

Rockwell Automation

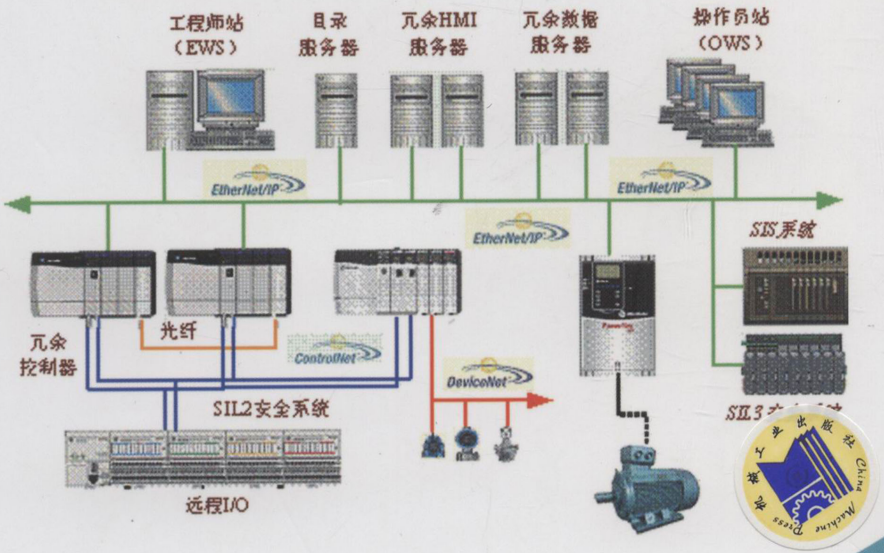
罗克韦尔自动化技术丛书

压气站自动化控制系统应用实例

——现代控制工程设计

主　编　钱晓龙　吕喆明

副主编　洪　悦　冯德慧









机械工业出版社

CHINA MACHINE PRESS

罗克韦尔自动化技术丛书

压气站自动化控制系统应用实例——现代控制工程设计

主　编　钱晓龙　吕喆明
副主编　洪　悦　冯德慧

机 械 工 业 出 版 社

本书是罗克韦尔自动化 ControlLogix 控制系统在天然气管道输送行业中的应用教材，书中言简意赅、通俗易懂地介绍了 ControlLogix 控制系统的硬件和应用软件。通过西气东输项目中臻选出的应用实例来反映 ControlLogix 控制系统的硬件组态方法和系统功能的优势和特点，并编写了大量对工程有针对性的实践内容。

全书以天然气压气站站场工艺控制为实例，讲解了 ControlLogix 控制系统的实际应用。首先对 ControlLogix 控制系统的组成及硬件进行了介绍，通过讲解 RSLogix 5000 的编程方法，教会读者如何使用编程软件。通过罗克韦尔自动化网络通信的几个典型应用实例，让读者学会对网络的合理设置和组态，解决在应用中存在的问题；特别是与第三方产品，如 Modbus 网络设备进行通信做了详细的描述。针对当前工业应用中对系统的可靠性要求，介绍了 ControlLogix 控制系统如何实现热备冗余系统的功能；最后以循序渐进的方式，讲解 ControlLogix 控制系统在天然气输送管道站场控制系统中的具体应用。

本书立足于提高控制工程领域专业学位研究生和从事自动化专业的工程技术人员对罗克韦尔自动化 ControlLogix 控制系统的综合运用能力。本书既是大学控制工程专业技能课程群的教学用书，也是中石油西部管道联合有限公司员工的培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

压气站自动化控制系统应用实例：现代控制工程设计/钱晓龙，吕喆明主编. —北京：机械工业出版社，2017.6
（罗克韦尔自动化技术丛书）
ISBN 978-7-111-57276-3

Ⅰ.①压… Ⅱ.①钱…②吕… Ⅲ.①压气站-自动化-控制系统-研究 Ⅳ.①TE974

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 157967 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：林春泉 责任编辑：林春泉
责任印制：常天培 责任校对：胡艳萍 李锦莉
北京京丰印刷厂印刷
2017 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷
184mm×260mm·17.75 印张·426 千字
0 001—3 000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-57276-3
定价：56.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
服务咨询热线：010-88361066	机 工 官 网：www.cmpbook.com
读者购书热线：010-68326294	机 工 官 博：weibo.com/cmp1952
010-88379203	金 书 网：www.golden-book.com
封面无防伪标均为盗版	教育服务网：www.cmpedu.com

前　言

“山间回荡声声驼铃，大漠飘飞袅袅孤烟”，历史的回声仍在回荡。2013 年，中国国家主席习近平提出了“一带一路”的倡议，为这条古老的丝绸之路赋予了新的活力和内涵。“一带一路”建设将带动形成新的能源供应与需求大格局，为中国这样的能源贸易大国、生产大国和消费大国赢得更多话语权和定价权，从此我国进入了输气管道的大发展时期。

