

川渝输气管网管存控制技术及其案例分析

周建¹ 许红川² 李琦¹ 田毅¹ 胡梅¹

1. 中国石油西南油气田公司输气管理处 2. 中国石油西南油气田公司生产运行处

周建等. 川渝输气管网管存控制技术及其案例分析. 天然气工业, 2013, 33(1): 132-136.

摘要 川渝地区输气管网(简称“川渝管网”)管理跨度大, 产运销协调难度也较大, 利用管存动态监控管理实现临时供气应急对于提高川渝管网调度应急保障能力意义重大。为此, 在调研分析的基础上, 提出了管存控制的基本思路及技术框架。分析认为: ①管存控制的技术关键是准确预测重点保供用户用气量及用气高峰时间、储气管道储气能力的确定及其储气量的合理分配、压力控制参数的确定; ②管存控制技术能成功应用的客观条件是储气管道具有足够的储气能力、具有满足输量要求和管存控制要求的气量调配方案。以 A 地区 2010 年 12 月 14—16 日气温骤降为例, 进一步阐述了具体的管存控制方案, 用城市燃气用气量对气温的响应特性预测气温骤降时的用气量、用气时不均匀性确定储气管道储气时间; 利用 TGNET 软件模拟确定控制压力; 最终确定了气量调配方案, 满足了管存控制要求。

关键词 川渝输气管网 管存控制 调度应急 气温骤降 技术分析

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2013.01.023

Pipeline scheduling and management: A case history from the Sichuan-Chongqing Pipeline Network

Zhou Jian¹, Xu Hongchuan², Li Qi¹, Tian Yi¹, Hu Mei¹

(1. Gas Transmission Management Department of Southwest Oil & Gasfield Company, PetroChina, Chengdu, Sichuan 610213, China; 2. Production Operation Department of Southwest Oil & Gasfield Company, PetroChina, Chengdu, Sichuan 610051, China)

NATUR. GAS IND. VOLUME 33, ISSUE 1, pp.132-136, 1/25/2013. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstract: The gas pipeline network in Sichuan and Chongqing areas, abbreviated as Sichuan-Chongqing Pipeline Network, covers an extremely wide area, which brings about great difficulty in coordination of gas production, transportation and marketing. Thus, a temporary solution of emergency gas supply by use of dynamic supervision and control of pipeline inventory will be of great significance to improve the gas supply guarantee capacity and emergency scheduling of the Sichuan-Chongqing Pipeline Network. In view of this, based on the investigation and analysis, the fundamental ideas and technical framework are presented for pipeline scheduling and inventory management. In conclusion, the essential of pipeline scheduling and inventory management is to accurately predict the gas volume of those important specially protected users and to determine the peak gas time, pressure control parameters, gas storage capacity of lines as well as its rational allocation. The objective condition for the successful application of pipeline inventory management relies on a good allocation and distribution program for ensuring the lines with enough gas storage capacity, meeting the needs of transportation and inventory control. With a case history from the district A during the temperature sudden drop times of Dec. 14 - 16, 2010, the detailed pipeline scheduling and inventory management is further explained. First, the gas consumption in the temperature-sudden-drop time was predicted by use of the response characteristic of a city's gas consumption to air temperature; the control pressure was determined by the simulation of the TGNET software; the gas volume allocation and distribution scheme was eventually determined to meet the requirement of pipeline inventory control.

Key words: emergency scheduling, pipeline inventory management, temperature sudden drop, technical analysis

作者简介:周建, 工程师, 1980 年生; 2009 年毕业于中国石油大学(北京), 获工学硕士学位; 现从事天然气输送工艺技术研究工作。地址: (610213) 四川省成都市华阳镇华府大道 595 号。电话: (028) 85601430。E-mail: zhoujian_sq@petrochina.com.cn

川渝地区输气管网(简称“川渝管网”)管理跨度大,产运销协调难度大^[1],利用管存实现临时供气应急通常是经济有效的手段^[2-5]。“十二五”期间,川渝管网拟实施管存动态监控管理,管存应急将发挥更大的作用。事实上,国外天然气管道运营企业普遍十分重视管存监控管理,将其分为安全管存区、允许操作管存区和目标管存区进行日常监控管理^[6];国内中国石油北京油气调控中心也于2008年开始对管存进行日常监控管理^[7-8]。为实现川渝管网管存动态监控管理,需解决一系列相关技术问题,特别是十分关键的管存控制技术。

