



团 体 标 准

T/CAS XXXX—2021
代替 T/CAS XXXX—2021

陆上氢气输送管道试运投产 技术规程

(征求意见稿)

Technical regulations for commissioning and
putting-into-production of onshore hydrogen pipelines

2022-XX-XX 发布

2022-XX-XX 实施

中国标准化协会 发布

目 次

目录

目 次..... II

前 言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 总体原则和要求..... 1

5 投产前必备条件及准备..... 2

6 管道投产..... 3

7 HSE 要求..... 6

附 录 A..... 7

 （资料性）..... 7

参考文献..... 8

内部讨论资料，严禁非授权使用

前 言

本标准依据 T/CAS 1.1—2017《团体标准的结构和编写指南》编写。

本标准起草单位：

本标准起草人：

内部讨论资料，严禁非授权使用

1 范围

本文件规定了陆上氢气输送管道投产的总体原则和要求、投产前必备条件及准备、管道投产、HSE 要求等。

本文件适用于陆上新建氢气、天然气掺氢输送管道，改扩建管道、厂际输氢管道可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 4962 氢气使用安全技术规范

GB/T 29729 氢气系统安全的基本要求

GB 32167 油气输送管道完整性管理规范

GB50369 油气长输管道工程施工及验收规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

氢气长输管道 hydrogen transmission pipeline

用于把氢气介质从产地输送到储存设施、用户之间的管道。

3.2

试运投产 commissioning and putting-into-production

氢气输送管道工程交工验收后，为保障全线安全运行而进行的注氮、置换、升压、试运行全过程，包括全线置换升压期间压力调节方式、气头检测方式、引气放空点设置、氮气排放、氢气排放、升压台阶和检漏周期等内容。

3.3

氮气置换 nitrogen displacement

用氮气填充试运行管道，替换管道内空气的过程。

3.4

氢气置换 hydrogen displacement

用氢气填充试运行管道，替换管道内氮气的过程。

4 总体原则和要求

4.1 纯氢长输管道具备试运投产条件后方可进行试运投产。

4.2 试运投产前应所需气质进行分析，确保输入气体符合投产要求；上游交付的氢气质量符合国家气质相关标准。

4.3 输氢长输管道投产时，氢气和空气应加惰性气体隔离，惰性气体宜使用氮气。

4.4 管道气体置换宜采用“气推气”的方式，即氮气置换空气，氢气置换氮气，气体界面之间不加隔离球。全线置换过程中，氮气段下游应保证充分的引气放空。

- 4.5 线路氢气置换前应完成线路投产前的注氮，投产前注氮一般分两种方式，管道较长的只需部分注氮封存，管道较短的可以全部注氮封存。氮气封存段内的站场阀室所有工艺管道应用氮气全部置换，不应有死角。
- 4.6 氢气管道投产应采用中心控制、站控控制和就地控制三级控制方式，调控中心集中调度，统一指挥。管道运行单位负责站场置换期间的现场操作与监护，负责现场的安全监督，确保所有操作符合安全规定，及时发现和处理潜在的安全隐患。
- 4.7 在全线站场阀室的线路截断阀恢复自动切断功能后，全线阀门设备操控权移交调控中心。
- 4.8 安全相关的控制系统应与管道工艺同时投产，功能性控制系统应在管道工艺投产后投产。
- 4.9 管道完工后，若超过 6 个月投产时应进行完整性评价，完整性评价应符合 GB 32167 的规定。
- 4.10 试运投产期间氢气安全管理应符合 GB 4962《氢气使用安全技术规范》和 GB/T 29729《氢系统安全的基本要求》的有关规定。

