

ICS 59.100
CCS Q 50



中华人民共和国国家标准

GB/T 35922—2025

代替 GB/T 35922—2018

不透性石墨浸渍耐蚀作业技术规范

Technical specification of impregnation for impervious graphite

2025-12-02 发布

2026-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准管理委员会 发布

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 浸渍工艺评定	2
5 材料	2
6 设备	2
7 浸渍、热处理作业	2
8 检验和验收	3
9 标记、贮存和管理	3
附录 A (规范性) 石墨元件浸渍与热处理	4
附录 B (规范性) 浸渍工艺评定	6
附录 C (规范性) 浸渍工艺评定报告	8
附录 D (规范性) 浸渍工艺指导书	12
附录 E (规范性) 浸渍剂的性能及配制	13
附录 F (资料性) 浸渍过程记录表	15
附录 G (资料性) 热处理过程记录表	16
参考文献	17

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。

本文件代替 GB/T 35922—2018《不透性石墨浸渍耐蚀作业技术规范》，与 GB/T 35922—2018 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了术语“热处理”和定义(见 3.4)；
- b) 增加了“石墨浸渍工艺评定应在本单位进行”(见 4.4)；
- c) 删除了“技术要求”，更改了“检验和验收”“标记、贮存和管理”章节，增加了“浸渍工艺评定”“材料”“设备”“浸渍、热处理作业”章节(见第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 7 章、第 8 章、第 9 章，2018 年版的第 4 章、第 5 章、第 6 章)；
- d) 增加了“浸渍釜和热处理釜排放应设置净化环保设施”的要求(见 6.6)；
- e) 增加了石墨元件可以进行“气压试验”“压力试验采用的压力表”“压力试验结果判定”的要求(见 8.2、8.3、8.4)；
- f) 将“附录 A”“附录 B”“附录 C”“附录 D”表内的“引用标准”更改为“执行标准”、“责任工程师”更改为“浸渍责任工程师”、“批准人”更改为“技术负责人”，同时更改了 A.1、B.2、表 A.1、表 A.2 部分内容，增加了 C.1、C.2 内容(见附录 A、附录 B、附录 C、附录 D，2018 年版的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D)。

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。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由全国腐蚀控制标准化技术委员会(SAC/TC 381)归口。

本文件起草单位：南通山剑防腐科技有限公司、南通星球石墨股份有限公司、江苏久信环保节能有限公司、江苏省特种设备安全监督检验研究院、南通三鑫碳素石墨设备有限公司、贵州兰鑫石墨机电设备制造有限公司、南通润中石墨设备有限公司、南通京通石墨设备有限公司、山东赫达碳能科技有限公司、湖北世纪伟业防腐科技有限公司、南通远东化工设备有限公司、中蚀国际腐蚀控制工程技术研究院(北京)有限公司、中国腐蚀控制技术协会。

本文件主要起草人：黄晓东、张艺、仇晓丰、顾建平、钱尉兵、杨颖、冯帅、杨钧、李振建、薛家伟、王秦岭、潘小洁、王贵明、陈小慧、陈钧、张玉霞、谢一玫、王晓梁、曹蓉蓉、罗祥丽、张福广、喻鹏、曹晨飞、陆俊、迟明高、武荣斌、邢峻、刘拥。

本文件于 2018 年首次发布，本次为第一次修订。

不透性石墨浸渍耐蚀作业技术规范

1 范围

本文件规定了不透性石墨元件浸渍耐蚀作业的浸渍工艺评定、材料、设备、浸渍、热处理作业、检验和验收、标记、贮存和管理等。

本文件适用于以下石墨设备的不透性石墨元件浸渍作业：

- 最大工作压力不大于 2.4 MPa；
- 设计温度在 $-70^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ 。

本文件不适用于下列石墨设备：

- 核能装置中的石墨容器；
- 浇铸类石墨设备。

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 13465.1 不透性石墨材料试验方法 第 1 部分：总则
- GB/T 13465.2 不透性石墨材料试验方法 第 2 部分：抗弯强度
- GB/T 13465.3 不透性石墨材料试验方法 第 3 部分：抗压强度
- GB/T 13465.7 不透性石墨增重率和填孔率试验方法
- GB/T 13465.10 不透性石墨材料试验方法 第 10 部分：抗拉强度
- GB/T 21432 石墨制压力容器
- GB/T 30071 细颗粒高密度特种石墨产品
- HG/T 2060 浸渍石墨增重率和填孔率的试验方法
- HG/T 2370 不透性石墨制化工设备技术条件
- YB/T 2818 石墨块
- YB/T 4088 石墨电极

