

ICS 27.120.20  
F 69  
备案号: 57425—2017

**NB**

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20422—2017

---

## 压水堆核电厂非能动氢气复合器的鉴定

**Qualification of passive autocatalytic hydrogen recombiner  
for pressurized water reactor NPP**

2017-02-10 发布

2017-07-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语与定义 ..... 1

4 鉴定试验原则 ..... 2

5 鉴定试验项目 ..... 2

6 试验件 ..... 3

6.1 催化部件 ..... 3

6.2 样机 ..... 3

6.3 缩比样机 ..... 3

7 催化部件鉴定试验 ..... 4

7.1 消氢效率试验 ..... 4

7.2 辐照试验 ..... 4

7.3 极限高温试验 ..... 4

7.4 有机物气溶胶试验 ..... 5

7.5 BaSO<sub>4</sub>气溶胶试验 ..... 5

7.6 I、Se、Te、Sb 毒性试验 ..... 5

7.7 CO 毒性试验 ..... 6

7.8 电缆燃烧物毒性试验 ..... 6

7.9 消氢连续性试验 ..... 6

7.10 10 vol%氢气浓度消氢性能试验 ..... 7

8 非能动氢气复合器鉴定试验 ..... 7

8.1 启动时间试验 ..... 7

8.2 启动阈值试验 ..... 8

8.3 停止阈值试验 ..... 8

8.4 消氢能力试验 ..... 9

8.5 喷淋条件下消氢性能试验 ..... 10

8.6 氢气点火试验 ..... 10

8.7 严重事故环境模拟试验 ..... 11

8.8 抗气流冲击试验 ..... 11

8.9 抗震鉴定 ..... 11

9 文件编制要求 ..... 12

9.1 鉴定大纲 ..... 12

9.2 鉴定试验记录 ..... 12

9.3 鉴定报告 ..... 12

附录 A（资料性附录） 非能动氢气复合器工作原理..... 13

附录 B（资料性附录） 催化部件性能试验装置..... 15

附录 C（资料性附录） 非能动氢气复合器性能试验装置..... 16

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准主要起草单位：中国核动力研究设计院。

本标准参与起草单位：中国核电工程有限公司、中广核工程有限公司、上海核工程研究设计院。

本标准主要编写人：王宏庆、马韦刚、李嫦月、唐辉、潘如东、王春、李志明、傅晟伟、姜峨、周绍飞。



# 压水堆核电厂非能动氢气复合器的鉴定

## 1 范围

本标准规定了压水堆核电厂非能动氢气复合器的鉴定试验原则、鉴定试验项目、鉴定试验方法和鉴定文件的要求。

本标准适用于压水堆核电厂非能动氢气复合器的鉴定,其他堆型的非能动氢气复合器的鉴定可参照执行。

## 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,仅所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。

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。

NB/T 20143.1—2012 核空气和气体处理规范 工艺气体处理 第1部分:氢气复合装置

## 3 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**启动 start-up**

非能动氢气复合器在非能动自然循环条件下发生氢氧复合反应时出风口气体温升速率大于等于 5 °C/min的点。

### 3.2

**备用状态 spared status**

非能动氢气复合器未达到启动时所处的状态。

### 3.3

**工作状态 working status**

非能动氢气复合器启动后持续消氢所处的状态。

### 3.4

**启动阈值 start-up concentration for hydrogen removal**

非能动氢气复合器在非能动自然循环条件下启动所需的最低氢气浓度值。

### 3.5

**停止阈值 stop concentration for hydrogen removal**

非能动氢气复合器从工作状态转变至备用状态时的氢气浓度值。

### 3.6

**点火阈值 ignite concentration**

非能动氢气复合器在工作状态时引起氢气燃烧或者燃爆时的氢气浓度值。

### 3.7

**启动时间 start-up time**

非能动氢气复合器从备用状态转变为启动之间的时间。启动时间计时起点为实验过程中达到规定试验参数的时间,如果实验过程中试验参数未达到试验规定参数时非能动氢气复合器或者催化部件已经达到启动,则规定此项实验时的启动时间为 0。

### 3.8

**消氢效率 ( $\eta$ ) efficiency of hydrogen removal**

含氢气的气体在通过非能动氢气复合器或者催化部件后氢气消除的效率 ( $\eta$ ),  $\eta$  为  $\frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%$ 。其中  $C_0$  为入口氢气浓度 (vol %),  $C_1$  为出口氢气浓度 (vol %)。

### 3.9

**消氢能力 hydrogen removal capacity**

非能动氢气复合器在非能动自然循环条件下单位时间的消氢量 (kg/h)。

## 4 鉴定试验原则

4.1 非能动氢气复合器的工作原理见附录 A, 鉴定应依据技术规格书进行。

4.2 非能动氢气复合器鉴定的总体原则遵循 NB/T 20143.1—2012 中第 6 章的规定。

4.3 非能动氢气复合器鉴定试验对象应选择有代表性的试验件进行鉴定。

4.4 催化部件为非能动氢气复合器的核心性能部件, 主要对催化部件性能有影响的鉴定试验选用催化部件作为试验件。

4.5 催化部件性能鉴定试验可在附录 B 规定的催化部件性能实验装置中进行。

4.6 与非能动氢气复合器结构有关的鉴定试验选用非能动氢气复合器作为试验件。

4.7 非能动氢气复合器鉴定试验如采用缩比样机作为试验件, 需提供缩比样机的比例分析报告。

4.8 鉴定试验中试验参数可按照特定堆型安全壳内事故工况下的条件进行, 或采用包络性参数进行鉴定试验, 如果参数无法准确计算或者不明确, 则推荐使用本标准规定的试验参数。

