



指导性文件
GD030-2025

中 国 船 级 社

船舶智能制造焊接检验指南

2025

2026年1月1日生效

北 京

出版说明

近年来，智能制造已经成为造船发展的新动力，焊接作为造船的主要生产工艺，焊接智能化是船舶智能制造的重要环节。随着国家大力支持智能制造，船厂也开始智能化转型，引进和使用智能焊接设备，以此来提高生产率和竞争力。智能化焊接也给现场检验带来新的机遇与挑战，为适应造船智能化转型，中国船级社对目前的船舶智能焊接技术及设备的工艺技术能力进行了分析研究，并制定了《船舶智能制造焊接检验指南》。

本指南以智能焊接设备及技术为对象，对智能焊接设备制定了智能水平的分级衡准，对智能焊接设备制造商、船厂和船用产品制造厂的智能焊接设备能力认证、焊接工艺数据库的认可制定了试验方法，同时优化了智能焊接设备的应用检验。

本指南涵盖智能焊接设备能力认证、智能焊接设备运行验证、焊接工艺数据库认可和智能焊接设备应用检验等内容。指南为船舶智能制造焊接检验提供技术支持，推进智能焊接技术与装备在船舶制造领域的应用。

本指南由 CCS 编写和更新，通过网页 <http://www.ccs.org.cn> 发布，本指南使用相关方对于本指南如有意见可反馈至 ig@ccs.org.cn。

目 录

第 1 章	一般规定	1
第 2 章	智能焊接设备能力认证	2
第 3 章	智能焊接设备应用检验	10

第 1 章 一般规定

1.1 目的

1.1.1 本指南系对船舶智能焊接设备能力的认证和对现场焊接质量的检验提供指导，旨在推动智能焊接设备在船舶及海洋工程建造中的应用。

1.1.2 本指南中智能焊接设备能力的认证和现场焊接的检验为建议性要求。

1.2 适用范围

1.2.1 本指南适用于智能焊接设备的以下检验：

- (1) 智能焊接设备的焊接能力认证；
- (2) 智能焊接设备的焊接运行验证；
- (3) 焊接工艺数据库认可；
- (4) 智能焊接设备应用检验。

1.2.2 本指南适用于钢质船体结构的电弧焊设备，其他材料和工艺的焊接设备可参照本指南，具体实施由申请方与中国船级社（CCS）商定。

1.3 定义

1.3.1 智能焊接设备：智能焊接设备是一种基于传感、自动控制、机器人、人工智能、大数据、物联网等技术，具备执行、感知、决策等能力的现代化装备，能够高效、精准、稳定地完成焊接任务。

1.3.2 焊接工艺数据库：焊接工艺数据库是一个系统化的焊接工艺数据集合，用于存储和管理包括母材、焊材、焊接方法、焊接位置、接头形式及其他工艺参数在内的完整工艺信息。该数据库的核心功能在于其存储的工艺参数能直接对接并驱动焊接设备，完成实际焊接作业，从而保障工艺执行的准确性与一致性。

第 2 章 智能焊接设备能力认证

2.1 智能焊接设备能力认证一般规定

2.1.1 智能焊接设备能力认证和焊接设备运行验证一般按照图 2.1.1 的流程进行认证。焊接工艺数据库认可单独开展。

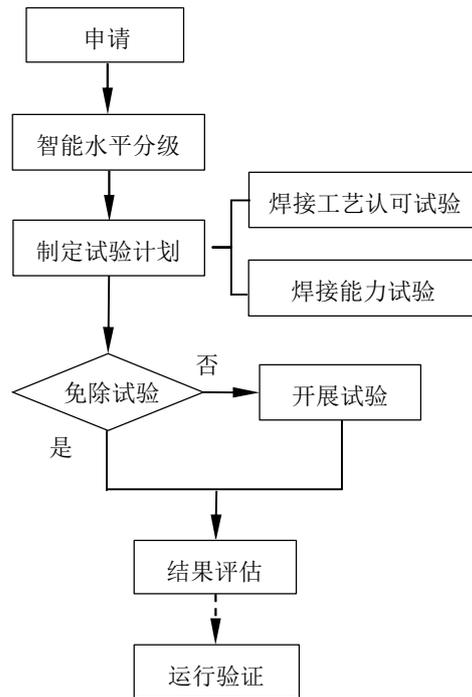


图 2.1.1 认证流程

2.1.2 申请方申请智能焊接设备能力认证时，对于智能焊接设备的基础部件一般应符合以下要求，并提供相关资料证明备查：

- (1) 焊接电源、送丝装置等弧焊设备符合公认的相关标准；
- (2) 机械手/机器人设备符合公认的相关标准；
- (3) 传感设备及其他设备符合制造厂的规定或公认的相关标准。

