

浅谈天然气管道置换的经验和技巧

顾 为 (国家管网集团西南管道有限责任公司重庆输油气分公司, 重庆 404100)

摘 要: 天然气置换主要包括站场和管道投产初期的天然气置换、设备维检修及动火作业完成后复产阶段的天然气置换。天然气置换直接关系到输气站场的安全运行, 是投产、复产过程中最为关键的步骤之一, 目前国内外大多采用不加隔离器的“气推气”置换方案。工作以来, 本人参与了中贵线武胜站、江津站、南充站以及川东北联络线管道元坝站增输扩建集中动火等多次新建站场投产、管道动火作业的复产工作。本文主要以新建站场投产阶段, 天然气置换管道内氮气为例, 分析天然气置换的过程以及操作中的一些经验和技巧。

关键词: 站场; 投产; 天然气置换

0 前言

由于天然气具有易燃易爆的特性, 如果与空气混合, 达到爆炸极限(5%–15%), 遇火花会发生爆炸。为保证安全运行, 输气站场在投产阶段, 满足进气条件后, 先用惰性气体(通常为氮气)置换排出管道内的空气, 然后引入天然气, 用天然气置换管道内的氮气, 并检测合格, 通过氮气有效隔离空气和天然气, 防止形成爆炸性混合气体, 保证输气站场投产安全。下面主要从天然气置换的过程、置换过程中的经验和技巧等方面进行分析。

1 天然气置换过程

1.1 天然气置换顺序的选择

对于置换顺序的选择, 应根据具体工艺流程来定, 对于比较简单的工艺流程, 一般按照工艺流程先上游后下游的顺序进行置换。对于比较复杂的工艺流程, 比如元坝站, 从建站后经过多次扩建及功能改造, 置换的顺序选择应遵循减少阀门操作、避免重复置换浪费气源以及避免产生盲肠段等原则进行规划气体置换的先后顺序。

在天然气置换过程中, 选择适当的置换顺序是确保工艺高效进行的关键。对于简单工艺流程, 可遵循先上游后下游的原则进行置换, 以确保新气体能够逐步取代旧气体, 达到平稳过渡。然而, 在复杂工艺流程(如元坝站)中, 应考虑更多因素。

元坝站等复杂工艺站通常经历多次扩建与改造, 这意味着管线网络复杂, 操作流程繁琐。在选择置换顺序时, 应着重考虑以下几点: ①减少阀门操作: 避免频繁操作阀门, 以减少操作风险和操作时间。选择合适的置换顺序, 将有助于降低操作复杂度, 提高工作效率; ②避免重复置换浪费气源: 在复杂工艺中, 可能存在交叉的管线, 如果置换顺序不当, 可能导致

同一段管线被多次置换, 浪费气源。因此, 应综合考虑管线结构, 避免不必要的置换; ③避免产生盲肠段: 盲肠段是指气体无法被有效置换的管段, 通常是由于设计不合理或操作困难所致。选择合适的置换顺序, 可以减少盲肠段的产生, 确保整个置换过程的顺利进行; ④在制定置换顺序时, 需要综合考虑工艺流程、管线结构、操作风险等因素, 确保天然气置换过程安全高效。同时, 根据站点实际情况, 可适当调整置换策略, 达到最佳效果。

1.2 天然气置换速度

置换时天然气推进速度的设定应结合如何减少混气段、减轻管道内杂质对管道的冲刷以及上游气源的供气能力, 根据文献[1], 为了保证安全, 置换时, 天然气流速应控制在不超过于5m/s。天然气置换速度在置换过程中具有重要作用, 其合理设定可以确保操作的安全性和管道的稳定性。置换速度的选择需要考虑多方面因素, 以达到最佳效果。减少混气段是一个关键考虑因素。在置换过程中, 混气段可能引发气体组分不均匀, 影响置换效果。通过控制置换速度, 可以减少混气段的产生, 确保新气体能够逐步代替旧气体, 保持管道内气体组分的稳定性。

1.3 检测点的选择

气体检测点的设置应结合该区域引流点的情况, 气体引流点一般选择进、出站及工艺区各区域的放空、排污管线, 检测点可选择压力表放空口、小口径预留阀门等位置。在选择气体检测点时, 必须充分考虑区域的引流布局, 以确保系统的安全性和可靠性。通常情况下, 气体引流点的选定是与检测点设置紧密相关的。在站点的气体引流点设置中, 通常会考虑进站、出站以及工艺区域各部分的放空和排污管线。这些位置在气体置换过程中起到关键作用, 可以排除过程中

产生的杂质和废气，确保操作环境的清洁和安全。对于气体检测点的选择，可以考虑一些关键位置，如压力表放空口和小口径预留阀门等。这些位置可以提供实时的气体压力和组分信息，帮助操作人员监测系统的运行状态，及时调整操作策略。

