

CN9000617

CNIC-00290

RINPO-0006

# 中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

压水堆稳压器用喷雾器的试验研究

EXPERIMENTS ON THE SPRAY NOZZLES

USED IN THE PRESSURIZER OF

POWER REACTOR

*(In Chinese)*



原子能出版社

中国核情报中心

China Nuclear Information Centre

**CNIC-00290**

**RINPO-0006**

# **压水堆稳压器用喷雾器的试验研究**

**EXPERIMENTS ON THE SPRAY NOZZLES**

**USED IN THE PRESSURIZER OF**

**POWER REACTOR**

*(In Chinese)*

**刁温堂**

**(核动力运行研究所, 武汉)**

**中国核情报中心**

**原子能出版社**

**北京·1989.4**

## 摘 要

工作在压水堆稳压器中的喷雾器，通常以较小的反应堆进出口的压降作为喷雾压差，而其喷雾流量则相对较大。欲获得较佳的雾化性能十分困难。本文总结了喷雾压差在 $0.127\sim 0.245\text{MPa}$ ，喷雾流量在 $5\sim 50\text{l/h}$ 范围内的五种类型，共27种不同结构参数尺寸喷雾器的试验研究结果。初步找出了影响雾化及其分布特性的主要因素，并推荐出相对合适的喷雾器结构，供现运行而拟改进、发展的核动力装置及压水堆核电站等工程用喷雾器的选型、设计及试验时参考。

**关键词** 压水堆 稳压器 喷雾器 雾化性能

# **EXPERIMENTS ON THE SPRAY NOZZLES USED IN THE PRESSURIZER OF POWER REACTOR**

**Diao Wentang**

**(Research Institute of Nuclear Power Operation, Wuhan)**

## **ABSTRACT**

The spray nozzle, which operates in the pressurizer of pressurized water nuclear power reactor system, usually uses a less differential pressure between the reactor inlet and outlet as the spray drive pressure, but its flow rate is relatively larger. It is difficult to obtain a optimum spray performance of such a nozzle. This paper describes the experimental results of five types of twenty seven spray nozzles in different structures and sizes with the range of the spray drive pressure from 0.127 to 0.245 MPa and the flow rates from 5 to 50 l/h. The main factors affecting spray performances and their distribution characteristics have been found. And some relatively suitable spray structures have been recommended, which can be used as references for improving the spray nozzles used in the pressurizers of existing PWRs or of the PWRs to be built.

## 一、前 言

在压水堆稳压器内所配置的喷雾器，主要用于衰减系统的正波动。通过喷雾器喷入稳压器蒸汽空间有限的过冷水，能否充分、有效地与饱和蒸汽进行换热而达到所要求的目的，则主要取决于喷雾器的雾化性能。为了衡量一个喷雾器雾化性能的优劣，根据压水堆稳压器的工作特点可以从以下四方面来进行研究：

1. 压差~流量特性；
2. 雾化流量分布特性；
3. 雾化液滴的颗粒度；
4. 雾化锥角。

对一个结构、尺寸已定的喷雾器来说，其流量、雾化颗粒度、雾化锥角取决于喷雾压差的大小：喷雾压差越大流量越大、雾化颗粒度越小、雾化锥角加大或减小。然而，在压水堆稳压器中用的喷雾器的喷雾压差，则通常是利用反应堆进出口的压降。该压差一般仅为0.127~0.196MPa，而喷雾流量根据反应堆功率的大小在5~60t/h范围内，实属小压差大流量喷雾器。欲获得较佳的雾化性能，必须从喷雾器的结构上进行深入地试验研究。

为此，我们设计了五种类型、共27种不同结构参数尺寸的喷雾器，以探讨不同类型以及同类型而结构参数不同的喷雾器的雾化性能。通过样机试验初步找出了影响雾化及其流量分布特性的主要因素和合适的喷雾器结构。本文将介绍喷雾压差在0.127~0.245MPa，喷雾流量在5~50t/h范围内的这五种类型、共27种不同结构参数尺寸喷雾器的性能试验结果，供现运行而可能改进发展的核动力装置和压水堆核电站等工程中所需要的喷雾器的选型、设计及试验时的参考。

