

# 天然气次高压管网投产置换操作流程探讨

深圳市燃气集团股份有限公司(518040) 王文想 叶锦业 黎 珍

## 1 概述

随着广东 LNG 项目的建成投产,广州、深圳、佛山、东莞、惠州等地实现了天然气供应。天然气次高压管线在整个输配系统中地位重要,深圳市将建成次高压(1.6MPa)管网 200 多 km。次高压管线的顺利投产置换是实现安全、稳定供气的重要环节。本文主要结合深圳市天然气次高压燃气管道置换投产的实施情况,就其操作流程作一个探讨。

次高压管线与中压管线的投产置换存在很大的不同:(1)压力等级不同。次高压已供气管道与将投产管道存在压力差大,按中压的投产置换方法会对隔离阀造成损坏。(2)投产置换管线长,压力高,管道内存气量大,置换中途发生意外时,放散时间长,危险性大,安全要求高。(3)新管道通常存在一定的臭剂吸附。中压置换管道加臭量不合格时,由于存气量小,用户很快用完,不合格气持续时间短。次高压管线存气量大且投产通常比中压及用户的天然气置换略为提前,用户呈渐增趋势,不合格气体持续时间长。(4)要严格控制流速。如果流速过快,易在钢管中引起静电,造成事故;同时,流速过快还将影响到上游分输站的压力、流量的稳定性。

由于存在以上区别,次高压管线的置换不能沿用中压的置换方式,选择合理、安全的投产置换方式对天然气的安全投产与运行具有重要意义。

## 2 投产置换流程的选取

目前,深圳已投入使用的次高压管线已达 100 多 km,进行了将近 10 次投产置换作业。第一次置换是和门站同时进行,在上游分输站的流量控制下进行,不存在下游有用户用气的情况,因此,相对会容易些。通过多次置换,总结了一些实际经验,制定了较为合理的操作规程,增强了投产置换的安全性。

2.1 投产置换基本流程见图 1。

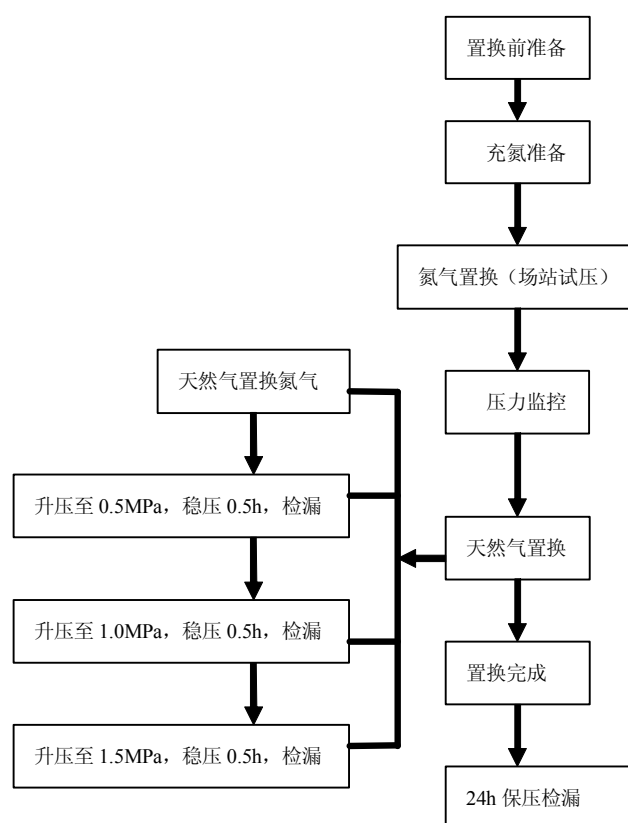


图 1 投产置换基本流程

## 2.2 投产前准备

投产前准备工作主要包括:(1)资料的移交及阀门启闭情况的核查。(2)调度中心根据竣工资料做出基础信息图、作业图、置换信息表。(3)操作部门列出备品备料表,做好人机物准备,完成相关审批程序。

