

# 团 体 标 准

T/CSICE 048-2025

---

## 船用进气道氨喷射阀技术要求

Technical requirements for marine gaseous ammonia admission valves

2025-12-26 发布

2025-12-26 实施

中国内燃机学会 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 分类和标记 .....	2
4.1 型式 .....	2
4.1.1 按压力补偿方式 .....	2
4.1.2 按流量范围 .....	2
4.2 基本参数 .....	2
4.3 结构 .....	3
4.4 标记 .....	3
4.4.1 型号表示方法 .....	3
4.4.2 标记示例 .....	4
5 要求 .....	4
5.1 工作介质 .....	4
5.2 材料 .....	4
5.3 性能 .....	4
5.3.1 流量重复性 .....	4
5.3.2 流量一致性 .....	4
5.3.3 开、闭响应特性 .....	4
5.3.4 最大工作压差 .....	4
5.3.5 最大逆向压差 .....	4
5.3.6 泄漏限值 .....	5
5.3.7 可靠性 .....	5
5.3.8 安全性 .....	5
5.3.9 振动 .....	5
5.3.10 盐雾 .....	5
5.3.11 环境温度 .....	5
5.3.12 外壳防护等级 .....	5
5.3.13 耐腐蚀性 .....	5
5.3.14 防爆性 .....	5
5.3.15 清洁度 .....	5
5.4 安装方式 .....	6
5.5 电气接口 .....	6
5.6 外观质量 .....	6
6 试验方法 .....	6

6.1	材料	6
6.2	性能	6
6.2.1	试验台要求	6
6.2.2	工作介质	6
6.2.3	试验条件	6
6.2.4	流量重复性	7
6.2.5	流量一致性	7
6.2.6	开、闭响应特性	7
6.2.7	最大工作压差	7
6.2.8	最大逆向压差	7
6.2.9	泄漏特性	7
6.2.10	可靠性	8
6.2.11	安全性	8
6.2.12	振动	8
6.2.13	盐雾	8
6.2.14	环境温度	8
6.2.15	外壳防护等级	8
6.2.16	耐腐蚀性	8
6.2.17	防爆性	8
6.2.18	清洁度	8
7	检验规则	8
7.1	检验类型	8
7.2	型式检验	8
7.2.1	检验时机	8
7.2.2	检验数量	9
7.2.3	检验项目	9
7.2.4	合格判据	9
7.3	出厂检验	9
7.3.1	检验项目	9
7.3.2	检验规则	10
8	标志、包装、运输和贮存	10
8.1	标志	10
8.2	包装	10
8.3	运输	10
8.4	贮存	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。

本文件由中国内燃机学会标准管理部提出。

本文件由中国内燃机学会归口。

本文件起草单位：中国船舶集团有限公司第七一一研究所、重庆红江机械有限责任公司、宁波中策动力机电集团有限公司。

本文件主要起草人：浦卫华、张文正、衣然、王昌庆、郑亮、梁刚、具德浩、陈晓轩、王先锋、李红梅。

本文件于2025年首次发布。

# 船用进气道氨喷射阀技术要求

**警告：**本文件的应用可能涉及到某些有危险性的材料、操作和设备，但未对与此有关的所有安全问题都提出建议。因此，用户在使用本文件之前有责任制定相应的安全和防护措施，并确定相关规章限制的适用性。

## 1 范围

本文件规定了船用氨燃料发动机的进气道氨喷射阀总成的技术要求，描述了相应的术语和定义、分类和标记、要求、试验方法、检验规则、标志、包装和贮存。

本文件适用于船用氨燃料发动机的进气道氨喷射阀（后简称氨喷射阀）的设计、制造与验收。

## 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，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。

- GB/T 536 液体无水氨
- GB/T 1220-2007 不锈钢棒
- GB/T 1222-2016 弹簧钢
- GB/T 2423.1-2008 电工电子产品环境试验 第1部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.10-2008 电工电子产品环境试验 第10部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 2423.17-2008 电工电子产品环境试验 第17部分：试验方法 试验Ka：盐雾
- GB/T 2521-2016 全工艺冷轧电工钢
- GB/T 3190-2020 变形铝及铝合金化学成分
- GB/T 3836.1-2021 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
- GB 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 6983-2022 电磁纯铁
- GB/T 13306-2011 标牌
- GB/T 13927-2022 工业阀门 压力试验
- GB/T 14647-2008 氯丁二烯橡胶CR121、CR122
- JB/T 7661 柴油机油泵油嘴产品清洁度限制及测定方法
- GD15-2022 中国船级社船舶应用氨燃料指南