5 投产条件及准备

5.1 投产必备条件

- 5.1.1 投产必备条件应明确对管道工程建设、相关手续办理、投产准备、投产临时设施、物资备品备件配备等方面的要求。项目建设符合国家相关法规、标准的要求，工程达到设计要求。
- 5.1.2 管道工程建设应满足以下要求：
- a) 线路、三穿、阀室、站场工程已施工完毕，并达到设计要求；
 - b) 施工阶段干线管道已进行分段清管、测径、试压、吹扫和干燥，并符合“GB50369-2006《油气长输管道工程施工及验收规范》”的相关要求；为了保证投产后运行生产的安全，投产前应进行站间通球扫线、测径，对管道通过能力进行检验，并对管道内杂物进行清理；
 - c) 工艺设备、电气、通信、仪表自动化等分系统安装调试、整改完毕并验收合格，SCADA 系统达到设计要求；
 - d) 投产临时设施已安装完毕；
 - e) 已完成投产前检查及确认，影响投产安全问题整改完毕。
- 5.1.3 相关手续办理应满足以下要求：
- a) 项目已经过发改委核准批复，并取得批复文件；
 - b) 已取得建设用地规划许可证和建设工程规划许可证；
 - c) 管道的安全和环境等评价已通过相关部门审核；
 - d) 投产期间安全备案手续已办理；
 - e) 建设单位应在试运投产前取得环境保护行政主管部门同意试生产的相关批复文件；
 - f) 消防系统已通过消防部门验收；消防保驾队伍已落实，消防保驾协议签署完毕；
 - g) 已完成防雷防静电验收，并取得批复文件；
 - h) 已取得压力容器、安全阀等特种设备注册、备案、检定；
 - i) 供水、通讯、外电、运销、计量等相关协议已签署完毕；
 - j) 试运投产方案已经过上级部门审查，并得到批复；
 - k) 建设单位已向当地安监部门提交试运投产申请，并得到批复。
- 5.1.4 投产准备应满足以下要求：

- a) 明确投产工程保驾和维抢修保驾队伍已落实;
- b) 明确投产所需的工器具、备品备件、物资等已配置完毕;
- c) 根据批复的投产方案编制投产实施细则;
- d) 运行单位生产管理组织机构健全,各岗位人员配备到位,岗位人员培训合格,特殊工种操作人员已取得相关部门颁发的操作证书,各岗位的生产管理制度、操作规程、生产报表等编制完成。

5.2 技术条件

- 5.2.1 投产前应编制投产方案,并严格按批准的投产方案组织投产。
- 5.2.2 拟投产部分应与非投产部分、关联在役部分之间已实施有效的安全保护措施。
- 5.2.3 投产前应完成管道系统的水力分析。
- 5.2.4 升压前应完成管道起点压差分析和振动分析。
- 5.2.5 应协调供气单位,保证有充足的气源满足投产需要。
- 5.2.6 投产所需氮气已按管道投产方案充足准备。
- 5.2.7 投产临时设施已按要求安装完毕。

5.3 现场管理

- 5.3.1 投产前,应将管道设计资料、施工记录、验收报告、评估报告、相关协议等管道数据以及设备技术资料 and 备品备件等移交给运行管理单位。
- 5.3.2 投产前,应对建成的管道线路进行巡护,巡护应符合投产方案的要求。
- 5.3.3 投产前,应成立试运投产组织机构,明确职责范围。
- 5.3.4 投产前,应建立试运投产相关方联络机制,并保证通讯畅通。

5.4 物资条件

- 5.4.1 应列出投产期间所需主要物资、工器具、备品备件等详细清单。
- 5.4.2 清单中主要应包括:
 - a) 检测仪器;
 - b) 常用维修工器具;
 - c) 仪表自动化、电气、通讯等专业常用工器具;
 - d) 安全防护器具;
 - e) 应急类工器具;
 - f) 投产临时设施材料;
 - g) 备品备件。

6 管道投产

6.1 管道注氮

6.1.1 管道注氮的准备

- 6.1.1.1 注氮点应在便于进行站场自身置换的位置,注氮点位置应选择在方便作业安装的场地。
- 6.1.1.2 当在阀室注氮时,应提前确定注氮车是否能靠近阀室。
- 6.1.1.3 应提前制作好临时注氮接头,合理安排注氮车及其设施的停放位置。
- 6.1.1.4 在注氮现场周围 20m 范围处设警戒区,现场有明显的警示标志,与注氮无关人员不应入内。