## 2.3 氮气置换

### 2.3.1 操作人员配备

氮气置换分为放散组、注氮组、巡线组操作,为节省人力,在不同时段可调配使用,如放散组人员在完成放散后可加入到巡线组。此外,还有其他辅助部门如安技部人员旁站,监护工人的安全操作及相应安全设施的配备。

### 2.3.2 氮气置换过程

对管线、阀门进行巡查后,注氮组在注氮口与液氮瓶及气化设备连接,控制温度在 $5^{\circ}\text{C}$ 以上进行充氮。放散组在放散口检测氧含量。当氧含量小于3%(检测3次)即合格。然后进行升压,通常升至 $0.2\text{MPa}$ 左右。液氮气化完后,巡线组巡查管线,记录压力,保压24h,并在关键部位检漏。

调压站试压应做过程记录,完成后通知调度中心,调度中心进行3天的压力监测。

## 2.4 天然气置换

### 2.4.1 操作人员配备

人员的配备与氮气置换时基本相同,只是注氮组改为阀门操作组。要加强各操作人员之间的联系,通过防爆对讲机、手机、电话等方式,保证调度中心与阀门操作组、放散组等之间的通讯畅通。

### 2.4.2 天然气置换过程

(1)置换前一天将氮气压力降至微正压(约 $5\,000\text{Pa}$ ),并在进气阀注臭口处注入四氢噻吩。置换开始前对阀门启闭情况核查,各工作组各就各位,放散组将氮气放散至微正压。

(2)阀门操作组开启进气阀,开启时应与调度中心配合,以控制流量。调度中心根据门站的瞬时流量,判断流量是否在控制范围内,当达到最大流量的70%时通知阀门控制组。每 $5\text{min}$ – $10\text{min}$ 与阀门操作组沟通一次,直至阀门全开。

(3)放散组在放散点测量可燃气体浓度,当可燃气体浓度达到80%以后,并且在 $3\text{min}$ 以内至少3次检测可燃气体浓度在95%以上,就认为纯天然气已经到达。根据经验,天然气气头通常在管道压力升

到 $0.3\text{MPa}$ 左右时到达。

(4)当压力到达 $0.5\text{MPa}$ 时,现场指挥通知阀门操作组关闭进气阀门,稳压 $0.5\text{h}$ 。巡线组对管线进行巡查,对关键部位进行查漏,如无异常,打开进气阀,继续升压。

(5)升压时应控制流量,减少对上游的影响。升至 $1.0\text{MPa}$ 时,关闭进气阀,稳压 $0.5\text{h}$ 。巡线组对管线进行巡查,对关键部位进行查漏,如无异常,打开进气阀,继续升压。重复以上步骤,升压到 $1.5\text{MPa}$ ,停止升压,稳压查漏,如无泄漏,则天然气置换、升压结束。

(6)24h内压力监测记录。

(7)在整个升压过程中调度中心应对门站瞬时流量进行监控,与调压器操作人员密切配合,将流量控制在可控范围。

## 2.5 置换后的监测及总结

在置换后的3天内,调度中心应对压力监控点进行监测,并做记录,绘制压力监控图。置换完成后各部门资料移交调度中心,调度中心做出置换总结。

## 3 天然气置换过程中的几个关键问题

### 3.1 解决流量可控问题

由于深圳次高压管线采用的电动阀为直埋式球阀,与中压管网闸板阀不同的是,它只存在两种阀位:开到位和关到位,因此,不能通过它来进行流量控制。

为解决流量可控的问题,可采取管线提前降压运行及通过阀门放散管上的截止阀进气的方式。进气阀详见图2。

解决流量可控问题时,应注意管线压力对流量控制的影响。实践经验表明,已供气次高压管线的压力越高,截止阀前后压力差越大,截止阀的可控性难度越大,气流声越大,对截止阀可能会造成一定的损坏。我们分别在管线压力为 $1.5\text{MPa}$ 和 $0.8\text{MPa}$ 下置换,在 $1.5\text{MPa}$ 时,气流声大,阀门手感重,流量可控性差,在刚开始置换时很容易造成流速超出规范要求;当压差降到 $0.8\text{MPa}$ 左右时,流速的可控性会好转。在已供气次高压管段不长,次高压管线压力不要稳定在 $1.5\text{MPa}$ 的情况下,可采用降压置换,待已供气管与将投产管压力平衡后,采用全线升压的方

