

团 体 标 准

T/CPARK 59—2024

通用桥式和门式起重机焊接工艺评定

2024-12-19 发布

2024-12-19 实施

长垣市起重装备制造行业协会
中 国 标 准 出 版 社

发 布
出 版

目次

前言 Ⅲ

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 通则 3

5 焊接工艺评定覆盖规则 3

 5.1 钢材的分组及覆盖规则 3

 5.2 钢材厚度覆盖规则 4

 5.3 焊接方法覆盖规则 5

 5.4 焊接位置覆盖规则 5

 5.5 坡口焊缝覆盖规则 6

 5.6 重做评定规则 6

6 焊缝检测及接头性能试验 8

 6.1 焊缝检测项目及要求的 8

 6.2 焊缝接头性能试验项目及要求的 8

 6.3 复验及验收要求的 11

7 免于焊接工艺评定的 11

8 焊接工艺评定文件管理的 11

附录A(规范性) 符号、代号和缩略语的 13

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。

本文件由长垣市起重装备制造行业协会提出。

本文件由长垣市起重装备制造行业协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：河南卫华重型机械股份有限公司、长垣市市场监督管理局、河南省特种设备检验技术研究院、纽科伦（新乡）起重机有限公司、河南蒲瑞精密机械有限公司、江苏卫华海洋重工股份有限公司、河南省大方重型机器有限公司。

本文件主要起草人：李国强、吴国耀、吴庆富、王安强、张杰义、余宗宇、李新凯、李静宇、李钢强、林田辉、王雪阳、杨太程、韩艳红、孙宇航、付晓辰、曹开心、吴庆宁、彭珊、陈琴、刘宗元、孙帆、王小宾、陈艳东、岳喜坡、杨会力、焦静、赵梅春、郝晓港、路跃伟、张博达、陈康康、马振北、何志坤、何艳伟、杨海杰、杨文明。

通用桥式和门式起重机焊接工艺评定

1 范围

本文件规定了通用桥式和门式起重机钢结构在焊接制作过程中进行焊接工艺评定覆盖及重做评定规则、焊缝检测及接头性能试验、免于评定及评定文件管理等要求。

本文件适用于通用桥式和门式起重机钢结构中厚度在3 mm~200 mm范围内的板材连接的结构件,采用焊条电弧焊、熔化极气体保护焊和埋弧焊时的焊接工艺评定。

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 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 2650 金属材料焊缝破坏性试验 冲击试验
- GB/T 2651 金属材料焊缝破坏性试验 横向拉伸试验
- GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法
- GB/T 2654 焊接接头硬度试验方法
- GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带
- GB/T 3323(所有部分) 焊缝无损检测 射线检测
- GB/T 3375 焊接术语
- GB/T 19418—2003 钢的弧焊接头 缺陷质量分级指南
- GB/T 26952—2011 焊缝无损检测 焊缝磁粉检测 验收等级
- GB/T 26953—2011 焊缝无损检测 焊缝渗透检测 验收等级
- GB/T 26955 金属材料焊缝破坏性试验 焊缝宏观和微观检验
- GB/T 37910.1—2019 焊缝无损检测 射线检测验收等级 第1部分:钢、镍、钛及其合金
- GB/T 39255 焊接与切割用保护气体
- GB 50661—2011 钢结构焊接规范
- JB/T 10559—2018 起重机械无损检测 钢焊缝超声检测
- JB/T 14449—2024 起重机械焊接工艺评定
- NB/T 47013(所有部分) 承压设备无损检测

3 术语和定义

GB/T 3375界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

预备焊接工艺规程 preliminary welding procedure specification; pWPS

为进行焊接工艺试验而拟定的焊接工艺文件。

[来源:JB/T 14449—2024,3.1]

3.2

焊接工艺评定 welding procedure qualification

为使焊接接头的拉伸、弯曲、冲击、硬度、宏观腐蚀等性能与指标符合规定或要求,对pWPS进行验证性试验和结果评价的过程。

注:以下简称“评定”。

[来源:JB/T 14449—2024,3.2,有修改]

3.3

焊接工艺评定报告 procedure qualification record; PQR

记载验证性试验及其检验结果,对拟定的pWPS进行评价的报告。

[来源:NB/T 47014—2023,3.3]

3.4

焊接工艺规程 welding procedure specification; WPS

根据合格的PQR编制的,用于指导产品施焊的焊接工艺文件。

[来源:NB/T 47014—2023,3.4,有修改]

3.5

免于焊接工艺评定 prequalified welding procedure specification

在满足JB/T 14449—2024中第8章规定的焊接方法、接头形式、钢材/焊材组合及参数要求等条件下,免于进行焊接工艺评定试验,直接编制书面的WPS。

[来源:JB/T 14449—2024,3.5,有修改]

