

Analysis and optimization solution for automatic control technology operation under a special process of natural gas station automatic distribution

Cheng Liu Duoju Li

Abstract

With the comprehensive implementation of automatic distribution control technology for natural gas pipeline stations by the National Petroleum and Natural Gas Pipeline Network Group Co., Ltd., the management mode of each distribution station has shifted from manned to unmanned. The author worked at the Hebei Gas Transmission Management Office of the Shaanxi Beijing Pipeline before 2023. At that time, based on the automatic distribution control logic of the National Pipeline Network Group and the current operation of the automatic distribution control technology of the Shaanxi Beijing pipeline, the problems that could not be solved by the current automatic distribution program were analyzed for the special process situation of Shijiazhuang Compressor Station during operation. And specific optimization plans were proposed based on the situation. After on-site debugging and years of operation verification, the results were excellent and fully met production requirements, which can be promoted and used.

Keywords

natural gas pipeline; unmanned station; automatic distribution; control method; solution

天然气站场自动分输一种特殊工艺情况下自动控制技术运行分析与优化解决方案

刘程 李多举

国家石油天然气管网集团有限公司西北分公司, 中国·陕西 渭南 710021

摘要

随着国家石油天然气管网集团有限公司天然气管道站场自动分输控制技术的全面投用, 所属各个分输站场已经由有人值守站场的管理模式转变为无人站场管理模式, 作者于2023年前在陕京管道河北输气管理处工作。当时依据国家管网集团的自动分输控制逻辑和陕京管道当前自动分输控制技术的运行情况, 针对石家庄压气站这种特殊的工艺情况在运行过程中出现的问题, 分析了按照目前自动分输程序无法解决的问题。并根据该情况提出了具体优化方案, 经过现场调试改造及多年的运行验证效果十分优秀, 完全满足生产要求, 可以推广使用。

关键词

天然气管道; 无人站; 自动分输; 控制方法; 解决方案

1 引言

近年来, 随着国内管道行业的不断发展, 为提高运行效率减少运维成本, 天然气站场大量推行无人化管理, 对于有分输要求的站场, 精准化控制要求也不断提升。为了提高用户分输控制水平和控制精度。国家石油天然气管网集团有限公司(以下简称国家管网集团)各个天然气站场的分输均开展了自动分输控制技术功能改造。并根据不同用户的特点, 选择不同的控制模式进行分输控制, 收效明显, 为实现无人值守站场奠定了重要坚实基础, 但随着下游用户工况的改变, 不同用户的特点越来越突出, 直接按照目前的自动分

输控制技术还无法对所有用户的输气量进行精准的控制, 本项旨在通过对一种特殊的工艺条件情况自动分输功能的进行分析, 提出了具体的问题优化方案, 完善自动分输控制技术内容, 提高自动分输运行可靠性和管道整体运行水平。

2 自动分输控制技术简介

国家管网集团天然气管道部分下游用户众多, 类型丰富, 针对不同用户特点国网集团分别设计了恒压控制法、剩余平均法、不均与系数法等三种自动分输控制方式对用户输气进行控制。从而实现按照指日定量的自动精准的输气量控制。

恒压控制法: 主要针对供气压力稳定对流量无要求的用户, 采用设定的压力值进行恒定压力供气。

【作者简介】刘程(1981-), 男, 中国陕西西安人, 本科, 工程师, 从事仪器仪表, 控制系统研究。

剩余平均法：主要适用于各时间段用气相对稳定且无压力限制的用户，供气时将每天划分为 24 个时段，并将日指定量减去当前已经完成的输气量，平均到剩余的时间段内，剩余平均气量实时计算次并每小时开始时更新到流量设定值中。

不均匀系数法：类似剩余平均法将每天划分为 24 个时段，根据过去 7 天的用气规律，计算出每个时段的输气量比例系数，并将当前天输气气量按照计算的比例系数分配至 24 个时间段进行输气。

自动分输功能还有部分保持输气基本要求的保护功能，包括在流量控制时设置低压保护逻辑，在压力控制时设置低流量保护逻辑等。由于本次主要讨论特殊情况下自动控制功能如何实施，所以保护功能不在本次的研究范围之内，不再进行单独介绍^[1]。

3 自动分输控制技术控制方法

恒压控制法：主要对压力进行控制的方法，按照设定压力进行输气，对流量不进行限制。对设置调压控制装置的用户，控制调压回路控制阀门对用户启停输功能进行回路控制，调压阀门进行压力控制。当日输量等于设定指定量，回路控制阀关闭调压阀关闭，自动分输停输。对有限流阀门的用户，控制调压回路控制阀门对用户启停输功能进行控制，限流阀门启输后处于逐渐全开到位。当日输量等于设定指定量，回路控制阀关闭限流阀关闭，自动分输停输。