2.1.3 按照焊接设备的智能水平，将焊接设备分为 WL0~WL5 六个等级，如表 2.1.3 所示。其中 WL0 为全机械化焊接，WL1~WL5 为自动焊接，本指南所述的智能焊接设备为 WL1~WL5，其中 WL5 为最高等级。

智能焊接设备智能水平分级

表 2.1.3

项目	智能水平	WL0	WL1	WL2	WL3	WL4	WL5
执行能力	焊枪机械化运动	√	√	√	√	√	√
	焊枪自动寻位（焊接起始点自动寻位，焊接结束点自动撤离）	—	—	√	√	√	√
	焊接参数自动设置和调节（电流、电压、速度等）	—	√	√	√	√	√
感知能力	焊接参数采集（电流、电压、速度等）	—	√	√	√	√	√
	视觉扫描（坡口扫描，工件扫描）	—	○	√	√	√	√
	视觉监视（熔池检测）	—	—	○	○	○	√
	声音感知	—	—	○	○	○	√
	环境感知（防碰撞）	—	—	○	○	√	√
认知能力	焊接结构自动建模（如适用）	—	—	○	√	√	√
	焊接参考点识别	—	—	√	√	√	√
	焊缝识别（利用扫描数据、设计数据、参数数据等识别焊缝）（如适用）	—	—	√	√	√	√
	坡口建模（利用扫描数据建立坡口模型）（如适用）	—	—	—	√	√	√
	认知能力预警	—	—	○	○	√	√
决策能力	焊接参数匹配（根据识别结果匹配焊接参数）	—	—	√	√	√	√
	焊接参数自适应（如适用）	—	—	—	○	○	√
	焊枪姿态自动调整（包括焊枪角度和对工件距离）	—	—	√	√	√	√
	焊缝焊接顺序自动规划（如适用）	—	—	√	√	√	√
	多道焊焊道顺序自动规划（如适用）	—	—	○	√	√	√
	焊缝跟踪（电弧/视觉传感）	—	√	√	√	√	√
	焊缝表面检查	—	—	—	○	○	√
	焊接质量分析和诊断（利用人工智能技术结合焊接过程）	—	—	—	○	○	√
交互能力	基于人工智能的工艺研发	—	—	○	○	○	√
	人机智能交互（语音、场景等识别）	—	—	—	—	—	○
	多机交互（多焊接设备协同作业）	—	—	—	—	√	√
	多设备协同及集成控制（实现连续作业）	—	—	—	√	√	√
	可视化数据展示及数据输出	—	—	○	○	√	√
	数据互联互通（与数据系统和其他设备交互）	—	○	○	√	√	√
	智能运维（设备故障排除、远程交互操控、设备知识库建立等）	—	—	—	—	—	√
云处理	—	—	—	—	—	√	

注：√为需达到；○为可选；—为不涉及或无要求；“如适用”的项目当应用场景或焊缝类型有需要时，必

须满足。

2.1.4 根据 2.1.3 的智能水平级别，表 2.1.4 给出了 WL0~WL5 级别的典型智能焊接设备应用示例，实际分级应根据本章要求具体确定。

典型智能焊接设备应用示例

表 2.1.4

级别	智能水平	焊接操作者	典型设备应用示例
WL0	无智能化	焊接过程需要操作者。	常规埋弧焊；角焊小车；气电立焊机；自动焊接小车等。
WL1	智能辅助	焊接过程需要操作者。	协作焊接机器人；管道焊接专机；示教编程焊接机器人。
WL2	部分智能化	焊接过程需要操作者。	带视觉传感的协作焊接机器人。
WL3	有条件智能化	部分情况下需要焊接操作者。	具备一定认知和决策能力的焊接机器人；工业机器人焊接工作站；无导轨爬行焊接机器人。
WL4	高度智能化	特殊情况下需要焊接操作者介入。	结构件焊接流水线；船舶组立焊接流水线。
WL5	全智能	无需焊接操作者。	全智能焊接。

