



中国石油天然气集团公司统编培训教材

天然气与管道业务分册

天然气压缩机组 基础知识与运行维护

《天然气压缩机组基础知识与运行维护》编委会 编



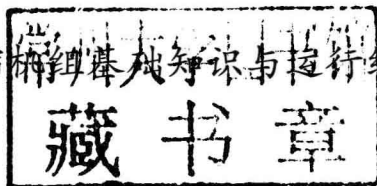
石油工业出版社

中国石油天然气集团公司统编培训教材

天然气与管道业务分册

天然气压缩机组 基础知识与运行维护

《天然气压缩机组基础知识与运行维护》编委会 编



石油工业出版社

内 容 提 要

本书从天然气压缩机组的基础知识出发,系统阐述了压缩机(离心式压缩机、往复式压缩机)、动力机(燃气轮机、电动机、燃气发动机)和压缩机组控制系统的结构、工作原理及主要性能参数,介绍了压缩机组运行维护技术,并就压缩机组典型故障案例进行了分析。

本书主要作为各天然气管道分公司的培训教材,也可作为相关领域的员工和技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

天然气压缩机组基础知识与运行维护/《天然气压缩机组基础知识与运行维护》编委会编. —北京:石油工业出版社,2011.12

中国石油天然气集团公司统编培训教材

ISBN 978-7-5021-8126-0

I. 天…

II. 中…

III. 天然气-压缩机-机组-技术培训-教材

IV. TE964

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 227175 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523579 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:15

字数:232 千字

定价:52.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

序

企业发展靠人才，人才发展靠培训。当前，集团公司正处在加快转变增长方式，调整产业结构，全面建设综合性国际能源公司的关键时期。做好“发展”、“转变”、“和谐”三件大事，更深更广参与全球竞争，实现全面协调可持续，特别是海外油气作业产量“半壁江山”的目标，人才是根本。培训工作作为影响集团公司人才发展水平和实力的重要因素，肩负着艰巨而繁重的战略任务和历史使命，面临着前所未有的发展机遇。健全和完善员工培训教材体系，是加强培训基础建设，推进培训战略性和国际化转型升级的重要举措，是提升公司人力资源开发整体能力的一项重要基础工作。

集团公司始终高度重视培训教材开发等人力资源开发基础建设工作，明确提出要“由专家制定大纲、按大纲选编教材、按教材开展培训”的目标和要求。2009年以来，由人事部牵头，各部门和专业分公司参与，在分析优化公司现有部分专业培训教材、职业资格培训教材和培训课件的基础上，经反复研究论证，形成了比较系统、科学的教材编审目录、方案和编写计划，全面启动了《中国石油天然气集团公司统编培训教材》（以下简称“统编培训教材”）的开发和编审工作。“统编培训教材”以国内外知名专家学者、集团公司两级专家、现场管理技术骨干等力量为主体，充分发挥地区公司、研究院所、培训机构的作用，瞄准世界前沿及集团公司技术发展的最新进展，突出现场应用和实际操作，精心组织编写，由集团公司“统编培训教材”编审委员会审定，集团公司统一出版和发行。

根据集团公司员工队伍专业构成及业务布局，“统编培训教材”按“综合管理类、专业技术类、操作技能类、国际业务类”四类组织编写。综合管理类侧重中高级综合管理岗位员工的培训，具有石油石化管理特色的教材，以自编方式为主，行业适用或社会通用教材，可从社会选购，作为指定培训教材；专业技术类侧重中高级专业技术岗位员工的培训，是教材编审的主体，

按照《专业培训教材开发目录及编审规划》逐套编审，循序推进，计划编审300余门；操作技能类以国家制定的操作工种技能鉴定培训教材为基础，侧重主体专业（主要工种）骨干岗位的培训；国际业务类侧重海外项目中外员工的培训。

“统编培训教材”具有以下特点：

一是前瞻性。教材充分吸收各业务领域当前及今后一个时期世界前沿理论、先进技术和领先标准，以及集团公司技术发展的最新进展，并将其转化为员工培训的知识和技能要求，具有较强的前瞻性。