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

不透性石墨 **impervious graphite**

现行工业层面上(即在不高的压力、温度条件下)不渗透液体和气体的石墨材料。

注：常见的有浸渍石墨、压型(包括挤压和模压)石墨、浇注石墨和复合石墨。

[来源：GB/T 21432—2021, 3.5, 有修改]

3.2

浸渍石墨 **impregnated graphite**

将有机或无机液体材料(浸渍剂)压入石墨材料的空隙中,使其固化而形成的材料。

注：常见的有酚醛浸渍石墨、呋喃浸渍石墨、聚四氟乙烯浸渍石墨、水玻璃浸渍石墨等。

3.3

浸渍剂 **impregnation agent**

浸渍于炭或石墨材料孔隙中的材料。

[来源:GB/T 21432—2021,3.9,有修改]

3.4

热处理 **heat treatment**

在加热、加压环境下,使浸入石墨微孔中的树脂、无机物固化(或塑化)的工艺过程。

4 浸渍工艺评定

- 4.1 石墨元件的浸渍工艺分为浸渍与热处理(热固化),见附录 A。
- 4.2 浸渍工艺的评定应符合附录 B 的规定。
- 4.3 浸渍工艺技术文件应符合附录 A、附录 C 及附录 D 的规定。
- 4.4 石墨浸渍工艺评定应在本单位进行。
- 4.5 变更浸渍前石墨元件烘干过程及浸渍、固化过程中的任一重要因素,应重新评定浸渍工艺,见 B.3.2。

5 材料

5.1 浸渍剂

5.1.1 采购浸渍剂时,供方应提供相关的质量证明文件。进厂后,经检验合格的材料应做出标识,并按要求贮存在规定的场所。

5.1.2 浸渍剂的性能及配制,应符合附录 E 的规定。

5.2 石墨元件

5.2.1 石墨材料应符合 GB/T 30071、YB/T 2818、YB/T 4088 的规定。

5.2.2 浸渍前,石墨元件的表面应无油污、杂质。

6 设备

6.1 浸渍釜、热处理釜应符合相应安全技术规范的规定。

6.2 浸渍和热处理过程中使用的阀门应定期检查,安全可靠。安全阀等安全附件应定期检验。

6.3 真空泵、压缩机按工艺要求选取,其中真空泵的真空度应不小于 0.094 MPa,压缩机的工作压力应不小于 0.6 MPa。

6.4 热处理用的压力表应经检定合格;测温计、自动温度记录仪应校准合格,并在有效期内使用,每次使用前都应进行检查。

6.5 支承和起吊石墨元件的吊篮应安全、结实,使用方便。

6.6 浸渍釜和热处理釜排放应设置净化环保设施。

7 浸渍、热处理作业

7.1 操作人员应是经过单位培训、考核合格的持证人员;操作人员的评价可依据 T/CCCTA 0041 执行。

- 7.2 浸渍工艺操作人员应熟悉浸渍工艺技术文件,如实填写操作记录表。操作记录表见附录 F、附录 G。
- 7.3 浸渍时操作人员应配备相应的防护用品,包括但不限于工作服、手套、眼镜等。
- 7.4 与浸渍剂接触的石墨元件、吊篮等应清洗干净、不含油,以免破坏浸渍性能。
- 7.5 根据浸渍工艺,选择所需浸渍剂,浸渍时的环境条件应满足浸渍工艺的要求。
- 7.6 石墨元件表面清除干净,在烘干专用设备中不低于 130 ℃条件下,做干燥处理,并符合工艺要求。
- 7.7 石墨元件烘干后放入浸渍釜内,抽真空并停留一段时间,利用浸渍釜内真空把浸渍剂吸入;待浸渍剂液面高于石墨件 15 cm 以上后,停止抽吸,然后加压,压力与保压时间应符合浸渍工艺文件要求。
- 7.8 将取出的石墨元件表面多余的浸渍剂清除后,放入热处理釜内,加压、加热,压力与升温曲线应符合浸渍工艺文件要求。
- 7.9 浸渍和热处理过程中,应严格执行浸渍和热处理工艺文件要求。
- 7.10 石墨管宜竖立浸渍。

