

電力建設勘測設計參考資料

58002

噴 水 池

水利電力部北京電力設計院著

水利電力出版社

內 容 提 要

本書是電力建設勘测設計參考資料1958年出版的第二分冊“噴水池部分”，全書共分五章。書中總結了噴水池的建造簡單、投資費用小和運轉及維護簡單等優越性；詳盡地敘述了噴水池的設計原則、技術計算、噴水設備和噴水池的建築結構。在各章中還列舉了很多計算公式和經驗數據，並附很多圖表，這對設計工作人員有很大的參考價值。

本書可供火力發電廠及各工業企業熱力設備水工建築方面的設計工作人員參考。

噴 水 池

水利電力部北京電力設計院著

*

1416R296

水利電力出版社出版(北京西郊科學路二里樓)

北京市書刊出版業營業許可證出字第106號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 開本 * 1%印張 * 21千字 * 定價(第10類)0.29元

1958年11月北京第1版

1958年11月北京第1次印刷(00001—5,100冊)

統一書號: 15112-1129

前 言

这本資料是火力发电厂設計工作中的参考資料之一。适用于大、中型火力发电厂水工設計中的噴水池部分。

水利电力部各电力設計院，在過去的水工設計中一般都是参考这本資料來設計的。在編制这本資料时，由于經驗不足，所以結合我国各地具体情况还很不够，这一点希在使用本資料时注意。

本資料簡要地敘述了噴水池設計的基本方法和数据，但尙有待进一步校驗，才能全面切合中国实际情况。例如，别尔曼图表中中国某些气象参数更高的地区，需进一步用实验方法將曲綫延長使用。淋水密度的数值，可以参考使用，但为了更經濟合理起見，应根据各地区气象情况分別实验确定。

水利电力部电力建設总局

勘测設計处

1958年8月

目 錄

1. 总論.....	1
2. 噴水池的設計原則.....	1
3. 技术計算.....	3
4. 噴水設備.....	5
5. 噴水池的建築結構.....	21

1. 總論

噴水池是人工冷却設備中的一種，以建築費用和施工工作量而言，要比其他兩種人工冷却設備——冷却塔和冷却池要少得多。

噴水池的主要优点是：建造簡單，投資費用小，運轉及維護簡單。它的缺点是：佔地面積大，和主廠房、變電站、儲煤場的距離較遠，水損失較大。

噴水池的冷却效率和風向及風速有密切的關係。在有適當的風速情況下，空氣流動很快，而噴水池的長邊又垂直於風向時，則它的運行情況良好；反之，若平靜無風，空氣溫度很高，噴水池所噴出的水滴不能得到充分的冷却，那末，它的運行狀況就會惡化。

噴水池的冷却效率還和噴嘴的型式和佈置、配水管的佈置、噴出水滴的大小、噴水池四周的環境、空氣溫度和濕度等有關。在空氣溫度高，濕度大的地區，不宜採用噴水池。噴水池宜佈置在空曠的地上，四周不應與建築物相距太近或有樹叢與土坡等，因為這些東西都會阻礙噴水池的通風，影響它的冷却效率。

噴水池中循環水冷却的過程，到今天為止還很少研究。噴嘴型式與氣象條件的關係、噴水密度、冷却倍數的經濟限度以及整個水力系統的計算，都需要從理論上、試驗上和運行經驗上加以進一步的研究。

根據節約的精神，在大多數情況下，火力發電廠循環供水系統的設計都應當採用噴水池，因為它的投資費用較冷却塔小。目前發展的情況表明，噴水池的建築結構已趨向於廣泛地採用粘土噴水池和鋼筋混凝土噴水池，這就大大地降低了噴水池的土建費用。因此，進一步研究噴水池的建築結構，也是當前的一項重要工作。

2. 噴水池的設計原則

噴水池是由裝有噴嘴的管道系統和專門建築的水池所構成。噴嘴作噴水用，水池則收集噴嘴噴出的冷却水。在某些情況下，亦可利用天然水池（池塘、湖泊）作為噴水池，而在其上架設噴水設備。

