

团 体 标 准

T/XXX XXX—XXXX

水煤浆水冷壁气化炉

Coal water slurry gasifier

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国联合国采购促进会 发 布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 材料要求	1
4 加工要求	4
5 技术要求	7
6 试验方法	10
7 检验规则	11
8 出厂资料	12

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。

本文件由山西阳煤化工机械（集团）有限公司提出。

本文件由中国联合国采购促进会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

水煤浆水冷壁气化炉

1 范围

本文件规定了水煤浆水冷壁气化炉的材料要求、加工要求、技术要求、试验方法、检验规则、出厂资料。

本文件适用于水煤浆水冷壁气化炉产品的制造与交验。

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 150 压力容器
GB/T 222 钢的成品化学成分允许偏差
GB/T 713 承压设备用钢板和钢带
GB/T 4334 金属和合金的腐蚀不锈钢晶间腐蚀试验方法
GB/T 4338 金属材料 高温拉伸试验方法
GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
GB/T 10180 工业锅炉热工性能试验规程
GB/T 16507 水管锅炉
GB/T 25198 压力容器封头
GB/T 30583 承压设备焊后热处理规程
JB/T 4711 压力容器涂覆与运输包装
NB/T 12002 煤气化炉制造技术条件
NB/T 47013 承压设备无损检测
NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件
NB/T 47016 承压设备产品焊接试件的力学性能
NB/T 47018 承压设备用焊接材料订货技术条件
HG/T 20583 钢制化工容器结构设计规定

3 材料要求

3.1 板材

3.1.1 化学成分

3.1.1.1 气化炉壳体用基层材料 15CrMoR，其钢板的化学成分应符合 GB/T 713 规定，且符合表 1 规定。

表 1 钢板化学成分(Wt%)

序号	化学分析	熔炼分析	产品分析
1	C	0.12~0.18	0.10~0.20
2	Si	0.15~0.40	0.13~0.43
3	Mn	0.40~0.70	0.37~0.73
4	Cr	0.80~1.20	0.75~1.25
5	Mo	0.45~0.60	0.43~0.62
6	P	≤0.010	≤0.012
7	S	≤0.010	≤0.010
8	Ni	≤0.20	≤0.20
9	Cu	≤0.20	≤0.20
10	Sb*	≤0.003	≤0.003
11	As*	≤0.016	≤0.016
12	[H]*	≤2 ppm	≤2 ppm
13	Sn*	≤0.015	≤0.015

3.1.1.2 钢板的化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

3.1.2 回火脆性

3.1.2.1 可采用控制钢板化学成分的措施，避免 Cr-Mo 钢板的回火脆化现象的发生。钢板的回火脆性敏感系数 J 不宜大于 150，计算公式（1）如下：

$$J \text{ 系数} = (\text{Si} + \text{Mn}) \times (\text{P} + \text{Sn}) \times 10^4 \dots\dots\dots (1)$$

注：Si、Mn、P 和 Sn 为重量百分数，式中元素以其百分含量代入。

3.1.2.2 焊缝金属及钢板长度头尾处坡口，热影响区回火脆化敏感系数 X 不宜大于 15 ppm，计算公式（2）如下：

$$X \text{ 系数} = (10\text{P} + 5\text{Sb} + 4\text{Sn} + \text{As}) / 10^2 \dots\dots\dots (2)$$

注：式中元素以其 ppm 含量代入。

3.1.2.3 化学成分分析结果和碳当量计算结果应在材料合格证书中表示（碳当量由制造厂根据其制造和焊接工艺评定最终确定），碳当量的计算公式（3）如下：

$$\text{CE} = \text{C}\% + \text{Mn}\% / 6 + (\text{Ni}\% + \text{Cu}\%) / 15 + (\text{Cr}\% + \text{Mo}\% + \text{V}\%) / 5 \dots\dots\dots (3)$$

3.1.3 力学性能

钢板的力学性能除应符合 GB/T 713 的规定外，还应进行下述补充试验：

- 力学性能试样坯料需经模拟焊后热处理，最大模拟焊后热处理：690±10℃×12 h，最小模拟焊后热处理：690±10℃×4 h。
- 逐张进行常温拉伸试验，常温拉伸强度 450-590 MPa，逐张进行弯曲试验。
- 高温拉伸试验：筒体及封头用钢板应按 GB/T 4338 标准进行高温拉伸试验，高温拉伸试验按温度 300℃进行，T≤60 时，高温屈服强度的最小强度值应不小于 210 MPa；T>60-100 时，高温屈服强度的最小强度值应不小于 196 MPa。
- 钢板应逐张进行夏比 V 形缺口冲击试验，冲击试验应在最小模拟焊后热处理后进行，试验温度为-10℃，冲击功三个试样的平均值 Akv≥34 J，允许其中一个最小值 Akv≥24 J，试样取样为横向。