8 检验和验收

- 8.1 浸渍后的石墨元件表面应无明显的树脂瘤,光滑平整,无裂痕;密封面不应有影响密封性能的缺陷。
- 8.2 压力试验应按下列要求进行。
- 浸渍石墨管按设计压力的 2 倍进行水压试验,保压 10 min,不泄漏为合格;或按设计压力的 2 倍进行气压试验,水下保压 5 min(或将石墨管密封后,以不低于 0.5 级的数字压力计来监控试验压力的变化,保压 10 s),不泄漏为合格。
 - 石墨圆筒元件按设计压力的 1.25 倍进行水压试验,保压 10 min,不泄漏为合格;或按设计压力的 1.1 倍进行气压试验,保压 5 min,不泄漏为合格。
 - 块孔式石墨换热器的石墨元件按设计压力的 1.5 倍进行水压试验,保压 10 min,不泄漏为合格;或按设计压力的 1.1 倍进行气压试验,保压 5 min,不泄漏为合格。
- 8.3 压力试验采用的压力表,应使用 2 个量程相同的并经检定合格的压力表。压力表的量程应为 1.5 倍~3 倍的试验压力,宜为试验压力的 2 倍。压力表的精度等级不应低于 1.6 级,表盘直径不应小于 100 mm。
- 8.4 石墨元件水压试验和水下气压试验结果的判定如下:
- 在进行水压试验过程中,石墨元件应无渗漏、裂纹及破裂现象,试验过程中无异常的响声。
 - 在保持压力期间,压力表的数值无明显下降,降至设计压力时确认所有密封部位无泄漏为合格。



9 标记、贮存和管理

- 9.1 未浸渍与已浸渍、检验合格的与不合格的石墨元件应分别存放,做好标识,避免污染,并设专人负责。
- 9.2 待组装的石墨元件应做出标记,并标出其所在设备的产品编号。
- 9.3 石墨元件浸渍技术文件及作业记录应归档,压力容器保管期应按 GB/T 21432 的规定执行,非压力容器保管期 3 年。

附录 A
(规范性)
石墨元件浸渍与热处理

- A.1 浸渍责任人编制浸渍、热处理规程，并拟定“工艺指导书”，经技术负责人审核批准，进行工艺评定。
A.2 石墨元件浸渍工序内容应符合表 A.1 的规定，浸渍过程记录表见附录 F。石墨元件热处理工序内容应符合表 A.2 的规定，热处理过程记录表见附录 G。

表 A.1 石墨元件浸渍工序

编号：

1. 目的	
2. 执行标准	
3. 浸渍剂	
4. 浸渍前石墨元件的准备	
5. 浸渍人员资质	
6. 设备	
7. 浸渍操作规程及注意事项	
8. 安全规程	
9. 浸渍记录文件存档	
编制部门：	(签字、盖公章)
	年 月 日

表 A.2 石墨元件热处理工序

编号：

1. 目的	
2. 执行标准	
3. 热处理人员资质	
4. 设备	
5. 热处理操作规程及注意事项	
6. 安全规程	
7. 热处理记录文件存档	
编制部门： 	(签字、盖公章)
	年 月 日

附录 B
(规范性)
浸渍工艺评定

B.1 评定条件

浸渍工艺评定应在试件浸渍前完成。

B.2 评定过程

浸渍工艺评定一般过程为:根据石墨材料性能和浸渍剂性能,按照设计文件和制造工艺要求拟定浸渍工艺指导书,浸渍试件和制取试样,检验试件和试样,测定浸渍深度、材料力学性能是否满足设计要求,提出浸渍工艺评定报告,对浸渍工艺指导书进行评定。

浸渍工艺评定验证浸渍单位拟定的浸渍工艺的正确性,并评定浸渍单位的能力。

B.3 评定规则

B.3.1 试件的准备

试件按 GB/T 13465.1 准备,应满足制取标准抗拉强度、抗弯强度、抗压强度试样 10 件的规定。

B.3.2 浸渍工艺

变更如下任何一个重要因素都需重新评定浸渍工艺:

- 浸渍件表面杂物的改变;
- 浸渍剂牌号的改变;
- 浸渍剂生产厂商的改变;
- 烘房干燥的温度和时间的改变;
- 真空和压力的改变;
- 任何聚合温度或时间的改变;
- 石墨件拼接间隙的改变;
- 石墨材料密度的改变。

