

### 有机液体储氢载体

Liquid organic hydrogen carrier

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国电力企业联合会 发布



# 目 次

## 目录

前 言 .....	1
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 分类和标识 .....	2
5 技术要求 .....	3
6 试验检测方法 .....	4
7 检验规则 .....	7
8 标志、包装、运输、贮存 .....	9
附 录 A（资料性附录） 有机液体储氢载体储氢密度测试方法 .....	10



## 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。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由全国电力储能标准化技术委员会(SAC/TC 550)提出并归口。

本标准起草单位：

本标准起草人：

本部分在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心(北京市白广路二条一号, 100761)



# 有机液体储氢载体

## 1 范围

本文件规定了有机液体储氢载体的分类与标记、技术要求、试验方法、检验规则、工作环境、包装运输和贮存要求。

本文件适用于电力储能用有机液体储氢系统的有机液体储氢载体。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 259 石油产品水溶性酸及碱测定法

GB/T 261 闪点的测定 宾斯基-马丁闭口杯法

GB/T 265 石油产品运动粘度测定法和动力粘度计算法

GB 510 石油产品凝点测定法

GB/T 3536 石油产品 闪点和燃点的测定 克利夫兰开口杯法

GB/T 4756 石油液体手工取样法

GB/T 5096 石油产品铜片腐蚀试验法

GB/T 9722 化学试剂 气相色谱法通则

GB/T 11133 石油产品、润滑油和添加剂中水含量的测定 卡尔费休库仑滴定法

GB/T 11140 石油产品硫含量的测定 波长色散X射线荧光光谱法

GB/T 16483 化学品安全技术说明书编写规定

GB/T 17040 石油和石油产品中硫含量的测定（能量色散 X 射线荧光光谱法）

GB/T 23800 有机热载体热稳定性测定

GB 23971 有机热载体

GB/T 27761 热重分析仪失重和剩余量的试验方法

GB/T 29617 数字密度计测试液体密度、相对密度和 API 比重的试验方法

SH/T 0164 石油产品包装贮运及交货验收规则

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 有机液体储氢载体 liquid organic hydrogen carrier, LOHC