二是系统性。教材由“统编培训教材”编审委员会统一编制开发规划，统一确定专业目录，统一组织编写与审定，避免内容交叉重叠，具有较强的系统性、规范性和科学性。

三是实用性。教材内容侧重现场应用和实际操作，既有应用理论，又有实际案例和操作规程要求，具有较高的实用价值。

四是权威性。由集团公司总部组织各个领域的技术和管理权威，集中编写教材，体现了教材的权威性。

五是专业性。不仅教材的组织按照业务领域，根据专业目录进行开发，且教材的内容更加注重专业特色，强调各业务领域自身发展的特色技术、特色经验和做法，也是对公司各业务领域知识和经验的一次集中梳理，符合知识管理的要求和方向。

经过多方共同努力，集团公司首批39门“统编培训教材”已按计划编审出版，与各企事业单位和广大员工见面了，将成为首批集团公司统一组织开发和编审的中高级管理、技术、技能骨干人员培训的基本教材。首批“统编培训教材”的出版发行，对于完善建立起与综合性国际能源公司形象和任务相适应的系列培训教材，推进集团公司培训的标准化、国际化建设，具有划时代意义。希望各企事业单位和广大石油员工用好、用活本套教材，为持续推进人才培训工程，激发员工创新活力和创造智慧，加快建设综合性国际能源公司发挥更大作用。

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》

编审委员会

2011年4月18日

前言

伴随着天然气在工业和民用上的逐步推广普及，我国进入了输气管道的大发展时期。按照未来的发展规划，为提高管网输配能力及供气安全性，将在现有天然气管网的基础上大量建设输气主干线，实施增输工程及适应性改造，同时启动支线建设及联络线建设工程，进一步加快现有管网的升级和完善。预计到2015年，东北、西北、西南、海上四大油气资源进口通道将基本形成，以满足国民经济发展对天然气的需求。

天然气管道不同于输油管道，输送终端直接指向用户，用户对其依赖性很强。部分重点管线，如西气东输二线，还承担着为其他管道保安供气的任务，而进口天然气管线则是依照照付不议的原则购买国外天然气。一旦天然气管道事故降量或停输，则波及范围广，社会影响和经济损失重大。因此，压缩机组作为天然气管道的核心和关键设备，是天然气管道输送的核心和关键设备。输气管道运行的可靠性和经济性在很大程度上取决于压缩机组的性能和维护管理水平。管道进入成熟运行期后，压缩机组的维护、检修费用大概要占到总运行成本的60%以上。随着西气东输一线压缩机组即将达到25000h的燃气发生器模块更换或大修和50000h的燃气发生器大修，以及未来西气东输二线和其他管线大批量压缩机组的投运，压缩机组的维护、维修、大修将成为迫切需要考虑的问题。

国外压缩机组供应商主要有罗罗（RR）、GE、西门子、索拉、曼透平（Man-turbo）等公司，其产品已经在全世界范围（包括中国市场）内获得广泛应用。国内厂家也基本具备了长输管道增压用大功率离心式压缩机的设计、制造的能力，但在大型驱动机研制方面进展缓慢，国产压缩机组的工业化应用也还处在起步阶段。我国天然气管道工程的很大一部分投资均花费在购买国外设备上，且运行维护费用居高不下，以致在国家战略能源输送上还处于受制于外国公司的状态。从国家能源发展战略高度以及企业自身长远发展角

度来看，天然气管道压缩机组国产化是未来的发展趋势。

基于天然气管道压缩机组运行管理的现状及未来发展需求，迫切需要有一本专门介绍天然气管道压缩机组相关基础知识的培训教材，为相关人员认识和了解天然气管道压缩机组提供参考。在中国石油天然气集团公司相关部门的安排下，我们组织编写了本培训教材，目的是使天然气管道压缩机站、储气库和液化天然气（LNG）站压缩机组的管理及运行维护人员掌握天然气管道压缩机组相关基础理论、设备结构和维护、检修知识，熟悉压缩机及配套驱动装置的运行和管理技术，并通过基础知识的学习和应用，提高压缩机组运行管理水平。