2.1.5 根据 2.1.3 及 2.1.4，经 CCS 初步确认智能焊接设备所达到的等级。可以采用以下方式：

- (1) 申请方提交相关的证明资料；
- (2) 经 CCS 现场审核。

2.1.6 智能焊接设备能力认证根据确定的不同等级所要求的智能水平分别按照本章 2.2 进行焊接工艺认可试验和本章 2.3 进行焊接能力试验。焊接工艺数据库认可按照本章 2.4 进行。智能焊接设备运行验证按照本章 2.5 进行。

2.1.7 若智能焊接设备已经在用户现场交付使用，并提供与焊接工艺认可试验和焊接能力试验相关的资料，经 CCS 审核，可免除相关试验。若申请方已应用焊接工艺数据库，并提供与试验相关资料，经 CCS 审核，可免除相关试验。

2.1.8 通过本章 2.1.6 要求的试验或资料的评估，结果符合本章要求，可签发智能焊接设备能力认证证书。通过本章 2.4 焊接工艺数据库认可，可签发焊接工艺数据库认可证书。通过本章 2.5 运行验证试验，可签发智能焊接设备运行验证证书。

2.1.9 申请方取得的智能焊接设备能力认证证书和智能焊接设备运行验证证书有效期为 5 年，有效期内第 3 年对证书所述能力检查。证书到期后，经检查可延续 5 年有效期。焊接工艺数据库认可证书不设有效期。在下列情况下，CCS 将撤销取得的证书：

- (1) 智能焊接设备的能力降低，不满足取得证书所对应的能力；
- (2) 智能焊接设备的焊接质量有明显的下降。

2.2 焊接工艺认可试验

2.2.1 选取智能焊接设备能力范围内典型的试件进行焊接工艺认可试验。

2.2.2 工艺认可试验的试件按照 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇第 3 章第 2 节和第 3 节中关于自动焊的相关要求。试件的坡口形式及装配应考虑实际焊接生产时的条件。

2.2.3 焊接工艺认可试验按照 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇第 3 章的要求。

2.3 焊接能力试验

2.3.1 船舶建造的智能焊接设备可分为：协作焊接机器人、机器人焊接工作站、管道焊接专机、无导轨爬行焊接机器人及组立机器人焊接生产线等。

2.3.2 根据不同的焊接设备类型由申请方拟定设备的焊接能力试验计划，经 CCS 同意后开展焊接能力试验。

2.3.3 焊接能力试验应根据设备的功能特点，合理制定试验计划，试验计划一般包括以下内容：

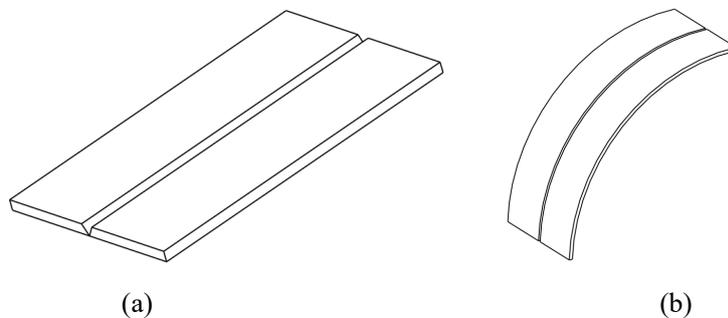
- (1) 智能焊接设备的型号；
- (2) 试验的具体形式（根据本章 2.3.5）；
- (3) 设备所能达到的 2.1.3 智能水平级别的具体实现（对于“无要求”的项目，若设备也能达到，也可申请开展验证）；
- (4) 焊接试件材质信息；
- (5) 焊接试件的形式及尺寸；
- (6) 焊接试件坡口形式；
- (7) 焊接工艺规程或预焊接工艺规程；
- (8) 焊接接头外观及无损检测计划；
- (9) 其他试验；
- (10) 试验的合格要求。

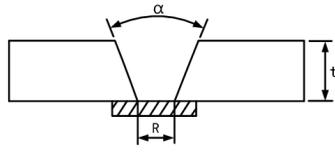
2.3.4 如试验满足本章 2.2 节焊接工艺认可试验要求，在此基础上可与焊接工艺认可试验同步进行。

2.3.5 焊接能力试验的形式由申请方与 CCS 商定，可采用以下形式。

(1) 板对接焊接试验

如图 2.3.5(1)所示，板对接试验一般采用单面坡口，背面采用钢衬垫或陶瓷衬垫，板厚 t 一般为 10~20mm。一般进行平焊、横焊、立焊和仰焊的一种或多种焊接位置。试件可采用曲面板，经 CCS 同意也可采用其他试件形式。焊后进行外观检查、表面和内部无损检测，检测结果应满足 ISO 5817 的 B 级或其他相当标准的要求。