當發電廠容量擴充時，用作循環水冷却的冷却池，其有效面積常常是不夠的。在這種情況下，有時在冷却池上安裝噴水設備，使其在炎熱時期與冷却池併列運行。

這種發電廠的循環供水系統示於圖1。

噴水池的大小，決定於所需冷却的循環水量及所採用的噴水密度（或稱落水量）。噴水密度為單位時間內噴水池單位面積上的冷却水量。

噴水密度有總噴水密度和有效噴水密度之分。

計算總噴水密度的公式為：

$$q_0 = \frac{Q}{F} \text{公尺}^3 / \text{公尺}^2 \cdot \text{小時} \quad (1)$$

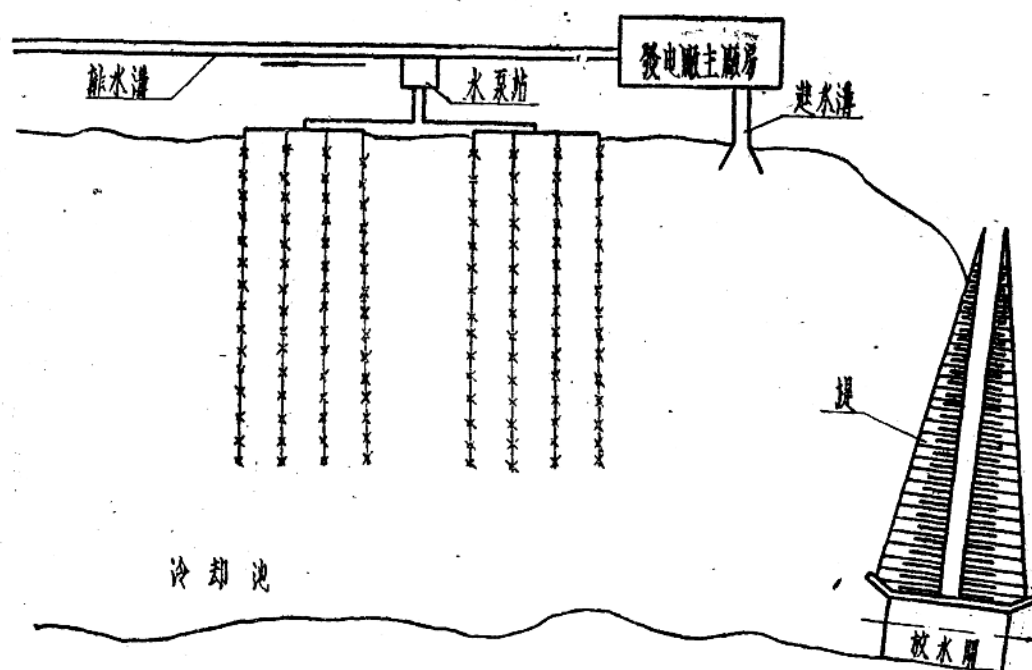


图1 冷却池上噴水設備佈置系統圖

式中 Q ——噴水池的冷却水量，公尺³/小时；

F ——沿噴水池壁內邊緣起計算的噴水池面积，公尺²。

計算有效噴水密度的公式为：

$$q_s = \frac{q_c \cdot n}{l \cdot b} \text{ 公尺}^3/\text{公尺}^2 \cdot \text{小时} \quad (2)$$

式中 q_c ——一个噴嘴所噴出的水量，公尺³/小时；

l ——配水管間的距离，公尺；

b ——配水管上噴嘴組間的距离，公尺；

n ——每一噴嘴組中噴嘴的个数。

由公式(2)可知，有效噴水密度的数值决定于噴水池配水管路和噴嘴的佈置。

在一般情况下，噴嘴处的压力采用5~6公尺水柱。采用較高的噴水压力，可以改进噴水池的冷却效率，但同时需要加大噴水池的保护区域面积，而噴水池的水损失也会增加。

噴水密度与地区气象条件(空气温度、湿度、风速等)有密切的关系。在华北南部一带目前設計多采用1公尺³/公尺²·小时左右(指有效噴水密度)，甘肃地区采用1.15~1.20公尺³/公尺²·小时。在气候条件不同于上述各地区时，应按照当地实际情况，將噴水密度予以适当的增减。

在苏联，除П-16型噴嘴外，所有其他型式的噴嘴，当噴嘴处的压力为5公尺水柱时，有效噴水密度均采用1.2~1.5公尺³/公尺²·小时。П-16型噴嘴当配水管內平均压力为8公尺水柱时，采用1.2~1.4公尺³/公尺²·小时。这是由于苏联的气候較为寒冷的

原因。

噴水密度及噴嘴壓力的大小決定於所採用的噴嘴型式，氣象條件及熱力負荷，根據這些條件進行技術經濟計算。

為了減少被風吹到噴水池外的水損失，最外一排噴嘴須距池邊有一定的距離，這個距離叫做保護地帶。保護地帶的大小決定於當地的風速和噴嘴出水壓力的大小，一般不小於7公尺，在風大的地方可採用10~12公尺或更大些。

噴水池的寬度，應根據氣候條件使配水管之間有很好的通風條件。因此，該寬度不宜超過50~55公尺；但現在大容量的噴水池，其寬度有的到65~70公尺，有的甚至達到84公尺。

為了保證噴水池有良好的通風條件，噴水池的佈置使其長邊垂直於夏季中的主導風向。

3. 技術計算

噴水池的面積可以根據噴水密度來確定。

當已知噴水池的面積，而噴水池的寬度又已確定時，則噴水池的長度和配水管的佈置，可以根據噴嘴型式和設計中所採用的有效噴水密度，以及噴嘴出水壓力的大小來確定。另外，也可以根據採用的有效噴水密度，噴嘴型式和出水壓力來佈置噴嘴與配水管，再根據配水管的佈置來決定噴水池各邊的長度。

噴水池中冷卻水的溫度可以根據別爾曼氏(Л.Д.Берман)的圖表求得，此圖表列於圖2中。圖中曲線系根據已運行的噴水設備由試驗得來。

圖3和圖4是Юни Спрей型和П-16型噴嘴的計算曲線，該曲線是根據許多發電廠噴水池的試驗而製成。

利用上述計算曲線圖，可以得到符合已知條件的最適合的噴水壓力。

噴水密度應根據進入凝汽器的最大許可的冷卻水溫度以及技術經濟比較(煤耗，投資數值，檢修折舊和運轉費用)來決定。

選擇噴水密度時，須知：

A)發電廠所安裝的凝汽器的特性，包括冷卻水溫度與凝汽器真空的關係，以及汽輪機的真空與汽耗率變化的關係。

B)每噸蒸汽及一度電的價格(蒸汽按生產成本計算，電力按電力系統的送電價格計算)。

B)建築物檢修費和折舊費的扣除，其標準可按下表採用：

表1 噴水池檢修和折舊費扣除標準

按建築物建築費的%計算				
建築物名稱	使用年 限	在全部使用年限內 的大檢修費用%	包括大檢修在內 的折舊費%	經常檢修費%
噴水池	25年	55	6.2	1.2