本书正是在此背景下，总结了西气东输工程的一些经验，通过六年多的实践和总结，在对站场控制系统的使用与维护方面的了解与体会的基础上，编写了一本针对天然气管道输送自动化控制方面的应用教材。其目的是以工程案例为背景，培养控制工程领域专业硕士在巩固原有理论知识的基础上，熟悉工程实际；充分锻炼和提高学生的设计能力、施工能力和维护能力；为现代企业培养最急需、最实用的人才。同时也满足西气东输工程实际的需要，为企业的员工在系统维护和更新改造方面提供一些指导和借鉴。满足企业培养工程师的需求，期望他们不仅要具备科学研究、技术开发、工程设计和组织管理能力，还具有国际化视野、创新精神和知识的综合应用能力。

全书共分 11 章，详细讲述了 ControlLogix 控制系统在天然气管道输送的站场控制系统中的组态过程和工程应用方法。其中第 1 章介绍了压气站的工艺流程，描述了在站控系统中罗克韦尔自动化的典型集成架构的应用；第 2 章介绍了 ControlLogix 硬件系统，特别是针对站控系统中所使用的模块进行了详细的讲解；第 3 章介绍了数据文件编辑的同时，对标签做了标准化的定义；第 4 章通过编程实验的方法，教会读者对 RSLogix5000 编程软件的使用；第 5 章列举了控制系统通信的几个典型应用案例，通过对网络的合理设置和组态，解决在应用中存在的问题；第 6 章介绍了压气站的启站与停站的站控系统最主要的工艺流程控制；第 7 章介绍了压缩机组的自动化控制采用 AOI 指令完成对压缩机组的逻辑控制；第 8 章介绍了压气站辅助系统的自动化控制，用案例分析的方式讲解了系统的实现；第 9 章介绍了 ESD 控制系统，讲述了 ESD 安全保护逻辑的编写方法；第 10 章介绍了 PID 分输系统，重点分析天然气管道输送的压力控制；第 11 章介绍了组态软件 Viewstar 的使用和软件的编辑和使用。

本书第 1、11 章由吕喆明编写；第 8、10 章由钱晓龙编写；第 2 章由赵强编写；第 3 章由李成铁编写；第 4 章由山西大学的高世红编写；第 5 章由洪悦、钟林生编写；第 6、7 章由冯德慧编写；第 9 章由东北大学秦皇岛分校的杨乐编写。东北大学罗克韦尔自动化实验室的武冰、司维、郭晓明、郭飞、李隆、宋少杰、李鹏伟和冯少恒等参加了部分编写工作和实验设计，同时他们还对书中的所有实验进行了验证。本书也得到了东北大学研究生教材建设立项资助项目和国家自然科学基金重点项目（71032004）的支持，在这里一并表示感谢。全书由东北大学信息学院的钱晓龙教授和中石油西部联合有限公司的吕喆明工程师主编并统稿。

本书是在西气东输工程的众多现场工程师的共同关注下出版，他们给予了各方面的帮助，同时也提出了大量宝贵的意见，在此表示最诚挚的谢意。由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者于东北大学

