

ICS 77.180

CCS H 92

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 14916—2024

内胆式玻璃钢整体复合电解槽

FRP integral compound electrolytic cell with inner tank type

2024-07-05 发布

2025-01-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 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 型式与基本参数 1

5 技术要求 3

 5.1 原材料要求 3

 5.2 尺寸允许偏差要求 3

 5.3 材料性能 3

 5.4 一般要求 3

6 试验方法 3

7 检测规则 4

8 标志、运输和贮存 5

附录 A（规范性） 内胆式玻璃钢整体复合电解槽结构性能试验方法 8

图 1 内胆式玻璃钢整体复合电解槽

图 A.1 试验仪器设备安装示意图 1

图 A.2 试验仪器设备安装示意图 2

表 1 内胆式玻璃钢整体复合电解槽基本尺寸

表 2 电解槽尺寸允许偏差

表 3 玻璃钢内胆及钢筋混凝土结构性能

表 4 尺寸稳定性检验

表 A.1 主要试验仪器设备

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国冶金设备标准化技术委员会（SAC/TC409）归口。

本文件起草单位：铜陵四通环境科技有限公司，华东理工大学华昌聚合物有限公司，中国重型机械研究院股份公司。

本文件主要起草人：梅士银、王成友、胡丽红、孙学平、刘世强、朱万根、夏娟、刘勇、孙凡、焦真超。

内胆式玻璃钢整体复合电解槽

1 范围

本文件规定了内胆式玻璃钢整体复合电解槽的结构、基本尺寸和技术要求,描述了相应的试验方法,规定了检验规则、标志、运输与贮存。

本文件适用于有色金属湿法冶炼行业用内胆式玻璃钢整体复合电解槽的制造,其他类似的不同使用环境的内胆式玻璃钢整体复合电解槽的制造参照使用。

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,不注明日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 1448 纤维增强塑料压缩性能试验方法

GB/T 1449 纤维增强塑料弯曲性能试验方法

GB/T 1450.1 纤维增强塑料层间剪切强度试验方法

GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋

GB/T 3139 玻璃增强塑料导热系数试验方法

GB/T 3961 纤维增强塑料术语

GB/T 31838.2 固体绝缘材料 介电和电阻特性 第2部分:电阻特性(DC方法) 体积电阻和体积电阻率

GB 50010—2010 混凝土结构设计规范(2015版)

GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准

GB/T 50590—2010 乙烯基树脂防腐蚀工程技术规范

DL/T 5150 水工混凝土试验规程

HG/T 20696-2018 纤维增强塑料化工设备技术规范

JGJ/T 23 回弹法检测混凝土抗压强度技术规程

3 术语和定义

GB/T 3961界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

玻璃钢 fibre reinforced plastics

FRP或GFRP

以玻璃纤维为增强体,以聚合物为基体的复合材料。

[来源:GB/T 3961—2009, 3.1.1, 有修改]