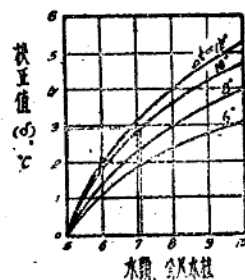
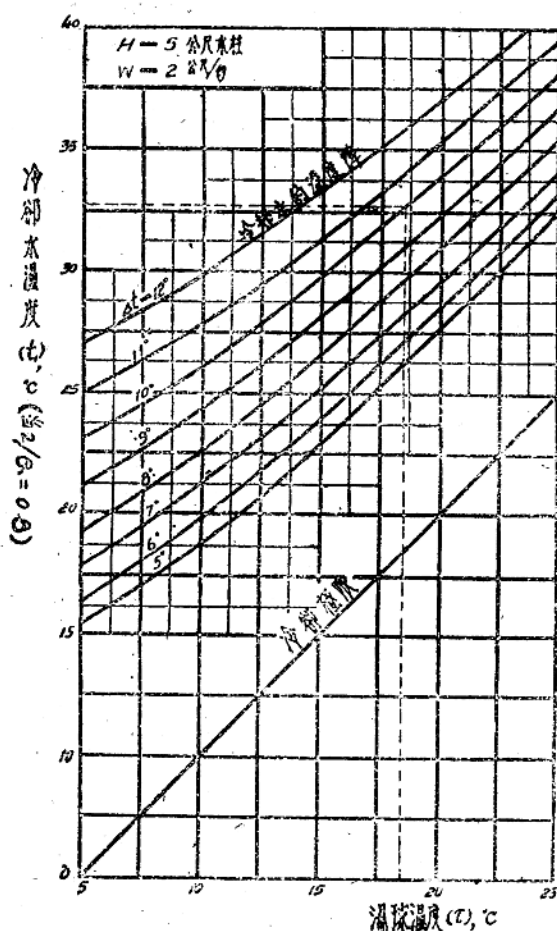


图2a

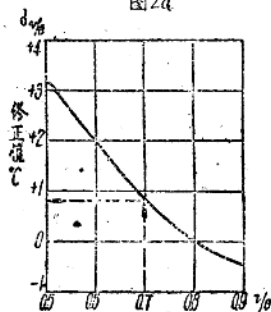


图2b

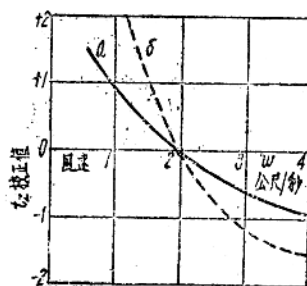


图2c

图2 别尔曼氏图表(用以求喷水池冷却水温度)

喷水池的建筑费用决定于水池防水保护面的型式与当地的条件。

预先定出各种可能的喷水密度，可用图解方法来确定零点以上温度各月份的月平均冷却水温度。喷水池每年冬季的冷却水温度可由下列公式求得：

$$A(l_m - l)\Omega_{ox} + B(t_{wp} - t)\Omega_{ox} = Q \cdot \Delta t \quad (3)$$

式中 A ——蒸发散热系数。根据苏联火电设计院研究的结果，此系数可按卡尔宾捷尔的公式 $A = 0.231 + 0.0311W$ 求得。单位为吨·卡/昼夜·公尺²水池面积；

W ——在地面上3公尺高处风速；

l_m ——与水温相当的最大水蒸汽张力，以公厘计；

l ——空气绝对湿度，以公厘计；

Ω_{ox} ——喷水池中水的全部冷却面积，即水花表面的总面积加水池中水表面的面积；

B ——对流散热系数,由公式 $B=0.048+0.84\sqrt{W}$ 求得,其单位与系数 A 同;

t_{cp} ——喷水池中冷却水的平均温度($^{\circ}\text{C}$);

θ ——空气的乾球温度($^{\circ}\text{C}$);

Q ——冷却水量;

Δt ——冷却水的温度降($^{\circ}\text{C}$)。

为了避免喷水池结冰,冬季各月份的冷却水温度应不低于 15°C 。根据冷却水的温度和凝汽器的特性,确定各种喷水密度对于发电厂的超额蒸汽消耗量或不足发电量,并计算其费用。然后,求出在各种喷水密度下的建筑费用(即不同大小的水池的建筑费用),和每年的检修费与喷水池折旧费。

喷水密度的选择,应使上述各项费用的总和为最小。

不论技术经济计算的结果如何,喷水池的计算应符合于设计规程所规定的汽轮机的运行条件。

4. 喷水设备

喷水设备可以分为下列各部分:

A) 喷嘴。

B) 配水管道。

B) 配水管支架。

Г) 附属设备(闸门、补偿器等)。

Д) 辅助设备(滤水网栅、溢流管、放水管等)。

A) 喷嘴:

按其作用原理,喷嘴可分为下列两种型式:

- 1) 离心式喷嘴——因离心力而产生喷射作用。
- 2) 冲击式喷嘴——因水流的冲击而产生喷射作用。

目前,通常采用的喷嘴型式为:

- 1) 11A型离心式喷嘴,直径50公厘。
- 2) Юни Спрей 型离心式喷嘴,直径50公厘。
- 3) МОТЭП型离心式喷嘴。
- 4) П-16型喷嘴,直径50公厘。
- 5) 渐伸线型喷嘴。

上述各种型式的喷嘴见图5至图9。

喷嘴的水力特性,即喷嘴喷水量与出水压力之间的关系曲线图见图10及图11。

各种喷嘴喷射半径,水滴大小及水滴所展开的面积与出水压力的关系见表3及表4。

由该二表中可以看出,所试验的三种喷嘴中以 Юни Спрей 型喷嘴为最好。从表2中也可由阻塞系数看出 Юни Спрей 型喷嘴的优点:

渐伸线型喷嘴的特点是构造简单,喷嘴内部没有附件,因此喷嘴是空心的,阻塞程度很小,又能在较低的出水压力下工作。这种喷嘴,在苏联和我国的发电厂的喷水池

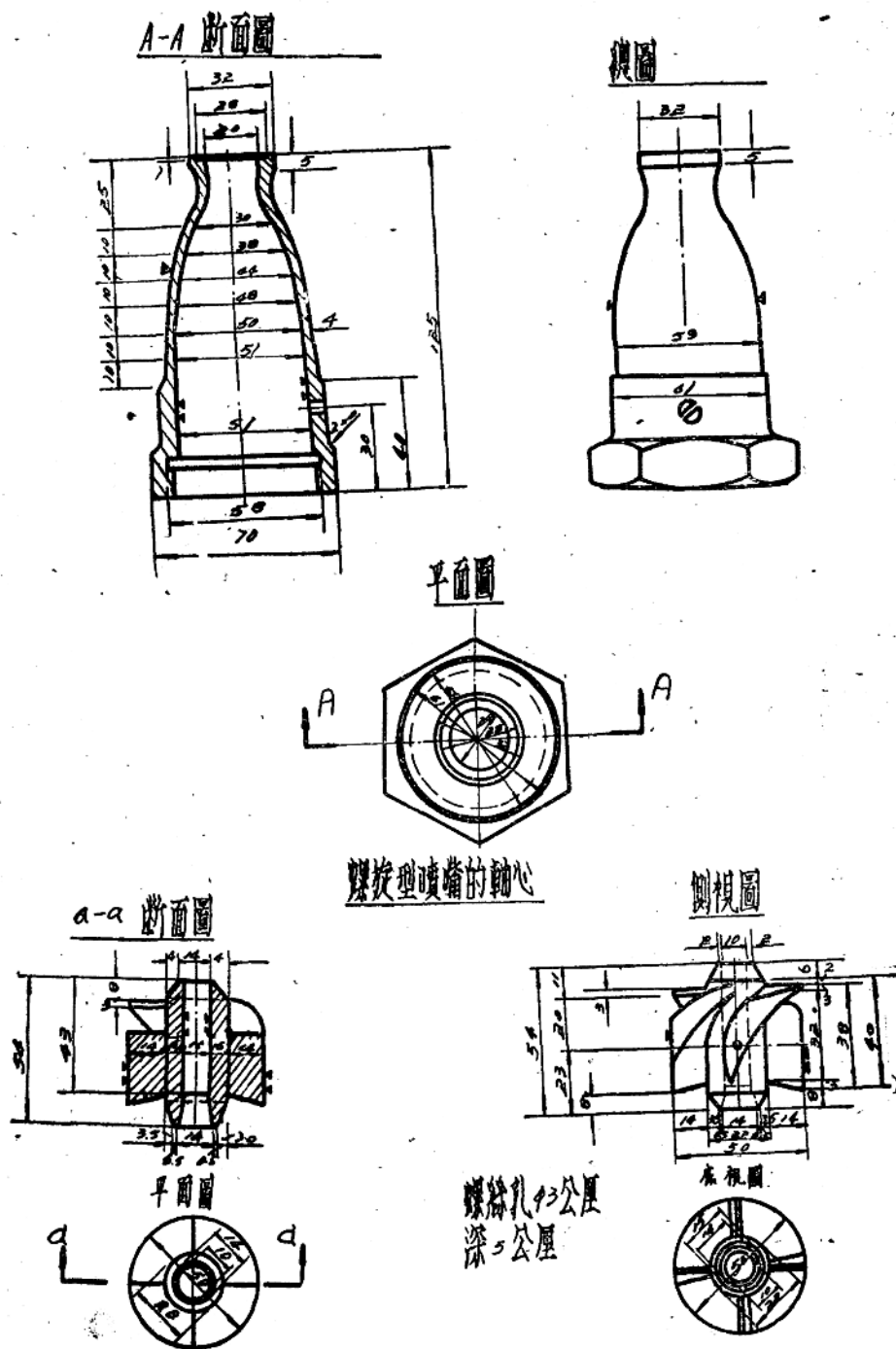


圖 5 $\phi 50$, 11-A 型噴嘴 (斯華拉薩公司的型式)