在一定条件下能够与氢发生可逆化学反应吸收、释放氢气的液体有机化合物。

#### 3.2 加氢液体 hydrogenated liquid

有机液体储氢载体在催化剂作用下与氢发生加成反应生成的液体有机物。

#### 3.3 储氢密度 hydrogenation density

饱和加氢的有机液体储氢载体,在规定的脱氢条件下最大可释放的氢气质量与有机液体储氢载体质量之比。

#### 3.4 热稳定性 thermal stability

有机液体储氢载体在高温下抵抗化学分解的能力。

#### 3.5 最高允许使用温度 maximum allowable temperature

有机液体储氢载体反应温度范围的上限值,取脱氢反应产生氢气纯度不低于99.5%时的反应温度。

#### 3.6 工作温度范围 operation temperature range

有机液体储氢载体正常使用的反应温度范围。

#### 3.7 载体加氢反应速率

在规定条件下加氢反应完成率达到85%时所用的反应时间。

#### 3.8 载体脱氢反应速率

在规定条件下脱氢反应完成率达到85%时所用的反应时间。

### 4 分类和标识

#### 4.1 分类

有机液体储氢载体按照产品类型进行分类,可分为氮杂环类、苯系物类和其他类,具体分类见表1。

表1 有机液体储氢载体的产品分类

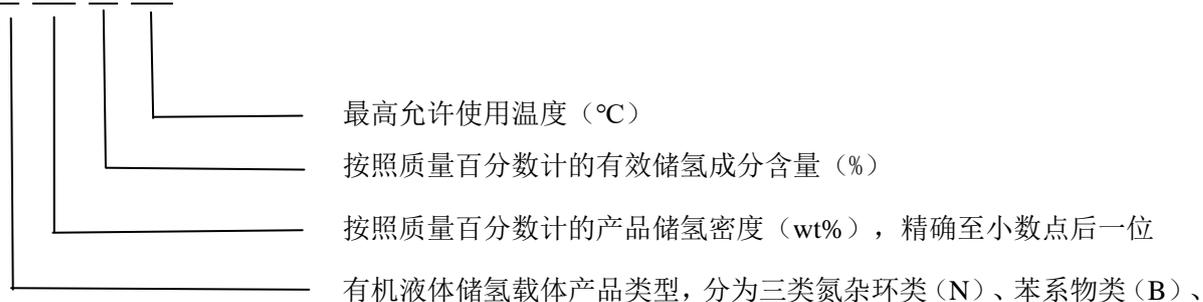
产品品种	N	B	X
产品类型	氮杂环类	苯系物类	其他

## 4.2 标识

### 编码方式

根据产品类型、储氢质量百分数、有效储氢成分含量（质量分数）、最高允许使用温度对产品按照以下方式进行标记：

EES-Y-Y.Y-YY-YYY



其他（X）

示例：

某产品为氮杂环类液体储氢载体，储氢密度5.0%，有效储氢成分含量98%，最高允许使用温度230°C，其产品标记为EES-N-5.0-98-230。

## 5 技术要求

### 5.1 外观

有机液体储氢载体外观应清澈透明，无悬浮物。

### 5.2 运动粘度

有机液体储氢载体在25°C时运动粘度不大于60（mm<sup>2</sup>/s）。

### 5.3 密度

有机液体储氢载体密度（20°C）测量值的允许误差应不超过标识值的±5%。

### 5.4 闭口闪点

有机液体储氢载体闭口闪点不低于130°C。

### 5.5 燃点

有机液体储氢载体燃点应高于最高允许使用温度30°C以上。

### 5.6 凝点

有机液体储氢载体凝点不高于-20°C，且测量值与标识值的允许误差不应超过±2°C。

#### 5.7 总硫含量

有机液体储氢载体总硫含量应不大于30mg/kg。

#### 5.8 氯含量

有机液体储氢载体氯含量应不大于15mg/kg。

#### 5.9 水分

有机液体储氢载体水分含量应不大于1000mg/kg。

#### 5.10 水溶性酸碱

有机液体储氢载体要求不含水溶性酸碱。

#### 5.11 铜片腐蚀

有机液体储氢载体要求不发生铜片腐蚀。

#### 5.12 脱氢气体氢气含量

加氢液体脱氢气体氢气含量（体积分数）不低于99.9%。

#### 5.13 最高允许使用温度

有机液体储氢载体最高允许使用温度应不低于250℃。

#### 5.14 工作温度范围

有机液体储氢载体工作温度下限应满足1h加氢反应完成率大于70%；工作温度上限应至少低于最高允许使用温度10℃，且满足脱氢气体含量不低于99.9%。

#### 5.15 热稳定性

有机液体储氢载体在最高允许使用温度下加热720h后变质率不大于10%，且外观无悬浮物、沉淀。

#### 5.16 有效储氢成分含量

出厂条件下有机液体储氢载体有效储氢成分含量（质量分数）不低于97%；再生有机液体储氢载体有效储氢成分含量（质量分数）不低于95%。

#### 5.17 储氢密度

有机液体储氢载体储氢密度应不低于5%质量百分数。

#### 5.18 载体放氢反应速率

反应温度为工作温度范围上限时，载体放氢反应完成率达到85%应不超过2小时。

#### 5.19 载体加氢反应速率

反应温度为工作温度范围下限加20℃时，载体加氢反应完成率达到85%应不超过2小时。

### 6 试验检测方法

#### 6.1 外观

使用清洁干燥的150ml玻璃容量瓶，量取试样100mL注入瓶内，在环境温度20-25℃下避光静置24h，目视观察试样外观。

#### 6.2 运动粘度

试样取样量应不低于100mL，测试前外观检测应合格。运动粘度试验方法按照GB/T 265执行。

#### 6.3 密度

有机液体储氢载体密度测量应采用 U 型管振荡法，试样取样量应不低于 100mL，试样外观检测应合格。试验方法按照 GB/T 29617 执行。

#### 6.4 闭口闪点

采用宾斯基-马丁闭口杯法测试闭口闪点，将试样倒入试验杯中，在 90r/min-120r/min 的速率下连续搅拌，并以 5℃/min-6℃/min 的升温速率加热试样。采用 GB/T 261 中步骤 A 方法进行测试并进行气压修正。

