

# 天然气长输管道在线清管作业运行速度控制分析

邹孟轲 邹梦佳 (中国石化山东省天然气管道有限责任公司, 山东 济南 250000)

**摘要:** 随着我国天然气的不断投入使用, 将其输送到各地区的长输管道也越来越多, 越来越复杂, 其清洗难度也在不断加大, 因此作为在线清管作业运行效率的主要影响因素之一的速度控制, 成为了相关专家学者重点研究的课题。本篇文章将从天然气长输管道在线清管作业的必要性入手, 简单阐述天然气长输管道在线清管作业运行速度的影响因素, 最后针对天然气长输管道在线清管作业运行速度的控制方面提出具体的措施, 希望能给予读者一些实质性的帮助。

**关键词:** 天然气; 长输管道; 在线清管; 速度控制

最新数据表明, 我国天然气总储量达到 7265.6 亿  $m^3$ , 其中塔里木盆地与四川盆地的天然气资源储量最为丰富, 一共占我国总资源储量的 40% 以上, 由此可见, 我国天然气的总量虽然多, 但是分布却极为不均, 因此, 要想实现天然气普遍化, 就要将天然气从总量多的地区运送到总量少甚至是没有的地区, 所以天然气作为一种气体, 被以管道运输的形式, 输送到每家每户。如此庞大的管道系统, 其清洗方面也面临着巨大的挑战。

## 1 天然气长输管道在线清管作业的必要性

在天然气长输管道的实际工作当中, 人为因素或者是机械因素都会不可避免将污水、砂石土等污染物带入到管道内部, 更有甚者, 某些施工队竟然在施工的过程中将一些不起眼的工具机械等遗留在管道的内部, 因此, 在天然气长输管道投入运行之前, 一定要进行吹扫以及清理工作, 如果进入管道内部的污染物没有被清理干净, 在投入运行之后, 管中的凝析水就会和天然气中本身就有的腐蚀性物质一起进入管道当中, 从而在一定程度上腐蚀管道的内壁, 严重时导致输气管道堵塞或者是泄漏。如此长期下去, 不仅会大大降低天然气长输管道的输送效率, 还会产生严重的安全问题, 对用户的财产安全、管道周围的居民人身安全、输送设备等都会在很大的程度上造成威胁, 缩短了天然气长输管道和其附属设施的使用年限。因此, 为了保证天然气的正常使用, 以及提高清理天然气管道的安全性, 要定期对天然气的长输管道进行有效地在线清洗。

## 2 天然气长输管道在线清管作业运行速度的影响因素

清管器的在线清管作业运行速度有着多方面的影响因素, 包括管道内的杂质重量、管道直径的大小、天然气的输送流速、管道的内壁粗糙程度等等。而在实际的清管过程当中, 天然气长输管道内的某些介质的物理状态, 或者是化学状态也都会影响清管器的运行速度, 像是管道内杂质的性质等等。所以, 工作人员需要在清管工作之前, 利用相关的技术手段对长输管道内的介质状况以及其他的具体情况监测控制, 然后利用监测到的数据形成一个大概的基本测算分析, 精确地计算并控制清管器的理论运行速度, 并通过该理论速度设置清管

器, 为提高长输管道中的清洁作业的安全性与高效性打下了坚实的基础。

除此之外, 还有一些影响因素如下:

第一个, 温度的影响, 假设当管内的天然气温度在  $20^{\circ}\text{C}$  时为标准温度, 则在实际的情况中, 当管内的天然气温度保持  $10^{\circ}\text{C}$  -  $30^{\circ}\text{C}$  之间时, 温度对其的影响力在  $\pm 3.2\%$  内, 当管内的天然气温度保持  $15^{\circ}\text{C}$  -  $25^{\circ}\text{C}$  之间时, 温度对其的影响力在  $\pm 1.7\%$  内;

第二个, 压力的影响, 压力作为通球计算当中重要的参数, 代表着从发球站到球后的一个平均绝对压力, 因为无法测量球后压力, 所以就用发球站的压力作为代替, 发球站在发送清管器之后的压力经常不稳定, 因此, 要等压力平衡之后, 一般是在发球后的 10min 开始录取压力, 当所要用的压力表的精度在 0.4 级以上时, 计算最为准确;