B.4 性能试验

B.4.1 试验方法

B.4.1.1 抗拉强度试验按 GB/T 13465.10 的规定执行。

B.4.1.2 抗压强度试验按 GB/T 13465.3 的规定执行。

B.4.1.3 抗弯强度试验按 GB/T 13465.2 的规定执行。

B.4.1.4 增重率试验按 GB/T 13465.7、HG/T 2060 的规定执行。

B.4.2 判定方法

B.4.2.1 抗拉试样每个试样的强度性能试验数值应不低于被浸渍件材料标准规定的最低值;其余试样

按 GB/T 13465.1 进行评定。

B.4.2.2 石墨材料浸渍后增重率、抗拉强度、抗弯强度、抗压强度应符合 HG/T 2370 或设计文件的规定。

B.4.2.3 应对测试试样的增重率、抗拉强度、抗弯强度、抗压强度性能结果出具报告。



附录 C
(规范性)
浸渍工艺评定报告

C.1 对直接影响浸渍后石墨元件质量的抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和增重率进行室温和材料最高允许使用温度下的性能评定,浸渍工艺评定报告书格式应符合表 C.1、表 C.2、表 C.3 的规定。

C.2 对用于毒性危害程度为极度或高度危害介质的浸渍后石墨元件,除对室温和材料最高允许使用温度下的抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和增重率性能进行评定外,还需参照 GB/T 21432 做室温和材料最高允许使用温度下的渗透系数的评定。



表 C.1 浸渍工艺评定报告(抗拉强度、增重率)

编号：

日期：

1. 试件					
厂商	材料批号		体积密度/(kg/m ³)		
2. 浸渍剂					
厂商	牌号/批号		黏度		
3. 浸渍工艺参数					
仪器、设备名称/型号/编号	最高真空度/MPa	最高压力/MPa	保压时间/h	浸渍次数	
4. 热处理参数					
仪器、设备名称/型号/编号	最高温度/℃	最高压力/MPa	保温时间/h	次数	
5. 试样					
外形尺寸/编号	数量				
6. 执行标准					
GB/T 13465.7、GB/T 13465.10、HG/T 2060					
7. 试验数据					
序号	试样编号	浸渍增重率			力学性能
		浸渍前重量/g	浸渍后重量/g	增重率/%	抗拉强度/MPa
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

试验人员：

(签名)

年 月 日

浸渍责任人：

(签名)

年 月 日

表 C.2 浸渍工艺评定报告(抗压强度、增重率)

编号：	日期：				
1. 试件					
厂商	材料批号		体积密度/(kg/m ³)		
2. 浸渍剂					
厂商	牌号/批号		黏度		
3. 浸渍工艺参数					
仪器、设备名称/型号/编号	最高真空度/MPa	最高压力/MPa	保压时间/h	浸渍次数	
4. 热处理参数					
仪器、设备名称/型号/编号	最高温度/℃	最高压力/MPa	保温时间/h	次数	
5. 试样					
外形尺寸/编号	数量				
6. 执行标准					
GB/T 13465.3、GB/T 13465.7、HG/T 2060					
7. 试验数据					
序号	试样编号	浸渍增重率			力学性能
		浸渍前重量/g	浸渍后重量/g	增重率/%	抗压强度/MPa
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

试验人员：

(签名)

年 月 日

浸渍责任人：

(签名)

年 月 日

表 C.3 浸渍工艺评定报告(抗弯强度、增重率)

编号：

日期：

1. 试件				
厂商	材料批号		体积密度/(kg/m ³)	
2. 浸渍剂				
厂商	牌号		黏度	
3. 浸渍工艺参数				
仪器、设备名称/型号/编号	最高真空度/MPa	最高压力/MPa	保压时间/h	浸渍次数
SAC				
4. 热处理参数				
仪器、设备名称/型号/编号	最高温度/℃	最高压力/MPa	保温时间/h	次数
5. 试样				
外形尺寸/编号	数量			
6. 执行标准				
GB/T 13465.2、GB/T 13465.7、HG/T 2060				
7. 试验数据				
序号	试样编号	浸渍增重率		力学性能
		浸渍前重量/g	抗弯强度/MPa	增重率/%
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

试验人员：

(签名)

年 月 日

浸渍责任人：

(签名)

年 月 日

附录 D
(规范性)
浸渍工艺指导书

经工艺评定合格后,下达指导书,实施浸渍作业。浸渍工艺指导书应符合表 D.1 的规定。

表 D.1 浸渍工艺指导书

浸渍工艺指导书编号			日期	
浸渍工艺评定报告编号				
浸渍工艺最高真空度/MPa	最高压力/MPa		浸渍后热处理最高温度/℃	
高温保持时间/h	浸渍次数		浸渍石墨的表面状态	
浸渍剂牌号/批号				
浸渍剂性能指标				
黏度/(Pa·s)	游离酚/%	游离醛/%	水分/%	聚合时间/min
浸渍责任人(签名):		年 月 日		
审批人(签名):		年 月 日		

