

T/CANSI

中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 103—2025

智能船体建造阶段数据采集技术要求

Technical requirements of data acquisition for intelligent hull structure during construction



2025-6-9 发布

2025-7-1 实施

中国船舶工业行业协会 发布

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 数据采集要求 2

 4.1 数据要求 2

 4.2 采集要求 2

 4.3 采集方法 2

5 数据采集系统要求 3

 5.1 架构要求 3

 5.2 功能要求 4

6 数据分析和处理 4

7 数据采集的安全与保密要求 8

附录 A （资料性） 建造过程中的结构采集数据分级示例 9

附录 B （资料性） 厚度数据记录表格式 10

附录 C （资料性） 典型结构关键位置 11

附录 D （资料性） 关键位置精度偏差测量方法及数据记录 15



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。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会提出。

本文件由中国船舶工业行业协会归口。

本文件起草单位：江南造船（集团）有限责任公司、中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院。

本文件主要起草人：王曙光、陶冬明、陈红霞、李沛田、孙佳秀、杨可明、程鸿、李巧平、毛紫浩、水丹萍、王明皓、殷涛、郑佳明。



智能船体建造阶段数据采集技术要求

1 范围

本文件规定了智能船体关键区域建造阶段结构数据的数据采集要求和方法、数据采集系统要求、数据质量评估、数据采集的安全和保密要求、检测与维护要求等。

本文件适用于中国船级社规范要求的智能船体i-ship (Hx) 数据采集。

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 13393—2023 验收抽样检验导则

中国船级社 钢质海船入级规范（2023）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

关键区域 critical areas

通用规范规定、结构评估和营运经验而确定的那些较其周围结构具有更高失效概率的结构区域。

3.2

关键位置 critical locations

关键区域内高应力或易发生裂纹、屈曲和变形等结构破坏的位置。

3.3

船体建造监控计划 construction monitoring plan; CMP

针对识别的船体结构关键位置，按照建造质量标准编制符合船体建造流程的控制程序。

3.4

智能船体 intelligent hull structure

基于船体数据库的建立与维护，为船体全生命周期内的安全和结构维修保养提供辅助决策，同时还可以通过船体相关数据的自动采集与监测，提供船舶操纵的辅助决策。

4 数据采集要求

4.1 数据要求

- 4.1.1 应能描述实际船体结构，应至少包含板（含厚度、材质等属性）、型材（含尺寸、材质等）、主要肘板（含厚度、材质）等。
- 4.1.2 应能记录船体结构在使用过程中厚度的变化，预报结构腐蚀趋势及换新提醒。
- 4.1.3 应能记录船舶全生命周期营运过程中的船体结构修理及换新的数据。
- 4.1.4 应能记录船级社要求的结构、有限元模型、油漆厚度等数据。
- 4.1.5 通过生产设计模型数据导入，形成初始数据库，根据实际报验数据修正初始数据，并在全生命周期中便于查询。

4.2 采集要求

4.2.1 船体结构状态信息

采集建造过程中船体结构状态信息应包括：

- a) 关键区域结构实际板厚；
- b) 结构定位偏差；
- c) 焊接质量及焊脚；
- d) 焊喉高度。

4.2.2 建造过程中数据采集

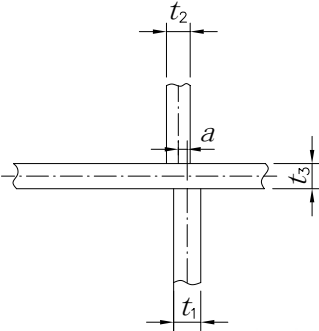
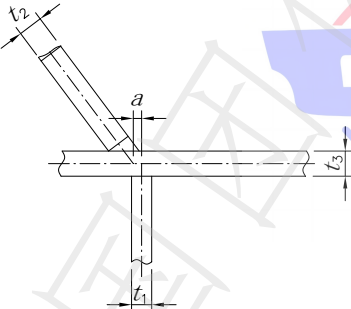
建造过程中数据采集如下：

- a) 预装配：对每个关键位置构件的预装配应按批准的 CMP 规定进行采集。
- b) 单元组装和分段装配：对组装阶段的构件对中数据进行收集，检查结构关键位置构件的对中精度，采集关键位置的构件在完成定位后准备焊接前的检查数据。若精度存在偏差应进行纠正并记录纠正后的数据。
- c) 焊接后的检查：CMP 规定的关键位置的构件焊接完成后，应对焊缝进行外观检查并进行数据采集，包括焊缝外观、焊缝尺寸、包角长度等，相关采集数据也可按照是/否满足设计要求进行采集，取决于船厂和船东约定。焊缝质量可利用超声、磁粉、射线、渗透或相关船级社认可的无损检测(NDT)检查方法进行检查并进行数据采集，相关报告录入系统。若焊缝有缺陷，应扩大范围检查并采集纠正后数据。
- d) 结构变更：若船舶结构发生重大变更，则应重新识别关键位置，变更所涉及的 CMP 应重新送审。因船舶结构变更而非关键位置变为关键位置的结构部位，相关数据应进行采集。
- e) 建造后的监控：在检验过程中，应根据检验范围识别出 CMP 中相关的结构关键位置，若出现裂缝、锈蚀、局部损坏、严重变形和局部涂料脱落等缺陷应进行数据采集。

