

长输管线增压站后空冷器功率与 机组总功率的关系分析

董子健, 陈 凤, 余颖鸿, 陈 龙

(中国石油工程设计有限公司西南分公司, 四川 成都 610017)

摘 要:在长输管线增压站的供电设计中, 工艺后空冷器是增压站耗电大设备之一, 人们常常直接想到要如何降低空冷器的功率问题, 而忽略了降低空冷器功率引起的全线压缩机组总功率的增加。通过研究空冷器出口天然气温度与空冷器功率以及全线压缩机组总功率之间的关系, 提出了控制空冷器出口天然气温度以达到提高输气能力和降低压缩机组总功率的综合节能思想。

关键词:空冷器出口温度; 空冷器功率; 压缩机组总功率; 综合节能

文章编号: 1006-5539(2009)01-0051-04

文献标识码: A

0 前言

在长输管线增压站供电设计中, 除了电驱站机组耗电外, 工艺后空冷器也是增压站耗电的大型设备之一。因而在增压站的节能构思中, 人们常常直接想到如何减小空冷器的功率问题。但由于空冷器的功率大小常常和空冷器天然气出口温度直接相关, 故使得空冷器如何节能的问题变得复杂。

在评估管道的输气能力时, 除了输气管道的管径、压力等因素外, 输气温度对输气能力的影响也是显而易见的。但由于输气温度直接受天然气进气温度和管道周围环境温度(地温)的影响, 一般情况下无法作为人们的控制指标, 故其对输气管道输气能力的影响就往往被人们忽视。而输气温度即增压站工艺空冷器出口温度对整个长输管道工艺系统压缩机组总功率的影响由于关系较为复杂, 故更易被忽略, 本文正是希望通过对空冷器出口天然气温度与管道输气能力和空冷器功率之间关系的研究, 说明在增压站的综合节能措施中, 工艺空冷器功率大小与其出口天然气温度对管线机组运行总功率的影响。

1 空冷器出口天然气温度对输气管道运行的影响

1.1 空冷器出口天然气温度对输气能力的影响

根据输气管道相关输气量的公式, 可以很容易的发现, 输气量与输气温度的关系, 经简化后可用下式^[1]表示:

$$q = C/T^{0.51}$$

式中 q ——输气量, m^3/h

C ——常数;

T ——输气温度, $^{\circ}C$ 。

图 1^[1]表示了空冷器出口天然气温度对输气量的影响, 而这也是人们比较熟知的问题。

1.2 空冷器出口天然气温度对输气压力的影响

为便于理解输气温度对工艺系统增压站总功率的影响, 本文同时研究了在相同输量下, 空冷器出口天然气温度对管道输送压力的影响。

1.2.1 空冷器出口天然气温度对管道起点压力的影响

在保证相同输量和相同终点压力的前提下, 图

收稿日期: 2008-08-06

作者简介: 董子健(1972-), 男, 四川梓潼人, 工程师, 注册电气工程师, 学士, 毕业于西安石油学院工业电气自动化专业, 主要从事天然气站场供电设计。电话: (028) 86014976

©1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

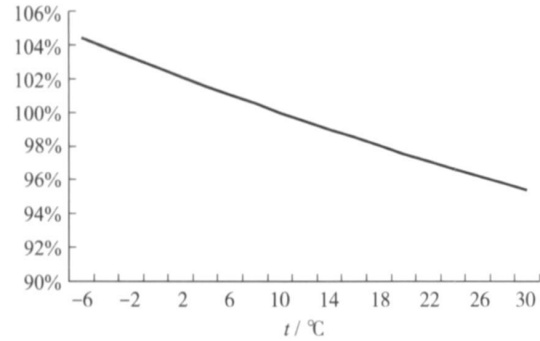


图 1 空冷器出口天然气温度对输气量的影响 (设 10℃ 时为 100%)

2 表示了所需起点压力与温度的关系。如以输气温度 10℃ 时要求的起点压力为 100%，则输气温度为 30℃ 时，要求的起点压力超过 101%。

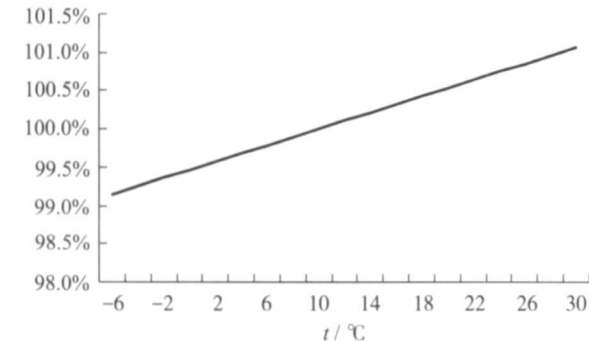


图 2 输气温度对管道起点压力的影响

1. 2. 2 输气温度对管道终点压力的影响

在保证相同输量和在相同起点压力的前提下，图 3 表示了由于输气温度降低可能使终点压力提高的情况。如输气温度为 10℃ 时，终点压力为 100%，则当输气温度为 -6℃ 时，终点压力可提高 101% 以上。