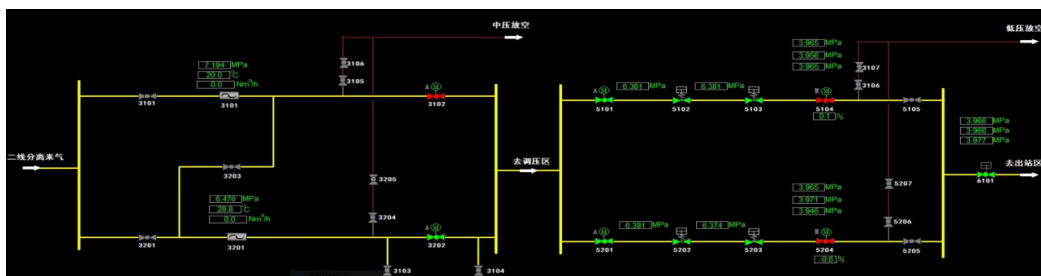
剩余平均法：主要针对流量进行控制的方法，对用户压力进行保护。启输时将日指定量进行平均分配，计算出来的流量为剩余平均法控制的输量，后期可根据需要每分钟或者每小时对剩余的量进行平均分配。对设置调压控制装置的用户使用调压阀对流量进行控制，启输时打开回路控制阀门，调压阀门控制流量逐步达到设定流量。当日输量等于设定指

定量，回路控制阀关闭调压阀关闭，自动分输停输。对有限流阀门的用户，使用限流阀门对流量进行限制。启输时打开回路控制阀门，流量逐步达到限流值。当日输量等于设定指定量，回路控制阀关闭限流阀关闭，自动分输停输。这种模式下基本不会停输，保持全天进行输气。

不均匀系数法；主要针对流量进行控制的方法，对用户压力进行保护。主要是系统通过前七日的每小时的输气量自动生成一组系数（24 个），该系数也可以人为手动对修改。第八日启输后会根据该系数对指定量进行分配，按照剩余输量及系数对系统流量进行自动控制。对设置调压控制装置的用户使用调压阀对流量进行控制，启输时打开回路控制阀门，调压阀门控制流量逐步达到设定流量。当日输量等于设定指定量，回路控制阀关闭调压阀关闭，自动分输停输。这种模式一般不会设置限流阀门，而且这种模式下基本不会停输，保持全天进行输气，除非该时间段系数为零^[2]。

4 自动分输实际应用的问题

国家管网集团所属北京管道公司石家庄压气站为河北省天然气管网输气。该方向输气管道一期分输工程为 2004 年建设 2009 年投产，设计输量为 $400 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，系统设计为一用一备，由 DN250 两路卧式分离器，两路 DN250 的超声波流量计，两路 RMG 调压系统并联组成如图 1。由于天然气行业的迅猛发展该方向于 2016 年进行了增输扩建并于 2017 年建成投产，二期工程设计输量为 $600 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，系统设计为一用一备，由 DN300 两路卧式分离器，两路 DN300 的超声波流量计，两路 RMG 调压系统串联组成如图 2 两期工程管道在站场内部独立的存在，出站管道在出站截断阀后通过三通接头连接在一起接入到河北省天然气管道藁城接收站。



2018 年开始国家管网集团开始推进分输站场无人值守站改造。全面推进系统自动控制程度，提高用户分输控制水平和控制精度。开始对有输量要求的站场进行自动分输改造。由于该站场的河北省天然气管道分输为两期工程分别在不同时间已建设完毕，分离、计量、调压的自动切换逻辑均为独立设计，所以对该方向按照自动分输的常规控制，分别对两期工程单独编辑了自动分输程序。但是对于国家管网调度来说这是一个用户，每日下达的是一个日志定量。并且该用户的输气量季节性比较明显，在冬季日输量峰值能达到 1200 万标方，夏季输气量低值在 200 万左右。这两套装置日指定量如何设置，三种控制方法压力和流量怎么控制就不能满足当下的要求。按照原来的控制方法需要值班人员实时查看分输情况，就是在这种情况下也经常出现日输量不能完成的情况^[3]。

5 解决方案

经过笔者（当时为现场负责工程师）对该情况的仔细研究，对河北省天然气方向自动分输程序进行了整合优化。对两套装置的控制分别设置优先级（该优先级可以手动调整），值班人员可以根据生产实际情况设置优先级选择使用一期方向还是二期方向优先使用。根据装置的分离计量调压的最大通过量分别为两套装置设置最大输气能力（该值可在 HMI 上进行修改），根据优先级及最大输气能力进行压力和流量的设定。当日指定量小于等于优先级为高的装置单路最大处理能力乘以 24 的 80%，总指定量全部写到优先级高的输气方向，优先级低的装置日指定量为零。当指定量大于优先级高的单路最大处理能力乘以 24 的 80%，指定量不再分配给两个方向，而是直接控制两个输气方向。控制界面如图 3。

