

# 用胶球連續清洗 凝汽器銅管

苏联 B.И. 彭肯著  
水利电力部技术改进局譯

水利电力出版社

## 內 容 提 要

本書介紹了芬聯電廠用膠球連續清洗凝汽器銅管的成就和實際效果。具體地敘述了用此種方法的原理和設備主要部分的結構及布置，尤其對噴射器喉部直徑和噴阻直徑作了詳細的計算介紹，對所用的膠球也作了明確的要求和規定，並且對設備投入運行前的準備工作也作了詳細的說明。這些對清洗凝汽器的效果及提高汽輪機組運行的效率是有幫助的。

最後介紹了芬聯各電廠採用膠球連續清洗凝汽器的經驗，可作為技術人員的參考。

本書系供從事汽輪機組的運行和檢修技術人員和技術工人閱讀之用。也可作為設計人員的參考。

В. И БХИКИН  
ОЧИСТКА ТРУБОК КОНДЕНСАТОРОВ РЕЗИНОВЫМИ ШАРИКАМИ  
МЭС СССР ОРГРЭС МОСКВА 1958



### 用膠球連續清洗凝汽器銅管

根據蘇聯電站部技術改進局1958年莫斯科版翻譯

水利電力部技術改進局譯

\*

2080 R 456

水利電力出版社出版（北京西郊科學路二里內）

北京市書刊出版業營業許可證出字第105號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

\*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 開本 \* 1印張 \* 23千字

1959年6月北京第1版

1959年6月北京第1次印刷(0001—2,190冊)

統一書號：15143·1658 定價(第9類)0.16元

# 目 录

一、前言	2
二、方法和設備系統的概述	3
三、設備的主要部分	6
四、設備的布置	19
五、投入运行前的准备工作	22
六、設備的运行	27
七、苏联各电厂采用胶球連續清洗凝汽器的經驗	29
八、結論	33

## 一、前 言

由于凝汽器銅管内部表面形成有机和无机沉淀物而使凝汽器脏污时，在运行的条件下是真空恶化的主要原因，进而使燃料过多的消耗。

为了防止此种现象，在许多发电厂采用了不同的定期清洗凝汽器冷却表面的方法，例如使用不同的机械工具和設備以及化学药品，其中常用的药品为盐酸。

在运行水平比較高的多数电厂中，已經掌握了和正在采用能够防止結沉淀物的預防性措施。当凝汽器銅管内部表面存在有机沉淀物的时候，广泛采用冷却水加氯处理，而当結垢的时候用硫酸使水酸化，用磷酸盐处理冷却水（六偏磷酸盐，磷酸三鈉，三磷酸鈣）以及使用炉烟处理水。

针对当地的条件若能正确采取上述清洗方法之中的一种方法，便可以保持凝汽器冷却表面足够清洁。

上述措施之中的每一措施，除了好的一面之外，还存在一定的缺点，由于当地的条件可能在一定程度上使这些措施的采用复杂化以及遇到些困难。因此防止凝汽器冷却表面脏污的新工具和方法的采纳，应该較已掌握的方法更简单、完善或更能适用于各种情况，也就是更有較大的实际意义。

目前大家所知道的这种防止凝汽器結垢的方法，就是用与冷却水一同循环的胶球来清洗凝汽器銅管的方法。

此种方法是由德国工程师（E.卡迈依尔，别尔盖尔和P.阿-布什）所倡議的。首次采用是在1952年彼切尔风利德化工厂的电厂中的一台汽輪机的凝汽器上，并取得了良好的結果，事后在民主德国的許多电厂中得到了广泛采用。后来在苏联也开始采用。

苏联技术改进局于1957年調查了烏拉尔和頓巴斯地区十二个

电厂内用胶球清洗凝汽器的设备。可以肯定，采用上述清洗方法在一些电厂取得了一定的良好效果。与此同时，在另外一些电厂，由于这种或那种原因(下面将谈到)，采用胶球的效果不太显著。

根据现有的资料以及调查的结果，目前可以对用此种方法在苏联电厂清洗凝汽器的问题作出某些结论。

## 二、方法和设备系统的概述

此种方法的原理是胶球和冷却水一起通过凝汽器铜管。胶球的直径比铜管内径略小。与水流移动的同时，在其整个行程中胶球多次与管壁撞击，因而除掉水流携带来的在管壁上沉淀的颗粒，胶球通过管子的次数愈多，则除掉铜管表面沉淀物的可能性愈大。