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

## 3.1

**逆向压差 backfire pressure spike**

氨喷射阀在发动机正常工作下，能够承受的进气道压力超过氨气供气压力的压力差值。

## 3.2

**泄漏特性 leakage characteristics**

衡量氨喷射阀密封性能的指标，包括外泄漏特性与内泄漏特性。外泄漏特性为氨喷射阀向外部环境的氨气泄漏量；内泄漏特性为阀门关闭状态下氨气在阀门进出口之间的氨气泄漏量。

## 3.3

**全开流量 fully-open flow rate**

阀门完全开启状态下，在不同工作压力条件下的连续测试1 min下的稳定流量。

## 3.4

**脉冲流量 pulse flow rate**

阀门在设定的工作脉宽、阀门开启频率下，在不同工作压力条件的单次喷射流量。

## 3.5

**有效流通面积 effective flow area**

阀门在完全开启状态下，允许氨气能够通过的实际流通截面面积。

## 4 分类和标记

## 4.1 型式

## 4.1.1 按压力补偿方式

氨喷射阀按阀门工作原理中的压力补偿方式分为以下两种。

- a) 压力无补偿型式：压力非平衡型式（U）。
- b) 压力补偿型式：压力平衡型式（B）。

## 4.1.2 按流量范围

氨喷射阀在标准工况（20℃的气体温度条件下，阀门进气压力为200 kPa，出口压力为大气压）下，按照试验测试的氨气全开流量值（或间接通过空气介质测试流量进行转化）分为以下几类。

- a) <200 kg/h：紧凑型（S）。
- b)  $\geq 200$ 且<500 kg/h：标准型（M）。
- c)  $\geq 500$ 且<1000 kg/h：增强型（L）。
- d)  $\geq 1000$  kg/h：补充型（X）。

## 4.2 基本参数

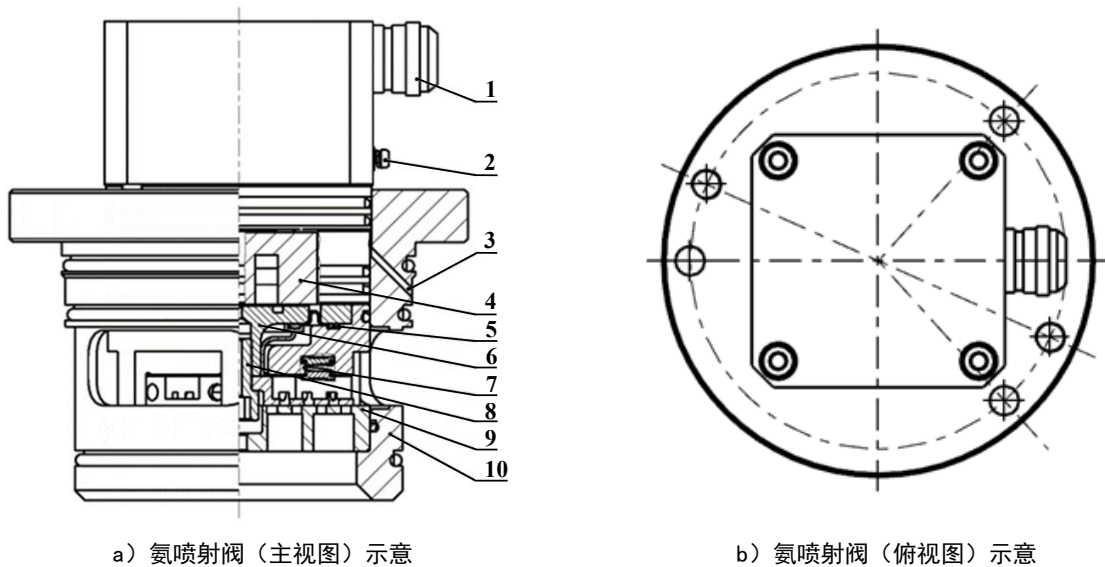
氨喷射阀的基本参数见表1。

表 1 基本参数表

型式	最大工作压差/kPa	最大正向压力/kPa	工作温度范围/°C	接口公称尺寸 DN
压力非平衡型	150	350	-20~105	50~500
压力平衡型	250	450		