自动分输参数描述	高城分输用户状态参数	高城增输用户状态参数	高城方向用户状态参数	指定系数时段	高城分输系数数值	高城增输系数数值
日指定定量设置	0.0 100Mm ³	100.0 100Mm ³	100.0 100Mm ³	08:00-09:00	100	100
日指定完成率	100.0 %	64.0 %	64.0 %	09:00-10:00	100	100
本方向日输量设置	0 Mm ³ /h	4500.0 Mm ³ /h	4500.0 Mm ³ /h	10:00-11:00	100	100
最大能力流量上限	0 Mm ³ /h	4500.0 Mm ³ /h	4500.0 Mm ³ /h	11:00-12:00	80	100
最小能力流量下限	5.000 MPa	5.000 MPa	5.000 MPa	12:00-13:00	100	100
控制压力上限设定	5.000 MPa	5.000 MPa	5.000 MPa	13:00-14:00	100	100
控制压力下限设定	5.000 MPa	5.000 MPa	5.000 MPa	14:00-15:00	100	100
控制压力下降比例	5.000 MPa	5.000 MPa	5.000 MPa	15:00-16:00	100	100
控制压力下降比例	5.000 MPa	5.000 MPa	5.000 MPa	16:00-17:00	100	80
控制压力下降比例	5.000 MPa	5.000 MPa	5.000 MPa	17:00-18:00	100	100
自动分输运行时间	8	8	8	18:00-19:00	100	100
低温安全值	-10.0 °C	-10.0 °C	-10.0 °C	19:00-20:00	100	100
报警关闭设置	●	●	●	20:00-21:00	100	100
报警模式	报警 ● 报警 ●	报警 ● 报警 ●	报警 ● 报警 ●	21:00-22:00	100	100
停输执行状态	成功 ● 失败 ●	成功 ● 失败 ●	成功 ● 失败 ●	22:00-23:00	100	80
启输执行状态	成功 ● 失败 ●	成功 ● 失败 ●	成功 ● 失败 ●	23:00-00:00	100	100
自动分输指令	启动高城	●	●	00:00-01:00	100	100
	启动增输	●	●	01:00-02:00	100	100
	启动分输控制	●	●	02:00-03:00	100	100
	启动增输控制	●	●	03:00-04:00	100	100
	启动分输控制	●	●	04:00-05:00	100	100
	启动增输控制	●	●	05:00-06:00	100	100
	启动分输控制	●	●	06:00-07:00	100	100
	启动增输控制	●	●	07:00-08:00	100	100
	启动分输控制	●	●	08:00-09:00	100	100
	启动增输控制	●	●	09:00-10:00	100	100

图 3: 石家庄压气站河北省天然气管网自动分输控制界面

恒压控制法：达到启输条件时系统根据日指定量的大小和优先级的设定系统自动选择控制优先级高的方向或者两路同时控制。打开所需要控制的回路控制阀门，再缓慢打开调压阀门为用户进行输气，分输压力为设定压力，分输流量为该方向单路的最大输气能力。当输气完成时关闭调压阀门，关闭回路控制阀门。

剩余平均法：达到启输条件时系统根据日指定量的大小和优先级的设定系统自动选择控制优先级高的方向或者两路同时控制。当只起用一个方向时，完全按照自动分输控制要求执行即可。当需启用两个方向时，同时打开两个分输方向的回路控制阀门，调压阀门缓慢打开进行流量调节。压力设定值为压力上限值，流量按照两分输回路单路最大处理能力的百分占比分配（如一期为 20W，二期为 30W，分输为 40%，增输为 60%），当输气完成时关闭调压阀门，同时关闭两个分输回路控制阀门。

不均匀系数法：达到启输条件时系统根据日指定量的大小和优先级的设定系统自动选择控制优先级高的方向或者两路同时控制。当只起用一个方向时，完全按照自动分输控制要求按照设置的系数进行分输。当需启用两个方向时，同时打开两个分输方向的回路控制阀门，调压阀门缓慢打开进行流量调节。压力设定值为压力上限值，流量除了按照每个小时的系数进行分配同时按照两分输回路单路最大处理

能力的百分占比分配（如一期为 20W，二期为 30W，分输为 40%，增输为 60%）。当输气完成时关闭调压阀门，同时关闭两个分输回路控制阀门^[4]。

6 结论

自动分输控制技术运行后，可以完全按照用户日指定量对用户进行输气，不但降低了人工监控分输气量的工作量而且提高了输气量的完成精度。

该方法于 2019 年在北京管道公司石家庄压气站河北省管网方向调试投用以来，稳定的控制着该用户的分输指定量，并完全符合国家管网调度的输气要求，对于后期有同样改造的用户有较高的参考价值 and 现实应用价值，可以推广应用。

参考文献

- [1] 孙晓波. 天然气管道自动分输模式及应用[J]. 天然气技术与经济. 2019, 4: 69-73.
- [2] 叶萌、王健等. 天然气精确日指定分输技术研究 [J]. 化学管理. 2018, 7: 164.
- [3] 刘恒宇. 天然气管道分输用户远控自动分输技术探析[J]. 天然气技术与经济 2018, 12(2): 59-61.
- [4] 朱峰、吴晓飞. 陕京管道天然气用户分输自动控制技术运行分析与优化研究[J]. 中国油气田与长输管道无人值守站建设技术交流论文集 2020, 12: 23-24.