本书的内容主要基于中国石油压缩机组培训基础资料、中国石油各单位压缩机组运行维护技术资料、中国石油管道科技研究中心压缩机组维护、检修及国产化调研资料以及相关通用文献资料等。

全书由中国石油管道科技研究中心组织编写，其中，第一章由魏东吼、杨祖佩、付立武、税碧垣编写，第二章由吴志平、常景龙、董绍华、沈煜欣编写，第三章由税碧垣、冯庆善、燕冰川编写，第四章由燕冰川、刘培军、拜禾、周利剑编写，第五章由税碧垣、燕冰川、李保吉、郑洪龙编写，第六章由李保吉、高顺华、刘强、王学力编写。全书由燕冰川、沈煜欣统稿。

参与本书编写的单位还有中国石油天然气与管道分公司管道处、西气东输管道分公司压缩机处、北京天然气管道有限公司科技处以及管道分公司技术服务中心、压缩机组维护、检修中心和德州天然气压缩技术有限公司。合作单位包括北京航空航天大学 and 西南石油大学。

参与编写单位提供了大量的资料和素材，合作单位提出了大量中肯的意见和建议。此外，在本书编写过程中，参考了许多相关领域专家、学者和工程技术人员的著作和研究成果，在此一并表示诚挚的感谢！

由于本书涉及技术领域广泛，编者的水平有限，因此书中内容难免有错误和疏漏之处，恳请专家和读者批评指正。

编 者

2011 年 6 月于廊坊

说明

本书可作为中国石油天然气集团公司所属各天然气管道分公司的专用培训教材。各天然气管道分公司的管道从业人员，包括从管道管理者到基层站队员工，可按需要进行不同内容、不同层次的管道压缩机组专业培训。培训对象的划分及其应掌握和了解的内容在本书中章节分布，做如下说明，以供参考：

- (1) 生产管理人员，包括管道分公司管道处、管道科、管道管理岗。
- (2) 专业技术人员，包括管道分公司管道科、基层站队、管道班、巡线工。
- (3) 相关技术人员，包括各管道分公司管道处、管道科的压气站从业人员。

针对不同级别人员的教学内容，可参照如下要求：

- (1) 生产管理人员，要求熟悉第二章、第三章和第四章内容，了解第一章、第五章和第六章内容。
- (2) 专业技术人员，要求掌握第二章、第三章、第四章和第五章内容，了解第一章和第六章内容。
- (3) 相关技术人员，要求了解第一章、第五章和第六章的相关内容。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 天然气管线及压气站	1
第二节 天然气压缩机组简介	7
第三节 天然气压缩机组国内外发展现状	15
第二章 压缩机	21
第一节 离心式压缩机	21
第二节 往复活塞式压缩机	57
第三章 动力机	76
第一节 燃气轮机	76
第二节 电动机	117
第三节 燃气发动机	129
第四章 压缩机控制系统	140
第一节 压气站控制系统	140
第二节 压缩机组控制系统	151
第五章 压缩机组运行维护技术	160
第一节 基本概念	160
第二节 压缩机组的维护与检修	164
第三节 新技术介绍	196
第六章 压缩机组故障典型案例分析与经验总结	200
第一节 典型案例	200
第二节 经验总结	217
参考文献	221

第一章 绪 论

第一节 天然气管线及压气站

一、天然气管线

20 世纪 70 年代和 80 年代是世界输气管工程发展的高峰期,全世界现有的输气管道中,约有 1/3 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、管子除锈防腐绝缘、管子对口、焊接、焊缝检测、回填、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、管道运行自动化,能够适应各种复杂的自然气候及地理环境下建设和管理输气管道。

我国的天然气管道输送事业起步较晚,目前建成使用的主要有陕京线、涩宁兰线、忠武线、中沧管线、鄯乌线、靖西线、长宁线及西气东输管线,总里程只有一万多千米,其中西气东输管道干线管道超过 4800km,占我国输气管道全长的一半,输气压力及输气量均为国内最高级别。

