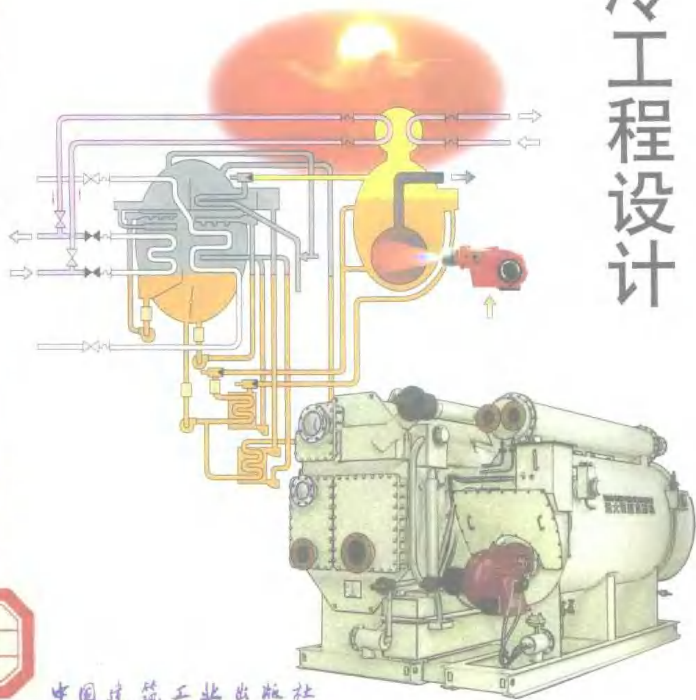


直燃型溴化锂吸收式制冷工程设计

崔文富 主编



中国建筑工业出版社

TB651

(97)

463583

直燃型溴化锂吸收式 制冷工程设计

崔文富 主编



00460886

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

直燃型溴化锂吸收式制冷工程设计/崔文富主编.
北京: 中国建筑工业出版社, 1999
ISBN 7-112-04048-5

I. 直… I. 崔… III. 溴化锂-吸收式制冷机房-工程设计 N. TB651

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 49324 号

本书重点阐述直燃型溴化锂吸收式制冷机的原理、型式与结构,以及制冷机房设计(包括机型选择原则、机房建筑设计、燃油燃气系统设计、排烟气系统设计、燃料与燃烧等),制冷机工程设计选择计算和空调水系统设计,首次较系统的介绍了直燃机房消防安全及防火防爆的新内容,有此一编,读者可以完全满足设计直燃型溴化锂吸收式冷热水机组机房的全部问题。书中并列有典型工程应用实例介绍(包括燃油机组 7 例、燃气机组 8 例),另有 16 例一览表。最为宝贵的是书中附有 5 个实际工程施工图纸(另装口袋),均为各设计院提供,参考价值极大。书末附有 22 家主要生产厂商的产品简介,可免到处收集样本资料之劳,并可鉴别比较,择优选择。

本书可供有关直燃型溴化锂吸收式制冷机机房设计、施工与操作运行管理人员学习参考,亦可供有关专业的大专院校师生参考及作培训教材。同时亦可供直燃型溴化锂吸收式制冷机推销产品的有关人员参考用书。

责任编辑 吴文侯

直燃型溴化锂吸收式制冷工程设计

崔文富 主编

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市彩桥印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17 插页: 20 字数: 409 千字

2000 年 4 月第一版 2000 年 4 月第一次印刷

印数: 1-2,500 册 定价: 28.00 元(含附图)

ISBN 7-112-04048-5

TU·3164 (9151)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

直燃型溴化锂吸收式制冷机（即直燃型溴化锂吸收式冷热水机组）是进入 90 年代，我国发展起来的节电、节能型绿色环保型、新型中央空气调节系统用人工冷源的制冷设备。近几年来由于直燃型溴化锂吸收式制冷机一机多用的功能，可同时或单独为建筑物供空调用冷水（7/12℃），温水（65/57℃）及生活用卫生热水（60/44℃）；节省电能，对臭氧层不破坏，目前已在国内得到了广泛应用。1996 年我国溴化锂吸收式制冷机产品超过了 3000 台，其中直燃型机组生产量已占全国溴化锂吸收式制冷机生产总数的 35% 左右，燃气直燃型机组占整个直燃型机组 70% 左右。由于直燃型溴化锂吸收式冷热水机组的优点、环保的要求，大规模的现代化建筑的兴建，中央空气调节需要制冷量的增加以及燃气的大力发展，使用直燃型（尤其是燃气性）溴化锂吸收式制冷机，得到了迅猛的发展。

主编在参加两届制订和修编国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》制冷章节时，曾在 70 年代、80 年代对全国溴化锂吸收式制冷机的应用进行了广泛的调研，深感正确设计、施工安装、操作、维修、使用溴化锂吸收式制冷机，使其发挥最大的效益是至关重要的。进入 90 年代直燃型溴化锂吸收式制冷机，像雨后春笋般地得到了飞速的发展和广泛的应用。因此，提高设计水平，提高施工安装，操作维修人员的素质，也是非常重要的。为了普及提高有关人员理论水平，曾举办了直燃型溴化锂吸收式制冷机培训班，此书是在培训班讲义的基础上修改、补充后编写而成。