1 川渝管网管存控制技术框架

1.1 基本思路

利用管存应急的本质是在管道下游用气激增而上游气源因距离远不能及时补充,或上游气源因故障骤减而下游用户不允许紧急停气时,将管道部分管存量作为用户气源,实现临时保供。为达到此目的,必须进行合理的管存控制,主要是时间和管存量两方面的控制,基本思路是:根据用户用气规律预测次日用气量及用气高峰时间,在用气高峰来临前对管道进行储气,使其具有足够的管存裕量。

1.2 技术框架

实现管存应急需解决诸多技术问题,形成具体的管存控制方案。对于上游气源故障骤减的情形,由于故障发生的时间及影响程度具有不确定性,难以制订精确的管存控制方案,一般根据生产经验提前对管道充装适当管存裕量。对于用户用气量激增的情形,其增量或遵循一定的规律或可人为控制,故可制订比较精确的管存控制方案,技术框架见图1,包括以下两个方面的技术问题。

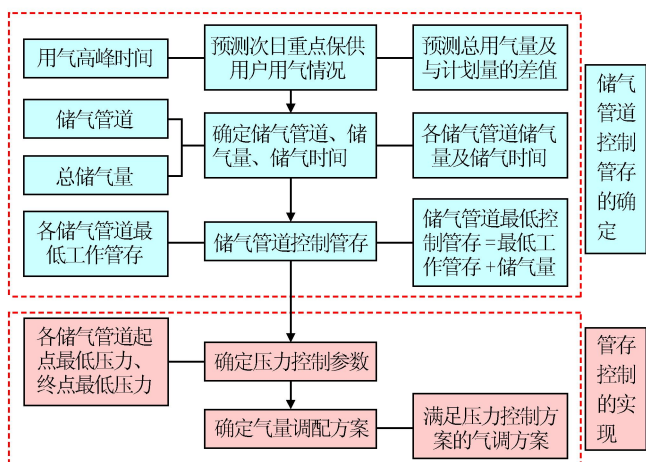


图1 用气激增时管存控制技术框架图

1)解决“为了实现利用管存应急,应在什么时间将储气管道(其管存在应急时可用于支撑用户用气的管道)的管存量控制到多少”,即储气管道控制管存的确定。包括3个技术环节:①预测次日各时间段重点保供用户用气量及用气总量,目的是确定次日用气高峰时间、日总用气量超过计划用气多少;②确定哪些管道可作为储气管道,每个储气管道需在什么时间内达到多少储气量(可用于支撑用户用气的那部分管存称为储气量),全部储气管道的总储气量等于预测日用气量与日计划用气量的差值;③确定各储气管道在完成储气时的管存量(简称“控制管存”),最低控制管存=最低工作管存+储气量。

2)解决“如何调配气量使储气管道管存量在要求的时限达到最低控制管存”。包括两个技术环节:①通过模拟分析,确定储气完成时,各储气管道达到最低控制管存时需满足的起点、终点最低压力;②通过模拟分析,确定可满足压力要求的气量调配方案。

2 案例分析:A地区冬季气温骤降时的管存控制方案

2010年12月14—16日,川渝管网A地区气温骤降,用气量激增,由于技术手段的欠缺,未提前采取管存储气措施,12月16日早上8:00 A1、A2两站压力分别为1.78 MPa、2.01 MPa,低于生产运行部门认为的可靠水平。以此次气温骤降为例,虚拟制订当时条件下的管存控制方案。

2.1 气温骤降基本情况

2.1.1 供气管网概况

2010年冬季A地区供气管网概况见表1、图2。

表1 A地区供气干线基本情况表

管线	管段	规格/mm	管容/ m^3	输量/ $(10^4 m^3 \cdot d^{-1})$	运行压力/MPa
北干线	A6—A1	$\varnothing 720 \times 8$	116 796	350~600	2.0~3.2
北内环	A6—A2	$\varnothing 813 \times 8.8$	155 721	190~640	2.0~3.5
城纳线	A1—A2	$\varnothing 711 \times 8$	26 756	100~200	1.5~3.0
威青线	A1—A3	$\varnothing 720 \times 8$	18 675	100~200	1.0~2.3
	A4—A3	$\varnothing 720 \times 8$	12 450	100~200	1.0~2.3

