

設計
与
应用



水
噴
射
泵

上海医药设计院

吴无恙编

化学工业部设备设计技术中心站

水喷射泵设计及应用

上海医药设计院 吴无恙

化工部设备设计技术中心站

一九八三年十二月

内 容 介 绍

本书共分九章，结合上海医药设计院设计的水喷射泵系列对水喷射泵进行较系统的介绍。分别叙述了水喷射泵的工作原理、设计计算、结构与材料的选择、产品系列、制造、测试、安装和应用、维护等有关内容。可以作为在设计、选用、运行水喷射泵时的基本知识的了解。书中设计和应用大都均由实践验证。同时还提供部份生产单位的产品样本，方便用户直接选购成品。附录部份列入在计算、选用、测定水喷射泵时所需的图表资料。

水喷射泵设计及应用

上海医药设计院 吴无恙

编辑：化工部设备设计技术中心站

出版：

发行：上海医药设计院发行组

印刷：上海海峰印刷厂

工本费：1.00元

目 录

第一章	概述	1
第二章	真空发生装置的选择	3
2-1	真空发生装置的一般基准	3
2-2	水喷射泵用途综述	6
第三章	水喷射泵的应用	11
3-1	水喷射泵使用情况摘录	11
3-2	水喷射泵用于真空除氧	12
3-3	水喷射泵用于鱼虾养殖池增氧	15
3-4	水喷射泵在“井点系统”抽吸地下水	24
3-5	水喷射泵用于氮氧化物气体吸收	28
3-6	水喷射冷凝器在连续式薄膜蒸发设备上的应用	36
第四章	水喷射泵的工作特性	43
4-1	水喷射泵工作原理	43
4-2	喷咀	45
4-3	吸入室	48
4-4	混合管	49
4-5	扩压管	52
4-6	水喷射泵性能和各参数之间关系	53
第五章	水喷射泵设计计算	57
5-1	水抽气体喷射泵	57
5-2	水抽蒸汽喷射冷凝器	68
5-3	水抽水喷射泵	72

第六章	水喷射泵结构设计及材料选择	75
6-1	结构设计	75
6-2	材料选择	78
第七章	水喷射泵系列及产品	83
7-1	水抽空气喷射泵系列	83
7-2	水抽水喷射泵系列	83
7-3	蒸汽喷射泵——水喷射泵系列	84
7-4	水喷射冷凝器系列	84
第八章	水喷射泵制造、测试及安装	91
8-1	水喷射泵制造	91
8-2	水喷射泵测试	94
8-3	水喷射泵安装	100
8-4	水喷射泵验收	103
第九章	水喷射泵操作、维护及检修	104
9-1	开车、停车步骤	104
9-2	常见故障及排除方法	105
附录		
一、	度量单位及其换算	109
二、	上海地区每月平均大气压力	112
三、	我国部份地区海拔高度和大气压力	113
四、	BA型离心水泵性能表	114
五、	水的物理参数	115
六、	空气的重量、体积、水蒸汽压力和含湿量	116
七、	主要水喷射泵制造厂地址	118

第一章 概 述

广义地说水喷射泵属于喷射器的一种，以往人们认为喷射器结构简单、效率低而不予重视。虽然这门技术发展已经有一百多年的历史，但是它的推广却受到很多限制，直到近代才随着宇宙航空事业、原子能的利用、海洋科学、环境保护和现代化工反应装置的需要才获得迅猛异常的进展。正是由于它结构简单、紧凑、加工容易、工作可靠、无泄漏、无运动部件等特点，进行合理而适当的设计，这类泵可以作为造成真空、输送易燃、有毒和放射性物质使用，可以实现综合利用能源、处理废气、废水目的。目前在国内外水利电力、交通运输、建筑施工、农业、渔业、给水排水、供热通风、轻工化工、食品酿造等方面已经获得广泛运用。所以它在国民经济中具有一定使用价值，近十年来各方都在开展它的应用科学研究和理论研究充分说明了这种观点，可以预见，随着我国四个现代化建设的迅速发展，势必对喷射泵这门应用技术的研究将有一个极大的促进和提高。

我院自 1965 年设计编制水喷射泵小型系列后，使用单位多而广泛，深感原系列不符生产需要。所以在 1978 年我院又扩展设计了近七十种水喷射泵系列。同时在上海地区成立了“喷射技术协作小组”，在研究、设计、制造和使用部门开展广泛的技术交流和协作。为了加速应用水喷射泵技术，还辅导了一批制造单位定点生产水喷射泵，使用户可以直接得到产品，在此同时对产品进行一系列测试、修改、鉴定工作，积累了

一些经验,为推广促进水喷射泵应用技术,我们整理编写了这份资料。书中所述仅是喷射器中一角,不妥之处请予指正。

第二章 真空发生装置的选择

2-1 真空发生装置选择的一般基准

工程中把不足大气压力的这一部份称为真空度，它以大气压力和绝对压力之差来表示，也可以绝对压力直接表示。有关表压力、绝对压力、大气压力和真空度之间的关系如图 1 所示。