参加本书编写的人员有设计、科研、施工安装、使用等单位。具体有：北京市建筑设计研究院：崔文富高级工程师，中国建筑科学院空气调节研究所：彭荣高级工程师、肖显明高级工程师，中国航天建筑设计研究院：郭庆堂高级工程师、曹伟生高级工程师，建设部建筑设计院：支华英高级工程师、金跃工程师；北京市城建设计研究院：贾昭凯高级工程师、张春生高级工程师；中国建筑标准设计研究所：朱培英高级工程师、阎鲁冀工程师；商业部设计院：张关荣高级工程师；北京市房地产开发经营总公司：刘清芬高级工程师；中国科学院北京建筑设计院：颜志敏高级工程师；北京市工业设备安装公司：唐荣改高级工程师，铁道部铁道大厦工程部：张长生工程师。具体分工如下：

主编：崔文富

主审：郭庆堂

第一、二、三、四章由崔文富、张关荣、张德元编写，第五章、第八章第三节由郭庆堂、曹伟生、崔文富编写，第六章由刘清芬、唐荣改编写，第七章由崔文富、张德元编写，第八章由支华英、肖显明、金跃、张长生、曹伟生、崔文富编写，第九章由彭荣、唐荣改、刘清芬、王曙明编写。

全书由崔文富统稿和审改。书中内容力求反映直燃机的先进水平，并注意图文并茂，深入浅出，简明易懂，讲究实效。

本书与以往的著作不同之处，第一，主要写直燃型溴化锂吸收式制冷机，第二，主要

是侧重于工程设计与应用，对于溴化锂吸收式制冷机制造技术的理论涉及较少，读者可参考有关专家、教授撰写的专著。限于时间和篇幅所限，对于施工安装、调试运转，操作与维修，电气控制等方面的技术，本书未涉及可参考有关专著。

本书在编写过程中，得到了中国制冷学会原副秘书长郭予信教授级高级工程师，中国制冷空调工业协会溴化锂制冷技术应用服务中心副理事长何永恒高级工程师，河北省张家口建筑工程学院张杰教授以及许多同行的鼓励和帮助。同时也应用和参考了有关专著、样本、论文、专刊等资料，图表，尤其是《溴化锂吸收式制冷机》（戴永庆、郑玉清编著），《吸收式制冷机》（高田秋一著，耿惠彬、戴永庆、郑玉清译），《两效溴化锂吸收式制冷机及应用》（郑玉清、吴进发、耿惠彬编著），《溴化锂吸收式制冷技术及应用》（戴永庆主编、耿惠彬等副主编），《空调用溴化锂吸收式制冷机》（何耀东主编），《简明空调用制冷设计手册》（郭庆堂主编，吴进发副主编），《空气调节设计手册》第二版（路延魁主编）等专著。值此，谨向专著、译文的作者和提供资料的厂家表示深切的谢意。为使本书早日脱稿，陈晓梅高级工程师、聂美清高级工程师、佳颖等同志作了大量的制图复制和校对工作，也在此表示衷心的感谢。

由于作者水平及经验的限制，书中难免有不妥、甚至谬误之处，恳切欢迎广大同行和读者不吝赐教，批评指正，以便再版时更正。

目 录

第一章 溴化锂吸收式制冷机的特点及国内外发展概况	1
第一节 溴化锂吸收式制冷机的特点	1
一、溴化锂吸收式制冷机的优点	1
二、溴化锂吸收式制冷机的主要缺点	1
三、直燃型溴化锂吸收式制冷机的特点	2
第二节 溴化锂吸收式制冷机国内外发展概况	2
一、美国	2
二、日本	3
三、前苏联	6
四、中国	7
第二章 溴化锂吸收式制冷原理	10
第一节 吸收式制冷的基本原理	10
一、吸收式制冷机基本工作原理	10
二、吸收式制冷机的工质及其基本热力性质	11
三、单效溴化锂吸收式制冷机的热力循环	12
第二节 双效溴化锂吸收式制冷机制冷原理	13
一、双效溴化锂吸收式制冷机工作原理	13
二、双效溴化锂吸收式制冷机的理论循环	15
第三节 直燃型溴化锂吸收式冷热水机组制冷、热原理	17
一、将冷却水回路切换成热水回路的直燃型冷热水机组	18
二、热水和冷水采用同一回路的直燃型冷热水机组	20
三、专设热水回路的直燃型冷热水机组	21
第三章 溴化锂水溶液的性质	24
第一节 溴化锂溶液的物理性质	24
一、一般性质	24
二、溶解度	25
三、浓度	25
四、密度	25
五、比热	25
六、粘度	26
七、表面张力	26
八、饱和蒸汽压	27
九、腐蚀性	27
第二节 溴化锂溶液的热力状态图	28
一、压力—温度 ($p-t$) 图	28
二、比焓—浓度 ($i-\xi$) 图	28