2017 年 3 月

目　录

前言

第 1 章　集成架构在站控系统中的应用 …… 1

1.1　西气东输工程 …… 2

1.1.1　西气东输工程的时代背景 …… 2

1.1.2　天然气管道的发展 …… 2

1.2　压气站 …… 3

1.2.1　压气站的功能 …… 3

1.2.2　压气站的组成及主要设备 …… 4

1.2.3　压气站控制系统架构 …… 9

第 2 章　ControlLogix 硬件系统 …… 13

2.1　ControlLogix 控制器模块 …… 14

2.1.1　1756-L5x 系列控制器 …… 14

2.1.2　1756-L6x 系列控制器 …… 16

2.1.3　1756-L7x 系列控制器 …… 18

2.1.4　控制器故障诊断 …… 19

2.2　I/O 模块 …… 27

2.2.1　数字量 I/O 模块 …… 27

2.2.2　模拟量 I/O 模块 …… 39

2.2.3　I/O 模块故障诊断 …… 50

2.3　框架及电源模块 …… 52

2.3.1　框架 …… 52

2.3.2　电源 …… 54

第 3 章　数据文件 …… 55

3.1　标签地址 …… 56

3.1.1　标签的操作 …… 56

3.2　I/O 的工程量标定 …… 61

3.3　标签别名 …… 62

3.4　数据结构 …… 63

3.4.1　数据区域与类型 …… 63

3.4.2　数组 …… 64

3.5　数据文件定义标准 …… 66

3.5.1　标签命名标准 …… 66

3.5.2　数据结构的规划 …… 68

第 4 章　RSLogix 5000 编程软件的使用 …… 70

4.1　编程入门 …… 71

4.1.1　创建工程 …… 71

4.1.2　创建程序文件 …… 72

4.1.3　创建标签 …… 73

4.1.4　编写梯形图程序 …… 74

4.1.5　下载工程 …… 77

4.1.6　运行工程 …… 78

4.2　程序文件的结构 …… 79

4.2.1　系统任务 …… 79

4.2.2　任务的注意事项 …… 84

4.3　梯形图编程指令 …… 86

4.3.1　跳转指令的编程（JSR） …… 86

4.3.2　计时器指令的编程（TON） …… 87

4.3.3　计数器指令的编程（CTU） …… 88

4.3.4　比较指令的编程（CMP） …… 89

4.3.5　计算指令的编程（CPT） …… 90

4.3.6　MSG 指令的编程 …… 90

4.3.7　GSV 指令的编程 …… 91

4.3.8　移动/复制指令的编程 …… 92

4.4　梯形图编程原则 …… 94

4.4.1　项目等命名原则 …… 94

4.4.2　程序结构的规划 …… 96

第 5 章　控制系统的通信 …… 99

5.1　EtherNet 网络组态 …… 100

5.1.1　EtherNet 通信模块 …… 101

5.1.2　EtherNet 应用实例 …… 103

5.1.3　EtherNet 通信模块的故障诊断 …… 106

5.2　ControlNet 网络组态 …… 109

5.2.1　ControlNet 通信模块 …… 110

5.2.2　RSNetWorx for ControlNet 软件 …… 112

5.2.3　ControlNet 网络参数 …… 112

5.2.4　扩展远程 I/O 应用实例 …… 115

5.2.5　控制网通信模块的故障诊断 …… 123

5.3　DeviceNet 网络组态 …… 129

5.3.1　设备网通信模块 …… 130

5.3.2　扩展远程 I/O 应用实例 …… 130

5.3.3　设备网的故障诊断 …… 133

5.4 Modbus 通信 …… 136
5.5 过程控制系统与 ESD 系统的通信 …… 143
5.5.1 通信的建立（MSG） …… 143
5.5.2 通信数据结构 …… 145
5.6 冗余系统的维护及故障诊断 …… 145
5.6.1 通过控制网模块的诊断 …… 145
5.6.2 固件版本附表 …… 148
第 6 章 压气站的启站与停站 …… 152
6.1 压气站的启站流程 …… 153
6.1.1 压气站的正常启站工艺分析 …… 153
6.1.2 ESD 停站后启站工艺分析 …… 156
6.2 压气站的停站流程 …… 160
6.3 压气站阀门控制流程 …… 166
第 7 章 压缩机组的自动化控制 …… 171
7.1 起压缩机流程控制 …… 172
7.2 停压缩机流程控制 …… 176
第 8 章 压气站辅助系统的自动化控制 …… 181
8.1 压缩机厂房通风系统的控制 …… 182
8.1.1 风机控制的 AOI 指令分析 …… 182
8.1.2 厂房通风系统的控制流程 …… 183
8.2 空冷器系统的控制 …… 186
8.2.1 空冷器 AOI 指令的分析 …… 186
8.2.2 空冷器系统的控制流程 …… 188
8.3 火焰和可燃气体的报警系统 …… 190
8.3.1 火焰和可燃气体检测系统的简介 …… 190
8.3.2 火焰和可燃气体检测系统的控制流程 …… 191
8.4 过滤分离器系统的控制 …… 192
8.4.1 过滤分离器系统的工艺 …… 192
8.4.2 过滤分离器系统的程序设计 …… 193
8.5 自用气撬系统的控制 …… 194
8.5.1 自用气撬系统的工艺 …… 194
8.5.2 自用气撬加热器 AOI 指令的分析 …… 195
8.6 仪表风系统的控制 …… 195
8.7 冷却水系统的控制 …… 197
8.8 阴极保护系统的控制 …… 200
8.9 消防系统的控制 …… 201
8.10 旁通报警系统 …… 201
8.11 通信检测系统 …… 202
第 9 章 ESD 控制系统 …… 204
9.1 Safety Manager 简介 …… 205
9.1.1 Safety Manager 硬件介绍 …… 205
9.1.2 Safety Manager 编程组态 …… 208
9.2 PLC 与 ESD 控制系统的通信说明 …… 213
9.2.1 AnyBus Configuration 软件中的配置 …… 215
9.2.2 AnyBus 通信在 RSLogix5000 中的配置 …… 219
9.3 ESD 保护系统 …… 221
9.3.1 站场 ESD 保护系统 …… 221
9.3.2 压缩机 ESD 保护系统 …… 226
第 10 章 PID 分输系统 …… 229
10.1 日指定系统 …… 230
10.2 PID 控制系统 …… 231
第 11 章 组态软件 Viewstar 的使用 …… 238
11.1 Viewstar ICS 概述 …… 239
11.1.1 Viewstar ICS 软件架构 …… 239
11.1.2 项目控制台 Console …… 240
11.2 Viewstar ICS 通信驱动 …… 242
11.2.1 SCADA 系统数据通信 …… 242
11.2.2 IEC 104 协议通信驱动 …… 243
11.2.3 OPC 通信驱动 …… 245
11.2.4 MODBUS 通信驱动 …… 246
11.3 Viewstar ICS 的数据结构 …… 247
11.3.1 数据结构的分析 …… 248
11.3.2 建立数据点类型（Data Point Type） …… 250
11.3.3 建立主数据点（Master Data Point） …… 252
11.3.4 建立普通数据点（Data Point） …… 253
11.4 数据库的配置方法 …… 253
11.4.1 数据点的配置 …… 253
11.4.2 数据归档的配置 …… 256
11.4.3 数据报警的配置 …… 259
11.5 界面的组态 …… 260
11.5.1 界面的规范 …… 260
11.5.2 新建界面 …… 260
11.5.3 界面的组成 …… 261
11.5.4 对象和数据库的关联 …… 263