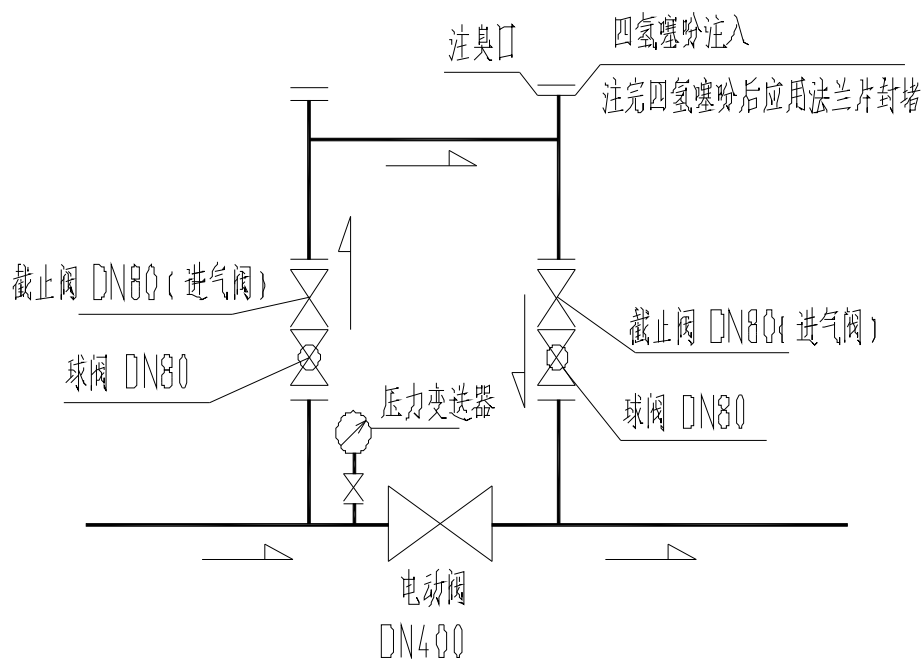


图 2

式。如已供气管线长, 升压时间长, 且需调节门站调压器, 则建议不采取降压置换, 而在 1.5MPa 进行置换, 只要调度中心与阀门操作组紧密配合, 也可以实现对流量的控制。

3.2 置换时对流速(流量)的控制

在解决了流量可控的问题后, 需要制定流量控制的相关标准, 即在不同的管道压力下流量应控制的范围, 将规范要求的流速控制折成流量控制, 按公式:

$$\frac{\pi}{4}d^2V \times 3600 = Q$$

$$Q_{\text{标}} = \frac{Z_{\text{标}}}{Z_{\text{工}}} \times \frac{PQ}{P_{\text{标}}}$$

- Z-压缩因子;
  - d-置换管线段中, 管径较小的管道内径(m);
  - V-流速(m/s), 置换计算中按 5 m/s 计;
  - P-工况绝对压力(Pa);
  - Q-流量(m<sup>3</sup>/h);
  - Q<sub>标</sub>-流量(Nm<sup>3</sup>/h);
- 计算在不同管径及不同压力下的标态流量, 详见表 1。

通过 SCADA 系统对门站瞬时流量的监测数据, 减去前一天对应时段的瞬时流量, 即可估算置换管段的流量。结合流量控制表, 通过与阀门操作组的密切配合, 共同实现流量(流速)的控制。表 2 是调度中心流量控制的监控表。