#### 6.5 燃点

采用克利夫兰开口杯法测试燃点，将试样倒入试验杯中，先以 14℃/min-17℃/min 的升温速率迅速升高试样温度，当接近试样闪点时减慢升温速率，以 5℃/min-6℃/min 的升温速率加热试样。采用 GB/T 3536 规定的试验方法测试燃点值并进行数据修正。

#### 6.6 凝点

试样取样量应不低于 100mL，测试前应外观检查合格，载体存在分层的，应分别测量不同液层的凝点，以最高温度值为测试结果。试验方法按照 GB/T 510 执行。

#### 6.7 总硫含量

采用 X 射线荧光光谱法测定总硫含量，试验方法按照 GB/T 11140 要求执行。

#### 6.8 氯含量

采用电量法测定总氯含量，试验方法按照 GB 23971 要求进行。

## 6.9 水分

试样取样量应不低于 100ml，取样应采用清洁干燥的玻璃瓶进行，取样后至测试前盛装试样的玻璃瓶应密封且取样至测试时间不超过 48 小时，采用卡尔费休法测定试样水分含量，试验方法按照 GB/T 11133 要求进行。

## 6.10 水溶性酸碱

对于密度不大于0.9mg/L的试样，按GB/T 259中5.1条试验步骤进行试验，用酸度计测定抽提物的pH值；对于密度大于0.9mg/L的试样，用50~60℃的蒸馏水与试样1:1混合抽提后无需进行分液，直接使用酸度计测定混合液pH值。按照GB/T 259的规定的根据pH值判断有无水溶性酸或碱存在。

## 6.11 铜片腐蚀

将10mm\*10mm磨光的纯铜片浸没在30mL试样中，120℃±1℃下加热3h±5min。待试验结束后取出铜片，经去离子水洗涤后按照GB/T 5096的要求与腐蚀标准色板进行比较，确定腐蚀级别。

## 6.12 脱氢气体氢气含量

按照附录A所示方法进行加氢液体的脱氢测试，在量筒收集气体超过100mL后，用气体采样袋替换量筒和水槽收集中溢出的气体，气体试样收集量不低于50mL。以99.999%氮气为载气，使用气相色谱和热导检测器通过外标法对脱氢气体中氢气含量进行定量。气相色谱的外标法按照GB/T 9722要求进行。

## 6.13 最高允许使用温度

按照附录A所示方法进行加氢液体的脱氢测试，工作温度范围上限作为起始实验温度，10℃为间隔提高试验温度，在每个试验温度按照脱氢气体氢气含量的检测方法收集并检测氢气含量，当脱氢气体氢气含量首次低于99.5%时，记录当前试验温度作为最高允许使用温度。

## 6.14 工作温度范围

### 6.14.1 工作温度范围的上限温度

按照附录B所示方法进行脱氢速率测试，以180℃为起始实验温度，10℃为间隔提高试验温度。在每个试验温度按照脱氢气体氢气含量的检测方法收集并检测氢气含量，当脱氢气体氢气含量首次低于

99.9%时，记录当前试验温度，低于最大允许工作温度10℃的，以当前试验温度作为工作温度范围的上限；与最大允许工作温度之差小于10℃的，以最大工作温度降低10℃作为工作温度上限。

#### 6.14.2 工作温度范围的下限温度

按照附录B的加氢反应完成率测试，自140℃起，10℃为间隔提高试验温度，以1h加氢反应完成率首次高于70%时的试验温度作为工作温度范围下限。

#### 6.15 热稳定性

取10mL试样2份，其中一份放置在钢制试验器中并进行密封，在最高允许使用温度下加热720h，参照GB/T 23800的要求打开钢制试验器测量气相失重质量百分数G，将反应器内剩余液体放置于超声水浴锅中震荡混合10min，分别取约0.1mL试验器内液体和未经试验的试样液体，采用热重分析仪按照GB/T 27761要求，以5℃/min速率升温至最高允许使用温度进行热重测试，记录试验液体失重质量百分数N1和未经试验液体失重质量百分数N0，按式（1）计算液相失重量N：

$$N = N_1 - N_0 \quad (1)$$

按式（2）计算变质率Z：

$$Z = G + N \quad (2)$$

#### 6.16 有效储氢成分含量

主要储氢成分中存在沸点高于230℃物质的，宜采用液相色谱法进行成分分析；主要储氢成分沸点均低于200℃的，可采用气相色谱法进行成分分析。

应根据有效储氢成分的分子极性选用适当极性的色谱柱对试样进行分析，采用液相色谱法分析的应根据有效储氢成分的溶解性选择合适的流动相，保证所有成分完全溶解，试验方法参照GB/T 9722和JY/T 024。