3.6

试件 test coupon

按照预备焊接工艺规程焊成的用于评定试验的焊件。

注:试件包括母材和焊接接头两部分。

[来源:NB/T 47014—2023,3.7,有修改]

3.7

试样 test sample

按照焊接工艺评定试验的要求,从试件上截取并加工后用于检测试验的试块。

3.8

缺欠 imperfection

一切不连续、不完善性、不健全性、不均匀性等。

[来源:NB/T 47014—2023,3.18]

3.9

缺陷 defect

超过规定限制的缺欠。

3.10

技术条款 technical terms

在通用桥式和门式起重机产品技术合同(含补充部分)中,针对产品提出的明确的技术要求(包括技术参数、制造工艺和质量要求等)。

4 通则

- 4.1 通用桥式和门式起重机(以下简称“起重机”)的制造商进行焊接工艺评定时,除满足本文件中的要求外,还应符合起重机相关标准、技术文件的要求。
- 4.2 焊接工艺评定应在起重机产品焊接制作之前进行,应在制造商本单位进行。
- 4.3 焊接工艺评定所使用的设备、仪表应正常稳定,钢材、焊接材料及辅助材料应具备供货商提供的有效的材质证明书或证明材料,并由本单位持证的焊接人员使用本单位设备进行焊接试件的制备。
- 4.4 焊接试件应由具备相应资质的机构及人员进行焊后的无损检测和接头性能试验。
- 4.5 焊接工艺评定的一般程序如下。
- 按照焊接工艺评定规则(包含免于评定的要求)、产品规格(包含结构型式、材料、技术要求等)及生产条件(包含人员、设备、制造工艺等)等情况,编制焊接工艺评定计划。
 - 制定预备焊接工艺规程(pWPS),且应经过制造商焊接系统负责人审核。
 - 按照pWPS进行焊接试件制备,并记录实际焊接工艺参数。
 - 对焊接试件进行目检、探伤等无损检测,检测完成后出具相应的检测报告。
 - 对焊接试件进行试样的取样加工,然后对试样进行力学性能检测。
 - 对试样的力学性能检测结果进行评判。若结果合格,则出具相应的检测报告并执行下道程序;若结果不合格,则进行复验。当复验仍不合格时,应分析原因并重新进行焊接工艺评定,直至合格。
 - 出具焊接工艺评定报告(PQR)。
 - 编制焊接工艺规程(WPS)。
- 4.6 制定焊接工艺评定计划时,宜将制造工厂整体作为计划对象。在满足本文件及相关标准、技术文件中要求的情况下,结果合格的焊接工艺评定可适用于本单位更多的产品生产制造。
- 4.7 焊接工艺评定的有效期为5年。

5 焊接工艺评定覆盖规则

5.1 钢材的分组及覆盖规则

5.1.1 本条下述的所有覆盖规则,均为在除当前因素外其他条件相同的情况下适用,若多种因素同时发生变化,应同时符合所有变化因素所对应覆盖规则。

5.1.2 起重机常用国内钢材按其标称屈服强度分类应符合表1的规定。

表1 钢材分组

钢材组别	钢材标称屈服强度 R_{eL} /MPa	钢材牌号举例(钢号)	对应标准
I	$R_{eL} \leq 290$	20、Q235	GB/T 699、GB/T 700、GB/T 3274
II	$290 < R_{eL} \leq 370$	35、45、Q355、Q390	GB/T 699、GB/T 1591、GB/T 3274
III	$370 < R_{eL} \leq 500$	Q420、Q460、Q500	GB/T 1591
IV	$500 < R_{eL} \leq 600$	Q550	GB/T 1591
V	$600 < R_{eL} \leq 690$	Q620、Q690	GB/T 1591

注1: 国内外钢材按其屈服强度界别归入相应组别。

注2: R_{eL} 为钢材下屈服强度, R_{eH} 为钢材上屈服强度。当前部分钢材标准中仅给出上屈服强度,该类情况可按照其上屈服强度进行组别归类。

5.1.3 不同钢材组别组合评定的覆盖规则应符合表2的规定。

表2 钢材组别覆盖规则

评定的钢材组合	可覆盖钢材组合1	可覆盖钢材组合2
Ⅱ与Ⅱ	Ⅱ与Ⅰ	Ⅰ与Ⅰ
Ⅱ与Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ	Ⅰ与Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ	—
注：按照“可覆盖钢材组合1”进行评定,可覆盖“可覆盖钢材组合2”。		

