

天然气分输控制方案设计分析与优化

李俊兰

中国石油工程建设有限公司西南分公司, 四川 成都

收稿日期: 2024年8月6日; 录用日期: 2024年8月29日; 发布日期: 2024年9月5日

摘要

要实现天然气无人化自动分输, 依靠简单的控制往往费时、费力、不易满足工艺过程要求, 调节精度不高, 存在天然气超输、少输, 分输不稳定, 分输中断等情况, 无法满足下游供气需求。为解决这一问题, 现以某集输工程外输装置天然气分输为例, 结合正常工况和特殊工况, 利用检测仪表、调节阀、安全切断阀, 控制系统等手段, 对分输管线进行分输控制方案设计和优化, 对下游用户进行智能流量调配, 并对输气管道采取安全联锁保护措施。工程运行结果表明: 通过优化的控制方案, 实现了分输管线压力和流量的自动调节控制, 并保证了多路输气管道的连续、安全、平稳运行。无人化自动分输避免了人工频繁操作, 提高了自动化水平, 优化了劳动用工, 降低了人工成本, 提高了公司的智能化管理水平和生产效率, 满足了下游用户的不同需求, 为今后的天然气分输提供参考价值。

关键词

流量控制, 压力控制, 控制方案, 分输控制

Design Analysis and Optimization of Natural Gas Distribution Control Scheme

Junlan Li

China Petroleum Engineering & Construction Corporation Southwest Company, Chengdu Sichuan

Received: Aug. 6th, 2024; accepted: Aug. 29th, 2024; published: Sep. 5th, 2024

Abstract

To achieve unmanned automatic distribution of natural gas, relying on simple control is often time-consuming, laborious and difficult to meet the requirements of the process, the adjustment accuracy is not high, there are natural gas over-transportation, less transportation, unstable transportation, transportation interruption and other situations, can not meet the downstream gas sup-

文章引用: 李俊兰. 天然气分输控制方案设计分析与优化[J]. 石油天然气学报, 2024, 46(3): 324-329.

DOI: 10.12677/jogt.2024.463040

ply demand. To solve this problem, Now, taking the natural gas distribution transportation of gas export unit of some gathering and transportation project as an example, combining normal and special process conditions, using detection instruments, regulating valves, safety and shutdown valves, control system and other means, the distribution control scheme of the distribution pipeline is designed and optimized, the intelligent flow allocation is carried out for downstream users, and the safety interlock protection measures are taken for the gas transmission pipeline. The results of the engineering operation show that the automatic control of pressure and flow is realized by optimizing the control scheme, and the continuous, safe, and stable operation of the multi-channel gas transmission pipeline is ensured. The unmanned automatic distribution avoids frequent manual operation, improves the level of automation, optimizes labor employment, reduces labor costs, improves the intelligent company's management level and production efficiency, and meets the different needs of downstream users, it provides reference value for the future distribution of natural gas.

Keywords

Flow Control, Pressure Control, Control Scheme, Distribution Control

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国天然气需求量的持续攀升，天然气管道建设进程也相应加快，中俄东线和西气东输等多个主干天然气管道相继投产运行。在天然气输送的过程中，合理的分配流量和控制压力对于保证管道系统的优化安全运行至关重要，而传统天然气分输采用的人工操作的方式，不仅需要耗费人力成本，且难以实时根据多个用户气量变化合理调配天然气的分输量。近年来，随着控制技术的发展，为了提高天然气分输的精准度和管道输送效率，采用自动分输系统实现天然气的智能分配，可以确保各个用途领域都能得到足够的供应，并且避免出现某一区域供应过剩而导致资源浪费或者其他区域供应不足而影响正常生产、生活[1]。

本文以某集输工程为例，对天然气自动分输控制方案进行设计分析和优化，实现多路天然气的流量自动分配，确保输气管道在安全、平稳、最佳的模式下运行。

2. 工程概况及控制需求

为了更好地满足天然气产能扩张需求，满足和适应川内地区输气管网整体输配气需要，兼顾输气管线和地方供气管线调配要求，设计了该集输工程项目，外输装置天然气分输基本流程见图1。