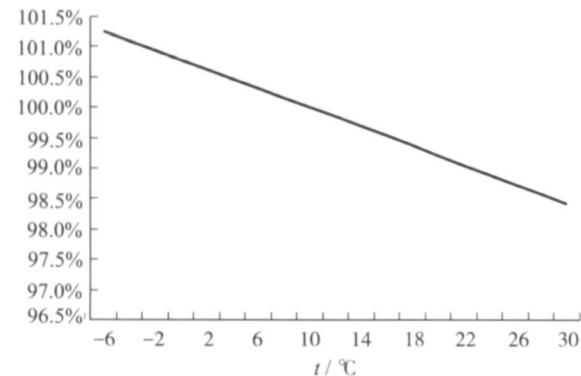


图 3 输气温度对管道终点压力的影响

2 压缩机出口 温度对工艺系统增压机 功耗的影响

2.1 压缩机出口温度的控制要求

一般在长输管道设计中，增压站出口温度的控制主要需满足管道外防腐和周围环境的某些特殊要求 (如周围农作物、冻土带等)，同时也考虑到提高输气效率的问题^[2]。目前，一般仅要求考虑压缩机出口温度不超过管道外防腐层所能承受的最高温度要求，该温度通常设置在 60℃ 以下，而增压站出口温度对输气效率以及压缩机组总功率的影响，则研究甚少。

2.2 压缩机出口温度对压缩机组功率和输量的影响

一般长输管道常配置两个以上的增压站，根据上一节输气温度对输气管道输气量、输气压力的影响研究可知，压缩机出口温度对工艺系统增压站的影响主要表现在下列两方面：

a 在相同输量情况下，压缩机出口温度越高，压降越大。可直接导致管线出口压力下降，或使下一增压站压缩机所需压力提高，机组功率增加；

b 在相同功率情况下，压缩机出口温度越高，管线压降越大，最后可导致管线出口压力降低或下一站压缩机的出口压力降低，最终影响整个管道正常输气量。

针对目前的设计要求，本文重点研究在相同输量情况下压缩机出口温度对系统压缩机组功率的影响，同时，为保证研究的准确性，计算以国内某大型输气管道工程的 4 个压气站为例。

3 国内某大型输气管道工程空冷器对 压缩机功率的影响分析

该工程全线长 850 km，设 4 座电驱增压站，设计输量为 $170 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，总功率配置约 256.6 MW，运行功率约为 184.4 MW。

3.1 不同压缩机出口温度下的计算功率

为说明压缩机出口天然气经工艺空冷器 (也包括其

他类似的冷却器如水冷器等)冷却后,以不同的温度进入输气管道时,全线不同压缩机总功率的需求变化计算^[3~7]。本文在计算时假定了不同的空冷器出口温度,地温则均按 12℃考虑,其计算结果如图 4 和表 1。由表 1 可见,当输气温度相差 10℃时,全线压缩机总功率相差 8~10 MW。由图 4 可知随着输气温度上升,全线压缩机总功率也几乎成直线关系上升。空冷器出口温度每增高 10℃,总功率约增加 5%。如按全线总功率 184.4 MW 电价按 0.4 元/度计算,则运行费用每年需增加 2 000 多万元。

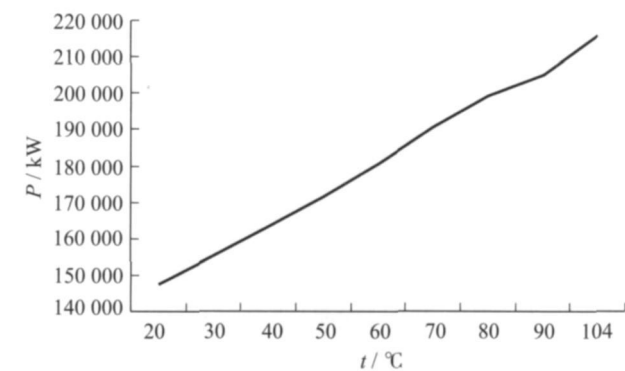


图 4 不同温度下全线功率需求曲线

表 1 不同温度下机组的总功率对照表

	设定压气站出站 温度 t/℃	机组总耗电 量 P/kW	机组总耗电量 差 ΔP/kW
1	20	147 537	
2	30	155 172	7 635
3	40	163 146	7 973
4	50	171 692	8 546
5	60	180 815	9 123
6	70	190 501	9 686
7	80	199 186	8 685

