

长输管道用管线钢环焊缝质量控制
技术指南

2025 - 06 - 23 发布

2025 - 09 - 22 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 人员 2

5 材料 2

6 焊接控制 3

7 质量检查 6

8 焊缝返修 7

9 技术文件档案 7

附录 A（资料性） 焊接方法和焊接材料选用 8

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由河南省市场监督管理局提出。

本文件由河南省承压类特种设备标准化技术委员会（HN/TC 13）归口。

本文件起草单位：河南万佳建设工程有限公司、河南省锅炉压力容器检验技术科学研究院、中国石油管道焊接培训中心、广州城市理工学院、南阳华润燃气有限公司、河南省管网金鹏能源有限公司。

本文件主要起草人：朱红星、郭勇、秦峰、朱丽华、贺阳阳、郭建、周少磊、李龙、马帅锋、刘光云、潘桂叶、郝跃峰、崔晓岚、张亚楠、白景雨、王长云、张高强、岳秋兵、柯莹、郝顶山。

长输管道用管线钢环焊缝质量控制技术指南

1 范围

本文件提供了长输管道用管线钢环焊缝质量控制的基本技术指导。

本文件适用于产品规范水平为PSL2的L245、L290、L320、L360、L390、L415、L450管线钢焊条电弧焊、钨极氩弧焊、自保护药芯焊丝半自动焊，以及上述焊接方法相互组合的线路焊接质量控制。

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/T 9711 石油天然气工业 管线输送系统用钢管
- GB/T 31032 钢质管道焊接及验收
- GB/T 34275 压力管道规范 长输管道
- SY/T 4109 石油天然气钢质管道无损检测
- TSG Z6002 特种设备焊接操作人员考核细则
- TSG Z8001 特种设备无损检测人员考核规则
- TSG D7002 压力管道元件型式试验规则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

长输管道

在产地、储库和用户站场间的用于输送油气商品介质的管道。

3.2

管线钢

石油天然气工业管线输送系统用无缝钢管和焊接钢管。

3.3

环焊缝

沿管道周向分布的头尾相接的封闭焊缝。

3.4

根焊

多层焊时，在钢管与钢管、钢管与管件或管件与管件之间接头坡口内焊接的第一层焊道。

3.5

热焊

根焊完成后立即快速进行的第二层焊道。

3.6

填充焊

根焊或热焊完成后，盖面焊之前的焊道。

3.7

盖面焊

最外面一层的成型焊道。

3.8

连头

将两个相邻固定管道连接在一起的最后1道或2道焊口的焊接作业。

3.9

正接

焊件接电源正极，电极接电源负极的接线法。

3.10

反接

焊件接电源负极，电极接电源正极的接线法。

3.11

返修

对外观检查或无损检测发现的缺陷清除后所进行的返修焊接。

4 人员

4.1 施工单位质量保证工程师应具有长输管道安装技术管理工作的经历，熟悉长输管道施工验收相关法规和技术标准。

4.2 焊工应按 TSG Z6002 的要求取得《特种设备安全管理和作业人员证》，并按 GB/T 31032 的要求通过上岗资格考试。

4.3 焊接质量控制系统责任人员需掌握焊接缺陷和工艺性相关的专业知识，具备环焊缝外观检查、射线检测底片和相控阵检测图谱的评判能力。

4.4 无损检测人员应按 TSG Z8001 的要求取得相应的无损检测资格证书，资格证书上的无损检测方法、项目以及级别应满足施工现场检测工作需要，资格证书在有效期内。

5 材料

5.1 管材

5.1.1 线路管道应选用 GB/T 9711 中的 PSL2 钢管。当选用按照国外产品标准制造的钢管时，设计应确认所选产品标准的材料、设计、制造、检验和质量符合 GB/T 34275 的要求，并经建设单位审核和批准。

5.1.2 管材直接从生产厂家购买，产品质量证明文件应为原件；从供货单位购买，产品质量证明文件应为原件或加盖有经营单位公章和经办负责人章的复印件。

5.1.3 管材按 TSG D7002 的要求进行型式试验，应有型式试验报告（证书）；埋弧焊钢管还应有制造监督检验证书。

5.1.4 钢管表面不应有裂纹、结疤、拆叠以及其他深度超过公称壁厚偏差的缺陷。钢管如有凿痕、槽痕、凹坑、变形或压扁等缺陷应按 GB/T 34275 规定的方法修复或消除。