第三个, 清管器的皮碗磨损程度的影响, 清管器在反复通过管道的过程中经过不断地磨损, 其过盈量会由正转变为负, 导致串气现象的出现, 管道的内壁粗糙度、清管器的运行距离、皮碗材质等, 决定着清管器的磨损量, 一般情况下, 清管器的皮碗质量越好, 其耐磨性就越好, 而运行的距离越长, 其磨损量也就越大, 当管道内壁的粗糙度越小时, 其耐磨程度就越强。虽然轻微的串气并不会对清管器的照常运行产生影响, 但却会让实际的推球气量降低, 从而降低计算的准确性, 因此, 为了减少由清管器磨损所带来的计算的准确性降低, 可以将两个监听位置的实际时间, 通过简化后的公式计算出实际的推球气量, 然后再将算出的气量进行计算, 预测出通过下一个监听位置的时间, 从而不断地修正, 直至得到更加准确的运行参数;

第四个, 监听位置之间的距离的影响, 监听点的间距对计算的影响较大, 各个监听位置之间的距离或者是监听位置离发球站的距离若是不准确, 就不可能计算出准确的运行参数, 因此要尽可能地接近实际的距离, 其误差不能超过  $\pm 100\text{m}$  的范围之内, 可以结合长输管道的带状图以及资料经验, 将监听位置的间距进行修正, 以此确保各个监听点间距的准确性。

### 3 天然气长输管道在线清管作业运行速度的控制手段

#### 3.1 清管器的正确选择

在天然气长输管道的清洗中,清管器一直是必不可少的,主要的工作原理就是利用流体穿过管道所产生的压力,来推动管道内壁上的杂质脱落,这样就会达到清洗的效果,有时清洗器也会用于测量或是勘探检测工作当中,正是因为清管器的应用时间长,范围广,导致其种类越来越多,因此,清管器的选择是否合适合理就显得尤为重要。清管器发展到目前为止,已经与现代化科学技术相结合,形成了新一代的智能清管器,并广泛地使用在天然气长输管道上,智能清管器之所以智能就是因为其带有记忆以及检测功能,通过对管道内部轮廓的记忆,及时检测出是否出现了壁厚、腐蚀等现象,当然,这些操作都不会影响天然气管道的正常运行。清管器之所以有众多不同的种类,不同的功能,主要取决于其内部的测量仪表或仪器的不同,因此在选择清管器时要根据实际情况,具体问题具体分析。以皮碗清管器和机械清管器为例,对这两种清管器的速度控制主要利用其前后压差,即以其内部结构或者是主要构成为入手点,在清洗器的皮碗或者是钢刷上开孔泄流,这样就会使清管器的前后两侧压差达到一种平衡状态。在智能清管器还未出现的时期,天然气长输管道的在线清管一般都是利用空压机的压缩空气的工作原理来推动橡胶球,从而达到清管作用,但随着科技的不断发展,清管器逐渐演变出了泡沫清管器、普通清管器、机械清管器等等繁多的种类,所以,工作人员只有在极度明确管道状况以及清管目的的基础上,才能选择出最合适的清管器,从而取得最佳的效果。

每种清管器的具体适用范围如下:首先是普通清管器,适用于构造相对来说较为简单的管道,工作一般包括清理管内杂质、推出积液等;然后是机械清管器,适用于构造相对来说较为复杂的管道,主要是因为其通过能力好;其次是泡沫清管器,适用于当管道内壁的涂层不能被刮伤时,主要是因为其弹性以及变形能力好;最后是智能清管器,这种清管器除了清洗功能外,还能进行卫星定位、检测、记忆等。

清管器不同,其所要用到的控制速度的装置也不尽相同,以国家管网集团榆济管道有限责任公司的天然气长输管道的钢刷清管器为例,钢刷清管器的主要工作范围是清除粉尘或者是固体颗粒,因此,为了控制其泄流量和速度,在长度1100mm、质量76kg、密封间距675mm的钢刷清管器中,设置4个外径都是512mm的碟皮碗,将筒体前的2个碟皮碗分别均布地开4个 $\phi$ 25的泄流孔,筒体后的碟皮碗分别均布地开4个 $\phi$ 30的泄流孔,在2个外径都是500mm,厚度都是58mm的钢刷上分别均布地开4个宽为100mm,深为30mm的通槽,且在筒体前打上4个M12的射流孔。