如图1所示，新建脱水装置处理后的干气经外输装置分三路进行分输。第一路天然气通过计量、调量后，经新建管线输送至下游配气站，进站调压后将低压气汇入配气站已建管网进行调配，以满足地方用气需求；第二路为主要输气管线，天然气通过计量、调压后，经新建管线输送至下游清管站，接入主供气干线；第三路天然气通过计量、调压限流后，接入已建外输管道，与已建装置来气汇合外输，为下游用户供气。

本工程天然气分输控制需求，不仅要求在正常工况下进行分输控制，还要求在特殊工况下，考虑各个分输管线之间的平衡性和稳定性，根据下游用户不同需求和下游已建输送管线能够承受的负荷，进行分输控制优化，实现流量的自动合理分配，并确保整个系统的安全、平稳运行[2]-[5]。

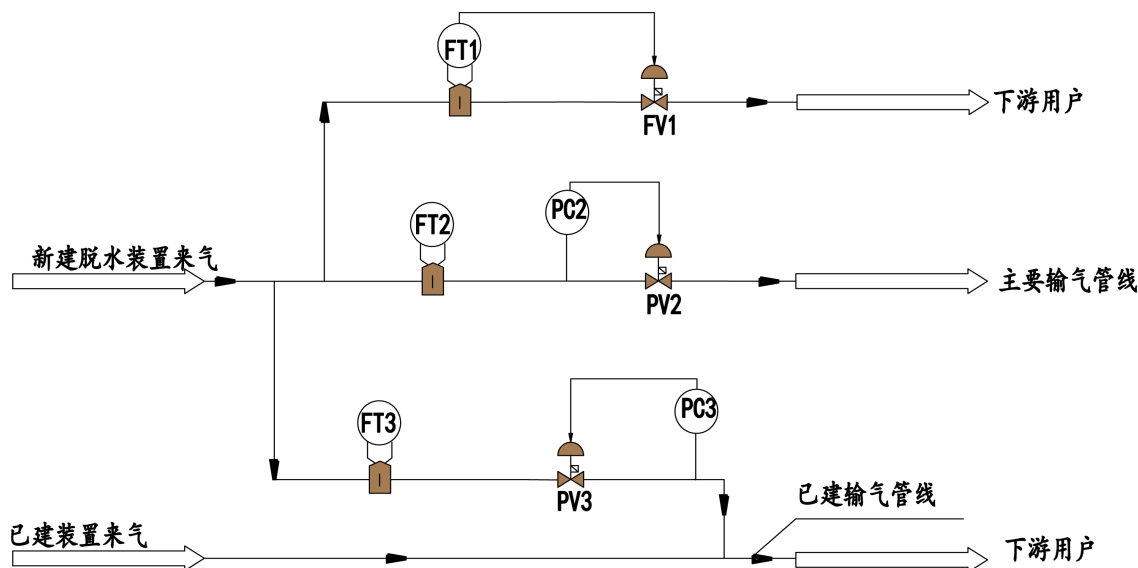


Figure 1. Natural gas distribution in export unit basic diagram

图 1. 外输装置天然气分输基本流程图

3. 分输控制方案设置

为了实现多路分输管线天然气流量分配，同时保证脱水装置的压力稳定，需要科学合理地设置检测仪表、调节阀等仪表设备和控制系统，下面来分析分输控制方案。

3.1. 正常工况下的控制方案

简单控制系统是生产过程中最常见、应用最广泛、数量最多的控制系统。它是由被控对象、测量变送单元、调节器和执行器组成的单回路控制系统。简单控制系统结构简单，易于调节和投运，能满足一般生产过程的控制要求[6]-[8]。分输管线正常工况下的控制过程：

第一路输气管线：为了满足地方用气需求，实现就地销售，减轻大管网调配压力，考虑下游输气能力有限，输送管径也设计最小，其输送量控制在每天 20 万方，故在去配气站方向的外输管道上设置孔板流量计和流量调节阀组成的简单流量控制系统，主要实现控制流量的功能。

第二路主要输气管线：下游已建 DN700 输气管道，输送能力强，该路设为主要输气管线，在此管道上设置压力调节回路，控制阀前压力，主要实现稳定脱水装置压力的功能，保证脱水装置吸收塔平稳运行。此外，该管线还设置了孔板流量计，对天然气进行流量计量。