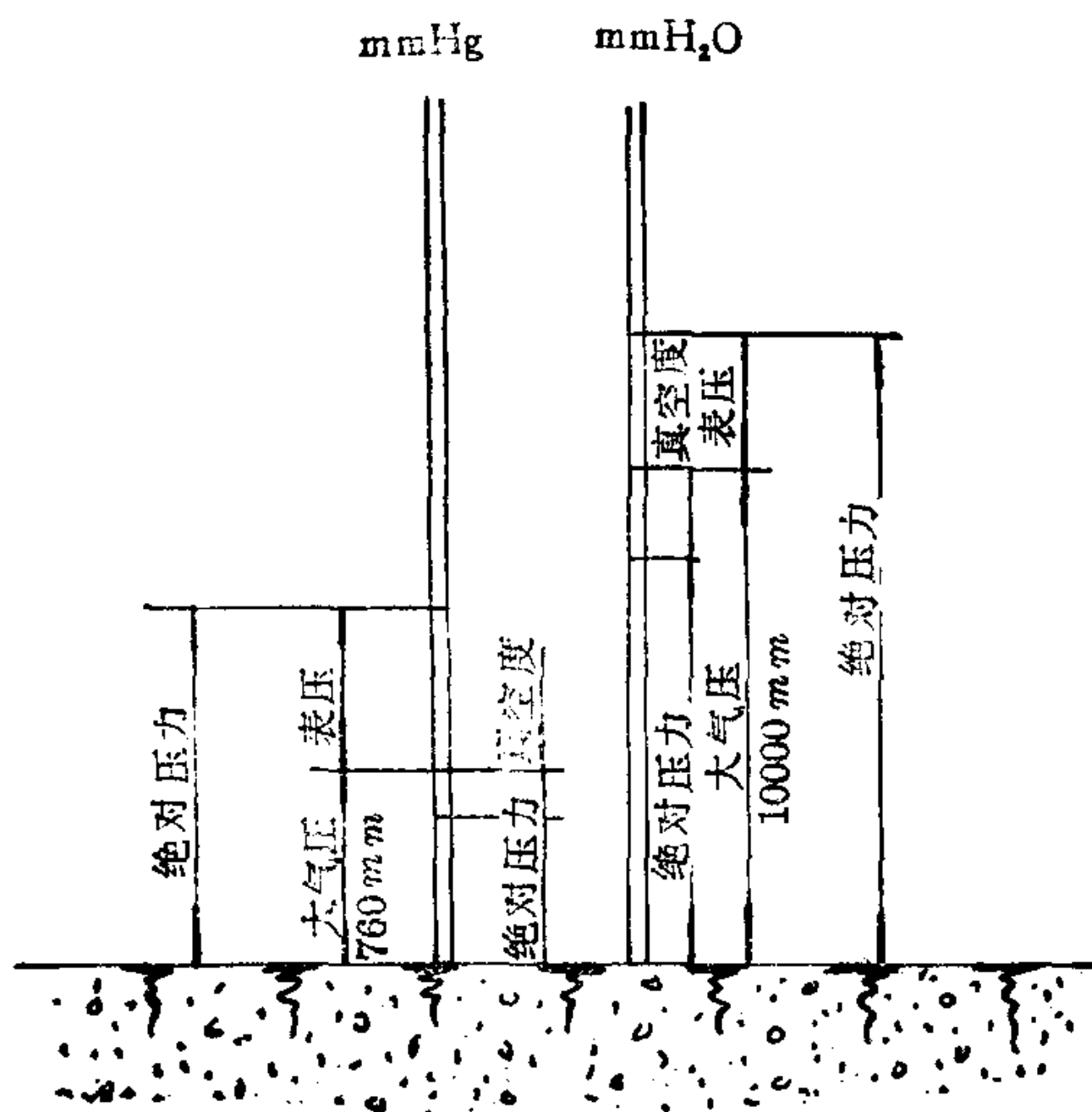


图 1

在工业上真空发生装置有各种型式，而每种型式都有其特征，应根据使用条件认真选择。在选择过程中会发生如何选用机械真空泵和喷射真空泵的问题，一般可以参照表 1 和图 2 进行。

各种真空发生装置的特征

表 1

设备名称	真空度(绝对)	特 征
纳氏泵	300 毫米汞柱	适用于低真空抽水和空气
往复式真空泵	10~1 毫米汞柱	抽吸以不凝性气体为主的气体 需定期检修,设备耐蚀性差
回转式真空泵	100~10 ⁻¹ 毫米汞柱	抽吸以不凝性气体为主的气体 机器磨损较大,耐蚀性差
水喷射冷凝器	110~50毫米汞柱	抽吸以可凝性气体为主的气体
水喷射泵	40~20 毫米汞柱	抽吸以不凝性气体为主的气体允许 夹带少量可凝性气体
蒸汽—水串联 喷射泵	20~5 毫米汞柱	抽吸以不凝性气体为主的气体允许 夹带少量可凝性气体
蒸汽喷射泵 (多级)	5~10 ⁻² 毫米汞柱	抽吸不凝性气体为主的气体
油喷射泵	1~10 ⁻³	须用辅助泵
机械增压泵	10—10 ⁻²	须用增压泵
油扩散泵	10 ⁻³	需用辅助泵,工作液体还应保持清洁

以往常采用机械真空发生装置,很少采用喷射真空泵尤其是水喷射泵。经过大力推广和普及,近十年来发展得较为迅速。从理论上说,水喷射泵发生的真空,可以接近于循环水温下的蒸汽压力,以循环水温 25℃ 为例,其蒸汽压力为 23.55 毫米汞柱,则水喷射泵能发生的真空也可达到 23 毫米汞柱(绝压)。但是在实际上,我们在近几年定点生产的大量产品测试中测到,对于设计合理的水喷射泵所发生的真空度可高于此值 3~4 毫米,即真空度为 740 毫米汞柱左右,初步分析可能是由于射流高速流动,进一步带走空间气体减低蒸汽压力所致。