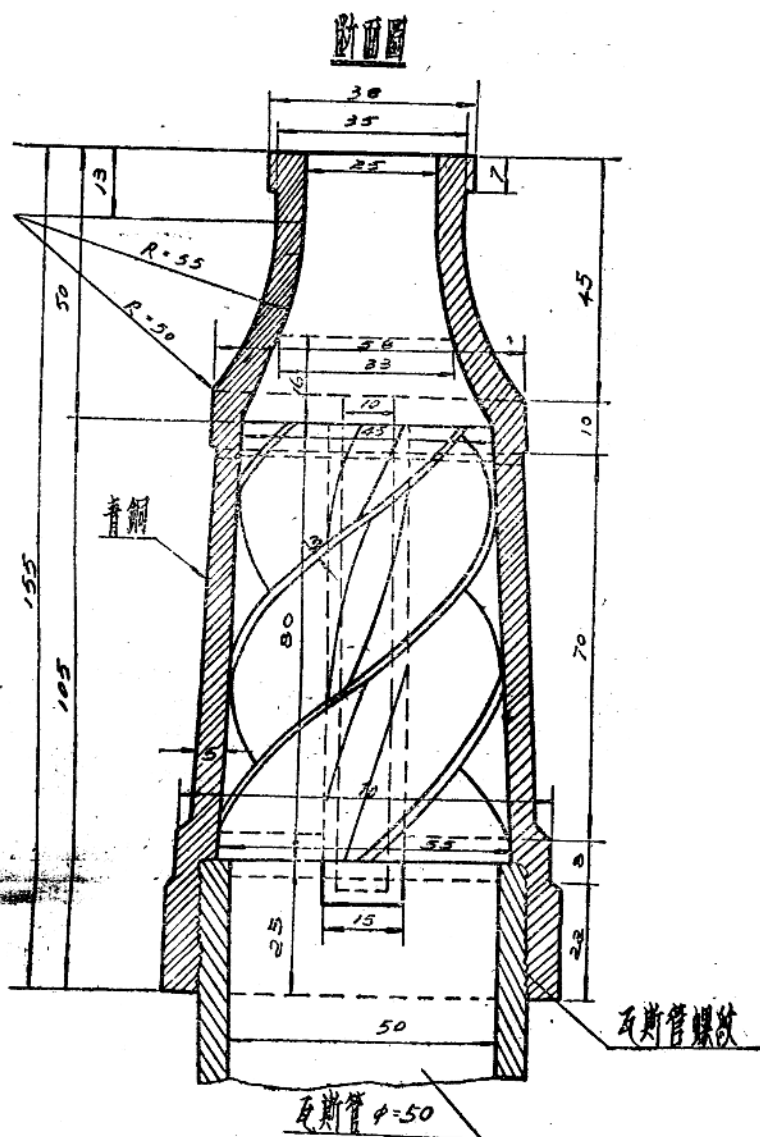
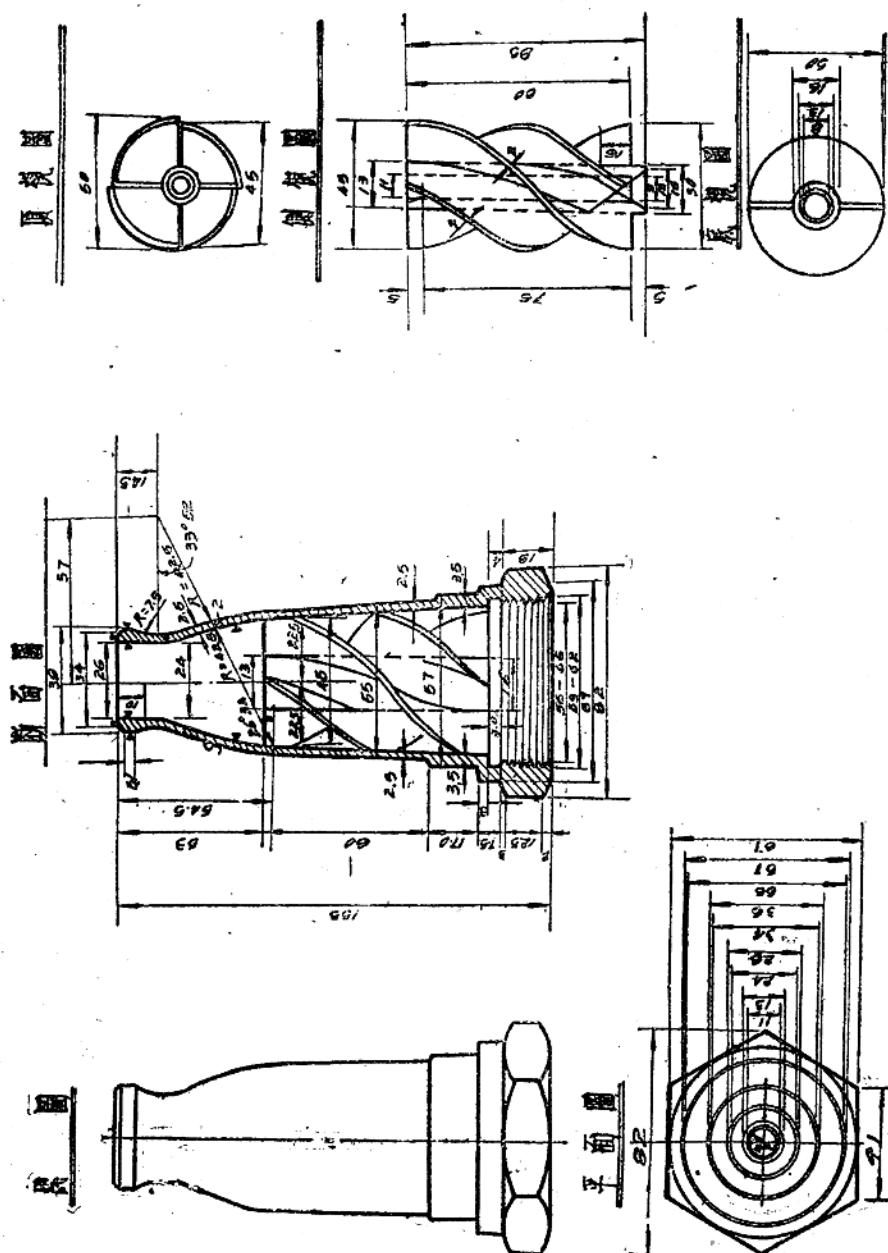