5.1.4 除表2中所述钢材组别的组合情况外,其他组合情况均应重新评定。

5.1.5 Ⅰ组、Ⅱ组、Ⅲ组中的钢材,在供货状态相同时,高强度等级和质量等级钢材的焊接工艺评定结果可覆盖低等级钢材。

5.1.6 Ⅳ组、Ⅴ组中的钢材,在钢号、供货状态、钢材制造商均相同时,高质量等级钢材的焊接工艺评定结果可覆盖低等级钢材。

5.1.7 同组别钢材中轧制钢材与铸钢、耐候钢与非耐候钢的焊接工艺评定结果不应互相覆盖。

5.1.8 控扎控冷(TMCP)钢、调质钢与其他供货状态的钢材焊接工艺评定结果不应互相覆盖。

5.1.9 国内与国外钢材的焊接工艺评定结果不应互相覆盖。

5.2 钢材厚度覆盖规则

5.2.1 坡口焊缝按其熔透要求可分为完全熔透和部分熔透两种形式,其分类代号及说明见表3。

表3 焊缝熔透类型及代号

焊缝熔透类型	字母缩写	代号	说明
接头完全熔透	CJP	C	在接头整个厚度内焊缝金属与钢材完全熔透并充分熔合的坡口焊缝
接头部分熔透	PJP	P	不完全熔透的坡口焊缝,在接头焊缝的有效厚度内焊缝金属与钢材完全熔合

5.2.2 CJP坡口焊缝、PJP坡口焊缝和角焊缝的钢材厚度评定规则应符合表4的规定。

表4 钢材厚度覆盖规则

CJP坡口焊缝覆盖厚度/mm			PJP坡口焊缝覆盖厚度/mm			角焊缝覆盖厚度/mm		
评定的钢材公称厚度 T	可覆盖的钢材公称厚度		评定的坡口深度 H	可覆盖的钢材公称厚度	可覆盖的坡口深度	评定的角焊缝尺寸 K	可覆盖的钢材公称厚度	可覆盖的角焊缝尺寸
	最小值	最大值						
$3 \leq T < 6$	3	$2 T$	$3 \leq H \leq 10$	$3 \sim 2 T$	H	单道焊, $K=W1$	3~无限制	$\leq W1$
$6 \leq T < 16$	T	$2 T$						
$16 \leq T < 25$	16	$2 T$	$10 < H \leq 25$	3~无限制	H	多道焊, $K=W2$	3~无限制	$\geq W2$
$T \geq 25$	16	无限制						
注 1: 对评定的背部不清根的 I 形坡口焊缝,覆盖的最大厚度限定为试验母材的公称厚度。 注 2: 若不需要进行冲击试验,CJP 坡口焊缝的焊接工艺评定结果可覆盖的最小厚度限定为 3 mm。 注 3: $W1$=结构中所用的最大单道角焊缝尺寸;$W2$=结构中所用的最小多道角焊缝尺寸。								

5.3 焊接方法覆盖规则

5.3.1 焊接方法分类、机械化程度分类和代号应符合表5的规定。

表5 焊接方法分类及代号

序号	焊接方法		字母缩写	数字代号/代号	机械化程度	复合代号
1	焊条电弧焊		SMAW	111/M	手工焊	SMAW
2	熔化极活性 气体保护焊	实心焊丝二氧化碳 气体保护焊	GMAW	135/G	半机械化焊	GMAW-CO ₂
3					自动化焊	GMAW-CO ₂ A
4		实心焊丝富氩混合 气体保护焊			半机械化焊	GMAW-Ar
5					自动化焊	GMAW-ArA
6		药芯焊丝二氧化碳 气体保护焊	FCAW	136/G	半机械化焊	FCAW-G
7					自动化焊	FCAW-GA
8	埋弧焊	单丝自动埋弧焊	SAW	12/S	机械化焊	SAW-S
9		多丝自动埋弧焊			机械化焊	SAW-M
机械化程度的分类应符合 JB/T 14449—2024 中附录 A 中 A. 2. 6 的规定。						

5.3.2 焊接方法改变(包含但不限于表5中9种焊接方法之间的变换)时,焊接工艺评定结果不应互相覆盖。同一种焊接方法,其机械化程度改变时,焊接工艺评定结果不应互相覆盖。

5.3.3 几种焊接方法组合的焊接工艺评定,可用不同焊接方法的组合焊接进行焊接工艺评定,每项检测试验的取样位置应包含不同的焊接方法,也可采用相应板厚的每种焊接方法的焊接工艺评定的组合。