4.9 非能动氢气复合器的性能试验可在附录 C 中规定的试验装置中进行。

4.10 非能动氢气复合器鉴定试验均应在非能动自然循环条件下进行。

## 5 鉴定试验项目



非能动氢气复合器鉴定试验项目见表1。

表1 鉴定试验项目

序号	试验名称
1、催化部件鉴定试验	
1.1	消氢效率试验
1.2	辐照试验
1.3	极限高温试验
1.4	有机物气溶胶试验
1.5	BaSO <sub>4</sub> 气溶胶试验
1.6	I、Se、Sb、Te毒性试验
1.7	CO毒性影响试验
1.8	电缆燃烧物气体影响试验
1.9	消氢连续性试验
1.10	10 vol%氢气浓度下消氢性能试验
2、非能动氢气复合器鉴定试验	
2.1	启动时间试验
2.2	启动阈值试验
2.3	停止阈值试验
2.4	消氢能力试验
2.5	喷淋条件下消氢性能试验
2.6	点火行为试验
2.7	严重事故环境模拟试验
2.8	抗气流冲击试验
2.9	抗震鉴定

6 试验件

6.1 催化部件

催化部件应与鉴定的非能动氢气复合器中安装的催化部件技术参数一致，包括基材、结构形式、涂覆工艺、贵金属含量等，安装形式与非能动氢气复合器中一致。

6.2 样机

样机的材料、催化部件、催化部件安装方式、通风口设置、壳体高度以及外形尺寸等参数与鉴定非能动氢气复合器一致。

6.3 缩比样机

6.3.1.1 除了催化部件数量外，缩比样机的材料、催化部件安装方式、壳体高度、进出口结构形式与鉴定的非能动氢气复合器一致，其流道截面与实物设计保持比例相当。

6.3.1.2 缩比样机的催化部件数量与样机相比不小于 1：10。

7 催化部件鉴定试验

7.1 消氢效率试验

7.1.1 试验目的

测试催化部件消氢效率和启动时间，作为催化部件性能变化判定的指标。

7.1.2 试验参数

催化部件消氢效率试验参数见表2。

表2 催化部件消氢效率试验参数

压力 kPa	入口温度 ℃	入口氢气浓度 vol %	推荐入口流速 m/s
40~60	5~50	≥2.0	0.7~1.0

7.1.3 试验方法

7.1.3.1 试验可在附录 B 规定装置中进行。

7.1.3.2 将 3~5 张催化部件放入反应容器中，调节氢气和压缩空气的流量，将反应容器入口流量、入口氢气浓度、压力调节至表 2 中规定的试验参数。

7.1.3.3 记录反应时间、催化部件进出口氢气浓度值。

7.1.3.4 计算催化部件消氢效率和启动时间。

7.2 辐照试验

7.2.1 试验目的

验证催化部件在经历辐照后消氢性能是否满足使用要求。

7.2.2 试验方法

7.2.2.1 实验前对待测催化部件进行 7.1 规定的消氢效率试验。

7.2.2.2 将待测催化部件进行  $\gamma$  射线辐照实验，推荐累计辐照剂量为不小于  $1 \times 10^7$  Gy。

7.2.2.3 辐照试验后对对待测催化部件进行 7.1 规定的消氢效率试验。

7.2.3 合格判据

催化部件消氢效率下降小于 10 %。启动时间小于 15 min。

7.3 极限高温试验

7.3.1 试验目的

验证催化部件在经历安全壳内出现的极限环境高温（推荐 350 ℃）后的性能是否满足使用要求。

7.3.2 试验方法

7.3.2.1 实验前对待测催化部件进行 7.1 规定的消氢效率试验。



7.3.2.2 将催化部件在极限环境高温（推荐 350℃）放置 0.5 h。

7.3.2.3 取出催化部件，空冷至室温。

7.3.2.4 对催化部件进行 7.1 规定的消氢效率试验。

### 7.3.3 合格判据

催化部件消氢效率下降小于 10%。启动时间小于 15 min。目视检查催化剂无明显脱落。

## 7.4 有机物气溶胶试验

### 7.4.1 试验目的

验证催化部件在模拟安全壳内有机物气溶胶环境后的消氢性能是否满足使用要求。

### 7.4.2 试验方法

7.4.2.1 实验前对待测催化部件进行 7.1 规定的消氢效率试验。

7.4.2.2 将待测催化部件放置在密闭容器内，并在容器内放置油漆（包括底漆和面漆）、油漆稀释剂、润滑油、氨、甲醛，将待测催化部件放置在该容器中，并将容器封闭，待有机物在密封容器中挥发，一周后取出催化部件。

7.4.2.3 对催化部件进行 7.1 规定的消氢效率试验。

### 7.4.3 合格判据

催化部件消氢效率变化下降小于 10%。启动时间小于 15 min。

## 7.5 BaSO<sub>4</sub> 气溶胶试验

### 7.5.1 试验目的

验证催化部件在经历模拟安全壳事故后固体颗粒气溶胶环境后的消氢性能是否满足使用要求。

### 7.5.2 试验方法

7.5.2.1 实验前对待测催化部件进行 7.1 规定的消氢效率试验。

7.5.2.2 在密闭容器内，建立直径约 1 μm 气溶胶（浓度推荐 50.0 g/m<sup>3</sup>）的环境条件。

7.5.2.3 将待测催化部件放置在充满上述条件气溶胶的密封空间中，静置 2 h。

7.5.2.4 取出催化部件，对催化部件进行 7.1 规定的消氢效率试验。

### 7.5.3 合格判据

催化部件消氢效率变化下降小于 10%。启动时间小于 15 min。

## 7.6 I、Se、Te、Sb 毒性试验

### 7.6.1 试验目的

验证催化部件在经历元素 I、Se、Te、Sb 升华形成的气溶胶环境后消氢性能是否满足使用要求。

### 7.6.2 试验方法

7.6.2.1 实验前对待测催化部件进行 7.1 规定的消氢效率试验。

7.6.2.2 在密闭容器内,建立碘(I)气溶胶大于  $0.35\text{ g/m}^3$ 、硒(Se)气溶胶大于  $0.01\text{ g/m}^3$ 、碲(Te)气溶胶大于  $0.32\text{ g/m}^3$ 、锑(Sb)气溶胶大于  $0.32\text{ g/m}^3$  的浓度要求的环境条件(浓度为推荐值)。