## 二、试验用喷雾器的结构原理和设计

工程上所用的喷雾器尽管各种各样，但多数采用离心作用原理。在离心式喷雾器中，液体在外压差作用下被迫沿所设计的流道急剧旋转，产生较大的离心力，而后从喷口突然喷出。在脱离喷口的瞬间，液体在离心动能的作用下分散成细小的雾滴，从而完成“喷雾”过程。由于离心式喷雾器的流量范围较宽、阻力较低、雾化较好，且结构简单，所以为各种工业部门广泛采用，核动力工程也不例外。我们亦按离心作用原理设计，试验了下列种类的喷雾器（其结构见附图1~6）：

1. 多孔离心式
2. 单螺旋式
3. 切孔离心式
4. 双螺旋式
5. 三螺旋式

在单、双螺旋式中依其结构尺寸和流量大小的不同分成：大单螺旋、小螺旋、小型双螺旋、中型双螺旋、大双螺旋；对切孔离心式则又分成：中孔离心式、无孔离心式和双离心式。为了研究喷雾器结构参数的影响，对单螺旋式给予了不同的螺旋角 $\alpha=18^\circ$ 、 $30^\circ$ 和不同的混

合室导锥角 $\beta=30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ ，球面，并进行了组合性能试验研究。对切孔离心式亦进行了变换混合室导锥角 $\beta$ 的相应试验研究。初步探讨了这些结构因素的影响和规律。

关于喷雾器结构尺寸的计算，由于液体从喷雾器的前部管段流入而最后由喷雾器的喷口流出，不论其在喷雾器内部的运动过程如何，可视为在恒定压头下液体流经管嘴的运动，其流量与喷雾器喷口尺寸和压头的关系可用下式表示：

$$Q = \mu F \sqrt{2gH} \quad (1)$$

式中 $Q$ ——流经喷雾器的液体流量 $[\text{m}^3/\text{s}]$ ；

$\mu$ ——流量系数；

$F$ ——喷口断面积 $[\text{m}^2]$ ；

$g$ ——重力加速度 $[9.81\text{m}/\text{s}^2]$ ；

$H$ ——压头，即喷雾压差 $[\text{m}\cdot\text{H}_2\text{O}]$ 。

然而，由于液体在流经喷雾器的过程中，受到内部流道的限制，使其发生急剧旋转运动且从较小的喷口喷出。射流喷出之后在自身重力、内力、表面张力和空气阻力的共同作用下，分散成细小的雾滴。所以，喷雾器的性能：雾化颗粒度、雾化锥角、雾化流量分布以及流量计算公式中的流量系数 $\mu$ ，均依喷雾器结构的不同而不同，且变化范围较大。目前尚不能从理论上完全解决，大部分是建立在试验的基础上。为满足工程需要，必须对初步设计而制造出的喷雾器样机，在给定的参数下进行全面的性能试验并不断修改完善，最后才能确定出较好的喷雾器结构。

### 三、试验结果及分析

1. 所试各种典型喷雾器的压差~流量特性曲线如图1所示：

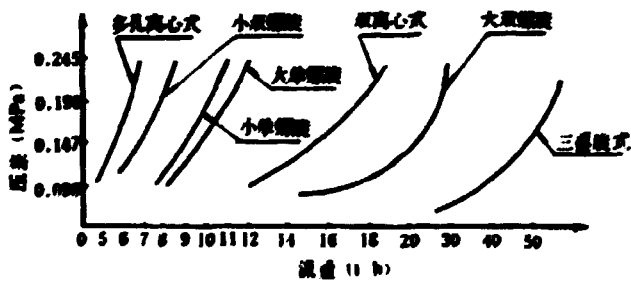


图1 各种类型喷雾器的压差~流量特性

试验表明：

(1) 所有各种类型的喷雾器的喷雾流量均随喷雾压差的增大而增大，亦即符合关系式(1)。

从压差~流量特性曲线上看，均明显地呈现 $H=kQ^2$ 型抛物线。少数流量范围较小的喷雾器不甚明显，但根据试验数据核算，确实符合这种关系。例如，四只同样结构和尺寸的多孔离心式喷雾器，经试验实测其压差~流量数据如表1所列：

表1 多孔离心式的压差~流量数据

压差 (MPa)		0.127	0.147	0.167	0.196	0.216	0.245
流量 (l/h)	No.1	5.04	5.34	5.82	6.30	6.60	6.90
	No.2	4.98	5.22	5.46	6.00	6.24	6.62
	No.3	4.82	5.22	5.64	6.00	6.24	6.72
	No.3	4.98	5.28	5.52	6.00	6.36	6.72

