



普通高等教育“十二五”规划教材

油气储运节能技术概论

吕爱华 赵会军 编著

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十二五”规划教材

TE89
3

油气储运节能技术概论

吕爱华 赵会军 编著



重庆科技学院图书馆



1316157

中国石化出版社

内 容 提 要

本书阐述了油气储运设备与系统的节能基本原理和应用技术。全书共分9章,内容包括:能量与能源基础知识,油气储运系统节能分析方法,油气储运常用设备泵和加热炉的节能技术,油气集输系统节能技术,长距离管输节能工艺及技术,供热管网系统节能技术以及储运系统优化技术。

本书可作为油气储运专业本科教材,也可供从事油气储运系统节能管理、设计和科研的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

油气储运节能技术概论/吕爱华,赵会军编著.

—北京:中国石化出版社,2012.9

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5114-1767-1

I. ①油… II. ①吕… III. ①石油与天然气
储运-节能-高等学校-教材 IV. ①TE89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 224747 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京柏力行彩印有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 11.75 印张 293 千字

2012 年 10 月第 1 版 2012 年 10 月第 1 次印刷

定价:24.00 元

前 言

能源工业作为基础产业，对于社会进步、经济发展和提高人民生活水平都至关重要。石油工业是能源工业中的重要组成部分之一。目前，我国石油企业面临经济增长与环境保护的双重压力。一方面要求能源工业与经济的迅速发展相适应，另一方面又要求能源工业的发展必须兼顾到环境保护的要求。同时，石油企业既是能源生产企业，又是能源消耗大户，能源消费在企业成本中占有相当比重，如：油气生产能源消耗费用占油气生产成本的20%左右，原油加工能源消耗费用占加工成本的30%左右，输油生产能源消耗费用约占生产成本的50%。除此之外，随着改革开放的不断深入，我国能源价格正以每年15%~20%的上涨速度逐步向国际市场靠拢，用能企业的低价优势正在消失，成本压力明显增大。降低能耗不仅可以减少工业污染，具有明显的社会效益，而且可以降低企业治理工业污染的费用，对企业自身也有着直接经济效益。再次，节能工作有利于石油企业降低产品的生产成本，优化企业的成本结构，从而提高企业在市场经济中的竞争能力。

《油气储运节能技术概论》一书就是针对储运行业涉及到的生产工艺中的主要节能问题而编写的。全书共分9章，在给出节能分析方法的基础之上，分别对油气储运行业中的加热环节、集输环节、长输管道系统、蒸气供热系统等设计的能耗问题进行分析，提出相应的节能方法和措施。本书在编写过程中参考了许多文献资料，在本书出版之际，也向各位文献作者和关心支持本书编写的领导和老师们表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，难免有错误和疏漏之处，敬请读者批评指正！

编 者

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 节能的含义	(1)
第二节 节能的途径	(2)
一、结构节能	(2)
二、管理节能	(2)
三、技术节能	(3)
第三节 油气储运系统节能意义	(4)
一、油气储运系统能耗结构	(4)
二、油气储运系统节能意义	(4)
第四节 油气储运节能技术简介	(5)
一、油气储运节能技术发展历程	(5)
二、油气储运节能技术现状	(6)
第二章 能量与能源	(9)
第一节 能量	(9)
一、能量的含义	(9)
二、能量的形态	(9)
第二节 能源	(10)
一、能源的含义	(10)
二、能源的分类	(11)
三、能源的计量单位	(14)
第三节 能量转换基本定律	(16)
一、能量守恒定律	(16)
二、热力学第二定律	(17)
第三章 油气储运系统节能分析	(25)
第一节 能量分析的基本原理	(25)
一、能量平衡分析的基本原理	(25)
二、烟分析的基本原理	(30)
第二节 工程分析方法	(33)
一、“三箱”分析法	(34)
二、“三环节”分析法	(47)
第四章 油气储运运用泵节能技术	(53)
第一节 泵机结构改造节能技术	(53)
一、泵机结构改造原理	(53)
二、泵结构优化技术	(54)
三、表面粗糙度降低技术	(55)
四、叶轮改造技术	(55)