4.3 采集方法

- 4.3.1 对船舶在建造过程中所需采集的结构进行分级（在建造检验计划中明确分级方式及原则），建议参照《钢质海船入级规范》（2023）第2篇船体第1章第3节船体结构用钢进行分类，分别为：I、II、III，参见附录A；以入籍船级社批准的《船体建造监控计划》为准。
- 4.3.2 根据 GB/T 13393—2023 的要求编制抽样检测计划，根据 4.3.1 分类中的 I、II、III类确定相应的比例，建议最大比例不超过总零件数的 5%，根据抽样检测计划对实船使用的不同级别的板材及型材板厚进行抽样数据采集，包括实际厚度、材料性能。并在附录 B 记录表格中进行记录。
- 4.3.3 关键位置按照船级社规范中要求的区域进行选取（以疲劳计算结果为准），参见附录 C。根据关键位置编制相应的测量方法并记录数据，测量过程中关键区域关键位置对齐标准见表 1。关键位置对齐测量方法及数据记录示例参见附录 D。

表 1 关键区域关键位置精度偏差

项目	标准值	纠正措施
正十字接头  注：t-构件板厚，包括 t₁、t₂和 t₃；a-偏差。	$a \leq t_{\min}/3$, 不大于 5 mm t_{min}是 t₁、t₂、t₃中的最小值	1、当 $t_{\min}/3 < a \leq t_{\min}/2$，应增强焊脚 10%~15%； 2、当偏差 $a > t_{\min}/2$时，应重新装配（拆除距离至少为 50a）
斜十字接头  注：t-构件板厚，包括 t₁、t₂和 t₃；a-偏差。		

4.3.4 检测人员应携带专用的检测工具，对船体的关键位置进行检测。

5 数据采集系统要求

5.1 架构要求

数据采集系统架构总体包括数据采集层、数据存储层、数据计算层、数据应用层、数据服务层，具体要求如下：

- a) 数据采集层应支持典型工业标准协议(如 OPC/Modbus)、关系型数据库(如 SQL Server、Oracle、MySQL、DB2 等)、实时文本日志、图像、音频、视频的数据采集。
- b) 数据存储层应支持横向扩展，支持结构化、半结构化、非结构化数据的存储，为适应智能船体建造阶段的数据特性，宜采用分布式列式数据库、分布式文件系统、缓存数据库和关系数据库的混合存储方案。
- c) 数据计算层应支持海量数据的批处理计算、实时流式计算及查询分析计算，宜采用分布式数据分析技术或工具。
- d) 数据应用层应支持数据可视化展示，以直观的方式展现数据处理结果，并提供丰富的图表展示及权限控制。
- e) 数据服务层应支持以面向服务的方式为后端平台提供智能船体相关的各类数据。

5.2 功能要求

5.2.1 应支持从 CAD、CAE 等系统中获取三维可视化结构尺寸模型（理论模型），并按工程进行存储。

5.2.2 应支持从 ERP 等业务系统中获取结构测厚数据，并按工程进行存储。

6 数据分析和处理

6.1 根据入籍船级社规范编制相应的船体检查保养计划，并在计划中对船体检查保养要求以及船东公司的需求进行制定，满足船级社要求的评价体系。

6.2 显示涂层及结构检查结果、结构腐蚀状况、缺陷及修理历史等，并包括以下内容：

- a) 设定涂层检查标准和级别评定原则。级别分为：良好，尚好，差；
 - 1) 良好：系指只有小的点状锈斑；
 - 2) 尚好：系指在扶强材边缘和焊缝的连接处涂层有局部脱落和/或所检验的区域中有超过 20%或更大的范围轻度锈蚀，但小于定义“差”的程度；
 - 3) 差：系指在检验的区域中，有超过 20%或更大范围的涂层普遍脱落，或有 10%或更大范围的涂层产生硬质锈皮。
- b) 显示船舶舱室各结构区域的检查结果，评定每一结构区域和舱室总体的状况级别。级别：良好、尚好、差。
- c) 对于评定级别为差的结构区域，数据应能给予必要的提醒和跟踪。
- d) 查询船体结构检验历史、船体结构构件尺寸信息、测厚历史数据、缺陷及修理历史。