注:本文件的聚合物为环氧乙烯基酯树脂。

3.2

内胆式玻璃钢整体复合电解槽 FRP integral compound electrolytic cell with inner tank type

采用分部制造，通过工字型FRP连接件将玻璃钢内胆与钢筋混凝土连成一体的复合结构电解槽。

3.3

玻璃钢内胆 the FRP tank

以乙烯基酯树脂为胶接材料、玻璃纤维布和毡、有机纤维等为增强材料，采用手糊工艺在定型钢制模板上制作出来的玻璃钢内胆结构。

3.4

钢筋混凝土承载结构层 the bearing structure layer of reinforced concrete

以水泥为胶接材料、石英质碎石为增强骨料、加入钢筋混合浇筑的钢筋混凝土承载结构层。

3.5

放泥孔 the PRE-Formed hole for discharging anodic sludge

电解槽槽底留有的用于排放电解液里面固体杂质部分的放液口。

注：材质一般为FRP，提前预制，与内胆成型时粘接在一起。根据槽型不同铅、锌电解槽没有。

3.6

放液孔 the PRE-Formed hole for discharging electrolyte

电解槽槽底留有的用于排放电解槽里面电解液的放液口。

注：高度高于放泥孔，材质一般为FRP，提前预制，与内胆成型时粘接在一起。根据槽型不同铅、锌电解槽没有。

3.7

溢流盒 the overflow box

电解槽端头镶嵌的用于控制槽内液面高度，实现电解液循环的放液口。

注：材质一般为FRP，提前预制，槽体成型后，安装在预留的位置内或与内胆玻璃钢一次性成型。

3.8

满水试验 water seepage test

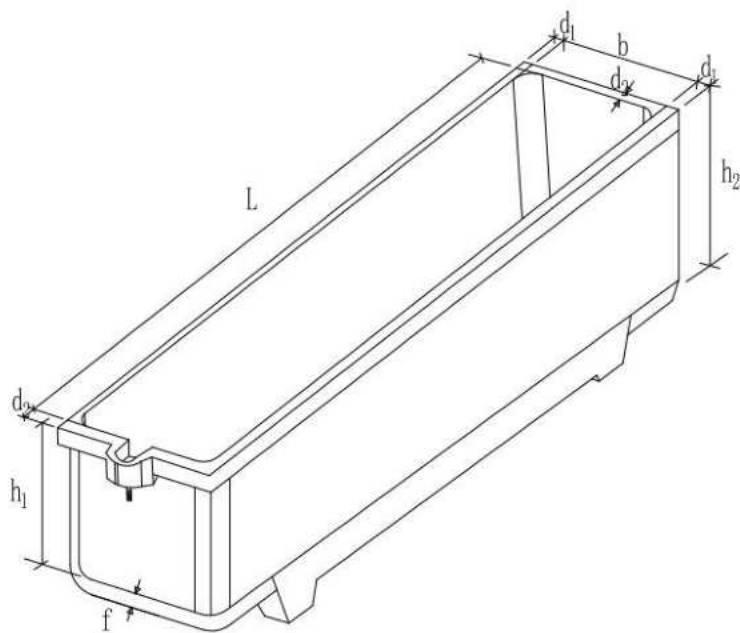
电解槽安装前模拟实际使用环境的试验。

注：对电解槽内放水至槽口溢流盒溢流位置，测试电解槽的渗漏性及结构承载能力。

4 结构与基本尺寸

4.1 结构与基本尺寸

内胆式玻璃钢整体复合电解槽（以下简称“电解槽”）结构与基本尺寸见图1和表1。



标引序号说明：
 L —电解槽内腔长度；
 b —电解槽内腔宽度；
 h_1 、 h_2 —电解槽内腔高（深）度；
 d_1 —电解槽侧壁厚度；
 d_2 —电解槽端壁厚度；
 f —电解槽底部厚度。

图 1 内胆式玻璃钢整体复合电解槽

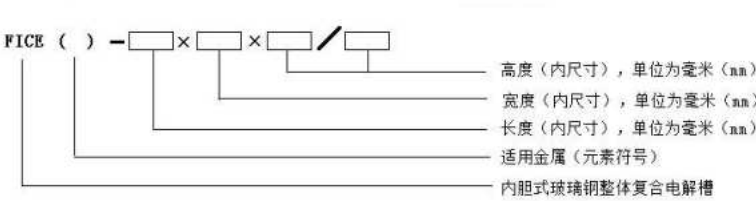
表 1 内胆式玻璃钢整体复合电解槽基本尺寸

单位为毫米

型式	电解槽内腔 长度 L	电解槽内腔 宽度 b	电解槽内腔 高度 h_1	电解槽内腔 高度 h_2	电解槽侧壁 厚度 d_1	电解槽端壁 厚度 d_2	电解槽底部 厚度 f
Cu电解槽	5840	1170	1400	1600	96	115	120
Zn电解槽	4700	940	1650	1650	96	96	100
Pb电解槽	5850	1000	1620	1620	130	130	150

4.2 标记方法

4.2.1 型号表示方法



4.2.2 标记示例

示例：用于铜冶炼的内胆式玻璃钢整体复合电解槽，内腔长度 $L=5840\text{mm}$ ，内腔宽度 $b=1170\text{mm}$ ，槽底为坡度设计，高度 $h_1=1400\text{mm}$ 、 $h_2=1600\text{mm}$ ，标记为：