2.1.2 用户概况及用气特点

A地区2010年冬季用气结构:城市燃气占48.45%,工业用户占18.82%,大化肥用户占13.62%,其他小用户占19.11%。其中城市燃气所占比例远大于其他

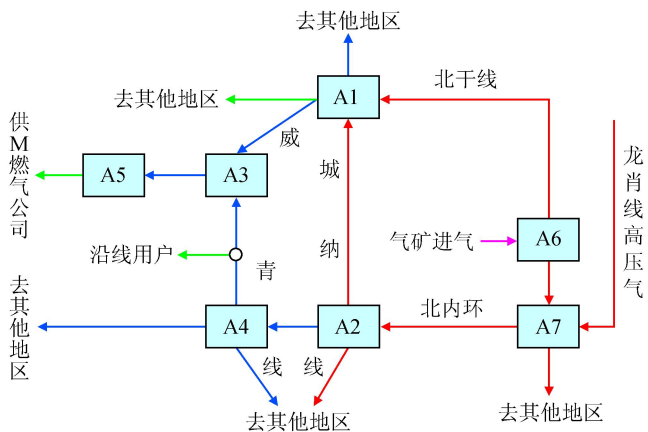


图 2 2010 年冬季 A 地区供气管网及供气流向示意图

注:① A1~A7 为输(配)气站场编号;②红色、蓝色、绿色、紫色实线分别表示输气主干线、输气支干线、配气管线、进气管线

用户类型,且为重点保供对象。因此,城市燃气冬季用气特点和规律主导整个 A 地区的用气特点和规律。从图 3 可以看出:城市燃气用量随气温下降而上升,工业用户、大化肥及其他小用户用气量基本不随气温变

化,A 地区总日用气量变化趋势与城市燃气基本一致,且统计数据表明,A 地区冬季日用气量增量基本来自城市燃气用量。这反映了城市燃气用量与气温高度负相关的特性及对 A 地区用气规律的主导作用。

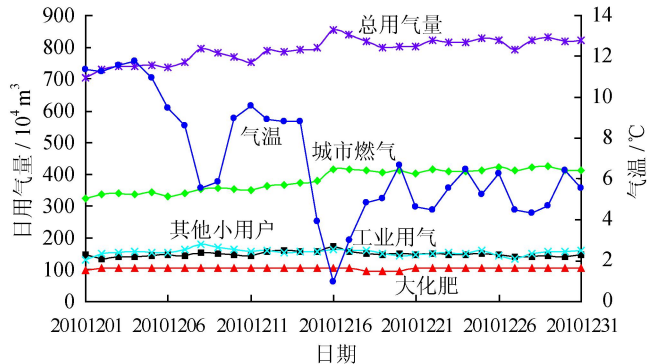


图 3 A 地区 2010 年 12 月各类用户冬季日用气规律图

2.1.3 用气情况

2010 年 12 月 14—16 日气温骤降时的用气情况见表 2。

表 2 A 地区 2010 年 12 月 14—16 日用气量表

日期	日均气温/℃	地区总用气量/ (10 ⁴ m ³ · d ⁻¹)		地区城市燃气总用气量/ (10 ⁴ m ³ · d ⁻¹)		M 燃气公司用气量/ (10 ⁴ m ³ · d ⁻¹)	
		计划	实际	计划	实际	计划	实际
12 月 14 日	9.5	790	791	350	354	224	224
12 月 15 日	4.5	790	806	350	381	224	244
12 月 16 日	1.8	790	855	350	416	224	267

2.2 管存控制方案的制订

2.2.1 用气量及用气高峰时间预测

为简便起见,可选择能基本反映地区城市燃气用气和总用气量规律的主控用户来分析。M 燃气公司冬季日用气量约占 A 地区城市燃气总量 65%,其用气趋势可以反映 A 地区总用气趋势,故可作为主控用户。

2.2.1.1 用气量预测

M 燃气公司的用气量预测可由其对气温的响应特性来实现,关系式如下^[9]:

$$Q(t) = -6.06(1 + K)t + 290.6$$

$$K = k_0 \sum_{i=1}^N [(t_i/t) - 1] k^i$$

式中 $Q(t)$ 为城市燃气日用气量, 10^4 m^3 ; K 为气温累积效应系数; t 为待预测日平均气温, $^\circ\text{C}$; k_0 为待预测日气温影响系数,取 1; N 表示待预测日前 N 日内的气温累积效应不能忽略,可取为 3 日; k 为前一日“温