5.2 焊接材料

5.2.1 钢管焊接时，焊接方法和焊接材料需根据设计文件选用，焊接方法和焊接材料宜符合附录 A 的规定。

- 5.2.2 输气管道和设计压力大于或等于 4.0 MPa 的输油管道的现场焊接，除根焊外应使用低氢型焊接材料。
- 5.2.3 连头、返修情况下，焊接接头承受的拘束力较大，宜采用低氢型、高韧性的焊接材料。
- 5.2.4 焊接材料应有质量证明文件和相应标志，使用前应检查焊接材料的批号、型号、牌号、规格、化学成分以及熔敷金属的力学性能等是否符合相应焊接材料制造标准 and 设计文件的要求。
- 5.2.5 使用前应对不同批号的焊接材料按 GB/T 34275 的要求进行复检，复检有效期为 2 年，超过 2 年未使用的焊接材料，使用前应再次复检。复检内容包括熔敷金属屈服强度和抗拉强度、延伸率、夏比冲击韧性、化学成分等，低氢型焊条、药芯焊丝等还应增加熔敷金属扩散氢含量检验。
- 5.2.6 施工单位应建立焊接材料的保管、烘干、发放、使用和回收管理制度，遵循下列规定：
- a) 焊接材料的储存和烘干应按生产厂家产品说明书的要求执行，一般室内温度不低于 5℃，相对湿度不大于 60%。在保管和搬运时，应避免损害填充金属及其包装，包装开启后，焊条应无破损、油污、锈蚀，焊丝应无锈蚀和折弯，药皮焊条应避免受潮；
 - b) 焊接材料的保管和发放应有专人负责，并填写焊接材料的发放记录。焊接班组每天应按用量领取焊材。凡有损坏等不合格的焊接材料不应用于焊接。焊接未使用完的焊条头和焊丝段不应随意丢弃，应有专人负责回收，集中处理，并填写回收记录；
 - c) 对于有烘干要求的焊接材料，应按产品说明书要求进行烘干，在使用过程中应确保存放在保温桶内，随用随取。保温桶应密封良好，当在低温环境下施工时，保温桶应具有电加热功能。施工现场当天未使用完的焊接材料应回收存放，重新烘干后首先使用，重新烘干的次数不得超过两次。

6 焊接控制

6.1 组对

- 6.1.1 管道组对时，核对工程所用管材和焊接材料的质量证明文件，对其质量有疑问时应进行复验。
- 6.1.2 所有管端坡口应符合焊接工艺规程的要求。出厂的管端坡口不满足要求时，应根据焊接工艺采用机械方式进行加工。
- 6.1.3 不等壁厚对焊管端宜采用加过渡管或坡口过渡处理措施。壁厚差小于或等于 2 mm 时可直接焊接，大于 2 mm 时，应采用内削边处理，内坡角度宜为 14° ~ 30° 。
- 6.1.4 管口组对若有错边，应均匀分布在整個圆周上，不应采用锤击方法强行进行管口矫正，不应强力组对。
- 6.1.5 管道组对时，优先选用内对口器。不具备使用内对口器条件时可选用外对口器，使用外对口器时，应在根焊完成不少于管周长 50%后方可拆卸，所完成的根焊应分为多段，且应均匀分布。
- 6.1.6 管道组对应符合表 1 的规定。

表1 管道组对规定

检查项目	规定要求
管内清扫	无污物
管口清理（10 mm范围内）和修口	管口完好无损，无铁锈、油污、油漆、毛刺
管端螺旋焊缝或直缝余高打磨	端部10 mm范围内余高打磨掉，并平缓过渡

表1 管道组对规定（续）

检查项目	规定要求
两管口螺旋焊缝或直缝间距	错口间距大于或等于100 mm
错边和错边校正要求	小于等于壁厚的八分之一，且连续50 mm范围内局部最大不应大于3 mm，错边沿周长应均匀分布
钢管短节长度	不应小于管子外径且不应小于0.5 m
钢管对接角度偏差	不应大于3°

