

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2011.05.004

浅论利用燃气管道管储调峰 及提升管储的方法

□ 深圳市燃气集团股份有限公司天然气工程建设分公司 (518054) 钟 震

摘 要: 燃气输送管道具有很大的储存空间, 利用燃气管道储气能力为生产运营服务, 通过调度的主动干预实现削峰填谷功能, 缓解峰期的用气压力。本文通过对管储分析, 对管储调峰的调度方式进行了说明, 并对管储调峰的优缺点进行了分析阐述。

关 键 词: 管储 调峰 调度

1 管储调峰应用背景介绍

随着城镇燃气行业的蓬勃发展, 气源供应也越来越紧张。上游气源供应商为产输平稳, 制定了各种条款制度来限制下游城镇燃气运营企业, 基本上都对下游用户的用气总量和提气速率做出了限定, 要求下游城镇燃气企业最大年、季、月、日、小时提气量、最大提气速率等指标不能超过一定值。超提倍付已是上游对下游限制的惯用手法。针对各种超提(如瞬时提气速率超额, 日累计用量超额)处理, 往往带有惩罚性质, 大多是成多倍价格额外收取费用。城镇居民用气具有自身特点, 存在着日、季度的周期性变化, 不可能保持平稳用气。用户的周期性不均衡用气给城镇燃气运营企业带来极大的难度。城镇燃气企业即使

能保证年、月、日总量不超标, 但也很难保证小时不超提, 更保证不了瞬时不超提。城镇燃气运营企业为应对超提问题, 常常出高价购买现货。然而, 城镇燃气向居民用户的销售价格基本是政府定价, 不能随便涨跌。大量的现货购买会给城镇燃气运行企业带来巨大的经济负担。很多用气高峰时段, 城镇燃气营运商都是高买低卖来为城镇居民提供气源的, 这也是城镇燃气行业普遍效益不好的重要原因之一。由于预测购买现货量往往与实际用户需求量存在差距, 经常出现现货购买过多或过少问题。现货购买多了用不了, 还需额外增加保管费用; 现货购买少了, 还需向上游气源供应商超提, 或者是限制下游用户使用量, 无论哪种方式, 都会给企业造成一定的损失或负面影响。

超提倍付给下游城镇燃气营运企业带来极大的商

上整理出来的, 作为钢瓶监管人员日常工作的工具, 目的是便于监管工作的开展。所有标准都会被修订, 使用本表应注意上述标准的最新版本。我们既要看到监管工作的难度, 又要看到技术标准的完整、细致、明确, 为我们的监管提供了依据, 还要注意到标准的最新版本。只要液化石油气钢瓶生产单位严

格依照标准制造钢瓶, 液化石油气充装单位严格依照标准灌装钢瓶, 液化石油气钢瓶产权单位严格依照标准定期检验与评定, 液化石油气钢瓶检验单位严格依照标准判废处理钢瓶, 质量技术监督单位严格依法、依标准进行监管, 液化石油气钢瓶安全使用就会得到全面的保障。

业难题,既要保证城镇工商业居民的正常用气,又不能超过上游气源提供商的最大提气要求,还要受照付不议合同的约束。如何满足城镇居民用户对燃气用气高峰的需求,又尽量减少高价格购买的“现货”。为降低现货购买和超提给企业带来的经济损失,很多城镇燃气运营商都投资大量资金建设调峰站、储气库、设置缓冲罐等方式来应对。燃气管道尤其是压力较高的燃气管道,是城镇燃气企业所具有的最大存储空间资源。合理利用管储资源,将可大大减小企业现货购买量,有效防止超提倍付现象发生,能为企业节省投资资金并带来客观经济效益。