差”对后一日的的作用强度系数, $0.3 \sim 0.5$; t_i 为待预测日前第 i 日的日平均气温, $^\circ\text{C}$; i 表示待预测日前第 i 日。

应用上述关系式可预测出 12 月 16 日 M 燃气公司用气量,并近似认为该日 M 燃气公司用气量占 A 地区城市燃气用量的比例保持 65% 不变,其他用户用气量不随气温变化,由此可预测出 A 地区城市燃气的总用气量及 A 地区总用气量。表 3 给出了用气预测相关数据。

表 3 2010 年 12 月 16 日 A 地区用气预测量表 $10^4 \text{ m}^3/\text{d}$

项 目	计划量	实际量	预测量	预测比 计划增量
总用气量	790	850	855	65
城市燃气总用气量	350	416	415	66
M 燃气公司用气量	224	267	270	46

2.2.1.2 用气高峰时间预测

用气高峰时间可根据城市燃气用气时不均匀性来预测。时不均匀性是指城市燃气在一天中不同时刻用气的不均衡性,用时不均匀系数来表示;时不均匀系数=某小时用气量/日平均小时用气量^[10]。从图4可以看出,用气高峰出现在10:00~17:00、19:00~22:00,用气低谷出现在2:00~7:00,峰谷差达到6.5倍左右。

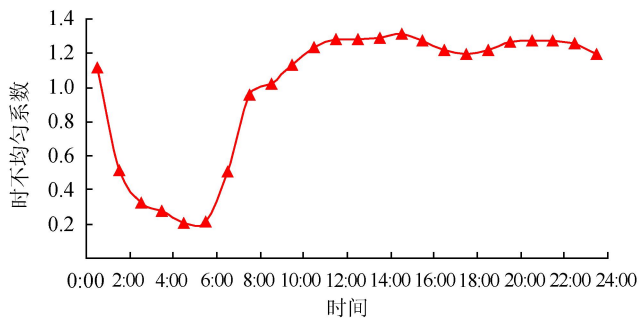


图4 2010年12月M燃气公司时不均匀性曲线

2.2.2 储气管道、储气量及储气时间

①储气管道依据供气管网气量调配格局确定,从图2可以看出,可依靠管存来支撑A地区用气的骨干管道主要有北干线、北内环、城纳线A2—A1段。②总储气量等于预测总用气量与计划用气量的差值,各储气管道储气量根据其储气能力合理分配。管道储气能力取决于对应管段的运行压力调节范围及管容,而运行压力调节范围一般可根据生产经验总结。表4给出了根据生产经验得到的各储气管道储气能力及在本例中的储气量。③储气时间是指必须在用气高峰来临前完成管道储气。根据A地区城市燃气时不均匀性,各储气管道必须在12月16日10:00前完成储气。

2.2.3 最低控制管存

根据最低控制管存的含义,A6—A1、A6—A2、A2—A1在12月16日10:00的最低控制管存应为表4中最低工作管存与储气量之和,分别为 $315 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、 $438 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、 $59 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

表4 各储气管道储气能力及储气量表

储气管段	起点运行压力/ MPa	终点运行压力/ MPa	管容/ m^3	最低工作管存/ 10^4 m^3	最高管存/ 10^4 m^3	储气能力/ 10^4 m^3	储气量/ 10^4 m^3
A6—A1	3.04~3.50	1.89~2.45	116 796	292	348	56	23
A6—A2	3.04~3.80	2.07~2.60	155 721	402	498	96	36
A2—A1	2.07~2.60	1.89~2.45	26 756	53	68	15	6

注:最低工作管存、最高管存分别由运行压力范围的下限和上限确定

2.2.4 压力控制参数

根据控制管存和运行气量,利用TGNET软件模拟计算出各节点控制压力,使得在该控制压力下管段管存为控制管存。根据模拟结果,要充分确保A地区重点保供用户12月16日全天安全平稳供气,采取的管存控制是:在早上10:00前将A6、A2、A1站压力分别控制在3.20、2.34、1.95 MPa。

2.2.5 气量调配方案

川渝管网是典型的环状管网,不同地区管线的气量可以实现互调。为了使A6、A2、A1站压力在10:00分别控制在3.20、2.34、1.95 MPa以上,可将龙肖线高压气更多地分输入北内环,由于北内环与北干线在上游相互连通(图2),此举可同时提高北内环、北干线压力。除此外,若有必要,还可通过提前压减化肥用户用气来满足储气要求。