五、电机改造节能技术	(58)
六、泵型替换技术	(58)
第二节 泵送工艺调整节能技术	(59)
一、工艺调整节能原理	(59)
二、调节泵出口阀法	(59)
三、调节泵吸入阀法	(59)
四、回注法	(60)
第三节 输油泵调速节能技术	(60)
一、离心泵调速节能原理	(60)
二、离心泵调速范围	(62)
三、恒速电动机带调速传动装置调速法	(62)
四、变频调速法	(67)
五、调速方式对比	(70)
第五章 加热炉节能技术	(72)
第一节 高效燃烧技术	(72)
一、控制合理的过量空气系数	(72)
二、改善加热炉燃料质量	(74)
三、应用高效节能燃烧器	(78)
四、增设预热器	(82)
第二节 强化传热技术	(82)
一、热管与无机导热管技术	(83)
二、对流烟管强化传热技术	(86)
三、加热盘管强化传热技术	(87)
四、火筒结构优化技术	(89)
五、高效吹、清灰技术	(89)
第三节 保温节能技术	(92)
一、保温结构	(92)
二、保温材料	(92)
第四节 烟气余热回收技术	(93)
一、烟气余热的特点	(93)
二、烟气余热的回收利用方向	(94)
三、烟气余热回收装置	(95)
四、烟气回收中应考虑的问题	(97)
第五节 运行控制节能技术	(98)
一、加热炉运行参数的特征	(98)
二、加热炉的检测参数	(99)
三、加热炉自动控制系统	(99)
第六节 加热炉经济运行节能技术	(101)
一、原油换烧渣油	(101)
二、降低动力费用	(101)

第六章 油气集输系统节能技术	(102)
第一节 集油工艺节能技术	(102)
一、原油乳状液的流变性	(102)
二、自然不加热集油工艺	(104)
三、掺液集油工艺	(105)
四、单管电热解堵保护不加热集油工艺	(106)
五、加流动改性剂集油工艺	(106)
六、防蜡和清蜡技术	(107)
第二节 油水分离工艺节能技术	(110)
一、高效油水沉降分离技术	(110)
二、脱水工艺节能改造技术	(111)
三、常(低)温破乳技术	(116)
四、常温含油污水处理技术	(117)
第三节 余能回收技术	(118)
一、污水余热回收技术	(118)
二、伴生气回收技术	(122)
第七章 长距离管输节能工艺及技术	(126)
第一节 传统输送工艺的节能改造	(126)
一、输油管道输送流程的节能改造	(126)
二、热泵站输送流程的节能改造	(127)
第二节 含蜡原油流变性改善输送工艺	(128)
一、我国原油的流变性特点	(128)
二、含蜡原油热处理输送工艺	(130)
三、含蜡原油添加降凝剂输送工艺	(133)
第三节 减阻输送工艺	(140)
一、加减阻剂输送工艺	(140)
二、原油稀释输送工艺	(145)
三、稠油改性输送工艺	(146)
第四节 成品油管道混油处理技术	(147)
一、混油形成的影响因素	(147)
二、混油量的控制措施	(149)
三、处理混油的方法	(150)
第八章 供热管网系统节能技术	(151)
第一节 概述	(151)
一、不同热媒种类的供热系统分类	(151)
二、供热管网的布置方式	(152)
三、室外供热管道的保温	(153)
第二节 蒸汽供热系统的节能措施	(155)
一、采用节能型疏水器	(155)
二、合理选择保温层厚度	(156)

三、设置凝结水回收系统,提高凝结水回收率	(157)
四、合理匹配和平衡供热管网系统的运行参数	(160)
第三节 热泵技术	(160)
一、热泵的工作原理	(161)
二、热泵的分类	(161)
三、热泵的经济性指标	(162)
四、热泵的工质	(162)
五、热泵的驱动能源和驱动装置	(164)
第九章 系统优化节能技术	(165)
第一节 最优化方法基本原理	(165)
一、最优化方法的一般步骤	(165)
二、最优化数学模型	(165)
三、最优化方法的分支	(166)
第二节 长输管道的优化节能	(167)
一、长输管道优化的数学模型	(167)
二、优化方法在长输管道优化中的应用	(170)
三、长输管道的局部优化问题	(171)
第三节 矿场油气集输系统的优化节能	(174)
一、集油管网系统优化运行	(174)
二、联合站系统的优化运行	(177)
参考文献	(179)

第一章 绪 论

能源是国民经济发展和社会进步的最基本的物质基础。能源的开发和合理利用是社会发展的源泉和战略依据,并标志和决定着一个国家的竞争实力和综合国力。油气储运系统所属单位虽然是能源生产与运输单位,但也是能源消耗大户,即在石油和天然气的储存和运输过程中,消耗的各种能源在油气储运单位运营成本中占到较大比例。