电解槽 FICE (Cu) -5840×1170×1400/1600 JB/T 14916—2024

5 技术要求

5.1 原材料要求

- 5.1.1 生产电解槽用的各种原材料应符合现行国家标准、行业标准的规定，并应有产品质量合格证明文件。
- 5.1.2 乙烯基酯树脂的质量应符合 GB/T 50590—2010 中规定的环氧甲基丙烯酸型。
- 5.1.3 玻璃纤维采用非石蜡乳液型的无捻、无碱、粗纱、平纹方格布和毡。材料性能应符合 HG/T 20696 的规定。
- 5.1.4 涤纶布涤纶含量大于 99%，品种为无腊、无捻粗纱。材料的性能应符合 HG/T 20696 的规定。
- 5.1.5 表面毡采用聚酯表面毡。材料的质量应符合 HG/T 20696 的规定。
- 5.1.6 钢筋混凝土结构选用的混凝土等级不低于 C35，抗渗等级为 S6。材料的质量应符合 GB 50010 的规定。
- 5.1.7 混凝土结构的钢筋可选用 GB 50010—2010（2015 版）中规定的 HRB400 钢筋。

5.2 尺寸允许偏差要求

电解槽的长度，宽度，高度，对角线和槽面对角线长度尺寸允许偏差见表 2。

表 2 电解槽尺寸允许偏差 单位为毫米

槽体项目		允许偏差			
		槽上沿长度	槽上沿宽度	槽体高度	槽面对角线长度
外形尺寸公差检测	槽体长度≤6500毫米	±2	±2	±2	±5
	槽体长度>6500毫米	±3	±3	±3	±8

5.3 材料性能

电解槽的玻璃钢内胆及钢筋混凝土材料性能应符合表 3 的要求。

表 3 玻璃钢内胆及钢筋混凝土结构性能

项目	玻璃钢内胆指标	钢筋混凝土指标
抗压强度/MPa	≥ 200	≥35.0

抗折强度/MPa	≥ 200	≥ 5.0
弯曲弹性模量/GPa	≥ 9.0	≥ 3.15
体积电阻率/($\Omega \cdot m$)	$\geq 5.5 \times 10^{14}$	≥ 1300
热导率/[W/(m·K)]	$0.4 \sim 1.0$	$1.0 \sim 2.0$
线膨胀系数/ k^{-1}	$\leq 2.0 \times 10^{-5}$	$\leq 0.7 \times 10^{-5}$

5.4 一般要求

5.4.1 外观要求如下：

内表面外观要求：光滑平整，无裂纹，不应存在影响槽体使用性能的划痕，砂眼，允许存在气泡的直径最大不应超过 4mm，而且每平方米内直径大于 3mm 的气泡不应多于 2 处。

外表面外观要求：光滑平整，无裂纹。

5.4.2 满水试验要求如下：

槽体注水24h无渗漏，无裂纹。

5.4.3 尺寸稳定性检验见表 4。

表4 尺寸稳定性检验

项 目		指 标
尺寸稳定性检验 (试验载荷为实际工况的 1.2 倍,实验水温应比电解槽正常工况温度高 10℃)	长侧壁百分表最大测量值/mm	$\leq$ 槽体长度的 1/1000
	短侧壁百分表最大测量值/mm	
	底板百分表最大测量值/mm	
	试验后表观现象	槽体无裂纹
表观检测中需要进行气泡修补,则需在气泡修补前进行满水试验。若满水试验合格,则通过修补合格后即可进行其他检验;若满水试验不合格,则不必修补,直接判为废品。		
注:尺寸稳定性试验中百分表测量值包含电解槽各部分的自身变形和槽体热膨胀引起的变形。		