水喷射泵真空发生装置和其它型式真空发生装置相比有下列优点:

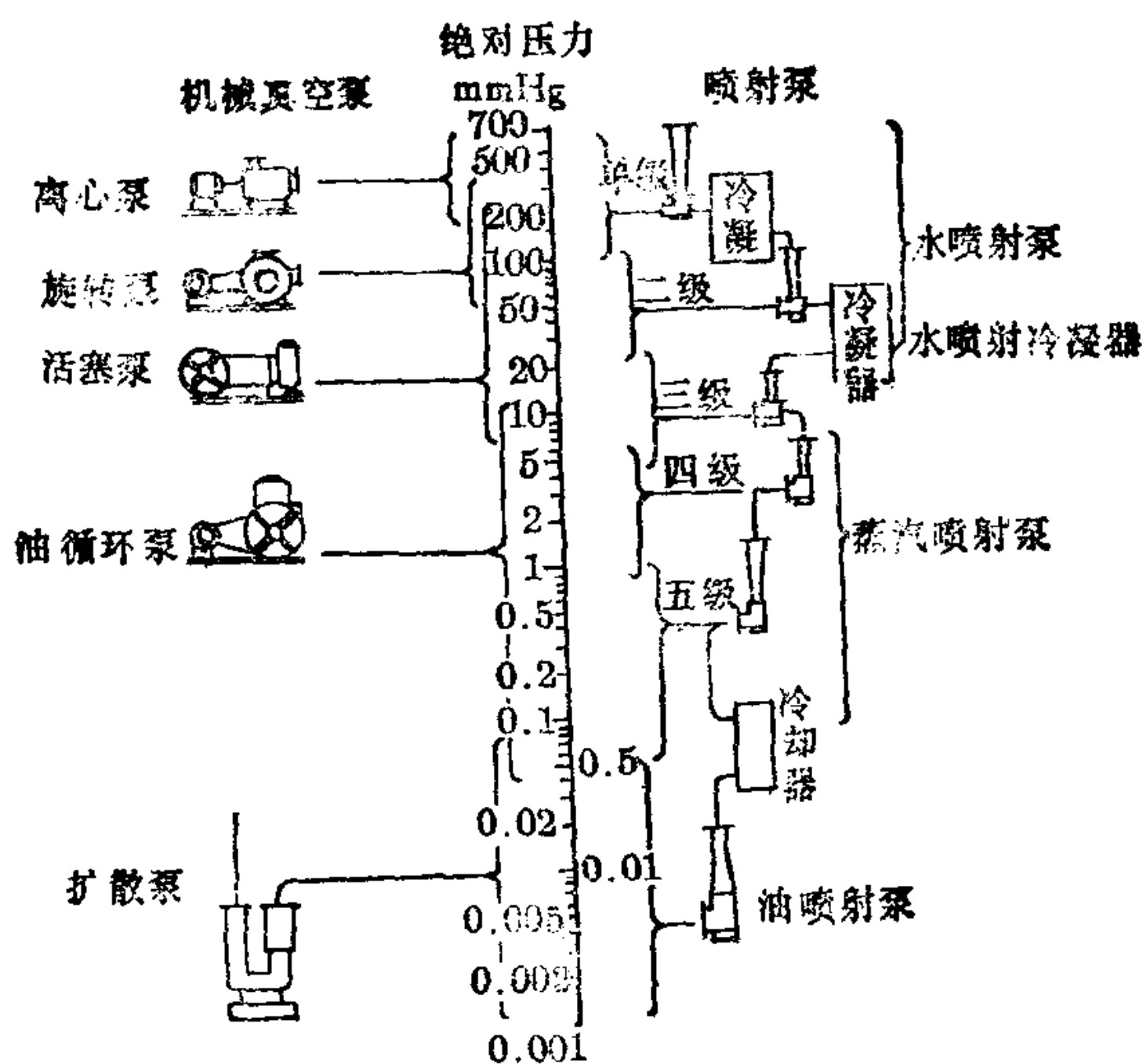


图 2

1. 构造简单：水喷射泵本体内部没有转动部份，便于保养，一般不需经常维修，即使对于有腐蚀的介质，只要材质合适也不会产生因腐蚀而降低性能的情况。

2. 可以在较广范围内选择材料制造水喷射泵：正是由于其内部无可动部份，因此和机械真空泵相比不需要润滑油，一台水喷射泵每年可节油 500 公斤。同时也由于同样原因，使水喷射泵能适应各种化学工程上真空获得的需要。

3. 设备费用低：水喷射泵制造工艺简单，和相等能力的机械真空泵比较，重量减轻一半以上，循环水一年节约 4000 吨/台，价格仅依据原材料高低而异，一般可降低三分之二至四分之三。安装面积除去水池亦较机械真空泵占地面积小。

4. 操作容易:当安装完毕后,不需专人看护,可以露天安装,要开车只需开动循环水泵按钮。大大节省安装检修人力。一般来说可以半年不须检查。

2-2 水喷射泵用途综述

1. 真空蒸馏装置:

在石油、化工、食品、医药等化工生产中的真空蒸馏装置,可以使用水喷射泵,或蒸汽喷射泵发生真空使蒸馏设备在减压状态下操作。这样能有效地加速组份蒸馏。通常在喷射泵和蒸馏设备之间设置冷凝器,图3先将大部份可凝性气体冷