由于胶球与管壁撞击而除掉沉淀物，故认为胶球可做力清洗凝汽器的一种方法。但是，把这种方法看作是防止凝汽器结垢的预防性措施要更正确些，因为在正确使用此种方法时可以在相当长的时间内保持冷却表面应有的清洁。

带有采用水力喷射器帮助胶球循环的设备原理图示于图1。

在闸门6、7、8、9关闭，手孔门打开时，向装球室3装入必要数量的胶球，然后再将手孔门关上。

装完胶球之后将设备投入运行，投入的方法是逐次打开闸门6、8和9。此时，胶球由装球室3出来进入循环水的水管中，然后与冷却水一同流经凝汽器1的铜管以及最后流到装有锥形擋球网2的排水管中。胶球由于水流的带动，向锥形体的上部移动，然后胶球被吸入到喷射器5的进入室中，继之用工作水流重新带入到凝汽器前的循环水管中。

停用设备时关闭闸门6和打开闸门7。这样一来所有的胶球从循环水回路中都排到小的集水箱中，该箱子位于装球室3的下

面。事后便可逐次关闭閘門 9、8 和 7。

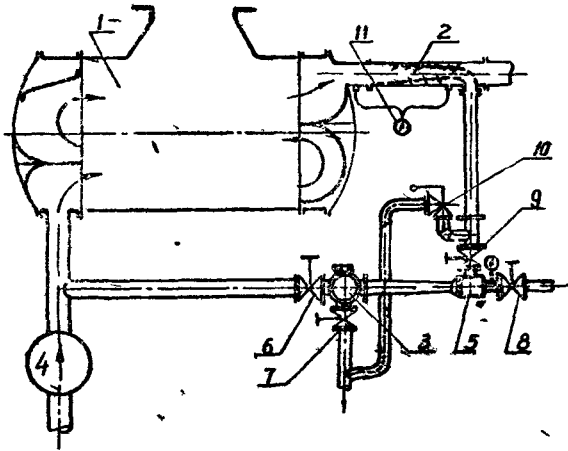


图 1 带有水力喷射器设备的原理图

- 1—凝汽器；2—锥形滤球网；3—装球室；4—循环水泵；5—喷射器；  
6~9—閘門；10—安全閘；11—監視锥形网水阻力的水銀差压計。

图 1 中所示之设备系統对于直流式或水池供水系統最为方便，因为冷却水排水管内有一定的負压(虹吸)，而凝汽器前的冷却水压力比較低。此时采用喷射器最为合适，因为它在适当的压头和工作水的流量下完全能够保証吸入室有必要程度的負压。如需喷射器在扩散管的出口造成很大压差时，就应当保持工作水有适当的压头和流量值。

条件好的时候，密闭供水的电厂中也有可能采用此种系統。

用特殊专用离心泵循环胶球的设备系統示于图 2 中。采用此种系統与使用喷射器的系統相比較可以减少閘門的数量。装球时閘門 6、7、8 关闭以及停用泵 5。

装完球以后关上装球室 3 的門，打开泵吸入管上的閘門 8，并投入泵的电动机。当出口管达到正常的額定压力时，打开閘門 6。此种系統亦适用于直流式或水池供水方式的电厂，尤其适合于密闭供水电厂，例如采用冷水塔或噴水池做冷却设备的电厂。

密閉供水系統中冷却水的排水管里通常都有一些表計压力来保證水泵可靠的运行。在密閉供水系統中采用水泵是正确的，因为在水泵的出口側要求造成足够的压头，来抵制循环水管中水的压力，在这些系統中一般这些压力是比較大的。