### 4.3 结构

氨喷射阀的结构外形示意图见图1。压力非平衡型与压力平衡型性的外形一致。



a) 氨喷射阀（主视图）示意

b) 氨喷射阀（俯视图）示意

标引号说明：

- 1——线缆接头；
- 2——地线接头；
- 3——异常泄漏收集通道孔；
- 4——硅钢片；
- 5——隔膜；
- 6——衔铁；
- 7——弹簧；
- 8——螺栓；
- 9——阀盘；
- 10——外壳。

图 1 氨喷射阀外形示意图

### 4.4 标记

#### 4.4.1 型号表示方法

氨喷射阀的型号组成规定如图2所示。接口公称尺寸、标准工况下全开流量均保留整数位。

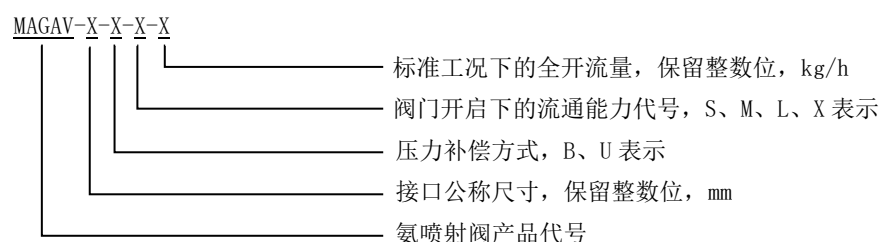


图 2 氨喷射阀型号命名规则

#### 4.4.2 标记示例

选用压力平衡式氨喷射阀型式，阀门接口公称尺寸为DN100，标准工况下测得的阀门全开流量为400 kg/h，标记为：MAGAV-100-B-M-400。

### 5 要求

#### 5.1 工作介质

本文定义的氨喷射阀针对低压进气道气态氨燃料喷射方式，因此其使用应满足将符合GB/T 536规定的液态无水氨经过供给系统气化处理并过滤后的氨气时，应能保证正常工作。

#### 5.2 材料

氨喷射阀中与氨介质接触的零部件应能长期承受氨介质的腐蚀，保证功能正常。材料物理、化学性能应与氨相容，不因氨腐蚀产生泄漏、失效、功能异常，即材料需要满足GD 15-2022的耐氨要求。

#### 5.3 性能

##### 5.3.1 流量重复性

氨喷射阀在给定工况下，全开流量重复性误差应在 $\pm 2\%$ 以内，脉冲流量重复性误差应在 $\pm 3\%$ 以内。

##### 5.3.2 流量一致性

选取任意两只氨喷射阀，在给定工况下，全开流量一致性误差应在 $\pm 3\%$ 以内，脉冲流量一致性误差应在 $\pm 5\%$ 以内。

##### 5.3.3 开、闭响应特性

氨喷射阀工作在表1所示的任意工况下，开启的时间应小于5 ms，关闭时间应小于5 ms。

##### 5.3.4 最大工作压差

压力平衡型式氨喷射阀的允许最大工作压差不低于250 kPa，压力非平衡型式氨喷射阀不低于150 kPa。

##### 5.3.5 最大逆向压差

氨喷射阀可承受的最大逆向压差不应低于50 kPa。

### 5.3.6 泄漏限值

氨喷射阀的外泄漏量应在GB/T 13927-2022的密封试验测试条件下满足A级泄露指标，且应符合IMO MSC.1/Circ.1687的泄漏预防要求，确保燃料系统设计采用双重阻断等措施；氨气泄漏检测应按IMO MSC.1/Circ.1687布置，不宜高于 $25 \times 10^{-6}$ ；内泄漏量应小于相同工况下全开流量的0.2%。