11.6 脚本语言的应用 …… 264
11.6.1 脚本语言 …… 264
11.6.2 脚本语言的嵌入 …… 265
11.6.3 脚本语言示例 …… 266
11.7 Viewstar ICS 项目的系统管理 …… 267
11.7.1 手动创建界面的拓扑结构 …… 267
11.7.2 使用工具创建界面的拓扑结构 …… 269
11.7.3 多级用户权限 …… 271
参考文献 …… 273

第 1 章

集成架构在站控系统中的应用

学习目标

- 西气东输工程
- 压气站

1.1 西气东输工程

西气东输工程是我国天然气发展战略的重要组成部分，是西部大开发的标志性工程。截至目前，西气东输工程已建成投产三条天然气管道。对于优化我国能源消费结构，缓解天然气供应紧张局面，提高天然气管网运营水平和推动物资装备工业自主创新具有十分重大而深远的意义。管道的建设投产不仅带动了沿线经济发展和各族人民生活水平的提高，同时有效地促进了管道沿线十几个省市区产业结构和能源结构的调整、经济效益的提升。

1.1.1 西气东输工程的时代背景

“西部大开发”是中华人民共和国中央政府的一项政策，目的是把东部沿海地区的剩余经济发展能力，用以提高西部地区的经济和社会发展水平，努力实现西部地区经济又好、又快的发展，人民生活水平持续、稳定的提高，基础设施和生态环境建设取得新突破，重点区域和重点产业的发展达到新水平，构建社会主义和谐社会迈出扎实步伐。“实施西部大开发战略、加快中西部地区发展，关系经济发展、民族团结、社会稳定，关系地区协调发展和最终实现共同富裕，是实现第三步战略目标的重大举措。”

2013 年 9 月、10 月，中国国家主席习近平在出访中亚和东南亚国家期间，先后提出共建“丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”的重大倡议，得到国际社会的高度关注。“一带一路”战略的提出，表现出党中央对中国西部和东南沿海发展战略的高瞻远瞩，体现了中国西部和东南沿海地区作为国家开放窗口的重要战略意义。

以“西部大开发”为时代背景，在“一带一路”宏伟战略的指引下，中国的社会经济发展迸发出前所未有的活力，同时也正面临着不断创新发展的压力。社会发展离不开能源结构的调整与变革，经济进步更是带来了能源的巨大需求增长。然而，改革开放以来中国能源工业发展迅速，但结构很不合理，煤炭在一次能源生产和消费中的比重一度超过了 70%。大量燃煤使大气环境不断恶化，发展清洁能源、调整能源结构迫在眉睫。

中国西部地区的塔里木、柴达木、陕甘宁和四川盆地蕴藏着 26 万亿立方米的天然气资源，约占全国陆上天然气资源的 87%。特别是新疆塔里木盆地，天然气资源量有 8 万多亿立方米，占全国天然气资源总量的 22%。塔里木北部的库车地区的天然气资源量有 2 万多亿立方米，是塔里木盆地中天然气资源最富集的地区，具有形成世界级大气区的开发潜力。同时，我国和中亚地区天然气贸易往来也日益密切，进口气源逐步具备了稳定供应的条件。

1.1.2 天然气管道的发展

20 世纪 70 年代和 80 年代是世界天然气管道工程发展的高峰期，全世界现有的天然气管道中，约有三分之一是在 80 年代建成的，与此相适应，管输技术在这一时期的发展也是最快的。从管道的设计到施工，从布管、弯管、挖沟和管子除锈防腐蚀绝缘、管子对口、焊接、焊缝检测、回填和试压到压气站安装建设等工序均全部实现机械化或部分自动化，施工机具达到标准化、系列化和管道运行自动化，能够适应各种复杂的自然气候以及地理环境下建设和管理天然气管道。

天然气管道可分为矿场输气管道、干线输气管道以及城市输气管道，通常称内部集输管线、长距离和城市输配管网。天然气从气井开采出来后，通过矿场集输⟶净化硫⟶长输管道输送到城市输配管网，供用户使用。矿场输气管道所输送的是没有经过处理的原料气，通常具有输送距离短、管径小和压力变化大等特点。干线输气管道是把经脱硫净化处理后的天然气送到城市，链接净化与城市门站之间的输气管道。它输送距离长、管径大和压力高，是天然气远距离运输的主要工具。城市输气管道是天然气的分配管网，它遍布整个城市和近郊，一般总是成环形布置，且根据压力高低严格区分，气体从高压等级的管网输入低压力等级的管网必须经过调压。