#### 6.17 储氢密度

按照附录A提供的试验方法测量有机液体储氢载体的储氢密度。

### 7 检验规则

#### 7.1 检验分类与检验项目

本标准所属产品的检验分为出厂检验和型式检验。

##### 7.1.1 出厂检验

出厂检验分为出厂批次检验和出厂周期检验，检验项目和检验频次见表1。每组批生产的有机液体储氢载体应经生产单位的检验部门进行出厂检验并出具检验报告。出厂检验报告除了包括该批次产品的出厂检验项目和实测结果外，还应包括该产品的出厂周期检验项目在本周期内的测定结果。

表1 出厂检验项目和技术要求

序号	检测项目	技术要求	试验方法	出厂批次检验	出厂周期（1年）检验
1	外观	清澈透明，无悬浮物	6.1	√	×
2	运动粘度/（mm <sup>2</sup> /s） 40℃ 不大于	50	6.2	√	×
3	密度（20℃）（kg/m <sup>3</sup> ）	允许误差应不超过标识值的±5%	6.3	√	×
4	闭口闪点/℃ 不低于	130	6.4	√	×
5	燃点/℃ 不低于	最高允许使用温度+30℃	6.5	×	√
6	凝点/℃ 不高于	-20℃	6.6	×	√
7	总硫含量/（mg/kg） 不大于	30	6.7	√	×
8	氯含量/(mg/kg) 不大于	15	6.8	√	×
9	水分/(mg/kg) 不大于	1000	6.9	√	×
10	水溶性酸碱	无	6.10	√	×
11	铜片腐蚀（100℃，3h）	无	6.11	√	×
12	脱氢气体氢气含量（体积分数）/% 不低于	99.9	6.12	×	×
13	最高允许使用温度/℃ 不低于	150	6.13	×	√
14	工作温度范围	工作温度下限应满足1h加氢反应完成率大于70%；工作温度上限应至少低于最高允许使用温度10℃，且满足脱氢气体含量不低于	6.14	×	√

		99.9%。			
15	热稳定性(最高允许使用温度下加热) 外观 变质率/% 不大于	720h 清澈透明, 无悬浮物 10	6.14	×	√
16	有效储氢成分含量 (质量分数) /% 不低于	97	6.15	√	×
17	储氢密度(质量分数) /% 不低于	5	6.16	×	√

### 7.1.2 型式检验

型式检验的检验项目应包含表1所列的全部技术指标, 在下述情况下应开展型式检验:

- a、新研制的产品投入市场前;
- b、原材料和生产工艺发生变化时;
- c、出厂批次检验或周期检验结果与上次型式检验结果有较大差异时;
- d、正常生产时间达4年时;
- e、停产一年以上, 恢复生产时。

### 7.2 组批

在原材料和工艺不变的条件下, 产品每生产一罐或一釜为一个组批, 按批试验。

### 7.3 取样

取样按GB/T 4756进行, 取2L作为检验和留样用。

### 7.4 判定规则

出厂检验结果全部符合本标准表1规定的技术要求时, 则判定本批产品合格。产品应附有质量合格证方可出厂。

### 7.5 复检规则

如出厂检验结果中有不符合本标准表1中的技术要求的规定的时, 按GB/T 4756的规定重新抽取双倍量试样进行复检。复检结果如仍有一项不符合本标准表1中的技术要求规定的时, 则判定该批产品为不合格。

