

西气东输管道的短期调峰方案

蒋方美* 吴长春 李 华

(石油大学(北京))

蒋方美 吴长春等:西气东输管道的短期调峰方案,油气储运,2004,23(9) 7~10。

摘 要 利用输气管道模拟软件(TGNET)研究了 2008 年西气东输管道的短期调峰问题。用 TGNET 建立了西气东输管道短期调峰模型,并对高峰周储气库采气方案进行了大量模拟。在分析模拟结果的基础上,分别制定了几个技术上可行的储气库采气方案,然后按照能耗费用最低的原则,对高峰周的储气库采气方案进行了评价和优选,从而得到了最优短期调峰方案。

主题词 输气管道 调峰 动态模拟 方案

一、前 言

调峰是大多数天然气供气系统必须面对的共同问题,这一问题的根源就在于用气量在时间分布上的不均衡性。一般而言,供气方应最大限度地满足用户所需要的用气量,而不应该强求用户被动地接受其可提供的气量,特别是在各种能源之间市场竞争激烈的情况下。为了保证按质、按量、按时向用户供气,一方面在进行供气系统规划设计时就必须考虑设置适当的调峰设施(如地下储气库),另一方面在管道运行过程中应根据调峰设施的设置情况及用

气量的变化规律制定切实可行的调峰方案。此外,在制定调峰方案时还应该考虑其经济性。

供气调峰过程对应供气系统的非稳态工况,其物理过程与数学描述都比较复杂,只有借助专门的动态模拟软件,才能对其进行正确的分析和评价。西气东输管道系统的线路长,拓扑结构复杂,支线和分气点多,压气站数量多,用户数量和类型多,用气量的变化规律复杂。这些因素将使得该供气系统的调峰过程相当复杂,因而为其制定技术上可行、经济上合理的最佳调峰方案是运行管理中的难题,以下从技术和经济两方面对几种典型的短期调峰方案进行综合分析、评价与优选,在此基础上提出西气东输

参 考 文 献

- 1, Mickey McHugh: Pacific Pipeline Designed With Latest Leak Detection Technology, Pipeline & Gas Journal, 1998(3).
- 2, Liou C P: Pipeline Leak Detection Based on Mass Balance, Pipeline Infrastructure II, Proceedings of the International Conference, ASCE, 1993.
- 3, Billman L, Isermann R: Leak Detection Method for Pipelines, Automatica, 1987(23).
- 4, 唐秀家 颜大椿:基于神经网络的管道泄漏检测方法及仪器,北京大学学报(自然科学版),1997,33(3)。
- 5, Siebert H: A Simple Method for Detecting and Locating Small Leaks in Gas Pipelines, Process Automation, 1981.
- 6, 秦泗钊 王桂增等:长输管线的泄漏故障诊断,工业过程模型

化及控制(中国自动化学会第二届过程控制科学报告会论文集),华东化工学院出版社(上海),1988。

- 7, Jun Zhang: Statistical Leak Detection in Gas and Liquid Pipelines, Pipes & Pipelines International, 1993, 38(4).
- 8, Benkherouf A, Allidina A Y: Leak Detection and Location in Gas Pipelines. IEE Proceedings D: Control Theory And Applications, 1988, 135(2).
- 9, 靳世久 唐秀家等:原油管道泄漏检测与定位,仪器仪表学报,1997,18(4)。
- 10, 靳世久 王立宁 李 健:瞬态负压波结构模式识别法原油管道泄漏检测技术,电子测量与仪器学报,1998,12(1)。

(收稿日期:2004-03-19)

编辑:刘春阳

管道供气系统短期调峰的推荐方案。

二、西气东输管道的模拟模型

采用 TGNET 模拟输气管道运行过程,首先需要建立管道模拟模型。该模型的建立主要包括建立管道模型、确定边界条件和确定初始条件三部分。

1、 建立管道模型

管道模型一般包括气源、管段、压气站、分气点、截止阀、调节阀以及单向阀等。该系统的管道模型包括 1 个气源、114 节管段、11 座压气站、11 个分气点和 11 座压气站燃料供应点。考虑到该模型的目的是模拟西气东输管道的正常工况,而截断阀、调节阀、清管器等设施在正常工况下可以看作纯粹的阻力元件,且其阻力损失与管道沿程阻力损失相比完全可忽略不计,故在模型中没有包括这些元件。对于离心压缩机,由于 TGNET 只提供了简单驱动机和燃气轮机两种类型的驱动机,而中宁和郑州两座压气站为电机驱动的离心压缩机,因此对这两座站用简单驱动机代替电机驱动,同时在该压气站的旁边加一小流量气源(流量等于简单驱动机的耗气量,温度等于该压气站的进气温度)。由于 TGNET 不能模拟地下储气库的运行,因此在进行调峰方案模拟时对地下储气库的运行过程做了简化处理,在采气期间视为一气源。