2 可用管储量

2.1 管储量计算

管道储气量跟管道的内径大小、管道的长度、储气的压力及温度有关。一旦管网形成,管道的大小、长度均已确定,管储主要跟压力和温度有关,如忽略温度变化影响(假设管网温度保持一致),则管储就跟管道的压力有直接关系,管道运行压力越高,管储就越大。假设管道内径为500mm,运行压力为1.6MPa,管网全长100km,则管道内可容纳的气量约为31万 m^3 (标准状态下理想气体)。

$$Q = \pi r^2 L (P/P_{\text{标}}) \approx 31 \text{万} \text{m}^3$$

$$P = 1.6 \times 10^6 \text{Pa}$$

$$P_{\text{标}} = 1.01325 \times 10^5 \text{Pa}$$

2.2 可用管储量与可用调峰管储量

管道储量虽然巨大,但并非所有的管储量都可利用,管道需要一定储量的气来维持管网运行,来满足下游用户最小压力需求。可利用管储是跟管道各点用户用气压力有直接关系的,可利用管储量往往受制于管网中不利点的压力限制,以最不利点影响尤为明显。最不利点不一定是管道运行过程中压力最低点。

便于计算及说明,先定义几个参量:

P: 管网中压力;

P_{λ} : 管网门站出口供气压力;

$P_{\lambda H}$: 正常工况下管网门站出口最高允许供气压力;

$P_{\lambda L}$: 正常工况下管网门站出口最低允许供气压力;

P_N : 管网中最不利点供气压力, N代表不利点;

P_{NH} : 管网中最不利点最高允许压力;

P_{NH0} : 最不利工况下最不利点最高压力;

P_{NL} : 最不利工况下最不利点维持正常运行最低允许压力;

Q: 标方气量;

ΔQ : 可用管储量;

Q_{max} : 最不利工况最大可用管储量;

$Q_{\text{调}}$: 最不利工况可用调峰管储;

可用管储可以通过实验方法测得。最不利工况管储实验测量方法如下:

关闭所有用户,将管道压力充至运行最高允许工况压力值 $P_{\lambda H}$,切断门站供气气源,开启所有用户,直至出现有用户(该用户点为管网最不利点)压力不能满足需求时关闭所有用户。通过统计各用户此段时间内的用气总量即为最不利状态最大可用管储 Q_{max} 。

管网可用管储不是固定值,其与环境温度、用气用户数量、各用户用气量、用气速率等多种因素均有关系,会随着条件的变化而动态变化,此处不做赘述。

最不利工况下可用调峰管储实验测量方法如下:

管网门站入口一直维持最高工况供气压力 $P_{\lambda H}$,所有用气出口均开启进行正常用气,直至各用户处压力均降至稳定,达到动态平衡,此时最不利点的压力为 P_{NH0} 。此时开始记录管网各出入口的入、出气量,控制管网门站调节阀,逐渐缓慢降低供气压力,直至最不利点压力降至最低允许供气压力 P_{NL} 时停止记录。根据统计结果,计算此段时间内出口气量与入口气量之差,差值就是可调峰管储 $Q_{\text{调}}$ 。

实验方法得到的数据往往比较真实,但一般情况下,管网很难具备实验条件。在实际应用中可用储量大多根据计算结果结合使用经验进行估算。

2.3 可用管储及可用调峰管储的计算

静态管储是可以精确计算的,但工况下可用管储量与多种因素有关,计算比较复杂,而且误差较大。利用管网仿真软件测算是一个比较快捷的方法,但往往与实际情况还是有一定的误差。比较流行的作法还是利用长期的经验数据进行估算。以下是利用理想气体状态方程推导计算可用管储方法。

理想气体状态方程式:

$$pV = (m/M)RT = nRT$$

$$\text{或 } pV_m = p(V/n) = RT$$

式中 p , V , T 及 n 单位分别为Pa, m^3 , K及mol。
 $V_m = V/n$ 称为气体的摩尔体积, 其单位为 $\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ 。
 $R = 8.314510 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 称为摩尔气体常数。

