

油气长输管道加长管应用探讨

施 然 (中石化石油工程设计有限公司, 山东 东营 257062)

摘 要: 本文对油气长输管道加长管应用进行了分析, 根据中石油统计情况, 目前管道失效主要为环焊缝失效, 采用加长管可有效降低环焊缝的数量, 控制焊缝质量。经过综合分析, 推荐在戈壁、荒漠且长距离并行等级公路地段采用加长管。

关键词: 油气长输管道; 加长管; 应用

1 引言

随着我国经济水平的不断增长, 我们对能源的需求越来越大, 不断增长的能源需求使得能源的使用越来越广泛, 油气长输管道是输送能源的必要条件, 为了保障石油与天然气长输管道的安全运行, 必须提升长输管道的设计与施工质量, 在实际石油与天然气长输管道的具体设计与施工过程中, 存在许多影响施工质量的因素, 其中, 焊缝的质量和数量对油气长输管道的运行有很大的影响, 甚至造成严重事故, 威胁社会及人员安全。

2 加长管的定义

按照 GB/T9711《石油天然气工业管线输送系统用管》, 关于钢管长度的交货状态包括定尺和非定尺两种, 具体要求如下:

①按照定尺钢管交货的钢管, 其长度偏差应在 $\pm 500\text{mm}$ (20in) 范围内;

②根据油气管道建设的特点, 钢管订货以非定尺为主, 由于大宗物资的运输主要还是依靠铁路, 受制于铁路运输车厢的限制, 国内外油气管道建设最为常用的是 12m 组别。

通俗所说的加长管是相比于常规的 12m 组别而言, 可以将 15m 和 18m 组别内长度超过 12m 的钢管定义为加长管。

3 加长管的应用优势

管道系统的本质安全主要涉及钢管本体和环焊缝, 而环焊缝是整个管道系统最为薄弱的环节, 根据中石油统计, 2010 年-2017 年间天然气管道发生泄露 42 起, 其中失效的首位因素为环焊缝破裂, 共计 19 起, 占管道失效的 45%。引起管道环焊缝的质量直接与管道系统的本质安全相关。降低管道环焊缝失效概率最简单有效的方法就是减少焊缝数量。

以 100km 管道为例说明不同长度的单根管长对焊口数量的影响, 单根管长从 12m 提高到 13.5m, 焊

口数量降幅约为 11.1%。如若从 12m 提高到 15m, 焊口降幅为 20%。若从 12m 提高到 18m, 焊口降幅达 33.3%。显然随着单根管长的增加, 焊口的数量减少的幅度随之增大, 现场焊接工程量呈现不同程度的降低, 施工工期更短。

与焊口有关的施工费用主要包括焊接、检测以及补口费用, 暂不考虑工效下降造成的影响, 其中焊接费用包括坡口架空、组对、预热等环节。补口费用包括补口带材料费用、安装费用、预热费用等。

根据京石邯输气管道复线工程 1 标线路, 经过多方调研论证, 结合施工工地地形平坦、运输便利等有利条件, 使用 15m 加长钢管, 每公里可以减少 17 道焊口, 这样既提高了施工工效, 又降低了后期的管道运营风险。以 D813 $\times$ 14.3 为例, 概算指标具体如表 1 所示。

表 1 概算定额指标

工序	组合自动焊接	RT 检测	PAUT 检测	机械化补口
定额 (元 / 口)	2186	718	490	690

因此, 按照组合自动焊接, 100%PAUT 检测 +20% RT 抽检以及机械化补口来测算, 100km 的具体施工成本计算见表 2。

表 2 组合自动焊接时施工成本分析表

钢管规格	组合焊接费用 (元 / 口)	RT 检测费用 (元 / 口)	PAUT 检测费用 (元 / 口)	补口费用 (元 / 口)	焊口数 (口)	总施工费用	与 12m 差异 (万元)
12m	2186	718	490	690	8333	2924.55	-
13.5m	2186	718	490	690	7407	2599.56	-324.99
15m	2186	718	490	690	6667	2339.85	-584.70
18m	2186	718	490	690	5556	1949.93	-974.62

按照半自动焊接, 100%PAUT 检测 +20%RT 抽检以及机械化补口来测算, 100km 的具体施工成本计算见如表 3 所示。

表 3 半自动焊接时施工成本分析表

钢管规格	半自动焊接费用 (元 / 口)	RT 检测费用 (元 / 口)	PAUT 检测费用 (元 / 口)	补口费用 (元 / 口)	焊口数 (口)	总施工费用 (万元)	与 12m 差异 (万元)
12m	1403	718	490	690	8333	2272.08	—
13.5m	1403	718	490	690	7407	2019.59	-252.48
15m	1403	718	490	690	6667	1817.82	-454.25
18m	1403	718	490	690	5556	1514.90	-757.18