输气站场按其功能可分为首站、末站、压气站、清管站、分输站、接收站、联络站和枢纽站。干线长距离输气管道与各类输气站场组成一个复杂的动力系统，由于它所输的气量大，通常采用大口径高压力的输送系统，与矿场输气管和城市管网有很大差别。

1.2　压气站

1.2.1　压气站的功能

压气站是干线输气管道的主要工艺设施，通常具有过滤分离、天然气增压和清管等功能，其核心功能是给管道中输送的天然气增压，提高管道的输送能力。此外，压气站通常还具有安全放空、管路紧急截断等功能。压气站的工艺流程应满足增压外输、清管、站内自用气和越站的需要。如果压气站位于干线输气管道与整个供气系统其他部分的交界处，如管线的起点和终点、干线与支线的连接点，则还应具有计量和调压的功能。

燃驱站场工艺流程示意如图 1-1 所示。

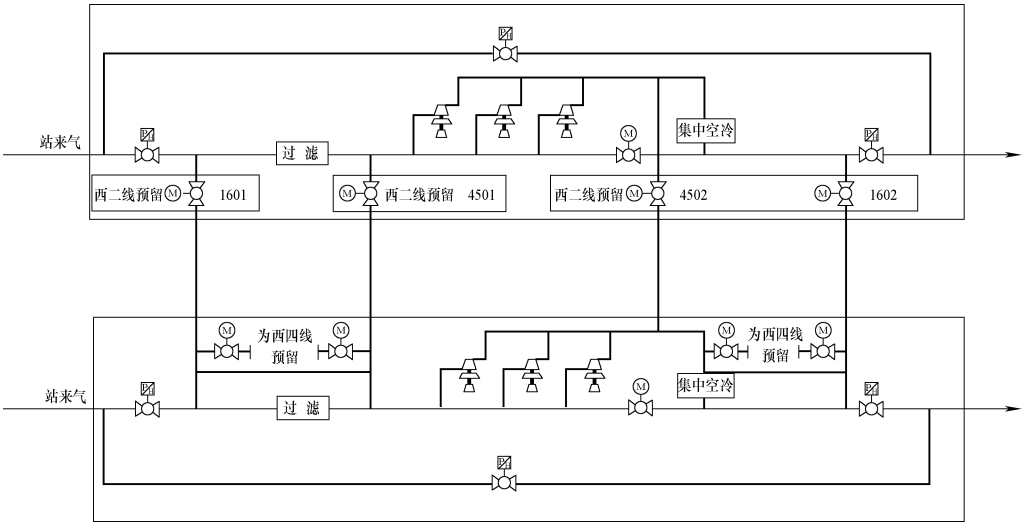


图 1-1　燃驱站场工艺流程示意图

燃驱站场典型功能设置包括：

1）正常输送　上游管道来气经过入口阀进入到站场内，经过滤后进入压缩机组增压，经空冷器冷却后进入下游管道，通过站场出口阀流向下一个站场。各站设置若干台组合式过滤分离器、压缩机组，压缩机出口设集中布置的空冷器。

2）压力越站　各站内设压力越站管线，当压缩机组停机时，经过滤分离后的天然气可越过压缩机组，输往下游站场。

3）站内循环　设站内循环管线，主要用于机组测试，以及需要较长时间回流时，把部分压缩机出口天然气输回压缩机入口。站内循环和压力越站共用部分管线。

4）进出站跨接流程　压气站进、出站设置跨接阀门 1601、1602，各合建站场可通过跨接阀门 1601、1602 的开关实现同一压气站内两条干线管道间的连通或隔离，实现管道系统的联合运行及独立运行功能。两站场联合运行时，跨接阀门打开；两站场独立运行或合建站场执行 ESD 命令后，跨接阀门关闭。

5）与两条管线压缩机组互连，共用备机流程　同一压气站内的两条管线压缩机组进、出口汇管是连通设置跨接阀门 4501、4502，以实现两条管线压缩机组的联合运行及互为备用功能。同一压气站内两条管线联合运行时，4501、4502 阀门打开，此时可实现机组备用；各自独立运行时，4501、4502 阀门关闭。

6）天然气全越站　当站内设备检修或发生事故时，气体可通过旁通管线越过该站输往下游站场。

7）清管器接收、发送　站内设置清管器接收、发送流程，可接收上游干线站场发送的清管器，并可向下游干线管道发送清管器。

8）燃料气处理　燃驱压气站设置燃料气处理橇，为燃驱压缩机组提供燃料气。

9）干燥压缩空气供给　设置独立的两台空气压缩机，为机组及站场提供清洁、干燥的压缩空气。同一压气站内两条管线的空气压缩机可以互为备机。

10）事故状态及维修时的放空和排污　同一压气站内两条管线的空气压缩机可以共用工艺管道排污残液罐和压缩机组本体排污罐，在维检修作业和日常维护保养过程中，分别用来收集站场和压缩机组排出的废液。同一压气站内两条管线的空气压缩机共用一座放空火炬，在事故状态中或维修作业前，站场全部工艺管道和设备内的天然气可以通过放空管线连接至火炬并被点燃，以防止环境污染和次生灾害。