表 1 天然气置换流量控制表

| 置换管段压力<br>(MPa) | 允许增加的最大流量 (Nm <sup>3</sup> /h) |        |        |
|-----------------|--------------------------------|--------|--------|
|                 | DN300                          | DN400  | DN500  |
| 0.2             | 4 181                          | 6577   | 10508  |
| 0.3             | 5 569                          | 8 761  | 13 996 |
| 0.4             | 6 965                          | 10 957 | 17 504 |
| 0.5             | 8 369                          | 13 166 | 21 035 |
| 0.6             | 9 777                          | 15 380 | 24 572 |
| 0.7             | 11 193                         | 17 608 | 28 131 |
| 0.8             | 12 615                         | 19 846 | 31 707 |
| 1               | 15 448                         | 24 302 | 38 825 |
| 1.2             | 18 374                         | 28 905 | 46 180 |
| 1.5             | 22 774                         | 35 828 | 57 239 |

注: 当不同管径同时置换时, 按小管径要求控制流量。  
气头到达前按 0.2 MPa 的 30%流量控制。

表2 天然气置换阶段流量压力监控表

日期: \*\*\*\*\*

填表人: \*\*\*

| 置换名称   | 宝安大道南线                      |                          | 供气门站       | 安托山                   |
|--------|-----------------------------|--------------------------|------------|-----------------------|
| 置换区域   | 宝安大道(码头路-双界河)、宝安调压站支线、宝安调压站 |                          |            |                       |
| 进气阀门位置 | 宝安大道阀室                      |                          | 进气截止阀操作人   |                       |
| 时 间    | 瞬时流量(Nm <sup>3</sup> /h)    | 增加流量(Nm <sup>3</sup> /h) | 监控点压力(MPa) | 备注                    |
| 09:54  | 23 550                      | 1 000                    | 0.007      | 打开进气阀                 |
| 09:58  | 24 231                      | 1 020                    | 0.013      |                       |
| 10:05  | 24 964                      | 1 060                    | 0.028      |                       |
| ⋮      | ⋮                           | ⋮                        | ⋮          |                       |
| 11:30  | 30 294                      | 3 500                    | 0.327      |                       |
| 11:35  | 32 686                      | 4 400                    | 0.385      |                       |
| 11:40  | 34 272                      | 5 520                    | 0.408      | 燃气到达, 浓度 66%          |
| 11:45  | 34 816                      | 6 400                    | 0.457      |                       |
| 11:55  | 35 905                      | 6 010                    | 0.486      | 燃气浓度合格                |
| 12:00  | 28 197                      | 0                        | 0.469      | 关闭进气阀稳压, 检测臭剂合格       |
| 12:46  | 21 232                      | 700                      | 0.468      | 开进气阀升压                |
| 12:53  | 22 269                      | 2 300                    | 0.542      |                       |
| ⋮      | ⋮                           | ⋮                        | ⋮          |                       |
| 13:32  | 14 882                      | 517                      | 0.796      | 关闭进气阀, 打开隔断阀(电动阀)平衡压力 |
| 13:37  | 11 161                      | 2 854                    | 0.804      | 门站调压, 全线升压            |
| 14:19  | 24 789                      | 12 429                   | 0.851      |                       |
| 14:26  | 23 805                      | 12 512                   | 0.851      |                       |
| 14:32  | 26 671                      | 15 325                   | 0.871      |                       |
| 14:39  | 33 649                      | 24 980                   | 0.919      |                       |
| 14:49  | 39 593                      | 28 347                   | 1          | 关隔断阀, 稳压              |
| 15:26  | 10 429                      | 1 529                    | 0.993      | 开隔断阀升压                |
| 15:37  | 38 446                      | 25 735                   | 1.033      |                       |
| ⋮      | ⋮                           | ⋮                        | ⋮          |                       |
| 16:43  | 41 320                      | 24 958                   | 1.474      | 升压完毕, 关隔断阀稳压          |