该喷雾器的喷口为32个 $\phi 3.6$ 的孔,其断面积为 $3.256 \times 10^{-4} \text{m}^2$ ,代入(1)式中求出 $\mu$ :

$$\mu = \frac{Q}{F \cdot \sqrt{2gH}}$$

$$= 0.19263Q / \sqrt{H}$$

按表1所测数据算出该多孔离心式喷雾器的平均流量系数 $\mu = 0.262$ 。

根据各种类型喷雾器的压差~流量实测数据和其喷口断面尺寸换算的流量系数 $\mu$ ,综合列成表2:

表2 各种喷雾器的平均流量系数 $\mu$

流量系数			$\mu$				
多孔离心式			0.262				
单螺旋式	导锥角 $\beta$		30°	45°	60°	90°	球面
	大单螺旋	$\alpha = 18^\circ$	0.542	0.532	0.499	0.485	0.484
		$\alpha = 30^\circ$	0.552	0.549	0.525	0.513	0.512
	小单螺旋	$\alpha = 30^\circ$	0.513	0.504	0.494	—	0.470
切孔离心式	中孔离心式		0.431	0.428	0.416	0.411	0.403
	无孔离心式		0.248	—	—	—	0.227
	扇离心式				0.576		
双螺旋式	小型双螺旋				0.635		
	中型双螺旋				0.707		
	大型螺旋				0.528		
三螺旋式					0.661		

(2) 实验证明,不同类型的喷雾器其流量系数相差很大,就是在同一类型中,由于具体结构和尺寸不同,其流量系数亦不同,在单螺旋式中,流量系数受螺旋角和混合室导锥角的影响,当螺旋角 $\alpha$ 一定时,流量系数 $\mu$ 随着导锥角的增大而减小;而当导锥角 $\beta$ 一定时,流

流量系数 $\mu$ 又依螺旋角的增大而增大。这是因为流量系数本质上反映的是喷雾器内部的阻力效应和喷雾器进出口断面收缩效应。所以，流量系数决定于喷雾器的结构与尺寸且受表面加工质量、液体的温度与粘度等影响。故对每一种喷雾器只能通过试验，给出一个数值范围。

## 2. 流量分布特性

喷雾器的流量分布均匀度是喷雾器设计中最难实现的指标。大量实验证明，要使设计的喷雾器达到十分均匀的流量分布是非常困难的。以螺旋式（包括单螺旋、双螺旋和三螺旋）为例，其流量分布不但受其内、外螺旋流道截面面积比的影响，而且受螺旋角、混合室导锥角和中心孔道下锥角的影响。

单螺旋式喷雾器结构的示意图如图2所示。根据苏联乌克兰化工机械科学研究所推荐的流道断面面积分配关系<sup>1)</sup>：

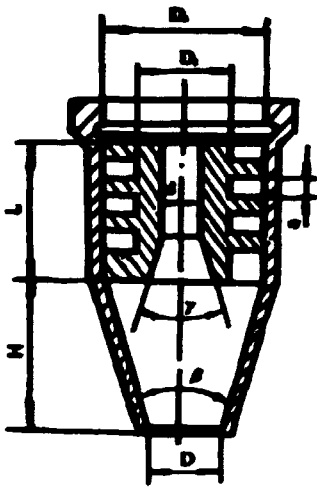


图2 单螺旋式喷雾器结构示意图

$$\sum f_1 = 3.4f_2$$

$$\text{而 } \sum f_1 + f_2 = 1.1f_3$$

$$l \approx 2.5D$$

$$D_2 = 2D$$

式中： $f_1$ ——螺旋流道的截面积；

$f_2$ ——中心孔道的截面积；

$f_3$ ——喷口的截面积；

$l$ ——螺旋流道的螺距。

通常用： $d = 0.5D$ ；  $\alpha = 0.4D$

$$D_2 = D$$

$$L = 2D$$

我们曾依此关系设计制造了几个这种喷雾器，但试验结果尚不够理想。经对其断面面积比做了如下调整后收到较好的效果：

$$\sum f_1 = 3f_2$$

$$\sum f_1 + f_2 = 1.1f_3$$

同时，在螺旋角 $\alpha = 18^\circ$ 和 $30^\circ$ 下把混合室导锥角 $\beta$ 分别改为 $30^\circ$ ， $45^\circ$ ， $60^\circ$ ， $90^\circ$ 及球面五种情况下进行了试验。如果把流量分布均匀度定义为：在所测量的尺寸范围内，测量板积聚的液体总量的平均高度与曲线板值的比值。那么该值越接近1，则流量分布均匀度越好。