可用管储量 ΔQ 的计算:

$$\Delta Q = \sum Q_{\text{出}, (t1-t0)} - \sum Q_{\text{入}, (t1-t0)}$$

$$= \int (V, P, t) d_p d_t$$

$$\approx (P_{\lambda H} - P_{\lambda L}) \cdot V/P_{\text{标}};$$

$Q_{\text{出}, (t1-t0)}$: t_0 至 t_1 时段内管网用户用气量;

$Q_{\text{入}, (t1-t0)}$: t_0 至 t_1 时段内管网门站供气量;

由于受气体粘度、管壁粗糙度等多种因素影响, 管道气体在流动过程中会存在一定的压力损失, 因此管网内各点最大允许压降不一定相等。

可用调峰管储的计算:

$$Q_{\text{调}} = \int (V, P, t) d_p d_t$$

$$\approx (P_H - P_L) \cdot V/P_{\text{标}};$$

$$\Delta P = (P_H - P_L);$$

ΔP : 管网最大平均压降;

P_H : 管网正常工况时平均最高压力;

P_L : 管网正常工况时平均最低压力;

从式中可看出可利用调峰管储与 ΔP 有关, ΔP 越大, 可用管储越大。

注: 管网正常工况是指管网处于正常运行状态, 各出入口压力、流量均达到动态平衡。

管网实际运行环境比较复杂, 用户用气虽然具有一定的规律, 但也常常处在动态变化之中, 所以, 管网中的不利点也会随着管网的发展改造、用户使用情况的变化而改变。只有在运行环境不变, 管网用户数量及用量均固定不变, ΔP 、 Q_{max} 及 $Q_{\text{调}}$ 方可确定。不利点可用通过仿真计算或实地测来确定。

3 管储调峰

管储调峰就是利用管网中可利用调峰的管储量在用户用气高峰期起到调峰作用, 减少峰期临时现货购气量, 避免峰期气量超提, 降低商务成本。

虽然管网拥有巨大的可调峰管储量, 但不采取合理的调度方法是不能够发挥管储能力的。开发管储资源, 利用管储进行调峰, 与管网调度运行方式有巨大

的关系。要想实现管储调峰就必须是整个管道的压力波动起来, 即使 $\Delta P > 0$ 。要充分发挥管储调峰能力, 就必须采用调度系统对管网适时的采取主动升压与主动降压机制。主动升压、降压均是通过门站调压器、调流阀的控制实现的。

主动升压: 在管网最低压力和最低用量同时出现后主动控制各门站调压器将压力升高到最高允许值, 及时回补充整个管网管储直至管网各点压力均处于最高允许值。

主动降压限流: 门站入口流量在达到最大允许值时, 通过连锁控制主动调节调流阀降压, 将流量保持在最大允许值。

主动流量调节: 主动流量调节靠控制调节阀的开度来实现。在补充管存时刻初期主动调大开度, 在补充结束期间主动关小开度; 在用气高峰出现前保压不变, 主动调节开度满足供气流量要求; 在用气量下降阶段主动调低压力同时保持开度, 当用气量持续下降, 压力调到最低允许值后主动调小开度。

4 管储调峰调度策略

管储是一个可循环利用的资源, 管储调峰分为峰期利用与谷期补充两个阶段。管储调峰调度分为峰前保压, 峰期限流降压, 峰后保流, 谷期升压补充。

峰前保压, 是在用气高峰来临之前, 通过控制门站调节阀实现门站出口压力保持在最高限值, 以保证管网在最不利工况出现时最不利点的工作压力能保持在 P_{NH0} 。

峰期控压限流, 是为防止门站从上游超提, 引起商务损失而采取的调度方法。控压是控制门站出口压力不低于 $P_{\lambda H}$, 限流是通过控制门站调流阀来限制提气量不超过最大商务允许量。通过控压限流就可实现利用管储调峰的功能。实际操作中往往利用SCADA系统结合在线仿真软件进行调度控制, 这样可以根据实际工况确定当时最不利点压力流量, 最大限度的增大管网 ΔP , 从而更为有效的利用管储资源。