## 8 工作环境要求

### 8.1 环境湿度条件

使用、储存场所应检测空气湿度，并设置通风防潮设施，在空气湿度长期大于70%的环境下，应定期检测水分含量，超过技术要求的应进行真空除水处理。

## 8.2 环境温度条件

有机液体储氢载体储罐和输送管道长期工作温度低于-10℃的应定期监测载体结晶情况。

## 8.3 环境光照

有机液体储氢载体应避光保存，不应采用透明容器或浅色塑料容器、管路进行储存、输送。

## 9 标志、包装、运输、贮存

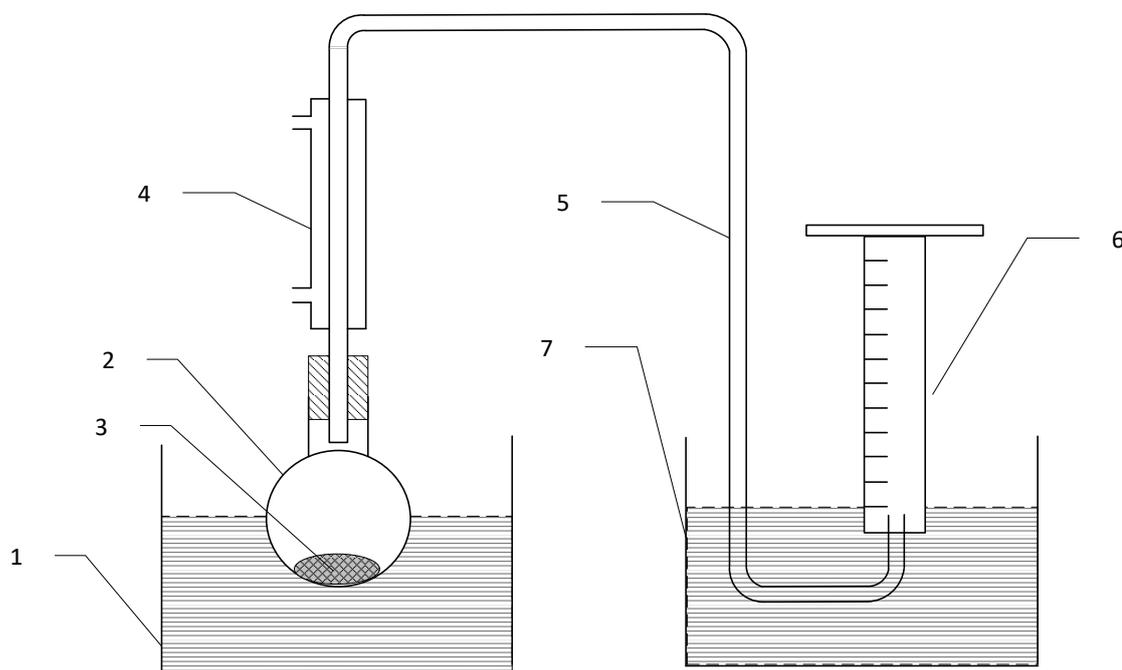
产品应使用金属容器或不透光黑色塑料容器进行包装，其标志、包装、运输、贮存及交货验收按SH 0164润滑油脂类产品进行。

产品运动粘度、密度、闪点、最高允许使用温度、有效储氢密度以及产品所用储氢成分的化学式及分子式，应在产品出厂资料中明确标识。

有机液体储氢载体应提供符合GB/T 16483规定的化学品安全技术说明书，有关有机液体储氢载体的基础物理化学性质数据和在运输、储存、使用和事故处理等环节涉及安全方面的数据和信息，应包含在该有机液体储氢载体的化学品安全技术说明书中。

附 录 A  
(资料性附录)  
有机液体储氢载体储氢密度测试方法

A.1 有机液体储氢载体的储氢密度由最大放氢量和测试所用加氢液体的质量计算得出。最大放氢量由排水集气法测定，测试采用加氢有机液体在烧瓶内常压下加热催化脱氢，测定其排气体积以获得最大放氢量，装置如图A.1所示。