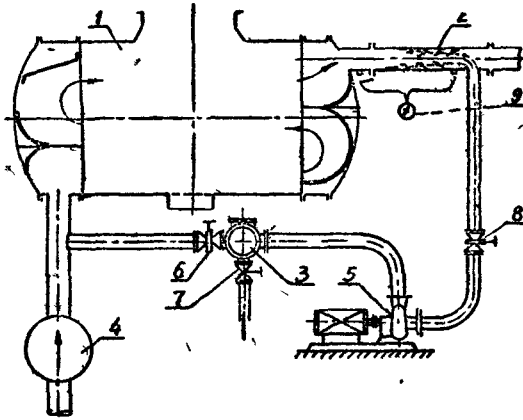


图 2 带有特殊专用离心泵设备的原理图

1—凝汽器；2—锥形擋球网；3—装球室；4—循环水泵；5—使球循环的泵；6~8—閘門；9—監視錐形网水阻力的水銀差压計。

图 3 中所示的设备系統既沒有噴射器也沒有泵，胶球的循环是依靠凝汽器循环水排水管和循环水泵进口管的差压进行。

上述系統在密閉式供水系統电厂中的采用已經得到証实。这些电厂的冷却設備是冷水塔或冷水池，循环水泵在汽机室安装在每一台汽輪机之旁并 through 通过汽机室的水井和水沟中抽出水。此时凝汽器后边排水管和循环水泵进口管上部的压力差已足够大，因而完全可以保證胶球循环。

設備上沒有噴射器和特殊专用水泵大大簡化了設備运行。胶球的装入是在汽輪机运行时通过装球室 3 的門，并在閘門 6、7、8 关闭时进行。

装完球之后，紧好装球室 3 上的法兰盖板，然后用逐次打开閘門 6 和 8 的方法投入設備。

停用設備時关上閘門6和开启閘門7，这样所有胶球由系統中流出并集聚到加球室3的集球箱中，事后应关上閘門8和7。

認為后一种系統最优越，因为胶球循环不要求装設水力噴射器或专门的水泵。为什么在国外此种系統未得到广泛的实际应用呢？因为在系統运行时胶球损坏很厉害，当胶球通过循环水泵的时候常常碰到工作水輪以及泵的其他零件上，所以受到很大的冲击力量。

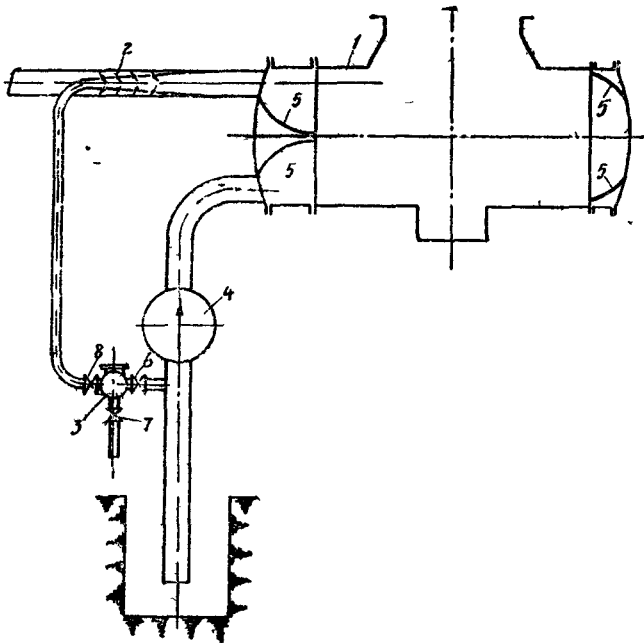


图3 向循环水泵入口加胶球的设备原理图

1—凝汽器；2—錐形擋球网；3—装球室；4—循环水泵；5—擋板；6~8—閘門。

### 三、設備的主要部分

經驗証明，采用此种方法清洗凝汽器在很大程度上决定于設備主要部分的質量。設備的主要部分有胶球、擋球网、噴射器或



泵、装球室、循环回路死角处防止胶球集聚的阻拦装置(网子)、閘門、集球箱以及水箱和循环水回路的其他部分(水管的直徑、长度、位置、弯曲和轉弯部分的特性和数量, 回路内部有尖锐的凸出部分以及其他妨碍胶球移动的障碍物)。

## 胶 球

胶球的直徑根据凝汽器銅管的直徑来选择。建議采用胶球的直徑比凝汽器銅管内徑小1~2公厘。如果凝汽器内装有不同直徑的銅管, 此时胶球的直徑应根据内徑最小的銅管选择。胶球的直徑与凝汽器銅管直徑的差大于上述的数值时不建議采用, 因为采用小胶球效果将要降低。