以上介绍的是采用燃气轮机——离心式压缩机组压气站的功能和工艺流程情况。如采用电驱机组，则需要增设电驱机组冷却系统和高压电气系统，同时取消燃驱机组燃料气系统，但站场基本工艺流程和功能一致。

1.2.2　压气站的组成及主要设备

一般来说，可以将整个压气站划分为主工艺系统和辅助系统。主工艺系统是指管道所输天然气流经的部分，主要包括压缩机组、净化除尘设备、调压阀、流量计、天然气冷却器、工艺阀门以及连接这些设施的管线。辅助系统通常包括压缩机组的能源系统、干气密封系统、润滑油系统以及整个压气站的仪表监控系统、阴极保护系统、电气系统、通信系统、给排水系统、通风系统、消防系统、事故紧急截断系统、排污和放空系统等。

压气站场主要设备包括：

（1）天然气压缩机组

天然气压缩机组是压气站运行的核心，是压气站场实现其功能的关键。在西气东输管道运行中，调控中心根据管道沿线的压力流量关系调节各站运行机组输量，以满足管道不同输量工况的要求。各压气站压缩机所选用的驱动方式不尽相同，在西气东输工程中，压缩机的驱动方式主要有电动机驱动和燃气轮机驱动两种，电驱机组和燃驱机组分别将电能和天然气燃烧释放的能量转化为管道天然气的压力势能。压气站的压缩机工艺区通常具备天然气增压、超压泄放、机组 ESD 放空、增压后天然气冷却（需要时）和压缩机组检维修放空等功能。

压缩机的控制方式有两种，一种是通过机组本体控制系统单独对机组实现起、停、加载和卸载控制；另一种是通过站控系统下发机组操作命令，在机组运行中根据管道运行工况，由站控系统自动调节机组负载，本书后续章节将详细介绍第二种控制方式的实现。在两种控制方式下，压缩机组都会根据命令或条件，按预定程序自动完成压缩机组的起动、加载、卸载和停车等操作，同时还具有负载分配控制、速度控制及保护停车、机组机械状态监测及保护停车、紧急停车、辅助系统控制及保护、出口天然气超温控制及保护停车、出口天然气过压控制及保护停车和机组防喘振控制等功能。从压缩机组起动开始直至机组停机，为保证压缩机组的正常工作，需严密监视压缩机组各配套系统的工作状态。

在西气东输管道运行中，同一站场往往会出现不同的驱动方式，不同功率等级的压缩机组同时运行的情况，即便是相同驱动方式和功率等级的机组，其自身的性能也不尽相同。为了实现机组的联合运行控制，避免发生压缩机偏流和过载等现象，需对站场压缩机组进行统一负载分配。机组负载分配由机组控制系统进行控制。负载分配控制由主控制器和负载分配控制器、防喘振控制器共同作用，使联合运行中的每台机组的工作点与喘振线可保持相同的距离。压缩机组控制系统可对机组状态进行连续监控，当机组起动或有喘振倾向时，喘振控制阀打开，使压缩后的天然气从压缩机排出端经过循环管路至站场过滤设备进口，与进口天然气进行冷热掺混，气体冷却后再回到压缩机入口，提高机组流量防止发生喘振。

（2）过滤分离装置

上游输送来的天然气往往带有一部分液体和固体杂质，这些杂质不仅会腐蚀管道、设备和仪表，而且还可能堵塞阀门管线、损坏设备从而影响正常的生产过程。因此，压气站中旋组合使用风分离器和卧室分离器，从上一站来的天然气先经过旋风离器清除里面的大颗粒固体杂质，然后再经过卧室分离器清除杂质，最后进入压缩机组，加压输送到下游站场。压气站的过滤分离区通常具备天然气分离、除尘以及分离除尘设备检维修放空、排污（液）等功能。

天然气过滤分离装置是以离心分离、丝网捕沫和凝聚拦截的机理，天然气进行粗滤、半精虑、精滤的三级过滤设备，是除去气体中的固体杂质和液态杂质的高效净化装置。具有净化效率高，容尘量大，运行平稳，使用简便等特点。其工作原理是天然气首先进入进料布气腔，撞击在支撑滤芯的支撑管（避免气流直接冲击滤芯，造成滤材的提前损坏）上，较大的固液颗粒被初步分离，并在重力作用下沉降到容器底部。接着气体从外向里通过过滤聚结滤芯，固体颗粒被过滤介质截留，液体颗粒则因过滤介质聚结功能而在滤芯的内表面逐渐聚结变大，当液滴到达一定尺寸时会因气流的冲击作用从内表面脱落出来而进入滤芯内部流道