7.6.2.3 将待测催化部件放置在上述密封容器中,静置 0.5 h。

7.6.2.4 取出催化部件,对催化部件进行 7.1 规定的消氢效率试验。

### 7.6.3 合格判据

催化部件消氢效率变化下降小于10%。启动时间小于15 min。

## 7.7 CO 毒性试验

### 7.7.1 试验目的

验证催化部件在含有CO的环境条件下消氢性能是否满足使用要求。

### 7.7.2 试验方法

7.7.2.1 实验前对待测催化部件进行 7.1 规定的消氢效率试验。

7.7.2.2 在 7.1 规定的试验条件基础上,增加通入 3.0 vol% CO,测试在此条件下催化部件的消氢效率和启动时间。

### 7.7.3 合格判据

催化部件消氢效率下降小于10%。启动时间小于15 min。

## 7.8 电缆燃烧物毒性试验

### 7.8.1 试验目的

验证催化部件在安全壳内核级电缆燃烧后产生气体环境条件下消氢性能是否满足使用要求。

### 7.8.2 试验方法

7.8.2.1 实验前对待测催化部件进行 7.1 规定的消氢效率试验。

7.8.2.2 将待测催化部件挂在密闭容器中,在催化部件下方放置不同种类、直径为 10 mm 以下,一定数量(至少 200 mm)的电缆(推荐无卤阻燃),将电缆引燃并烧尽(可采用酒精做助燃剂),静置 0.5 h。

7.8.2.3 取出催化部件。

7.8.2.4 对催化部件进行 7.1 规定的消氢效率试验。

### 7.8.3 合格判据

催化部件消氢效率下降小于10%。启动时间小于15 min。

## 7.9 消氢连续性试验

### 7.9.1 试验目的

验证催化部件消氢连续工作时间是否满足使用要求。

### 7.9.2 试验参数



推荐试验运行参数见表3。

表3 消氢连续性试验参数

压力 kPa	初始催化部件入口温度 ℃	催化部件入口氢气浓度 vol %	反应容器入口流速 m/s	持续工作时间 d
40~600	5~50	1.5~4.5	0.7~1.0	15

7.9.3 试验方法

- 7.9.3.1 将催化部件安装至附录 B 规定的试验装置的反应容器 1 中。
- 7.9.3.2 将试验装置调试至表 3 的要求的试验参数，连续运行 15 天。
- 7.9.3.3 监测试验过程中催化部件进出口氢气浓度变化以及出口温度变化。

7.9.4 合格判据

催化部件能够连续稳定的消氢。消氢效率下降不超过20 %。

7.10 10 vol%氢气浓度消氢性能试验

7.10.1 试验目的

验证催化部件在10 vol%氢气浓度条件下消氢性能是否满足使用要求。

7.10.2 试验参数

试验参数见表4。

表4 10 vol%氢气浓度消氢实验参数

压力 kPa	入口温度 ℃	入口氢气浓度 vol %	入口流速 m/s	持续工作时间 min
40~60	5~50	10±1.0	0.7~1.0	10

7.10.3 试验方法

- 7.10.3.1 将催化部件安装至附录 B 规定的试验装置的反应容器中。
- 7.10.3.2 升高催化部件入口氢气浓度直至表 4 规定的试验参数。
- 7.10.3.3 当试验参数达到表 4 规定的参数，持续运行 10 min。
- 7.10.3.4 监测试验过程中催化部件进出口温度、压力、氢气浓度的变化，记录是否发生点火。

8 非能动氢气复合器鉴定试验

8.1 启动时间试验

8.1.1 试验目的

测试非能动氢气复合器的启动时间。

8.1.2 试验参数



试验参数见表5。

表5 启动时间试验参数

压力 kPa	入口温度 ℃	入口氢气浓度 vol %	相对湿度 RH %
40~60	5~50	2.0~4.0	≥90%
注：非能动氢气复合器启动时间试验中使用的催化部件为1个月时间内没有经过高温（大于100℃）和消氢工作的催化部件。			

8.1.3 试验方法

- 8.1.3.1 将非能动氢气复合器安装至附录 C 规定的试验装置的反应容器 2 中。
- 8.1.3.2 将压力、温度调节至表 5 规定的试验参数。
- 8.1.3.3 在 3 min 内（或以试验样机消氢能力的 10 %的速率通入氢气）将反应容器 2 内的氢气浓度提升至（2.0~4.0 ）vol%。
- 8.1.3.4 测量反应容器中非能动氢气复合器进出口温度和氢气浓度随时间的变化。

8.1.4 合格判据

启动时间小于5 min。

8.2 启动阈值试验

8.2.1 试验目的

测试非能动氢气复合器的启动阈值。

8.2.2 试验参数

试验参数见表6。

表6 启动阈值试验参数

压力 kPa	入口温度 ℃	入口氢气浓度 vol %	相对湿度 RH %
40~60	5~50	< 2.0	≥90%

8.2.3 试验方法

- 8.2.3.1 将非能动氢气复合器安装至附录 C 规定的试验装置的反应容器 2 中。
- 8.2.3.2 将实验参数调节至表 6 规定的试验参数。
- 8.2.3.3 测量反应容器中非能动氢气复合器进出口温度和氢气浓度随时间的变化。
- 8.2.3.4 试验至少进行三次，每次间隔时间不小于 2 h。