- e) 钢板应采用电炉冶炼工艺生产的细晶粒钢，晶粒度应符合 GB/T 6394 的规定，且不粗于 6 级。
- f) 钢板应进行冷弯试验， $R=180^\circ$ ，检测次数：每炉一次。

3.1.4 超声波检测

- a) 逐张钢板均应按 NB/T 47013.3 的要求进行超声波检测，验收标准为 II 级。
- b) 钢板的超声波检测要求：钢板表面：沿垂直于钢板主轴线的标称中心距为 75 mm 的平行线连续扫查，扫描线应从钢板中心或某一个顶角开始量起，并在扫查面上离钢板的所有边缘不到 50 mm 处补加一条扫描线。钢板边缘：在离钢板切口边缘宽度为 50 mm 的整个区域内进行 100% 扫查。

3.1.5 材料复验

逐张检查钢板表面质量和材料标志，按炉复验钢板的化学成分，每批两件试样分别进行最大、最小模拟焊后热处理后复验钢板的机械性能。钢板应逐张检验表面质量和材料标记，按炉复验钢板的化学成分，按批复验钢板的机械性能，并对材料的高温性能进行复验。

3.2 锻件

3.2.1 15GrMo 锻件的制造、检验、验收应符合 NB/T 47008 的规定要求，供货状态为：正火+ 回火，其最大模拟焊后热处理后进行室温拉伸试验和高温拉伸试验，最小模拟焊后热处理后进行 -20°C 冲击功试验。逐件进行硬度检测，按批进行晶粒度和非金属夹杂物试验。15GrMo 锻件应按技术要求进行复验。

3.2.2 S31603III、S31668III 锻件的制造（包括各种法兰、法兰盖）应采用电炉或氧气转炉冶炼，并采用炉外精炼工艺，供货状态为固溶，并在固溶状态下应进行硬度试验等。锻件的制造、检验、验收应符合 NB/T 47010 的规定要求。S31603III、S31668III 锻件应按技术要求进行复验。

3.2.3 气化炉洗涤冷却室内件 Incoloy825III 锻件应按技术要求进行复验。

3.3 焊材

3.3.1 分类

气化炉焊接材料包括：

- a) 15CrMoR 板材 A、B 类焊缝自动焊丝、焊剂和手工焊焊条；
- b) 15CrMoR 板材和 15CrMoIII 锻件焊接的自动焊丝、焊剂和手工焊焊条；
- c) 15CrMoR 带极堆焊和手工堆焊的过渡焊和面层的焊带和焊条；
- d) 接管手工堆焊和自动堆焊的焊条和焊丝；
- e) 12Cr1MoV 材料的气保护焊及氩弧焊焊丝、手工焊焊条；
- f) 15CrMoR+00Cr17Ni14Mo2 复合板材料的自动焊丝、焊剂和手工焊焊条。

3.3.2 焊材选用

焊材选用应参考如下要求：

- a) 15CrMoR 之间及 15CrMoR 和 15CrMoIII 之间手工电弧焊选用 R307 焊条，烘干温度： 350°C ，保温时间：1 h；埋弧自动焊选用 H13CrMoA 焊丝+ SJ101 焊剂，焊剂烘干温度： $300\sim 400^\circ\text{C}$ ，保温时间：2 h。
- b) 12Cr1MoV 之间手工电弧焊选用 R317 焊条，烘干温度： 350°C ，保温时间：1 h；气保护焊和氩弧焊选用 H08CrMoVA 焊丝。

- c) 15CrMoR 堆焊 S31603 自动带极堆焊过渡层选用 ER309MoL 焊带, 面层选用 ER316L 焊带, 配合选用烧结焊剂 SJ303; 手工堆焊过渡层选用 A042 焊条, 面层选用 A022 焊条;
- d) 15CrMoR+00Cr17Ni14Mo2 复合板基层手工焊选用 R307 焊条, 自动焊选用 H13CrMoA 焊丝+SJ101 焊剂, 过渡层选用 A042 焊条, 复层选用 A022 焊条。

