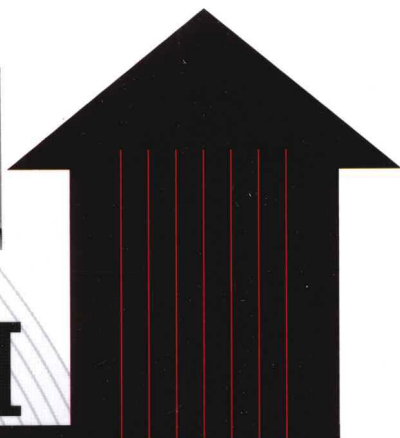
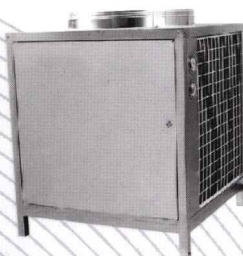


REBENG  
RESHUI  
ZHUANGZHI



# 热泵热水装置

陈东 谢继红 编著



化学工业出版社

本书首先介绍了热水的应用领域和不同的热水制取方法，在此基础上，对蒸气压缩式热泵热水装置、吸收式热泵热水装置的基础进行了系统介绍，给出了空气源热泵热水装置、中高温热泵热水装置、二氧化碳热泵热水装置、第一类和第二类吸收式热泵热水装置的设计方法和设计示例，对热泵热水装置应用于家庭、商业服务、工农业生产中的典型系统形式进行了较全面的分析，并给出了降低热泵热水装置的初投资及运行费用、拓展其应用领域的基本方法。

本书可供热泵、制冷、空调及热水设备设计制造企业或热水使用单位的技术与管理人员参考，也可作为大学本科高年级学生和研究生学习参考资料。



## 热泵热水装置

ISBN 978-7-122-05046-5

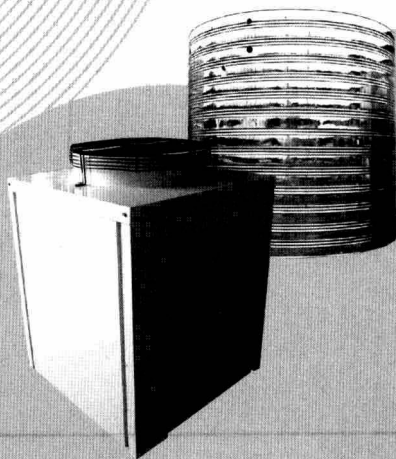


● 销售分类建议：能源

定价：48.00元

# 热泵热水装置

陈东 谢继红 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

热泵热水装置/陈东, 谢继红编著. —北京: 化学工业出版社, 2009.5  
ISBN 978-7-122-05046-5

I. 热… II. ①陈…②谢… III. 热泵-基本知识  
IV. TH38

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 033856 号

---

责任编辑: 周 红  
责任校对: 王素芹

文字编辑: 项 激  
装帧设计: 尹琳琳

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张 15¼ 字数 376 千字 2009 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

热水在家庭、商业服务及工农业生产领域均有广泛的应用，如家庭中衣物洗涤、餐具及果蔬清洗、人的洗浴均需要热水，宾馆、学校、浴室、游泳馆等也需要热水，工农业生产中的水产养殖、果蔬温室种植、食品加工、化学品及生物制品生产等均需要大量的热水用于保持适宜的动植物生长温度、包装容器清洗、活性成分提取等。

热泵热水装置是一种新型的热水制取装置，其利用高效节能的热泵技术，从免费低温热源（如环境空气等）中吸收大量低温热能，经热泵升温后，用来加热热水。与常规热水制取设备相比，热泵热水装置具有如下几个突出的优点。

- 节约能源。电动式热泵热水装置制取热水的电能消耗约为电热锅炉的30%，燃气或燃油式热泵热水装置制取热水的燃料消耗约为燃气或燃油锅炉的50%。

- 安全性好。热泵热水装置中通过热泵工质的凝结过程来放出热量加热热水，一般不会有触电或高温烫伤等危险。

- 易于实现多功能。热泵热水装置在制取热水的同时，还可具有制冷功能，当用户既需要热水，也需要冷量时，易于构建多功能系统。

- 使用寿命长，适应性好。热泵热水装置的使用寿命可达15~20年，对安装地点、环境气候的适应性强。

随着社会发展和人民生活水平提高，对热水的需求也越来越多，对热水制取中的能源节约和环境保护也越来越重视，这为热泵热水装置提供了良好的发展机遇和广阔的应用空间。热泵热水装置的应用与推广，既需要热泵热水装置技术人员不断研制出品种规格齐全、性价比高的装置，也需要其他领域技术和管理人员对热泵热水装置的认知，并探索热泵热水装置在本领域的应用和推广，希望本书能为热泵热水装置的发展起到积极的推动作用。