6.2 焊接工艺控制

- 6.2.1 管径大于 323.9 mm 的钢管，根焊的焊接宜选用焊条电弧焊、钨极氩弧焊等焊接方法，填充焊和盖面焊的焊接宜选用焊条电弧焊、自保护药芯焊丝半自动焊等焊接方法。管径小于或等于 323.9 mm 的钢管，根焊、填充焊和盖面焊的焊接宜选用钨极氩弧焊、焊条电弧焊及两者组合的焊接方法等。
- 6.2.2 焊接施工前，应制定预焊接工艺规程，进行焊接工艺评定。对于 L415 及以上强度级别的直管-直管、直管-热煨弯管宜单独开展焊接工艺评定。直管-热煨弯管焊接接头两侧的热影响区宜分别进行夏比 V 型缺口冲击韧性试验和断裂韧性试验。对于 L415 以下强度级别的直管-热煨弯管，且热煨弯管没有进行整管热处理时，可不单独进行焊接工艺评定，直管-直管的焊接工艺可覆盖直管-热煨弯管。
- 6.2.3 施焊时应在引弧板或坡口引弧，不得在非焊接部位引弧。
- 6.2.4 根焊完成后，应立即进行热焊，间隔时间符合焊接工艺规程的规定。
- 6.2.5 焊口宜当日焊完，当日不能完成的应至少完成管道壁厚的 50%且不少于 3 层焊道。未完成的焊口应采用干燥、防水、隔热的材料覆盖好。次日焊接前，应预热至要求的最低预热温度。
- 6.2.6 纤维素焊条电弧焊工艺应符合下列规定：
- a) 施焊环境温度不低于-20℃，并符合预热温度和道间温度的要求；
 - b) 钢管屈服强度小于或等于 360 MPa，且设计小于 4.0 MPa 的输油管道环焊缝的焊接；
 - c) 钢管屈服强度小于或等于 450 MPa 的输油管道、输气管道的环焊缝根焊层及热焊层的焊接；
 - d) 纤维素型焊条电弧焊焊接工艺参数应符合表 2 和表 3 的规定。

表2 纤维素焊条上向焊工艺参数

焊道	焊条直径（mm）	电流及极性	电流（A）	焊接速度（cm/min）
根焊	3.2	直流正接	55~90	7~12
	4.0		70~120	8~15

表3 纤维素焊条下向焊工艺参数

焊道	焊条直径（mm）	电流及极性	电流（A）	焊接速度（cm/min）
根焊	3.2	直流正接	55~90	7~15
	4.0		70~120	10~20
热焊	3.2	直流反接	80~120	12~20
	4.0		90~130	12~25
填充及盖面	4.0	直流反接	90~130	10~20

6.2.7 低氢型焊条电弧焊工艺应符合下列规定：

- a) 低氢型焊条下向焊焊条适用于填充层和盖面层的焊接，低氢型焊条上向焊焊条适用于根焊层、填充层和盖面层的焊接；
- b) 低氢型焊条电弧焊工艺参数应符合表 4 和表 5 的规定。

表4 低氢型焊条下向焊工艺参数

焊道	焊条直径（mm）	电流及极性	电流（A）	焊接速度（cm/min）
填充	3.2	直流反接	110~140	10~20
	4.0		150~210	12~25
盖面	3.2	直流反接	120~160	8~18
	4.0		150~200	10~20

表5 低氢型焊条上向焊工艺参数

焊道	焊条直径（mm）	电流及极性	电流（A）	焊接速度（cm/min）
根焊	3.2	直流反接	90~120	6~13
填充	3.2	直流反接	90~130	6~13
	4.0		90~160	7~15
盖面	3.2	直流反接	80~130	6~12
	4.0		90~160	7~14

6.2.8 自保护药芯焊丝半自动焊工艺应符合下列规定：

- a) 自保护药芯焊丝半自动焊适用于管道的热焊层、填充层和盖面层的焊接；
- b) 焊丝伸出长度应为 15 mm~30 mm；
- c) 自保护药芯焊丝半自动焊焊接工艺参数应符合表 6 的规定。

表6 自保护药芯焊丝半自动焊工艺参数

焊道	焊丝直径（mm）	电流及极性	电流（A）	电压（V）	送丝速度（in/min）	焊接速度（cm/min）
热焊	2.0	直流正接	160~240	18~21	70~90	15~28
填充	2.0	直流正接	170~250	18~21	70~110	14~28
盖面	2.0	直流正接	170~250	18~21	70~110	12~26