可见, 只从线路施工费用角度来讲, 加长管的应用具有明显的优势, 管长越长施工成本减少越多。想要保证油气长输管道安全运行, 必须从源头减少安全隐患, 加长管的应用具有显著优势。

4 加长管的应用情况

鉴于加长管的应用优势, 国内外有些项目也采用了加长管, 通过查阅相关资料, 搜集到国内外油气管道使用加长段的项目, 国外应用加长管时 18m 管长方案较多, 且应用的国家主要为加拿大。搜集到的项目主要输送的介质为油砂、天然气, 应用段普遍较短, 无大范围长距离应用案例, 从技术角度来说, 加长管的应用仅仅是管长的增加, 不涉及钢管其他性能的变化, 应用是成熟的。

5 加长管应用影响因素分析

5.1 与常规管长的差异性分析

由于单管长度的增加会在钢管制造包括原材料、运输、吊装施工、管道焊接及检验工序会存在差异。

其中钢管的制造流程主要包括炼钢、板材、板卷轧制、钢管成形、钢管焊接、无损检测、水压试验、成品管等工序。

在生产制造传统 12m 长钢管的设备中, 原材料板材轧制长度以及钢管成型设备、焊接、检测设备、扩径设备和试压设备等将制约可制造的最大的钢管长度, 如果采用加长钢管, 不同制造商的设备将在上述方面存在差异。

在运输方面, 由于单管长度的增加, 铁路运输的车厢、装载方案、运输费用及公路运输的车辆选择、装载方案、费用以及对道路的要求等方面将存在差

异。

常规管道的施工流程为: 清点放线、作业带清理、运布管、组对、焊接、检测、防腐补口、下沟、回填等。其中在运布管工序之前的工序不涉及钢管, 在焊接工序后, 后续施工也将不受单根钢管长度的影响, 因此仅在运布管、组对和焊接等工序与钢管长度相关, 不同钢管长度将引起施工差异。

5.2 加长管制造能力分析

经过调研国内现有螺旋缝管厂家生产线, 除了华油钢管青县及福建钢管制管生产线具备最大米长 18m 的改造条件, 其他的管厂现有空间均不具备 18m 加长管的改造的可能性, 需要重新建厂。

调研国内直缝管生产厂家, 13.5m-18m 仅宝钢一家可实现供货, 其他直缝管厂不具备改造条件, 如必须生产直缝管则需要重新购买成型机以及扩建厂房。在重新改造后也不存在制约因素。但基于现状条件下, 加长管的应用应考虑不同管型、不同长度的制造能力。

5.3 长管运输能力分析

按照不同管长, 分别从公路运输、铁路运输的影响能力进行分析, 包括管厂——中转站的运输能力以及中转站——施工现场的运输能力。

5.3.1 铁路运输

采用铁路货运, 钢管需吊装进车厢内, 考虑到便于中转站卸车, 车厢两端必须留有一定的空间取出吊钩。

60t 货运车厢内长为 12.50m, 可装载钢管最大长度为 12.20m, 两端各预留 15cm 用于取出吊钩; 上层露出车厢的钢管长度可为 12.40m。70t 货运车厢内长为 13.00m, 可装载钢管最大长度为 12.50m, 两端各预留 25cm 用于取出吊钩; 上层露出车厢的钢管长度为 12.80m。

因此采用常规箱式车厢进行铁路运输钢管的极限长度为 12.80m, 不能满足 13m 以上的钢管运输要求, 13.5m、15m 管长如采用铁路运输需要的车厢为平板型, 主要型号: NX17BH (NX70) 型; 18m 管长需要选用的车型也为平板型, 型号为 D22A/B 型 (特种车辆), NX17BH 车型车厢长度可达 15.34m, D22A/B 型特种车辆车厢长达 25.93m。

13.5m, 15m 和 18m 使用平板车需解决如下问题:

- ①需要设计制作加固用装具支架;
- ②委托铁路指定单位进行冲撞试验及方案批复。

③不同管厂应充分调研可用车辆资料，如 13.5m 及 15m 用 NX17BH（NX70）车型，经调研可知，NX17BH 平板车型车辆资源极少，铁路部门一般仅仅用于军用物资，车皮资源几乎不能调配。针对 18m 加长管用 D22A/B 型特种车辆，宝钢向上海铁路局调研可知目前国内仅 60 辆。