输气管道可分为矿场输气管道、干线输气管道及城市输气管道,通常称内部集输管线、长距离输气管线和城市输配管网。

天然气从气井开采出来后,通过矿场集输—净化脱硫—长输管道输送到城市输配管网,供用户使用。矿场输气管道根据气田构造规模和形状可布置成直线型、环型和放射型,它所输送的是没有经净化处理的原料气,通常输送距离短(一般为几千米至几十千米)、管径小(一般在 100~300mm)、压力变化大(在开采初期可高达 10MPa 或更高,而在开采后期可能降至 1.0MPa,甚至 0.1~0.2MPa)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,连接净化与城



市门站之间的输气管道。它输送距离长（从几百千米至几千千米）、管径大（一般在 400mm 以上）、压力高（4.0 ~ 8.0MPa），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，按我国的规范共分为五个等级：

- (1) 高压 A 级： $0.8\text{MPa} < p \leq 1.6\text{MPa}$ ；
- (2) 高压 B 级： $0.4\text{MPa} < p \leq 0.8\text{MPa}$ ；
- (3) 中压 A 级： $0.2\text{MPa} < p \leq 0.4\text{MPa}$ ；
- (4) 中压 B 级： $0.005\text{MPa} < p \leq 0.2\text{MPa}$ ；
- (5) 低压 A 级： $p \leq 0.005\text{MPa}$ 。

气体从高压等级级的管网输入低压力等级的管网必须经过调压，绝不允许不同压力等级的管道直接连通。长距离输气管道与压气站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。

二、压气站

1. 压气站的功能与组成

压气站是干线输气管道的主要工艺设施，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。压气站按在输管中的位置可分为首站、中间站和末站。末站增压除提高输气能力外，通常还起增加末段管道储气调峰手段的作用。也有一些干线压气站和储罐（或地下储库）相连，在用气低谷时将管道气压进储气库，而在高峰时抽取储库气送往城市配气系统。此外，压气站通常还具有清管器收与发、越站旁通输送、安全放空、管路紧急截断等功能。如果压气站位于干线输气管道与整个供气系统的其他部分的交界处，如管线的起点和终点、干线与支线的连接点，则还应该具有计量和调压功能。

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、气缸冷却系统、密封油系统、润滑油系统、润滑油冷却系统以及整个压气站的仪表监控系统、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、放空系统等。

压气站各系统按工艺流程和各自功能划分为许多区块,如压缩机房、净化除尘区、冷却装置区、调压计量区、消防水池、储油罐区、仪表控制间等。为减少现场安装工作量,适应工厂化大生产的发展趋势,国外已大量采用快装机组和撬装区块。快装机组把原动机、压缩机及辅助的油路、气路进出口管道都安装在一个或几个底盘上,在工厂预制好后由拖车运到现场。在现场只要使底盘就位,连接管道就完成了整个机组的安装工作,检修时拆卸也很方便,可整体拖到工厂检修。另外,如调压计量区、净化除尘区等都可做成撬装块,在工厂预制好运到现场安装,这样可缩短工期,节省投资。

以上介绍的是采用燃气轮机——离心式压缩机组的一般长输管道增压站的组成情况。如果采用电动机驱动,则设有燃料气和启动气系统,若天然气出口温度不高,出口就不用天然气冷却装置,所以压气站的组成要视所选用的设备而定。

压缩机组是压气站的“心脏”,压缩机和原动机的选择是压气站经济和安全运行的关键,有关压缩机和原动机的选型以及与之配套的辅助系统将在后面章节做详细介绍。图 1-1 是装有 2 台机组的压气站平面布置图。