6.2.9 手工钨极氩弧焊应符合下列规定：

- a) 采用铈钨极，直径 2.0 mm~3.2 mm；
- b) 适用的保护性气体通常为 100%氩气；
- c) 氩气流量为 10 L/min~16 L/min；
- d) 钨极端部磨成 30°~40° 锥角；
- e) 钨极氩弧焊背面无法采用充氩保护时，宜采用背面自保护焊丝；
- f) 钨极氩弧焊焊接工艺参数应符合表 7 的规定。

表7 手工钨极氩弧焊工艺参数

焊道	焊丝直径 (mm)	电流及极性	电流 (A)	电压 (V)	气体流量 (L/min)	焊接速度 (cm/min)
根焊	2.0/2.4/2.5	直流正接	80~160	10~16	8~15	5~10
填充	2.0/2.4/2.5	直流正接	100~160	10~16	8~15	5~10
盖面	2.0/2.4/2.5	直流正接	90~160	10~16	8~15	5~10

6.3 施焊环境和设备控制

6.3.1 焊接环境应满足以下要求：

- a) 大气相对湿度不大于 90%；
- b) 低氢型焊条电弧焊，风速不大于 5 m/s；
- c) 自保护药芯焊丝半自动焊，风速不大于 8 m/s；
- d) 纤维素焊条电弧焊，风速不大于 8 m/s；
- e) 钨极氩弧焊，风速不大于 2 m/s；
- f) 环境温度不低于焊接工艺规程中规定的温度。

6.3.2 当焊件表面潮湿或遇雨雪风天气等不满足焊接环境要求时，施焊应采取遮雨、防风保温等保护措施。

6.3.3 焊接所用设备应符合下列规定：

- a) 满足焊接工艺要求，且具有良好的工作状态和安全性；
- b) 配有指示焊接工艺参数的电流表、电压表、气压表和流量表，计量器具需检定或校准，并在有效期内；
- c) 当有数据传输要求时，焊接设备应具备主要焊接工艺参数远程传输的功能。

7 质量检查

7.1 外观检查

7.1.1 焊缝外观成型应均匀一致，焊缝及其热影响区表面上不得有裂纹、未熔合、气孔、夹渣、弧坑等缺陷。

7.1.2 焊缝余高应不低于母材表面，并与母材圆滑过渡。焊缝余高不宜大于 2 mm，局部不大于 3 mm 的连续长度不宜大于 50 mm。当焊缝余高超高时，宜进行打磨，修磨时不应伤及母材。修磨过程中若伤及母材，应测量打磨处母材的厚度，剩余壁厚不小于钢管标准壁厚的 95%。

7.1.3 焊缝表面宽度宜比坡口表面宽 1 mm~ 2 mm。

7.1.4 咬边的最大尺寸应符合表 8 的规定。

表8 咬边的最大尺寸

深度	长度
小于或等于0.4 mm，小于或等于管壁厚的6%，取两者中的较小值	任何长度均合格
大于0.4 mm，小于或等于0.8 mm，大于管壁厚的6%小于或等于12.5%，取两者中的较小值	在焊缝任何300 mm连续长度上不超过50 mm，或焊缝长度的1/6，取两者中的较小值
大于0.8 mm，大于管壁厚的12.5%，取两者中的较小值	任何长度均不合格

7.2 无损检测

7.2.1 所有焊接接头应进行全周长 100%无损检测,焊接接头经形状尺寸和外观目视检查合格,检测时机宜在焊接 24 小时之后,检测方法宜按 SY/T 4109 和设计文件的要求执行。

7.2.2 焊接接头无损检测合格级别应满足设计技术文件和相关技术标准的要求。

7.2.3 施工单位的无损检测项目外委时,由施工单位对受委托单位的资质、人员、检测仪器与设备能力等进行评价,并由无损检测质量控制系统责任人员对其无损检测工艺、无损检测记录(报告)和人员持证情况进行审查确认。

8 焊缝返修

8.1 返修所采用的焊接工艺应经焊接工艺评定合格。返修工艺一般应遵循以下原则:

- a) 非全壁厚焊缝返修时,应使用返修工艺规程中的填充焊和盖面焊焊接方法和焊接材料;
- b) 全壁厚焊缝返修时,根焊焊接方法可采用焊条电弧焊、钨极氩弧焊,焊接方向宜为上向;填充、盖面焊接方法可采用低氢型焊条电弧焊、钨极氩弧焊,不应使用自保护药芯焊丝半自动焊焊接方法。