5.4 焊接位置覆盖规则

5.4.1 焊接位置分类及代号应符合表6的规定。

表6 焊接位置分类及代号

焊接位置		字母代号	代号	焊件位置说明
焊缝类别	位置描述			
板材对接焊缝	平焊	F	1G	板水平放置,焊缝轴线水平
	横焊	H	2G	板横向垂直放置,焊缝轴线水平
	立焊	V	3G	板竖向垂直放置,焊缝轴向垂直
	仰焊	O/OH	4G	板水平放置,焊缝轴向水平
板材角焊缝	平焊	F	1F	板水平放置,焊缝轴线水平
	横焊	H	2F	板横向垂直放置,焊缝轴线水平
	立焊	V	3F	板竖向垂直放置,焊缝轴向垂直
	仰焊	O/OH	4F	板水平放置,焊缝轴向水平

5.4.2 焊接位置的覆盖规则应符合表7的规定。

表 7 焊接位置覆盖规则

板材板对接焊缝		板材角焊缝	
评定试验位置	可覆盖的焊接位置	评定试验位置	可覆盖的焊接位置
1G	F	1F	F
2G	F、H	2F	F、H
3G	V	3F	V
4G	OH	4F	OH

5.4.3 立焊方向(向上、向下)改变时,其焊接工艺评定结果不应互相覆盖。

5.5 坡口焊缝覆盖规则

5.5.1 坡口焊缝的坡口尺寸、接头装配精度应符合表 8(JB/T 14449—2024 中表 7)的规定。

表 8 坡口尺寸公差

坡口尺寸		背面不清根	背面清根
钝边 p		$\pm 2\text{ mm}$	不做规定
根部间隙 b	无衬垫	$\pm 2\text{ mm}$	$(-3,+2)\text{mm}$
	有衬垫	$(-2,+6)\text{mm}$	不适用
角度 α		$(-5^{\circ},+10^{\circ})$	$(-5^{\circ},+10^{\circ})$
注:钝边尺寸为 0 mm 时,公差为 0 mm~0.5 mm。			

5.5.2 坡口尺寸超出表 8 所规定的公差范围时,焊接工艺评定结果不应互相覆盖。

5.5.3 单面坡口焊缝与双面坡口焊缝的焊接工艺评定结果不应互相覆盖。

5.5.4 I 形坡口焊缝与其他坡口形式焊缝的焊接工艺评定结果不应互相覆盖。

5.5.5 CJP 坡口焊缝的坡口形式及尺寸相同时,对接接头的焊接工艺评定结果可覆盖角接或 T 型接头。

5.5.6 有衬垫与无衬垫的单面焊 CJP 坡口焊缝焊接工艺评定结果不应互相覆盖。

5.5.7 有衬垫单面焊和反面清根的双面焊的 CJP 坡口焊缝焊接工艺评定结果可互相覆盖。

5.5.8 采用不同材质衬垫的焊接工艺评定结果不应互相覆盖。

5.6 重做评定规则

5.6.1 PJP 坡口焊缝和角焊缝进行焊接工艺评定的前提是已通过相同条件下(“相同条件下”指:焊接方法、焊接材料、钢材、接头形式、焊接位置、保护条件、预热及焊后热处理措施等工况条件相同)的 CJP 坡口焊缝的焊接工艺评定。当满足上述前提条件时,PJP 坡口焊缝和角焊缝焊接工艺评定的接头性能试验中只需进行焊缝宏观腐蚀试验。

5.6.2 在起重机制作过程中,应严格执行焊接工艺规程(WPS)中各项要求,如果在执行过程中发生表 9 中的变化的情况时应重新做焊接工艺评定。

表9 重做评定的变量

序号	变量类别	变量条件	SMAW	GMAW	FCAW	SAW
1	填充金属	强度级别的改变	√	√	√	√
2		质量级别的改变	○	○	○	○
3		由低氢焊条变为非低氢焊条	√	—	—	—
4		实心焊与药芯焊丝的变换	—	√	√	—
5		焊丝-焊剂组合类别的改变	—	—	—	√
6		混合焊剂的混合比例的改变	—	—	—	√
7		直径改变	√	√	√	√
8		焊丝数量的改变	√	√	√	√
9		添加和不添加冷丝的改变	√	√	√	√
10		符合标准的改变	√	√	√	√
11	保护气体	单一保护气体种类的改变	—	√	√	—
12		单一保护气体和混合保护气体的变换	—	√	√	—
13		混合保护气体配比超出 GB/T 39255 公称值制备公差	—	√	√	—
14		保护气体流量增加 25% 以上,或减少 10% 以上	—	√	√	—
15	电特性	电流类型或极性的改变	√	√	√	√
16		滴状过渡或喷射过渡与短路过渡的改变	√	√	√	√
17		焊接参数超出对应焊条使用说明书/质量证明书的推荐范围	√	—	—	—
18		电流值的变化超过评定合格值的 10%	—	√	√	√
19		电压值的变化超过评定合格值的 7%	—	√	√	√
20		焊接速度的变化超过评定合格值的 10%(埋弧焊为 15%)	—	√	√	√
21		增加热输入	√	√	√	√
22	预热/后热	预热/道间温度值的降低大于 15℃	√	√	√	√
23		预热/道间温度值的增加大于 55℃	○	○	○	○
24		增加或取消后热/焊后热处理	√	√	√	√
25		改变后热/焊后热处理温度或保温时间范围	○	○	○	○
26	其他技术措施	在立焊位置,直线运行改为摆动焊	○	—	—	—
27		焊炬摆动幅度超过评定合格值的±20%	√	√	√	√
28		单道焊和多道焊的改变	√	√	√	√
29		清根焊改和不清根焊的改变	√	√	√	√
注 1:“√”表示需重新评定,“○”表示做冲击试验时需重新评定,“—”表示不适用。						
注 2: 热输入(J/mm)=电压×电流×60/焊接速度(mm/min)。						
注 3: 焊接因素的变化范围不超出相关焊接制造标准的要求。						

