

ICS 点击此处添加 ICS 号

点击此处添加中国标准文献分类号

备案号：

# 中国核工业勘察设计协会标准

XX/X XXXXX—XXXX

## 核电厂除氧器碟式喷嘴性能 试验规程 (征求意见稿)

Performance test code for deaerator Disc-type nozzle of  
pressurized water reactor nuclear power station

## 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. 试验装置及要求 .....       | 1  |
| 5. 试验要求及验收准则 .....     | 2  |
| 5.1 外观检查 .....         | 2  |
| 5.2 流量-压降性能试验 .....    | 3  |
| 5.3 雾化试验 .....         | 3  |
| 5.4 水锤模拟试验 .....       | 4  |
| 5.5 喷嘴碟片疲劳寿命试验 .....   | 4  |
| 6. 检验规则 .....          | 5  |
| 附录 A 试验总结报告内容 .....    | 6  |
| 附录 B: 喷组流量-压降曲线图 ..... | 11 |

## 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。

本文件由中国核工业勘察设计协会提出。

本文件由中国核工业勘察设计协会 XXX 技术委员会归口。

本文件起草单位：国核电力规划设计研究院有限公司、武汉大方机电有限公司、哈尔滨锅炉厂有限责任公司、黔西南州元豪投资有限公司、国家电投莱阳核能有限公司。

主要起草人：蹇宏伟、王凯、魏承君、王艳萍、陈汉荣、张勇、丁后亮、江号叶、张元强、宿伟成、郑钢

# 压水堆核电厂除氧器碟式喷嘴性能试验规程

## 1. 范围

本文件规定了压水堆核电厂除氧器碟式喷嘴出厂前性能测试的试验内容、方法和验收准则等。

本文件适用于压水堆核电除氧器碟式喷嘴性能检测的出厂试验和型式试验,其它电站除氧器碟式喷嘴性能试验可参照执行。

## 2. 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

## 3. 术语和定义

- 3.1 碟式喷嘴: 利用过流介质压力产生的碟片间隙, 实现过流介质雾化的装置。
- 3.2 额定流量: 当喷嘴达到的最佳性能时, 通过喷嘴的设计流量, 一般由喷嘴厂家给定。
- 3.3 最大出力: 当通过的流量超过额定流量时, 喷嘴仍能保持雾化效果的所对应的最大流量, 一般取喷嘴额定流量的110%。
- 3.4 最大压力损失: 喷嘴的流量达到设计最大出力时, 介质流过喷嘴产生的压力损失。
- 3.5 雾化直径: 介质经喷嘴雾化后, 所形成的有效水膜裙直径。

## 4. 试验装置及要求

- 4.1 试验装置(详见图1)应能满足喷嘴性能试验技术要求, 并确保在确保试验安全条件下完成各项性能测试。试验装置包括: 喷嘴、水泵、流量计、调节阀、快速启闭隔离阀、压力变送器、就地压力表、温度计、放水及排空阀、水箱、系统管路、观察平台、自动化控制柜、曲线打印仪等。
- 4.2 所有仪表应按照国家有关校准或检定规程进行校准或检定, 并在校准或检定有效期内使用。
- 4.3 试验装置仪表精度符合以下标准:
  - a) 流量测量仪表精度应不低于0.5级;
  - b) 压力变送器精度应不低于0.075级;
  - b) 就地压力测量仪表精度应不低于1.0级。
- 4.4 装置参数要求
  - a) 水箱: 根据喷嘴的额定流量确定其直径(对于矩形水箱为内切圆直径), 详见表1。

表 1 试验装置水箱最小直径

| 序号 | 试验喷嘴额定流量 t/h | 水箱最小直径 m |
|----|--------------|----------|
| 1  | 450          | 1.8      |
| 2  | 700          | 2.4      |
| 3  | 1200         | 2.8      |