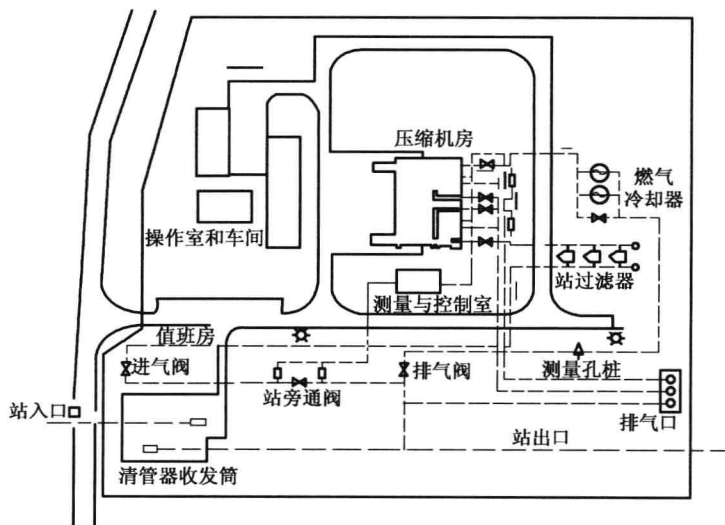


图 1-1 压气站平面布置

对较大型的压缩机,为了方便操作,减少占地,一般为双层布置,二层为操作平台,辅助设备和管道布置在一层。图1-2为装有5台燃压机组的压缩机房平面布置图。

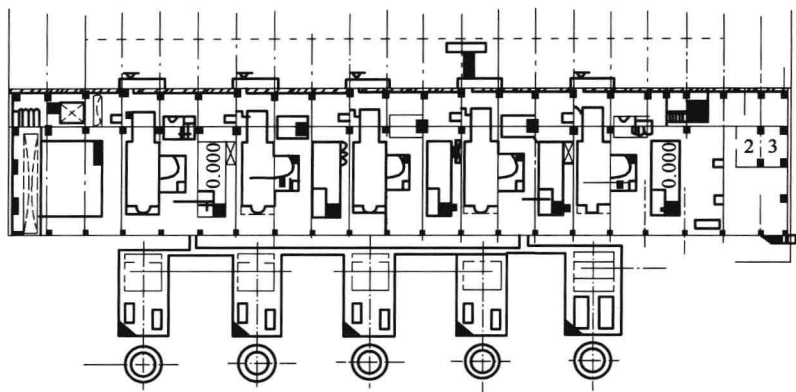


图1-2 压缩机房平面布置图

1—机修间; 2—仪表修配间; 3—实验室

压缩机组能源系统的具体形式取决于所采用的原动机类型。如果原动机为电动机,则能源系统为与公用电网相连的供电系统;如果原动机为燃气轮机或燃气发动机,则能源系统为燃料气和启动气系统。如果压气站具有调压功能,而且调压后有可能因气体温度过低而生成水合物,则应在调压阀前设置加热装置。

2. 压气站的工艺流程

压气站的结构和流程不仅取决于它应该具有哪些功能,还取决于所采用的压缩机组的类型及连接方式。压气站的核心设备是压缩机组,因而压气站的工艺流程基本上是以压缩机组为中心而设计的。考虑到压气站工况调节及机组备用的需要,在一个压气站中通常设有多台压缩机组。这些机组可以采用多种连接方式,其中最常见的方式是串联和并联,在某些大型压气站中也可采用先串联再并联或先并联再串联的方式。串联方式的基本特点是:各台压缩机的标准体积流量相等,而压气站的站压比等于各台压缩机的压比的乘积。并联方式的基本特点是:压气站的总流量(标准体积流量)等于各台压缩机的标准体积流量之和,而站压比等于每台压缩机的压比。

在设计压缩机组的连接方式时,除了要满足整个压气站的工艺要求外,还应该注意以下几方面的问题:

(1) 由于自身特点的限制, 往复式压缩机不能串联运行。

(2) 当离心式压缩机串联运行时, 整个压气站的喘振流量(按压气站进口处的气体状态计量)大于第一级以后各台压缩机的喘振流量, 而其滞止流量有可能小于单台压缩机的滞止流量。因此, 串联压缩机组合的稳定工作范围可能小于其中某台压缩机的稳定工作范围。

(3) 为了降低压气站实际消耗的总压气功率, 可以考虑在串联压缩机之间设置气体冷却装置。

(4) 在满足压气站工艺要求的前提下, 压缩机组的连接方式应尽可能简单。站内管线是实现压气站工艺流程的纽带。在设计站内管线时, 既要最大限度地满足工艺操作的要求, 又要尽可能缩短管线长度, 减少阀门数量, 并按照合理流速选择管线直径。一般来说, 站内管线的气体流速应控制在 20m/s 以内, 整个压气站的总压力损失应控制在 0.1MPa 以内。站内管道气体流速过高一方面将增大站内压力损失, 另一方面将产生较大的气流噪声。