8.2 焊缝返修的工艺文件应按施工单位质量保证体系规定审批。

8.3 焊缝同一部位缺陷允许返修的次数及处理遵循以下原则:

- a) 焊缝的裂纹缺陷不应返修,应从管线上切除;
- b) 返修不应超过两次,根部只应返修一次;
- c) 连头除裂纹以外的缺陷只应返修一次;
- d) 焊口返修部位不允许出现未熔合、未焊透缺陷;
- e) 焊缝切除时,切除宽度应至少比盖面焊道每侧宽 5 mm。

8.4 每处返修长度宜大于 50 mm,若相邻两处返修缺陷的距离小于 50 mm 时,按 1 处缺陷进行返修。返修焊总长度应不大于 1/3 管周长。

8.5 返修前确认缺陷已被完全打磨清除。返修后的焊接接头应按原无损检测方法重新检测。

9 技术文件档案

9.1 建立技术文件档案管理制度,涉及环焊缝质量过程控制的技术文件,由施工单位归档。

9.2 技术文件主要包括:

- a) 设计单位、压力管道元件制造单位和施工单位许可资质证书复印件(加盖单位公章)、无损检测单位核准资质证书复印件(加盖单位公章);
- b) 现场焊接操作人员资格明细表、无损检测人员资格明细表;
- c) 管材质量证明文件、型式试验报告(证书)、特种设备监督检验证书(压力管道元件制造);
- d) 焊接材料质量证明文件、复检报告;
- e) 焊接工艺评定报告、焊接工艺规程、焊接作业指导书等焊接工艺文件;
- f) 材料验收管理记录、管道组对记录、焊接记录、焊接接头外观质量检查记录、返修记录等;
- g) 无损检测报告;
- h) 压力管道数据表;
- i) 其他见证资料。

9.3 技术文件的保存期限应不少于压力管道使用年限,且宜采用电子扫描版的形式进行信息化存储。

附 录 A
(资料性)
焊接方法和焊接材料选用

焊接方法和焊接材料选用见表A. 1。

表 A. 1 焊接方法和焊接材料选用

钢号	焊接方法	根焊		填充/盖面	
		执行标准	焊材选用	执行标准	焊材选用
L245 L290	焊条电弧焊	GB/T 5117—2012	E4310、 E4910、 E5016-XX	GB/T 5117—2012	E4303、E4310、 E4315、E5015、 E5018
	钨极氩弧焊	GB/T 39280—2020	W49A36、 W49AYU10	GB/T 39280—2020	W49A36、 W49AYU10
	自保护药芯焊 丝半自动焊	—	—	GB/T 10045—2018	T493T8-1NA-N2、 T493T8-1NA-N1
L320 L360	焊条电弧焊	GB/T 5117—2012	E4310、 E5016-XX	GB/T 5117—2012	E5010、E5015、 E5018、E5515、 E5545
	钨极氩弧焊	GB/T 39280—2020	W49A36、 W49AYU10	GB/T 39280—2020	W49A36、 W49AYU10
	自保护药芯焊 丝半自动焊	—	—	GB/T 10045—2018	T493T8-1NA-N2、 T493T8-1NA-N1
L390 L415	焊条电弧焊	GB/T 5117—2012	E4310、 E5016-XX	GB/T 5117—2012	E5010、E5015、 E5018、E5510、 E5515、E5545
	钨极氩弧焊	GB/T 39280—2020	W49A36、 W49AYU10	GB/T 39280—2020	W49A36、 W49AYU10
	自保护药芯焊 丝半自动焊	—	—	GB/T 10045—2018	T493T8-1NA-N2、 T493T8-1NA-N1
L450	焊条电弧焊	GB/T 5117—2012	E4310、 E5016-XX	GB/T 5117—2012	E5015、E5018、 E5518、E5515、 E5545
	钨极氩弧焊	GB/T 39280—2020	W49A36、 W49AYU10	—	—
	自保护药芯焊 丝半自动焊	—	—	GB/T 10045—2018	T493T8-1NA-N2、 T493T8-1NA-N1、 T553T8-1NA-N2、 T553T8-1NA-N3