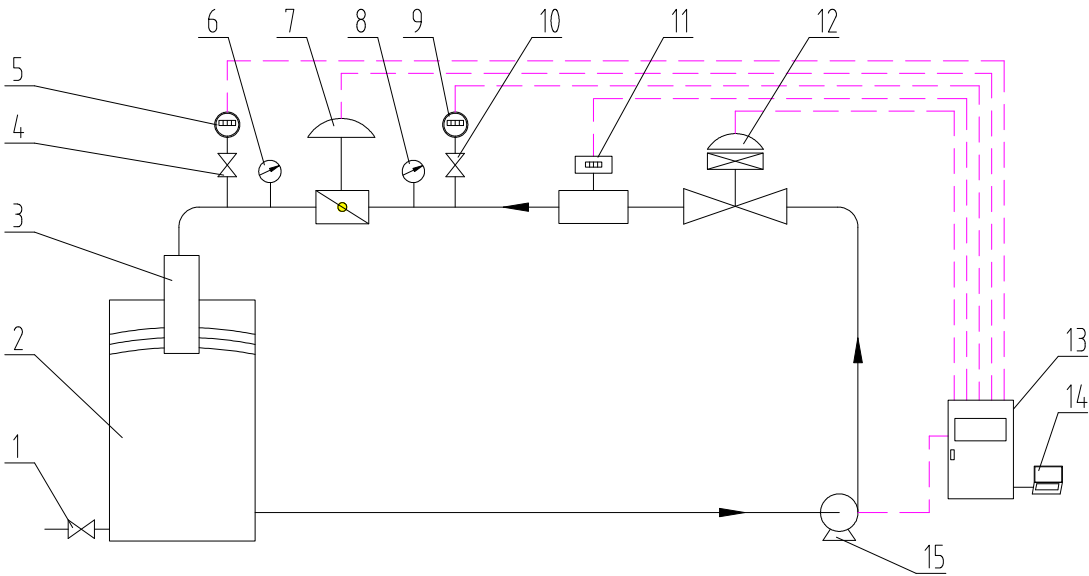
b) 水泵：水泵扬程及额定流量等要求应符合表2的要求。

表 2 试验装置水泵选型要求

| 名称 | 型式 | 额定流量 m³/h               | 扬程 m      |
|----|----|-------------------------|-----------|
| 水泵 | 不限 | $\geq 1.2 \times G$ 注 1 | $\geq 10$ |

注 1：G 为进行性能试验的喷嘴的额定流量，单位 m³/h。

4.5 进行性能试验的装置需通过专业机构鉴定，并出具鉴定报告。



1 - 放水阀；2-水箱；3-喷嘴；4, 10-仪表阀；5, 9-压力变送器；6, 8 -就地压力表；  
7-气动蝶阀；11-流量计；12-调节阀；13-自动化控制柜；14-计算机；15-水泵

图 1 试验装置流程图

## 5. 试验要求及验收准则

### 5.1 外观检查

喷嘴表面应光洁完整，不得有裂纹、疤痕、凹坑、穿透气孔、缺损等缺陷。紧固件不得有松动、损伤等现象。

## 5.2 流量-压降性能试验

### 5.2.1 试验内容

- a) 喷嘴应在10~110%额定流量 $G$ 范围区间内进行流量-压降试验, 每间隔10%额定流量测量喷嘴压降。
- b) 各试验检测点对应的流量及偏差允许值见表3。
- c) 流量-压降测量应连续完成, 不得分阶段进行。
- d) 各试验检测点压降数值读取前应, 流量需达到规定数值并保持不少于1分钟。

表 3 流量-压降试验检测点设置

| 检测点 | 流量值 $\text{m}^3/\text{h}$ | 允许偏差 $\text{m}^3/\text{h}$ |
|-----|---------------------------|----------------------------|
| 1   | $10\% \times G$           | $\pm 3$                    |
| 2   | $20\% \times G$           |                            |
| 3   | $30\% \times G$           |                            |
| 4   | $40\% \times G$           |                            |
| 5   | $50\% \times G$           |                            |
| 6   | $60\% \times G$           | $\pm 5$                    |
| 7   | $70\% \times G$           | $\pm 5$                    |
| 8   | $80\% \times G$           |                            |
| 9   | $90\% \times G$           |                            |
| 10  | $100\% \times G$          |                            |
| 11  | $110\% \times G$          |                            |