2、 确定边界条件

管道模型中需要确定边界条件的元件有外部调节器和压气站。按照调峰模拟问题的提法,可以确定外部调节器的边界条件,轮南采用最大出站压力控制,其余均采用流量控制。对于压气站,为了充分利用管道的输气能力,均采用最大出站压力控制。

3、 确定初始条件

初始条件是指管道在瞬态模拟起始时刻所处的状态。离线版 TGNET 允许从稳态初始条件或瞬态初始条件两种初始条件开始瞬态模拟,即管道在某种工况下的稳态模拟结果或以前的某一次瞬态模拟结果。在 TGNET 的实际应用中,为了方便起见,通常取所研究的管道在瞬变开始之前的稳定状态为初始条件。由于研究调峰方案的需要,现以 10 月 16 日至 1 月 15 日期间该管道系统的瞬态模拟结果作为高峰周(1 月 16 日至 1 月 22 日)调峰过程模拟的初始条件。

三、高峰周调峰方案分析^[1,2]

1、 高峰周用气量的变化规律

根据 2000 年西气东输工程可行性研究报告,西气东输管道的用气高峰周一般发生在 1 月 16 日至 1 月 22 日。因为高峰周小时用气量波动比较大,最大用气量为 $285.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$,高峰周总用气量的变化规律如图 1 所示,而该管道的平均设计流量为 $148 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$,用气量高出 $137.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$,为了满足用户需求,这部分天然气需从储气库采出。

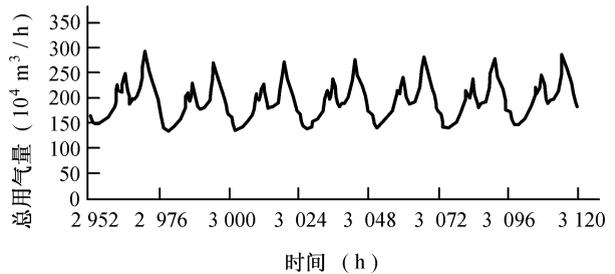


图 1 高峰周总用气量的变化规律

2、 制定高峰周调峰方案的方法

(1)按照采气量 12 h、24 h、168 h 不变的原则,以每 12 h、24 h 以及 168 h 用气缺口(总用气量高于管道设计输量的部分)平均值为基础,粗略得到三个调峰方案。

(2)TGNET 对上面得到的每一调峰方案进行模拟,根据模拟结果(上海门站压力值)调整储气库的调峰方案,直到满足用户用气需求和合同规定的压力要求(上海门站压力不低于 4.0 MPa)。调整方法是,如果某时段(上海门站)压力低于 4.0 MPa,就应增加该时段储气库的采气量,如果某时段压力大于 4.0 MPa,就应减少该时段储气库的采气量。

3、 高峰周调峰方案的优选原则

输气管道系统调峰方案优化问题可以表述为,在给定的调峰期内选择该系统的工艺运行方案,使之满足各供气点的供气流量与合同供气压力要求,并使得整个系统在这段时间内的运行费用最小。

在输气管道调峰过程的运行费用中,与调峰方案有关的部分主要包括压气站中压缩机组的能耗费用及储气库的采气费用。

对于燃气驱动的压气站,TGNET 可以直接计算出一段时间内压气站的燃料耗气,因此,可以按

式(1)计算压气站的能耗费用。

$$C_g = R \times P_g \quad (1)$$

式中 C_g —— 能耗费用,元;

R —— 压气站的燃气消耗量, m^3 ;

P_g —— 燃气价格,元/ m^3 。

对于电驱动的压气站, TGNET 可以计算压气站内各压缩机的功率, 因此, 可以按式(2)计算压气站的能耗费用。

$$C_e = P_e \times P / \eta_e \quad (2)$$

式中 C_e —— 压气站的能耗费用,元;

P_e —— 电价,元/($kW \cdot h$);

P —— 电机功率(按 TGNET 模拟的压气站功率取值);

η_e —— 电机效率。

从储气库中采气和管道来气的成本相差较大, 因为天然气注入、储存、采出的各个环节都需要一定的附加费用, 这些附加费用的总和可以统称为储气库的采气费用。对于采气费用, 参照陕京输气管道取 0.528 元/ m^3 。每个调峰方案的总采气费用可以按式(3)计算。

$$C_c = 0.528 \times F_c \quad (3)$$

式中 C_c —— 总采气费用,元;