6 焊缝检测及接头性能试验

6.1 焊缝检测项目及要求

6.1.1 所有评定的焊缝均应进行外观检测和无损检测(NDT),试件应在焊接完成后冷却至室温时进行外观检测,应在焊接完成 24 h 后或最终热处理完成 24 h 后进行无损检测。

6.1.2 焊缝外观应当没有目测可见的裂纹、气孔、固体夹杂、未熔合和未焊透等缺陷。表面质量应达到 GB/T 19418—2003 中规定的 B 级。

6.1.3 焊缝外观质量检验合格应进行无损检测。无损检测方法以及要求如下:

- a) 射线探伤(RT)应按 GB/T 3323(所有部分)要求进行检测,应达到 GB/T 37910.1—2019 中规定的质量等级 2 级;
- b) 超声波探伤(UT)应达到 JB/T 10559—2018 中规定的 1 级;
- c) 磁粉探伤(MT)应达到 GB/T 26952—2011 中规定的 1 级;
- d) 渗透探伤(PT)应达到 GB/T 26953—2011 中规定的 1 级。

6.1.4 当产品技术条款中要求按 NB/T 47013(所有部分)进行焊缝外观检测和无损检测时,检测结果应同时符合 6.1.2、6.1.3 和 NB/T 47013(所有部分)中的要求。

6.1.5 焊缝外观及无损检验后,若焊接试件不满足焊缝接头性能试验的要求,则重新按照 pWPS 制备焊接试件。

6.2 焊缝接头性能试验项目及要求

6.2.1 焊缝接头性能试验项目和取样数量除另有规定外,应符合表 10 的规定。

表 10 接头性能试验项目和取样数量

接头形式	试件母材的公称厚度 T	拉伸试验	弯曲试验			冲击试验(CVN)			宏观腐蚀及硬度试验	
		缩减断面拉伸试样	面弯试样	背弯试样	侧弯试样	焊缝中心	熔合线+1 mm	熔合线+5 mm	宏观腐蚀	硬度
CJP 坡口焊缝	$3 \leq T \leq 10$	2	2	2	注 4	3	3	3	—	见注 2
	$T > 10$	2	—	—	4	3	3	3	—	
PJP 坡口焊缝	—	—	—	—	—	—	—	—	3 个面	
角焊缝	—	—	—	—	—	—	—	—	3 个面	