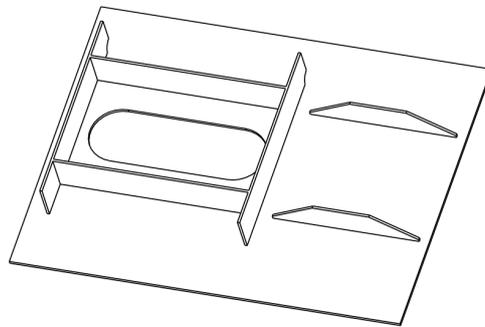


(c)

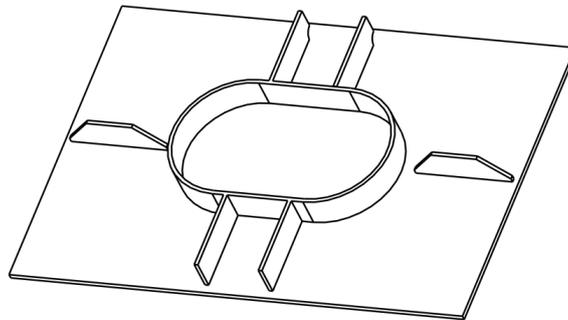
图 2.3.5(1) 对接焊试件形式示意图

(2) 小组立填角焊试验

小组立填角焊试验件可按照图 2.3.5(2)中的试件形式，试件的实际尺寸由申请方与 CCS 商定。一般进行平角焊和/或立角焊，有条件时进行端部包角焊及设置过焊孔。焊后进行外观检查和表面无损检测，检测结果应满足 ISO 5817 的 B 级或其他相当标准的要求。



(a)



(b)

图 2.3.5(2) 小组立填角焊试件形式示意图

(3) 中组立填角焊试验

中组立填角焊试验件可按照图 2.3.5(3)中的试件形式，试件的实际尺寸由申请方与 CCS 商定。一般能进行平角焊和立角焊，能力允许时也可进行仰角焊，并能实现不同焊接工艺参数的调用使用。焊后进行外观检查和表面无损检测，检测结果应满足 ISO 的 5817 的 B 级或其他相当标准的要求。

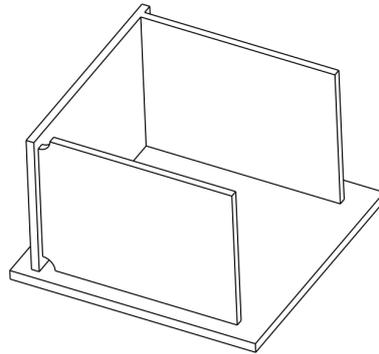


图 2.3.5(3) 中组立填角焊试件形式示意图

(4) 部分熔透及全熔透 T 型接头试验

部分熔透及全熔透 T 型接头按照焊接工艺规程完成完整的焊缝。试件形式可按照图 2.3.5(4) 中的形式，试件的尺寸和焊接位置由申请方与 CCS 商定。焊后进行外观检查、表面及内部无损检测，检测结果应满足 ISO 5817 的 B 级或其他相当标准的要求。

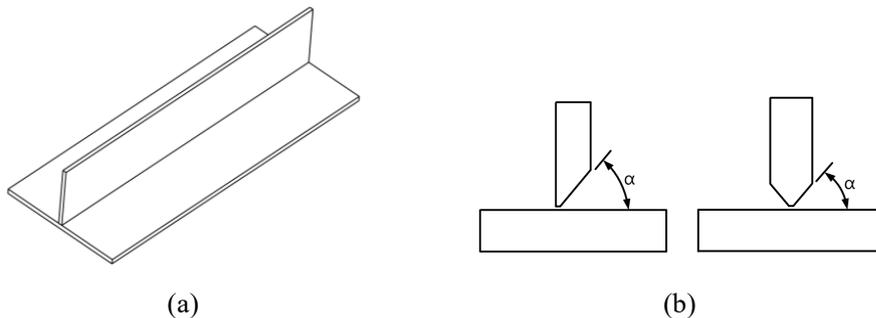


图 2.3.5(4) 部分熔透及全熔透 T 型接头试件示意图

(5) 管焊接试验

管焊接试验件分为管对接焊、管管角接及管板角接填角焊。采用实际管、套管及法兰完成单个完整的接头的焊接。试件的实际尺寸及形式由申请方与 CCS 商定，焊接位置根据实际状态与 CCS 商定。焊后对接焊进行外观检查、表面及内部无损检测，填角焊应进行外观检查及表面无损检测，检测结果应满足 ISO 5817 的 B 级或其他相当标准的要求。