第三路输气管线：为了充分发挥已建线路外输潜力，加强下游天然气销售协调，在不超过下游已建输气管线最高允许运行压力的前提下，尽量多输气。故在其新建外输管道上设置压力调节阀，主要控制阀后压力[9] [10]。

3.2. 分输控制方案优化

各分输管线之间不是孤立存在，而是相互制约和相互影响的，其运行还要考虑特殊工况，根据用户需求 and 供应情况灵活调整天然气流量，才能真正实现天然气按需自动分配流量，同时还要考虑下游设备的承受能力[11]-[13]。

在特殊工况时，原有的控制方案就不能满足输送要求。第一种情况：当上游输气总量较少时，由于第一路输气管线远小于第二路输气管线，大部分天然气会自动分配到第二路主要输气管线，即便第一路

输气管线调节阀全开，第一路输气管线天然气流量仍然可能低于设定值，造成下游用户气量不足；第二种情况：上游来气总量过大，导致第三路下游已建输气管道超载。

为解决上述问题，需要对正常工况下的分输控制方案进行优化，通过分析特殊工况给分输管线带来的影响，引入选择控制方案，优化控制方案流程如图 2。

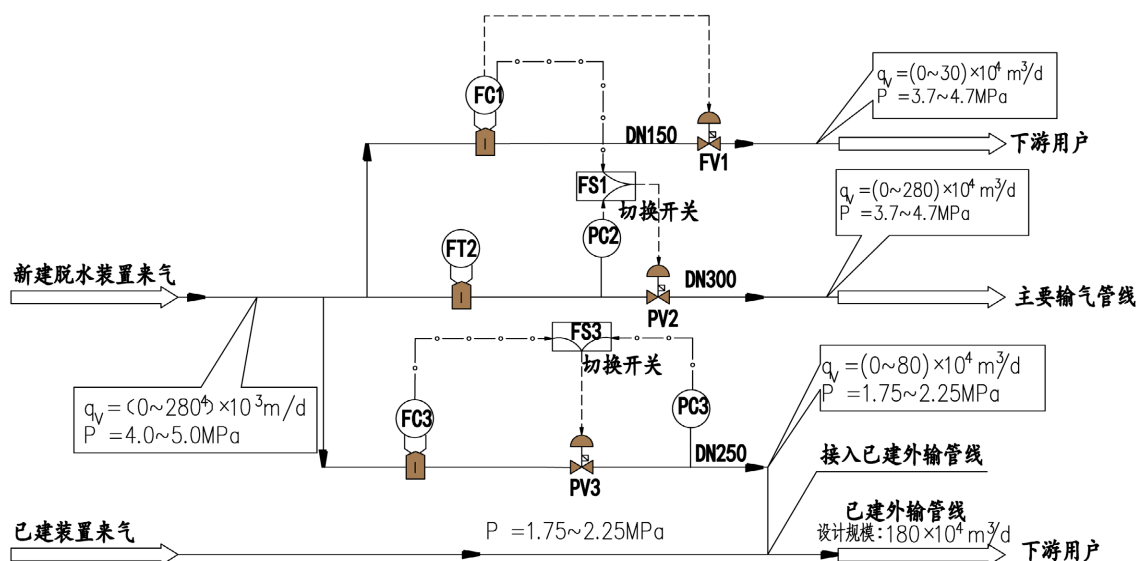


Figure 2. Optimal control scheme of distribution pipelines diagram

图 2. 分输管线优化控制方案流程图

3.2.1. 上游输气总量较少工况下的控制方案优化

如图 2 所示，新建脱水装置和已建装置共同为第三路下游用户供气，其中已建部分由两个装置组成，设计规模总和为 180 万方每天，与下游已建外输管线输送能力相当。将第三路新建外输管线接入已建外输管线，目的是为了在上游已建装置检修停运或供气不足的情况下，能够充分发挥已建外输管线的输气潜力，在不超过已建外输管线最高允许压力的情况下，尽可能多地为下游用户供气，因而，对于第三路新建外输管线来说，在上游输气总量较少的情况下，仍只需控制外输压力，即正常工况下的控制方案依然适用。对于第一路新建输气管线，其目的是要满足地方用气需求，需要保证下游的天然气输送量，同时，第二路为主要外输管线，管径最大，输送能力充足。综上所述，在上游输气总量较少的工况下，只需对第一路和第三路外输管线控制方案进行优化，如图 2 所示。