三、碱—浓度 (ρ — ξ) 图	30
第三节 溴化锂溶液的腐蚀性及缓蚀剂	32
一、溴化锂溶液的腐蚀性 & 缓蚀剂	32
二、常用缓蚀剂及防腐性能	33
第四章 直燃型溴化锂吸收式制冷机的型式与结构	36
第一节 溴化锂吸收式制冷机的型式	36
一、溴化锂吸收式制冷机的分类	36
二、溴化锂吸收式制冷机的型式	38
第二节 直燃型溴化锂吸收式制冷机主要设备的结构	45
一、直燃型溴化锂吸收式制冷机的总体结构	45
二、直燃型溴化锂吸收式制冷机各部件的结构	45
第三节 直燃型溴化锂吸收式制冷机附属设备的结构	56
一、屏蔽泵	56
二、真空泵	60
三、真空阀门	62
四、燃烧器	68
第四节 直燃型溴化锂吸收式制冷机的安全装置	75
一、防冻、防结晶装置	75
二、防冷剂水污染装置	76
第五节 直燃型溴化锂吸收式制冷机的抽气装置	77
一、机械真空泵抽气装置	77
二、自动抽气装置	78
三、钎焊抽气装置	80
第五章 直燃型溴化锂吸收式制冷机机房设计	81
第一节 直燃型溴化锂吸收式制冷机的机型选择原则	81
一、直燃机机型的选择	81
二、负荷的确定	81
三、台数的确定	81
四、工作压力的确定	81
五、燃料的确定	82
第二节 直燃机机房建筑设计	82
一、机房位置	82
二、机房尺寸的确定	82
三、机房的通风要求	83
四、机房的排水	83
五、机组基础设计及就位要求	83
六、搬运孔要求	84
七、制冷机房照明要求	84
八、设置贮液器规定	84
第三节 燃油系统设计	85
一、室外贮油罐的设置	85
二、室内日用油箱的设置	86
三、贮油罐(箱)通气管	87

四、输油泵	87
五、回油泵	87
六、油过滤器	87
七、油管路系统	87
第四节 燃气系统设计	89
一、燃气系统设计依据	89
二、燃气的供应方式	89
三、燃气配管系统	90
第五节 排烟气系统设计	91
一、排烟气系统设计依据	91
二、烟囱通风抽力及排烟气阻力计算	91
三、根据经验及有关估算数据确定烟囱、烟道截面尺寸	97
四、烟囱、烟道设计要求及施工注意事项	98
第六节 直燃型溴化锂吸收式冷热水机组的燃料与燃烧	100
一、直燃型冷热水机组的燃料	100
二、液体燃料的燃烧	104
三、气体燃料的燃烧	107
四、过量空气系数 n 和排气热损失的关系	110
第七节 直燃机机房消防安全及防火防爆	110
一、燃气的安全使用	110
二、防止燃气中毒事故	111
三、防止燃气爆炸及火灾事故	113
四、直燃机机房消防安全设计实例简介	114
五、燃气直燃机机房设计安全技术措施	116
六、直燃机机房燃气管路设计安全技术措施	117
七、直燃机机房燃气系统操作及安全保护、安全技术措施	120
第六章 空调水系统设计	123
第一节 空调冷水系统设计	123
一、水系统的分类	123
二、高层建筑水系统分区	127
三、管路设计	128
四、水系统设计	129
五、冷热媒参数及冷水循环泵的选择	134
第二节 冷却水系统设计	135
一、按供水方式分类	135
二、常用循环冷却水系统的型式和特点	136
三、冷却水的水质稳定处理	143
第三节 冷水及冷却水管道计算	146
一、压力式水管道的水力计算	146
二、重力式回水管道	149
三、管材和阀门的选择	151
第四节 制冷机房管道的布置与保温防腐处理	152
一、制冷机房管道的布置	152