8.2.4 合格判据

非能动氢气复合器能启动。

8.3 停止阈值试验

8.3.1 试验目的

测试非能动氢气复合器的停止阈值。

8.3.2 试验参数

试验参数见表7。

表7 停止阈值试验参数

压力 kPa	入口温度 ℃	入口氢气浓度 vol %	相对湿度 RH %
40~60	5~50	2.0~4.0	≥90%

8.3.3 试验方法

- 8.3.3.1 将非能动氢气复合器安装至附录 C 规定的试验装置的反应容器 2 中。
- 8.3.3.2 将实验参数调节至表 7 规定的试验参数。
- 8.3.3.3 测量反应容器 2 中非能动氢气复合器进出口温度和氢气浓度随时间的变化。
- 8.3.3.4 试验至少进行三次，每次试验间隔时间不小于 2 h。

8.3.4 合格判据

停止阈值小于0.5 vol%。

8.4 消氢能力试验

8.4.1 试验目的

测试非能动氢气复合器的非能动条件下的消氢能力。

8.4.2 试验参数

试验参数见表8。

表8 稳态消氢性能试验参数

压力 kPa	入口温度 ℃	入口氢气浓度 vol %	入口氧浓度 vol %	持续时间 min
40~60	5~50	4.0±0.5	> 10.0	10

8.4.3 试验方法

- 8.4.3.1 将非能动氢气复合器安装至附录 C 规定的试验装置的反应容器 2 中。
- 8.4.3.2 将实验参数调节至表 8 规定的试验参数。
- 8.4.3.3 持续通入氢气和氧气，维持消氢状态 10 min。
- 8.4.3.4 记录非能动氢气复合器进出口氢气浓度、氧浓度、温度、氢气供应流量、氧气供应流量等参数。

8.4.4 合格判据



消氢能力大于非能动氢气复合器产品消氢能力的目标值。

8.5 喷淋条件下消氢性能试验

8.5.1 试验目的

测试非能动氢气复合器在严重事故喷淋条件下的消氢性能。

8.5.2 试验参数

试验参数见表9。

表9 喷淋工况下消氢性能试验参数

压力 kPa	入口温度 ℃	入口氢气浓度 vol %	入口氧浓度 vol %	持续时间 min
40~60	5~50	4.0±0.5	> 8.0	10

8.5.3 试验方法

8.5.3.1 喷淋液成分、温度及流量由技术规格书确定；

8.5.3.2 将非能动氢气复合器安装至附录 C 规定的试验装置的反应容器 2 中。

8.5.3.3 喷淋时间依照技术规格书确定，喷淋后再通入氢气和氧气，将氢气浓度调节至表 9 中规定值，并维持消氢状态 10 min。

8.5.3.4 记录非能动氢气复合器进出口氢气浓度、氧浓度、温度、氢气供应流量、氧气供应流量等参数。

8.5.4 合格判据

启动时间小于30 min。 消氢能力无明显下降。

注：下降超过 5 %即表示有明显下降。

8.6 氢气点火试验

8.6.1 试验目的

验证非能动氢气复合器在含蒸汽（20~30）vol%、10.0 vol%氢气浓度情况是否发生点火行为。

8.6.2 试验参数

试验参数见表10。

表10 水蒸汽条件下氢气点火试验参数

压力 kPa	入口氢气浓度 vol %	水蒸汽浓度 vol %
40~60	10.0±1.0	20~30

8.6.3 试验方法

8.6.3.1 将非能动氢气复合器安装至附录 C 规定的试验装置的反应容器 2 中。



8.6.3.2 将实验参数调节至表 10 规定的试验参数，待非能动氢复合器启动后直至氢气浓度下降至 1.5 vol% 以下。

8.6.3.3 记录进出口氢气浓度、温度等参数。

#### 8.6.4 合格判据

非能动氢气复合器不发生点火行为。

### 8.7 严重事故环境模拟试验

#### 8.7.1 试验目的

测试非能动氢气复合器在模拟严重事故环境条件下的消氢性能。

#### 8.7.2 试验方法

8.7.2.1 将非能动氢气复合器安装至附录 C 规定的试验装置的反应容器 2 中。

8.7.2.2 按照 7.4、7.5、7.6、7.7、7.8 中规定的毒性条件要求建立环境条件。

8.7.2.3 静置 24 h。

8.7.2.4 在温度为 160 ℃，水蒸汽浓度 30 vol% 的环境条件下，其余参数按照 8.1、8.2、8.3、8.4 的规定进行相应试验。

#### 8.7.3 合格判据

启动阈值小于 2.0 vol%。启动时间小于 30 min。停止阈值小于 0.5 vol%。消氢能力下降小于 10 %。

### 8.8 抗气流冲击试验

#### 8.8.1 试验目的

测试催化部件在非能动氢气复合器中抗气流冲击的能力。

#### 8.8.2 试验方法

8.8.2.1 气流冲击实验采用高压氮气或空气。

8.8.2.2 气流冲击方向选择垂直于非能动氢气复合器底、与氢气复合器底部成约 45° 方向以及垂直催化部件顶部三个方向，冲击点为每个方向从左至右均匀选择 5 个点。