后进入汇流出料腔。在汇流出料腔内，较大的液珠依靠重力沉降分离出来。此外，在汇流出料腔还设有分离元件，它能有效地捕集液滴，以防止出口液滴被夹带，进一步提高分离效果，最后洁净的天然气流出过滤分离器。随着天然气通过量的增加，沉积在滤芯上的颗粒会引起燃气过滤压差的增大，当压差增大到规定值时（从分离器前后压变读出），说明滤芯已被堵塞，应该及时清理更换。

卧式过滤分离器，如图 1-2 所示。它主要包括滤芯、壳体、快开盲板以及内外部件组成，它的主要工作原理为含有杂质的天然气通过过滤分离器的滤芯，天然气可以顺利地通过，而将一些固体及液体颗粒留在滤芯的一侧。旋风分离器，如图 1-3 所示。天然气从进气口进入分离器进料布气室，经过旋风子支管的碰撞、折流，使气体均匀分布，流向旋风子进气口。均匀后的气流由切向进入旋风子，气体在旋风管中形成旋风气流，强大的离心力使得气体中固体颗粒和液体颗粒甩脱出来，并聚集到旋风管内壁上，最终落入集污室中。干净的气流继续上升到排气室，由排气口流出旋风分离器。

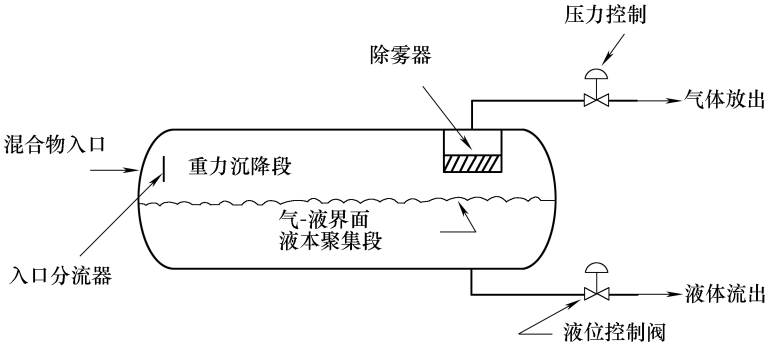


图 1-2　卧式过滤分离器

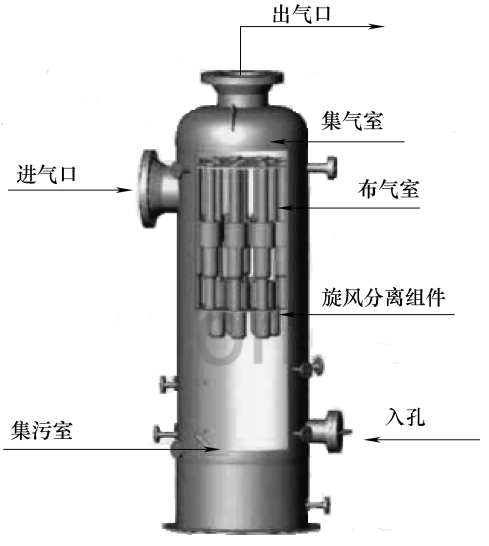


图 1-3　旋风分离器

（3）清管器收、发装置

天然气管道长时间运行，管道内部会存有积水、泥沙、锈渣和液态烃等杂质，影响天然气水露点和烃露点，增加天然气中的悬浮物、固体颗粒进而影响气质，同时容易诱发管线冰堵和内壁腐蚀事件。为了保证管输天然气质量，保证工艺设备安全，延长管道使用寿命，降低运行风险，需要定期组织管道清管作业。典型的压气站场设有清管器收、发装置各一套，满足了清管作业的要求。

清管器收（发）装置主要有收（发）球筒、过球指示器、平压阀、收（发）球筒排污及放空管线阀门、收（发）球筒进口阀门和收（发）球筒出口阀门等组成。

清管器发送流程示意如图 1-4 所示。

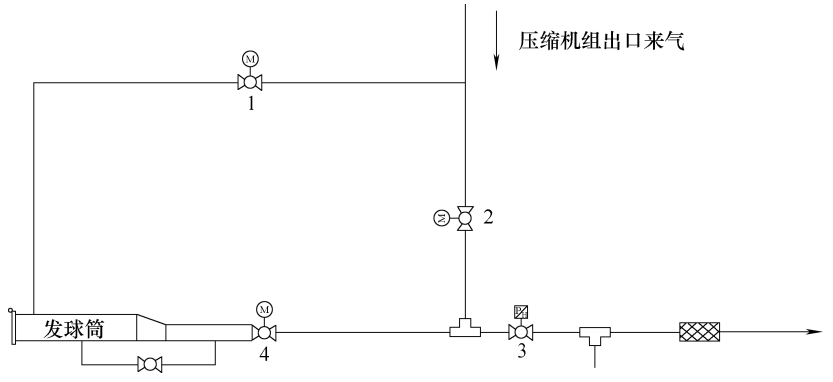


图 1-4　清管器发送流程示意图

压气站在正常情况下，1#阀门、4#阀门关闭，发球筒内天然气放空，压缩机出口天然气经过 2#、3#阀门出站。需要开展清管器发送作业时，将清管器装入发球筒内，对发球筒及两端管路冲压，平压后打开 1#、4#阀门，缓慢关闭 2#阀门，高压天然气经过 1#阀门推动清管器经由 4#、3#阀门进入管道干线，前往下一站。