谷期升压补充, 是在用气低谷时期, 通过控制门站压力调节阀主动升压补充管储, 实际操作中往往称之为管网憋压。

一日存在多个用气高峰, 均可使用管存量进行调

节或部分调节。在用气高峰时可用于调峰的管储不能满足用户需求时，就必须启用调峰站、储气库对管网进行补充。

管储调峰调度过程可参照表1和表2。

5 提升管储利用能力的方法

面对管网具有如此庞大的存储空间，如不能充分利用，实在是巨大的资源浪费。如何能深度利用管储资源呢？方法是有的，只要采取适当的方法，增大管网 ΔP 即可。增大 ΔP 方法有以下几种：

（1）提升整个管网最高运行压力。本方法是提高 P_u 来实现 ΔP 增大。整体升高供气压力是有效提高可用管储的最佳方案。但整体升高供气压力需要考虑管网是否能够承受升高后的压力，能否确保整体管网处在安全状态。提升管网整体压力需要认真对待，谨慎进行。

（2）对管网进行局部改造，主要是改造各不利点，提升管网整体压降承受能力。如采取扩大局部片区的管径以增加对该区域的供气能力。也可根据实际情况分片区按不同等级提升各片区管网压力。

（3）不利片区增加临时供气设施，或设立小型缓冲储罐或建立小的临时加压站或调峰站。

（4）多支线连接，让管网形成网状结构。管道互联互通形成环、网能够大大提升管道供气调节能力。道理很简单，形成环或网时，对片区就相当于多了几个供气源头，对单个用户就相当于增加了缓冲空间。

（5）管路上增加在线加压泵。增加增压泵是提升下游用气压力的最好方法，此处所提的增压泵不是非常巨大的增压泵，而是小量在线增压。增压泵也不是经常开启，而是根据管网实际运行情况，统一调度管理的。如果需要对此处下游用户局部提升压力，可以在用气高峰时扩大管储利用能力，既有效降低整个

表1 管储调峰综合调度所涉及参变量表

出口压力	调流阀开度	出口流量	管网不利点压力	可用管储量	下游总用量	管网动态平均压力	备注
$P_{\square} \uparrow$	$O \uparrow$	$F \uparrow$	$P_n \uparrow$	$\Delta Q \uparrow$	$F_s \uparrow$	$P_x \uparrow$	↑：表示变大
$P_{\square} \downarrow$	$O \downarrow$	$F \downarrow$	$P_n \downarrow$	$\Delta Q \downarrow$	$F_s \downarrow$	$P_x \downarrow$	↓：表示变小
$P_{\square} \sqcap$	$O \sqcap$	$F \sqcap$	$P_n \sqcap$	$\Delta Q \sqcap$	$F_s \sqcap$	$P_x \sqcap$	⊐：表示处于或保持在最高或最大
$P_{\square} \sqcup$	$O \sqcup$	$F \sqcup$	$P_n \sqcup$	$\Delta Q \sqcup$	$F_s \sqcup$	$P_x \sqcup$	⊔：表示稳定在某一中间某一水平
$P_{\square} \sqsubset$	$O \sqsubset$	$F \sqsubset$	$P_n \sqsubset$	$\Delta Q \sqsubset$	$F_s \sqsubset$	$P_x \sqsubset$	⊔：表示处于或保持在最低