本章论述节能的含义,介绍当前国内外节能的基本方法,概括行业内节能技术的应用现状,展望储运行业中节能技术的发展方向。

第一节 节能的含义

人类发现和使用化石能源如石油、煤炭等,标志着人类对能源的认识和使用有了新的突破。新能源的开发应用促进了工业突飞猛进的发展,极大地提高了劳动生产效率,使人类获得了更多的财富。然而,大量的开采及消耗石油、煤炭等不可再生资源,造成了1973年的能源危机,至此人们才意识到能源资源是有限的,于是提出了节约能源的理念,即在利用能源的同时,必须注重节约能源,同时开发新的可再生能源。但在全球范围内,开发和利用新能源的技术研究尚无重大突破。

什么是节能?日本在其节能法中对节能的阐述是:围绕经济、社会、环境的需要,确保燃料资源在各领域的合理使用,采取必要的措施推进能源的合理使用,保证国民经济的健全发展。因此,节能的含义是指在满足相等需要或达到相同目的的条件下,通过加强用能管理,采取技术上可行,经济上合理以及环境和社会可以接受的各种措施,减少从能源生产到消费各个环节中的损失和浪费,提高能源利用率和能源利用的经济效果。但是节能不是单纯地限制能源消费,以至影响正常的生产与生活水平的提高,其根本目的是节约资源,杜绝浪费;同时保护环境,改善生活条件。节能要兼顾效率和效益。对企业而言,节能以效益为主,包括效率和替代问题;对宏观全局,更主要的是节约能源资源问题,同时减少温室气体和污染气体的排放。

1990年6月,联合国“世界环境与发展大会”针对人类当前面临的三大社会问题:人口、资源、环境,提出了“可持续发展”新概念。它主张人口、资源、环境相互协调、综合发展。三大问题中,资源问题是可持续发展战略的核心问题。从现阶段看,人类的发展还离不开传统能源,要想减少传统能源消耗对环境带来的负面影响,最有效的办法之一就是走节能的道路。为此世界各国都把降低单位产品能源、原材料消耗,增加科技投入,提高产品附加值,作为加快本国经济发展的主要途径。

在我国,节约能源是缓解能源供应与需求矛盾的重要手段之一。其目的在于优化能源供应与合理配置,以便于降低单位产值或单位产品的能源资源消耗,提高能源资源的利用水平。随着节能技术的发展和我国能源消费总量的增加,节能潜力将逐年增加。据专家测算,2010年节能潜力约为 8×10^9 t标准煤,2050年节能潜力约为 17×10^9 t标准煤。针对我国能

源现状,《新能源和可再生能源发展纲要》明确指出:节约能源,提高能源利用效率,尽可能多地用洁净能源替代高含碳量的矿物燃料,是我国能源建设遵循的原则,还包括以廉价的商品能源替代较为昂贵的能源资源,尽可能地节约不可再生的一次能源,开发利用可再生的能源资源,同时要考虑到能源使用后的 CO_2 排放。

第二节 节能的途径

一个国家(或者一个行业、一个企业)的能耗水平与其自然条件、经济体制、生活方式、技术水平等因素都有关系。节能是一项复杂的系统工程,实际内涵极为广泛,从能源生产到其最终使用的全过程(包括开采、分配、输送、加工转换和终端消费等环节)减少损失和浪费,以及通过技术进步、合理有效利用、科学管理和结构优化等途径,提高能源利用率等,都属节能范畴。按采取的方式分类,可将节能主要分为结构节能、管理节能和技术节能3种。

一、结构节能

我国的 GDP 能耗强度之所以高,一个重要的原因是经济结构不合理。这主要体现在产业结构不合理、产品结构不合理、企业结构不合理和地区结构不合理等方面。不同行业对资源(包括能源)的要求不同,有的行业能耗高,有的行业能耗低,所以,减少耗能型产业的比重,建立合理的产业结构,就能达到节约能源的目的。结构节能就是主要从宏观角度通过经济结构(包括产业结构、企业结构、产品结构和能源消费结构)的调整向节能型工业体系发展,如逐步减少钢铁、化肥等耗能型产业的规模,大力增加电子、通信设备等省能型的产业比重,建立合理的产业结构。又如在同一个产业中,产品结构要向低能耗的方向调整。结构节能还包括调整企业的地区分布,充分发挥地区资源优势,减少不必要的运输、调配等中间环节,如在盛产石油的地区,建炼油、石化联合体;在煤炭集中产地,建立坑口能源联合体,把煤炭生产、火力发电及化工生产结合起来。此外,进口高耗能产品,提高能源的经济效益等也属于结构节能。