1-控温油浴槽，2-烧瓶，3-加氢液体及催化剂，4-冷凝管，5-导气管，6-量筒，7-水槽  
图A.1 排水集气法测定有机液体储氢载体放氢量的装置

## A.2 试验仪器与材料

A.2.1 控温油浴槽：槽体和导热介质应满足控温范围 $\geq 350^{\circ}\text{C}$ 。

A.2.2 烧瓶：使用容量25mL-50mL的单口玻璃烧瓶作为脱氢反应器，烧瓶材质宜采用石英玻璃或GG17玻璃。

A.2.3 加氢液体：加氢液体用量0.5-1g，试样质量应通过精确度不低于0.001g的天平称量。

A.2.4 催化剂：宜选用粉末状负载型金属催化剂，金属负载量不低于0.5%，催化剂质量与加氢液体质量之比 $\geq 1$ ，并保证加氢液体不能淹没催化剂。

A.2.5 冷凝管：应采用玻璃冷凝管，冷凝段长度 $\geq 30\text{cm}$ ，采用常温水作为冷凝介质。

A.2.6 导气管：采用橡胶或塑料软管。

A. 2.7 量筒：根据预计的放氢量选择适宜容量的量筒，应保证量筒最小刻度值 $\leq 2\text{ml}$ 。

A. 2.8 水槽：应采用透密材质的玻璃或塑料水槽，蓄水深度应 $\geq 8\text{cm}$ ，水槽壁面应清洁，无遮挡视线的污垢。

A. 2.9 气压计、温度计：用于记录读取气体体积时的大气压力和温度，气压测量误差 $\leq 1\%F.S.$ ，温度测量误差 $\leq 1^\circ\text{C}$ 。

### A. 3 试验准备

A. 3.1 试样的装填：将称量过的加氢液体与催化剂加入烧瓶中。将烧瓶安装在支撑架上，底部浸入控温油浴槽的导热油中，保证盛装加氢液体和催化剂的部分完全浸入导热油中。

A. 3.2 冷凝管的安装：将玻璃冷凝管插入烧瓶瓶口，接触面涂抹凡士林辅助密封，冷凝管采用常温水冷，流速 $\geq 1\text{L}/\text{min}$ 。

A. 3.3 集气装置的安装：将量筒注满水后倒置在水槽中，保持内部完全被水充满。将导气管连接至冷凝管出口，另一端接至水槽液面以下、量筒之内。

### A. 4 试验步骤

A. 4.1 试验装置准备完毕后，首先打开冷凝水，打开油浴槽加热至试验温度保温，试验温度可按产品供应商提供的脱氢反应温度，如未提供脱氢反应温度的，按照载体额定工作温度作为试验温度；

A. 4.2 达到试验温度后，每隔10分钟记录一次气体收集量，连续3次记录数值变化量 $\leq 4\text{ml}$ 的，即认为测试结束。

A. 4.3 测试结束后，将导气管自量筒内取出，停止油浴槽加热，并将盛装反应物的烧瓶从导热介质中取出，在空气中冷却至室温。

A. 4.4 调整量筒的高度，使量筒内液面与水槽液面平齐，读取量筒内气体体积读数，同时记录读数时的环境压力和温度。

### A. 5 试验结果的计算

被测材料的储氢密度按照式（1）进行计算：

$$W = \frac{2 \times 273.15 \times PV}{1000 \times 22.4 \times 101.325 \times mT} \times 100\% \quad (1)$$