#### 3.2 使用先进的测算模式

在收集到了数量众多、覆盖面广、涵盖量大的天然气长输管道的近期运行数据之后,对这些详细的数据进行更加合理地以及周密地整理与分析,再将整理与分析的综合数据利用更加先进的以及科学的测算方法与模式对综合数据进一步地计算,最后,再根据科学的计算结果合理地选择出最适宜的清洗器种类,只有在做完并且做好这些准备工作之后,才能开始在线清管工作。除此之外,在切实进行在线清管工作之前,还要记得提前将天然气的长输管道的输气量调节到最适宜的量,具体的范围区间既不能耽误清管器进行作业,也不会妨碍到天然气的正常输送工作,即清洗输送两不误为标准量。其次,在对罐内的数据利用更为精确的,先进的测算方式与模式进行分析计算的过程当中,一般常常会用到动态的仿真模拟技术来作为测算的辅助性技术。

#### 3.3 提高后台控制能力

计算机技术的飞速发展,使得计算机与互联网技术更加广泛与频繁地被应用在天然气长输管道的在线清管工作当中,因此,对在线清管作业运行速度的控制能力也产生了更加极致地发展。在天然气的长输管道在线清管工作的实际进行过程当中,其操作人员要想对清管器的运行情况进行一个实时的监察与控制,最为简便且实用的方法便是采用更加精密的仪表或者是仪器设备,还有先进的互联网计算机技术,利用这些先进精确的设备和手段来对监察控制的实时数据进行系统和综合地整合与分析,以此来对在清管器的清洗作业过程当中,可能会遇到的实际清管问题作出更及时地判断,并提出有效的、合理的、科学的防范措施以及应对措施。控制在线清管的运行速度的最直接有效的方法之一就是利用天然气的供应气量的调节,这种方式之所以能更好地实施完全有赖于计算机技术的控制能力的发展。

随着计算机技术的应用在天然气长输管道在线清管作业运行速度控制当中的逐渐深入,其在对各类清管器的控制能力方面也在不断地提高。以国家管网集团榆济管道有限责任公司的天然气长输管道在线清洁作业运行速度控制为例,相关的技术人员可以通过计算机实时监控控制清管器的相关运行数据,以保证对清管器在管道内运行作业时可能会遇到的问题进行及时地判断与解决,像是调节天然气的输气量等等可以人为控制的因素,来控制清管器在线清洁作业时的运行速度等。除此之外,该公司还在长输管道的末端加装同样的速度控制系统,形成一个双重的保险,这样就可以保证清管的运行速度始终在合理的区间范围之内不变,这是一种为了可以更容易地精准把握清管速度、避免相关设备的损坏、增加操作安全性的创新性技术调整。

#### 3.4 合理的用气调配

输气量是影响天然气流速的重要原因之一,可以通过人为的合理用气调配而发生改变,像是调整上游的来

气压力、用户的供气方式、接气量的协调等等，与此同时，利用速度模型进行计算与分析，控制清管器的作业速度始终在所规定的范围之内轻微浮动，以此来保证清管器正常工作。当管道正常运行时，一定要提前将近期的管道运行数据进行收集、整理、分析，这样才会方便做出科学的用气调配，按照计划提前调节气量，以此来保证在线清管运行速度以及用户对气量的需求。

对用气量的调节可以在出站和用户供气这两个阶段着手：

首先是控制出站压力和接气量，为了天然气的运行速度能够得到有效地保障，可以从输气量的总体入手，通过在上游控制进气量或者是在下游控制接气量来监控在线清管的运行速度，因为天然气的长输管道属于介质流速比较高的管道，所以比较适合通过减少上游的出站流量来避免或者是减少来气从而降低用气量，还可以通过提高下游的接气量来降低管网输销的规模影响以及对用户的影响，通过这两种手段的调节，可以有效地减小天然气长输管道内清管器的运行压差，从而使天然气的流速减缓。