3.3.3 焊材标准要求

气化炉所选用的焊条、焊丝、焊剂及焊带均应符合NB/T 47018.1相关要求。

3.4 其他要求

气化炉其余板材和锻件、螺栓、螺母等按GB/T 150和图纸及其他相关标准的要求。

4 加工要求

4.1 主要零部件

4.1.1 筒体

4.1.1.1 根据施工图给定的筒体长度, 为了尽量减小焊接接头, 采用定长、定宽双定尺板, 从合格供方单位采购材料(钢板供货厂家应持有 ISO9001 认证证书, 并具有生产同类钢板经验及丰富业绩者)。

4.1.1.2 筒体 A 类焊接接头的坡口均采用机械加工(刨边机刨边加工), 坡口型式根据经评定合格焊接工艺确定。坡口尺寸、角度用专用检验工具检验, 并对坡口进行 100 %MT 检测, 按 NB/T 47013.4 规定中 I 级合格。

4.1.1.3 筒体卷制成形前, 根据板材厚度, 确定筒体是否需预弯。用 C 型油压机(公称力: 15MN)进行板头预弯, 并制作弦长不小于 500 mm 的样板检测, 压头预弯的 R 必须符合样板要求。

4.1.1.4 若筒体需要温卷, 则需按温校圆工艺执行。卷制前, 用卷板机的计算机控制系统计算出每次最佳下压量, 并在卷制过程中用样板检测。保证卷制后的筒体的 A 类焊接接头错边量为 ± 3 mm; 壳体任一横截面上的圆度允差 ± 6 mm; 筒体母线直线度允差任 3000 mm 长为 ± 3 mm, 全长为 ± 6 mm, 各项质量指标符合要求。

4.1.1.5 筒体卷制第一节筒体时, 应按焊接工艺在第一节筒体延长线上焊接产品试板, 并经锅检所监督人员现场见证。产品焊接试板应按技术要求及工艺要求进行高温拉伸、力学性能等复验工作。

4.1.1.6 每节筒体 B 类焊接接头坡口均应采用 $\Phi 5000$ 双柱立车机械加工坡口, 并进行 100 %MT 检测, 按 NB/T 47013.4 规定中 I 级合格。

4.1.2 封头

4.1.2.1 根据封头的展开尺寸下料, 采用定长、定宽双定尺板, 减小封头的焊接接头。坯料割圆后, 应对周边影响封头成形质量的缺陷进行修磨消除。

4.1.2.2 封头的成形采用热冲压成形, 封头焊接试板及母材试板应放置于配料上且进料靠近中间部分, 与封头进行同样的加热工艺。封头在热成形过程中不得破坏供货时的热处理状态, 否则应重新进行热处理。封头成形后, 取齐端面并留有不小于 20 mm 余量。

4.1.2.3 封头成形后,按 GB/T 25198 要求检查封头内表面的形状偏差,其样板与封头内表面件的最大间隙:外凸不得大于 1.25 %Di(封头内径),内凹不得大于 0.625 %Di。内直径公差值-3~+3 mm,圆度公差 $\leq 0.5\%$ Di,且不大于 15 mm。

4.1.3 上、下锥段

4.1.3.1 气化炉锥体制作分为卷制和压制两种形式。

4.1.3.2 气化炉下锥体制作应按排料图进行下料,分瓣压制成形后组焊成形。分瓣压制成形后,每瓣用样板检查间隙 ≤ 2 mm,并加工片板坡口,进行 100 %磁粉检测;组对焊接时利用专用工装进行组对,焊缝错边量 ≤ 2 mm,棱角度 ≤ 3 mm,锥体端面不平度及不圆度 < 8 mm,并增加支撑板防止焊接变形,组焊时应焊前预热、焊后消氢处理,并按相同焊接工艺焊接焊接试板和热处理试板,焊接完毕 24 h 无损检测合格后,一起进行热处理。

4.1.3.3 气化炉上锥体(小口 $\Phi 2800$,长 ≤ 2500 mm,厚度 ≤ 100 mm)使用 WS11K-250/350(冷/热) $\times 3800$ 和 WS11K-100/150(冷/热) $\times 3800$ 卷板机专用辅助工装卷制。卷制过程中,要求分多次下压上辊,以免加工过量,尤其板材厚度较厚的情况,避免形成硬制棱角。卷锥过程中若发现板料扭斜应停止下压,调整后再继续操作。气化炉锥段错边量要求: $b \leq 3$ mm;棱角度要求: $E \leq 3$ mm;大、小口圆度允差为 ± 6 mm。