6.3 记录构件历次测量的厚度数据及更换历史，统计分析历次测量的厚度数据，以直观的方式显示船体结构腐蚀状况评级，并根据构件厚度变化和所处环境等因素预测腐蚀趋势，输出测厚数据分析报告：

- a) 普遍腐蚀：系指参考区域中含有超过70% 或更大范围的硬质和/或松脱的锈块腐蚀状态，包括点腐蚀，且伴随厚度减薄的证据；
- b) 换新厚度：系指最小许用厚度，单位为毫米，若结构构件低于此厚度，则应予以换新；

- c) 点腐蚀：系指分散的腐蚀点/区域，其腐蚀程度大于其周围区域的总体腐蚀程度，点腐蚀密度的定义见图1；
- d) 边缘腐蚀：系指板材、扶强材、主要支撑构件和开孔的自由边的局部腐蚀。边缘腐蚀示意图见图2；
- e) 凹槽腐蚀：系指扶强材与扶强材、扶强材与板材的焊缝连接处典型的局部厚度减少。凹槽腐蚀示意图见图3。

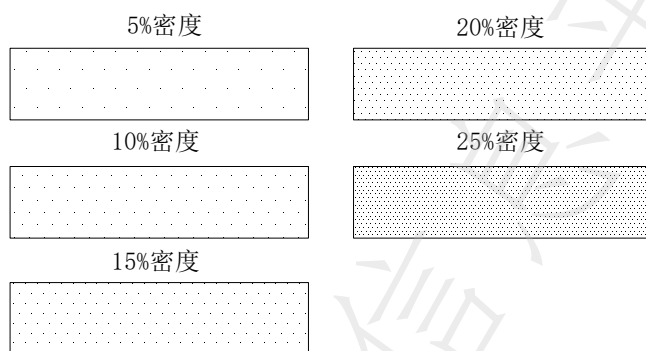
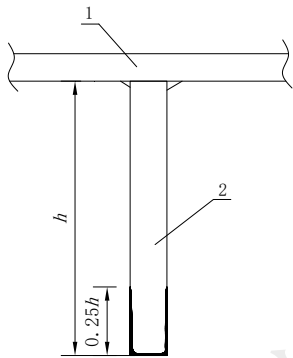


图1 点腐蚀密度图

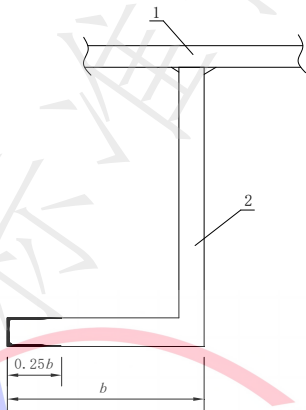
单位为毫米



标引序号说明：
1——带板；
2——扁钢扶强材。
注： h 为扶强材高度。

a) 扁钢扶强材

单位为毫米



标引序号说明：
1——带板；
2——倒角材或组合扶强材。
注： b 为扶强材宽度。

b) 倒角材或组合扶强材

图2 边缘腐蚀图

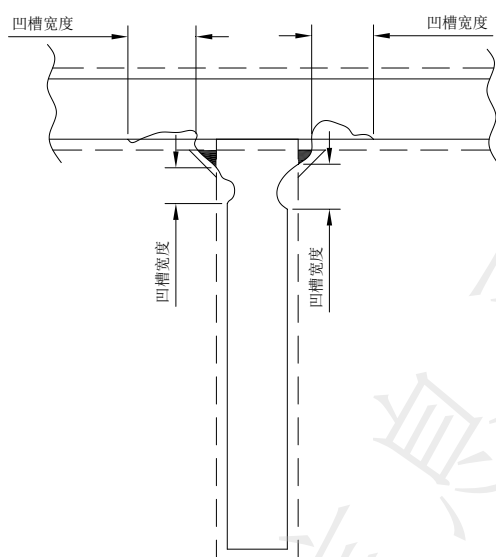


图3 凹槽腐蚀图

6.4 对采集的测厚数据按下列要求或其他等效方法进行分析及评级：

- a) 将船体结构划分为多个舱室/处所/区域，如压载舱、货舱（包括空舱、泵舱等）和外部结构（露天强力甲板和船体外板）等。对每个舱室/处所/区域的测厚数据。
- b) 每个舱室/处所/区域的边界及其结构构件在评级时一般划分为多个结构单元（包括板及其相连的骨材），如甲板结构、舷侧结构、船底结构、内底结构、横舱壁结构、纵舱壁结构和内部结构（如适用，还应包括舱口盖及舱口围板）。对每一结构单元按表2的标准分为1级至4级；
- c) 对于具有公共边界的舱室/处所，其公共边界的测厚值在两侧的舱室/处所中分别计入。
- d) 船体各板材和构件的换新厚度应不小于原建造厚度乘以表3所列的百分数。