二、管理节能

管理节能主要是指通过加强检测计量,优化能源分配,强化管理维护来实现节能目标。从管理、经营的角度,管理节能包括政府的宏观调控和企业的经营管理两个方面。各国政府都非常重视管理节能,在完善节能的法律条文和制定相关的政策方面做了大量工作。我国于1998年正式颁布了《中华人民共和国节约能源法》(2007年10月28日修订)。为促进能源节约利用,建立资源节约和环境友好型社会,国家又先后颁布了《可再生能源法》、《重点用能单位节能管理办法》、《中国节能产品认证管理办法》等法律、法规和规章,制定了一系列节约能源的法律制度。各级政府、各部门、各地区以及企业也制定了相应配套的实施细则。许多企业建立了健全的能源管理机构,制定了完善的能源管理制度,并把它们落实到生产组织管理中,尽量做到能源按质合理分配与使用,从能源的采购、运输、配用等环节进行检测、核算,安装节能检测仪表,杜绝跑、冒、滴、漏等等,以达到最大程度地节约能源,降低成本。

三、技术节能

技术节能主要是指在技术经济全面权衡的基础上,利用先进的科学技术,在满足生产要求的条件下,对现有的生产方法、生产流程、生产工艺、生产设备等进行改进或者改造来提高现有能源利用效率,从而取得节能效益。广泛采用技术节能措施和高能效技术可以减少污染物的排放,而且可以提高经济效益,降低生产成本。

我国在推进技术节能手段的发展上,积累了很多经验,许多节能技术效益显著,现对几种典型的技术节能方式介绍如下。

(1)不同能量联供,如采用热电联产、集中供热等技术,提高热发电机组的热效率。发展热能梯级利用技术,热、电、冷联产技术,全面提高热能的综合利用率。

(2)余热回收利用,即利用余热发电、余热供暖、余热助燃、热泵技术、热管技术等,可以合理利用各种余热。

(3)电动机、风机、泵类设备和系统的经济调速运行,开发、生产、推广质优、价廉的节能器材,全面提高电能利用效率。

(4)在化工领域改进工艺,采用先进的合成工艺,优化化工流程控制,使用科学的化工材料设备,全面提高化工过程能源利用率。

(5)采用节能新材料,改进建筑结构,采用新材料、新器具和新产品,提高保温隔热性能,减少采暖、制冷、照明的能耗,逐步开展建筑物的节能认证。

(6)采用自动化控制工艺代替手工操作,降低由于手工操作误差大、失误多等带来的能源浪费,并提高系统的总效率,降低运营成本。

各行各业也根据各自的生产特点,开发了许多先进的节能技术,如石油行业推广不加热油气集输工艺和轻烃回收技术;化工行业大氮肥厂实行一段炉低水碳比操作、四级闪蒸,采用新型活化剂、催化剂;小型合成氨厂的蒸汽自给和两水闭路循环系统等等,对降低单位产品(工作量)能耗起了重要作用。对现有技术进行工艺过程、装备及材料创新的同时,大力开发能效高、污染物排放少、减排成本低廉的新技术,这对于实现化工节能减排目标与可持续发展至关重要。目前看来,我们的许多企业在节能、节水、降耗方面以及采用清洁工艺、减少排放和生产更清洁产品方面还有相当长的一段路要走。今后节能减排重点是大力推进科技创新,加快节能减排技术的研发和推广应用,努力促进清洁生产并提高能源综合利用率。

此外,按照范畴不同,节能又可分成“直接节能”和“间接节能”两个分支。

(1)直接节能,或称狭义节能,是指在满足相同需要的前提下,生产或生活过程中一次能源(燃油、燃煤、天然气等)、二次能源(电能、蒸汽、石油制品、焦炭、煤气等)和耗能工质(水、氧气、氮气、电石、乙炔等)的直接节约。它主要是指通过技术进步提高能源利用效率、降低单位能耗来实现的,还包括生产工具、作业设备和工艺流程或作业程序及方法的改革,工艺操作方法和技能的改进,以及使用新材料、能源综合利用等所减少的能源消耗。直接节能的最大特点就是它是看得见摸得着的能源实物的节约。