4.2 焊接要求

4.2.1 试焊工艺评定

施焊前,按 NB/T 47018 进行合格的焊接工艺评定,焊接接头形式及尺寸除图中注明外,按 HG/T 20583 标准中的规定,角焊缝的焊脚高度除注明外按较薄板的厚度,法兰的焊接按相应法兰标准中的规定。设备 A、B 类焊接接头和 C、D 类焊接接头应采用全焊透的焊接工艺,保证焊透。容器的焊缝表面不得有咬边。具体要求如下:

- 焊接工艺评定试样应进行模拟焊后热处理,热处理的温度、保温时间、冷却速度、热处理最长积累时间和最短积累时间由制造厂热处理工艺决定。模拟焊后热处理后的试样机械性能必须得到满足。焊缝金属热影响区和母材的硬度检测: $HB \leq 225$ 。
- 焊接工艺评定试样应进行高温拉伸试验,试验温度为 300 °C,试验数据符合相关标准要求。
- 堆焊层由过渡层和耐蚀层(309 L+316 L)组成,总厚度 ≥ 6 mm,堆焊层铁素体含量应控制在 FN3-8 范围,堆焊焊接工艺评定应进行铁素体含量确定,并在设备竣工资料中提供检测报告。
- 堆焊层焊接工艺评定试板还应进行晶间腐蚀倾向性试验。按 GB/T 4334.5,弯曲试验后,试样表面不得有晶间腐蚀裂纹。
- 过渡层堆焊后表面进行检查,不得有粘渣、氧化物、道间夹渣、道间未熔合、表面气孔、裂纹等缺陷存在。该面层堆焊完毕后应进行 100 %PT 和 100 %UT 检测,分别符合 NB/T 47013.5 和 NB/T 47013.3 中 I 级合格。

4.2.2 焊接试板要求

制作 A 类焊缝的产品焊接试板,Cr-Mo 钢按堆焊筒体不同厚度各做一块产品焊接试板,包括球形封头。要求如下:

- 确保试件材质与所在设备筒体同标准、同牌号、同厚度、同热处理状态;与设备筒体同工艺参数施焊,同样的检测方法,合格后同炉热处理。
- 试样按 NB/T 47016 进行包括拉伸(常温和高温)、弯曲和冲击试验的试样制备和试验。合格指标按相应标准规定。

4.2.3 壳体的焊接要求

4.2.3.1 基本要求

设备A/B类焊接接头的焊接基本要求：

- a) 施焊前，应清除坡口两侧 50 mm 范围内的氧化物、油污、熔渣、灰尘、铁粉及其他有害物质。
- b) 选用焊条电弧焊定位点焊（定位长度 50 mm，间隔 150 mm）；焊接采用双面埋弧自动焊，必须采用引弧板和收弧板。
- c) 焊接接头外表面均不允许存在咬边；焊缝余高按 GB/T 150.4 的规定，最高为 3 mm，以减少应力集中。
- d) 不允许用钢印在规定部位作焊工的识别标记。

4.2.3.2 焊接返修要求

- a) 对需要焊接返修的缺陷，先用超声波检测找出缺陷所在深度，再用碳弧气刨清除缺陷部位，缺陷部位两端应圆滑过渡，并用砂轮机打磨光滑，使之露出金属光泽；刨槽表面进行 100 %MT 检测，I 级合格。返修完毕后，立即进行消氢处理，完成后进行修磨，使其与原焊缝基本一致，应圆滑过渡。至少 24 h 以后，对返修部位进行 100 %RT 检测，符合 NB/T 47013.2II 级合格；附加 100 %UT 检测，I 级合格；表面进行 100% MT 检测，I 级合格。
- b) Cr-Mo 钢经火焰切割表面以及缺陷修磨或补焊表面，卡具和拉筋拆除处的焊痕表面应打磨平滑且形状规则，表面应进行 100 %MT 检测，符合 NB/T 47013.4 中 I 级合格。
- c) 焊缝表面不允许咬边，炉壁内表面焊缝打磨与母材平齐。

4.3 热处理要求

4.3.1 焊接接头焊后消氢处理要求

Cr-Mo 消氢处理加热温度一般为 350~400 °C，保温 2~6 h，应在焊后立即进行，后热温度太低，消氢效果不好，温度过高若超出马氏体转变终了温度则容易在焊接接头中保留残存的马氏体组织。

