的延时闭合常开触点2SJ(1-13)闭合,使中间继电器2ZJ线圈得电。它的常闭触点2ZJ(9-10)断开,使中间继电器1ZJ线圈失电,其常闭触点1ZJ(7-6)闭合,使磁力起动器C线圈得电,电动机D开起运转;指示灯1LD得电发亮;时间继电器1SJ线圈得电,并开始计时。同时常开触点1ZJ(1-11)断开,使时间继电器2SJ线圈失电,其延时闭合常开触点2SJ(1-13)断开,为下次延时闭合作好准备。常开触点1ZJ(1-9)同时断开,指示灯也失电熄灭。

当时间继电器1SJ计时3分钟后,电机D又停止,而时间继电器2SJ开始计时,而1SJ则停止计时;当2SJ计时10分钟后,电机D又起动,1SJ又开始计时,2SJ停止计时。如此不断地循环工作,以达到按时间自动控制电动机D,使之自动起动或停止。

## 2. 干式空气滤清器的自动控制

### (1) 干式空气滤清器的工作原理和对自动控制的要求

干式空气滤清器分干带式和干袋式两种。干带式空气滤清器的干带是由尼龙丝织成的长绒状制品做成的,也可用呢制品代替。它是由电动机经减速后带动其慢速移动的。当空气通过干带时,空气中的固体杂质和尘土粘附积聚在干带上,使空气净化。随着干带上的杂质、尘土的积聚,空气通过干带的阻力也随之增加。当阻力增加到一定值(约15毫米水柱)时,压差计的电触点闭合,带动干带的电动机起动,干带因之运动,有杂质和尘土的干带捲起,干净的新带展开,阻力随之下降。当阻力下降到一定值后,带动干带的电动机停止。

干袋式空气滤清器的干袋(过滤袋)由羊毛毡和锦纶布制成。当空气通过过滤袋时,空气中的尘土、杂质就过滤下来,留在袋中,从而使空气净化。过滤袋不断地通过空气,袋中的尘土、杂质也不断地增加,其阻力也随之增加。当空气通过过滤袋的阻力增加到一定值(约100毫米水柱)时,起动反吹罗茨鼓风机,给反吹盒送反吹气,将过滤袋中积聚的杂质、尘土反吹出去。同时起动带动反吹盒上下移动的电动机,使反吹盒上下往返移动,过滤袋中的尘土杂质随之吹出,阻力也跟着下降。当阻力下降到正常阻力(约56毫米水柱)时,反吹停止,罗茨鼓风机电动机和带动反吹盒的电动机均停止。

### (2) 干式空气滤清器电动机的控制线路分析

以干带式空气滤清器电动机的控制线路为例,图2-3示出其电动机的控制线路原理图。

图中,1K、2K为组合开关,1RD、2RD为熔断器,ZK为钮子开关,1TA、2TA为常