

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2014.03.004

# 智能燃气管网建设中的远程智能调压技术应用

□ 北京市燃气集团有限责任公司(100035) 曹印锋 刘萌萌 高顺利

**摘要:** 本文结合SCADA系统重点介绍了在燃气输配领域远程智能调压技术的设计与应用。

**关键词:** 天然气 SCADA系统 远程智能调压 智能燃气网

## The Application of Remote Intelligent Pressure Regulation Technology with the Intelligent Gas Network

Beijing Gas Co.,Ltd Cao Yinfeng, Liu Mengmeng, Gao Shunli

**Abstract:** The paper focuses on the design and application of remote intelligent pressure regulation technology with the SCADA system in the field of gas transmission and distribution system.

**Keywords:** gas SCADA system remote intelligent pressure regulation technology intelligent gas network

城市燃气管网SCADA系统的应用普及,为燃气输配调度的自动化、信息化、智能化提供了重要的技术平台,也是推进企业生产调度精细化管理的重要基础。城市燃气的不断建设发展,使得燃气管网设施的运营环境和需求日渐复杂,对我们生产调度的方式和手段提出了更高的要求。随着企业精细化管理和智能燃气管网建设目标的提出,将人工智能技术引入管网控制领域提上了日程。北京市燃气集团运营调度中心以构建具备智能判断与自适应调节能力的配气、保护、反馈控制系统,为实现更精准更安全的智能燃气管网为目标,结合调压站(箱)等设备设施的智能化改造,在SCADA系统的基础上创新搭建了远程智能调压系统,并且成功对管网调压作业实施了智能化控制。

## 1 项目概述

### 1.1 调压技术的现状与需求

北京市燃气输配管网中的调压装置多采用带指挥器的(轴流式)串联监控调压系统,这种调压系统通过调节指挥器弹簧作用力,设定调压系统的出口压力,在下游负荷波动引起出口压力变化时,能在一定范围内利用上下游压差的变化改变调压器主阀口的开度,从而满足下游的供气需求。因此,调压站通常是无人值守的。但在管网运行工况发生变化或出现应急事件时,调压站需要调整运行参数或者停止运行,就必须派人前往调压站进行工况调整,以满足管网的供气需求。目前,北京市燃气全网管线达到数万公里,管网压力级制细化至5级,门站达到7座,调压站的位

置已延扩到六环以及怀柔、密云、平谷地区。伴随着如此庞大的管网，运行模式日趋复杂，许多问题亟待解决：调压站（箱）数量众多，分布广，需要投入大量人力运行；城市交通状况日益恶化，很难保证日常和应急工况调整的及时性；电厂等大用户对供气压力要求严格；区域计量项目的实施，对区域内的压力与计量控制提出了更高要求。急需一种先进的调控手段来解决以上问题，满足管网需求。

## 1.2 远程调压技术的目的与意义

伴随着近年来智能燃气管网概念的提出，远程智能调控技术作为其中的关键环节之一，北京市燃气集团运营调度中心，结合实际需求，突破创新，成功实施了基于SCADA系统的远程智能调压系统。远程智能调压系统的上线可以有效解决以上问题，实现日常运行与紧急抢险时对调压站（箱）内调压管线的远程调控；可使其按预先设定的压力/流量参数运行；按预定的（24h）压力/流量曲线运行；低流量时智能控制，减少计量误差；从而实现优化管网工况，提高管网自控的精准度和运营效率，保证管网的安全稳定运行，是燃气输配管网智能化、精细化的关键环节。

### 1.2.1 节约人力，自动调节

在管网工况发生较大变化时，可以通过手动或自动调压模式及时调整出站压力，合理分配调压站的流量，优化设备的运行工况。曲线模式可以预先设定每天具体时段的调压站出站压力、流量曲线，系统自动跟踪运行参数，并按曲线调整，实现自动按需求运行，有效减少生产运营人员的工作量。自动调压、调流模式可以在下游对压力、流量的有恒定需求时，将被控管线出口压力控制在所需的范围内。

### 1.2.2 紧急处置

远程智能调压系统各功能中均设有调压上下限、调流上限保护，可以在日常或突发情况中有效提升供气的安全性。比如当遇到自然灾害或管网设备出现重大异常时，根据不同的工况，可以紧急关停或启用被控的调压线，有利于事故状态下的应急抢修。

### 1.2.3 降低计量误差

远程智能调压系统中的低流模式可以减少暖季夜间流量计小流量过气时产生的计量误差。通常在瞬流小于流量计量程下限10%（DN500的流量计的量程下限为320m<sup>3</sup>）时，无法带动流量计涡轮转动。按每年