### 5.2.2 试验方法

试验介质应为5~40℃的清洁水, 水中氯离子含量不应超过100mg/L。

喷嘴逐步提升通过流量, 当流量达到10%额定流量后保持不少于1分钟, 读取并记录喷嘴压降。连续提升喷嘴通过流量, 每增加10%额定流量, 重复前步操作, 直至喷嘴通过流量达到110%额定流量。

喷嘴流量-压降每次全流量范围试验应连续不间断完成, 当测试过程中断, 需重新进行测试。

### 5.2.3 验收准则

- a) 按照试验数据绘制喷嘴流量-压降性能曲线。
- b) 喷嘴在额定流量下压损低于 $\leq 0.045\text{MPa}$ 。
- c) 喷嘴在110%额定流量下压损低于 $\leq 0.05\text{MPa}$ 。

## 5.3 雾化试验

### 5.3.1 试验内容

喷嘴应在10~110%额定流量范围区间内进行喷嘴雾化效果试验, 每间隔10%额定流量记录雾化效果。

### 5.3.2 试验方法

试验介质应为5~40℃的清洁水, 水中氯离子含量不应超过100mg/L。

喷嘴逐步提升通过流量，当流量达到10%额定流量后保持不少于1分钟，通过照片记录喷嘴雾化效果。连续提升喷嘴通过流量，每增加10%额定流量，重复前步操作，直至喷嘴通过流量达到110%额定流量。

喷嘴雾化效果试验每次全流量范围试验应连续不间断完成，当测试过程中断，需重新进行测试。

#### 5.3.3 验收准则

- a) 喷嘴应雾化均匀，无散射、漫射现象。
- b) 各测试流量点均需记录不少于1张雾化效果实测照片，单张照片记录范围不应低于喷嘴环向300°喷射范围，照片分辨率应为300DPI至600DPI之间。
- c) 喷嘴在60%额定流量以上雾化喷射时，按照表1规定的水箱最小直径范围内无肉眼可见间隙。

### 5.4 水锤模拟试验

#### 5.4.1 试验内容

喷嘴应按照瞬时通过110%额定流量工况，进行2次水锤模拟试验。

#### 5.4.2 试验方法

试验介质应为5~40℃的清洁水，水中氯离子含量不应超过100mg/L。

水锤模拟试验过程如下：

- a) 关闭气动蝶阀，试验装置气动蝶阀下游至喷嘴应处于排空状态。
- b) 电动调节阀调整至喷嘴110%额定流量所对应的开度，启动水泵。
- c) 水泵出口压力达到0.1 MPa或泵电机达到最大功率后，快速打开气动蝶阀。

#### 5.4.3 验收准则

经过2次水锤模拟试验后，检查喷嘴无任何塑性变形、裂纹、缺口、破损。

### 5.5 喷嘴碟片疲劳寿命试验

#### 5.5.1 试验内容

喷嘴碟片应进行100000次固定加载疲劳寿命试验。

#### 5.5.2 试验方法

使用固定机械装置对喷嘴碟片进行整体圆周均匀加载，加载应点为碟片外缘齿根处，加载压力不低于900N。碟片加载变形且碟片间隙最小位置接触后，完全卸载并恢复至原状的整个过程1次加载，每次加载时间为3~5s。