需要采用小胶球时其数量必須增加, 这样就可以补偿由于直徑小所降低的清洗效果。

对于双回路凝汽器最适宜的胶球数量約为銅管的10%。最正确的胶球数量取之为管子数量最多的一个回路的銅管数的20%左右。

工业胶皮以及在温度达40°C时在水中不膨脹的坚硬塑料可做为制造胶球的材料。制造胶球的材料必須具备較高的抗磨度。胶球的比重約为1.0。

鉴定凝汽器每一回路水室按高度不同区域内水的速度不同, 最好采用几种不同比重的胶球。訂制胶球时可利用表1中所列的数据。

表 1

胶 皮 牌 号	比 重 (克/公分 <sup>3</sup> )	硬 度 (Джонсу)
3311	0.95 ± 0.05	4 ~ 6
ВИАМ-2	1.06 ± 0.05	—
1432	1.09 ± 0.05	5 ~ 6
2005	1.11 ± 0.05	4.5 ~ 7.1
2959	1.17 ± 0.05	—

### 錐形擋球網

为了收集冷却水流由凝汽器中带出的胶球，在冷却水的排水管中装有特制的錐形网 2 (图1、2和3)。这些网子是由厚度 5 ~ 6 公厘的鋼板制成。网子在最大通过截面和最小总的面积时应具有足够的机械强度。为了降低阻力，网子的有效截面至少应当等于其中装有这个网子的水管的截面的 3 ~ 4 倍。

制造的网子应该保証在最大水流量时，本身的水阻力不应超过 200 公厘水柱。网子的阻力太大就会降低冷却水流量，尤其是对特性曲线效率較大的循环水泵影响更大。

有效截面占网子总表面 49 ~ 58% 的錐形网网孔的位置以及尺寸比較好的几种方案示于图 4 中。

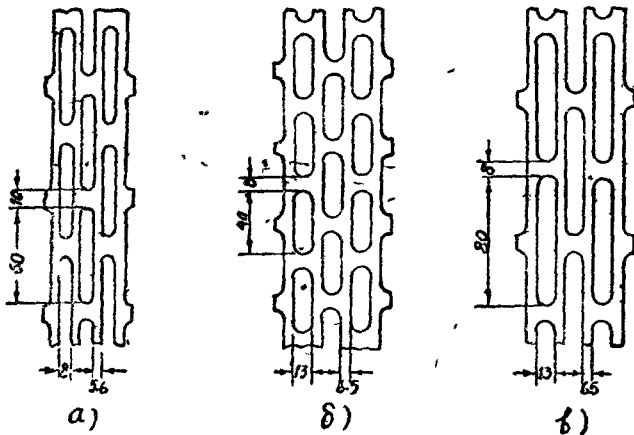


图 4 錐形擋球網的各种形状图

如何正确选择网孔的宽度是非常重要的，因为它不仅影响网子水阻力的数值，同时还能决定胶球在网子内通过的好坏。

为防止胶球不在网孔边上停下，与錐体动綫同时向 A 方面作用的力必須有足够的数值，以使胶球滚出网孔边缘所造成的門坎(图 5)。

錐體的角愈小，在其他條件相同時，通過球中心順着動綫方向的力愈大，而球向B方向壓緊孔的力量愈小。為了保證球順着錐體自由移動必須保證球直徑和錐體孔寬度之間有一定的比例。孔的寬度與球的直徑比愈小，則孔邊緣所形成門坎的影響愈小，也就是說影響球順着錐體移動的阻力愈小。

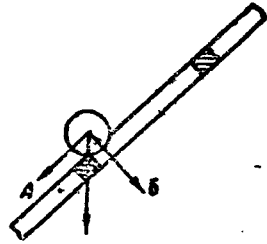


圖5 球在錐形擋球網孔上的位置圖

有的資料說明，在彼切爾風里德電廠中，當球的直徑為8公厘時，錐體內的孔的寬度為13公厘。在此種尺寸比例下球過于深的陷入在孔中并難于滾出門坎。這樣就必須在網子本體順着孔開溝(圖6)。在圖6,a中示出最初的孔橫斷面圖，而圖6,b中示有開完溝的橫斷面圖，而圖6,c中示有根據與球半徑相符合的半徑開完溝之後球在孔中的位置。