注 1: 仅当试件母材的相应标准中对某项力学性能无要求,且产品设计文件或技术条款中未做特殊要求时,可免做焊接接头的该项力学性能试验。

注 2: 当产品设计文件或技术条款中对焊缝接头硬度无明确要求时,则不进行硬度试验。

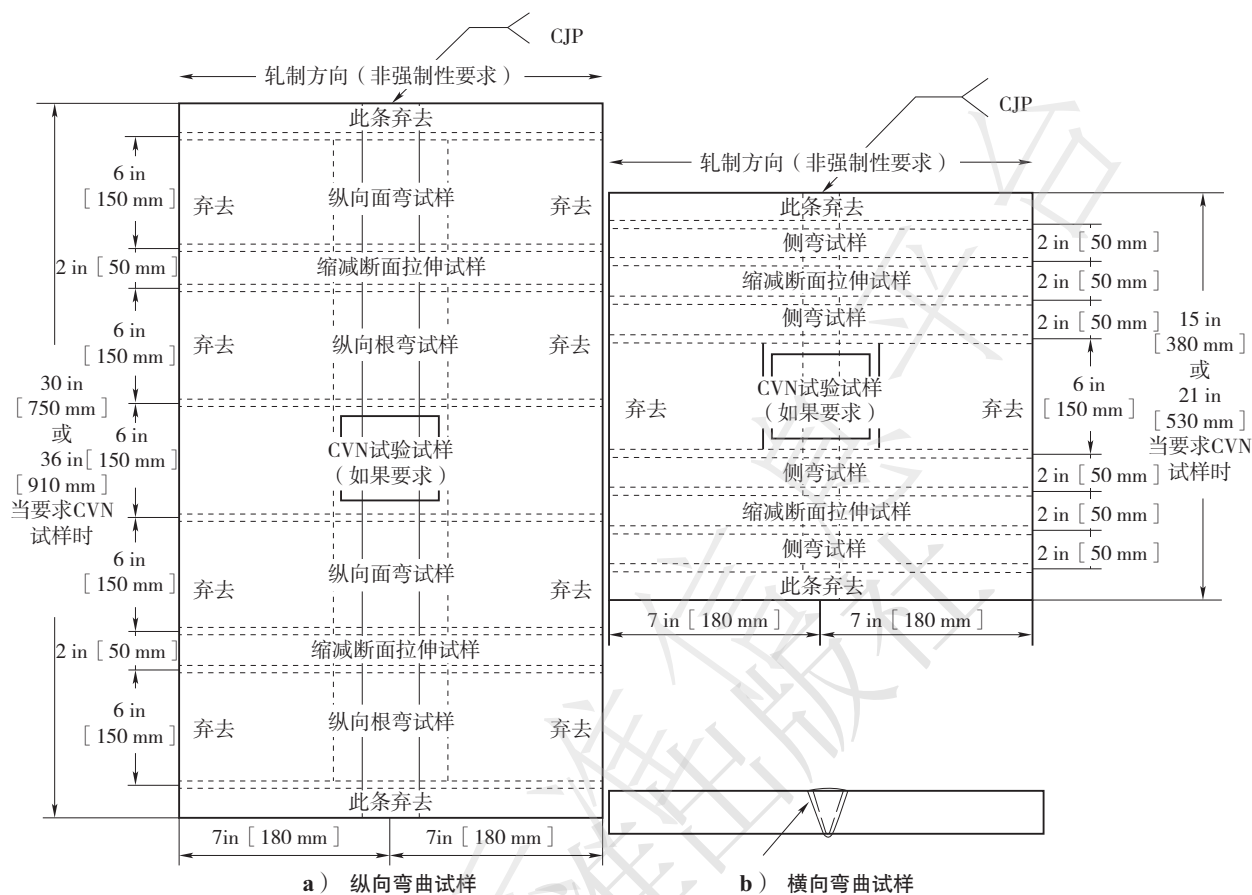
注 3: 试件的弯曲试验一般为横向弯曲试验。当焊缝两侧的母材之间、或焊缝金属与母材之间的弯曲性能有显著差别时,可采用纵向弯曲试验代替横向弯曲试验,纵向弯曲时,取面弯和背弯试样各 2 个。