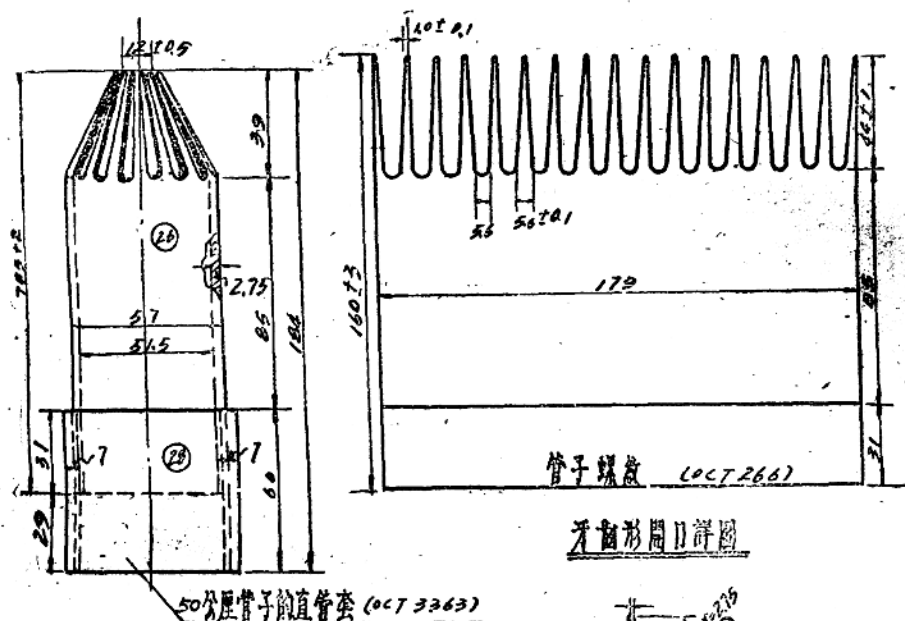