6 试验方法

6.1 抗压强度

玻璃钢内胆抗压强度按GB/T 1448进行。

混凝土结构抗压强度按GB/T 50081进行。

6.2 抗折强度

玻璃钢内胆按抗折强度按GB/T 1450.1进行。

混凝土结构抗折强度按GB/T 50081进行。

6.3 弯曲弹性模量

玻璃钢内胆弯曲弹性模量按GB/T 1449进行。

混凝土结构弯曲弹性模量按GB/T 50081进行。

6.4 体积电阻率

体积电阻率按GB/T 31838.2 进行。

6.5 热导率

玻璃钢内胆热导率按GB/T 3139进行。

混凝土结构热导率按GB/T 50081进行。

6.6 线膨胀系数

线膨胀系数按DL/T 5150进行。

6.7 外观检测

外观检测采用目测。

6.8 外形尺寸公差检测

用标准钢卷尺和钢板尺沿电解槽待测尺寸方向随机测量3次，取平均值，该平均值与设计尺寸的偏差即为检测结果。

6.9 满水试验

在实验平台上按电解槽实际支撑工况固定支撑座，将电解槽安放定位。塞住排水口，向槽内注水（常温）至溢流口位置，保持24h。可在电解槽面设置U行卡箍等保护装置以阻止槽体发生形变；平台及支撑座应有足够的强度及刚性。

6.10 尺寸稳定性试验

通过载荷温度模拟实验进行电解槽尺寸稳定性检测。试验载荷为电解槽实际工况的1.2倍；试验水温应比电解槽实际工况温度高10℃。检测方法按照附录A的规定。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 电解槽的出厂前应按照 5.2、5.3、5.4 的要求进行检验。

7.2.2 出厂检验由工厂检验部门进行，每个电解槽经检验合格并附有产品质量合格证方可出厂。

7.3 型式检验

7.3.1 检验条件

下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 产品首制成功并投入正常生产前；
- b) 当遇到材料、工艺有较大变动，可能影响产品性能时；
- c) 国家质量监督部门提出进行型式试验要求时；
- d) 合同规定时。

7.3.2 检测项目

检验项目按照7.2.1的规定。

7.4 抽样规则

7.4.1 出厂检验抽样

出厂检验时，产品应由制造厂质检部门100%检验。

7.4.2 型式检验抽样

型式检验时，电解槽玻璃钢内胆及钢筋混凝土应在电解槽浇铸过程中随机抽取，不允许另行配制。制备的待检试件应为3组，每组的试件个数应符合相应的检验标准规定。一组用来首次检验，如果不合格，另两组用来加倍抽样复检。

8 标志、运输和贮存

8.1 标志

电解槽的标牌应固定在醒目的地方，并标明下列内容：

- a) 制造厂的名称或商标；
- b) 产品名称和型号；
- c) 项目名称和产品流水号；
- d) 生产日期。

8.2 包装

裸装。

8.3 运输

产品运输过程中应轻装、轻卸；产品的捆扎应采用柔性吊装带等索具，不应使用钢丝绳等；产品与产品、产品与运输工具之间应相对固定，接触面应垫木块或橡胶垫等材料，避免硬性碰撞。

8.4 贮存

产品应按类型分类放置：存放地应平坦、整洁、远离火源，避免高温及日晒雨淋。

附 录 A
(规范性)
内胆式玻璃钢整体复合电解槽结构性能试验方法

A.1 范围

本方法适用于内胆式玻璃钢整体复合电解槽结构性能的测定。

A.2 主要试验仪器设备

主要试验仪器设备见表A.1。

表A.1 主要试验仪器设备

序号	名 称	规格及型号	数 量	备注
1	百分表	0~30mm	2块	跨中
2	百分表	0~10mm	8块	
3	磁性表座	CZ6-I	10个	
4	砼裂缝观察仪	KS-0.05型 (0.05mm)	2台	
5	砼钢筋检测仪	ZBL-R610型 (10mm~130mm)	1台	
6	回弹仪	ZC3-A型	1台	
7	照明式放大观察镜	30倍	2台	
8	温度计	0~200℃	2支	
9	磅秤	500kg	1台	
10	沉降度观察仪	0.1mm	1台	