### 5.3.7 可靠性

氨喷射阀的寿命应满足动作次数不小于 $6 \times 10^7$ 次控制循环以上，且在相同给定工况下，全开流量随时间的平均值误差不大于 $\pm 3\%$ ，脉冲流量随时间的平均值误差不大于 $\pm 5\%$ 。

### 5.3.8 安全性

氨喷射阀应具备异常泄漏收集通道，满足阀门异常泄漏情况下能够安全隔绝氨气泄漏至机舱环境。

### 5.3.9 振动

氨喷射阀在在频率范围2 Hz~25 Hz，应能承受双向振幅 $\pm 1.6$  mm；在频率范围25 Hz~100 Hz，应能承受加速度 $39 \text{ m/s}^2$ ，试验后阀门功能正常、无松动或损坏。

### 5.3.10 盐雾

氨喷射阀在盐雾暴露时间96 h，试验后阀门无明显腐蚀、功能正常。

### 5.3.11 环境温度

氨喷射阀在 $-20$  °C、 $105$  °C环境温度条件下各保持24 h，能够保持正常工作。

### 5.3.12 外壳防护等级

氨喷射阀的外壳防护等级应不低于GB 4208规定的IP 65。

### 5.3.13 耐腐蚀性

氨喷射阀与氨气直接接触的零部件，经过氨气耐腐蚀试验后，金属零部件表面不得出现裂纹、穿孔、肉眼可见腐蚀损伤，密封件不应出现软化、溶胀、龟裂等现象。

### 5.3.14 防爆性

氨喷射阀的防爆性应满足GB/T 3836.1-2021以及其相对应防爆类型的相关要求，防爆标志允许用户和制造厂商协商确定，并在产品铭牌上明确标识。

### 5.3.15 清洁度

氨喷射阀总成清洁度限值见表2。

表 2 基本参数表

氨喷射阀有效流通面积 mm <sup>2</sup>	清洁度限值		
	非密封配合动作零件杂质重量 mg	密封配合动作零件杂质重量 mg	杂质颗粒度（密封配合动作零件） mm
<50	≤3	≤1	≤0.05
50~150	≤5	≤2	≤0.05
150~300	≤6	≤3	≤0.06
>300	≤7	≤3	≤0.07

#### 5.4 安装方式

氨喷射阀的安装应在水平位置，其阀体轴线与水平面夹角不应超过±15°，其连接尺寸应采用氨发动机制造商指定的标准接口或连接方式。

#### 5.5 电气接口

氨喷射阀的电气接口应采用标准化电气连接方式，与发动机控制系统相适配。驱动电压为(48~110)V，提升电流为(10~15)A，时间不宜超过2ms；保持电流为(2~5)A。

#### 5.6 外观质量

加工面应保持均匀的加工纹理，无高低不平、错台或加工拉痕。所有加工部件边角应去毛刺、倒圆或钝化。

### 6 试验方法

#### 6.1 材料

氨喷射阀与氨介质接触的零部件材料应该采取核查材料牌号和材质证书的方法进行检查，结果应满足GD 15-2022的耐氨要求。

#### 6.2 性能

##### 6.2.1 试验台要求

氨喷射阀的试验台应当按照工况要求、安装方式与电气接口，选配流量计、调节阀、管路等，对具有燃气喷射阀性能测试设备进行相应改装或重新加工定制以满足测试要求。

##### 6.2.2 工作介质

除涉及材料耐腐蚀性试验项目外应采用氨气作为试验工作介质外，其他与氨喷射阀结构特性相关的试验包括流量特性、泄漏量测试、响应特性等试验，可采用空气或氮气为介质进行替代试验。

##### 6.2.3 试验条件

试验台供气温度:0℃~60℃;环境温度:10℃~45℃;相对湿度:40%~80%;大气压力:86kPa~106kPa。氨喷射阀上游供气压力和下游压力可调并满足试验时压力要求，且在氨喷射阀测试过程中，压力波动不超过±3%。