F_c —— 总采气量, m^3 。

4、 高峰周调峰方案及模拟结果分析

根据以上制定高峰周储气库调峰方案的方法, 通过多次模拟和调整, 得到三个调峰方案, 即调峰方案 1~方案 3(见图 2~图 4)。现以高峰周调峰方案 1 的模拟结果来进行分析

(1) 高峰周调峰方案的模拟结果表明, 调峰方案 1 最大采气量为 $90 \times 10^4 m^3/h$, 高峰周累计采气量为 $6\ 768 \times 10^4 m^3$ 。

(2) 轮南气源供气量随时间的变化情况如图 5 所示。模拟结果表明, 采气期间轮南气源的每小时供气量在 $140.5 \times 10^4 \sim 153.5 \times 10^4 m^3$ 之间波动, 即日用气量在 $3\ 372 \times 10^4 \sim 3\ 684 \times 10^4 m^3$; 平均每小时供气量为 $147.5 \times 10^4 m^3$, 平均日用气量为 $3\ 540 \times 10^4 m^3$ 。稳态输气情况下, 气源的平均小时供气量为 $147.3 \times 10^4 m^3$, 日供气量为 $3\ 535 \times 10^4 m^3$ 。因此, 与稳态输气时相比, 采气期间日供气量的变化幅度为 $-4.6\% \sim 4.2\%$ 。