试验共分为五组加载周期，每20000次加载为一组加载周期，每组加载周期需记录此加载周期的典型力和时间曲线。

沿碟片圆周等角度选取不少于20个典型测试点，每组加载周期完成后，应测量碟片间隙，并按照5.5.3节要求进行碟片检验评判。

#### 5.5.3 验收准则

- a) 记录试验前，以及各组加载周期后的各典型测试点碟片间隙。
- b) 单碟片塑性变形量不应超过0.3mm。
- c) 碟片间的间隙变化量不应超过10%。

d) 碟片内外表面无肉眼可见的变形、裂纹、缺口、破损。

## 6. 检验规则

喷嘴装置的出厂检验和型式检验应按表4规定的项目进行。

表4 检验项目

| 序号 | 项 目        | 出厂检验 | 型式检验 | 备注 |
|----|------------|------|------|----|
| 1  | 外观检查       | √    | √    |    |
| 2  | 流量-压降性能试验  | —    | √    |    |
| 3  | 雾化效果试验     | —    | √    |    |
| 4  | 水锤模拟试验     | —    | √    |    |
| 5  | 喷嘴碟片疲劳寿命试验 | —    | √    |    |

注：“√”为检验项目，“—”为不检验项目。

符合下述任一情况，喷嘴应进行型式检验：

- 新产品和老产品转场生产的试制定型鉴定；
- 正式生产后如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- 产品长期停产后，恢复生产时；
- 用户提出要求（有偿）进行型式检验时；
- 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

## 附录 A 试验总结报告内容

1. 试验地点、试验单位名称、试验日期
2. 试验目的
3. 试验产品型号
4. 主要记录参数
5. 试验数据汇总表
6. 流量-压降曲线
7. 对试验结果的分析与评价
8. 结论

试验总结报告 表一

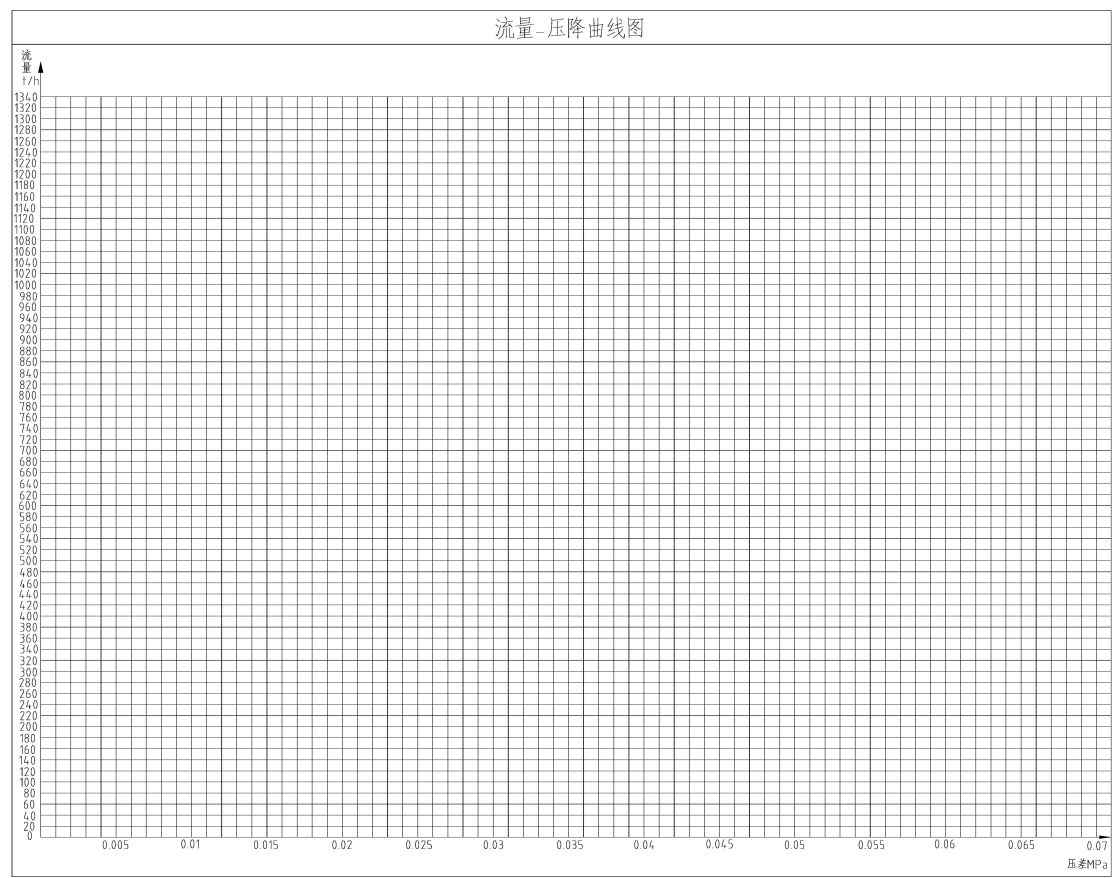
|                                                                                       |  |                        |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------|---|
| 碟式喷嘴试验记录表                                                                             |  | 试验单位名称:                |   |
| 喷嘴类型                                                                                  |  | 产品型号                   |   |
| 额定流量 m <sup>3</sup> /h                                                                |  | 最大流量 m <sup>3</sup> /h |   |
| 雾化效果                                                                                  |  | 雾化直径 m                 |   |
| 最大压力损失MPa                                                                             |  | 产品编号                   |   |
| 试验环境条件                                                                                |  | 试验日期                   |   |
| 环境温度 °C                                                                               |  | 相对湿度                   | % |
| 试验目的: <input checked="" type="checkbox"/> 流量-压降性能试验 <input type="checkbox"/> 检验喷嘴雾化试验 |  |                        |   |