3 结论及认识

1)管存控制的技术关键:①准确预测重点保供用

户用气量及用气高峰时间是实现管存控制应急的前提和基础。目前城市燃气用气量预测技术已比较成熟,只需获得用户用气特性即可应用。②储气管道储气能力的确定及储气量的合理分配在一定程度上决定着能否找到适合的气量调配方案。川渝环形管网往往有多个储气管道的管存可用于供气应急,其储气能力随调配方式变化而变化,合理分配储气量需要较高的经验判断能力。③压力控制参数的确定。同时满足输量要求和管存控制要求的最低压力控制参数一般是唯一的,需要依靠管网模拟技术反复测算,存在一定技术难度。

2)管存控制技术能否成功应用除了取决于上述关键技术问题的顺利解决外,还取决于两个客观制约条件:①储气管道是否具有足够的储气能力;②是否具有满足输量要求和管存控制要求的气量调配方案。

3)本文构建了管存控制的基本技术框架,并以A地区冬季气温骤降为例,阐明了管存控制各技术问题的解决方法,指出了管存控制的技术关键及能否成功应用的关键控制点。从国外日益重视管存管理的发展

趋势上看,管存控制技术必将作为调度应急管理的一种重要手段,持续深入研究解决其相关技术难题,为其广泛应用提供技术支持,对于完善天然气供气安全保障系统具有重要意义。

参 考 文 献

- [1] 唐宗文,刘巍.实现川渝地区天然气产销协调管理的主要措施[J].天然气工业,2009,29(3):110-113.
TANG Zongwen, LIU Wei. Main measures about realization of production and transportation management of natural gas in Sichuan and Chongqing area[J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(3):110-113.
- [2] 姜笃志.输气管道的储气与调峰[J].油气储运,1997,16(8):1-3.
JIANG Duzhi. Gas pipeline used for storage and peaking[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 1997, 16(8):1-3.
- [3] 王学军,林敬民,沈永良.管道储气调峰的投资与经济分析[J].煤气与热力,2003,23(4):225-227.
WANG Xuejun, LIN Jingmin, SHEN Yongliang. Investment and economic analysis on gas pipeline peaking[J]. Gas & Heat, 2003, 23(4):225-227.
- [4] 余洋.关于我国天然气调峰方式的思考[J].石油规划设计,2007,18(4):8-11.
YU Yang. Reflections on China's natural gas peaking[J]. Petroleum Planning & Engineering, 2007, 18(4):8-11.
- [5] 范莉,黄泽俊,樊绪平,等.西气东输管道运行调峰技术[J].天然气工业,2007,27(12):130-132.
FAN Li, HUANG Zejun, FAN Xuping, et al. West-East gas pipeline peak shaving technology[J]. Natural Gas Industry, 2007, 27(12):130-132.
- [6] 刘振方,唐善华,魏凯,等.天然气管道合理管存方法的应用[J].油气储运,2009,28(9):69-72.
LIU Zhenfang, TANG Shanhu, WEI Kai, et al. Application of the reasonable inventory for gas pipelines[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2009, 28(9):69-72.
- [7] 林杨,关木应子,元伟.信息技术在气体管道管存计算领域的应用研究[J].石油规划设计,2009,20(1):37-40.
LIN Yang, GUANMU Yingzi, QI Wei. Application of information technology in the computational domain of gas pipeline tubes kept computing[J]. Petroleum Planning & Engineering, 2009, 20(1):37-40.
- [8] 张鹏,张帆,唐善华,等.Q/SY 202—2007天然气管道运行与控制原则[S].北京:中国石油天然气股份有限公司,2007.
ZHANG Peng, ZHANG Fan, TANG Shanhu, et al. Q/SY 202-2007 Operation and control principle of gas pipeline [S]. Beijing: PetroChina Co. Ltd., 2007.
- [9] 邹晓琴,胡梅,阮青珂,等.城市燃气短期负荷预测中的气温累积效应[J].天然气技术与经济,2011,5(3):58-60.
ZOU Xiaojin, HU Mei, RUAN Qingke, et al. Temperature accumulation effect on short term load forecast of urban[J]. Natural Gas Technology and Economy, 2011, 5(3):58-60.
- [10] 袁宗明,谢英,梁光川.城市配气[M].北京:石油工业出版社,2004:128-129.
YUAN Zongming, XIE Ying, LIANG Guangchuan. Urban Gas Distribution [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004:128-129.

(修改回稿日期 2012-12-03 编辑 赵 勤)