表2 每一结构单元按等级的腐蚀磨耗

等级	腐蚀磨耗
1	$r \leq 33\%$
2	$33\% < r \leq 75\%$
3	$75\% < r \leq 100\%$
4	$r > 100\%$
注： r 为腐蚀磨耗百分比。	

表3 换新厚度系数表

结构项目	最小换新厚度	
	$t \geq 90$ m	$t < 90$ m
① 强力甲板板、舷侧外板、舷顶列板、舳列板、船底外板、平板龙骨、内底板、连续纵舱壁、底边舱斜板、顶边舱斜板； ② 纵向连续主要构件，如甲板纵桁、舱口纵桁、舷侧纵桁、船底纵桁、舱壁纵桁、连续舱口围板等； ③ 横向主要构件，如舷侧肋骨腹板、强横梁、双层底实肋板、舱壁桁材、水密油密横隔板等； ④ 货舱内横舱壁板、舱壁顶凳底凳斜板、深舱的水密舱壁板	80%	75%
其他板和构件，如开口线内甲板、甲板纵骨、舷侧纵骨、船底纵骨、内底纵骨、舱壁纵骨、舷侧肋骨面板、构件肘板、舱口盖、非连续舱口围板、海底阀箱等	75%	70%
注： t 为最小换新厚度。		

6.5 根据测厚数据及腐蚀趋势预测结果，制定并输出结构换新方案报告，包括换新范围、换新钢料统计计算、工作量评估等。

6.6 数据采集和检测的数据，包括现场记录的纸质文档和电子文档，都应进行统一的数据录入并将数据进行分析 and 整合，构建一套完整的检验数据库。

7 数据采集的安全与保密要求

7.1 用户应通过基于证书的认证与单点登录方式登陆数据系统。

7.2 操作数据（业务表单、报表、查询等）都应有密级标识，并能根据用户密级控制相应密级的数据操作。

7.3 应设置数据传输加密、存储加密、数据修改后提醒等多个层次的关键信息防篡改。数据传输为加密套接字协议层（SSL）加密传输协议。

7.4 数据存储时，关键信息应使用 MD5 码等加密算法加密存储。

7.5 审计日志应提供详细实现方案和软件截图，并保障审计日志的保密性、完整性、一致性。

7.6 涉密信息系统应具有备份恢复功能。

7.7 应采用多租户数据隔离，保障数据安全。

附录 A
(资料性)

建造过程中的结构采集数据分级示例

建造过程中的结构采集数据分级示例见表A. 1。

A. 1 建造过程中的结构采集数据分级示例

构件类别	构件名称	材料级别/钢级
次要类	(1) 纵舱壁板, 除主要类要求者外	船中0.4L内, 级别I
	(2) 露天甲板板, 除主要类或特殊类要求者外	船中0.4L外, A/AH钢级
	(3) 舷侧板	
主要类	(1) 船底板, 包括平板龙骨	船中0.4L内, 级别II
	(2) 强力甲板, 除特殊类要求的甲板	船中0.4L外, A/AH钢级
	(3) 强力甲板以上的强力构件的连续纵向板, 除舱口围板	
	(4) 纵舱壁最上一列板	
	(5) 垂直列板(舱口纵桁)和顶边舱的最上一列斜板	
特殊类	(1) 强力甲板处的舷顶列板	船中0.4L内, 级别III
	(2) 强力甲板处的甲板边板	船中0.4L外, 级别II
	(3) 纵舱壁处的甲板列板, 不包括双壳船在内壳舱壁处的甲板板	船中0.6L外, 级别I
	(4) 集装箱船和其他有类似舱口的船舶在货舱口角隅处与舷侧之间的强力甲板板	船中0.4L内, 级别III 船中0.4L外, 级别II 船中0.6L外, 级别I 货舱区域内, 最小级别III
	(5) 散货船、矿砂船、兼用船及其他有类似舱口的船舶在货舱口角隅处的强力甲板; 薄膜型液化气船在液态和气态穹顶开口角隅处的凸形甲板和内甲板	船中0.6L内, 级别III 其余货舱区域内, 级别II
	(6) 船长小于 150m 且整个船宽范围内设有双层底的船舶的舭列板	船中0.6L外, 级别II 船中0.6L外, 级别I
	(7) 其他船舶舭列板	船中0.4L内, 级别III 船中0.4L外, 级别II 船中0.6L外, 级别I
	(8) 长度超过 0.15L 的纵向舱口围板, 包括舱口围顶板和舱口围顶板边缘; (9) 纵向货舱舱口围板的端肘板, 纵向货舱舱口围板与甲板室的过渡	船中0.4L内, 级别III 船中0.4L外, 级别II 船中0.6L外, 级别I 不低于D/DH钢级