其次是调整用户的供气方式，当清管器的运行速度不在所要求的范围之内时，就要暂时调整处在长输管道下游的用户瞬时气量，通过对清管器工作速度的适当调节，可以获得更加精确的控制，因为下游的用气量与用户的用气量以及管存有着密切的关系，所以，在清管作业之前，要与下游的用户及时地进行有效沟通，在不对供气产生影响的基础上，对下游的用户进行适当的瞬时流量的调整，比如说，在速度相对来说较高的管段，一般是对局部地区的用户调整用气方式，将处在下游管道用户的瞬时的气量降低，或者是将处在上游管道用户的瞬时的气量增加，就能升高清管器的前压力，降低清管器的后压力，整体是使清管器的运行推动压差降低，从而降低清管器的运行速度，在速度相对来说较低的管段，将处在下游管道用户的瞬时的气量增加，或者是将处在上游管道用户的瞬时的气量减少，就能降低清管器的前压力，升高清管器的后压力，整体是使清管器的运行推动压差增加，从而提高清管器的运行速度。

### 3.5 控制管道末端清管器的运行速度

在对管道末端的清管器运行速度的控制方面，相对于管道的其他地方，对清管器运作速度的变化有着更为严格的要求，比如说一种利用空压机的压缩空气的工作原理来推动橡胶球，从而达到清管作用的清管方式，这种方式的作业质量主要取决于清管器的运行速度的控制以及介质的推动压力，也就是说，清管效果的好坏，取决于清管器的运行速度，无论球速是过快还是过慢，都会对清管器的功能造成破坏，甚至导致其失效，最终致使清管效果不佳。如果清管器的速度太慢，清管器产生卡顿，就会使管道内的杂质倒流，出现卡球现象，如果清管器的速度太快，管道内部发生振动，清管器就会被

磨损，造成线路设施的损坏等安全因素的增多。因此，使用此方法进行清管时，要及时控制清管器的运作速度，再用速度模型进行计算，调整参数，以保证能够在准确的时机以及位置上接收橡胶球并进行排污，这样既可以减少天然气的排量，又可以避免污水被推入输气站。

以国家管网集团榆济管道有限责任公司的天然气长输管道的在线清管设备——空压机清管器为例，该公司为了避免因不能对清管器的运作速度有一个合理地控制，让橡胶球因过快的运动速度而对收球筒以及盲板等相关设备产生较大的冲击力而造成损坏，大大降低作业的安全性的情况发生，采用了“二次收球”的方法，切实增加了管道通球清管作业的实用性、安全性、可靠性。

具体的操作步骤如下：当橡胶球被发出清管器之前，收球站就已经应该做好了收清管器的准备，将收球的流程导通，也就是在收球的站场，将收球阀与引球阀都开启准备好，当清管器第三次通过收球筒之后，逐渐调节进站的阀门开度，直至缓慢关闭为止，这样可以使清管器进入收球筒的速度减缓，从而使清管器的运作速度得到调整。“一次收球”的清管器或者是内检测器与收球站场的距离只有在 1km 的时候才会将引球阀与收球阀开启，而后再关闭进站阀，这种方法的弊端是需要提前将作为清管器缓冲体的收球笼装入收球筒中，而“二次收球”法，既不需要装收球笼，也不对收球笼的大小做出限制，因此可以随意调节清管器的入筒速度，这样就会对收球设备减少损害，从而增加相关操作的安全性。

## 4 结论

综上所述，在天然气长输管道在线清管作业方面，如何在清管输送两不误的情况下，又快又好地进行清管作业，是一个值得深入研究的问题。经过上文的分析可以得出，选择正确适合的清管器、使用先进的测算方法与模式、提高后台的计算机控制能力、进行合理的用气调配、控制管道末端清管器的运行速度有利于对天然气长输管道在线清管作业运行的速度进行控制。

### 参考文献：

- [1] 孙艳彬, 刘芸, 梁思维. 复杂天然气长输管道清管作业工艺调整 [J]. 化工管理, 2020(26):166-167.
- [2] 席海宏. 天然气长输管道清管器运行速度预测 [J]. 油气储运, 2020,39(11):1286-1291.
- [3] 王刚. 长输天然气管道在线清管作业运行速度控制探究 [J]. 石化技术, 2019,26(12):82+100.
- [4] 吴勇. 浅议清管技术在天然气长输管道内检测前的运用 [J]. 清洗世界, 2019,35(09):59-60.
- [5] 牛生辉. 天然气长输管道清管器定位研究 [J]. 化工管理, 2019(21):211-212.
- [6] 张星. 天然气长输管道清管作业时间测算 [J]. 石化技术, 2019,26(04):214.