4.3.2 气化炉各部件过渡层堆焊后的热处理要求

4.3.2.1 热处理时机

上球形封头组件、燃烧室壳体组件、激冷室壳体、烧嘴连接法兰、凸缘法兰、接管法兰、法兰盖过渡层堆焊完成并检测合格后分别做零部件中间消除应力热处理。

4.3.2.2 热处理厚度

热处理厚度 δ_{PWHT} 选取规则如下：

- a) 筒体封头组件整体堆焊时，按筒体、封头基层厚度加过渡层厚度；
- b) 法兰盖堆焊时，按法兰盖基层厚度加过渡层厚度；
- c) 接管法兰堆焊时，按锻管基层壁厚加过渡层厚度；
- d) 凸缘法兰、烧嘴连接法兰堆焊时，按法兰基层厚度加过渡层厚度。

4.3.2.3 保温温度及时间

热处理保温时间为 670 ± 20 °C，当 $\delta_{PWHT} \leq 125$ mm 时保温时间为 $\delta_{PWHT}/25$ h，但最短时间不低于 1/4 h；当 $\delta_{PWHT} \geq 125$ mm 时保温时间为 $(5 + \frac{\delta_{PWHT} - 125}{100})$ h。

4.3.2.4 升降温速度

容器进炉时，炉内温度不得高于400℃；升温至400℃后，加热区升温速度不得超过5500/δPWHT℃/h，且不得超过220℃/h，最小可为55℃/h；升温及保温时，应控制加热区气氛，防止焊件表面过度氧化；炉温高于400℃时，加热区降温速度不得超过7000/δPWHT℃/h，且不得超过280℃/h，最小可为55℃/h；焊件出炉时，炉温不得高于400℃，出炉后应在静止的空气中继续冷却。

4.3.2.5 其他要求

按相应的热处理设备配置，热电偶前后左右中均布。

4.3.3 设备焊接完成后分段热处理要求

4.3.3.1 上椎体组件以上部分、上椎体组件、上椎体组件以下部分，所有碳钢接管以及与壳体连接件组焊完毕后（其中不锈钢接管管孔坡口表面过渡层堆焊完毕后），进行分段热处理。

4.3.3.2 热处理厚度δPWHT 选取：按较厚筒体基层厚度加堆焊层厚度。

4.3.3.3 保温温度、保温时间、升降温速度及要求按本文件 4.3.2 规定。

4.3.3.4 保温期间，加热区内最高与最低温度之差≤65℃；按相应的热处理设备配置，热电偶前后左右中均布。

4.3.4 分段热处理完成后两道合拢缝局部热处理要求

4.3.4.1 分段热处理完成后对最后两道合拢缝（与上椎体组件上下相连）基层、过渡层焊接完成并检测合格后进行局部消除应力热处理。

4.3.4.2 热处理厚度δPWHT 选取：较薄一侧母材基层厚度加过渡层厚度。

4.3.4.3 保温温度、保温时间、升降温速度及要求按本文件 4.3.2 规定。

4.3.4.4 不允许采用局部烘烤的办法，而应包括整条 B 类焊接接头，且有效加热范围符合 GB/T 30583 的要求，具体如下：

- a) 加热带宽度为 600 mm；焊缝两侧各缠绕一道宽度为 300 mm 的履带，衔接处在焊缝中心线；
- b) 绝热带宽度为 1200 mm；焊缝中心线两侧各缠绕一道宽度为 600 mm 的保温棉；
- c) 有效加热范围应确保不产生有害变形，同时，靠近加热区部位采取保温措施，使温度梯度不致影响材料的组织和性能。

5 技术要求

5.1 尺寸及允许偏差

5.1.1 直线度检查，应通过中心线的水平和垂直面，即沿圆周 0°、90°、180°、270°四个部位测量。对于一个基准面，任意 3000 mm 长圆筒段直线度允差为±3 mm，全长直线度允差为±6 mm。在制造和安装后，气化炉全长范围内设备中心线垂直度公差不大于 12 mm。

5.1.2 校圆、测量壳体的纵环向焊接接头的棱角 E 值，用长度不小于 300 mm 的检查尺检查，其 E 值不得大于 3 mm。壳体的纵环向焊接接头的对口错边量要求：A 类焊接接头错边量≤3 mm，B 类焊接接头错边量≤6 mm，堆焊层的错边量不大于 2 mm。

5.1.3 壳体的圆度允差为±6 mm。

5.1.4 气化炉炉顶部的烧嘴安装法兰中心线与壳体中心线之间的同轴度允差不大于±3 mm，任意方向上相对于气化炉中心线的偏离角度均不超过±0.25°，与其激冷环的同轴度偏差为±3 mm，激冷环与下降管的同轴度允差为±2 mm，垂直度允差为±3 mm。