注 4: 当试件母材的公称厚度为 10 mm 时,可用侧弯试验代替每一个所要求的面弯和背弯试验。

注 5: 当试件母材的钢号不同时,每侧热影响区都应取(3+3)个冲击试样。

注 6: 冲击试验时,允许每个试验部位取 5 个试样。其中最高值和最低值应舍弃,以便将焊缝和热影响区(HAZ)的冲击试验的离散度降至最低限度。

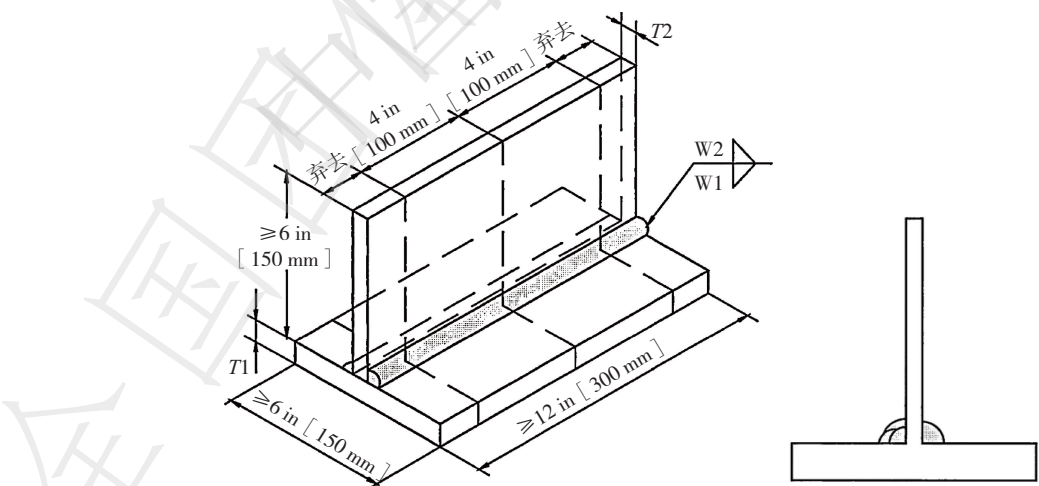
6.2.2 焊缝试件上取样位置应符合图 1 和图 2 的规定。



注1：此处所示的坡口形状仅用于对本图的说明，试板的坡口形状符合正待评定的用于生产的坡口形状。

注2：所有尺寸为最小值1。“in”为英寸， $1/8\text{ in}=3\text{ mm}$ ； $3/8\text{ in}=10\text{ mm}$ ； $1\text{ in}=25\text{ mm}$ 。

图1 对接焊缝试件上的试样位置图



注1：可将产品结构中规定的最大尺寸单道焊角焊缝和最小尺寸多道角焊缝组合在一个T形接头试件上进行评定，也可采用独立的试件分别评定。

注2：T1和T2的数值符合表11的规定，如评定的角焊缝结构中的最大板材厚度大于表中所示值，则可用结构中的最大板厚代替T1和T2。

图2 角焊缝试件上宏观腐蚀试样位置图

表 11 角焊缝评定试板厚度最小值

角焊缝尺寸 K/mm	T1 最小值/mm	T2 最小值/mm
3	6	5
5	12	5
6	20	6
8	25	8
10	25	10
12	25	12
16	25	16
20	25	20
>20	25	25

6.2.3 拉伸试验要求如下。

- a) 拉伸试验试样的形式、尺寸和试验方法应按 GB/T 2651 的规定进行。取样和加工应同时满足 JB/T 14449—2024 中 7.5.1 的规定。
- b) 拉伸试验合格指标：
 - 1) 当拉伸试样的母材钢号相同时,每个试样的抗拉强度不应小于该母材标称抗拉强度的下限值;
 - 2) 当拉伸试样的母材钢号不同时,每个试样的抗拉强度不应小于两母材标称抗拉强度下限值中的较小值;
 - 3) 若按设计文件或技术条款要求选用抗拉强度低于母材的焊缝金属,则每个试样的抗拉强度不应小于焊缝金属规定的抗拉强度的下限值;
 - 4) 厚板分片取样时,可取平均值进行合格判定。

6.2.4 弯曲试验要求如下。

- a) 弯曲试验试样的形式、尺寸和试验方法应按 GB/T 2653 的规定进行。取样和加工应同时满足 JB/T 14449—2024 中 7.6.1 的规定。
- b) 弯曲试验合格指标：
 - 1) 试样弯至规定的角度后,对试样进行目视检测;
 - 2) 任意单个试样的拉伸面(凸面)上沿任何方向不应有单条长度大于 3 mm 的开口缺陷;
 - 3) 任意单个试样上任何方向不大于 3 mm 的裂纹及其他缺欠的总长不应大于 7 mm;
 - 4) 4 个试样上各种缺欠总长不应大于 24 mm;
 - 5) 试样上长度小于 6 mm 的棱角开口缺陷一般不计,但由于未熔合、夹渣或其他内部缺欠引起的棱角开口缺陷长度不应大于 3 mm,且应计入。

6.2.5 冲击试验要求如下。

- a) 冲击试验试样的形式、尺寸和试验方法应按 GB/T 2650 的规定进行。取样和加工应同时满足 JB/T 14449—2024 中 7.7.1 的规定。
- b) 拉伸试验合格指标如下。
 - 1) 冲击试验的冲击吸收能量规定值、冲击试验温度应符合相应母材标准或设计文件和技术条款规定的要求。
 - 2) 焊缝金属(焊缝中心及热影响区)每组各 3 个试样的冲击吸收能量平均值应不低于母材的规定值。允许有一个试样的冲击吸收能量低于母材规定值,但不应低于规定值的 70%。

- 3) $(7.5 \times 10 \times 55)$ mm 或 $(5 \times 10 \times 55)$ mm 小尺寸冲击试样的冲击吸收能量合格指标,分别为 $(10 \times 10 \times 55)$ mm 标准冲击试样的合格指标的 75% 或 50%。

6.2.6 宏观腐蚀试验要求如下。

- a) 宏观腐蚀试验应按 GB/T 26955 的规定进行。取样和加工应同时满足 JB/T 14449—2024 中 7.8.1 的规定。
- b) 宏观腐蚀试验合格指标:经目视检测后,焊缝接头质量应达到 GB/T 19418—2003 中规定的 B 级或设计文件和技术条款规定的要求。角焊缝的焊脚尺寸和 PJP 坡口焊缝的实际焊缝尺寸应不小于规定的焊缝尺寸,角焊缝根部应焊透。