二、制冷管道与设备的保温(保温)	152
三、制冷管道与设备的防腐	157
四、制冷管道的涂色	158
第五节 制冷设备的减振、隔振与隔声、吸声	158
一、直燃型溴化锂吸收式冷热水机组的隔振	158
二、水泵的减振与隔振	158
三、直燃机房应设有良好的隔声与吸声措施	162
第七章 直燃型溴化锂吸收式制冷机工程设计选择计算	163
第一节 直燃型溴化锂制冷机热力计算	163
一、设计参数的确定	163
二、各换热设备的热负荷计算	169
三、热平衡验算	172
第二节 介质流量计算	172
一、直燃机高压发生器的燃油(气)量计算	172
二、冷水循环流量计算	174
三、冷却水循环流量计算	174
第三节 燃料单耗及热力系数计算	174
一、燃料单耗	175
二、热力系数	175
第八章 典型工程应用实例	176
第一节 燃油直燃型溴化锂吸收式冷热水机组应用实例	176
一、上海港务局办公大楼	176
二、湖南商厦	176
三、河南亚神集团旅游品贸易大楼	176
四、泰兴大厦	176
五、广东雷州市名都大酒店	176
六、上海易初通用机械有限公司	177
七、北京香江花园	177
第二节 燃气直燃型溴化锂吸收式冷热水机组应用实例	177
一、绿谷别墅	177
二、美华大楼	177
三、上海小系车灯有限公司	177
四、上海双鹿电器股份有限公司电冰箱三厂	177
五、郑州亚细亚假日酒店	178
六、杭州松下马达有限公司	178
七、沈阳市文新大厦	178
八、北京翠微大厦	178
九、上海地区燃气直燃型机组,已开机调试投入运行的工程情况 (截止1997年10月)	179
第三节 工程实例图(本节实例图附后,另装口袋)	180
一、北京展览馆	180
二、北京××大厦	180
三、×××别墅区工程2号冷冻站	181

四、北京吉利大厦简介	181
五、北京××国际大酒店	181
第九章 直燃型溴化锂吸收式制冷机主要生产厂商产品简介	182
一、长沙远大空调有限公司	182
二、江苏双良特灵溴化锂制冷机有限公司	188
三、上海一冷开利空调设备有限公司	190
四、大连三洋制冷有限公司	195
五、开封通用机械厂	200
六、上海塔库玛冷热设备有限公司	201
七、上海浦东溴化锂制冷机厂	207
八、浙江联丰集团制冷机厂	209
九、青岛同和空调设备股份有限公司	211
十、上海华源前进制冷空调公司	213
十一、昆山市溴化锂制冷机厂	216
十二、广东莱孚空调机有限公司	219
十三、广东顺德市广容空调实业有限公司	223
十四、杭州溴化锂制冷机厂	223
十五、杭州澳冷机有限公司	224
十六、长沙华明空调工业有限公司	226
十七、永升集团泰兴溴化锂制冷机厂	227
十八、中国水利水电第十二工程局溴化锂制冷机厂	228
十九、重庆通用机器厂	230
二十、山东日照华冷制冷设备有限公司	231
二十一、山东水龙王集团空调设备有限公司	233
二十二、常能集团常州溴化锂制冷机厂	235
二十三、日本株式会社荏原制作所	236
二十四、日本三菱重工冷热系统公司	239
附录	241
主要设备产品及厂商介绍	246
附图 溴化锂溶液的比焓—浓度 ($i-\phi$) 图	插页
参考文献	259

第一章 溴化锂吸收式制冷机的特点 及国内外发展概况

第一节 溴化锂吸收式制冷机的特点

溴化锂吸收式制冷机以热能为动力，以水为制冷剂，溴化锂溶液为吸收剂，制取高于 0°C 的冷量，可用作空调或生产工艺过程的冷源。与其他类型的制冷机相比，具有下列显著优点：

一、溴化锂吸收式制冷机的优点

(一) 以热能为动力，毋需耗用大量电能，而且对热能的要求不高。能利用各种低势热能和废气、废热，如高于 20kPa (0.2kgf/cm^2) (表压) 饱和蒸汽；各种排气；高于 75°C 的热水以及地热、太阳能等，有利于热源的综合利用，因此运转费用低。若利用各种废气、废热来制冷，则几乎不需要花费运转费用，便能获得大量的冷源，具有很好的节电、节能效果，经济性高。

(二) 整个制冷装置除功率很小的屏蔽泵外，没有其他运动部件，振动小、噪声低，运行比较安静，特别适用于医院、旅馆、食堂、办公大楼、影剧院等场所。

(三) 以溴化锂溶液为工质，制冷机又在真空状态下运行，无臭、无毒、无爆炸危险，安全可靠，被誉为无公害的制冷设备，有利于满足环境保护的要求。

(四) 冷量调节范围宽。随着外界负荷变化，机组可在 $10\%\sim 100\%$ 的范围内进行冷量无级调节，且低负荷调节时，热效率几乎不下降，性能稳定，能很好地适应变负荷的要求。

(五) 对外界条件变化的适应性强。如标准外界条件为蒸汽压力 $5.88\times 10^5\text{Pa}$ (6kgf/cm^2) (表压)，冷却水进口温度 32°C ，冷媒水出口温度 10°C 的蒸汽双效机，实际运行表明，能在蒸汽压力 $(1.96\sim 7.84)\times 10^5\text{Pa}$ ($2.0\sim 8.0\text{kgf/cm}^2$) (表压)，冷却水进口温度 $25\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，冷媒水出口温度 $5\sim 15^{\circ}\text{C}$ 的宽范围内稳定运转。