#### 6.2.4 流量重复性

在氨喷射阀专用试验台上，对单个氨喷射阀进行在相同工况下分别进行不低于30次的全开流量以及脉冲流量的重复测试，其中每次脉冲流量测试中以不低于30组的平均测量值作为单次脉冲流量值。计算平均值与每次测试流量的偏离值，得到全开流量的重复性误差及脉冲流量的重复性误差。计算公式如下：

$$\lambda = \sigma/\bar{q} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\lambda$  ——测试流量的重复性误差，%；

$\sigma$  ——测试流量的标准差，kg/h；

$\bar{q}$  ——测试流量的平均值，kg/h。

#### 6.2.5 流量一致性

在氨喷射阀专用试验台上，对相同型号的不同阀门在相同工况下分别进行不低于30次的全开流量与脉冲流量测试并计算平均值，再计算不同阀门间全开流量的一致性误差与脉冲流量的一致性误差。计算公式如下：

$$\delta = \epsilon/\bar{Q} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\delta$  ——不同阀门测试流量的一致性误差，%；

$\epsilon$  ——不同阀门平均测试流量的标准差，kg/h；

$\bar{Q}$  ——不同阀门平均测试流量的平均值，kg/h。

#### 6.2.6 开、闭响应特性

氨喷射阀在进、出口压差为零时，通过示波器记录驱动信号波形，计算上电时间和完全开启的时间差为氨喷射阀的开启响应时间；计算断电时间和完全关闭的时间差，得到氨喷射阀的关闭响应时间。响应测试应反复进行10次并取均值。

#### 6.2.7 最大工作压差

在氨喷射阀专用试验台上，调整进、出口压力差值并进行流量重复性测试及开、闭响应特性测试。能够满足流量重复性要求及开、闭响应特性要求的最大压差值，即为该氨喷射阀的最大工作压差。

#### 6.2.8 最大逆向压差

在氨喷射阀专用试验台上，调整进、出口压力，使反向压力高于正向压力。记录能够使阀门始终保持关闭状态的最大压力差值，即为该氨喷射阀的最大逆向压差。

#### 6.2.9 泄漏特性

泄漏特性的测试包含两类。

- a) 外泄漏。按照GB/T 13927-2008中5.1条的密封试验方法，确认氨喷射阀四周接缝和零件连接处无漏气现象。
- b) 内泄漏。在氨喷射阀泄漏特性专用试验台上，无驱动控制下保证阀门常闭状态，在不同的工作压力工况下，读取流量并记录相应流量，即为内泄漏量。

### 6.2.10 可靠性

选取额定工作压差、阀门开启频率、控制脉宽下，对氨喷射阀进行 $6 \times 10^7$ 次的可靠性试验，每隔相同间隔时间记录一次阀门流量特性并计算随时间变化特性是否符合规定要求。可靠性试验结束后，需进行阀门零部件拆检，确认零部件无异常损坏。

### 6.2.11 安全性

在阀门工作压力范围内，断电状态下通过设置可控泄漏点模拟内部密封失效，检测泄漏收集通道是否正常导流。泄漏介质（可用空气或氮气替代）应全部经收集通道排出，外表面及环境检测点不得检出可测泄漏。

### 6.2.12 振动

氨喷射阀按照GB/T 2423.10-2008进行，结果应符合5.2.9的要求。

### 6.2.13 盐雾

氨喷射阀按照GB/T 2423.17进行，结果应符合5.2.10的要求。

### 6.2.14 环境温度

氨喷射阀按照GB/T 2423.1-2008、GB/T 2423.2-2008进行，结果应符合5.2.11的要求。

### 6.2.15 外壳防护等级

氨喷射阀按照GB 4208的规定进行，结果应符合5.2.12的要求。

### 6.2.16 耐腐蚀性

氨喷射阀按照GB/T 2423.51-2020的规定进行，采用氨气作为气体介质，零部件作为被试样品，进行气体腐蚀试验，结果应符合5.3.13的要求。

### 6.2.17 防爆性

氨喷射阀的防爆性能应按 GB/T 3836.1-2021 及相应防爆型式标准进行试验，结果应符合5.3.14的规定要求。

### 6.2.18 清洁度

清洁度测试按照JB/T 7661的规定进行，结果应符合5.3.15的要求。

## 7 检验规则

### 7.1 检验类型

氨喷射阀的检验分为型式检验和出厂检验。

### 7.2 型式检验

#### 7.2.1 检验时机

在下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品投产或者产品转场生产时；
- b) 氨喷射阀结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品停产1年及以上恢复生产时；
- d) 国家监督机构提出进行型式检验要求时；
- e) 用户提出相关型式试验需求时。