由于開溝的開支很大，故必須正確地選擇球的直徑和孔的寬度，這樣才能夠消除因為上述原因而引起球卡住的現象。

規定球的直徑為18公厘時孔的寬必須是8公厘，而對於直徑為20公厘的球最好採用孔寬度達13公厘的網子。

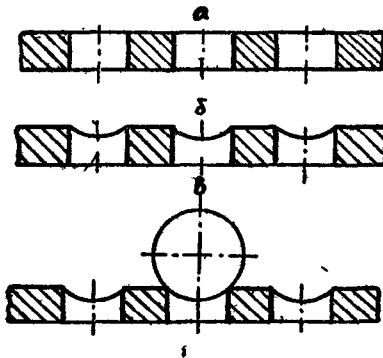


圖6 錐形網銑槽前后的橫斷面圖

建議根據圖7這樣選擇球直徑與孔寬度之間的比，也就是說使通過球與孔邊緣

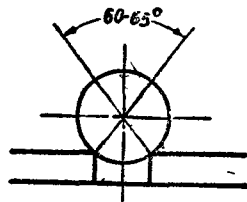


圖7 錐形網孔對球直徑允許寬度的確定圖

触点之間的两个直徑成 $60\sim 65^\circ$ 角。

为了保証网的可靠运行錐体角度的正确选择也是非常重要的。

网子錐体角度的允許极限是根据网的通过截面和总表面之間的比，按图 8 中的曲綫图确定。

設計和制造錐形集球网的时候，当冲眼时必须注意要使孔平行排列。与此同时用整块鋼板制造錐体时，大部分孔的縱向中心綫的方向将要与錐度的动綫偏差很大，这就使球很难移动到錐体的尖部。为了尽可能使孔的縱向中心与錐体动綫方向偏差小，錐体应由4~8块弓形板焊成。

冲眼时通常鋼板的出口边缘呈尖锐和带有毛边，这时必須注意在焊接錐体时，使其带有毛刺的边缘尖角在錐体的外部表面上。反之，若球与孔边缘尖角相摩擦，則球将磨損的很快。

为了防止錐形网子堵塞其喉部的直徑选取时不小于80公厘。

为了防止錐形网很快就腐蝕，网子未装入管路之前应涂上漆。此时所用的漆可用 XCl、HXB 和其他(涂水滤过网用的漆)。

鉴于水流經网子作用到网子上的力量很大，必須保証网子向管子上固定得要可靠，同时应使在必要时能够檢修和更換网子。

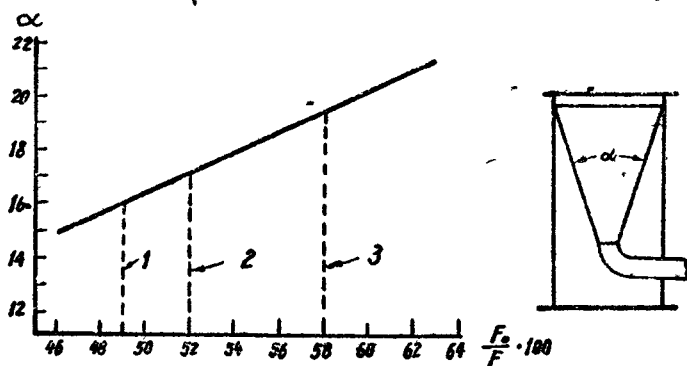


图 8 攔球网錐角对通过截面占整个网子表面比的关系曲綫图

1—用于图 40 型式，2—用于图 16 型式；3—用于图 46 型式

图9和图10中示明可以采用的固定网子的方法之中的两种方法。图9用法兰固定的方法可在不太大和中型容量的设备上采用，同时要求循环管本身也是用法兰组装的。大直径的水管通常是焊接的，此时最适用的方法是采用锥体吊架固定方法(图10)。

为了在水管2内固定锥形体1从锥体底部的外侧以相等的跨距(在 $120^\circ$ 角下)焊上三个按弧形弯的薄片。3个薄片承担在3个也是处于 $120^\circ$ 角下的支承垫片4上，它们焊在水管2的内壁。薄片3和支承垫片4是用相同厚度的扁钢制成的。

为了防止锥形网在运行中回轉，在三个薄片中间必须做成槽，支承垫片必须自由地进入槽内，同时按弧来讲薄片的长度必须比支承垫片长一些。

为了安装锥形网，水管壁应切断，并通过形成的孔将网子放入水管内和提高一些，以使焊在锥体底部的垫片高于水管壁的支承垫，此后沿着自己中心回轉锥体和向下放一些，以使焊在锥体上的薄片落到支承垫片上。此时必须注意，使锥体的出口孔(亦即锥体的喉部)进入到管子5的内部。管子5供由锥体向喷射器或水泵排球之用。