其中：

**w**：被测材料的储氢质量密度，单位%；

**V**：试验结束时读取的量筒内气体体积。单位mL；

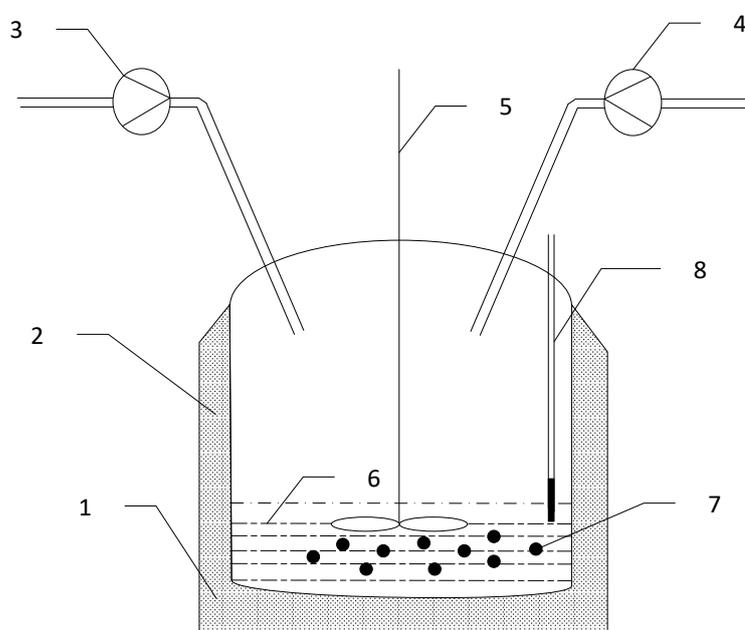
**m**：试验用的加氢液体质量，单位g；

**T**：读取量筒内气体体积时的环境温度，单位K；

**P**：读取量筒内气体体积时的环境压力，单位kPa。

**附录 B**  
(资料性附录)  
**有机液体储氢载体加氢反应速率测试方法**

B.1 有机液体储氢载体的加氢反应速率，由有机液体储氢载体的理论最大储氢体积和有机液体储氢载体加氢反应实际吸收的氢气体积计算得出载体加氢反应完成率，并记录加氢反应完成率达到 85%的时间为加氢反应速率。其中，有机液体储氢载体实际吸收的氢气体积由加氢过程的氢气流量测定。测试采用有机液体储氢载体在反应釜内加压下催化加氢，测定反应过程中氢气的速率和时间以得到其吸收的氢气体积，装置如图B.1 所示。