(6) 智能能力试验

智能能力试验可与上述 (1) ~ (5) 中的试验同时开展。

① 焊缝跟踪

一般性的焊缝跟踪通常不必单独验证，在 (1) ~ (5) 中的试验中验证。在较大曲线焊缝的情况下需要进行单独验证。验证试件形式可按图 2.3.5(6)-1 所示，试件的实际尺寸及形式由申请方与 CCS 商定。

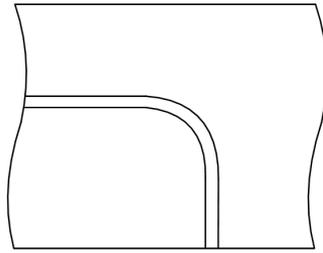


图 2.3.5(6)-1 焊缝跟踪试件示意图

② 参数自适应

智能焊接设备具有在焊接过程中焊接参数能够动态优化，自动分析并调用工艺参数的能力，以适应实际的焊接坡口及根部间隙的变化。验证试件形式可按图 2.3.5(6)-2 所示，试件的实际尺寸及形式由申请方与 CCS 商定。

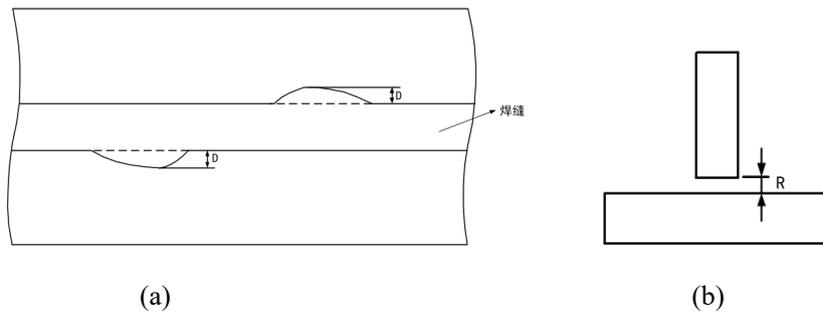


图 2.3.5(6)-2 焊接参数自适应试件示意图

③ 智能建模

智能焊接设备能够通过图纸建模、参数建模或视觉逆向建模的单一或多种技术路径并行与融合建模。具体的试验方式由申请方与 CCS 商定。

④ 轨迹规划

智能焊接设备在焊接过程中能够进行焊接路径识别、焊接顺序及焊道布置规划、多机器人协作时的协作等。具体的试验方式由申请方与 CCS 商定。

2.4 焊接工艺数据库认可

2.4.1 智能焊接设备制造商、船厂或船用产品制造厂在对既定场景完成焊接工艺认可时，可以申请焊接工艺数据库认可，数据量需满足场景制造的要求。

2.4.2 数据库具备存储工艺参数的功能，一般应包含母材与焊材信息、接头形式、焊脚尺寸、焊接方法、焊接位置、焊接电流、焊接电压、焊接速度、气体组分和流量、摆弧宽度和频率等。

2.4.3 智能焊接设备可以存储该数据库的焊接工艺参数，且能根据实际制造需要调用并进行焊接。

2.4.4 焊接工艺数据库认可应进行认可试验，具体的认可方式由申请方与 CCS 商定。试

验一般满足下列要求：

- (1) 试验覆盖制造所需的板厚或角焊缝的焊脚尺寸；
- (2) 试验方式可按照本章 2.3 进行，或与 CCS 商定；
- (3) 试验参数满足已认可的焊接工艺规程。

2.5 运行验证

2.5.1 如申请方有运行验证的需求，一般在取得智能焊接设备能力认证后申请开展智能焊接设备的运行验证，如设备未进行能力认证，需提交相关资料或进行试验以证明其能力。运行验证一般为智能焊接设备在实际船舶建造焊接中运行一段时间以达到一个验证周期。