图 6 Юхи Снпей 型喷嘴断面图 (雪特可尔汀公司的型式 $\alpha=50$)

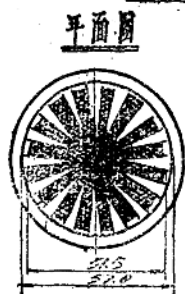


側視圖

平面展開圖



牙齒形開口詳圖



平面圖

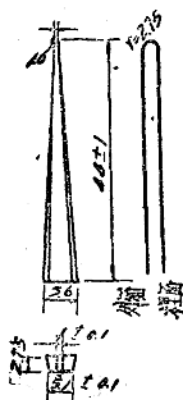


图 8 II-16型噴嘴構造图

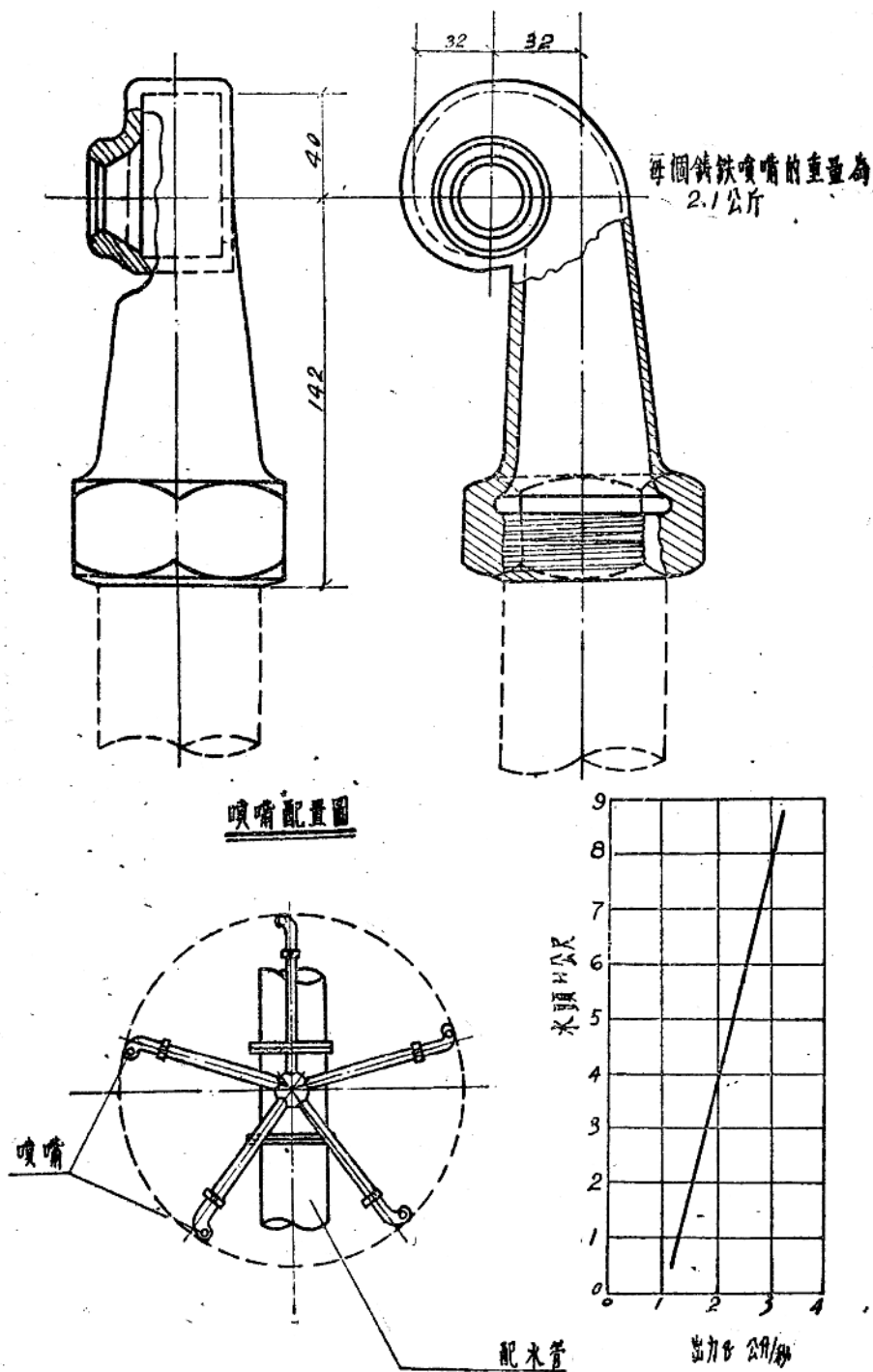


图9 漸伸綫型噴嘴圖

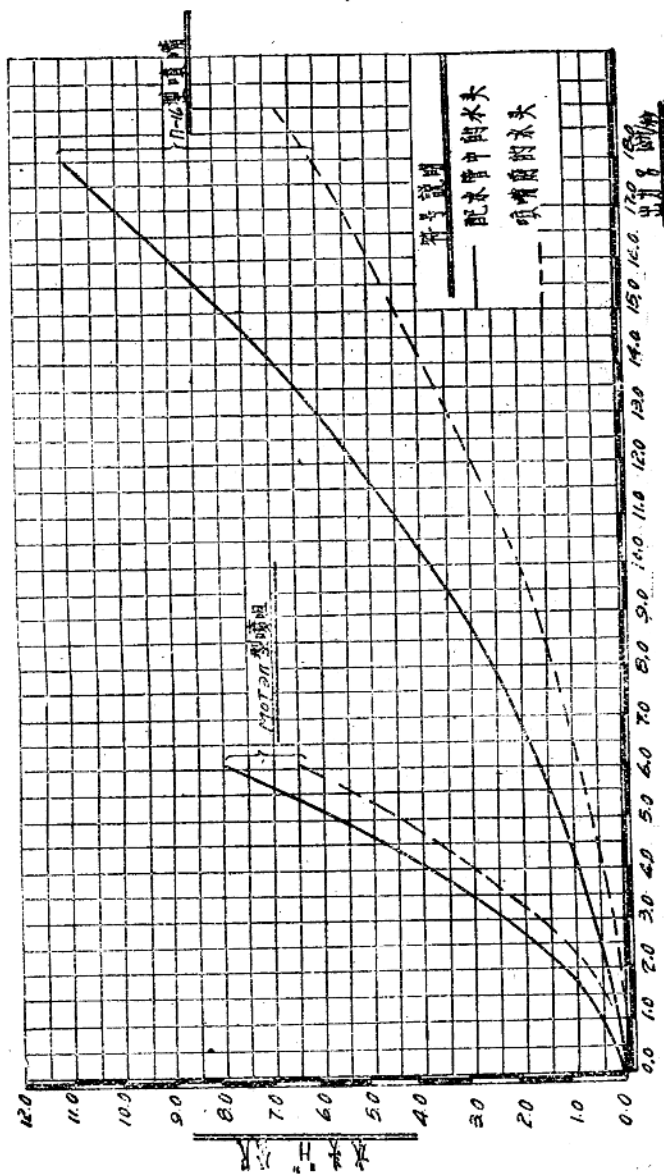


图 10 П-16及MOT3Π型喷嘴水头与喷水量关系图

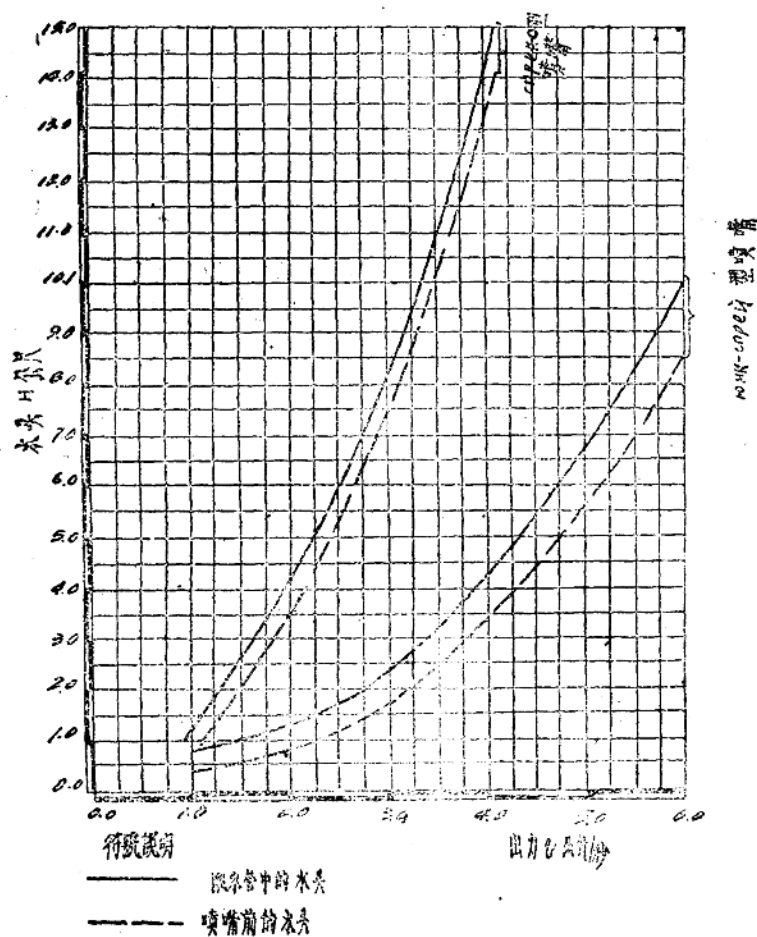


图 11 Спреко 11A 型及 Юни Спрей 型喷嘴水头与出水量关系图

表 2

喷嘴出口四周的结垢 厚度(公厘)	开 口 面 积 (公尺 ²)		阻 塞 系 数 K	
	Юни Спрей型	П-16型	Юни Спрей型	П-16型
0	0.00045	0.002513	1.0	1.0
0.5	0.00042	0.001795	0.93	0.72
1.0	0.00038	0.001078	0.85	0.43
2.0	0.00025	0.000328	0.55	0.01

注: 在公式 $Q = K \cdot M \cdot W \sqrt{2gH}$ 中, K 为阻塞系数。

中, 已被广泛采用。

渐伸綫型喷嘴的主要尺寸以及出水量与出水压力的关系载于图 9 中。

噴水池的效率不仅与喷嘴的型式有关, 并且和喷嘴的质量有关。因此, 必須特別注

意噴嘴制造时的質量要求。

表3 噴嘴出水壓力与噴出水柱的尺寸关系

噴 嘴 型 式	出 水 压 力(公尺水柱)				
		4	6	8	10
П-16型	水柱高度(公尺)	4.25	5.5	6.15	6.6