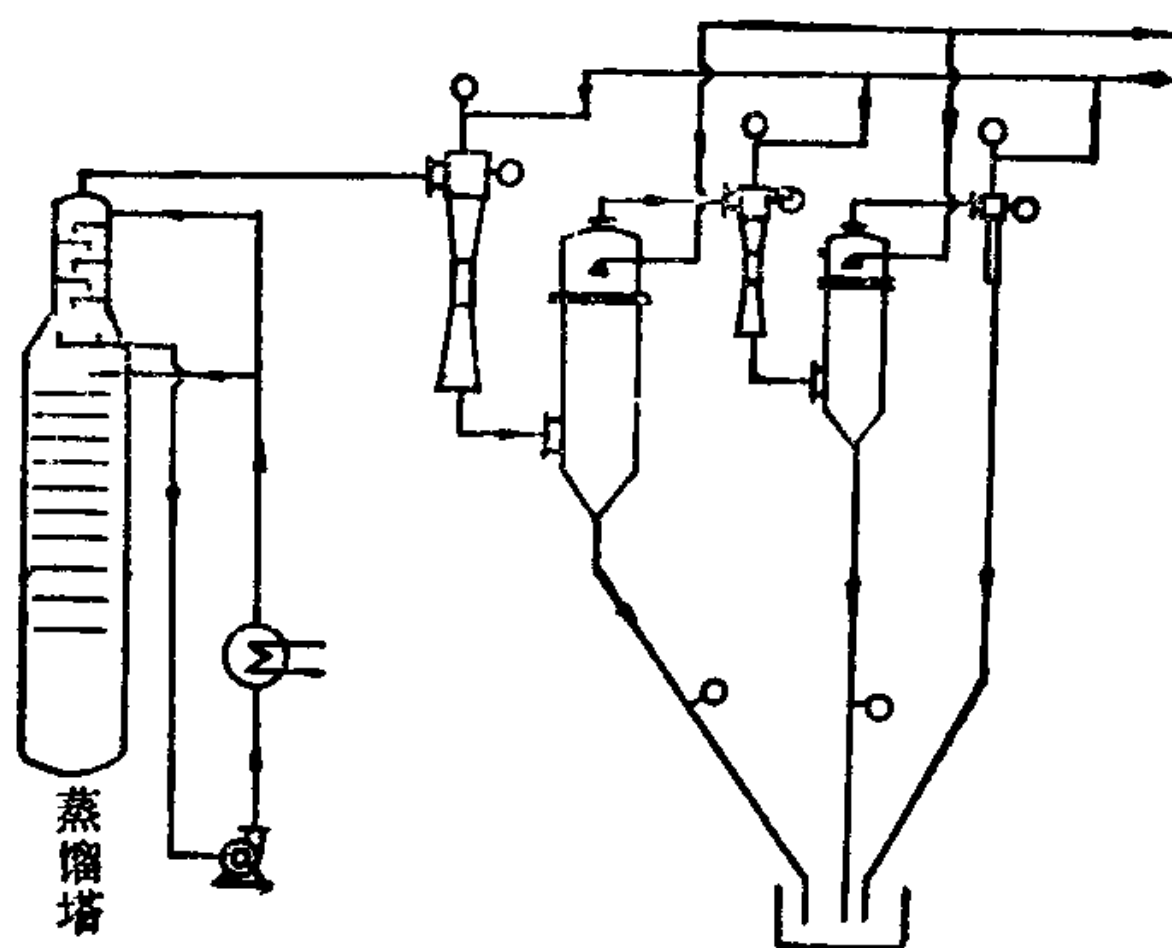


图3

凝,剩下的不凝性气体由水喷射泵抽走,由于水喷射泵能同时抽走小部份可凝性气体,所以对带有酸、碱性介质的蒸馏特别有利。

2. 真空脱臭装置:

食用油、蜡油、维生素油中含有异味,可以采用水喷射泵发生真空,使物料在减压状态下低温蒸发,挥发去臭味,如图4。

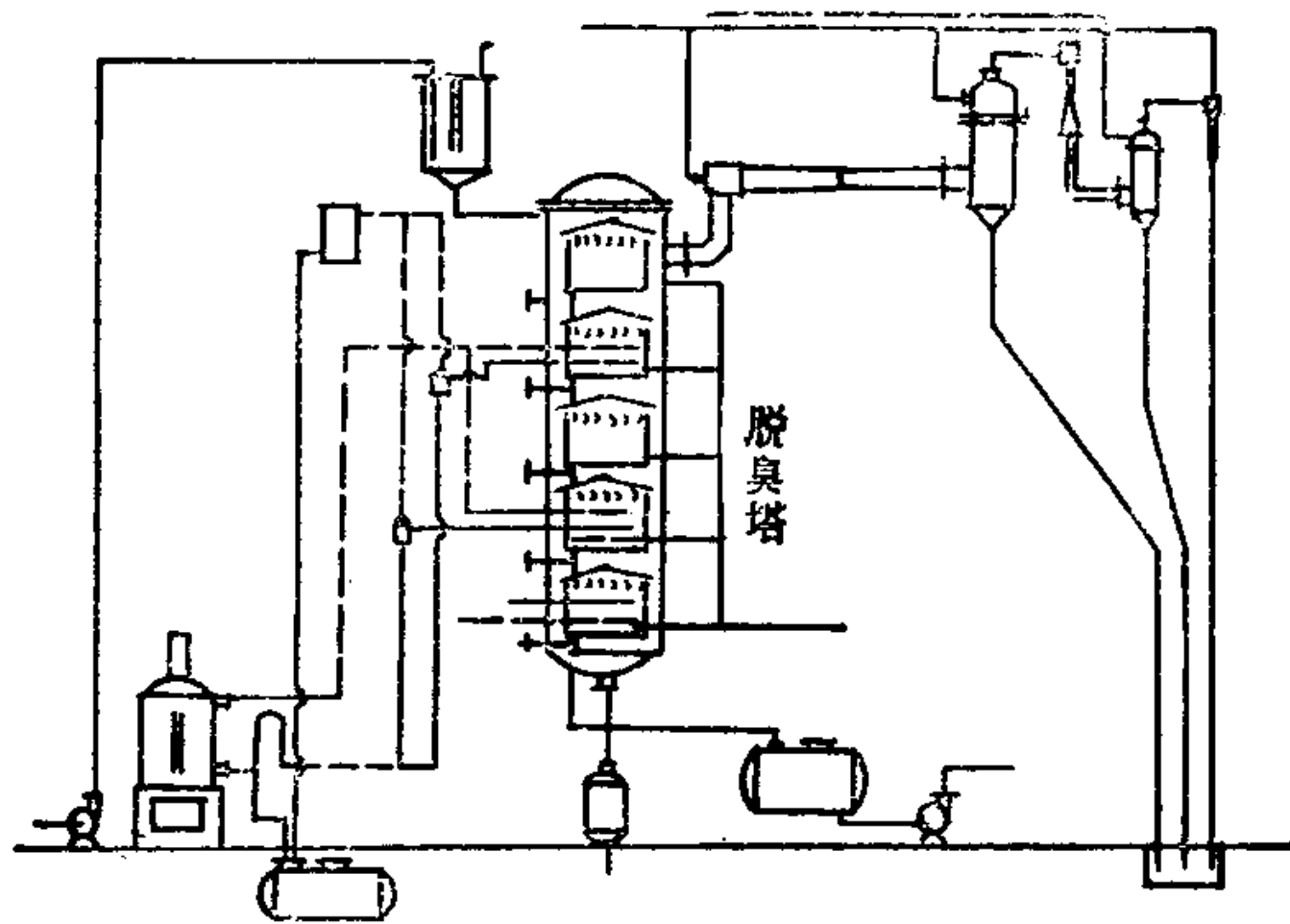


图 4

3. 真空蒸发浓缩装置:

在乳品、食糖、果汁、牛奶、苏打、药品及化纤生产中蒸发浓缩工序已广泛采用水喷射冷凝器。它具有同时冷凝二次蒸汽和抽真空的双重作用，效果十分显著。在我国华南地区的制糖厂使用已较普遍。上海地区也采用此类设备代替真空泵及冷凝器，如图 5。

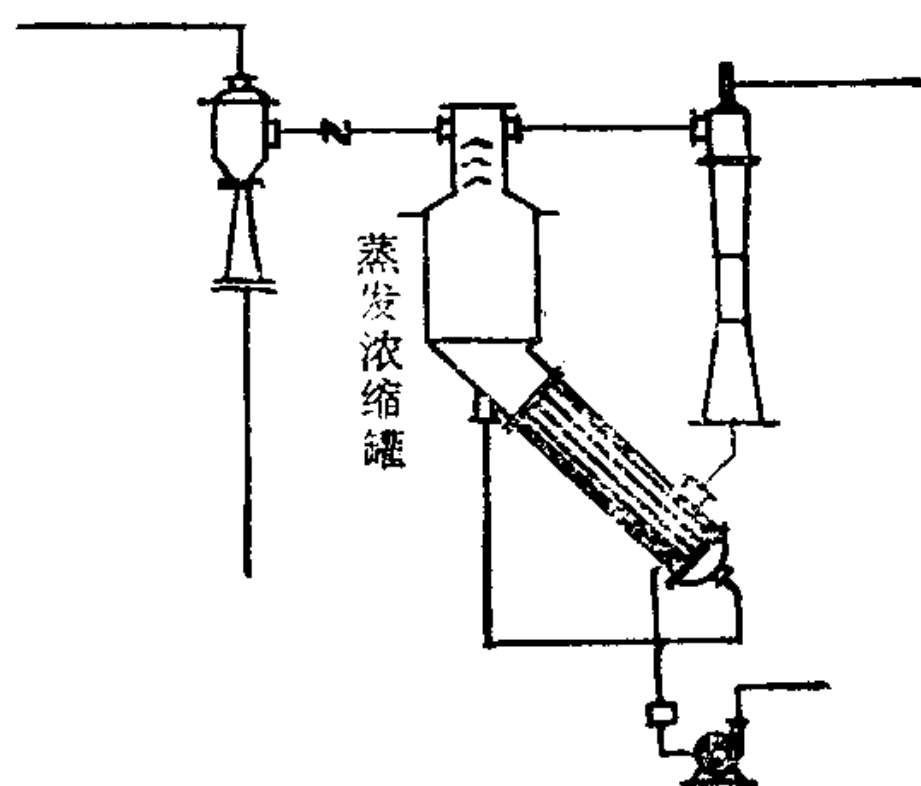


图 5

4. 真空冷却结晶装置:

同样在上述各类工业中的冷却结晶操作，也经常采用水喷射泵发生真空减压蒸发原液，原液由于蒸发潜热而自行冷却使液体的温度降至溶液的饱和温度以下操作。此时原液就成为过饱和状态而析出结晶，如图 6。

5. 真空干燥脱水装置:

许多生产过程中需要将物料进行干燥或者脱水，在真空状态下能加速干燥和脱水过程，采用水喷射泵发生真空完全

能胜任这类操作。在这类操作中对水流倒灌和折流非常禁忌，所以在操作安装方面要多加注意。

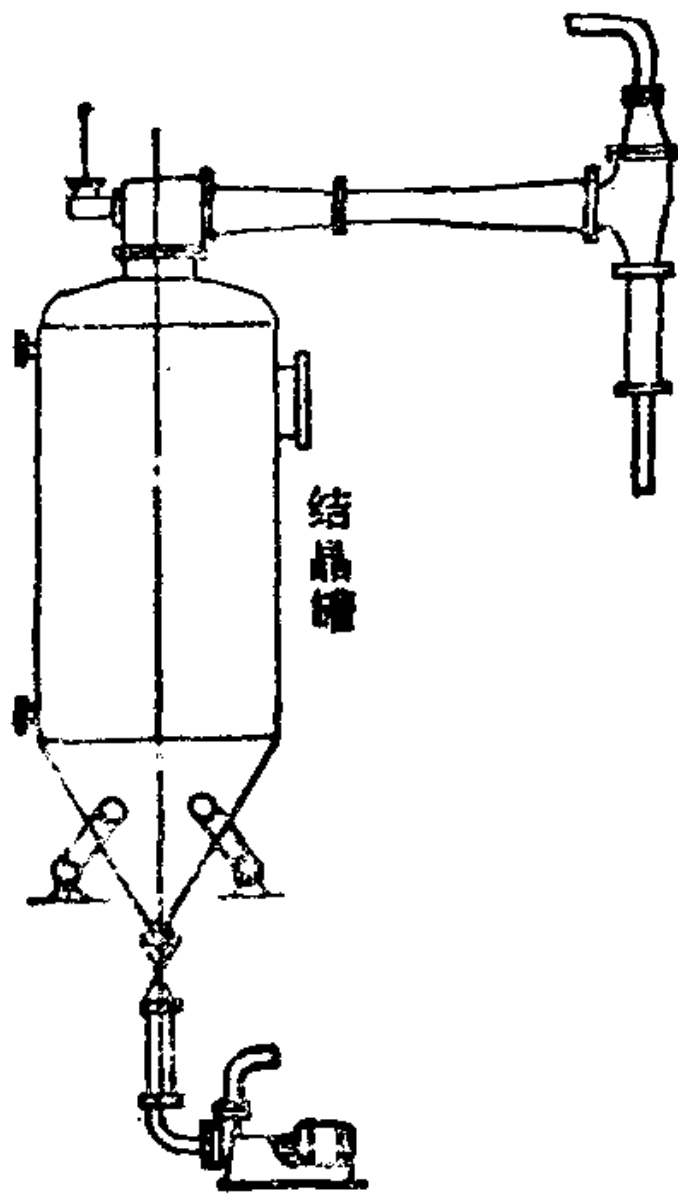


图 6

6. 真空脱气、除氧装置：

水喷射泵是水抽气体的设备，水喷射泵发生真空可以把水面上(液体中)压力降低，使水减压沸腾，则水中所溶解的气体就能析出。达到脱气和除氧的目的。一般可以使水中剩氧量仅存 0.1 毫克/升。达到《工业锅炉设计规范》中规定除

氧指标。

7. 水喷射泵真空供氧装置：

水喷射泵抽吸空气能降低被抽水槽中的含氧量，与此同时就提高循环水的含氧量，这类经充氧的水可以用于生化处理污水、饲养各类水产品，如鱼虾，图 7。尤其为长途运输鲜活水产品创造条件，可以使广大市民改善生活。

8. 真空输送物料或抽引地下水：

在许多化工厂中需要输送酸碱介质，以往采用机械真空泵因腐蚀太厉害而不能稳定操作，采用水喷射泵可以直接或间接地输送酸碱流体。水抽水的水喷射泵不但可用于输送液体物料，近十年来已应用于建筑施工中来抽吸地下水，即“井点系统”，采用水喷射泵代替机械真空泵抽地下水具有结构简