注: L为船总长。

附录 B
(资料性)
厚度数据记录表格式

典型结构关键位置厚度记录表格式见表B. 1。

表B. 1 厚度记录表格式

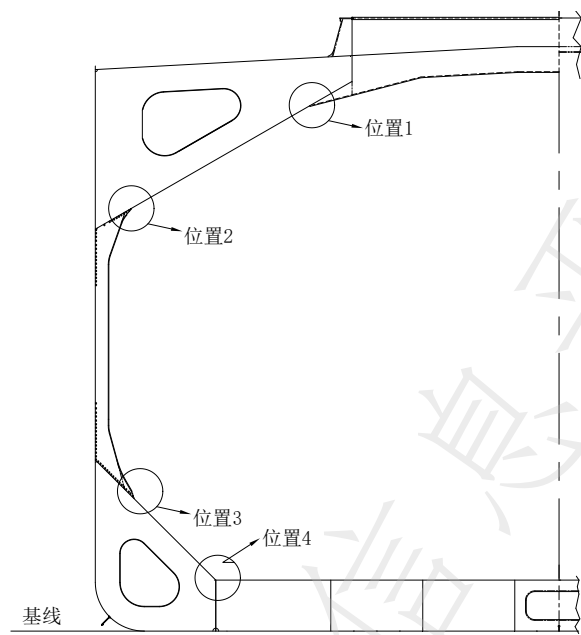
序号	钢板类别	位置	名义厚度 mm	实际厚度 mm
1	I, II, III			
2				
3				
.....				