2.5.2 运行验证主要验证设备的运行可靠性，需提交以下资料：

- (1) 设备实际使用的相关证明资料；
- (2) 设备在实际使用期间，所焊接焊缝的抽检合格情况。

2.5.3 运行验证一般应达到以下要求：

- (1) 设备在一个验证周期内的实际使用时间不小于 350 小时；
- (2) 设备在一个验证周期内抽检的焊缝应覆盖其能力水平，抽检的比例不小于 5%，检测的合格率不小于 98%，合格要求满足 ISO 5817 或其他相当标准的要求。

第 3 章 智能焊接设备应用检验

3.1 智能焊接设备应用检验

3.1.1 智能焊接设备应用检验要求见表 3.1.1。如设备未进行分级认证，则需要 CCS 根据实际设备确定分级。

智能焊接设备应用检验

表 3.1.1

项目 级别	工艺认可及能力检验要求	焊接操作者要求
WL0	焊接工艺认可	持焊接操作者能力认证证书
WL1	焊接工艺认可	持焊接操作者能力认证证书
WL2	焊接工艺认可+焊接能力试验	持培训证明
WL3	焊接工艺认可+焊接能力试验	持培训证明
WL4	焊接工艺认可+焊接能力试验	持培训证明
WL5	焊接工艺认可+焊接能力试验	无需操作者

3.2 智能焊接设备工艺认可及焊接能力试验要求

3.2.1 智能焊接设备应用于现场进行船舶制造使用时，一般按照表 3.1.1 进行检验。

3.2.2 船厂/船用产品制造厂采用智能焊接设备制造时，按照 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇第 3 章自动焊工艺试验要求进行工艺认可。认可焊接工艺的适用范围根据设备情况确定，但不能超出 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇第 3 章 3.1.4 的适用范围。

3.2.3 智能焊接设备制造商将船厂/船用产品制造厂认可的工艺规程中的工艺参数写入焊接设备的焊接工艺数据库，并将数据库相关参数提供 CCS 以供检查。设备的工艺参数适用于该船厂/船用产品制造厂具有相同的技术和质量管理条件的车间。

3.2.4 焊接能力试验采用焊接工艺规程范围内的典型材料及参数试验，按照本指南第 2 章 2.3 的要求进行试验。若相关焊接设备已取得智能焊接设备能力认证证书，则可不必进行试验。

3.2.5 船厂/船用产品制造厂如取得本指南第 2 章 2.1.8 所述的相关证书，该证书仅适用于取得证书的船厂/船用产品制造厂。

3.3 焊接操作者要求

3.3.1 根据智能焊接设备的智能化水平，WL1 级需持有 CCS 接受的焊接操作者能力认证证书。

3.3.2 对于操作 WL1 级智能接设备的焊接操作者，一般按照 CCS《船舶焊接检验指南》第 3 章第 3 节的相关要求取得焊接操作者能力认证证书。

3.3.3 WL2~WL4 级设备的操作者需在实际操作前需经过一定的培训，并取得 CCS 接受的培训证明。对于不同的设备厂商、不同的设备型号及不同的设备分级均应取得相应的培训证明。培训由相关智能焊接设备厂商或船厂/船用产品制造厂进行并出具相应培训证明。

3.4 焊后检验

3.4.1 通过智能焊接设备传感器对焊接电流、电压、焊接速度等关键参数进行采集。验证焊接过程数据采集的数据与实际测量的一致性。通过验证的采集系统所采集的焊接参数可载入焊接过程巡检记录。

3.4.2 采用 WL3 级及以上级别智能焊接设备焊接的焊缝，经验证可在部分区域采用相控阵超声等先进超声检测替代射线检测，具体的验证方式和区域由申请方与 CCS 商定。

3.4.3 对采用 WL1 级及以上级别智能焊接设备焊接的焊缝，如焊缝经验船师仔细目视检查，可减少密性试验，但需要结合无损检测和经过验证。密性试验具体减少的比例及范围需经 CCS 特殊考虑。

3.4.4 若设备具备如下焊接质量分析和诊断能力，对于分析出可能有缺陷的区域可加大检测范围，对于分析出可能无缺陷的区域可适当减小检测范围，具体区域由申请方与 CCS 商定。焊接质量分析和诊断需与传统无损检测进行对比验证。具体的验证方式由申请方与 CCS 商定。

(1) 将 3.4.1 采集的数据以及包括但不限于熔池、焊枪动态姿态、现场环境等参数，通过人工智能训练，具备识别缺陷的能力；

(2) 智能焊接设备利用上述能力对采集的参数进行焊接质量分析和诊断，包括在线监测与后期数据分析，能够预测焊接缺陷。