图7

单、操作方便、效率高的优点为建筑行业中改善施工条件引进了新型设备。

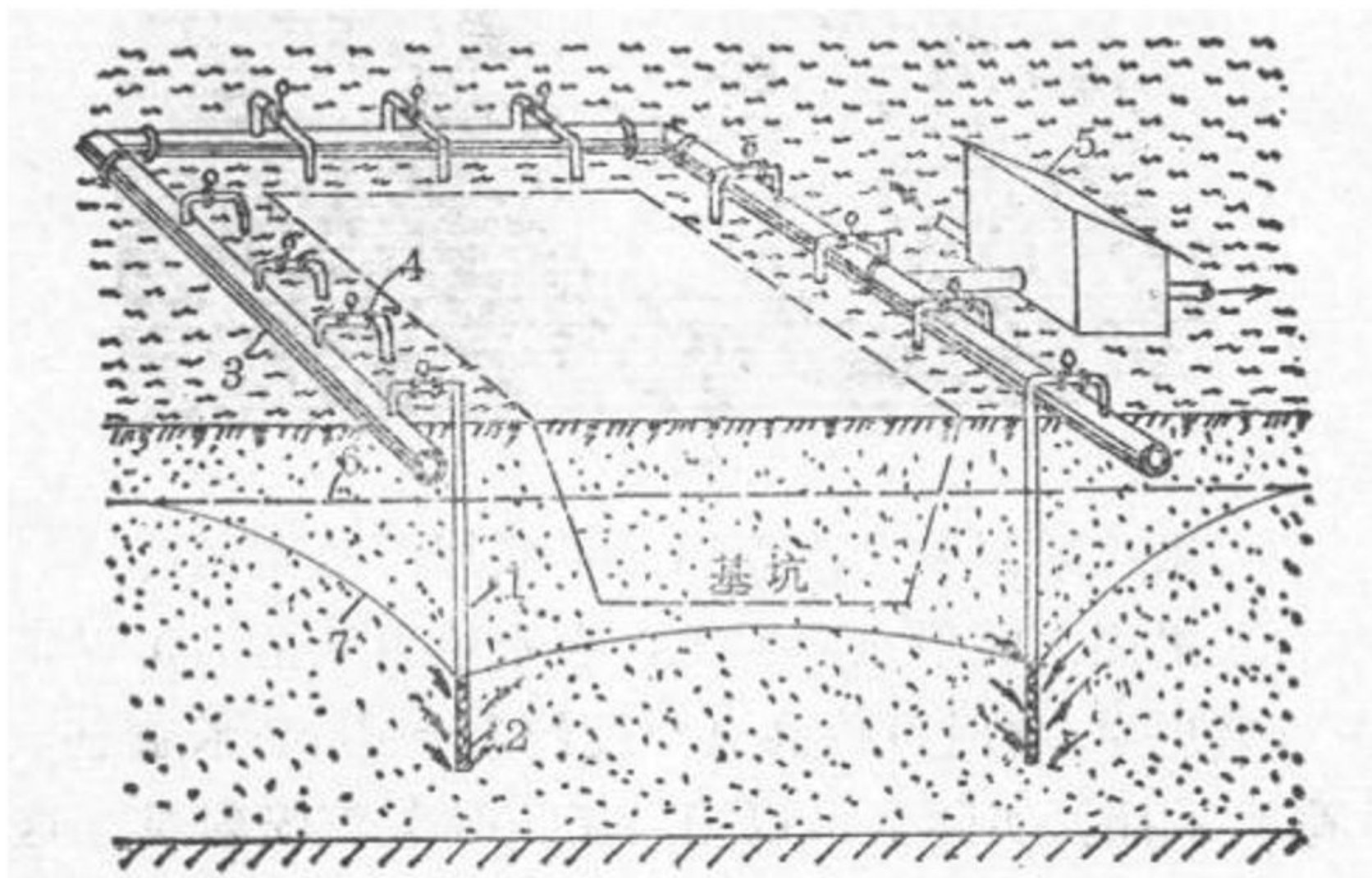


图8 轻型井点法降低地下水位全貌图

1-井点管 2-滤管 3-总管 4-弯联管 5-水泵房 6-原有地下水位线
7-降低后地下水位线 图中虚线箭头表示空气；实线箭头表示水流。

9. 真空吸收化学气体：

化工、化纤、医药、电镀等各工厂的化学反应会产生大量的化学气体，如 NO_x 、 SO_2 、 HCl 、 CO_2 、 HF 等等，采用水喷射泵循环吸收液体、抽吸化学尾气，使气液二相在水喷射泵中强制混合，大大强化了传质过程。这样水喷射泵就具有化学反应器和泵的二者作用。如图9为某厂 NO_x 吸收装置吸收效果可达95%，为环境保护消除废气危害提供了简便措施。