1.4 天然气置换气体界面的界定

天然气置换过程中，准确界定气体界面是确保操作顺利进行的关键。界定气体界面有助于监测置换效果、控制混合情况和确保操作精度。

在界定气体界面时，操作人员应结合气体流动特性、监测仪器数据和实际情况，确保准确判断不同气体的交界位置。利用传感器、气体检测仪等设备，持续监测气体的压力、温度和组分等参数，有助于实时掌握气体界面的变化趋势。

操作人员还可以通过逐步排除混合气体、调整流速和密封性，来确保气体界面逐步稳定。对于涉及复杂工艺的站点，可以采用模拟分析、计算模型等方法，辅助界定气体界面的位置。

合理界定天然气置换的气体界面，需要结合多方面因素，包括工艺流程、管道结构、气体特性等。操作人员的经验和判断在这个过程中起着至关重要的作用。通过综合考虑理论和实际操作，能够确保气体置换过程的安全性和有效性。

按照气流推进方向，天然气置换过程中共有氮气-天然气混气头、纯天然气气头两个气体界面。刚检测到天然气出现时为第一个界面，随着天然气进气量的增加，检测到天然气含量逐渐上升，上升至90% vol或达到所输送天然气甲烷值（分析小屋气质分析数据为准）时，可认为纯天然气气头到达，为第二个界面，具体见图一。

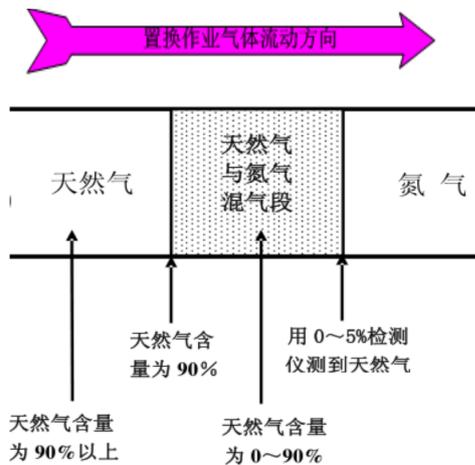


图1 天然气置换气体界面

1.5 天然气置换检测合格标准

现场人员在检测点采用（0~5% vol）可燃气体检测仪 XP-3110、（0~100% vol）可燃气体检测仪 XP-3140、氧含量检测仪 XP-3180 进行气体检测。根据文献，当检测到甲烷含量接近或达到所输送天然气甲烷值（分析小屋气质分析数据为准），并在3min内连续检测数值保持稳定且不再上升，当连续三次（每次间隔5min）检测氧含量低于2%时，继续置换吹扫5~10min，可认为天然气置换合格，置换合格一处关闭相应区域关联的放空、排污阀门。

天然气置换的检测合格标准是确保操作的安全性和置换效果的重要指标。在现场操作中，使用（0~5% vol）可燃气体检测仪 XP-3110、（0~100% vol）可燃气体检测仪 XP-3140 以及氧含量检测仪 XP-3180 进行气体检测，为合格标准的判定提供了依据。

根据文献提供的信息，天然气置换的合格标准可以细化为以下几个步骤：①甲烷含量接近或达到输送天然气甲烷值：检测仪器应监测甲烷含量，当其接近或达到所输送天然气的甲烷值时，说明置换已基本完成；②连续3min内检测数值保持稳定且不再上升：稳定的甲烷含量值表明置换已经趋于稳定，不再有明显上升趋势；③连续三次检测氧含量低于2%：低氧含量表示氧气浓度降低，有助于确认置换区域的氧气浓度足够低，以确保安全；④继续置换吹扫5~10min：为确保彻底完成置换过程，继续吹扫5~10min，以排除任何可能残留的混合气体；⑤关闭相应区域的放空、排污阀门：置换合格后，可以关闭与置换区域关联的放空、排污阀门，确保气体不会再进入该区域。

这一系列步骤和标准的设定，结合了甲烷含量、氧含量以及持续稳定性的要求，旨在保障置换过程的有效性和操作的安全性。在实际操作中，严格按照这些合格标准进行检测和判定，能够确保天然气置换的成功完成。

2 天然气置换过程中一些经验、技巧

在天然气置换过程中，操作人员需要具备一些经验和技巧，以确保操作的顺利进行和置换效果的达到预期。首先，要充分了解工艺流程和管道网络，根据实际情况选择合适的置换顺序和方式。其次，合理设定置换速度，结合混气段、管道冲刷和供气能力等因素，保证气体置换均匀、稳定。在选择气体检测点时，根据气体引流点设置，使用适当的检测设备，监测气体组分和压力等参数，确保操作安全可靠。此外，要