A.3 试验条件

- A.3.1 采用非破坏性试验（试验载荷按照设计图的要求最后超加20%）。
- A.3.2 支撑方式：跨度4070mm 两端悬臂1000mm，一端为铰支承、另一端为滚动支承（详情见图A.1）。
- A.3.3 采用均布分级加载砝码（共分七级加载），加载物砝码可采用电解铜阳极板实物。
- A.3.4 试验槽内加水，水温控制应比电解槽的正常工况温度高10℃。

A.4 测量点布置

根据电解槽的结构和载荷特点，基本为对称形态，近似认为电解槽产生的形变是对称的。在电解槽的底板分别取10个点安装百分表，仪器设备的安装见图A.1、图A.2。

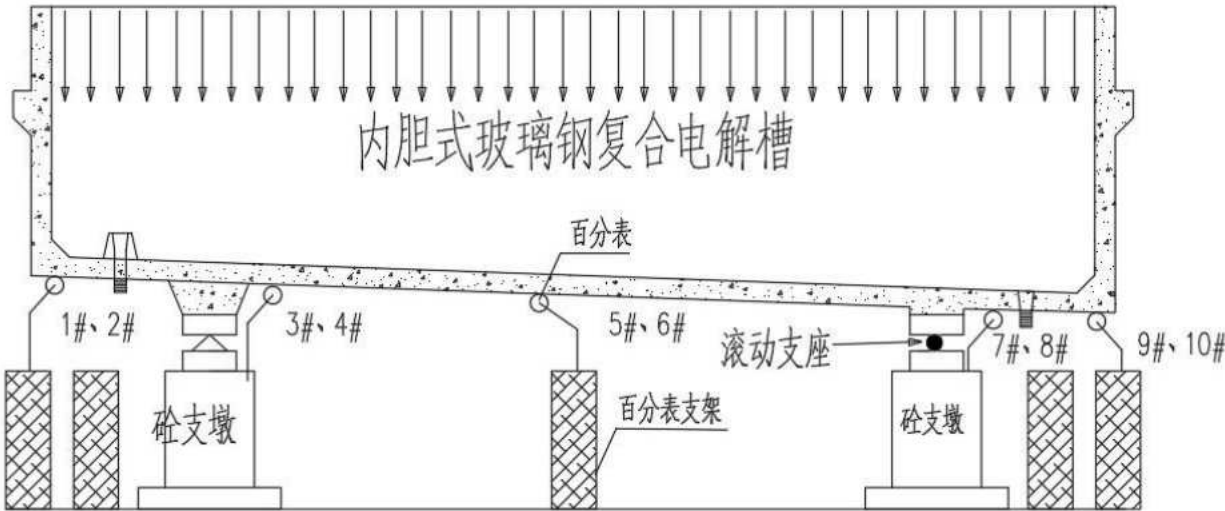


图 A.1 仪表设备安装示意图 1

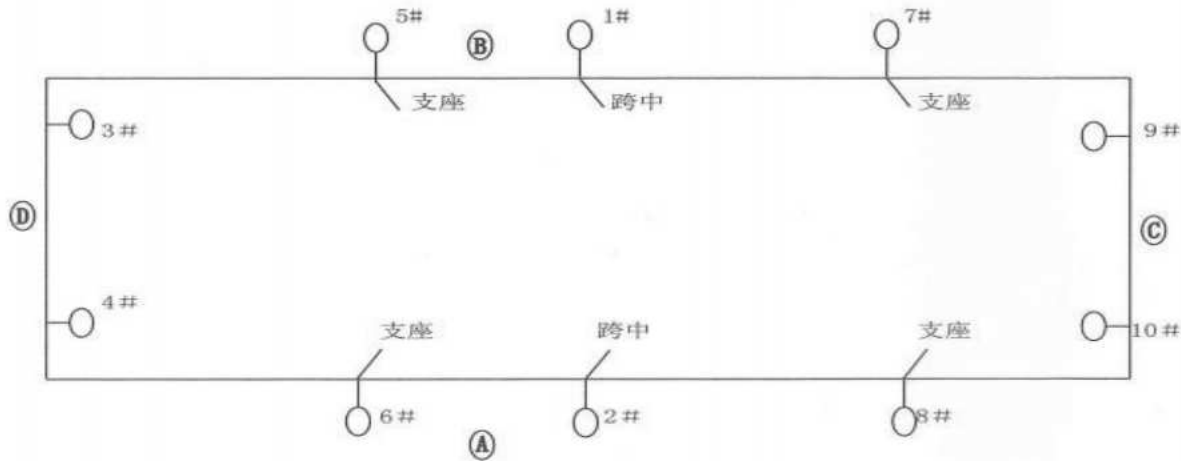


图 A.2 仪表设备布置示意图 2

A.5 试验内容及方法

- A.5.1 在试验支座上按电解槽实际支撑工况固定支撑座，将电解槽安放定位，标记测量点位置。支撑座应有足够的强度及刚性，并保证电解槽安放完毕后两端的水平高度差不大于5mm。
- A.5.2 固定百分表支架，通过支架在每一个测量点处放置一块百分表，并将百分表调至基准点。在试验过程中应确定百分表安装牢固以及支撑不发生移动、变形。
- A.5.3 在槽体内安装加热器和温度计，常温下向槽内注满水，并在槽体上沿按载荷实际分布情况加载砝码，保证水和砝码总重量为实际工况中最大荷载的1.2倍。加载结束后，每间隔2h记录一次百分表读数，待百分表数值稳定后进行下步。
- A.5.4 采用加热器对槽体内水进行加热处理，加热过程中每间隔2h记录一次百分表读数。
- A.5.5 当升至试验水温时使水温保持恒定。待百分表读数稳定后开始计时，恒温恒载20h。恒温恒载过程中每间隔2h记录一次百分表读数。