清管器接收流程示意如图 1-5 所示。

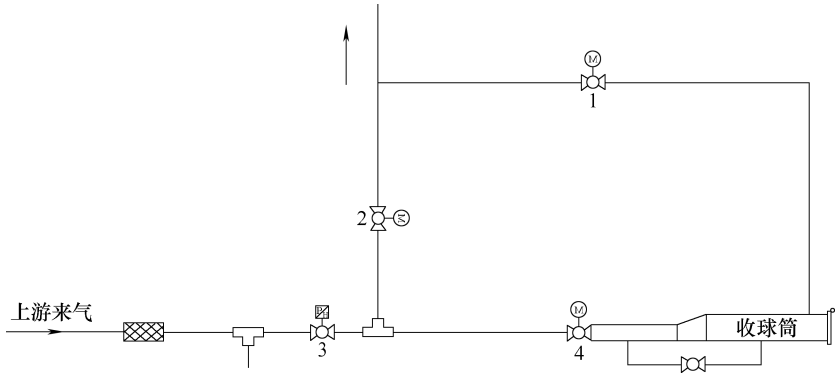


图 1-5　清管器接收流程示意图

压气站在正常情况下，1#阀门、4#阀门关闭，收球筒内天然气放空，上游来气经过 3#、2#阀门进站。需要开展清管器接收作业时，对收球筒及两端管路冲压，平压后打开 1#、4#阀门，待清管器到达 3#阀门后三通处时，缓慢关闭 2#阀门，高压天然气推动清管器经过 4#阀门进入收球筒。打开 2#阀门，关闭 1#、4#阀门后，即可对收球筒及前后管道进行放空和排污作业，之后打开收球筒，将清管器取出。

（4）紧急截断、放空系统

压气站设有紧急截断、放空系统，当压气站遇到突发事故时，触发 ESD 信号，紧急截断、放空系统按既定逻辑投入工作，保证压气站的安全。ESD 信号触发后，停运压缩机组，紧急放空压缩机内天然气，打开越站旁通气液联动阀，关闭进站、出站 ESD 阀。进出站 ESD 阀和越站旁通阀动作到位后，打开进站放空电动截止阀和出站放空电动截止阀，放空站内天然气。紧急工况时，进出站 ESD 阀门，越站旁通气液联动阀，进出站放空电动截止阀均为联动。

当站场开展特殊作业或设备维检修时，站场各段管路可分别单独放空。为避免站内管线和设备上的放空阀门被误开，放空阀上设明显的标识，用于提醒注意。

站场进出站 ESD 阀、越站旁通阀以及线路截断阀均采用气液联动执行机构，能够确保在紧急情况下阀门的快速动作。同时，越站旁通阀和阀室截断阀还具有压力、压降速率监测功能，达到设定值后可以自行关断（破管诊断）。

（5）空气冷却器

压气站压缩机组出口汇管设置有成套的空气冷却器，用于冷却压缩后的天然气。天然气流经该装置细分成多个散热管，空气冷却器电动机带动叶片将空气以较高速度吹向散热管，实现空气与高温天然气热量交换，以降低天然气的温度。压缩机组后空冷器下游至压缩机组进口汇管间设置站内循环管线和站循环阀，若需要长时间循环时，可切换至站内循环管线进行循环，此时后空冷器作为循环空冷器使用，以防止天然气介质超温。

空冷器的控制由站控制系统完成，根据压缩机出口温度自动控制空冷器起、停及投用数量，节约能耗的同时保证天然气出站温度在合理范围内。在空冷器的每台电动机上均安装有一个振动开关，当后空冷器运行时，如果振动开关报警，站控制系统应自动停止该报警的风扇电动机。此外，空冷器旁通阀及空冷器出口阀故障信号、空冷器风扇电动机故障和空冷器振动信号均上传至站控室，以方便运行人员实时监控空冷器的工作状态。空冷器振动超标停机，其振动开关自动关闭后，需要人员现场确认空冷器状态，排除故障并就地复位。

（6）空气压缩机

空气压缩机撬装控制系统包括一个联锁控制柜及撬装管路上安装的温度、压力、流量、水露点等传感器和可控电磁阀，对集成撬内的两台空气压缩机、两台干燥机和 4 只过滤器进行联锁控制。空气压缩机集成撬和空气储罐构成了压气站的压缩空气系统，具备空气增压、过滤、干燥和增压后压缩空气储存等功能，其核心任务是为压气站提供清洁、干燥的压缩空气。

空气压缩机的控制状态（自动或手动）、运行状态（运行或停机）、系统管网总压力、温度、流量和压缩空气水露点实时上传至站控 SCADA 系统，以便于操作员及时掌握压缩空气系统的运行状态。每台空压机就地控制系统面板还会显示公共报警、停机报警、运行信