| 试验数据汇总 表一      |      |                           |                           |                                |                    |      |
|----------------|------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------|------|
| 试验次数：第1次 升流量试验 |      |                           |                           |                                |                    |      |
| 试验<br>序号       | 相对比例 | 试验流量<br>m <sup>3</sup> /h | 允许偏差<br>m <sup>3</sup> /h | 流量计读<br>数<br>m <sup>3</sup> /h | 压力变送<br>器读数<br>MPa | 雾化效果 |
| 1              | 10%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 2              | 20%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 3              | 30%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 4              | 40%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 5              | 50%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 6              | 60%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 7              | 70%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 8              | 80%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 9              | 90%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 10             | 100% |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 11             | 110% |                           | ±3                        |                                |                    |      |

| 试验数据汇总 表二      |      |                           |                           |                                |                    |      |
|----------------|------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------|------|
| 试验次数：第2次 降流量试验 |      |                           |                           |                                |                    |      |
| 试验<br>序号       | 相对比例 | 试验流量<br>m <sup>3</sup> /h | 允许偏差<br>m <sup>3</sup> /h | 流量计读<br>数<br>m <sup>3</sup> /h | 压力变送<br>器读数<br>MPa | 雾化效果 |
| 1              | 110% |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 2              | 100% |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 3              | 90%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 4              | 80%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 5              | 70%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 6              | 60%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 7              | 50%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 8              | 40%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 9              | 30%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 10             | 20%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |
| 11             | 10%  |                           | ±3                        |                                |                    |      |

| 试验结论表     |                                                                                                                                                                                                        |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 合格标准      | 1. 各阶段流量达到设定流量 $\pm 3\text{m}^3/\text{h}$ ;<br>2. 额定流量压损 $\leq 0.045\text{MPa}$ ;<br>110%额定流量压损 $\leq 0.05\text{MPa}$ ;<br>3. 雾化均匀, 60%额定流量以上雾化喷射时, 按照表1规定直径范围内无肉眼可见间隙;<br>4. 水锤模拟试验后, 无塑性变形、裂纹、缺口、破损。 |
| 试验结果      | <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2<br><input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4                                                                                         |
| 试验结论      | <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格                                                                                                                                               |
| 不合格原因分析   | <input type="checkbox"/> 1、喷嘴本身质量问题<br><input type="checkbox"/> 2、测量数据存在严重偏差或不一致                                                                                                                       |
| 试验人员签字/日期 |                                                                                                                                                                                                        |
| 见证人员签字/日期 |                                                                                                                                                                                                        |

附录 B：喷组流量-压降曲线图



注：试验人员根据试验数据汇总表编制喷组流量-压降曲线