5.1.5 气化炉内封板表面与炉体中心线的垂直度允差为±3 mm。

5.1.6 任一直径上测量的耳座水平度偏差不大于±3 mm。

5.1.7 液位计上下法兰间的尺寸允许偏差应达到以下要求：

- a) 两接管距离允差为±1.5 mm；
- b) 通过两接管中心的垂直线间距不大于 1.5 mm；
- c) 通过两接管法兰中心的垂直线间距不大于 1.5 mm；
- d) 法兰面的垂直度公差不得大于 0.5/100 mm。

5.2 外观要求

5.2.1 气化炉的外观应完好无损，不应有变形、裂纹、锈蚀等情况。

5.2.2 气化炉的外观不应有锈迹、油污等污染物，表面应光滑、整洁。

5.2.3 气化炉的结构不应有飞边、毛刺、锐角等缺陷。

5.2.4 气化炉的各部位结构应设计合理，外形美观。

5.3 性能要求

5.3.1 热效率

气化炉应进行热效率 $\eta_{\text{热}}$ 测定， $\eta_{\text{热}}$ 不应小于 95%，计算公式（4）如下：

$$\eta_{\text{热}} = [(Q_{\text{煤气}} + Q_{\text{副产品}} + Q_{\text{回收}}) / Q_{\text{原料煤}} + Q_{\text{气化剂}}] \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中： $Q_{\text{煤气}}$ ——每千克原料煤所产煤气中含有的热量，MJ

$Q_{\text{副产品}}$ ——每千克原料煤所得副产品中含有的热量，MJ

$Q_{\text{回收}}$ ——每千克原料煤所回收利用的余热，MJ

$Q_{\text{原料煤}}$ ——每千克原料煤所含热量，MJ

$Q_{\text{气化剂}}$ ——每千克原料煤所消耗的气化剂含有的热量，MJ

5.3.2 气化效率

气化炉应进行气化效率（冷煤气效率） $\eta_{\text{煤气}}$ 测定， $\eta_{\text{煤气}}$ 不应小于 70%，计算公式（5）如下：

$$\eta_{\text{煤气}} = (Q_{\text{net}} \bullet q / Q_{\text{net,ar}}) \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中： Q_{net} ——产品煤气的低位热值，MJ/m³

q ——原料煤的产气率，m³/kg

$Q_{\text{net,ar}}$ ——原料煤的低位发热量，MJ/kg

5.3.3 无损检测

气化炉的无损检测应符合NB/T 12002.1要求，并按表2规定进行。

表 2 设备无损检测要求

检验种类		检验区域	检验及验收标准
1	DT 和 VT	1-a A、B 类和 D 类接头装配尺寸； 1-b 壳体焊接接头表面。	图样、本技术条件及相关标准
2	RT (PWHT 之前)	2-a A、B 类焊接接头 100%进行； 2-b 在基体金属上的返修焊接接头（若有）。	NB/T 47013.2, II 级合格，技术等级不低于 AB 级
3	UT(ISR 之后)	3-a 封头热成型和正火+回火后（若有）100%进行； 3-b 接管开口边缘四周至 100 mm 范围内进行 100 %； 3-c 筒体及封头上的 A、B 类焊接接头及厚度大于 16 mm 的接管与接管与法兰的对接接头 100%进行； 3-d 基体金属上的返修焊接接头（若有）； 3-e D 类焊接接头 100%进行； 3-f 堆焊层 100%进行。	NB/T 47013.3, I 级合格
4	UT(PWHT 之后)	4-a 筒体及封头上的 A、B 类焊接接头及厚度大于 16 mm 的接管与接管与法兰的对接接头 100 %进行； 4-b 返修焊接接头（若有）； 4-c D 类焊接接头 100 %进行； 4-d 堆焊层 100 %进行。	NB/T 47013.3, I 级合格
5	UT(水压试验之后)	5-a 筒体及封头上的 A、B 类焊接接头及厚度大于 16 mm 的接管与接管与法兰的对接接头 100 %进行； 5-b 返修焊接接头（若有）； 5-c D 类焊接接头 100 %进行。	NB/T 47013.3, I 级合格
6	铬钼钢 MT (ISR 之前或之后)	6-a A、B、D 类接头全部坡口； 6-b A、B、D 类接头清根表面（包括补焊前的表面）； 6-c A、B、D 类接头内外表面包括补焊部位； 6-d 非受压部件与受压部件间的全部连接焊接接头； 6-e 壳体与支座中铬钼钢的全部焊接接头表面； 6-f 临时连接接头及连接物去除之处； 6-g 所有被电弧击伤的部位（若有）； 6-h 所有待对焊表面及封头冲压成型内外表面。	NB/T 47013.4, I 级合格
7	铬钼钢 MT (PWHT 之后)	7-a A、B 类和 D 类接头全部内外表面（有堆焊层部位仅为外表面），包括补焊部位； 7-b 非受压部件与受压部件间的全部连接焊接接头； 7-c 壳体与支座中铬钼钢的全部焊接接头表面； 6-d 临时连接接头及连接物去除之处。	NB/T 47013.4, I 级合格