注意操作阀门的技巧，遵循操作顺序、减少阀门操作次数，确保操作平稳。对于盲肠段的置换，应根据长度选择合适的置换策略，隔离和利用容积法等方法进行置换，确保混合气体得到有效排除。通过综合运用这些经验和技巧，操作人员可以有效地完成天然气置换，保障操作的安全性和置换效果的成功达成。

2.1 阀门操作经验

①对于工艺流程中大口径的手动截止阀、旋塞阀，阀门全开全关一次时间较长，阀门全开和半开都能达到完全置换的效果，可将阀门处于半开位置，以节省操作时间和减轻员工劳动强度；②在天然气置换阶段，因天然气压力较低，气液联动阀无法使用动力气驱动阀门开关，可通过氮气瓶提前给气液联动执行机构气缸充压，实现气动开关阀，以节省操作时间和减轻员工劳动强度。

2.2 设备保护措施

①涉及站场动火检修时，在站场天然气放空前，做好气体分析设备保护，提前关闭分析小屋内色谱、水露点、硫化氢分析仪的电源及采样管，防止设备干烧损坏及杂质导致设备损坏；②气体置换前关闭站场气液联动阀、气动阀门动力气引压管线上的阀门，避免液体和固体杂质被气流带入设备造成设备损坏；③气体置换前提前关闭或更换工艺区调压撬、自用气撬的微压表，避免在置换过程中因超压损坏微压表；④对于部分带连锁功能的气动阀门，除切至就地模式外，需排空气缸气源，同时通过手动操作将阀门处于锁定状态，避免阀门误动作。

2.3 室外大风环境中的天然气置换检测

在检测时将可燃气体检测仪 XP-3140、氧含量检测仪 XP-3180 的吸气金属管和检测点仪表放空管同时伸入空的矿泉水瓶底部，打开检测点仪表放空管针型阀，根据天然气比氮气轻的特点，仪表放空管针型阀排出的天然气实时、不断将瓶内气体挤出，用该方法与常规气体检测方法检测数值相同，有效避免大风天气对气体检测造成影响。

2.4 盲肠段的置换技巧

站场盲肠段是指一端和主管线相通，另一端封闭的管段。在进行站场天然气置换氮气时，对于长度小于 2m 的盲肠段没有必要特意进行置换，在投产、复产气体置换过程中经过多次测试，主管线置换时可以带出盲肠段中的气体。对于长度较长的盲肠段，可采取隔离盲肠段和盲肠段相连最近的管段，通过该管段

的放空管线引流，利用容积法进行置换，在重复多次后可达到气体置换合格的标准，具体次数需根据现场管段容积及检测情况来确定。

盲肠段的置换是天然气置换过程中的重要环节，合理的技巧能够确保置换效果的有效达成。以下是一些盲肠段置换的技巧和注意事项：

2.4.1 长度较短盲肠段处理

长度小于 2m 的盲肠段通常无需特别置换。在投产、复产气体置换过程中，主管线的置换可以逐渐带出这些较短的盲肠段中的气体，从而实现有效的气体置换。

2.4.2 隔离和利用容积法

长度较长的盲肠段可以采取隔离的方法。将盲肠段与其相连的最近的管段隔离开来，通过该管段的放空管线进行引流。然后，利用容积法进行置换，将氮气逐步注入置换管段，逐步将原有气体排除。

2.4.3 重复多次置换

针对较长的盲肠段，通常需要多次置换才能达到合格标准。在进行每次置换时，都应确保足够的时间和气体量，以确保混合气体得到有效排除，从而实现彻底的气体置换。

2.4.4 根据现场情况确定置换次数

置换次数的确定应基于现场盲肠段的容积和实际检测情况。操作人员可以根据每次置换的效果和气体浓度变化来判断是否需要继续进行置换。

2.4.5 注意操作安全

在进行盲肠段置换时，操作人员应严格遵守安全操作规程，确保操作环境的安全性。特别是在使用氮气等惰性气体时，要防止氧气不足和氮气堆积，以免引发安全隐患。

综上所述，本文介绍了本人在实际投产气体置换中总结的多项经验、技巧，这些做法既有科学依据，又在以往投产实践中得到了验证，保证投产安全的前提下节省了员工操作时间，减轻了员工劳动强度，保证了置换合格率，节省了气体使用量，产生了明显的经济效益，在后续工作中本人将继续总结、积累经验，保证置换投产运行安全。

参考文献：

- [1] 王梅. 荷兰从人工煤气到天然气的置换经验 [J]. 公用科技, 1996(04):15-18.
- [2] 公司《关于明确天然气置换氮气纯天然气气头判断标准的通知》(管分控〔2019〕13号) [Z].