表2 管网运行各参量调度变化表

阶段	操作步骤	F_s	$P_{\square}$	O	F	P_n	ΔQ	P_x	LNG调峰站	备注
第一阶段 峰前保压	1	↑	⊐	⊔↑	↑	⊐	⊐	⊐		
	2	↑	⊐	↑⊔	↑⊔	⊐↓⊔	⊐	⊐↓⊔		
第二阶段 峰期限流保压 （利用管储阶段）	3	↑	⊐	↑	↑⊐	↓⊔	↓⊔	↓⊔	开启	
	4	↑⊐	↓⊔	↑⊐	⊐	↓⊔	↓⊔	↓⊔	调峰	可用调峰管储用完
第三阶段 峰后保流	5	↓⊔	⊔	⊐	⊐	⊔	⊔	⊔	关闭	尽可能使用上游成本较低气源
	6	↓	⊔	⊐	↓	⊔	⊔	⊔		满足下游用户要求
	7	↓	⊔	↓	↓	⊔	⊔	⊔		
	8	⊔	⊔	↓⊔	⊔	⊔	⊔	⊔		用气低谷出现
第四阶段 谷期补充管储	9	⊔	↑⊐	↑⊐	↑	↑	↑	↑		出口流量略升，补充管储
	10	⊔	⊐	↓⊔	⊔	⊐	⊐	⊐		调流阀开口调最小

管网的供气压力,就开启升压泵。

(6) 管网设置多个门站或调压站。增加门站,采用多个气源供气是解决整个管网供气能力的最优方案。但门站建设运营管理费用较高,多气源供气增加了企业投资和运营成本。

(7) 在设计建设或管网改造时有意放大管径增大管容空间。增加管网长度,尽可能的增加管道长度。在有条件的地方埋设副管来增大管容空间。在压力不利点放大管径或增加副管或设置缓冲罐。有条件的尽量使压力不利点与管网连接成环或网状结构,形成多点互联互通。增加管道储气量尤其是高压、次高压管网储气量管储提升效果更为明显。

6 结语

使用管存调峰,可有效减少LNG调峰站的建设数量,节省大量的投资和管理维护人员。利用管储调峰,可有效发挥管储资源潜力,最大限度的均衡日用气量,减少高峰时刻过流超提引起的商务问题。

要实现管储调峰功能,各门站、调压站必须具有调节阀(压力、流量调节阀),调节阀必须实现联网综合控制。如门站、调压站没有调节阀,则必须对门站、

调压站进行改造,安装调节阀。利用管储调峰,调度方案实现较为复杂,程序控制繁琐,调控区域多,综合调度复杂,对SCADA采集数据的实时性、可靠性要求较高,要求SCADA控制系统逻辑运算能力较强,连锁控制机制复杂,需要管网仿真系统支持。需要对整个管网进行通调统配,很少有可借鉴的案例。系统需要一定的时间修正调配方案,对调度管理人员水平要求较高。调压、调流设备控制逻辑相对较为复杂,需要大量的统计和预测信息以及大量的测量数据。

利用管储调峰还处于摸索阶段,没有成熟的经验可以借鉴。随着经验的积累,管储调峰必然会得到广泛应用,并为燃气运营企业带来巨大的经济效益。

参考文献

- 1 姜正侯.燃气工程技术手册.上海:同济大学出版社
- 2 刘芙蓉,杨珊璧.热工理论基础.中国建筑工业出版社,2009
- 3 余敏主编.管道供气、管网输配企业管理与经营实务.北京:化学工业出版社,2008

工程信息

重庆巴东县与重庆民生能源集团 签订天然气项目建设协议

2011年底,重庆巴东县信陵镇及野三关城区部分居民可用上液化天然气,5年内,连通“川气东送”管网,实现两区居民使用液化天然气全覆盖。2011年4月8日,巴东县与重庆民生能源集团就工民用天然气输供气工程签订合作协议,标志着该县即将步入天然气时代。

根据协议,重庆民生能源集团将在此项目中至少投资2亿元,分三期实施工民用天然气输供气工程建设。2011年计划投资7 000万元,完成液

化天然气储气站,县城区、野三关供气管网及办公楼、宿舍等附属设施建设,确保城区及野三关集镇部分居民年底前用上液化天然气;2013年之前,完成野三关川气东送管线上开口接气争取工作,启动野三关至县城区天然气长输管线建设;“十二五”时期内,实现县城区和野三关集镇居民全部用上管道天然气,完全满足城市公交、出租车及其他社会车辆使用液化天然气。

(本刊通讯员供稿)