6.2.7 硬度试验要求如下:

- a) 若产品设计文件或技术条款中有焊缝接头硬度要求,则应按 GB/T 2654 的规定进行硬度试验,采用维氏硬度 HV_{10} ,其他要求应满足 GB 50661—2011 中 6.5.3 的 5 的规定;
- b) 宏观腐蚀试验合格指标:硬度值应满足产品的规定,一般要求不高于规定的限值。

6.3 复验及验收要求

6.3.1 如果焊缝接头性能试验结果不合格,允许在剩余可用的原焊接试件上,对不合格项目再次取样进行复验。若剩余焊接试件无可用部分,也可选用相同批次钢材、焊接材料,并以相同的焊接工艺重新焊接试件,然后在重新制备的焊接试件上对不合格项目再次取样进行复验。

6.3.2 拉伸试验、弯曲试验和宏观腐蚀试验的复验试样数量为原数量的 2 倍,冲击试验的复验试样数量为相同位置 3 个。

6.3.3 复验试样取样及试验方法、复检验收合格判据应符合 6.2 的规定。

6.3.4 复验结果仍不合格的,应分析原因,制定新的焊接工艺评定计划和预备焊接工艺规程,并重新进行焊接工艺评定,直至合格。

7 免于焊接工艺评定

7.1 免于评定不适用于首次进行起重机钢结构焊接的起重机制造商。

7.2 免于评定不适用于钢材厚度大于 40 mm 或质量等级高于(包含)D 级的情况。

7.3 只有符合 JB/T 14449—2024 中 8.3~8.6 所有要求的焊接工艺,才能免于评定,直接编制书面 WPS 文件。

7.4 经焊接工艺评定合格的 WPS 文件与免于评定的 WPS 文件等效,可组合使用。

7.5 免于评定为本文件的非强制性条款。各制造商可根据本单位产品特性等情况,在已拥有合规且合格的评定能够满足本单位焊接制造要求的情况下,可适当运用免于评定的规则进行焊接工艺评定计划制定。

8 焊接工艺评定文件管理

8.1 焊接工艺评定过程输出文件包含(但不限于):

- a) 预备焊接工艺规程(pWPS);
- b) 焊接工艺参数记录表;
- c) 无损检验报告:目视检测报告、探伤检测报告;
- d) 力学性能检验报告;
- e) 钢材/焊接材料等质量证明书;
- f) 焊接工艺评定报告(PQR):焊接工艺评定记录,焊接工艺评定试验结果;
- g) 焊接工艺规程(WPS)。

- 8.2 所有焊缝检测和接头性能试验结果应全部记录在焊接工艺评定报告中。
- 8.3 在编制焊接工艺评定文件时,符号、代号和缩略语的使用应符合本文件及附录 A 的要求。
- 8.4 焊接工艺评定文件宜采用 JB/T 14449—2024 中附录 C 的格式。
- 8.5 焊接工艺评定活动结束后,应将各项输出文件进行汇编、保存。针对焊接工艺评定相关文件,企业宜采用统一、确定的编号规则,使各项文件的逻辑关联性更加清晰,便于审查和后期的查找翻阅。

附 录 A
(规范性)
符号、代号和缩略语

符号、代号和缩略语见表 A. 1～表 A. 3。

表 A. 1 符号及说明

序号	符号	说明
1	T	接头焊缝处的板厚
2	b	坡口根部间隙
3	p	坡口钝边
4	β	坡口角度
5	H	坡口深度
6	W1	W1＝结构中所用的最大单道角焊缝尺寸
7	W2	W2＝结构中所用的最小多道角焊缝尺寸

表 A. 2 代号及说明

类别	名称	代号
接头形式	对接接头	B
	角接接头	C
	T 性接头	T
	搭接接头	L
坡口形式	方形坡口(I形坡口)	I
	单面 V 形坡口	V
	双面 V 形坡口	X
	单面削斜坡口(单边单面 V 形坡口)	L
	双面削斜坡口(单边双面 V 形坡口)	K
坡口形状	单面 U 形坡口	U1
	双面 U 形坡口	U2
	单面 J 形坡口	J1
	双面 J 形坡口	J2
衬垫类型	钢衬垫	S
	非钢衬垫	F
	背部清根	Q

表 A.3 缩略语及说明

序号	中文名称	缩略语
1	预备焊接工艺规程	pWPS
2	焊接工艺规程	WPS
3	焊接工艺评定报告	PQR
4	无损检测	NDT
5	目视检测	VT
6	渗透检测	PT
7	磁粉检测	MT
8	射线探伤检测	RT
9	超声波探伤检测	UT
10	夏比 V 形缺口试验	CVN