(六) 安装简便，对安装基础的要求低。因运行时振动极小，故无需特殊的机座。可安装在室内、室外、底层、楼层或屋顶。安装时只需作一般校平，接上气、水管道和电源便可。

(七) 制造简单，操作、维修保养方便。机组中除屏蔽泵、真空泵和真空阀门等附属设备外，几乎都是热交换设备，制造比较容易。由于机组性能稳定，对外界条件变化的适应性强，因而操作比较简单。机组的维修保养工作，主要在于保持所需的气密性。

二、溴化锂吸收式制冷机的主要缺点

(一) 在有空气的情况下，溴化锂溶液对普通碳钢具有较强的腐蚀性。这不仅影响机组的寿命，并且影响机组的性能和正常运行。

(二) 制冷机在真空下运行，空气容易漏入。实践证明，即使漏入微量的空气，也会严重地损害机组的性能。为此，制冷机要求严格密封，这就给机组的制造和使用增添了困难。

(三) 由于直接利用热能, 机组的排热负荷较大, 因为冷剂蒸汽的冷凝和吸收过程, 均需冷却。此外, 对冷却水的水质要求也比较高, 在水质差的地方, 使用时应进行专门的水质处理, 否则将影响机组性能正常发挥。

三、直燃型溴化锂吸收式制冷机的特点

直燃型双效溴化锂吸收式冷热水机组以燃气、燃油为能源, 通过其直接燃烧产生高温烟气作为加热源, 利用吸收式制冷循环的原理。制取冷、热水, 供夏季制冷, 冬季采暖之用。这种机组是在蒸汽型双效溴化锂吸收式冷水机组的基础上开发的新机型。除具有溴化锂吸收式冷水机组的特点外, 还有如下特点:

(一) 燃烧效率高, 燃烧完全。燃烧产物中所含的 SO_x 和 NO_x 低, 对大气的污染小, 一般在闹市区也允许采用。在环保有严格要求的地区, 限制燃煤锅炉的采用, 而这种机组不在限制之列。

(二) 制冷、采暖供热 (亦可供应卫生热水) 兼用, 一机多功能。体积小, 机房占用面积小, 使用方便。

(三) 可省去单独的锅炉房, 减少了基建费用。同时, 因高压发生器中的压力低于大气压, 对操作人员无特殊要求。

(四) 可对城市能源季节平衡, 一般说夏季用电量, 而煤气耗量低, 以我国南方某大城市为例, 夏季热天的煤气耗量仅为常年耗量的 50% 左右, 采用燃气型冷热水机组可减少电耗, 平衡能源。

(五) 安装无特殊要求, 操作方便。

第二节 溴化锂吸收式制冷机国内外发展概况

鉴于溴化锂吸收式制冷机所具有许多优点, 自 1945 年美国开利公司试制成功第一台制冷量为 523kW (45×10^4 kcal/h) 的单效机以来, 在不到半个世纪的时间内, 无论是型式、结构、性能或生产的数量和应用范围, 都得到了迅速发展。生产的国家也从美国扩展到日本, 前苏联和中国。

一、美国

在美国从事溴化锂吸收式制冷机的有开利、约克、特灵等公司。美国不仅是最早生产单效机的国家, 也是最先生产双效机的国家。同时, 又是最早把陆用溴化锂吸收式制冷机应用于水面舰艇, 并进一步应用于核潜艇的国家。美国 50 年代建造的好几艘核潜艇, 比如“长尾鲨”、“北极星”级核潜艇等, 都装置了溴化锂吸收式制冷机。

由于天然气管网遍布美国各地, 使用天然气作热源特别方便, 因此, 美国又开展了直接燃烧天然气的燃气溴化锂吸收式制冷机的研制。目前的制造厂家有阿克拉公司。近年来, 又开展了利用太阳能和低温热源的热水型机组, 以及无泵型冷、温水机、吸收式热泵等新机型的研究。

虽然, 美国是最早生产和应用溴化锂吸收式制冷机的国家。但由于能源丰富, 特别是电力充裕, 就大型制冷机 (冷水机组) 的生产量而言, 溴化锂吸收式制冷机所占的比例并不大, 70 年代中期每年约生产 1000 台, 占 15% 左右。1975 年以后, 几年逐年下降, 到了 1983 年只生产 150 台, 占冷水机组总台数的 7% 左右。

目前, 美国对溴化锂吸收式制冷机的研究主要有下列几个方面:

1. 太阳能溴化锂吸收式制冷机;
2. 双效吸收制冷循环的分析研究;
3. 高效燃气冷、温水机的研究;
4. 利用低温热源的溴化锂吸收式制冷机;
5. 吸收式热泵的分析研究。

二、日本

日本在第二次世界大战后, 大量引进美国技术, 其中也包括溴化锂吸收式制冷机, 并在新机型的开发方面有了新的发展。现在日本溴化锂吸收式制冷机的发展, 无论是生产台数、应用范围和性能指标, 在国际上都处于领先地位。

日本第一台溴化锂吸收式制冷机, 是1959年由当时汽车公司研制成功的, 制冷量为698kW ($60 \times 10^4 \text{kcal/h}$)。接着, 又于1961年开展了蒸汽双效机的研制。1962年在原制作所也相继研试, 生产蒸汽双效溴化锂吸收式制冷机。