8.8.2.3 气流冲击的流速为 82 m/s，气流冲击气管的管径最小为 8 mm（内径）。

#### 8.8.3 合格判据

在气流冲击实验时，催化部件不从非能动氢气复合器中安装插槽脱出，催化部件无明显变形，催化剂无明显脱落。

### 8.9 抗震鉴定

#### 8.9.1 鉴定目的

证明非能动氢气复合器满足相关抗震要求。

#### 8.9.2 方法

鉴定方法可采用分析、试验或分析与试验相结合的方法。

## 9 文件编制要求

### 9.1 鉴定大纲

鉴定大纲至少应包括：

- 鉴定样机的说明；
- 鉴定的具体内容；
- 鉴定试验项目、试验条件及合格判据；
- 试验人员资质及试验器材要求；
- 不符合项的处理措施；
- 鉴定的质量计划。

### 9.2 鉴定试验记录

鉴定试验记录至少应包括：

- 鉴定样机的型号、标识码和编号；
- 试验者和试验日期；
- 所用试验装置、设备和仪器的名称、型号和编号；
- 试验条件的详细数据或记录曲线；
- 试验记录；
- 试验期间所发生的鉴定样机或试验设备任何故障的记录；
- 试验期间所发生的异常情况。

### 9.3 鉴定报告

鉴定报告至少应包括：

- 引用的标准、导则、规范和鉴定试验计划（大纲）的编号和名称；
- 进行鉴定试验的组织机构的名称；
- 鉴定样机的详细说明；
- 所用试验装置、设备的说明；
- 所用测试仪器的名称、型号和编号及检定日期、有效期；
- 实际试验项目、试验条件的说明和分析；
- 各项试验（或分析）报告；
- 重要试验结果数据及不确定度；
- 试验期间所发生的鉴定样机或试验设备的重要故障分析；
- 不符合项的说明及处理；
- 试验结果分析、结论和改进意见；
- 鉴定试验记录；
- 编写、审核、批准签名和日期。



附录 A

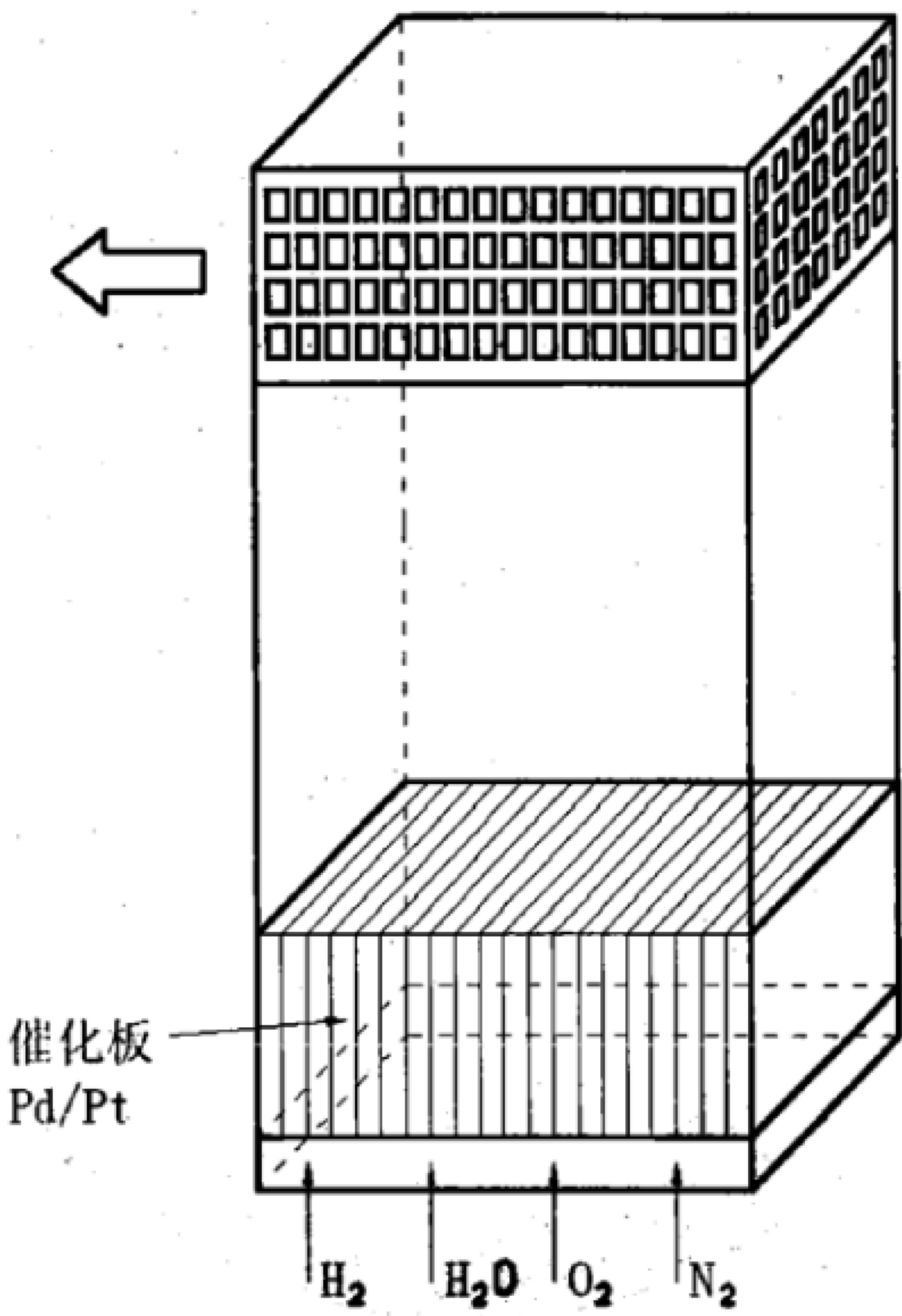
(资料性附录)