(2)间接节能,是指通过调整结构(如产业结构、行业结构、生产结构、品种结构等),提高产品工作质量,减少原材料消耗,降低成本费用,提高劳动生产率,合理分配和输送,加强能源管理等途径而减少的能源消耗。

在生产和生活中,除了直接消耗能源以外,还必须占用和消耗各种物资。而节省物资也是节省能源,因此,节省任何一种人力、物力、财力和资源,都意味着节能,相对狭义节能

而言,这种节能称为广义节能。广义节能主要包括合理提高能源系统效率,合理节约各种经常性消耗物资,合理节约不必要的劳务量,合理节约人力和减少人口增长,合理节约资金占用量,合理节约国防军用、土地占用等等其他各种需要所引起的能源消耗,合理提高单位设备的产量和劳务量,合理提高各种产品质量和劳务质量,合理降低成本费用和合理改变经济结构、产品方向和劳务方向等许多方面。

第三节 油气储运系统节能意义

一、油气储运系统能耗结构

在油气储运系统的运营过程中,各种设备和装置的运行都离不开能源的消耗,其消耗形式有以下几种。

(1)燃料消耗。燃料消耗主要源于加热设备(包括加热炉和锅炉)所需燃料。对于长距离输油管道系统,燃料主要消耗于原油管输加热炉。对于集输系统,燃料消耗包括加热炉燃料消耗和蒸汽锅炉燃料消耗两部分。

(2)电力消耗。电力消耗主要源于输油泵等动力设备。对于长输管道系统,电力消耗主要由泵站输油泵机组产生。

(3)油气损耗。包括大罐的蒸发损耗和泄漏损失等,可按年输量或销售量的一定比例计算。损耗比例一般可取为 0.1%~2.3%。

据统计,储运系统的能耗主要由燃料消耗和电力消耗组成。因此,节能的目标主要在于降低燃料消耗和电力消耗,但节能并不是一味的节省能源消耗,还要考虑保障生产安全,同时也要做到经济合理。

二、油气储运系统节能意义

油气储运系统包含油气集输系统、长输管道系统等。据统计,2003 年全国陆上油田企业生产及辅助生产消耗各种能源折标准煤 3429 万 t,约占全国总耗能量的 2%,且随着油田开发难度的加大,能耗呈逐步增长的趋势。而油田 70% 以上的耗能量集中在机采、注水、集输、锅炉、加热炉等五大系统,其耗能费用占到油田可变成本的 30%。其中集输系统的能耗主要包括燃料消耗、电能消耗和化学药剂消耗三方面,三项费用所占比例约为 45%、25%、30%。可以说,油气储运环节的能耗费用在总能耗成本中占到一个很高的比重,节能潜力巨大。

长距离输送管道系统也具有巨大节能潜力。如一条年输量 1000 万 t 的输油管道,每增加 1MPa 的节流压力,管道系统将多耗电 300 万 kW·h。此外,通过统计和研究发现,长度在 1200~2100km 范围内的输送管道,如中国石油所属的兰成渝管道,抚顺-郑州-石家庄管道、乌兰管道、兰郑长管道、茂名-昆明管道以及茂名-重庆管道等,除兰郑长管道(2069km)运价较低外[0.09 元/(t·km)],其他管道的运价均在(0.14~0.17)元/(t·km)的范围内,与相同运距范围的铁路运输成品油运价相比较,管道运输并没有优势,有的管输运价还高于铁路运价。因此,节能降耗,降低成本对管输企业具有重要的现实意义。

此外,储运系统是石化企业很好的低温热阱之一,全厂低温热有很大部分需要通过储运系统来回收利用,因此,储运系统的合理用能对石化企业节能也具有重要现实意义。可见,

过高的油气储运能耗会直接影响石油企业的经济效益和综合效益。除此之外,随着改革开放的不断深入,我国能源价格正以每年 15% ~ 20% 的上涨速度逐步向国际市场靠拢,用能企业的低价优势正在消失,成本压力明显增大。因此,石油石化企业搞好节能降耗,特别是油气储运环节的节能降耗,一方面可为国家提供更多油气;另一方面也有利于石油石化企业降本增效、增强企业竞争力,有利于石油石化企业持续有效发展;还可减少对环境的污染,保护生态环境,具有十分重要的社会意义。