试验证明：

(1) 螺旋式喷雾器的流量分布均匀度，既与内、外流道的断面面积比有关（见图3），又与螺旋角 $\alpha$ 、导锥角 $\beta$ ，即混合室的长度或容积及中心孔下锥角有关（见图4-5）。从图3明显地看出流道尺寸（中心孔直径）变化时流量分布的变化。图4是小单螺旋在 $\alpha = 30^\circ$ 的情况下，随着导锥角 $\beta$ 的增大，流量分布曲线由开始 $\beta = 30^\circ$ 时中间低外侧高向中间高外侧低变化的情况。而当导锥角 $\beta$ 不变时，螺旋角 $\alpha = 18^\circ$ 时较 $\alpha = 30^\circ$ 时具有更大的旋转离心力，故 $\alpha =$



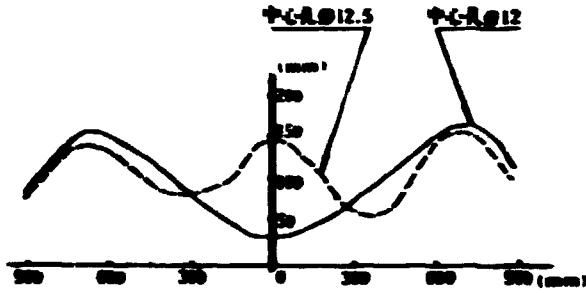


图3 三圈螺旋喷嘴断面比变化时的流量分布曲线

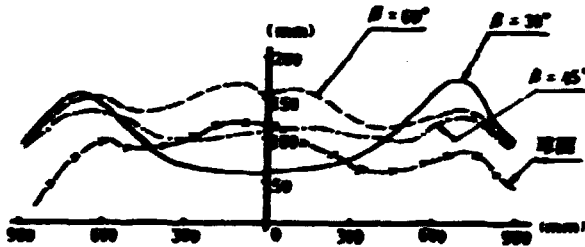


图4 小单螺旋在导锥角 $\beta$ 变化时的流量分布曲线

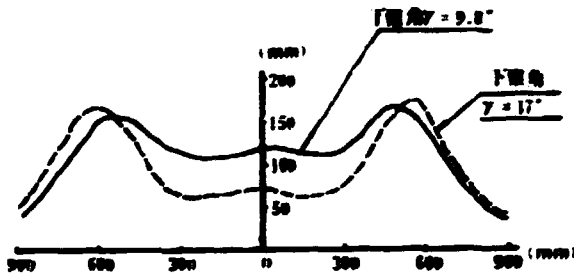


图5 大单螺旋在 $\alpha=13^\circ$ 、 $\beta=30^\circ$ 时中心孔下锥角对流量分布的影响

$18^\circ$ 的流量分布曲线外高中低；而 $\alpha=30^\circ$ 的流量分布曲线则由于旋转离心力减小、轴向速度头增大而呈现中间高外侧低的情况。图5示出了当 $\alpha$ 、 $\beta$ 均不变时，中心孔下锥角对流量分布曲线的影响。总之，除多孔离心式外，比较所试各种螺旋式喷雾器的流量分布曲线可以看出，在其它参数不变时，螺旋角 $\alpha$ 小，则离心力大，曲线呈现外高中低，当 $\alpha$ 一定时，随着导锥角 $\beta$ 的增大，中心流量增大，相当于增大了中心孔流道的尺寸。除此，扩大中心孔下锥角 $\gamma$ 相当于增大离心动能、相当于减少了中心孔流道的尺寸。所以，要得到较好的流量分布均匀度，

需要精心地权衡这些影响因素进行设计并反复试验。在保证压差—流量和雾化颗粒度的同时获得较好的喷雾器结构。

(2) 流量分布均匀度与喷雾压差无关。图6示出了多孔离心式在不同的喷雾压差下的流量分布曲线。这三条曲线是在不同压差但喷雾时间相同的条件下测出的。如果随压差的降低而依次增加喷雾时间，则这三条曲线可以很好的重合。说明它们的流量分布均匀度一样。其它型式的喷雾器的大量试验也说明流量分布均匀度与喷雾压差是没有关系的。