	水柱半徑(公尺)	4.15	5.5	6.15	6.5
Юни Спрей型	水柱高度(公尺)	3.7	4.8	5.7	—
	水柱半徑(公尺)	2.7	3.5	4.2	—

注: 上表系根据噴嘴位于噴水池水面以上1.75公尺时的数字。

表4 配水管内水壓力与噴射水滴平均直径的关系

П-16型		МОТЭП型		Юни Спрей型		Спрей型	
H(公尺)	d_{cp} (公厘)	H(公尺)	d_{cp} (公厘)	H(公尺)	d_{cp} (公厘)	H(公尺)	d_{cp} (公厘)
4.01	1.76	4.00	1.78	4.01	1.50	4	2.7
6.42	1.58	6.12	1.55	6.34	1.42	3	2.55
8.09	1.48	7.80	—	7.68	1.38	6	2.45
10.86	1.38	9.85	—	—	—	0.6	2.4

注: 上表中H为配水管内压力; d_{cp} 为水滴平均直径。

噴水量为 1,000公尺³/小时的噴水池噴射水滴的扩展面积如表5:

表5

管 内 水 压 力 (公尺水柱)	噴 嘴 型 式			附 注
	Юни Спрей型	П-16型	Спрей型	
6	1926	1705	1275	扩展面积的單位为 公尺 ²
7	2090	1882	—	
8	2270	2000	—	
9	—	2115	—	
10	—	2180	—	

噴水池中噴嘴的布置如表6:

表6

編号	噴 嘴 型 式	每組中的 噴嘴个数	噴嘴組的 布置型式	噴 嘴 間 的 距 离 (公尺)	噴 嘴 組 間 的 距 离 (公尺)	配水管間的 距 离 (公尺)
1	Юни Спрей型及МОТЭП型	3	直綫形	1.5~2	3.0~3.5	10~12
2	П-16型	1	單 个	—	4.0~4.5	8~10
3	П-А型	—	星 形	1.5	4.5	6~8
4	漸伸綫型	5	星 形	1.5	4.0	9~12
5	M型	6	星 形	1.5	3.7~4.0	8~12