为了保证压缩机组安全、稳定、正常运行, 在离心式压气站中需要设置防喘振装置, 在往复式压气站中需要设置气流脉冲处理装置。

目前, 采用的防喘振装置有全自动回流调节器、机械式防喘振发讯器等多种形式, 但其基本原理都是相同的, 即通过感测压缩机进出口的压差判断其流量是否达到喘振流量限, 如果已经达到, 则发出信号打开压缩机进出口之间的回流阀, 通过回流调节使压缩机的入口流量增大到喘振流量限之上。

往复式压缩机由于自身的工作特点使得其排出口存在气流脉动现象, 这种脉动有可能与压缩机的进出口管线的机械振动产生共振, 从而使压缩机组、压缩机的进出口管线以及压缩机组的基座遭受损坏。引起共振的条件与压缩机的转速、气缸数目、缓冲罐容积、管道长度和形状等因素有关。目前, 在往复式压气站上普遍采用脉动滤波器来消除由于气流脉动引起的共振, 这种装置安装在靠近压缩机气缸的吸气与排气管线上。如果不安装滤波器, 也可在压缩机的吸气与排气管线上安装稳压室, 稳压室的容积一般不应低于气缸容积的 7 倍。此外, 在安装往复式压缩机时应注意以下几点:

(1) 管道越短自振频率越高, 而管道低频振动的振幅大于高频振幅, 故应尽量缩短压缩机进、出口管线的长度。

(2) 牢固地固定管线有助于提高其固有频率。

(3) 在满足温度补偿要求的前提下, 应尽量避免压缩机的进、出口管线弯曲。



(4) 在必须改变管道方向的地方,需沿产生振动的方向安装支座。

3. 压气站平面布局原则

压气站平面布局的基本原则是区块化,即根据全站工艺流程的要求,将功能相同的设备布置在同一个区块内,如压缩机房、净化除尘区、冷却装置区、调压计量区、站控室、变电站、材料库、修理间、润滑油库、给水区、消防水池、办公区等。此外,压气站的平面布局还应该考虑以下几个方面:

(1) 要与站内天然气的流向相适应,尽量缩短站内管线长度,避免倒流,减少交叉。

(2) 要便于站内道路的布置。

(3) 压气站与周围构、建筑物之间以及站内各构、建筑物之间必须有足够的安全防火距离,有保证消防、起重和运输车辆通行的道路。

(4) 站控室、维修间和办公区要与压缩机房保持较远距离,以减少噪声干扰。为减少压气站的现场安装工作量、提高施工速度与施工质量、节省投资,近年来国外一直在推广模块化施工技术,即在压气站建设中大量使用快装机组和撬装区块。此外,国外新建干线输气管道的压气站大多数按无人值守设计和建设,因而其站内辅助设施可以有较大程度的简化。

4. 气体冷却装置

压缩机的排出气体温度取决于其吸入气体温度和压比,吸入温度越高、压比越大,则其排出温度越高。在干线输气管道上,当其他条件相同时,气体温度过高可能会产生以下三方面的不良后果:

(1) 压缩机的进气温度越高,其消耗的功率越大。

(2) 压气站出口的气体温度越高,则该站与其下游相邻站之间管段的摩阻损失越大。

(3) 压气站出口的气体温度过高可能会损坏其下游管段的防腐层。

根据国外的经验,压气站出口的气体温度一般应控制在 50°C 以下。对于设有多个压气站的干线输气管道,如果在每个压气站中都不设气体冷却装置,则管道下游压气站的出口温度可能会很高,以至于远远超过管道防腐层所能承受的最高温度。由于往复式压缩机只能采用并联方式,故往复式压气站的气体冷却装置只设在靠近出站口的位置。对于采用串联方式的离心式压气站,除了可以在最后一级压缩机出口设冷却装置外,有时还需要在各台串联压缩机之间设置中间冷却装置。压气站的气体冷却方式有水冷和空冷两种,但目