附录 C
(资料性)
典型结构关键位置

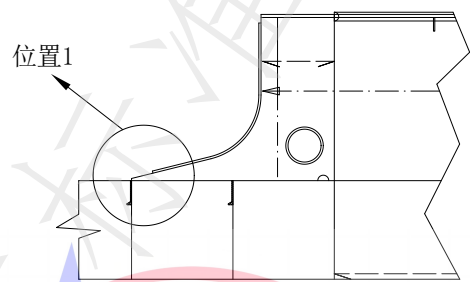
C.1 典型结构关键位置见表C.1、图C.1～图C.9。

表C.1 典型结构关键位置

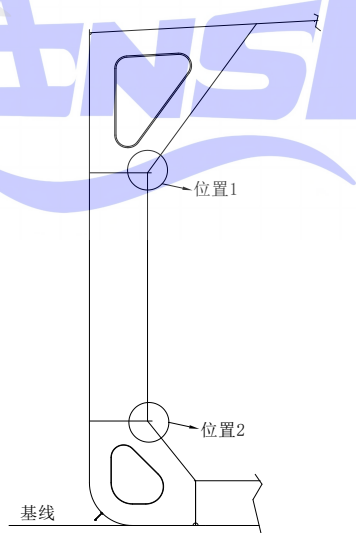
结构	序号	关键位置	关键位置序号	图示	控制要素
甲板	1	顶边舱横向强框架处的货舱口端横梁趾端	SXXX-CX-101	图 C.1(1), 位置 1	装配 (对中、间隙、坡口角度)、焊缝形状与质量
	2	甲板纵骨与横舱壁的连接	SXXX-CX-102	图 C.1(8), 位置 1	切割 (线型、光洁度、边缘倒角), 端部包角焊缝、趾端打磨
货舱主肋骨	1	货舱主肋骨与顶边舱斜板的连接的趾端 (强框架处)	SXXX-FXXX-101	图 C.1(1), 位置 2	装配 (对中、间隙、坡口角度)、焊缝形状与质量
	2	货舱主肋骨与底边舱斜板的连接的趾端 (强框架处)	SXXX-FXXX-102	图 C.1(1), 位置 3	装配 (对中、间隙、坡口角度)、焊缝形状与质量
双舷侧	1	顶边舱斜板与内壳纵舱壁板的连接处	SXXX-FXXX-103	图 C.1(3), 位置 1	装配 (对中、间隙、坡口角度)、焊缝形状与质量
	2	底边舱斜板与内壳纵舱壁板的连接处	SXXX-FXXX-104	图 C.1(3), 位置 2	装配 (对中、间隙、坡口角度)、焊缝形状与质量
底边舱	1	底边舱斜板与内底板的连接处	SXXX-CX-103	图 C.1(1), 位置 4	装配 (对中、间隙、坡口角度)、焊缝形状与质量
横舱壁	1	双层底纵桁处底凳侧板与内底板以及底边舱斜板的连接	SXXX-CX-104	图 C.1(4), 位置 1	装配 (对中、间隙、坡口角度)、焊缝形状与质量
	2	底凳内隔板处底凳顶板和槽形舱壁的连接	SXXX-FXXX-105	图 C.1(4), 位置 2	装配 (对中、间隙、坡口角度)、焊缝形状与质量
	3	顶凳与槽型舱壁以及顶边舱斜板的连接处	SXXX-FXXX-106	图 C.1(6), 位置 1	装配 (对中、间隙、坡口角度)、焊缝形状与质量
	4	双层底纵桁处横舱壁与内底板的连接 (如无底凳)	SXXX-FXXX-107	图 C.1(7), 位置 1	装配 (对中、间隙、坡口角度)、焊缝形状与质量
	5	水平桁与纵舱壁的连接	SXXX-CX-105	图 C.1(9), 位置 1	装配 (对中、间隙、坡口角度)、焊缝形状与质量
	6	水平桁与内壳纵舱壁的连接	SXXX-CX-106	图 C.1(9), 位置 2	装配 (对中、间隙、坡口角度)、焊缝形状与质量
	7	水平桁的根部, 包括肘板趾端 (如设置背)	SXXX-CX-107	图 C.1(9), 位置 3	装配 (对中、间隙、坡口角度)、焊缝形状与质量
双层底	1	内底纵骨与横舱壁的连接	SXXX-FXXX-108	图 C.1(8), 位置 2	切割 (线型、光洁度、边缘倒角), 端部包角焊缝、趾端打磨
	2	船底纵骨与横舱壁的连接	SXXX-FXXX-109	图 C.1(8), 位置 2	切割 (线型、光洁度、边缘倒角), 端部包角焊缝、趾端打磨
内壳	1	内壳纵舱壁、底边舱斜板和双舷侧内水平桁的相交处	SXXX-CX-108	图 C.1(1), 位置 3	装配 (对中、间隙、坡口角度)、焊缝形状与质量
	2	底边舱、内底板和双层底纵桁的相交处	SXXX-CX-109	图 C.1(1), 位置 4	装配 (对中、间隙、坡口角度)、焊缝形状与质量
注: S—船舶编号; CX—货舱段编号; FXXX—全船的肋位编号。序号根据需求编制。					