8	铬钼钢MT (水压试验之后)	8-a A、B类和D类接头全部内外表面（有堆焊层部位仅为外表面），包括补焊部位； 8-b 非受压部件与受压部件间的全部连接焊接接头； 8-c 壳体与支座中铬钼钢的全部焊接接头表面； 8-d 临时连接接头及连接物去除之处。	NB/T 47013.4, I 级合格
9	不锈钢PT	9-a A、B、D类焊接接头内表面（覆层）； 9-b 温度计套管的所有焊接接头； 9-c 堆焊层表面和内件与堆焊层的焊接接头。	NB/T 47013.5, I 级合格
10	焊缝金属热影响区和母材的硬度试验（PWHT之后）	10-a 筒体及封头每条A类焊缝和筒体、封头与筒体之间的每条环焊缝各做1组； 10-b 每个接管与筒体（或封头）的连接焊缝做1组； 10-c 每个接管的每条B类焊缝做1组。	HB≤225

注：1.焊接接头分类按 GB150.1中图1的规定。

2.一组硬度值包括焊缝金属，热影响区和母材部位的硬度。

3.术语缩写：

NT—正火+回火热处理

DHT—消氢处理

ISR—中间消除应力热处理

PWHT—焊后热处理

Max.PWHT—可能达到的最大程度的焊后热处理 Min.PWHT—可能达到的最小程度的焊后热处理

5.3.4 耐压试验

气化炉整体热处理完成，并经无损检测合格后应进行耐压试验，耐压试验应符合NB/T 12002.1要求。水压试验后，容器无渗漏、无可见变形、试验过程中无异常的响声，则视为试验合格。

5.3.5 气密性

气化炉应进行气密性试验，经检查无泄露且保压不少于30分钟即为合格；如有泄露，修补后重新进行气密性试验。

6 试验方法

6.1 尺寸及允许偏差

气化炉的尺寸偏差应采用符合精度要求的量具进行测量。

6.2 外观检查

气化炉的外观采用目视法进行检验。

6.3 性能试验

6.3.1 热效率试验

气化炉的热效率试验要求及实施方法应符合GB/T 10180。

6.3.2 气化效率试验

气化炉的气化效率试验要求及实施方法应符合GB/T 10180。

6.3.3 无损检测

气化炉的无损检测参照表2，按照NB/T 47013的要求进行无损检测。

6.3.4 耐压试验

6.3.4.1 试验要求

耐压试验的实施、试验压力、温度等基本要求如下：

- a) 试压现场应加设围栏和警示牌，安全部门应派专人监督，试验过程中，无关人员不得在试验现场停留。
- b) 利用微机室压力表记录设备试验压力数据。试验用压力表均应经检定合格且在有效期内,压力表精度等级不得低于 1.6 级,压力表的量程应为 2 倍的试验压力,表盘直径不得小于 100 mm。
- c) 试压前试验主体及附件的组装、焊接、检测、热处理工作必须全部结束，吊、卡具全部清除，并打磨焊疤且无损检测合格。
- d) 试验之前应将设备内部的脏物、碎片、焊渣等清扫干净。
- e) 所有接管法兰、接管孔须用相应工程压力等级的试压盲板盖封闭。
- f) 试验用水温应不低于 15℃，水压试验结束后，应立即消除工件内部所有积水，保持干燥。
- g) 试压时，升、降压步骤应满足 GB/T 16507.6 标准的相关规定。
- h) 试验过程中，不得采用连续加压以维持压力不变，不得对元件进行任何修理，严禁敲击容器壁或紧固螺栓，如果发现异常响声、异常变形、压力下降、油漆脱落、加压装置发生故障等不正常现象时，应立即停止试验，查明原因，排除故障后，重新试验。
- i) 水冷壁水压试验合格后，应将水渍清理吹扫干净，保持内部干燥。
- j) 水压试验压力按设计图样规定。