当第一路输气管线调节阀 FV1 全开，其天然气流量仍然低于设定值时，切换开关 FS1 选中第一路流量调节器 FC1，第二路压力调节器 PC2 的输出被切断，在流量调节器的作用下，关小第二路外输管线调节阀 PV2 开度，迫使部分天然气流向第一路和第三路外输管线，直到第一路外输管线流量恢复正常，切换开关 FS1 接点重新闭合，恢复第二路压力调节器 PC2 的控制作用，这样的选择控制方案，才能保证第一路外输管线下游用户的用气需求，第三路外输管线尽量多输气。

3.2.2. 上游输气总量过大工况下的控制方案优化

如图 2 所示，第三路下游已建输气管线设计规模为 180 万方每天，新建和已建装置输气总量不能超过下游已建外输管线的承载能力，经过计算，需要将第三路新建外输管线输气量控制在每天 80 万方以下。而第一路依然控制输送量，第二路控制阀前压力，以稳定脱水装置，即正常工况下的控制方案依然适用。综上所述，上游输气总量过大的工况下，只需对第三路新建外输管线控制方案进行优化，如图 2 所示。

当第三路新建输气管线天然气流量高于设定值时,切换开关切换到流量调节器 FC3, 压力调节器 PC3 输出被切断, 在流量调节器作用下, 减小该路调节阀 PV3 开度, 直到流量低于设定值, 切换开关 FS3 接点重新闭合, 压力调节器 PC3 的控制作用恢复, 也就是输气站常用的调压限流调节回路。

总之, 以上被优化的控制方案, 在特殊工况下, 依然实现了第一路保量控量, 第二路稳定脱水装置压力, 第三路在控制外输压力的情况下, 尽量多输气, 实现了分输管线天然气流量自动分配, 确保了输气管道在安全、平稳、连续、最佳的模式下运行。

4. 保护措施

过程控制回路是保证正常生产必须的控制系统, 同时还应设置安全连锁回路, 保证站内工艺设备和自控仪表的安全。实际生产运行中, 调节阀可能出现故障失效等原因, 引起下游管道压力过高, 造成管道爆裂、泄漏等安全事故[14], 出于安全考虑, 在外输装置分输出站管线均设置气动切断阀, 并设置安全泄放阀, 如图 3。

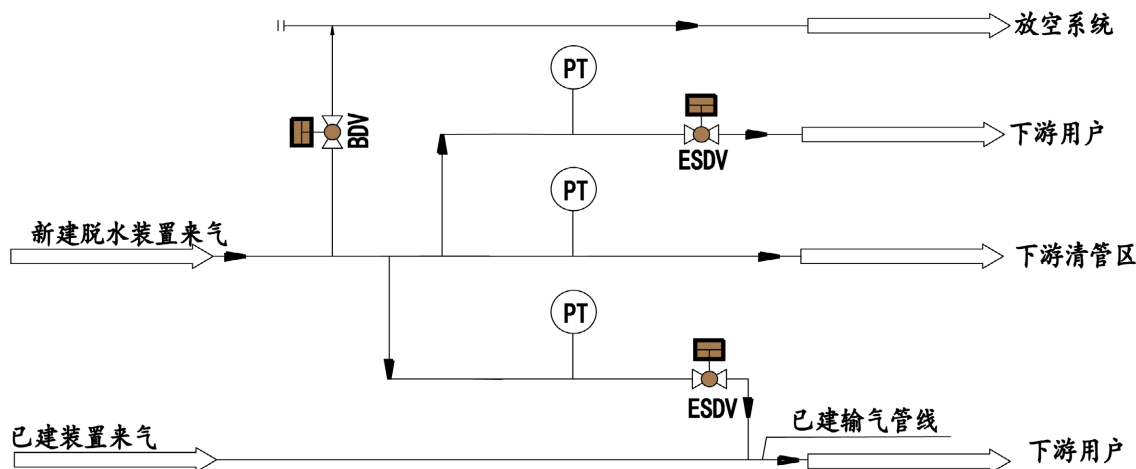


Figure 3. Shutdown and pressure relief of the export unit diagram

图 3. 外输装置关断、泄压流程图

其中, 针对第二路外输管线, 下游清管站考虑了安全切断阀, 所以在外输装置区, 该路不再重复设置。正常情况下, 安全切断阀处于打开状态, 安全泄放阀处于关闭状态。一旦分输管线压力变送器检测到压力达到设定值的上限, 切断阀将快速、自动地切断出站管线, 多余的天然气放空, 以防管线因超压而爆管[15]-[20]。当站内发生火灾时, 关闭进出站切断阀, 打开安全泄放阀 BDV 进行泄压, 达到安全保护的目的。