表 2 是置换 4kmDN500,2kmDN300 的次高压管线,在前一天为平衡日用气量,已将全线压力将至 0.8MPa。从表中可见在门站调压器调节升压的过程中容易存在瞬时流量过高,超出规范要求的情况。如运行管线长,即便选择用气低峰时段,升压时间也较

长,不建议专门为置换将全线压力降低,再进行全线升压。

图 3 和图 4 分别为在 1.5MPa 和 0.8MPa 压力下置换门站流量曲线示例。

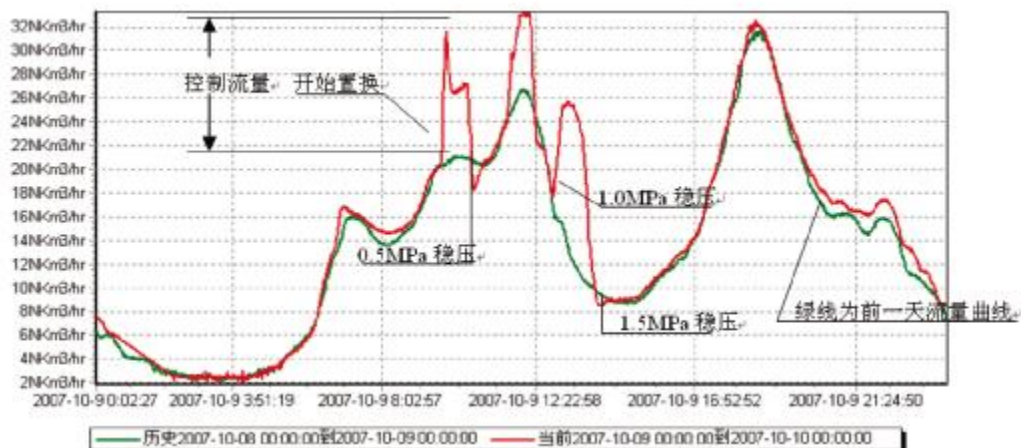


图 3 特区东线金威段天然气置换图

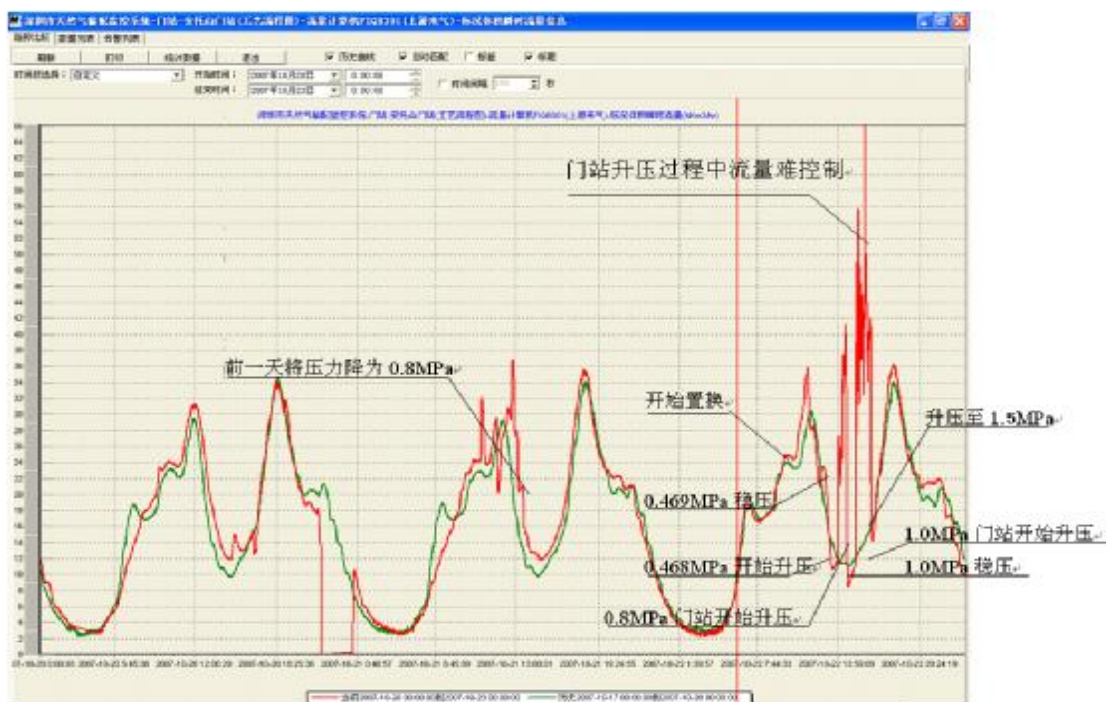


图 4 宝安大道南线天然气置换

可见在门站没有设限流阀的情况下,通过进气阀控制流量置换比全线降压后置换更合理。升压过程中调压器的逐步升压更易造成超流。

### 3.3 保证新置换管道加臭量合格

天然气中臭剂(如四氢噻吩)含量达标是保障安全用气的重要因素。国家规范对城市燃气中的臭剂含量有明确规定,通常为  $20\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。如在门站按正常加臭量加臭,由于新投产管道有吸附作用,该置换管道内气体到达用户时的含臭量将达不到规范要求;如在门站增加加臭量,则可能使在用管线含臭量过高,市民误以为是泄漏,出现误报率升高的情况,增加客服部门的工作量。