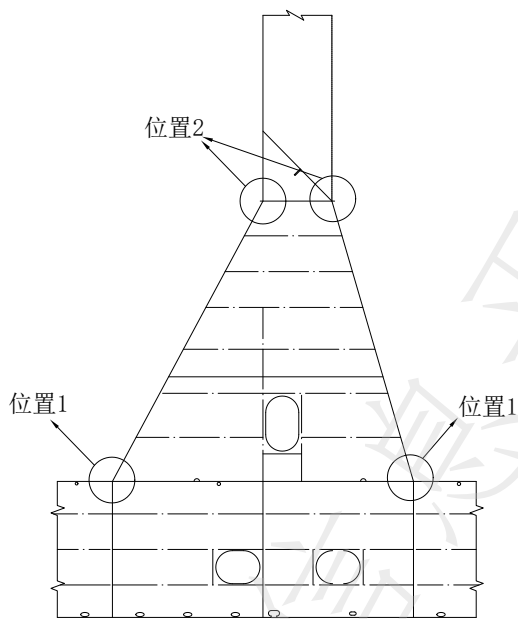
图C.1 典型横剖面关键位置



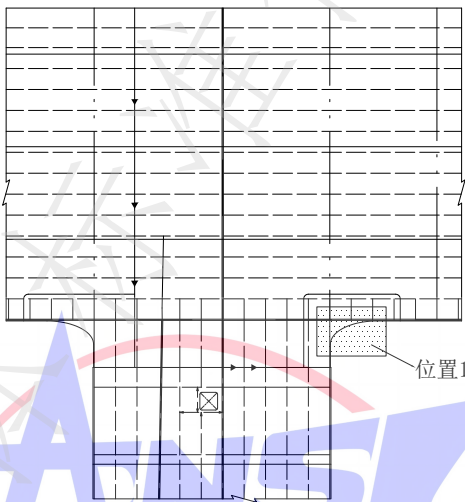
图C.2 典型舱口围关键位置



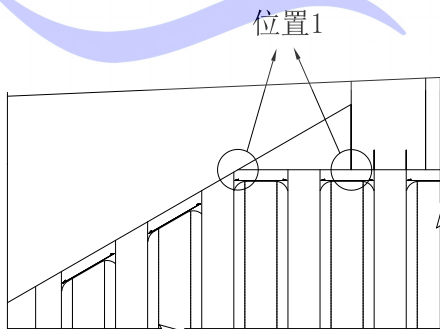
图C.3 典型上、下边舱位置



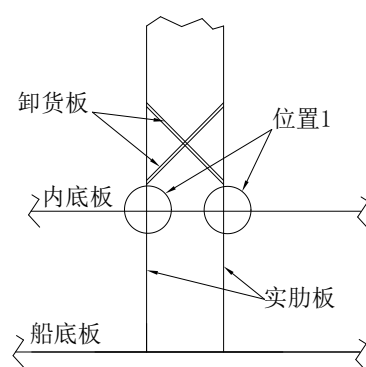
图C.4 典型舱壁下坐墩关键位置



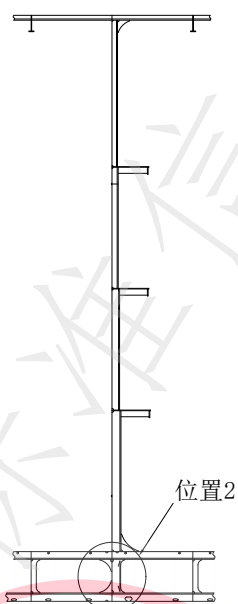
图C.5 典型甲板角隅关键位置



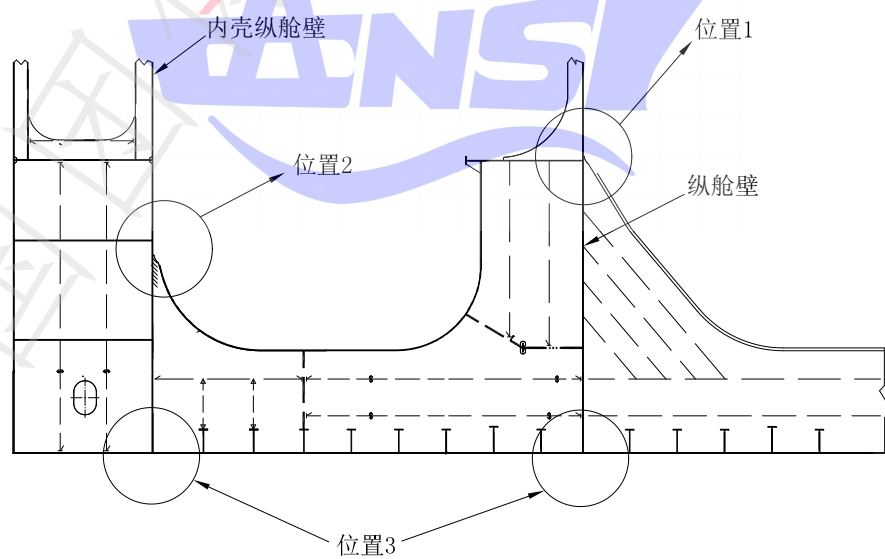
图C.6 典型舱壁上坐墩关键位置



图C.7 典型双层底关键位置



图C.8 典型总剖面关键位置



图C.9 典型水平桁关键位置

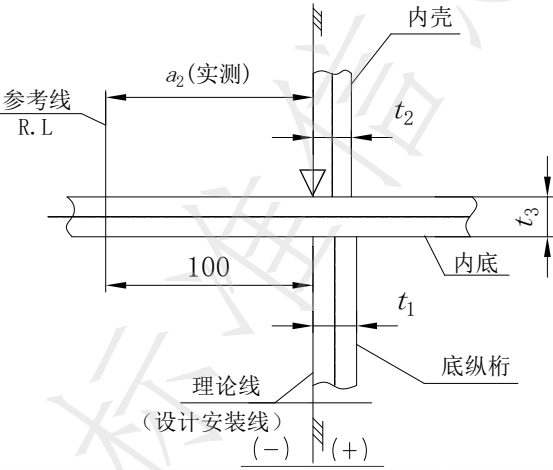
附录 D
(资料性)

关键位置精度偏差测量方法及数据记录

D.1 十字接头一般是无法目测对位的，而通过从构件中心线直接测量的方法通常是难以操作的，所以一般用直接测量理论线偏差的方法来代替。

D.2 参考线（100 MARK 线），也就是距理论线 100（或 100+）mm，应被标记到连续板架的正反两面，通过控制、测量参考线与结构的距离，在过程中控制精度，在报验时测量偏差。参考线应在分段建造阶段划好，并在线的两端敲上洋冲印。以下是针对三种典型的节点，进行测量及记录的描述。