“十一五”期间,中国石油提出了十大重点节能节水工程,其中与油气储运系统相关的就有八项,分别是自用油替代工程、能量系统优化工程、电机及电力系统节能工程、降低油气损耗工程、伴生气回收利用工程、提高设备终端能效工程、供热系统优化运行工程和非常规能源开发利用工程,可见增强油气储运系统能量利用效率,加快油气储运节能技术的研究和推广是石油化工企业节能降耗工作很重要的一环,对于提高企业的经济效益和生产效率具有很大的意义。

综上,降低储运系统能耗不仅可以减少石油石化企业对当地产生的污染,赢取较高的社会效益,而且可以降低石油石化企业治理工业污染的费用,对企业自身也有着直接经济效益。其次,储运系统节能工作有利于石油石化企业降低产品的生产成本,优化企业的成本结构,从而提高企业在市场经济中的竞争力。同时,节能措施应重视投资效果,年节约一吨标煤的投资额、投资回收年限和贷款偿还年限,应符合国家或行业现行规定。此外,节能并非毫无原则和限定,同时还要兼顾环境保护的要求,各种节能措施的设计及其实施,必须遵守国家环境保护法规的规定。

第四节 油气储运节能技术简介

一、油气储运节能技术发展历程

油气储运行业的节能要以能级匹配、有效用能、最小不可逆性和减少损失等为指导思想,采取措施消除明显的浪费,如堵塞跑、冒、滴、漏等;对现有设备和工艺进行改造;对能源的收集、储存、输送、使用等各环节进行全面的技术改造。从发展趋势看,企业节能通常要经历 3 种发展趋势:一是从注重单体设备节能扩展到系统节能;二是从传统的经验管理发展到现代化科学管理;三是由部门专一的纵向管理发展到各职能部门参加的纵横管理系统。油气储运系统节能技术的发展也不例外。

从 20 世纪 70 年代末、80 年代初开始,油气储运系统逐步加紧节能技术的开发和推广。最初主要是对单体设备、单项工艺进行节能技术改造,并研制出一些高效的专用耗能设备,尤其是改进工业锅炉、窑炉的热工操作,进行技术攻关,使热工设备在最佳工况下运行,便可取得明显的节能效果。在 80 年代后期,不仅注意提高单体设备的运行效率,而且注重提高整体系统的经济运行水平。如近年来,石油天然气开采业采用的密闭输油技术和长输管道不加热输送技术,并组织了“油气集输低耗节能配套技术”等多个课题的攻关研究。

到了 90 年代中期,油气储运系统节能技术发展发展到综合考虑各耗能系统及节能技术之间的相互关系,大面积推广先进成熟的节能工艺和节能技术装备,实行能量梯级利用,大力回收利用余热余压余能。在 90 年代后期,则主要针对节能中的重点问题和关键技术,开展科研攻关,如采用高效换热及清洁燃烧技术。近年来,热力管道、输油管道、油罐等采用的岩

棉等新型高效保温材料,较好地减少了热量损失。

进入 21 世纪,油气储运行业的节能重点则集中在了优化生产系统组织管理,加快设备和系统节能降耗的技术改造和新技术的推广上。在最新过去的五、六年里,根据国家提出的至 2010 年,机械采油、输油、注水、供用热等主要生产系统的运行效率要提高 2~3 个百分点,油田原油损耗率控制在 0.5% 左右的行业节能降耗目标,油气储运系统节能技术重点发展了以下方面:推广油气田和输油输气管道先进适用的新型高效节能工艺设备,改造或淘汰老旧低效工艺设备,并按油气田开发和输油输气管道不同生产时期进行设备合理配置;优化燃料结构,有条件的地方要以气代油、以煤代油,不断减少以原油作为燃料,并采用洁净煤燃烧技术,减少对环境的污染;推广高效保温技术,搞好输油管道、热力管道、油罐和设备的保温;根据油气田和输油输气管道沿线所处的自然环境和地质条件,因地制宜开发利用太阳能、风能、地热能。

二、油气储运节能技术现状

(一)集输系统节能技术

以目前我国东部最大的油田胜利油田为例介绍集输节能技术的发展和应用情况。至今为止,胜利油田共有大型联合站 53 座,日处理液量 80 万 t。近几年来,调整集输系统的整体布局,采用如高效游离水脱除工艺技术,推广应用高效燃烧器、高效加热炉、变频调速技术,以及应用信息技术改造传统流程,优化运行程序等新工艺、新技术和新型油气处理生产设备,实施老站技术升级改造。