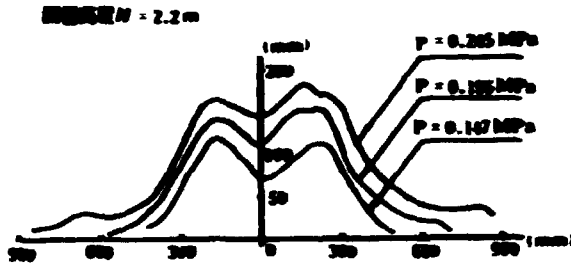


图6 多孔离心式喷雾压差对流量分布的影响

(3) 大量试验还证明，同一个喷雾器，在无明显自然垂落范围内，在不同高度上测量其流量分布时，其流量分布均匀度按其所在位置尺寸计算亦不变。换句话说，流量分布均匀度与测量高度无关。测量高度（即与喷雾器喷口的距离）的变化，只影响流量分布曲线的扩张或收缩，其曲线的形状不变，流量分布均匀度按其测量所在尺寸位置计算亦不变。也就是说，在距喷雾器喷口不同的距离上所测量的流量分布均匀度都是一样的。

(4) 由于离心式喷雾器液流旋转存在着不稳定性，所以流量分布沿着雾化锥的各个径向方向测量不会完全相同。例如，同一个多孔离心式喷雾器，其雾化片的喷孔布置是完全均匀、对称的，但在两个或几个互相垂直的径向测得的流量分布曲线不完全相同。图7所示为在两个互相垂直的方向测得的流量分布曲线。

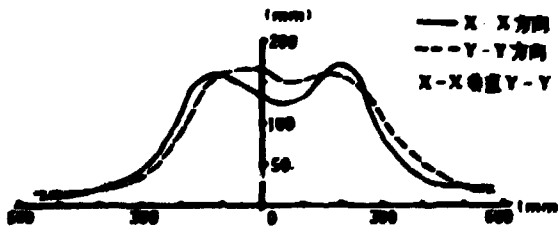


图7 多孔离心式No.1在两个互相垂直径向所测流量分布曲线

可见两条曲线不完全相同，但差别不大。

### 3. 雾化液滴的平均颗粒度

各种喷雾器的大量试验均证明:

(1) 雾化液滴的索太尔 (Sauter) 平均直径, 随着喷雾压差的增大而减少, 几只多孔离心式在不同压差、不同测量高度时测得的雾化液滴索太尔平均直径 (S. M. D.) 如表3所列:

表3 多孔离心式的 S. M. D. (mm)

测量高度 (m)	2.2			1.1		
	0.147	0.196	0.245	0.147	0.196	0.245
No. 2	0.634	0.584	0.575	—	0.611	—
No. 3	0.607	0.580	0.603	—	0.605	—
No. 4	0.606	0.585	0.540	—	0.600	—
No. 5	0.622	0.545	0.486	0.745	0.576	0.500

原因很明显: 喷雾压差越大, 液流在喷雾器内流速越大, 所获得的离心动能越大, 从喷口吐出后的分散力也就大, 雾化也就越好。

(2) 雾化液滴的 S. M. D. 与测量高度有关, 这里的测量高度, 是指测量处与喷雾器喷口的距离。大量试验测量表明: 在雾化锥无明显自然垂落的范围内, 距喷口的距离越远, 雾化颗粒越细。从表3的两个测量高度所测结果中亦可看出: 在相同的喷雾压差下, 距喷口 2.2 m 处测得的颗粒度均较距 1.1 m 处测得的小。其它各种喷雾器试验结果均有同样的结论。这种现象似乎不难理解: 液流在喷雾器内被迫急速旋转运动而获得了较大的离心动能, 在冲出喷口之后约束解除, 液流在自身动能、表面张力和周围气体阻力及重力的作用下而发生分裂。这种分裂在其内部的离心动能没消耗尽以前必然是在下落的过程中不断进行的。因而, 随着与喷口距离的增加, 液滴不断分裂成更小的液滴。故在一定的距离内随着距离的增加而雾化得更好。多孔离心式喷雾器单孔的雾化锥互相交叉, 过程显得更为复杂: 已经“雾化”终了的液滴和正在“雾化”着的液滴之间以及它们各自之间, 均可能发生碰撞而复合或重新分裂, 使部分液滴变大或重新分裂而变小。但是, 从测量结果看总的趋势仍是随着距离的增加而雾化得更细。

关于颗粒平均直径的计算, 许多文献介绍了不少经验公式。例如, 按文献[3]推荐的经验公式有二:

$$(i) \quad d = 47 \left( \frac{D}{U_1} \right) \left( \frac{\sigma \sigma_1}{\rho_s} \right)^{0.25} \left[ 1 + 3.3 \left( \frac{\rho_1}{\sigma_1 \rho_s D} \right)^{0.5} \right] \quad (2)$$