- a) 1 节点：在底纵桁和内底板焊接完成后，将底纵桁的理论线反驳到内底的上表面，图▽处，然后在距▽位置 100 mm 处划出参考线。测量 a_2 的值，并记录，见图 D.1 和表 D.2。



注：括 t_1 、 t_2 、 t_3 -构件板厚； a_2 -实测值。

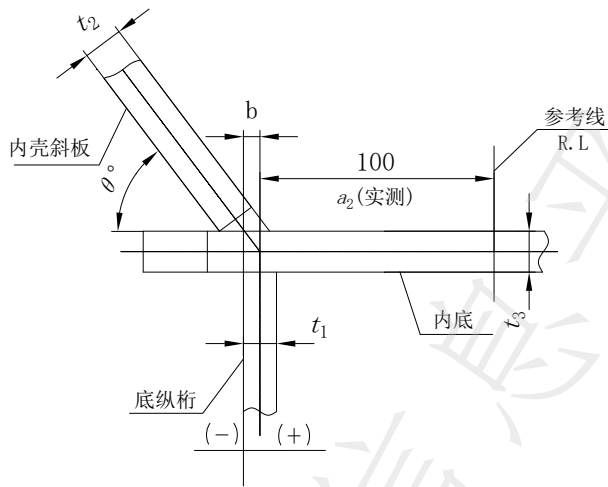
图 D.1 1 关键位置对齐示意图

表 D.2 记录表格式

单位为毫米

位置	t_1	t_2	t_3	M	a	参考长度	$a_2 \max$	$a_2 \min$	a_2
						100			
						100			
						100			
注： $M=\text{Min}(t_1, t_2, t_3)/3$ $a=(t_2-t_1)/2$ $100-M-a \leq a_2 \leq 100+M-a$ 当实测 a_2 超出最大值或最小值，说明偏差超过标准范围，应进行纠正。									

- b) 2 节点：在边纵桁与内底焊接完成后，将边纵桁的理论线反驳到内底的上表面，图示▽处。 b 可以通过计算得到，然后在距▽位置 (100+b) mm 处划出参考线,见图 D. 3 和表 D. 4。



注： t_1 、 t_2 、 t_3 -构件板厚； a_2 -实测值； θ° -构件夹角。

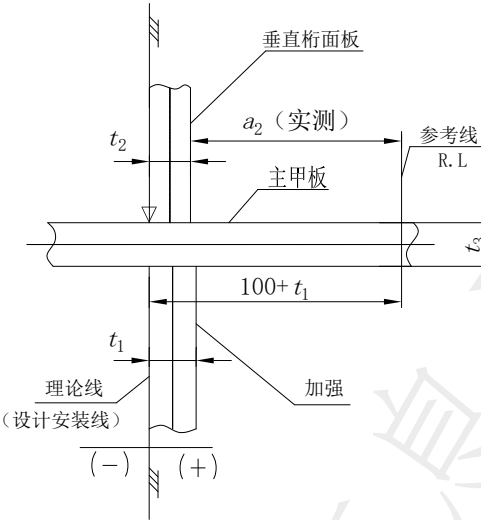
图 D.3 2 关键位置对齐示意图

表 D.4 记录表格式

单位为毫米

位置	t_1	t_2	t_3	θ	M	a	a_1	b	参考长度	$a_2 \max$	$a_2 \min$	a_2
									100+b			
									100+b			
									100+b			
注： $M=\min(t_1, t_2, t_3)/3$ $a_1=(t_2/\sin \theta+t_3/\tan \theta-t_1)/2$ $b=t_2/\sin \theta-a_1$ $a_2 \max=100+M$ $a_2 \min=100-M$ 当实测 a_2 超出最大最小值范围，说明偏差超过标准范围，应进行纠正。												

- c) 3 节点：在加强结构和主甲板焊接完成后，将加强结构理论线反驳道主甲板上表面，图示▽处，然后在距▽位置 (100+ t_1) mm 处划出参考线,见图 D. 5 和表 D. 6。



注：t₁、t₂、t₃-构件板厚；a₂-实测值。

图 D.5 3 节点示意图

表 D.6 记录表格式

单位为毫米

位置	t ₁	t ₂	t ₃	M	a	参考长度	a ₂ max	a ₂ min	a ₂
						100+t ₁			
						100+t ₁			
						100+t ₁			
注：M=min(t₁, t₂, t₃)/3 a=(t₂-t₁)/2 100-M·a≤a₂≤100+M·a 当实测 a₂超出最大最小值范围，说明偏差超过标准范围，应进行纠正。									

参 考 文 献

- [1] 中国船级社，船体结构建造监控指南（2017）
 - [2] 中国船级社，智能船舶规范（2023）
-