### 7.2.2 检验数量

型式检验的氨喷射阀的检验数量不少于3只。

### 7.2.3 检验项目

氨喷射阀的型式检验项目按表3规定进行。

表 3 检验项目

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	要求的章条号	试验方法的章条号
1	流量重复性	●	●	5.3.1	6.2.4
2	流量一致性	●	●	5.3.2	6.2.5
3	开、闭响应特性	●	●	5.3.3	6.2.6
4	最大工作压差	●	●	5.3.4	6.2.7
5	最大逆向压差	●	○	5.3.5	6.2.8
6	泄漏特性	●	●	5.3.6	6.2.9
7	可靠性	●	○	5.3.7	6.2.10
8	安全性	●	○	5.3.8	6.2.11
9	振动	●	○	5.3.9	6.2.12
10	盐雾	●	○	5.3.10	6.2.13
11	环境温度	●	○	5.3.11	6.2.14
12	外壳防护等级	●	○	5.3.12	6.2.15
13	防爆性	●	○	5.3.13	6.2.16
14	耐腐蚀性	●	○	5.3.14	6.2.17
15	清洁度	●	●	5.3.15	6.2.18

注：“●”代表必检项目；“○”代表可选项目

### 7.2.4 合格判据

当所有检验项目均符合要求时，则判定型式检验合格。若有一项不符合要求时，允许采取纠正措施并对不符合要求项目重新检验；若检验项目多于一项不符合要求或整改一次仍不符合要求，则判定型式检验不合格。

## 7.3 出厂检验

### 7.3.1 检验项目

氨喷射阀的出厂检验项目按表3规定进行。

### 7.3.2 检验规则

氨喷射阀的出厂检验规则按表4规定进行。

表 4 出厂检验规则

批零件数量/件	检验方式	合格判据
≤10	全检	只有所有氨喷射阀合格时，该批次氨喷射阀才能验收合格
>10 或 ≤100	抽检：抽样数量不少于检验批次的20%且≥10件	所有抽样氨喷射阀合格，则该批次氨喷射阀验收合格；若存在1件及以上不合格，则从本检验批次未检零件中再次抽取不少于本批次总数的20%，若仍有不合格，则该批次氨喷射阀验收不合格
>100	抽检：抽样数量不少于检验批次的10%且≥20件	所有抽样氨喷射阀合格，则该批次氨喷射阀验收合格；若存在1件及以上不合格，则从本检验批次未检喷射阀中再次抽取不少于本批总数的10%且≥20件，若仍有不合格，则该批次氨喷射阀验收不合格。

## 8 标志、包装、运输和贮存

### 8.1 标志

每只氨喷射阀应具有独立的铭牌或标志，需在明显位置至少标明以下内容：

- a) 制造厂名(标识)或商标；
- b) 产品型号或代号；
- c) 可追溯的生产批号或生产日期；
- d) 其他内容按用户协议标注。

### 8.2 包装

每只氨喷射阀的包装要求如下：

- a) 氨喷射阀总成各接口应装有各种防护零件(护罩、护帽等)，以防止内腔被污染。
- b) 氨喷射阀总成应具备防撞击、防潮保护，保证氨喷射阀总成不受损伤和受潮。
- c) 每个包装箱内都应附有经检验员盖章的合格证及有关出厂文件。在包装箱外表面应标明：产品名称、产品型号、产品标准号、制造厂的厂标或商标、制造厂名、装箱数量、装箱日期、运输保护标志。

### 8.3 运输

在运输过程中，应对包装箱采取固定措施及防潮防水措施，避免氨喷射阀受到剧烈的振动及损伤。

### 8.4 贮存

在贮存过程中，应确保氨喷射阀内部干燥，且贮存区应干燥通风，避免阀门与酸性、碱性以及其他可能引起腐蚀的化学物品接触。在符合规定的条件下，自交货之日起，氨喷射阀的封存防锈有效期不应少于12个月。