前普遍采用空冷装置。它不但可以利用气候变化节约大量能源,而且更适合于无水或缺水地区使用。采用空冷方式的天然气冷却装置主要由空冷器、风机和连接管道组成。空冷器有强制通风和自然通风两种形式,压气站宜选用强制通风式。这种空冷器的结构形式有垂直式、水平式、屋顶式和网络式等。在空冷器中,需要冷却的天然气通过管束流动,而由送风机送入管束空隙的冷空气将管束散发的热量带走,或者由引风机将管束空隙中的热空气抽走。为了扩大管束的散热面积,管束中的管子需要做成翅片管,翅片的材料通常为铝,翅片的表面积一般为管子本身表面积的15~20倍。

第二节 天然气压缩机组简介

一、压缩机组相关概念

压缩机及与其配套的原动机统称为压缩机组。压缩机组是干线输气管道的主要工艺设备,同时也是压气站的核心部分,其功能是提高进入压气站的气体压力,从而使管道沿线各管段的流量满足相应的任务输量的要求。严格地说,只有配置了输气压缩机组的输气管道才是真正意义上的干线输气管道。

干线输气管道上采用的许多往复式压缩机组都是一体化的,即压缩机与配套的往复式原动机(一般采用燃气发动机)连成一体。一体化往复式压缩机组的燃料一般就是取自管道本身的天然气。

由于国内输气管道增压输送的情况还不多,因此专门用于输气管道的压缩机组还没有形成批量生产,这里参考国外生产的压缩机组进行简要介绍。目前干线输气管道上采用的压缩机组有两种类型,即往复式压缩机组和离心式压缩机组:

(1) 往复式压缩机组。燃气发动机—往复式压缩机组,自带整体底盘,采用空冷,全天候运行,无人值守,适合于气田集输系统和小型输气管线上使用。

(2) 离心式压缩机组。国外生产的离心压缩机组除少数采用电动机驱动外,基本全部由燃气轮机驱动,大部分为单级压缩机,也有少数为二级或多级压缩机,多采用筒形铸钢(或焊接)气缸,轮子为悬臂结构,浮环密封,



每级压比在 1.25 ~ 1.50 之间, 最高压力为 8.25MPa, 转速为 3000 ~ 10000r/min。

1. 压缩机简介

1) 离心式压缩机

离心式压缩机的基本工作原理是利用高速旋转的叶轮使叶轮出口的气流达到很高流速, 然后在扩压室内将高速气体的动能转化为压力能, 从而使压缩机出口的气体达到较高的压力。与往复式压缩机相比, 离心式压缩机的主要特点如下:

- (1) 排量大、压比低, 适应于干线输气管道这种大排量的场合。
- (2) 结构紧凑、体积小, 机组占地面积及重量相对较小。
- (3) 运动部件少、易损件少, 运行可靠性高, 运行维修工作量低。
- (4) 振动和噪声小, 不需要庞大而笨重的基础。
- (5) 除轴承外, 机器内部的其他部件不需要润滑, 因而润滑油的用量小, 而且不会污染所输送的气体。

(6) 转速高 (可达 10^4 r/min 以上), 可与燃气轮机或蒸汽轮机直接连接而不需要变速装置。

- (7) 排气均匀、连续, 多台压缩机可以直接串联运行。
- (8) 存在喘振与滞止现象, 稳定工作范围较窄。
- (9) 运行效率较低。

2) 往复式压缩机

往复式压缩机是指靠一个或几个作往复运动的活塞来改变压缩腔内部容积的容积式压缩机。目前往复式压缩机主要是以活塞式空压机为主, 而活塞式空压机现在主要向中压及高压方向发展, 即螺杆机、离心机目前无法达到。

与离心式压缩机相比, 往复式压缩机的主要特点如下:

- (1) 曲轴转速低, 出口排量小。
- (2) 压比高, 适用的压力范围广。
- (3) 运行效率高。
- (4) 适应性较强, 同一台压缩机可以适用于较宽的流量范围, 而且流量调节比较方便。
- (5) 对制造压缩机的金属材料要求不苛刻。
- (6) 结构复杂、体积庞大、易损件多、维修保养工作量大。
- (7) 在运行过程中排气不连续, 运行时的振动较大。
- (8) 不宜串联运行。