60年代前后, 日本溴化锂吸收式制冷机处于开发初期, 技术重点在于解决结构紧凑化, 部件标准化和操作、保养简便化。自从蒸汽双效机问世, 尤其是70年代直燃双效(将锅炉与单效机组组合一体)冷温水机研制成功后, 溴化锂吸收式制冷机在日本的发展非常迅速。目前主要生产厂家就有三菱约克、东京三洋、东洋开利、川崎重工和日立五家公司, 年生产台数在1000~1500台, 生产的种类见表1-1。

日本溴化锂吸收式制冷机种类

表 1-1

项 目 制冷机名称	制冷剂与吸 收剂种类	循 环	主要用途	能 量 (kW)	热 源 种 类
单效吸收式制冷机	水和溴化锂	单 效	空 调 用	175~7090	蒸汽、高温水
两效吸收式制冷机	水和溴化锂	双 效	空 调 用	260~5250	蒸 汽
直燃吸收式冷温水机	水和溴化锂	单 效	空 调 用	175~350	城市燃气、重油、煤油
直燃两效吸收式冷温水机	水和溴化锂	双 效	空 调 用	70~7000	城市燃气、重油、煤油
小型冷温水机	水和溴化锂	单 效	家庭空调用	10~35	城市燃气、煤油
低温吸收式制冷机	氨 和 水	单 效	工 业 用	大能量	蒸汽等
燃气冰箱	氨 和 水	单 效	家 庭 用	—	城市燃气
氨小型吸收式制冷机	氨 和 水	单 效	家庭空调用	10~40	城市燃气

日本是一个工业大国, 又是能源资源十分贫乏的国家。70年代世界石油危机, 影响了日本的工业, 也影响了日本溴化锂吸收式制冷机的发展方向。这一时期主要是围绕“节能”工作展开的, 采取的措施主要有:

(1) 减少进入发生器的溶液循环量, 以减少制冷循环的热损失;

(2) 提高溶液换热器的性能, 适当增大热交换面积, 以回收循环中的热损失;

(3) 提高机组中蒸发器、吸收器等主要部件的工作效率, 以提高机组的热效率;

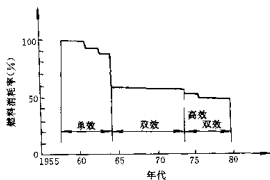


图 1-1 溴化锂吸收式制冷机的节能情况

(4) 尽量采用双效机，包括把单效机改造成双效机。

由于采取上述一系列节能措施，使双效机的热力系数由原来的 1.0 提高到 1.2 以上，达到了节能 20%~30% 的目标。就连改进起来比较困难的蒸汽单效机，也出现了节能 13% 左右的新机型。

日本各类溴化锂吸收式制冷机的节能情况如图 1-1 所示。

为了适应各种能源情况，日本除了开发利用废热和太阳能的机型外，特别注意利用 $(2.94 \sim 3.92) \times 10^5 \text{ Pa}$ ($3 \sim 4 \text{ kgf/cm}^2$) 低压蒸汽的双效机，以便提高这种蒸汽能源的利用效率。目前，在原制作所已经有使用低压蒸汽的 16JS 系列低压蒸汽双效机。

直燃双效冷温水机，把锅炉和溴化锂吸收式制冷机组合成一体，不仅提高了燃料利用效率，而且给操作和管理带来了方便，成了目前日本溴化锂吸收式制冷机产量最大的机种，尤其是燃气双效冷温水机，几乎占了年生产总台数的 70%。

在日本的大型制冷机中，溴化锂吸收式和离心式制冷机是主要的机型，由于电力紧张，离心制冷机大幅度减少，而溴化锂吸收式制冷机，尤其是燃气双效冷温水机则迅速发展（见图 1-2）。

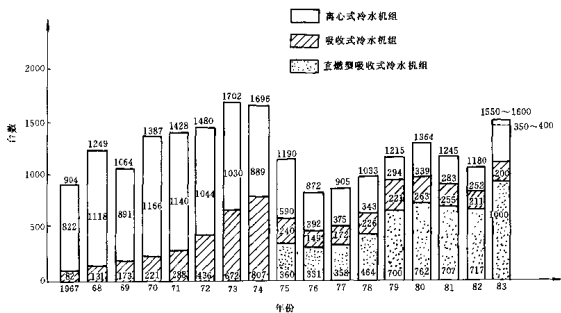


图 1-2 日本溴化锂吸收式制冷机发展情况

溴化锂吸收式制冷机在日本的发展得到了科研机构，高等院校的合作，以及政府机关的资助，如日本政府制定的利用太阳能的“日光计划”和以节能为中心的“月光计划”，都促进了溴化锂吸收式制冷机的发展。当前，日本的溴化锂吸收式制冷机正朝着进一步提高机组性能，增大可靠性等方面发展。诸如提高机组密封性，应用高效传热管，采用全自动抽气装置和传热管自动清洗装置，以及电子计算机控制等等。