4月~10月为暖季，小流量时段为当日22:00~次日6:00估算，期间4座高压B站通过单路调压线对北京市管网进行供气，若这4座关键节点站全部安装远程智能调压系统，预计可减少计量误差190万m<sup>3</sup>。伴随今后远程智能调压技术在次高压以上关键节点站（箱）的不断推广，配合区域计量项目的实施，可以有效降低分公司间的供销差，真正实现精细化管理。

## 2 远程智能调压技术的构成原理与主要功能

### 2.1 远程智能调压系统的构成与原理

远程智能调压系统是由现场调压控制系统、网络通信系统和SCADA系统远程智能调压子系统3部分组成。当运营调度中心调度员需要对管线压力进行调节时，可通过SCADA系统中的远程智能调压子系统下达远程控制指令，然后控制指令通过通讯网络远传至现场调压控制系统，现场调压控制系统在接到控制指令后根据现场压力和瞬流进行压力调节，并最终使现场压力和瞬流在允许的调节范围和调节精度内达到目标指令。同时现场信号通过通讯网络回传至调度中心SCADA系统，从而完成远程调压。

### 2.2 远程智能调压系统的功能

远程智能调压系统的作用是保证输气管道能够安全、平稳、精确地为各下游用户供气。远程智能调压系统可维持被控调压器出口压力在工艺所需的范围内，确保被控调压器出口压力不超过设定的压力，也可限制被控调压线的流量使其不超过允许值，避免流量过大导致的计量误差，甚至损坏流量计与输气管线等不利情况的发生。北京市燃气输配管网在不同的时间、位置以及供应的下游用户等方面存在很大差异，例如冬夏季的运行特点不同、各调压站附近用户类型不同、电厂等专线下游用户需求不同、日常工况调整与应急工况调整要求不同，我们需要对不同的供气需求确定相应的控制模式，目前远程智能调压系统的6大模式：

（1）手动调压模式：手动进行升降压力调整。手动控制升/降压电磁阀进行单次开关操作。可用于调试时的测试操作、特殊需求时得精细微调和紧急情况下的一键关停。

（2）自动调压模式：自动调节至目标压力。在

下游对压力的恒定有较高需求时,可以通过调压模式将调压器出口压力控制在所需的恒定值(在设备精度范围内无限接近恒定值)。

(3) 自动调流模式:自动调节至目标瞬流。在下游对流量的恒定有较高需求时,可以通过调流模式将调压器出口流量控制在所需的恒定值(在设备精度范围内无限接近恒定值)。

(4) 调压曲线模式:24h内按照预设的压力曲线进行自动调压(15min为1个单位,对24h内的数据进行设定)。按运行工况需求,预设调压站出站压力曲线,实现自动按需求运行,减少调压人员的工作量。

(5) 调流曲线模式:24h内按照预设的瞬流曲线进行自动调流(15min为1个单位,对24h内的数据进行设定)。按运行工况需求,预设调压站出站流量曲线,实现自动按需求运行,减少调压人员的工作量。

(6) 低流模式:针对夜间小流量时的智能调节模式。暖季城市负荷基本稳定,但在夜间会出现小流量,流量计在精度范围外容易产生较大计量误差。采

用低流模式进行远程调控,可以根据区域内负荷变化规律,对贸易计量站点的流量供应进行限制与调整,为保证贸易流量计的计量准确,当流量计瞬流小于流量计理想量程时,关闭调压器,依靠管存对管网进行供气。当管线压力下降至设定压力下限,恢复调压器工作。以保证流量计计量准确性,有效降低供销差。同时由于运行压力的降低,还可以提高管网运行安全性。

### 2.3 远程智能调压系统的工作范围

考虑到控制范围、精度等原因,目前该系统主要运行在次高压以上关键节点的调压站中,如来广营高压A站去五环高B路调压线。调压器进口压力为4.0MPa,调压器出口压力为1.6MPa。