附录 E
(规范性)
浸渍剂的性能及配制

E.1 浸渍剂的功能要求

- E.1.1 与石墨材料有一定的亲和力,可以在固化(或塑化)后与石墨材料粘接牢固,以利于抗渗与提高材料强度,从这点衡量,酚醛优于呋喃树脂,而聚四氟乙烯最差。
- E.1.2 制成黏度不大的液体,流动性好,以便通过加压能浸润到微细孔隙中。
- E.1.3 通过不太复杂的工艺就可以使已浸润到微孔内的浸渍剂在孔内固化,对此则酚醛最佳,呋喃、环氧其次,聚四氟乙烯则固化温度较高。
- E.1.4 具有一定的耐腐蚀性,耐溶剂性。对比,聚四氟乙烯最优,酚醛、呋喃、环氧、二乙烯苯等各有优点。
- E.1.5 具有一定的耐热性,对此,水玻璃较优,聚四氟乙烯其次,呋喃、酚醛亦好。
- E.1.6 制造成本较低,保存周期较长,可循环使用,对此则酚醛较佳,呋喃、水玻璃其次,PTFE(聚四氟乙烯)成本最高。
- E.1.7 含挥发分及水分尽量少,对此酚醛与呋喃优于其他。

实践证明,热固性酚醛树脂具有最佳的上述综合性能,因而成为至今为止最主要的石墨浸渍剂。而相关标准中浸渍石墨的性能指标,也都针对酚醛浸渍石墨。

E.2 浸渍剂的性能

- E.2.1 浸渍树脂的外观、树脂的黏度范围、树脂的化学成分控制值、树脂的聚合时间、相应数值的检验方法。
- E.2.2 黏度指标不宜大,否则会影响树脂对被浸渍工件的浸渍剂渗透深度。
- E.2.3 浸渍剂的含水量指标应控制,否则会增加浸渍工件的浸渍次数。
- E.2.4 以常用的酚醛树脂浸渍剂为例,其技术指标见表 E.1。

表 E.1 酚醛树脂技术指标

项目	浸渍剂
黏度/(Pa·s)	30~90 ^a
游离酚/%	≤21
游离醛/%	≤4
水分/%	≤20
聚合时间/min	4~5

表中的黏度指标不宜大,否则会影响树脂对被浸渍工件的浸渍剂渗透深度,浸渍剂的含水量指标亦应控制,否则会增加浸渍工件的浸渍次数

^a 漏斗法规定,漏斗孔径 $\phi 7$ mm。

E.3 浸渍树脂的检测

E.3.1 浸渍树脂的外观、树脂的黏度范围、树脂的化学成分控制值、树脂的聚合时间。

E.3.2 以酚醛树脂为例,其技术指标应符合表 E.1 的规定,应检测酚醛树脂中游离酚含量、酚醛树脂中游离醛含量、酚醛树脂中水分含量、酚醛树脂聚合度测试、酚醛树脂黏度测试。

E.4 浸渍树脂的存放

E.4.1 浸渍树脂应存放于避火、避日光照射、通风良好的仓库。

E.4.2 树脂贮存有温度要求的应建立专用保温仓库。

E.4.3 对已添加固化剂的呋喃树脂以及酚醛树脂,应定期抽查树脂黏度,避免爆聚事故。

E.4.4 PTFE 树脂分散液应定期摇匀,并应记录在案。



附录 F
(资料性)
浸渍过程记录表

浸渍操作人员应做详细记录,并将记录表交浸渍责任人存档,石墨浸渍过程记录参照表 F.1。

表 F.1 浸渍过程记录表

工件名称				工件型号			
工件号				工件尺寸			
数量				浸渍次数			
工件重量				增重率			
班次	时间	真空/MPa	压力/MPa	班次	时间	真空/MPa	压力/MPa
	交班留言:  交班人: _____ 接班人: _____						
	备注: 操作(签名): _____ 年 月 日 审核(签名): _____ 年 月 日						

附录 G
(资料性)
热处理过程记录表

浸渍操作人员应做详细记录,并将记录表交浸渍责任人存档,石墨热处理过程记录参照表 G.1。

表 G.1 热处理过程记录表

工件名称				工件型号			
工件号				工件尺寸			
数量				浸渍次数			
工件重量				增重率			
班次	时间	温度/℃	压力/MPa	班次	时间	温度/℃	压力/MPa
	交班留言:						
	交班人(签名): 接班人(签名): 						
	备注:						
	操作(签名): 年 月 日						
	审核(签名): 年 月 日						

参 考 文 献

- [1] TSG 07 特种设备生产和充装单位许可规则
 - [2] TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程
 - [3] T/CCCTA 0041 浸渍操作人员水平评价
-