- A.5.6 关闭加热器,停止加热,使电解槽内水温自然降温至常温,自停止加热起每间隔2h记录一次百分表读数,待百分表数值恒定后进行下一步
- A.5.7 卸载砝码和水,自卸载完成后每间隔2h记录一次百分表读数,待百分表读数恒定后结束试验
- A.5.8 分别取长侧壁、短侧壁和底板各测量点的百分表最大测量值(须排除电解槽整体移动造成的误差)为其检测结果,并对电解槽表观进行检测
- A.5.9 钢筋保护层厚度(mm)检测:检测A侧面、B侧面以及底板分别取10个点进行检测;
- A.5.10 砼强度及碳化深度检测:检测A侧面、B侧面、C侧面、D侧面以及底板分别取10个点进行检测取检测平均碳化值推算砼强度值;
- A.5.11 裂缝检测:经加载至规定载荷、水温、恒载16h后观察,内胆式玻璃钢电解槽均无裂缝,分别对A侧面、B侧面、C侧面、D侧面以及底板进行裂缝观测,采用30倍照明式放大观察镜;
- A.5.12 挠度及位移监测:按要求分6次加载,分四次依次加载至设计荷载,分别读数,静置16h,再次读数,再分别加载至设计荷载的1.1及1.2倍分别读数;

A.6 试验记录及计算

电解槽整体抗压强度、裂纹检测、挠度检测,跨中及两端位移值。

A.7 试验结果

- A.7.1 钢筋保护层厚度。
- A.7.2 砼强度及碳化深度:根据检测平均碳化值推算砼强度值,按照JGJ/T23相关公式进行计算。
- A.7.3 裂纹检测,根据电解槽运行环境温度及最大运行荷载特点,加载至试验报告1.1倍,1.2倍最大运行荷载时,保持电解槽运行温度,16h,观察电解槽是否有裂纹。
- A.7.4 挠度检测,通过对电解槽施加不同等级载荷,记录10个百分表的数据,记录最大位移量。看最大位移量是否满足表4的要求。满足则判定为电解槽符合结构设计和规范要求。

A.8 试验报告

应至少包括如下内容:

- 试样来源,名称及原材料的品种规格;
 - 试验项目,试验时间,试验地点,试验仪器;
 - 试验方法的标准号及试验依据;
 - 试验结果;
 - 实验照片。
-