式中  $d$  ——总的雾化颗粒平均直径;

$D$  ——喷口直径;

$\rho_s$  ——周围气体的密度;

$\sigma_1$  ——雾化液体的表面张力;

$\rho_1$  ——雾化液体的密度;

$\mu_1$ ——雾化液体的运动粘度；

$g$ ——重力加速度；

$U_1$ ——雾化液体流速；

最大颗粒直径 $d_{max} = (2 \sim 2.5) d$ 。

(ii) Knight式；

$$d = 207 W_1^{0.200} \gamma_1^{0.216} (\Delta P)^{-0.40} \quad (3)$$

式中  $d$ ——雾化颗粒的平均直径 $[\mu\text{m}]$ ；

$W_1$ ——雾化液体的流量 $[\text{kg}/\text{h}]$ ；

$\gamma_1$ ——雾化液体的运动粘度 $[\text{cm}^2/\text{s}]$ ；

$\Delta P$ ——喷雾压差 $[\text{kgf}/\text{cm}^2]$ ；

(iii) 当喷低粘度液体时，文献[4]介绍雾化的最大液滴可按式计算：

$$d_{max} = K \frac{8\sigma g}{\gamma_n U^2} \quad (4)$$

中式  $\sigma$ ——雾化液体的表面张力 $[\text{kgf}/\text{m}]$

$\gamma_n$ ——雾化液体的重度 $[\text{kgf}/\text{m}^3]$

$U$ ——液体流出喷口的速度 $[\text{m}/\text{s}]$

$g$ ——重力加速度 $[9.81\text{m}/\text{s}^2]$

$K$ ——和液体性质有关的系数；

对水， $K=2.5$

总括上列经验式，均反映出，当喷雾器及其所要雾化的液体一定时，液体的表面张力、运动粘度越大，则雾化颗粒直径越大；而喷雾压差（或喷口液体流速）越大，雾化颗粒直径越小。

但是，上列经验式及其它文献介绍的所有经验式中均没有反映出雾化颗粒直径与喷口距离之间的关系或具体实验测量条件，故关于雾化颗粒度的研究尚需进一步深入。

#### 4. 雾化锥角

所试验的各种喷雾器的雾化锥角均在 $90^\circ$ 以内。多孔离心式，在喷雾压差 $0.147 \sim 0.245 \text{MPa}$ 时雾化锥角随喷雾压差的增大而在 $58^\circ \sim 63^\circ$ 之间递增。螺旋式，在所试验的压差（ $0.147 \sim 0.245 \text{MPa}$ ）范围内亦随压差的增大而在 $80^\circ \sim 90^\circ$ 之间略增，但当压差再增大时出现随压差的增大而缩小的现象。一般在喷雾压差为 $0.196 \text{MPa}$ 下，雾化锥角大部分均在 $85^\circ$ 左右。

雾化锥角的理想角度应该在 $50^\circ$ 以上 $100^\circ$ 以下，并且做为稳压器结构设计的依据。

## 四、结 论

根据对五种类型，共27种具体参数结构型式喷雾器的全面性能试验结果和分析，从喷雾器的压差~流量特性、流量分布、雾化颗粒度和雾化锥角等四个方面综合考虑，当喷雾压差在 $0.147 \sim 0.245 \text{MPa}$ 时，依流量要求的不同，推荐选用表4所列之喷雾器结构和参数。

当然，依流量要求所推荐的这些喷雾器类型和参数，只是一个参考范围。根据具体给定的设计参数，在具体设计中设计者应对具体结构参数仔细调整并加以试验验证。

表4 依流量不同推荐之喷雾器类型 (喷雾压强为0.147~0.245MPa)

流量 (t/h)	喷雾器类型	备注
5~7	多孔离心式	32-φ3.6
8~12	小单螺旋 (α=30°, β=45°)	6头螺旋
	中孔离心式 (β-球面)	
13~20	双离心式	
15~30	大双螺旋	内芯4头、外芯6头螺旋
~50	三螺旋 (α=45°, β=30°)	内芯4头、外、中芯6头

## 五、讨 论

所有上述试验研究均是在冷态——即常温下进行的。实际稳压器工作于高温高压下 (通常为14.7MPa及其饱和温度), 喷雾器的喷雾水温亦较高 (通常在270°C左右)。那么用冷态试验的喷雾器性能结果, 能否作为热态的依据? 则是值得讨论的问题。应当指出的是: 稳压器用喷雾器进行符合实际工作条件的热态试验是非常困难的。对喷雾器本身的性能有的甚至无法测定。所以, 分析冷热态的差异, 用冷态试验来确定喷雾器的性能而满足热态的工作要求是十分重要的。现就喷雾器本身的三个主要性能分析冷、热态的差异:

### 1. 冷热态压差~流量关系的差异

试验已证明所有喷雾器的流量均符合关系式:  $Q = \mu F \sqrt{2gH}$ 。同一个喷雾器在相同的压差下分别工作在冷热态时, 只有温度不同。温度的影响有二:

(1) 高温时液体粘度降低, 而 $\mu$ 中的一部分与粘度有关。粘度减低、阻力稍降,  $\mu$ 值可略提高, 但因 $\mu$ 主要反映喷雾器的内部结构阻力, 粘度产生的影响较小可略而不计。

(2) 就体积流量来说没有变化, 但因温度相差很大, 其重量流量相差较大。然而, 这只要在设计时取体积流量为准, 热态的重量流量以喷雾水温下的重度换算一下即可。

所以, 冷热态压差~流量关系以体积流量为准, 差异极微, 可视为相同。

### 2. 流量分布特性

由于流量分布主要取决于喷雾器本身的结构和内部流道面积的分配, 而这些都与温度无关。所以, 同一个喷雾器无论是冷态或热态其流量分布曲线形状或流量分布均匀度不会变化。

### 3. 雾化颗粒度

雾化颗粒度除了取决于喷雾压差以外, 还与雾化液体的表面张力、运动粘度有关。在热态下, 由于温度高, 液体的表面张力、运动粘度均降低。从计算颗粒度的Knight式看:

$$d = 207W_1^{0.200} \gamma_1^{0.215} (\Delta P)^{-0.46}$$

一个结构尺寸已定的喷雾器, 当冷热态的压差 $\Delta P$ 一样时, 热态时雾化液体的重量流量变小, 即 $W_1$ 降低; 同时运动粘度 $\gamma_1$ 降低, 故雾化颗粒直径 $d$ 亦减小。这就是说同一个喷雾器, 冷热态时的体积流量相同, 但热态时雾化的颗粒更细。并且这个细化程度可以用冷热态时液体的性质参数计算出来。

由此可以判定，同一个喷雾器在相同的压差下，热态时的雾化性能较冷态时反而稍好。所以可以根据其冷态的试验结果来判定该喷雾器性能的优劣，做为选择喷雾器的依据。

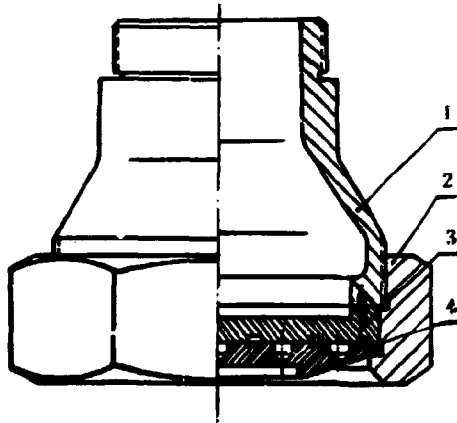
参加本课题试验研究的人员有：

刁温堂 陈光毅 宋华 孙素贞 李辉

**许树生**同志为本试验提供了大型双螺旋和三螺旋喷雾器试验样机，在此致谢。

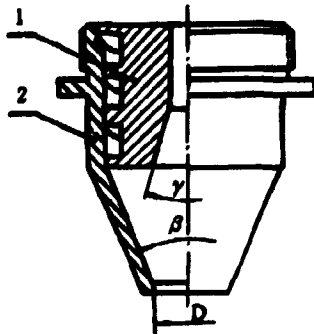
### 参 考 文 献

- [1] 上海核工程研究设计院、105所：稳压器喷雾试验报告（1981，未发表）。
- [2] 核工业部二院、105所：喷雾头试验报告（1983，未发表）。
- [3] 水谷幸夫：燃烧工学（1977）。
- [4] 天津大学等院校：化工机器及设备（下册，1961）。
- [5] Ульманов Н.Н. (李薰 摘译)：填料塔喷淋分布装置，通用机械快报 1963, No.15。
- [6] 郭宜恬、王喜忠：喷雾干燥（1982，化学工业出版社）。