(3) 上海门站压力随时间的变化曲线如图 6 所示。由图 6 可知, 上海门站压力的最高值为 5.95

MPa, 最低值为 4.02 MPa, 平均值为 4.56 MPa, 波动幅度为 $-13.4\% \sim 30.4\%$ 。

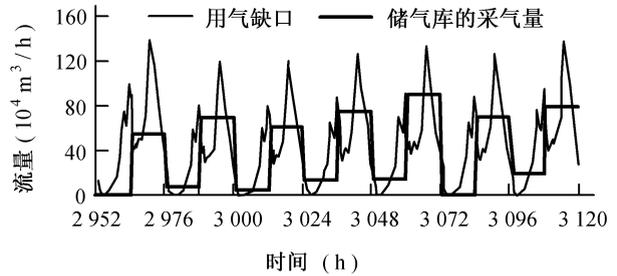


图 2 调峰方案 1

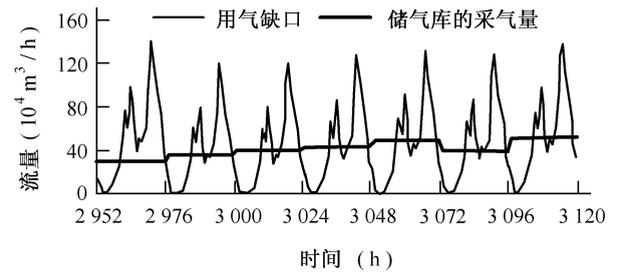


图 3 调峰方案 2

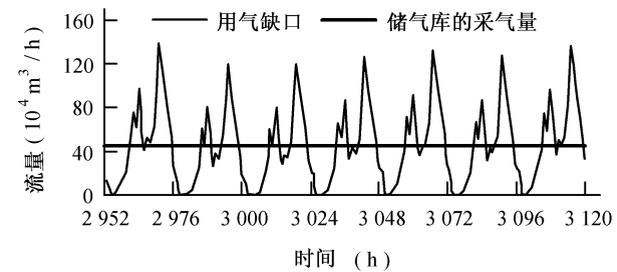


图 4 调峰方案 3

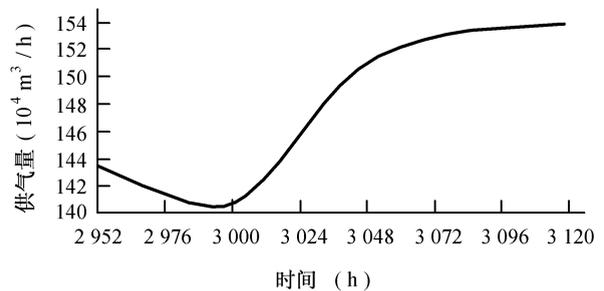


图 5 轮南气源供气量随时间的变化曲线

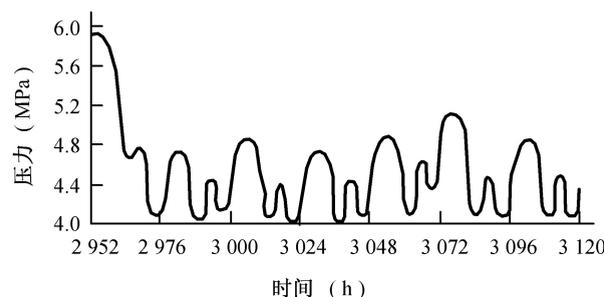


图 6 上海门站压力随时间的变化曲线

(4)管道末端(郑州—上海)储气量的变化曲线如图 7 所示。对图 7 的数据分析可知,郑州—上海管道储气量的变化趋势与上海门站的压力变化趋势是一致的。管道储气量增加的过程,即为上海末站压力上升的过程;管道储气量减少的过程,即为上海末站压力减小的过程。管道储气量的最高值为 $6\,612 \times 10^4 \text{ m}^3$,最小值为 $5\,843 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。高峰周管道的可调用储气量为 $769 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

(5)高峰周干线压缩机消耗的功率及费用统计见表 1。根据压缩机所消耗功率及燃气消耗,按照式(2)和式(3)可计算出各压气站的能耗费用(电价

为 0.50 元,燃气价格为 0.42 元),计算结果见表 1。各调峰方案的模拟结果见表 2。

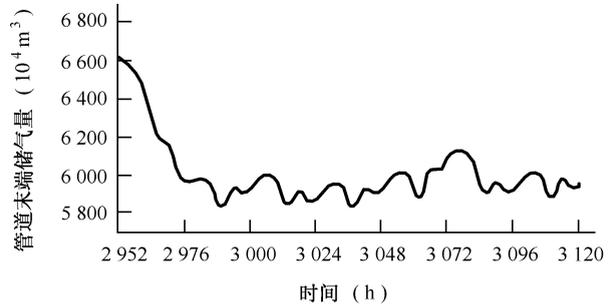


图 7 管道末端(郑州—上海)储气量的变化曲线

表 1 总消耗功率及费用统计

压气站	总功率 (MW)	总耗气量 (10^4 m^3)	能耗费用 (万元)	压气站	总功率 (MW)	总耗气量 (10^4 m^3)	能耗费用 (万元)
轮南	2 331.74	76.08	31.95	杨家窝	2 312.82	73.26	30.77
四道班	3 330.24	115.01	48.30	中宁	1 264.77		66.57
鄯哈界	3 019.63	105.85	44.46	靖边	2 489.31	78.47	32.96
红柳	2 131.94	69.54	29.21	蒲县	2 467.99	78.47	33.12
赤金堡	2 388.63	75.17	31.57	郑州	1 933.84		101.75
党家台	2 330.65	74.02	31.09				

注 中宁站总耗电量为 $133.13 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$,郑州站总耗电量为 $203.5 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$,各站的费用总和为 481.75×10^4 元。

表 2 各调峰方案的模拟计算结果汇总

调峰方案	累计采气量 (10^4 m^3)	末端可用储气量 (10^4 m^3)	上海门站压力波动幅度 %	轮南平均供气量 ($10^4 \text{ m}^3/\text{h}$)	轮南供气量波动幅度 %	压气站能耗费用 (万元)	储气库采气费用 (万元)	总费用 (万元)
调峰方案 1	6 768	769	-13.4~30.4	147.5	0.3	481.75	3 573.50	4 055.250
调峰方案 2	6 876	785	-15.0~31.0	146.7	0.8	465.94	3 630.53	4 096.468
调峰方案 3	7 560	823	-17.0~32.0	144.0	2.7	423.23	3 991.68	4 414.910

分析表 2 各调峰方案的模拟结果,可得出以下结论。

(1)采气量变化越频繁,采气量与用气富裕量就越吻合,上海末站压力波动越小,末段可调用储气量就越小。调峰方案 1 对应的上海末站压力波动最小,末段可调用储气量最小;调峰方案 3 对应的上海末站压力波动最大,末段可调用储气量最大。

(2)采气量变化越频繁,采气量与用气缺口就越吻合,起点流量波动越小,总采气量就越小。调峰方案 1 对应的储气库采气量最少,调峰方案 3 对应的储气库采气量最大。

(3)对应采气量大的方案,气源的供气量较小,

压气站的费用较少;对应采气量小的方案,气源的供气量较大,压气站的费用较大,但对总费用起主要作用的因素还是采气量,因此,费用最省的方案仍是调峰方案 1。

参 考 文 献

- 1, 姚光镇:输气管道设计与管理,石油大学出版社(山东),1991。
- 2, 唐建峰:燃气长输管道动态模拟及末段储气研究,油气储运,2000,19(7)。

(收稿日期:2003-11-24)

编辑:刘春阳