6.3.4.2 试验步骤

液压试验程序和步骤规定如下：

- a) 试验压力容器内的气体应当排净并充满液体，试验过程中，应保持压力容器观察表面的干燥；
- b) 当试验压力容器器壁金属温度与液体温度接近时，方可缓慢升压至设计压力，确认无泄漏后继续升压至规定的试验压力，保压足够时间(一般不少于 30 min)；然后降至设计压力，保压足够时间进行检查，检查期间压力应保持不变。

6.3.5 气密性试验

6.3.5.1 试验用气体的温度应不低于 5℃。

6.3.5.2 试验所用气体应为干燥洁净的空气、氮气或其他惰性气体。

6.3.5.3 试验时压力应缓慢上升至试验压力，对所有焊接接头和连接部位进行泄漏检查。

6.3.5.4 经检查无泄露，保压不少于 30 分钟即为合格；如有泄露，修补后重新进行气密性试验。

6.3.5.5 气密性试验压力按设计图样规定。

7 检验规则

7.1 检验项目

- 7.1.1 板材、锻件回厂后的材料复验及尺寸检验。焊接试板及热处理试板按工艺要求执行。
- 7.1.2 各零部件的下料、加工严格按图纸要求执行，并检验合格方可流转。
- 7.1.3 壳体、锥体圆度检验控制；各部件组对错边量、棱角度、垂直度、直线度的检验控制；各组件装配尺寸检验控制；气化炉壳体整体装配同轴度、直线度、垂直度检验控制。（气化炉整体装配同轴度、垂直度检验需工艺人员现场确认）。
- 7.1.4 各部件焊接、堆焊质量控制；焊前预热、焊后消氢控制；焊接接头、堆焊缺陷返修控制；焊缝修磨、工装点焊、内表面飞溅修磨控制。
- 7.1.5 开孔、内部施工内表面及法兰面防护控制。
- 7.1.6 热处理工艺控制。
- 7.1.7 各组件装配顺序及组件二次加工控制，应严格按工艺要求执行。特别是凹凸密封环的二次加工尺寸及激冷环的加工需工艺人员现场复验确认。
- 7.1.8 试压。试压前安装紧固件时要注意紧固扭矩不要超差，试压过程中要保证试压用水中氯离子含量不大于 25 mg/L，试压结束后要保证及时清理壳体内积水。
- 7.1.9 内壁处理及气凝胶铺设。内壁的酸洗钝化，通过蓝点法测量酸洗钝化效果，严格检验酸洗质量。气凝胶铺设重点是定位螺栓的分布及固定、气凝胶铺设均匀、定位螺栓伸出长度的控制。
- 7.1.10 气化炉内件（雾化水管组件）装配及水压试验控制。
- 7.1.11 水冷壁焊接、同轴度控制；水冷壁试装测温控管装配位置及与气化炉装配尺寸控制。
- 7.1.12 水冷壁焊接销钉及碳化硅铺设检验验收控制。
- 7.1.13 设备外表面防腐涂漆及外观质量控制。
- 7.1.14 气化炉出厂检验、运输及发货清单装箱控制，确保无漏件漏焊现象。
- 7.1.15 按 JB/T 4711 对设备的外表面的油漆质量进行检验验收。

7.2 判定规则

检验项目中任意一项不合格的，不能交付使用。其余要求结合供需双方签署的技术协议进行验收。

8 出厂资料

- 8.1 气化炉资料可按照设计阶段、制造阶段及施工阶段分步提交。
- 8.2 设备标识牌应与主体设备一同出厂，标识牌应坚固可靠、字迹清晰，标识牌的内容至少包括：
- a) 产品名称、型号；
 - b) 产品主要参数；
 - c) 产品编号和制造日期；
 - d) 产品制造厂家。
- 8.3 气化炉检验合格出厂时，制造单位应向使用单位提供产品质量证明文件和产品使用说明书。

8.4 产品质量证明文件至少包括：

- a) 产品合格证；
- b) 产品构件清单；
- c) 材质鉴定证明；
- d) 成品外购零件质量合格证书；
- e) 强度试验及泄漏性试验报告；
- f) 设备设计说明书。

8.5 产品使用说明书至少包括：

- a) 产品名称、型号；
- b) 主要用途和使用范围；
- c) 工作原理；
- d) 使用和操作规程；
- e) 维护保养、周期与方法；
- f) 常见故障分析与排除方法。