## 3 现场调压控制系统的构造与原理

现场调压控制系统由LC-21调压装置、PLC控制器和通讯设备3部分组成,见图1。来广营调压站

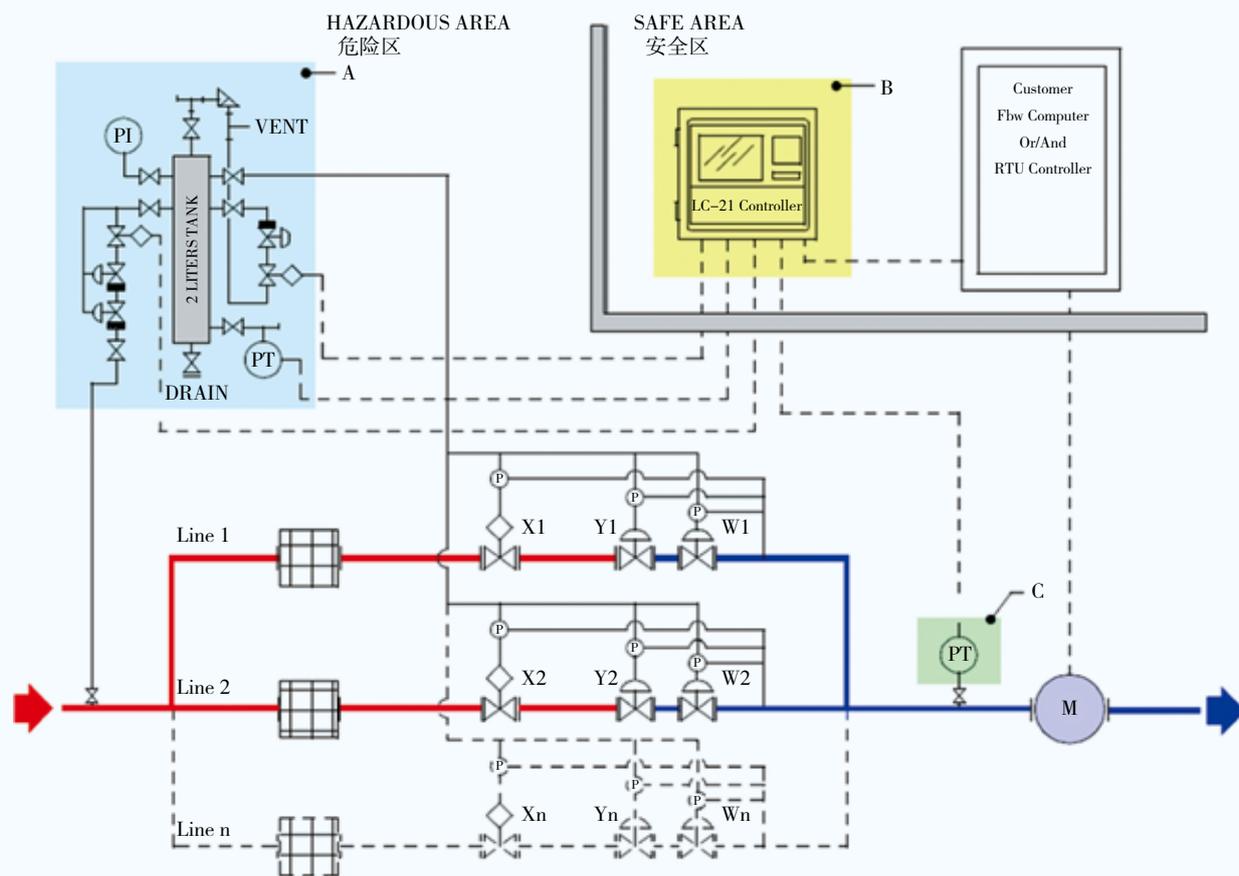


图1 现场调压控制系统结构图

的远程智能调压系统采用一对多的控制方式，即1台LC-21调压装置同时对多路调压器进行同步控制。在远程压力调节中,通过采用气控部件，将LC-21调压装置内储压罐中的压力引入被控调压器执行机构内，通过被控调压器执行机构内压力的改变来进行对调压器的出口压力的远程调节。当LC-21调压装置内储压罐中的压力增加或减少时，调压器的出口压力也同步增加或减少，从而达到调压的目的，进而也可以通过调压器的出口压力的升高或降低，间接实现对被控调压管线瞬流的控制。

危险区：LC-21调压装置（A）、流量计、压力变送器（C）等。

安全区：PLC控制器（B）、RTU数据采集设备、DTU数据上传设备等。

### 3.1 LC-21调压装置的构成与原理

LC-21调压装置由电气联动装置和控制箱两大部分组成。其中电气联动装置主要由储压罐、电磁阀、压力稳定器、压力变送器构成。储压罐内压力可由现场操作人员通过控制箱上的升压/减压按钮或者PLC控制器进行调整控制，并随着压力稳定器及两个进、出口电磁阀的开关而改变。当需要提高调压器出口压力时，操作员可通过升压按钮或者PLC控制器发送的升压指令，使升压电磁阀打开，将管线内的天然气导入储压罐中，储压罐内压力上升使得与其连通的调压器执行机构的压力提高，从而达到提高调压器出口压力的目的。同时为了防止储压罐压力超限，电气联动装置还设有安全放散阀。