1968 年由日本川崎重工首先开发了直燃吸收式冷热水机组之后在日本得到了迅速发展。日本的能源政策，以及电、煤气、油的比价对日本的直燃吸收式冷热水机的发展创造了十分有利的条件。目前冷热水机组的生产量占吸收式制冷机生产总量的 85% 以上。在直燃式冷热水机组中则以燃气直燃式为主。这是由于日本燃气价格低廉，同时政府制定了以

燃气制冷的能源政策,要求从1980年起制冷耗能的1/3要实现燃气化。并在1980年8月召开的内阁综合能源对策会议上,通过了实施促进燃气化的优惠办法,例如节约投资费用(银行借款优惠和减税),降低运转费用(减免税和实行季节降价)。因而燃气直燃式冷热水机组占到60%~70%。经过不断的改进提高,日本直燃式双效冷热水机组的热力系数已由开发初期的0.75提高到1.26,重量由100%降到51%,体积由100%降到47%,如图1-3所示。

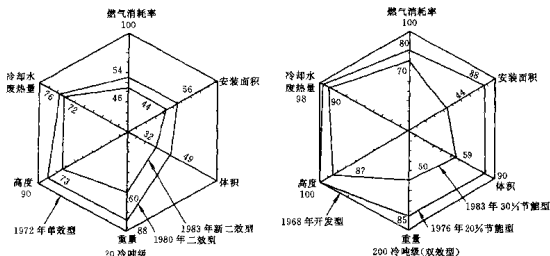


图1-3 燃气直燃式冷热水机组的技术发展

日本直燃吸收式冷热水机组制冷量的范围很广,大到5816kW ($500 \times 10^4 \text{kcal/h}$),小到25.7kW ($2.2 \times 10^4 \text{kcal/h}$)。特别是近年来,由大型向中小型发展,以满足大、中、小建筑物冷热源机的需要。制造厂家主要有三洋电机、日立制作所、荏原制作所、川崎重工以及生产小型机组的矢崎总业、东京燃气、东邦燃气、田熊公司等。

直燃吸收式冷热水机组型式的发展

(一) GASPAC 型的开发

最近的建筑动向之一是缩短工期,简化现场施工。为此要求配置性能齐全,施工简便的空调器。GASPAC型如图1-4所示,集冷热水与冷却塔于一体,尚有冷却水泵,冷(热)水泵控制盘,膨胀箱等装于其中。制冷量(70.2~349)kW ($6 \sim 30 \times 10^4 \text{kcal/h}$),供400~3000m²的中小规模建筑使用,这种机型的特点是:

1. 设计施工大幅度简化;
2. 体积紧凑,维修空间减少;
3. 机组中含热源与冷却水系统,整机可靠性提高;
4. 特别适用于现有建筑中空调设备的更新。

(二) 直燃型吸收式冷热水机组与热回收型热水器组合。

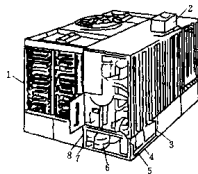


图1-4 GASPAC外形图

- 1—冷却塔; 2—门帘; 3—冷却塔风机强控器; 4—轴机控制盘; 5—燃烧器; 6—封闭式膨胀箱; 7—冷热水自动空气排出阀; 8—控制盘

图1-5为原理图。该机是直燃型吸收式冷热水机和真空式热水器的组合,适用于热水需

要量大的单位。夏季制冷运转利用冷热水机中冷却水的热量预热加热器中的热水，节省了热水器的加热量。

(三) 组合式直燃型吸收冷热水机（模块机）

川崎重工在开发组合式模块机方面以 349、524、698、1043kW (30×10^4 、 45×10^4 、 60×10^4 、 90×10^4) kcal/h，四种单机为模块，并很容易组成多种型号。

田熊公司以 117kW (10×10^4 kcal/h)，单机为模块，组成多种型号。

组合模块机，生产方便，互换程度高，冷量调节简便，可在四季连续运行。

(四) 空冷吸收式冷热水机组

空冷吸收式冷热水机组同水冷式的相比经济性高，这是由于机组中省去了冷却塔、冷却水泵和管路等工程费用；所要求的安装空间小，可适应各层次的要求；方便可靠，这是采用空冷系统的自然结果。目前已有氨-水型吸收式冷热水机组投入使用。溴化锂吸收式也已问世，其他特殊工质的也在发展之中。

三、前苏联

前苏联在发展溴化锂吸收式制冷机方面，首先从热力循环理论和溴化锂溶液的性质着手，开展了大量的样机设计和试验研究，并在此基础上，对 407kW (35×10^4 kcal/h) 和 2908kW (250×10^4 kcal/h) 两台工业样机，进行了大量的测试和各种工业性试验，从而取得丰富的理论和实践依据。在研制和使用溴化锂吸收式制冷机中，提出了下列有效措施：