这些集输系统节能改造技术的具体实施过程和取得的实际生产效果如下。2004 年胜利油田开展了 10 个集输系统效率示范区建设活动,输油泵平均效率由 45% 提高到 53%,加热炉平均效率由 67% 提高到 79%。2005 年又进行了 7 个集输系统提效示范区建设活动,累计节油 6063t,节气 $4.1 \times 10^4 \text{ m}^3$,减少油气损耗(油当量)4743t。全油田平均原油外输含水率为 0.66%,比上年降低 0.19%。胜利油田分公司外输原油含水率为 0.52%,比上年降低 0.04%;污水处理符合率达 70.9%,比上年提高 7.1%,使油气处理能力和集输系统效率有了明显提高。

由于油气田集输系统是一个多工序、多流程、多设备的复杂系统,集输系统的节能技术涉及的设备和工艺过程也较多,依据改造的对象不同可以把上述提及到的集输系统节能技术划分为三类。

第一类是单个设备或装置的节能降耗技术,主要包括高效节能设备的应用和低效设备的节能改造技术。高效节能设备的应用,如应用三元流动理论研制的高效输油泵,比原来的高效泵提高效率 2%~5%,以及高效三相分离器、多功能处理装置、高效加热炉等;低效设备的节能改造技术,如变频调速技术在低效运行的油水泵上的应用;在燃煤锅炉上开发应用了高效洁净燃烧技术,如分层燃烧、煤粉燃烧、水煤浆和添加燃煤添加剂等;在燃油、燃气炉上推广应用高效燃烧器和燃油掺水乳化燃烧技术;改进燃料经济结构,如以气代油、以煤代油、以渣油和超稠油代替原油作为燃料,提高燃烧效率,降低燃烧成本;加热炉、锅炉的应用运行参数自动调节系统等。

第二类是某个工艺环节的节能降耗技术,主要包括原油常温集输技术和放空天然气回收技术等。其中,单管常温集油、低温采出液游离水脱除、离心泵输送低温含水原油、加降黏剂等原油常温集输技术在油田得到大规模应用。而放空天然气回收技术是集输系统节气、节

油为重点的节能技术改造项目。目前,油田油气集输过程中,加大了伴生气回收利用的力度,逐步形成了按放空形式、回收利用的难度进行分类,针对不同类型的放空天然气,采用了不同方案和技术进行回收利用的模式。

第三类是集输系统的整体优化运行技术。在先进的控制水平和良好的专业员工协助下,优化系统运行参数不需要大量的投资,却可得到良好的节能效果。

虽然,我国现有的油气集输生产水平和生产效率随着设备的更新、工艺的改进和布局的优化在不断地提高,但是随着采出液含水的不断上升,给地面集输系统油水处理、节能降耗、防腐、提高系统效率等方面带来一系列困难;同时,随着小断块、边远区块油田的开发,给集输工艺节能降耗提出了新难题。因此,我国集输节能技术仍需在以下几个方面继续进行重点攻关和科研。

(1)集油技术。深入开展环状集油和不加热集油技术界限的研究,推广不加热集油、密闭集输等低能耗工艺技术。

(2)油气混输。推广应用油气混输技术,解决边远区块进不了系统、局部区域集输回压高的问题,进一步提高油气集输密闭率。吸收引进国外混输泵技术,提高国内混输泵的可靠性和适应性。

(3)油气处理。推广应用新型高效油气处理技术、污水处理技术、输油泵变频调速技术、加热炉新型高效节能火嘴和自动化控制技术,加强低温破乳剂的开发和应用,改进原油脱水工艺,降低原油处理运行能耗。

(4)新能源与可再生能源,如太阳能(西北地区油田)、地热能(华北、大港等油田)的利用。

(二)输油系统节能技术

与集输系统相同的是,为了解决泵管不匹配造成的阀门严重节流问题,输油系统应用了大量的调速技术。其中在长输管道输油泵上主要应用串级调速装置、液力耦合器、滑差离合器等。此外,同样采用新型高效节能设备,如高效炉、高效泵、节能型变压器等,改造或淘汰老旧低效设备。

在工艺改造方面,输油系统开发利用了密闭输油工艺、站场先炉后泵工艺和添加原油改性剂输送、原油热处理输送、掺稀油输送等常温或少加热输送工艺,以及清管除蜡、降黏减阻等配套技术,提高了整个系统的经济运行水平。