图2 LC-21调压装置装置实景图



图3 被控调压管线实景图

LC-21调压装置：

控制精度主要取决于单次电磁阀打开至关闭时间内，储压罐内的压力的改变量，但由于电磁阀每次动作后需要一定时间的数据反馈，考虑到调控系统的及时性，通常电磁阀打开时间设置为2s以上。电磁阀打开时间设置为2s时的控制精度：压力控制精度约为 $\pm 0.5\%$ ；流量控制精度约为 $\pm 5\%$ 。

### 3.2 通讯方式的选择与设计

为保证调度中心可以实时监控数据，网络通信是实现远程调控的关键。在来广营高压A站远程调压系统中，存在一部分需实时监控的运行参数和大量的设置参数，鉴于该调压站安装SDH有线通信存在一定困难，继而采取无线通讯方式。GPRS与CDMA是当前常用且技术成熟的无线通信方式，由于数据量与数据传输间隔等多方因素考虑，最终决定使用CDMA作为主通信方式，GPRS作为备用通信方式进行通信，以保障通信链路安全、稳定。同时由于CDMA网络的数据



图4 PLC控制箱实景图

传输量较小,故利用DNP3.0通讯协议自报的特点,通过读取命令由远程调压控制系统按要求上报设置参数,而调度中心只是实时读取运行参数,这样就大大减轻了远程通讯系统的通讯负荷。同时为增加了数据的保密性,现场采集的数据经CDMA通信网络后经由租用的专线传入调度中心的SCADA监控网络中。

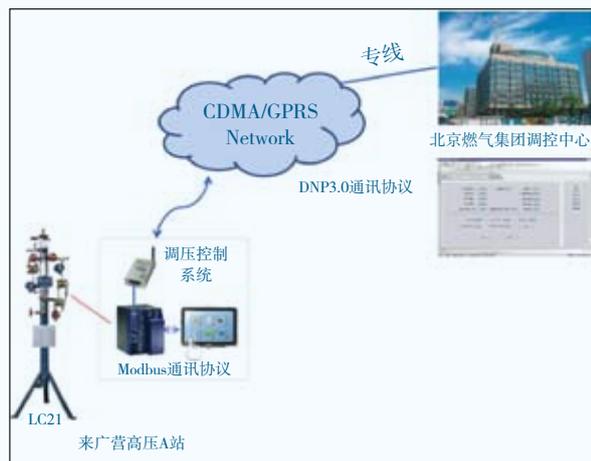


图5 远程智能调压系统通信图

## 4 远程智能调压系统在SCADA系统中的设计

### 4.1 操作界面设计

根据实际操作需要,把操作界面分为主界面、柱状图界面、曲线界面、自动调压模式界面和手动调压模式界面。

主界面主要展示数据和设定值,其中上半部分显示当前压力、流量的实时数据以及当前调节模式和模式运行状态,下半部分为压力和流量以及电磁阀动作时间和动作锁定时间的设定值。右侧为操作页面切换按钮。见图6。



图6 SCADA系统主操作界面图

基本控制参数介绍:

瞬流值:被控调压线的当前标况瞬流值。

压力值:被控调压器的当前出口压力值。

执行机构压力值:LC-21调压装置内储压罐压力值。

电磁阀动作时间:单次动作电磁阀的打开时间,即每次升压或降压动作的调节量。

动作锁定时间:完成一次升压或减压操作后的系统锁定时间,其间电磁阀不能进行任何动作。(由于该系统操控机械环节较多,单次操作后流量计以及压力变送器等设备的数据需要一定时间的稳定和反馈,同时远程通讯至调度中心也存在一定时间延迟,所以为保证系统的安全、稳定通常设置为1min~2min)

调压/调流曲线:在调压/调流曲线模式中,系统设置每15min自动对调压器进行一次目标压力/瞬流调节,故有96个目标压力/瞬流设定来组成1条24h的调压/调流曲线。

### 4.2 页面安全性设计

根据实际运行和操作管理的要求,对智能调压的监控和操作界面分别进行访问限制,再确保数据正常访问的情况下提高操作的安全性,其中主画面、压力柱状图和温度柱状图因不存在数据设定功能,故不设定访问权限,即普通用户(oper)可以进行访问。而压力曲线设定、流量曲线设定、自动模式和手动模式操作界面,则需要高级别用户(engr)才可访问和进行数值修改。