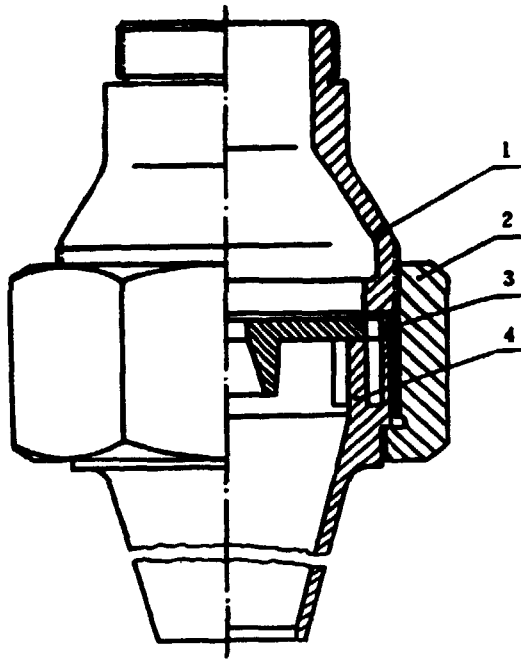
附图1 多孔离心式喷雾器

1——扩散管；2——压紧螺母；3——分配环；4——雾化片。



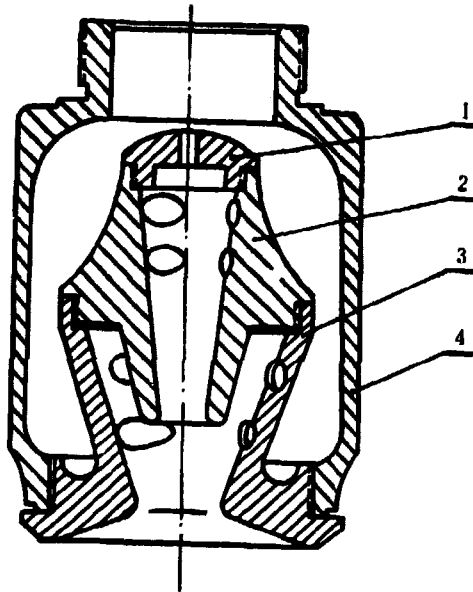
附图2 单螺旋式喷雾器

1——螺旋芯，六头， $\alpha=30^\circ$ ；2——外壳。



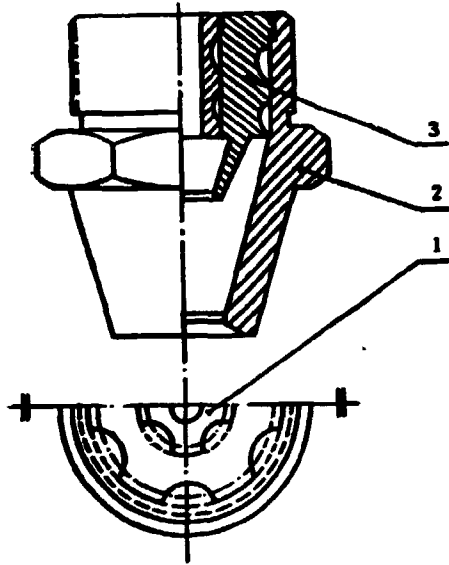
附图3 切孔离心式喷雾器

1——扩散管；2——压紧螺母；3——分配环；4——切孔喷环。



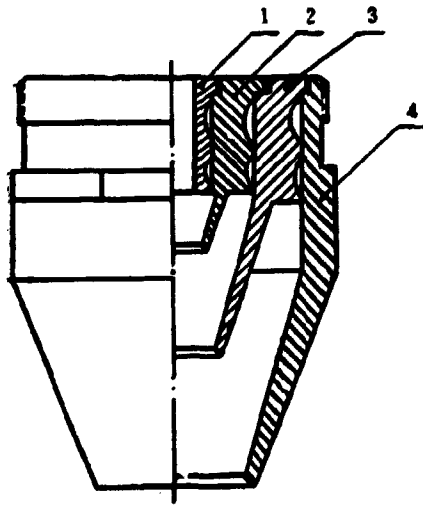
附图4 双离心式喷雾器

1——堵盖；2——一级喷嘴；3——二级喷嘴；4——壳体。



附图5 双螺旋式喷雾器

1—内芯；2—外壳；3—外芯。



附图6 三螺旋式喷雾器

1—内芯；2—中芯；3—外芯；4—外壳。



# CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT



P.O.Box 2103

书号: 15175-00290

Beijing, China

## China Nuclear Information Centre