为解决该问题,我们决定在待投产天然气次高压管道进气端口(即用天然气置换氮气时的天然气进气端)加臭。具体操作方式:在氮气放散至微正压时,按  $50\text{mg}/\text{Nm}^3$  加臭量,提前从待投产天然气次高压管道进气阀注臭口注进臭剂,利用置换时天然气的流动,将臭剂沿着待投产天然气管道带到下游,这样既能保证含臭量,又可降低超标臭剂的影响片区,同时可节省臭剂的用量。在注臭剂时应全开球阀,拆下截至阀,避免臭剂腐蚀截止阀内的密封部件。

在实际运行过程中,我们发现新投产运行管线中臭剂含量衰减严重,因此,在日常运行中应对门站、调压站、中压管网末端、客户端的含臭量进行定期检测,及时调整门站加臭量,保证用户用气安全。

## 4 调度中心在置换投产中的作用

深圳的门站、高中压调压站、次高压管线阀室均与 SCADA 系统连接。在调度中心,通过对运行主要参数进行监测,可提高管道运行的安全性;同时,在置换过程中,调度中心利用 SCADA 系统及时了解管线的运行状态,并作为各部门、班组的信息沟通枢纽,及时将关键数据信息反馈到作业班组,有力保证了置换的顺利进行。

(1)作为信息中心,在置换前将置换管段的基础信息提供给置换的相关部门,并初步做出置换作业图、置换信息表,表中既有管段的概况也有管段关键点(指穿越重要河流、桥梁、铁路及在施工中出现质量问题返工的管段)的情况。在置换完成后,调度中心将移交资料存档,并做置换总结。置换总结既是对资料的汇总分析,也是重要信息的积累,将在其后的日常运行中发挥重要作用。

(2)对调压站气密性试验、氮气、天然气置换完成后的压力进行监控,绘制压力监控图,使泄漏得以及时发现、及时处理。在  $1.84\text{MPa}$  的压力下进行气密性试验,法兰垫片的微量泄漏在 24h 保压下,不易发现,但通过 SCADA 系统 2 天~3 天的压力曲线对比即可发现泄漏。图 5 为金威调压站氮气置换后调压站的进站压力监控图。