非能动氢气复合器工作原理

A.1 非能动氢气复合器工作原理

非能动氢气复合器是使用催化剂降低氢气和氧气开始发生复合反应的温度,并增大接触表面以使氢气和氧气充分接触发生复合反应,从而实现非能动、低温、高效复合氢气的装置。氢气复合装置采用非能动消氢,不应依赖电源、气源等辅助设施,不需要信号控制。非能动氢气复合器工作原理见图A.1。

非能动氢气复合器在房间内氢气体积浓度达到2.0 vol%时开始工作。在催化板上发生反应:  
 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 115.6 \text{ kcal}$ ,从而消除氢气。部件直接影响到非能动氢气复合器的消氢能力。含氢空气在催化剂表面反应放出热量,加热局部空气,使热空气密度减小而上升,冷的含氢空气不断由氢气复合器下部补充,在催化剂表面反应放热,从而形成气体的对流,不断消氢,使房间内的氢气浓度远低于爆炸水平。



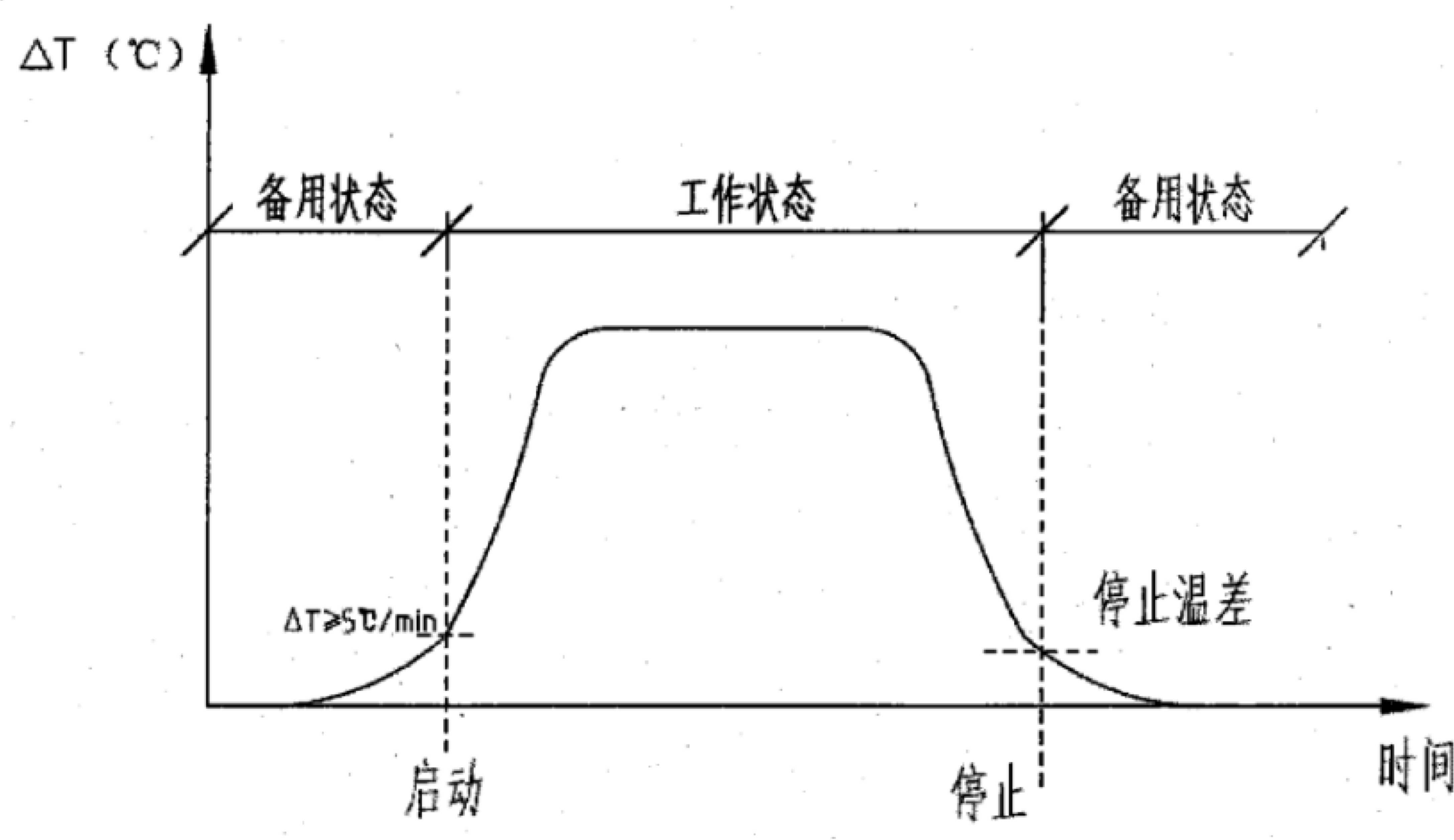
图A.1 非能动氢气复合器工作原理图

非能动氢气复合器至少包括催化部件、壳体和框架。

非能动氢气复合器根据催化部件结构形式可分为金属板状、金属网状和蜂窝状等,其消氢能力取决于催化部件的消氢能力和氢气复合器整机的自然循环能力。

非能动氢气复合器的状态可分为备用状态、工作状态两种状态,从备用状态转变为工作状态时需经历启动,从工作状态转变为备用状态为停止。非能动氢气复合器的状态和 $\Delta T$  (出风口与入口温度差值)的关系见图A.2。