对于重要数值的设定,如电磁阀动作时间、动作锁定时间、5个自动模式(调压模式、调流模式、压力曲线模式、流量曲线模式和低流模式)的修改和设定都增加了二次确认的步骤。同时,为了防止手动模式下发生误操作情况,当监控压力(五环出口压力)大于或低于压力上/下限设定值或者流量超限或低限时,手动升压或降压按钮将暂时失效,同时画面中实时数据颜色变红,起到警示作用,待数据恢复到设定值内后,可再次进行操作。

## 5 远程调控技术的提高与未来发展

由于首次应用远程调压技术,在项目建设与实施阶段也遇到了一些有待改进的地方,随着智能管网相

关技术的不断发展，远程调控技术经验和需求的不断增加，对于今后的远程调控系统在硬件与功能上都有了更高的要求。

### 5.1 更高效的调控

来广营站采用低频脉冲的过程流量计，流量计机表每转1圈（ $10\text{Nm}^3$ ）向EK260修正仪发送一次脉冲信号。在小流量情况下，由于流量计机表转速较慢，导致瞬流数据更新时间较长，需要设置较长的动作锁定时间（ $3\text{min} \sim 5\text{min}$ ），等待瞬流数据的反馈，来确保系统调节的稳定性，避免短时间多次调节产生瞬间大流量，损坏调压管线相关设备。同时为保证在合理的时间内完成设定的调节操作，需设置较大的电磁阀动作时间，增大单次调节变量，从而间接限制了自动模式下的调控精度。所以今后的远程调压系统建议配置具有高频脉冲功能的流量计，可以有效解决以上问题，缩短调节时间，提高调控精度。

### 5.2 更精细的调控

如何保证多路调压管线同时运行时的平衡出气，一直是调压技术上的难题。由于管线工艺、现有设备和操作技术的限制，人工调节很难做到多路调压管线的平均出气。现在的管线工艺通常是在每路的调压器后安装压力直读表，在多路调压管线汇管后的直管段上安装单个压力变送器并进行数据上传，LC-21调压装置采用一控多路调压管线的安装控制方式，每次操作LC-21调压装置同时改变所有调压器的压力。今后我们可以尝试，多台LC-21调压装置的单路控制方

式，并且将调压器后的直读压力表更换为压力变送器进行单路的调压器后压力数据上传，通过SCADA系统的远程调压系统的操作界面调度人员将对所有调压管线的相关数据一目了然，有了这些数据，调度人员将可进行更加精细合理的控制操作，从而实现人工多路平衡调节。在实现成功实现人工多路平衡调节后，我们便可以依照调度人员的成功经验进行自动远程多路平衡调节的开发，最终将实现自动化多路调压管线同时工作平衡出气变为可能，有效降低设备磨损和运行风险。

### 5.3 更丰富的调控

目前的远程智能调压系统具有6大功能，在面对不断发展、复杂多变的燃气管网，显然是远远不够的，随着今后远程调压技术的日渐成熟完善，我们还可以依据管网的运行需求，开发更多的实用功能，并且对现有功能不断进行合理优化，精益求精。如结合阀口开度变送器的数据，我们可以开发调压器的自检预警系统，当调压器阀口开度变送器的数据与当前调压器出口压力存在明显异常时，自动报警至SCADA系统。对于自动模式和曲线模式，我们今后在采用多台LC-21调压装置的单路控制方式的情况下，可增加设定时间内的调压器自动倒台功能，避免同一调压管线长时间工作带来的疲劳磨损，降低管网的运行风险。同时曲线模式下的曲线设置可以依托在仿真系统下，针对当前管网运行情况自动调节曲线设置，不是预先设置的固定的曲线，使调节更加合理高效。

## 工程信息

### 西安将建成天然气第二门站

2014年1月16日，从西安市城投集团了解到，西安市热力公司城区、城北、太华、雁东四大供热公司，计划将在2014年新增供热面积 $500\text{万m}^2$ 并计划投资1.3亿元，推进泾渭新城供热新建项目以及城区供热公司南门、朝阳门站的改扩建项目，以保障市民的供热需求。

西安秦华天然气有限公司计划2014年继续发展居民客户10万户。

同时计划在2014年建成投运天然气第二门站，主要作为西安市补充应急调峰气源，到时最大日供气量可达到 $600\text{万m}^3/\text{d}$ 。

（本刊通讯员供稿）