5.3.2 公路运输

目前 12m 管的运输采用常规厢车或高栏车，箱体长 × 宽；13m × 12.4m 的运管车辆运输，两种车装载的钢管最长长度为 12.8m。对于管长超过 12.8m 的钢管运输属于超长超宽，无法实现正常长距离运输。

正常情况下 13.5m、15m、18m 管均需要平板车进行运输，13.5m 可选用 13.75m 平板挂车，15m、18m 则需要 17.5m 重型平板半挂车，该车型车厢尺寸为 17.5m × 3m，载重 32t，平板汽车运输钢管需要配置专用车架或立柱，在车辆及车架、立柱与钢管接触部位，车厢底部铺垫橡胶皮垫或草支垫、铺垫稳固、捆扎结实，确保产品质量，运输安全。

在公路运输中，17.5m 高低板车型与常规 13m 车相比，由于 17.5m 高低板车型最大限重 32t，自重 17t，合计 49t，最小转弯半径约为 22m，因此，高速、国道、省道以及三级及以上的道路通行不存在问题，进入施工变道后二者同样无差异，关键主干道 - 施工便道之间的四级道路及乡村道路其通行受限，造成部分桥梁和路无法通过，需要大幅增加整修道路及桥梁费用，具体增加的费用需要根据道路实际情况进行测算。

其中 13.75m 车比原 13m 车仅增加 0.75m，从道路整修角度来看，与常规 13m 车差异不大，几乎不需要额外再增加道路整修费用，但由于采用平板车，在山区急转弯较多地区运输钢管无论是从运力还是钢管加固方案均面临挑战，运输安全隐患大。

因此，加长管不宜应用山区、水网地区，其中山区不仅仅设计到道路措施费用的增加，由于需要采用平板车运输，在山区急转弯较多，公路运输除了部分地段转弯半径不够外，还存在限速以及加固装置损坏造成的安全隐患，因此应用段落宜选择在戈壁、荒漠且长距离并行等级公路，具备不需大幅增加道路、桥梁费用的前提下钢管从等级道路直接进入施工作业带的地段。

5.3.3 现场吊装

由于加长管总重量增加，影响现场吊状设备的选

用，以下就 813 管径的吊装方案和成本进行影响分析，选取 11.5m 与 18m 管长的典型吊装方案进行对比，如表 4 所示。

表 4 标准管长与加长管单管总量对比

序号	管型	11.5m 管 长单重 (t)	18m 管长 单重 (t)
1	D813×14.3 L485 螺旋缝埋弧焊钢管	3.4	5.1
2	D813×17.5 L485M 直缝埋弧焊钢管	3.9	6.2
3	D813×22.2 L485M 直缝埋弧焊钢管	5.0	7.8

针对以上两管型，结合现场地区吊装施工经验，拟定典型吊装方案如下：当不采用加长管时，最大单管重量为 5t，采用 16t 吊车即可满足吊装，当采用 18m 加长管时，最大单管重 7.8t，最小单管重 5.1t，全部采用 25t 吊车进行吊装。可见，选用加长管将直接影响吊装设备选用，但 25t 吊车为常见设备，设备型号不会制约加长管吊装。经调研，16t 吊车每台班单价约为 1000 元，25t 吊车每台班单价约为 1200 元，可见加长管吊装成本增幅不大。

5.4 施工能力影响分析

在钢管施工作业带内的倒运环节中，需要采用炮车倒运至具体位置。焊接方面，需要对内对口器的加长杆稍作加长以适用 18m 管长，其他无影响。因此，从施工装备角度来看，18m 管应用基本不会造成施工装备升级带来的成本增加，但由于管长增加会在施工前期造成一定的工效下降。

6 结论

通过上述分析，油气长输管道如果要保持安全运行，必须从源头减少安全隐患，加长管的使用可有效减少环焊缝的数量有利于控制焊接质量，缩短施工工期，同时国内外均有加长管应用案例，应用技术成熟，但从运输能力来说，加长管不宜用于山区，水网地区，应优先选择戈壁、荒漠且长距离并行等级公路地段，具备不需大幅增加道路、桥梁费用的前提下钢管从等级道路直接进入施工作业带的地段。

作者简介：

施然（1985-），汉族，工程师，本科，主要从事工作：长输管道设计管理工作。