6.1.2 管道注氮的要求

- 6.1.2.1 注氮置换应包括注氮段的线路管段和站场。
- 6.1.2.2 向管道内注氮时，氮气纯度应达到 99% 以上，线路管道氮气注入速度可参考附录 A 进行计算。进入管道的氮气温度应不低于 5℃。
- 6.1.2.3 注氮量应保证全线置换过程都不发生空气与氢气的混合。
- 6.1.2.4 管道部分注氮时，注氮量宜为总管容的 7%~15%，氮气封存段压力宜在 0.02~0.1MPa 之间，并尽量接近低限，如果高于 0.05MPa，在管道进气前氮气段宜提前平压。变径管道在变径处分段置换。
- 6.1.2.5 注氮车加热装置氮气出口处应有温度、压力和流量显示仪表，检定合格并在有效检定周期内。
- 6.1.2.6 注氮期间应记录注入氮气的压力、注入氮气的温度、注氮瞬时流量、注氮累计流量、管道压力以及注氮的时间等。
- 6.1.2.7 注氮段氮气置换的合格标准应为在注氮段终点检测含氧量小于 0.5%。
- 6.1.2.8 注氮期间应保持现场通风，人员应位于上风口。
- 6.1.2.9 注氮完成后，应拆除临时注氮管线，恢复流程并做好现场清理工作。
- 6.1.2.10 注氮完成后，注氮段应关闭站场和阀室的排污阀门和放空阀门，压力应保持 0.02MPa~0.1MPa，并实时检测有无泄漏。

6.2 管道置换

- 6.2.1 置换前应将站场和阀室设置为投产所需的状态。
- 6.2.2 置换前应将各路调压橇的安全切断阀打开。
- 6.2.3 置换前应将截断阀执行机构设置为休眠状态，以防在置换升压期间截断阀产生误操作，当管线压力升至截断阀最低工作压力时，将截断阀恢复为正常状态。
- 6.2.4 应对投产管道全部进行置换，不应有死角。
- 6.2.5 置换过程中管道内气体流速的确定应保证置换充分和安全，可参考附录 A 进行计算。
- 6.2.6 置换过程中，各站场、阀室值班人员应负责流程操作和检测，记录氮气-空气混气头、纯氮气气头、氢气-氮气混气头和纯氢气气头的行进位置和到达时间，并实时报告。
- 6.2.7 置换过程中，当氢气含量达到管道输送气质要求，连续监测三次氢气含量，每次间隔不小于 5 min，则认为管道气体置换合格。
- 6.2.8 置换过程中氮气与空气的混合气体、氮气与管道气体的混合气体应通过放空系统放空，必要时应设置放空隔离区。

6.3 管道升压

- 6.3.1 在升压前，应进行一次全面检查，确保所有的临时封堵、检修端口和测试设备都已正确移除或隔离。
- 6.3.2 线路管道和站场气体置换合格后方可进行升压工作，升压工作宜在白天进行。
- 6.3.3 升压过程中，应实时监控管道系统的压力变化，确保压力上升平稳，无异常压力波动。
- 6.3.4 进气点升压速率不宜超过 1MPa/h，升压宜分台阶进行，相邻两个压力台阶压差不宜超过 2MPa。
- 6.3.5 管线阶段升压完成后应进行分管段稳压检漏，1.0MPa（含 1.0MPa）以下的阶段稳压不宜少于 4h，1.0MPa 以上稳压时间为 12h~24h。

6.4 管道检漏

- 6.4.1 置换升压期间，应对管道、设备和仪表进行巡查和检漏，现场检测时应有两人同时在场，一人进行检测，另一人进行记录和监护。
- 6.4.2 检漏设备应根据氢气的特性、设备的类别和检漏位置等条件选择。
- 6.4.3 线路检漏宜采用便携式氢气检测仪进行检测，应以无泄漏点为合格。
- 6.4.4 站内法兰连接处检漏宜采用检漏液、检漏胶带进行检测。
- 6.4.5 置换、升压和稳压期间，若发现管道或设备泄漏，现场人员应及时报告调控中心和现场投产指挥单位，并根据应急预案采取措施。