1-加热套，2-间歇式反应釜，3-进氢气流量计，4-出氢气流量计，5-搅拌构件，6-有机液体储氢载体，7-加氢催化剂，8-温度探测器

图B.1测定有机液体储氢载体加氢量的装置

## B.2 材料与仪器

B.2.1 3份 10mL 有机液体储氢载体。

B.2.2 3份 1g 的 5wt%粉末氧化铝负载 Ru 催化剂。

B.2.3 耐压能力不低于 10MPa，容积不大于 100mL，带有搅拌功能的间歇式控温反应釜，配套加热套最高加热温度不低于 400℃。

B. 2. 4 测量精度不低于 1%，最高工作压力不低于 10MPa 的高压气体流量计，宜采用带温度补偿供能的质量流量计。

### B. 3 试验准备

B. 3. 1 先将 1 份有机液体储氢载体、1 份的 5wt% 粉末氧化铝负载 Ru 催化剂加入间歇式反应釜中，通入 50mL/min 氮气置换 30min。

B. 3. 2 按照所测试的有机液体储氢载体的理论储氢密度，计算理论最大氢气吸收体积  $V_{H0}$ 。

$$V_{H0} = \frac{1000mw_H\rho}{0.0899}$$

其中：

$V_{H0}$ ：理论最大放氢体积，单位 mL；

$m$ ：测试用有机液体储氢载体的质量，单位 g；

$\rho$ ：有机液体密度，单位 g/mL；

$w_H$ ：有机液体理论质量储氢密度，单位 %。

### B. 4 试验步骤

B. 4. 1 在试验准备完成后，向间歇式反应釜中通入氢气，并使得间歇式反应釜内保持 8MPa 压力。

B. 4. 2 反应釜内压力达到 8MPa 后，启动反应器中的搅拌构件，保持转速 100r/min。

B. 4. 3 开启加热套加热，使得反应釜内温度达到反应温度。采用流量计监测通入反应器中的氢气体积  $V_H$ ，并开始计时。

B. 4. 4 氢气输入量达到 85% $V_{H0}$  时，记录消耗时间  $t$  作为试验结果。

B. 4. 5 重复测试 3 次，测试结果记为  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 。

### B. 5 试验结果计算

#### B. 5. 1 载体加氢反应速率计算

有机液体储氢载体的加氢反应速率按照式 (3) 进行计算：

$$Q = \frac{t_1+t_2+t_3}{3} \quad (3)$$

其中：

$t_1$ ：一次试验加氢反应完成率达到 85% 时，所需的时间；

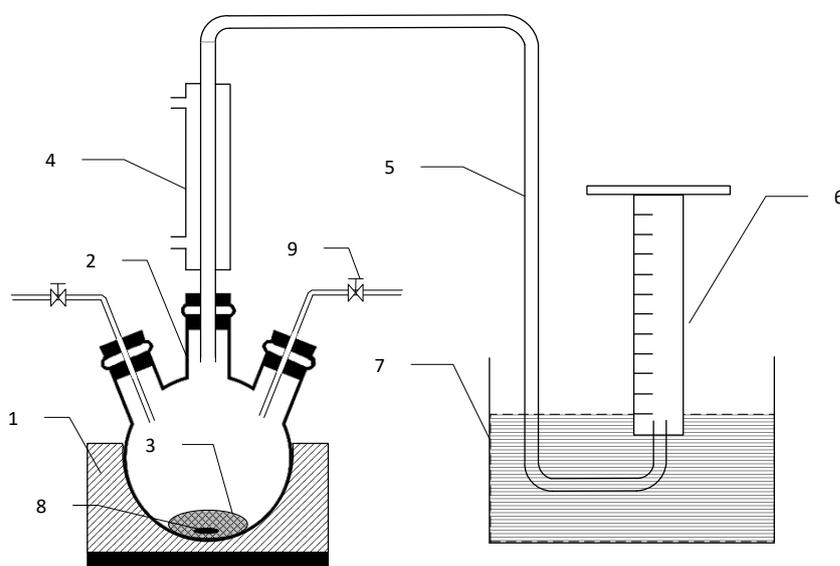
$t_2$ ：二次试验加氢反应完成率达到 85% 时，所需的时间；

$t_3$ ：三次试验加氢反应完成率达到 85% 时，所需的时间；

$Q$ ：加氢反应完成率达到 85% 时，所需的平均时间。

附 录 C  
(资料性附录)  
有机液体储氢载体放氢反应速率测试方法

C.1 有机液体储氢载体的放氢反应速率，由加氢液体的理论最大放氢体积和加氢液体放氢反应实际释放的氢气体积计算得出放氢反应完成率，并记录放氢反应完成率达到 85%的时间为放氢反应速率。加氢液体实际释放的氢气体积由排水集气法测定。放氢反应完成率测试装置和附录A一致。



1-加热套，2-三颈烧瓶，3-加氢液体及催化剂，4-冷凝管，5-导气管，6-量筒，7-水槽，8-搅拌构件，9-氮气阀门

图C.1 排水集气法测定有机液体储氢载体放氢量的装置

## C.2 材料与仪器

C.2.1 3份 1mL 加氢液体。

C.2.2 3份 300mg 的 5wt% 粉末氧化铝负载 Pd 催化剂。

C.2.3 搅拌构件、加热套、导气管、量筒、水槽，其中，导气管、量筒、水槽、气压计和温度计同附录 A 中要求，；

C.2.4 采用三颈烧瓶作为反应容器，替代附录 A 中的烧瓶，使用容量 10mL 的三颈玻璃烧瓶作为脱氢反应器，烧瓶材质宜采用石英玻璃或 GG17 玻璃。

## C.3 试验准备

C.3.1 放氢反应完成率测试装置的试验准备和附录 A 一致，需要先将 1 份 5wt% 粉末氧化铝负载 Pd 催化剂、1 份加氢液体依次加入三颈烧瓶中，开启氮气阀门，通入 50mL/min 氮气置换 15min。

C.3.2 按照所测试的有机液体储氢载体的理论储氢密度，计算理论最大氢气吸收体积  $V_{D0}$ 。

$$V_{D0} = \frac{1000w_H\rho}{0.0899} \times \frac{T+273.15}{273.15}$$

其中：

$V_{D0}$ ：理论最大放氢体积，单位 mL；

$\rho$ ：有机液体密度，单位 g/mL；

$w_H$ ：有机液体理论质量储氢密度，单位 %；

T：由温度计测得的室温，单位 °C。

#### C.4 试验步骤

C.4.1 在实验准备完成后，常压下，启动搅拌转速保持在 100r/min，并且加热套加热三颈烧瓶至反应温度；采用排水集气法，利用导气管、量筒和水槽监测释放的氢气体积  $V_D$ ，并开始计时。

C.4.2  $V_D$  达到 85% $V_{D0}$  时，记录消耗时间 t 作为试验结果。

C.4.3 重复测试 3 次，测试结果记为  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 。

#### C.5 试验结果计算

##### C.5.1 放氢反应速率计算

加氢液体的放氢反应速率按照式 (3) 进行计算：

$$Q = \frac{t_1+t_2+t_3}{3} \quad (5)$$

其中：

t1：一次试验放氢反应完成率达到85%时，所需的时间；

t2：二次试验放氢反应完成率达到85%时，所需的时间；

t3：三次试验放氢反应完成率达到85%时，所需的时间；

Q：放氢反应完成率达到85%时，所需的平均时间。