(一) 利用低势热源时，采用喷淋式发生器，以减少静液柱对沸腾的影响；

(二) 根据空气和其他不凝性气体对溴化锂吸收式制冷机性能的极大危害，提出采用优良的抽气装置；

(三) 蒸发器—吸收器中，制冷剂蒸汽的流动阻力对制冷机的性能影响较大，结构设计时应予充分注意。例如，采用低阻力的挡液装置，降低制冷剂蒸汽的流动速度；

(四) 测定了溶液浓度与制冷剂的关系，提出了防止溶液结晶的方法，以扩大放气范围，提高制冷循环的热效率；

(五) 对热质交换分开的发生，吸收过程进行了研究。提出在吸收过程中，采用这一形式对提高传热、减少制冷剂流动阻力损失和不凝性气体对吸收过程的影响都有重要作用，并在实用的机组上加以应用；

(六) 在防止制冷机的腐蚀方面，配制了专门的缓蚀剂，并建议停机时在机内充入氮气，以保护钢制溴化锂吸收式制冷机不受腐蚀。

前苏联第一台 2908kW (250×10^4 kcal/h) 工业性样机是 1965 年研制的，安装在阿尔尼柯夫合成纤维厂。在上述研究，试验、使用的基础上，制定了溴化锂吸收式制冷机系列，

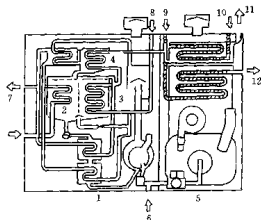


图 1-5 附有供给热水机能的燃气吸收式冷热水机循环图

- 1—吸收式冷热水机；2—蒸发器；3—吸收器；
4—冷凝器；5—热水炉；6—燃气；7—冷热水；
8—冷却水进口；9—中间接口；10—给水口；
11—冷却水出口；12—供给热水

其主要参数见表 1-2。

生产上述系列产品的工厂，是奔萨化工机械厂溴化锂吸收式制冷机车间。自 1976~1980 年五年间，共生产了 150 台，预计到 1990 年将达到 3000 台折算成 2908kW (250×10⁴kcal/h) 的机组。

前苏联溴化锂吸收式制冷机主要应用于纺织、橡胶、核电站、化工、冶金、酿酒等部门。应用的机型除单效机外，还有双效机。根据有关资料报导，前苏联溴化锂吸收式制冷机将朝着提高经济性、可靠性和扩大应用范围的方向发展。主要是利用低势热源，包括利用电站余热、废热和太阳能；采用风冷式吸收器和冷凝器；强化热质交换过程，减少金属消耗量；研制同时供热和供冷的新机型等等。

前苏联溴化锂吸收式制冷机系列参数

表 1-2

参 数 名 称	型 式		
	ABXA-1000	ABXA-2500	ABXA 5000
制冷量 (10 ⁴ kcal/h) / (kW)	100/1100	250/3020	500/5800
蒸发器出口冷却水温度 (°C)	7	7	7
冷却水流量 (m ³ /h)	290	500	850
吸收器进口冷却水温度 (°C)	26	26	26
冷却水流量 (m ³ /h)	甲 联	250	650
	并 联	400	1000
热 源	热水温度 (°C)	120	120
	蒸汽压力 (MPa)	0.17	0.17
热源消耗量 (t/h)	热 水	80	180
	蒸 汽	2.8	7.0
			14
泵及其他设备耗电 (kW)	19.5	56	186.8
机组总重 (t)	35.2	88.3	150
外形尺寸 (长×宽×高) (m)	7.1×2.35×4.85	7.1×3.6×8.2	10.4×3.8×8.35

四、中国

我国溴化锂吸收式制冷机的研制，开始于 60 年代初，是根据特种船舶空调的需要提出来的。在发展过程中与前苏联有雷同之处，就是通过大量的样机试验和基础研究，在取得设计和制造该机型第一性资料的基础上，制定系列组织专业化生产。到目前为止，大致经历了下列三个阶段。

第一阶段：基础研究阶段。由科研设计单位、高等院校和制造厂通力合作，开展样机和有关溴化锂溶液性质的研究，并取得了相应的成果，主要有：

1. 对溴化锂溶液的腐蚀性进行了大量试验研究，弄清了腐蚀机理。指出引起腐蚀的根本原因是氧的作用，从而提出了有效的防腐措施；
2. 对国产溴化锂溶液的物性进行测定，制作了相应的物性图表和热工线图，为设计溴化锂吸收式制冷机提供了必备的资料；
3. 开展溴化锂溶液的传热试验，总结了影响传热的各种因素，推荐了机组中主要换热设备传热系数 K 值的计算方法及选取范围；
4. 设计并试制了两台小容量样机。通过样机的性能和船用条件试验，总结了影响溴化锂吸收式制冷机性能的各种因素，特别是漏入空气的极大危害，寻找了提高机组性能途