6.5 管道试运行

- 6.5.1 全线升压结束后应进行 72h 试运行。
- 6.5.2 试运行过程中，应进行反复全面巡查和检漏，及时发现和整改存在的问题。
- 6.5.3 控制系统应功能完整、性能稳定，满足连续监控管道运行状态需要；应能准确显示、实时更新管道运行参数；报警信息应及时、准确。
- 6.5.4 管道连续安全运行 72h，稳压检漏合格、线路和站场各工艺和自动化系统、仪器仪表运行正常、外输正常，则认为试运行合格。
- 6.5.5 试运行不合格时进行整改，应制定整改措施并明确负责单位。
- 6.5.6 投产试运交工时，交工资料应按照合同的要求完成，若无要求时，交工应提供下列资料：
 - a) 投产方案审查意见及采纳情况；
 - b) 站场、阀室工艺流程图；
 - c) 站场阀室操作内容与步骤；
 - d) 主要工艺计算；
 - e) 投产所需临时设施安装要求及示意图；
 - f) 投产备品备件、工器具、材料等物资清单；
 - g) 投产期间人员通讯联系表；
 - h) 试运投产计划时间表；
 - i) 试运行报告
 - g) 应急预案
 - k) 其他投产相关的材料等。

7 HSE 要求

- 7.1 投产前应对投产人员的劳保着装、培训提出要求，应明确投产人员分工并进行应急模拟演练。
- 7.2 投产前应对管线和设备的完好状态进行确认，应对工艺标示、介质流向等进行标识，并设置安全警戒区，配备消防设备。
- 7.3 应明确投产期间应遵循的工艺操作原则，应对投产期间气体、水头的安全排放提出要求，在受限空间作业时应确保通风，受限空间可燃气体浓度满足安全要求。
- 7.4 一旦出现严重漏气，应立即对 500m 范围进行戒严，熄灭一切火源并启动保驾应急预案；注氮作业现场周围应设警戒区，注意注氮现场通风，防止氮气大量泄漏造成人员缺氧窒息。
- 7.5 应依据环保要求对排水、排气（氮气和氢气）提出要求，对投产期间各类废弃物的合规处置提出要求。
- 7.6 投产方案应编制应急预案，预案中应明确应急响应的组织分工、投产期间的风险识别及应对措施，保驾队伍管辖范围、应急处理流程等。

附录 A

(资料性)

置换最低流速计算

在置换过程中,为了保证较小的混气量,特别重要的是防止气体流态层流化。根据资料,无量纲理查德系数 $R_{\#}$ 的计算是确定是否分层现象的一种方法。根据经验,理查德系数 $R_{\#}$ 在 1 至 5 之间,对应的混气量是可以接受的, $R_{\#}$ 越小,出现分层的可能性越小,为了保证混气量最小,宜取 $R_{\#}=1$ 计算气体最低置换速度。

$$R_{\#} = \frac{2gD(\rho_a - \rho_b)}{(\rho_a + \rho_b)v^2} \quad (A.1)$$

式中:

g ——重力加速度, 9.81m/s^2 ;

D ——管道内径 (m);

ρ_a, ρ_b ——分别为两种气体的密度 (kg/m^3);

v ——平均速度 (m/s)。

参考文献

- [1] GB/T 34275 压力管道规范 长输管道
- [2] GB/T 34542 氢气存储输送系统
- [3] GB 50156 汽车加油加气加氢站技术标准
- [4] GB 50177 氢气站设计规范
- [5] GB 50251 输气管道工程设计规范
- [6] GB 50369 油气长输管道工程施工及验收规范
- [7] GB 50423 油气输送管道穿越工程设计规范
- [8] GB 50424 油气输送管道穿越工程施工规范
- [9] GB/T 50459 油气输送管道跨越工程设计标准
- [10] GB 50460 油气输送管道跨越工程施工规范
- [11] GB 50540 石油天然气站内工艺管道工程施工规范（2012年版）
- [12] SY/T 4203 石油天然气建设工程施工质量验收规范 站内工艺管道工程
- [13] SY 4207 石油天然气建设工程施工质量验收规范 管道穿跨越工程
- [14] SY/T 4208 石油天然气建设工程施工质量验收规范长输管道线路工程
- [15] ASME B31.12 Hydrogen piping and pipelines
- [16] CGA G-5.6 Hydrogen pipeline systems
- [17] AIGA 033/14 Hydrogen pipeline systems
- [18] EIGA IGC Doc 121/14 Hydrogen Pipelines Systems