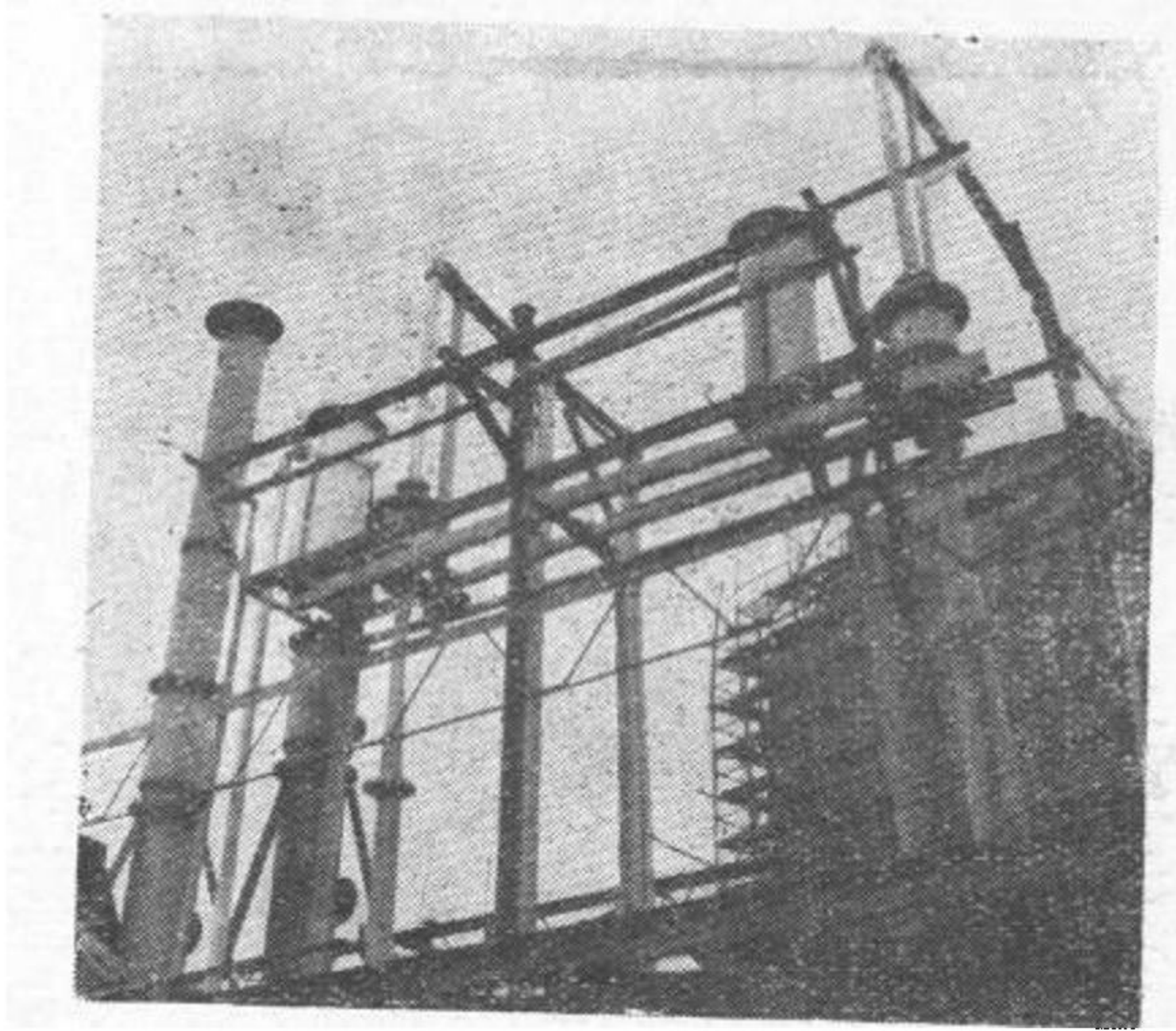


图9

10. 水喷射泵和蒸汽喷射泵串联用于真空制冷：

为了提高水喷射泵真空度，在水喷射泵前面可以串联一级蒸汽喷射泵，此时可提高真空度约15~20毫米汞柱，达到755毫米汞柱。实际上可以相当于三级蒸汽喷射泵。这是由于水喷射泵压缩比较大(可达20)的缘故，这样较高真空度的水汽串联喷射泵装置可以用来制冷。

以上所述水喷射泵各类用途在上海地区均有实例，有关单位可互相交流。

第三章 水喷射泵的应用

3-1 水喷射泵使用情况摘录

为了便于各单位互相学习,摘录部份工厂的使用实例,列在表 2 中供参考。

表 2

厂 名	使 用 场 所
1. 上海第十五药厂	共使用 45 台水喷射泵取代全部机械真空泵,用于各种类型操作。如图 10。
2. 上海染化三厂	减压蒸馏、HCl 吸收、NO ₂ 吸收、加料、代替 W ₃ 泵及 1401 泵。
3. 上海淮海药厂	无味氯霉素浓缩、氯化亚酚、盐酸、扑尔敏等吸料、蒸馏共使用几十台。
4. 福州抗菌素厂	采用 5 台水喷射泵代替厂内所有的 SZ-3 型水环泵。
5. 上海辽原化工厂	代替 PHK-2 型真空泵抽真空。
6. 青田县化工厂	用于丙铵酸炔二醇七环车间代替 W ₃ 真空泵。
7. 上海勤工化工厂	氯化镍、醋酸锰生产中代替机械泵抽真空。
8. 上海助剂厂	真空蒸馏, SO ₂ 吸收取代机械真空泵。
9. 上海第十制药厂	配药、检漏抽真空用。
10. 上海化工专科学校实验工厂	含酸性气体中代替机械真空泵抽真空。
11. 上海硫酸厂	干燥三氧化硫、甲醇气体抽真空用。
12. 上海兽药厂	真空 50°C 恒温干燥用。
13. 上海向阳化工厂	减压操作用产生真空。
14. 北京制药厂	减压操作用产生真空。
15. 上海上农厂	H ₂ S 回收、加料等减压操作用。

16. 上海硫酸厂	吸收甲醇。
17. 上海人民化工厂	吸收 H_2S 。
18. 北京化工厂	吸收 NO_x 气体。
19. 上海试剂二厂	吸收 NO_x 气体。
20. 上海永胜冶炼厂	吸收 NO_x 气体。
21. 上海华生电扇三厂	吸收 NO_x 气体。
22. 上海缝纫机零件九厂	吸收 NO_x 气体。
23. 上海南市电镀厂	吸收 NO_x 气体。
24. 上海冶炼厂	吸收 CO_2 气体。
25. 上海染化一厂	吸收 SO_2 气体。
26. 上海电化厂	吸收 NO_x 气体。
27. 上海第五药厂	吸收 SO_2 气体。
28. 上海虹口人防公司	代替机械真空泵、在人防工事中抽吸地下水。
29. 上海市建四公司	“井点系统”代替机械真空泵抽收地下水。
30. 上海隧道三队	在宝钢自备电厂双拱管排水等“井点系统”抽吸地下水。
31. 上海渔业机械仪器研究所	养鱼、养虾水中增氧。
32. 同济大学	生化污水处理供氧。
33. 上海染化七厂	锅炉给水真空除氧。
34. 上海化工厂	锅炉给水真空除氧。
35. 上海十八药厂	红霉素生产用水喷射冷凝器代替机械真空泵和冷凝器。
36. 上海化纤十一厂	真空蒸发用水喷射冷凝器。
37. 上海炼油厂	真空蒸发用水喷射冷凝器。

3-2 水喷射泵用于真空除氧

工业锅炉给水经过除氧,可以改善锅炉本体、蒸汽管道用汽设备的腐蚀,同时由于给水经过除氧使蒸汽中不凝性气体含量甚微,疏水器旁路阀可以不必打开,蒸汽热焓利用率可以增加 50 倍,耗汽量大为节约。