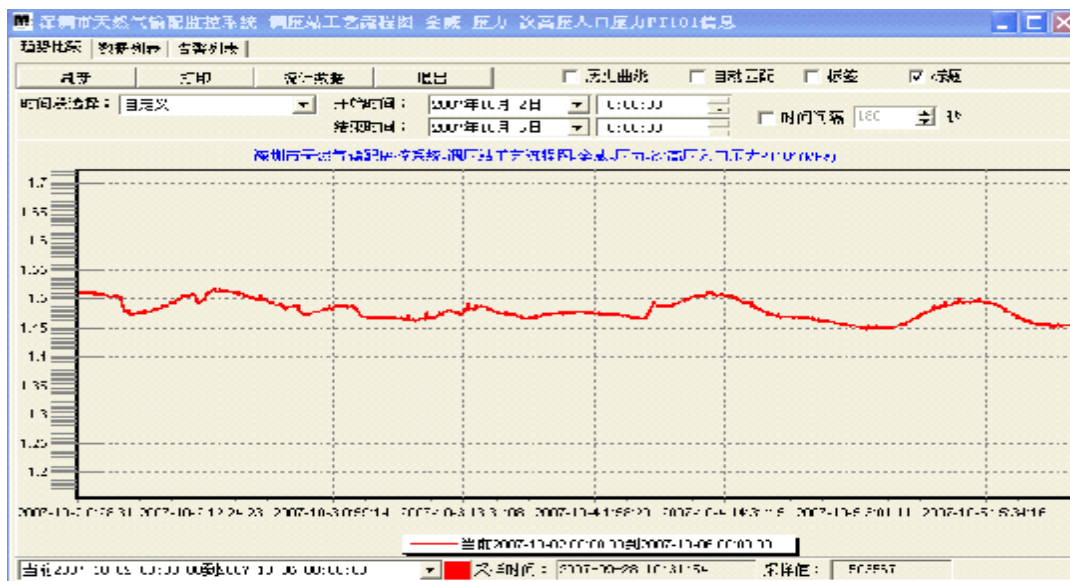


图 5 压力监控示例

# 燃气调压站电子压力记录仪系统的研发

南京港华燃气有限公司管网运行部(210017) 许云虎 李自强

**摘要** 本文介绍了由南京港华提出的燃气调压站电子压力记录仪系统的课题及其与合作伙伴的研发。

**关键词** 燃气 调压站 电子压力记录仪

## Design of Electron Pressure Recording Instruments for Gas Regulator Station System

Nanjing Hong Kong and China Gas Co.,Ltd. Xu Yunhu, Li Ziqiang

**Abstract** The article introduces the design and application of electron pressure recording instruments for gas regulator station system.

**Keywords** gas regulator station electron pressure recording instrument

从图 5 中可见,在 3 天内压力从 1.51MPa 降至 1.45MPa,存在微漏,通知场站运行部检查,发现进站阀门法兰处微漏。

(3)按有关规范的要求,置换时的流速应控制在 5m/s。通过粗略计算将流速控制折算成流量控制,建立流量控制表,通过 SCADA 系统门站瞬时流量,结合前一天的流量曲线,算出增量,将增量与流量控制表对比,及时通知现场进气阀门操作人员进行调整,将流量控制在规范范围。同时也保证了流量较为平稳,将对上游的影响降到最低。

(4)对已投产管线管存进行估算,天然气置换前一天利用管存气体供应用户,将压力降至 0.6MPa。对新置换的管道及已投产管段升压进气量进行估算,调节向上游的气量申报量以配合置换。

## 5 建议

通过以上的论述,可以对置换流程提出以下建议:

- (1)投产置换时应尽量降低进气阀上下游的压差。
- (2)采用在待投产天然气次高压管道注臭口加臭既节省臭剂又保证新置换管道的含臭量合格。
- (3)利用调度中心的远程监测功能,协助现场指挥及操作人员准确合理完成任务。
- (4)发挥调度中心的信息功能,在置换时提供相关数据指导操作,在置换后监测压力控制点,及时发现问题,预防事故发生。同时,在置换完成后,将置换信息汇总到调度中心并做总结,作为信息储备。
- (5)升压时间在用气低谷的下午 1 时-3 时较合适,这样可以缩短升压时间。