3.2 全线功率与空冷器功率大小的关系

根据实际应用经验,空冷器的出口温度常按 50、55、60℃对空冷器进行设计。表 2~3 列出了不同温度情况下,空冷器功率大小与全站 4 个机组总功率的数据。如以 55℃出口温度作为参照点,由表 3 可见,当空冷器出口温度为 50℃时,空冷器功率约增加 360 kW,而全线机组总功率则会减少约 4 442 kW;反之,当空冷器出口温度为 60℃时,空冷器功率可减少 230 kW,但全线总功率将会增加 4 681 kW。显然,降低空冷器天然气出口温度有明显的节能效果。根据资料^[8]介绍,俄罗斯压缩机出口天然气空气由 70℃控制到约 35℃,其输气效果可提高

5%,具有可靠的理论依据。

表 2 三种温度下风机和机组功率表

	空冷器天然气出口温度					
	t=50℃		t=55℃		t=60℃	
	风机 功率 P/kW	机组 功率 P/kW	风机 功率 P/kW	机组 功率 P/kW	风机 功率 P/kW	机组 功率 P/kW
首站	480	76 945	360	76 945	300	76 945
中间站 1	240	31 574	180	32 757	130	33 971
中间站 2	420	31 996	300	33 190	240	34 418
末站	300	31 177	240	33 241	180	35 481
合计	1 440	171 692	1 080	176 134	850	180 815

表 3 三种温度下机组总功率和空冷器功率对照表

设定压气站 出站温度 t/℃	机组总 功率 P/kW	估算空冷 器功率 P/kW	空冷器 功率差 ΔP/kW	机组总 功率差 ΔP/kW
50	171 692	1 440	360	-4 442
55	176 134	1 080	0	0
60	180 815	850	-230	4 681

3.3 空冷器压损对全线机组总功率的影响

空冷器基本上由小口径翅片管束组成,故天然气通过空冷器时,对天然气会造成一定的压损,该压损反过来又会增加全线压缩机的总功率。表 4 列出了不同空冷器压损的情况下,全线压缩机的总功率的计算值。如以空冷器压损为零作为参照值,当空冷器压损为 0.05 MPa 时,全线总功率会因此而增加 1 605 kW,因此控制空冷器压损是空冷器设计的一项重要指标。

表 4 空冷器压损与机组总功率的关系

空冷器出口 温度 t/℃	空冷器压损 P/MPa	机组总功率 P/kW	机组总功率差 ΔP/kW
55	0.10	177 730	319
	0.09	177 411	319
	0.08	177 092	319
	0.07	176 773	319
	0.06	176 454	320
	0.05	176 134	320
	0.04	175 814	321
	0.03	175 493	321
	0.02	175 172	321
	0.01	174 851	322
	0.00	174 529	0

4 结论

在管道工程压缩机站设计工程中,空冷器是唯一能控制管道输气温度的重要设备,其温降、压损与

噪声是空冷器设计的重要指标。因此,结合全线压缩机总功率以及从综合节能的角度考虑,可以得出如下结论:

a 由于降低输气温度可提高管输效率,减少全线压缩机总功率,因而增压站利用空冷器降低天然气输送温度是一项有力的节能措施;在环境温度允许的前提下,应尽可能低的空冷器出口温度;

b 尽可能低的空冷器压损也是必须考虑的因素,国外一般推荐控制在 0.035 MPa 左右;

c 空冷器的设备投资与噪声控制费用,可与设备一并列入运行成本进行考虑,以便得出最佳的空冷器出口温度与压损。

但由于目前空冷器常列入压缩机组整承包商的供货范围,设计方很难介入空冷器各项指标的控制。因此只有在压缩站的工艺仪表设计中,利用温度、差压等仪表以及空冷器功率对空冷器的运行效果进行监测。一般情况,如果要求空冷器压损越小,天然气出口温度越低,空冷器风机功率越小,则要求承包商提供的空冷器设备本体投资越高,空冷器的体积也

相对越庞大,当然其节能效果也越明显。同时,建议今后设计方应对空冷器的设计提出一些具体要求,以便得到更加满意的效果。

参考文献:

- [1] 埃贝哈德 R 许宁 R 燃气供应技术手册燃气输配[J] 赖敬文译. 成都: 四川石油管理局勘察设计研究院, 1987 11.
- [2] GB 50251—2003 输气管道工程设计规范[S].
- [3] 余汉成. 输气管道稳定流微分式及其应用研讨[J]. 天然气与石油, 2003 21(2): 11-13
- [4] 林存英. 天然气矿场集输[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- [5] 气体加工和供应联合会. 气体加工工程数据手册[M]. 北京: 石油工业出版社, 1984
- [6] 毛希澜. 换热器设计[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988
- [7] GB 50055—93 通用用电设备配电设计规范[S].
- [8] 闫光灿, 黄纹琴, 林秀芝. 国外天然气集输与储运工艺技术调研报告[R]. 成都: 四川石油勘察设计研究院, 1992 5