5. 结语

在天然气输送过程中, 流量和压力控制是一个重要的技术问题, 首先, 需要考虑分输管线之间的相互关系、管径以及其他约束条件, 确定合适的多路天然气流量分配方案。其次, 在管道系统中, 超压保护也是非常关键的, 通过精确控制管道压力, 可以防止因为压力超高而发生安全事故。

总之, 通过科学合理地利用调节阀、安全切断阀、优化的分输控制方案以及严格管理等手段, 实现天然气的自动分输功能, 满足下游用户的不同需求, 并确保天然气生产输送系统安全、稳定运行。本文讨论的天然气分输控制方案, 已在川内集输管道工程中应用实践, 效果良好, 提高了自动化水平, 降低了运行成本, 提升了公司的管理水平和生产效率, 为今后的天然气分输提供参考价值。

参考文献

- [1] 陈苏东, 龙小琴, 陈志建. 天然气长输管道自动分输控制技术研究[J]. 内蒙古石油化工, 2021, 47(3): 77-78+100.
- [2] 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, 13(4): 69-73.
- [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] 喻艳. 浅谈自用气调压撬在天然气长输管道分输站场中的应用[J]. 山东化工, 2015, 44(8): 103-105.
- [5] 曹永乐, 王浩, 王海龙. 西气东输天然气用户分输自动控制技术研究与分析[J]. 化工自动化及仪表, 2020, 47(3): 231-236.
- [6] 彭宁. 天然气管道工程自动分输控制技术应用[J]. 中国仪器仪表, 2022(10): 50-53.
- [7] 王树祺, 毛炳强, 张麟, 等. 一种面向复杂多用户类型的天然气站场分输优化方法及应用[J]. 化工自动化及仪表, 2020, 47(3): 30-35.
- [8] 陆德明. 石油化工自动化设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015.
- [9] 徐炳华, 杨学熊, 夏上惠. 流体输送设备的自动调节[M]. 北京: 化学工业出版社, 1982.
- [10] 徐勇俊, 方忠. 天然气长输管道分输压力控制系统技术研究[J]. 当代化工研究, 2021(8): 42-43.
- [11] 董秀娟, 朱峰, 刘晓伟. 天然气管道一体化智能分输控制系统设计[J]. 当代化工研究, 2020(23): 89-91.
- [12] 梁恂, 韩建强, 王磊. 远控自动分输系统在西气东输甘塘站的应用[J]. 油气储运, 2013(2): 171-173.
- [13] 高明霞, 朱永辉, 王志会. 天然气长输管道分输站场的设计[J]. 油气田地面工程, 2013(9): 83-84.
- [14] 周湃, 姜希彤, 陆津津, 等. 天然气管道分输站场调压系统调节方法的改进[J]. 油气储运, 2018, 37(3): 356-360.
- [15] 李立刚, 张朝晖, 昂扬, 等. 基于改进自适应广义预测控制的天然气分输站压力控制[J]. 信息与控制, 2014, 43(5): 637-640.
- [16] 侯冉. 天然气输气站场智能分输控制过程[J]. 化学工程与装备, 2022(5): 95-96.
- [17] 刘杰. 天然气长输管道分输站场的设计[J]. 化学工程与装备, 2021(10): 133-134.
- [18] 牛化昶, 李彦苹, 于洋, 等. 基于异常工况识别的天然气自动分输逻辑[J]. 化工自动化及仪表, 2023, 50(3): 323-330.
- [19] 梁恂, 彭太翀, 李明耀. 输气站场无人化自动分输技术在西气东输工程的实现[J]. 天然气工业, 2019, 39(11): 112-116.
- [20] 梁晓龙, 牛生辉. 天然气输气站场智能分输控制过程分析[J]. 石油化工自动化, 2021, 57(5): 11-14.