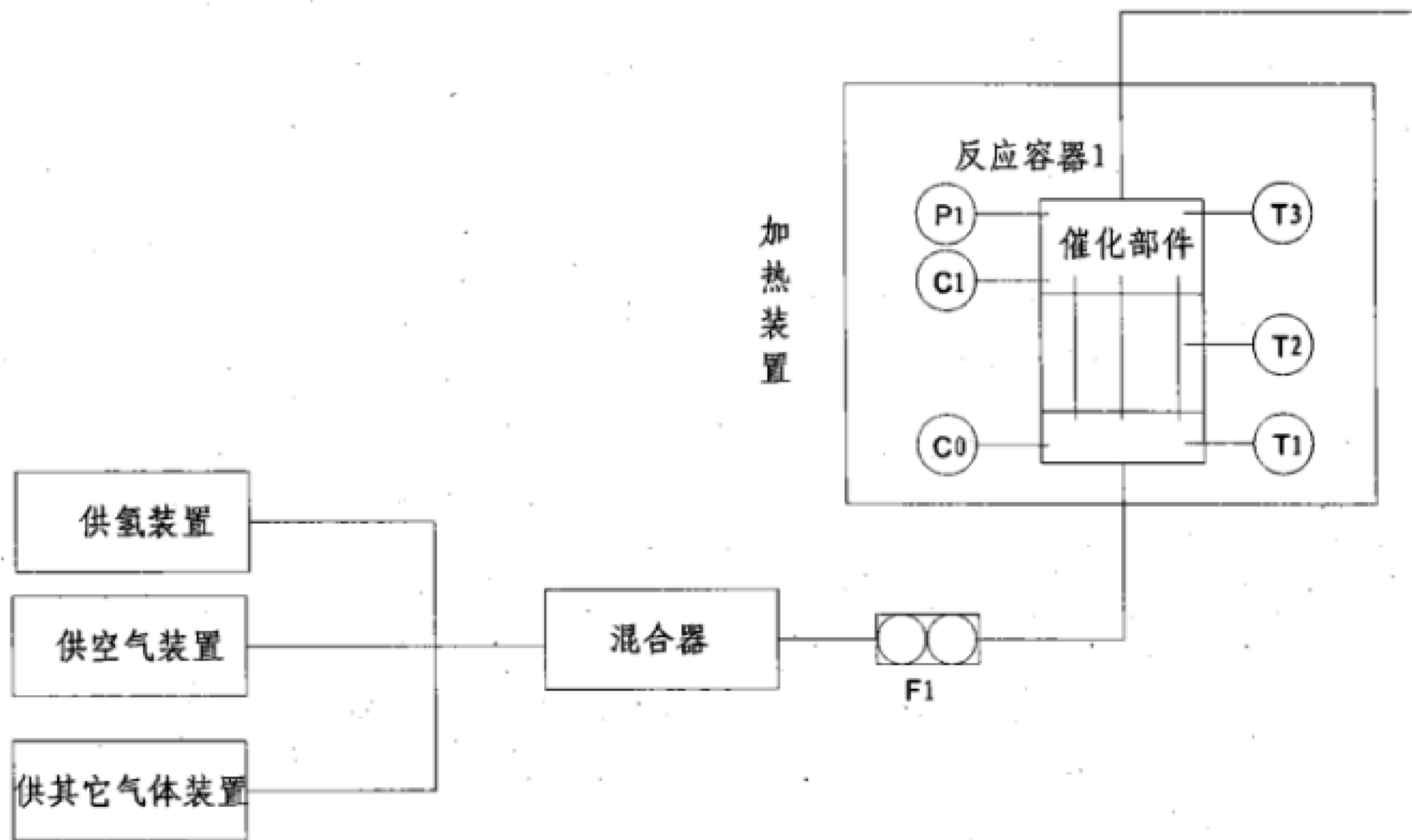
图A.2 非能动氢气复合器的状态与 $\Delta T$ 关系图

附录 B  
(资料性附录)  
催化部件性能试验装置

B.1 催化部件性能试验装置

催化部件性能试验装置流程见图B.1。反应容器1中安装催化部件作为试验对象，试验所需的不同氢气浓度由氢气和空气混合配比得出，配制结果可通过反应容器入口的氢气浓度分析仪测量得到。

注：反应容器1内设置催化部件的安装形式应与非能动氢气复合器内一致。



图B.1 催化部件性能试验装置流程

在反应容器1进出口以及催化部件上设置测温元件，测量催化部件入口温度T1以及催化部件温度T2、催化部件出口温度T3，出口温度测点距离催化板部件不超过150 mm。在反应容器1设置压力表，用于监测反应容器中压力P1。在反应容器出口设置背压阀，用于实现不同压力的条件。在反应容器内催化部件的进出口设置氢气浓度监测装置，用于监测反应容器进出口氢气浓度值，入口氢气浓度C0、出口氢气浓度为C1。在反应容器入口设置流量计，监测气体流量F1，用于计算催化部件入口流速。