为了保证自由温度变形，锥体的出口喉部必须带不太大的间隙套入排出球的管内，此时形成与望远镜一样的连接。

为了保证足够的强度，网子的锥体在从其顶部开始的高度上，必须用3个位于 $120^\circ$ 角下的夹板6固定好。

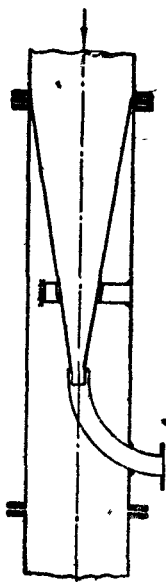


图9 锥形网在循环水管上用法兰固定方法的示意图

### 水力喷射式抽出器

设计循环胶球用的水力喷射式抽出器的构造时，首先必须消除胶球在喷射器本体內卡住的现象。因此，喷射器圆筒部分喉部

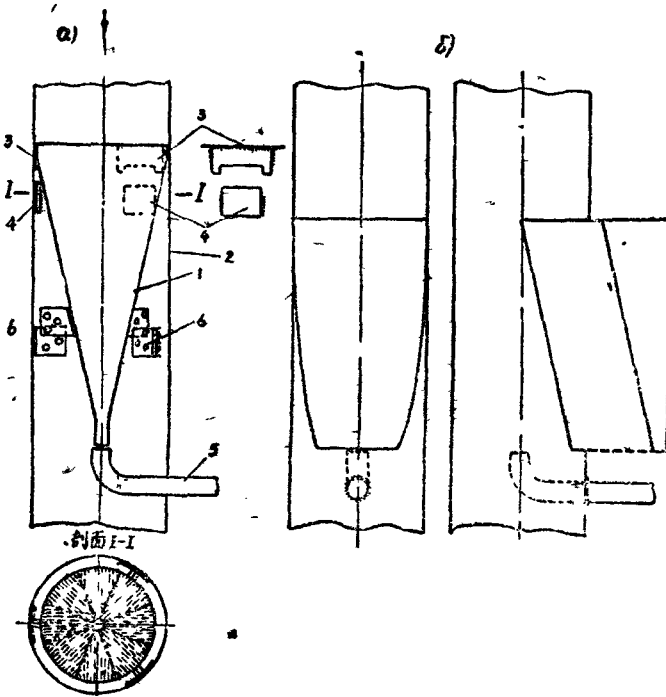


图 10 锥形网在循环水管上用焊接固定方法的示意图

a—网子固定图；b—在循环管内开穿孔图。

的直径不应小于球的双倍直径再加上2~3公厘。喉部尺寸在按上述数字选择时，球在喷射器中卡住的现象就会消除，即或同时通过两个球也不会卡住。

喷嘴边缘和喷射器圆筒部分进口吸入室壁之间的最小距离，应较球的直径大2~3公厘。

使球循环的喷射器合理的构造实例示于图11中，该设备是在BK-100-2型汽轮机凝汽设备上所采用的。

制造和组装喷射器的时候必须保证制造的精确和喷射器个别零件彼此配合的正确。要特别注意必须保证喷嘴和圆筒以及喷射器扩散部分的中心一致。

确定喷射器的主要尺寸时可采用下列数字做原始数据:

$d_1$ ——喷射器喉部(圆筒部分)的直径不应小于球的双倍直径加上2~3公厘。

$p_1$ ——喷嘴前工作水的压力决定于当地条件(是否有可能利用水除灰水管的水、工业水以及其他)规定在3~5公斤/公分<sup>2</sup>范围之内;

$p_2$ ——从锥形集球网出来和球一同进入喷射器进口室的抽出水压力等于冷却水的实际压力,公斤/公分<sup>2</sup>;

$p_3$ ——喷射器扩散管出口水的压力,要比连接喷射器的那一点,即凝汽器之前冷却水的压力稍高些。

具备这一些数值便可求出(根据技术文献1和2)喷射系数:

$$u = 1.37 \sqrt{\frac{H}{h} + 0.5} - 1.97, \quad (1)$$

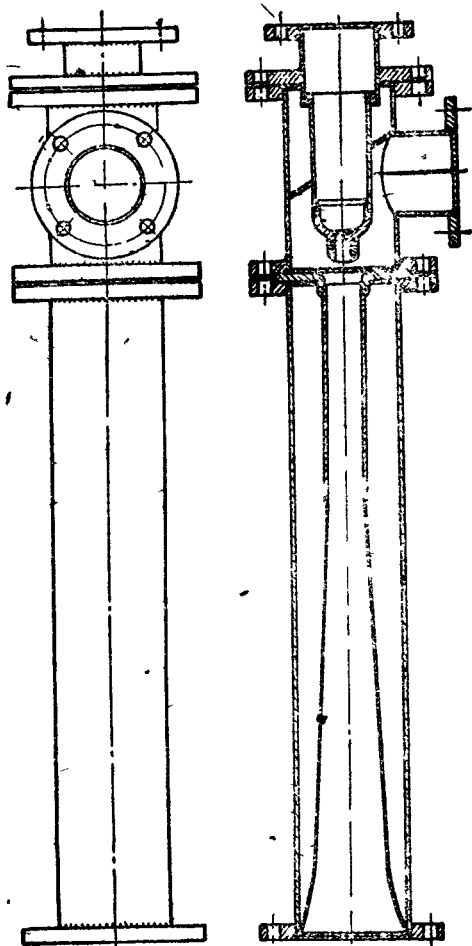


图11 水力喷射器

式中  $H$ ——噴射器前工作水的理論压头，公尺水柱，

$$H = p_1 - p_2,$$

$h$ ——噴射器造成的压头，公尺水柱，

$$h = p_3 - p_2,$$

噴射器喉部直徑按方程式求出

$$d_2 = 7.8 \sqrt{\frac{G_1(u+1)}{\sqrt{h}}} \text{ 公厘}, \quad (2)$$

式中  $G_1$ ——工作水的流量，吨/时。

根据上边的公式选取  $d_2, p_1, p_2, p_3$  以及按方程式(1)求出  $u$  值，则工作水的流量可按下式求出：

$$G_1 = \frac{d_2^2 \cdot \sqrt{h}}{60.84(u+1)} \text{ 吨/时}, \quad (3)$$

噴咀的直徑由方程式求出

$$d_c = 9.2 \sqrt{\frac{G_1}{H + 0.5h}} \text{ 公厘}.$$

混合室的长度(噴射器的圓筒部分)取之等于(3~5) $d_2$ ，而扩散管的长度按下式求得：

$$l = \frac{d_0 - d_2}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \text{ 公厘},$$

式中  $d_0$ ——扩散管出口短管的直徑等于(2~3) $d_2$ ，公厘；

$\alpha$ ——扩散管开口的角度6~12°。

在许多情况下可以采用标准噴射器(图12)。这些标准噴射器是在供热设备上采用的，其构造尺寸示于表2中。

根据球的直徑取圓筒部分(喉部)的必要直徑，并根据表2求出近似的大直徑  $d$  并按它取得噴射器的其他尺寸。

噴咀的直徑  $d_c$ ，如同上述一样，根据  $u$  和  $h$  值計算出。



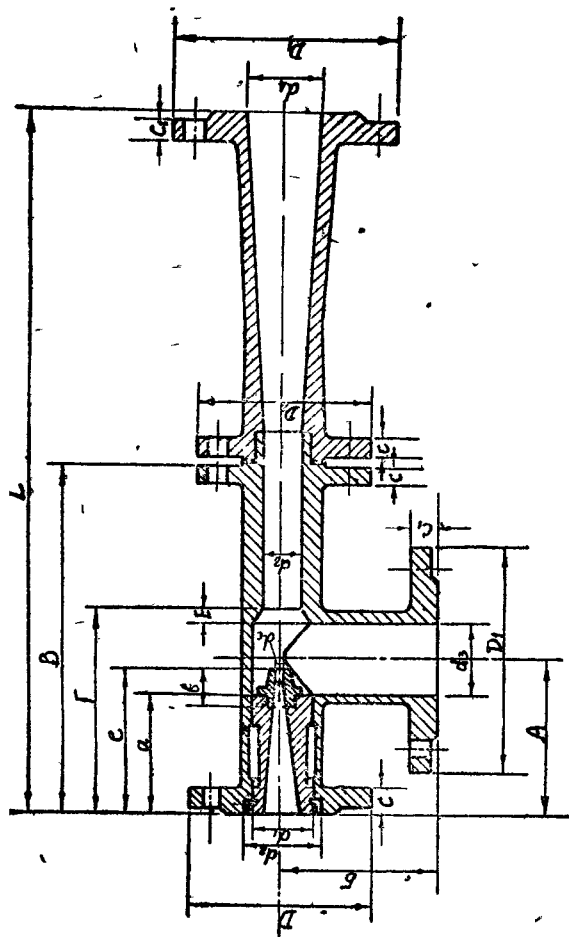


图12 莫斯科电业局热力网中使用的BTM型水力喷射器图