在系统运行方面,优化输油管道运行方案,合理调整运行参数,减少节流损失,实现系统经济运行。

多年的实践表明,在目前设备设计效率已达较高水平的情况下,提高输油企业节能效益的关键是以下两点:一是要搞好管线的优化运行工作,管线输油运行方式和参数的优化是提高输油系统能源利用率、取得节能实效的关键所在,因此要下大力气并坚持不懈地搞好优化运行工作;二是要开展输油新工艺、新技术的研究与应用,如稀释输送、低输量管线降凝输送等技术。

(三)余能回收利用技术

所谓余能回收利用技术,主要是指通过余热回收装置和换热器回收各种形态(固态、液态、气态)余热来预热加热炉等的助燃空气和燃料,以提高热工设备热效率,从而在保证生产和生活需要的基础上,降低产生蒸汽和加热油品的单耗。从广义上来讲,还包括增压泵余压的回收。目前,这项技术主要应用在在工艺较复杂,热流体较多的炼厂和油田储运系统

中,如应用热管技术,回收炼厂加热炉和油田锅炉的烟气余热,并取得了显著的成效;应用热泵技术于回收油田的污水余热,也已取得阶段性成果。

以上是我国油气储运系统节能技术的发展和现状。相对而言,目前国外油气储运方面的节能技术的研究和应用则更深入和多样化一点,主要表现在:

(1)先进过程控制技术。以基础自动化单元控制、PID 控制和分布式控制系统(DCS)为基础,实现数据集成、过程操作优化和生产安全监测、事故报警处理等功能。

(2)高效保温技术。在油气集输、稠油热采工艺中,存在大量用热过程,高效保温隔热技术的广泛应用,大大提高了油田开采和用能效率。

(3)油田数字化技术。用来描述跨越地理条件限制,通过信息技术,实时或接近实时地监控和管理油田所有的生产经营运行情况,使地下生产与地面经营计量一体化。

(4)注重新能源和可再生能源利用。如委内瑞拉一条 32km 长距离稠油管道采用太阳能热二极管技术后,输油温度从 28℃ 提高到 60℃,输送能力提高 17%。

第二章 能量与能源

第一节 能量

一、能量的含义

运动是物质最基本的属性。当运动形式相同时，两个物体的运动特性可以采用某些物理量或化学量来描述和比较。例如，两个作机械运动的物体可以用速度、加速度、动量等物理量来描述和比较；两股作定向运动的电流可以用电流强度、电压、功率等物理量来描述和比较。但是，当运动形式不相同，两个物质的运动特性唯一可以相互描述和比较的物理量就是能量，即能量特性是一切运动着的物质的共同特性。从热力学的角度看，能量是物质运动的度量，运动是物质存在的形式，因此一切物质都有能量。广义地说，能量就是“产生某种效果(变化)的能力”。反过来说，产生某种效果(变化)的过程必然伴随着能量的消耗或转化。

一个物质系统的能量可以被定义为从一个被定义的零能量状态转换为该系统现状所需耗功的总和。与物质质量类似，物质系统的能量为状态量，总是与物质系统的某一运动状态相联系，并且与运动状态存在着——对应的关系，是物体运动状态的单值函数。然而，一个物质系统某一运动状态下的能量不能被直接观察或测量，需要与物质系统的运动过程相结合来研究，同时需要确定一个零能量运动状态。例如，要使质量 m 的物体从静止状态加速到速度 v ，需消耗能量 $\frac{1}{2}mv^2$ 。若以物体初始静止状态为零能量状态，则最终状态下物体的能量即为加速过程中消耗的总功 $\frac{1}{2}mv^2$ 。可见，功是一个过程量，它与物体状态的具体变化过程有关，是在物体与外界相互作用的情形下，物体运动状态改变的量度。物体对外做了多少功，其能量就减少了多少；外界对物体做了多少功，物体的能量就增加了多少。一个物质系统到底有多少能量在物理中并不是一个确定的值，它随着对这个物质系统的描写而变换。

二、能量的形态

自然界中，物质运动的具体表现形式纷繁复杂，决定了能量的形态多种多样。到目前为止，人类认识的能量可总结为下述 6 种形式。

(一) 热能

热能是能量的一种基本形式，绝大多数的一次能源都是首先经过热能形式而被利用的。这种能量的宏观表现是温度的高低，它反映了分子运动的激烈程度。所有其他形式的能量都可以完全转换为热能。

物体系统的热能取决于温度、体积、外场等因素，若要改变物体的热能，可以通过向物