装置主要监测参数见表B.1。

表B.1 催化部件性能试验装置监测参数

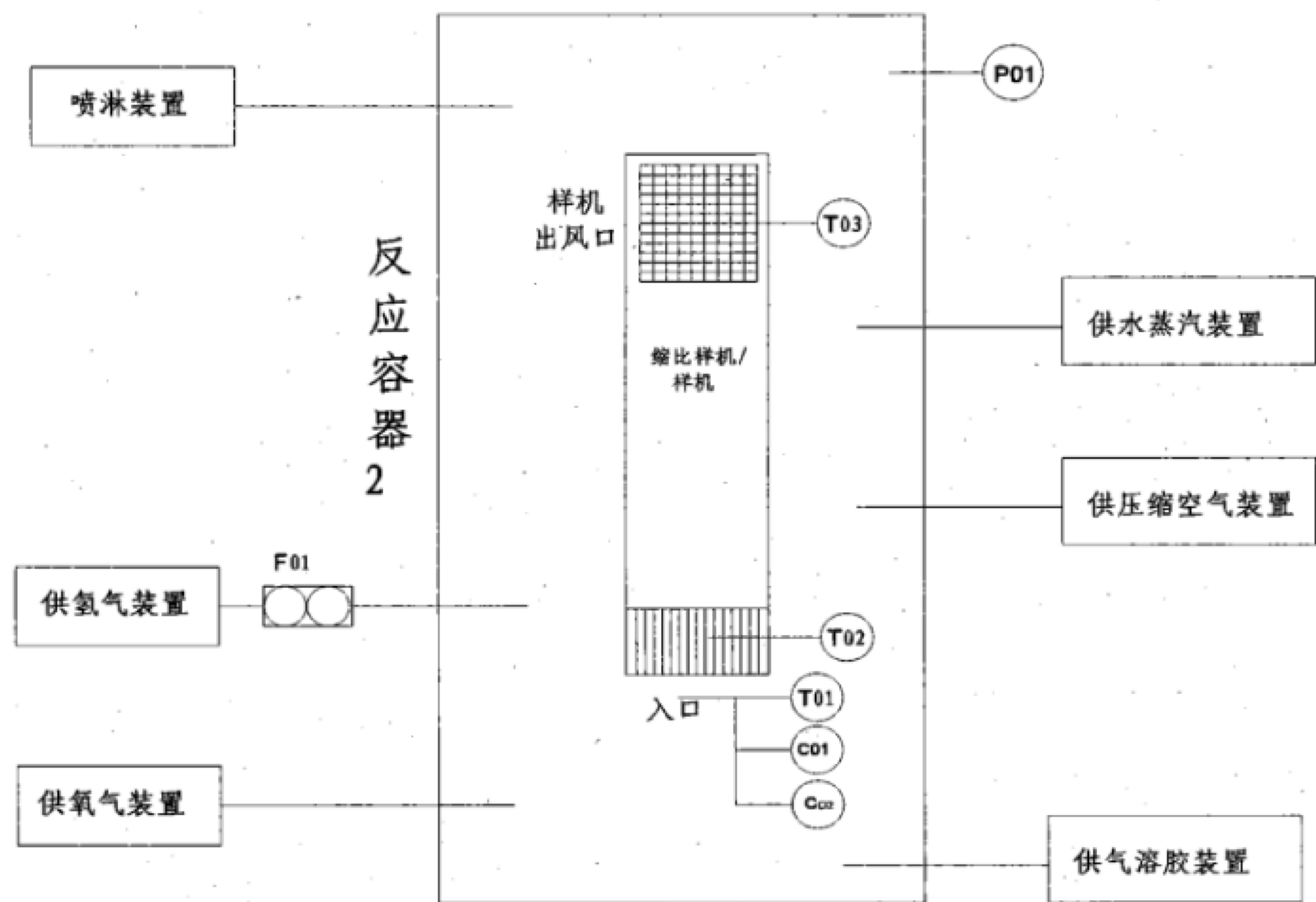
序号	参数位号	参数名称	单位	精度
1	F1	入口流量	Nm <sup>3</sup> /h	Ⅱ级
2	T1	催化部件入口温度	℃	I级
3	T2	催化部件温度	℃	I级
4	T3	催化部件出口温度	℃	I级
5	C <sub>1</sub>	催化部件入口氢气浓度	vol%	±1.0%FS
6	C <sub>0</sub>	催化部件出口氢气浓度	vol%	±1.0%FS
7	P1	反应容器1压力	MPa	I级

附录 C  
(资料性附录)  
非能动氢气复合器性能试验装置

C.1 非能动氢气复合器性能试验装置

氢气复合器性能试验装置流程见图C.1。试验装置安装缩比样机/样机作为试验对象。反应容器2是为承压反应容器，为性能试验提供环境压力边界；配气系统由压缩空气、氢气供应系统、氧气供应系统、水蒸气供应系统、喷淋系统和气体取样分析系统等组成。

注：反应容器2的直径与缩比样机/样机的宽度（或者长度）比值至少大于2，反应容器2的高度与缩比样机/样机的高度比值至少大于2。



图C.1 氢气复合器样机性能试验装置流程图

供氢气装置设置流量计，监测氢气供应量F01；反应容器2内部设置压力测量装置，监测P01；缩比样机/样机入口设置氢气浓度、氧气浓度和温度测量装置，监测缩比样机/样机入口氢气浓度C<sub>01</sub>、入口氧浓度C<sub>02</sub>、入口温度T01；缩比样机/样机设置温度测量装置，监测缩比样机/样机催化部件的温度T02；缩比样机/样机通风口设置温度测量装置，监测缩比样机/样机出风口温度T03。

装置主要监测参数见表C.1。



表C.1 氢气复合器性能试验装置监测参数

序号	参数位号	参数名称	单位	精度
1	F01	氢气流量	Nm <sup>3</sup> /h	II级
2	T01	缩比样机/样机入口温度	℃	I级
3	T02	缩比样机/样机催化部件温度	℃	I级
4	T03	缩比样机/样机出风口温度	℃	I级
5	C <sub>01</sub>	缩比样机/样机入口氢气浓度	vol %	±1.0 % FS
6	C <sub>02</sub>	缩比样机/样机入口氧浓度	vol %	±1.0 % FS
7	P01	反应容器2压力	MPa	I级

中 华 人 民 共 和 国  
能 源 行 业 标 准  
压水堆核电厂非能动氢气复合器的鉴定  
NB/T 20422—2017

\*

核工业标准化研究所出版发行  
北京海淀区骚子营 1 号院  
邮政编码：100091  
电 话：010-62863505  
原子能出版社印刷  
版权专有 不得翻印

\*

2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 次印刷  
印数 1—50 定价 44.00 元