全书的主要内容分为4章。第1章介绍了热水的主要应用领域和典型的热水制取方法，并对各方法的技术经济指标进行简要对比；第2章介绍了热泵热水装置的基础知识，包括蒸气压缩式热泵热水装置的原理、性能、工质、部件，吸收式热泵热水装置的原理、性能、工质对、部件，热泵热水装置的管路材料等；第3章介绍了典型热泵热水装置的设计方法，包括空气源热泵热水装置、中高温热泵热水装置、二氧化碳热泵热水装置、第一类及第二类吸收式热泵热水装置等的设计步骤及示例；第4章介绍了热泵热水装置的应用与发展，包括家用热泵热水装置、商用热泵热水装置、工农业热泵热水装置等，并对降低热泵热水装置的初投资与运行费用、拓展其应用领域进行了简要分析。全书基本反映了热泵热水装置的概貌，为工程技术人员掌握和应用热泵热水装置提供了丰富的参考资料和数据，本书也可作为大学本科高年级学生和研究生选修课教材。

本书第1章、第3章由天津科技大学陈东教授编写，第2章、第4章由天津科技大学谢继红副教授编写，全书由陈东统稿。编写过程中侯艳辉、胡涛、王丽焕、曲敬儒等也参与了相关的文字整理和录入工作。

由于编者水平和经验有限，不妥之处在所难免，敬请广大读者斧正。

## 第 1 章 热水制取方法

1.1 热水应用领域 .....	1
1.1.1 热水在家庭中的应用 .....	1
1.1.2 热水在商业服务领域的应用 .....	2
1.1.3 热水在工农业生产领域的应用 .....	3
1.2 热水制取方法简介 .....	4
1.3 燃气热水装置 .....	4
1.3.1 燃气热水装置的类型 .....	5
1.3.2 燃气热水装置的性能指标 .....	5
1.3.3 燃气热水装置的安全保护 .....	7
1.3.4 基于进风和排气特点的典型燃气热水装置简介 .....	8
1.3.5 基于结构特点的典型燃气热水装置简介 .....	10
1.4 电加热热水装置 .....	14
1.4.1 电加热热水装置的类型 .....	14
1.4.2 电加热热水装置的性能指标 .....	14
1.4.3 电加热热水装置的安全保护 .....	15
1.4.4 典型电加热热水装置简介 .....	16
1.5 太阳能热水装置 .....	20
1.5.1 太阳能热水装置的类型 .....	20
1.5.2 太阳能热水装置的性能指标和技术要求 .....	22
1.5.3 太阳能热水装置的集热器 .....	23
1.5.4 典型太阳能热水装置 .....	30
1.5.5 太阳能热水装置的选用 .....	34
1.6 热泵热水装置 .....	38
1.6.1 热泵热水装置的原理与特点 .....	38
1.6.2 热泵热水装置的类型 .....	39
1.6.3 典型热泵热水装置简介 .....	40
1.6.4 热泵热水装置的技术参数 .....	43
1.7 不同热水制取方法的比较 .....	44
参考文献 .....	45

## 第 2 章 热泵热水装置基础

2.1 蒸气压缩式热泵热水装置基础 .....	47
-------------------------	----

2.1.1	工作过程及性能指标	47
2.1.2	典型循环及其特性	49
2.1.3	工况参数与工作模式对性能指标的影响	59
2.2	蒸气压缩式热泵热水装置的热泵工质	65
2.2.1	对热泵工质的要求	65
2.2.2	热泵纯工质的基本性质	66
2.2.3	热泵纯工质的热力性质	66
2.2.4	热泵混合工质及其热力性质	78
2.2.5	热泵工质的选用与设计	84
2.3	蒸气压缩式热泵热水装置的主要部件	86
2.3.1	压缩机及其驱动装置	86
2.3.2	冷凝器	94
2.3.3	蒸发器	96
2.3.4	节流膨胀部件	97
2.3.5	热水箱	103
2.4	吸收式热泵热水装置基础	105
2.4.1	吸收式热泵热水装置的分类	105
2.4.2	第一类吸收式热泵热水装置的工作过程	106
2.4.3	第二类吸收式热泵热水装置的工作过程	107
2.4.4	吸收式热泵热水装置的性能指标	108
2.4.5	吸收式热泵热水装置性能系数的变化规律	109
2.4.6	压缩-吸收式热泵热水装置	111
2.5	吸收式热泵热水装置的工质对特性	112
2.5.1	理想工质对的特性	112
2.5.2	水-溴化锂工质对的基本特性	113
2.5.3	水-溴化锂工质对溶液的热物理性质	115
2.5.4	水-溴化锂工质对溶液的腐蚀性	123
2.6	吸收式热泵热水装置的主要部件	123
2.6.1	吸收式热泵热水装置主要部件简介	123
2.6.2	吸收式热泵热水装置主要部件传热面积的确定	124
2.7	热泵热水装置的管路	126
2.7.1	紫铜管	126
2.7.2	无缝钢管	128
2.7.3	不锈钢管	128
2.7.4	无规共聚聚丙烯 (PP-R) 管	129
2.7.5	交联高密度聚乙烯 (PE-X) 管	131
2.7.6	耐热增强聚乙烯 (PE-RT) 管	133
2.7.7	聚丁烯 (PB) 管	134
2.7.8	氯化聚氯乙烯 (CPVC) 管	135
2.7.9	嵌段共聚聚丙烯 (PP-B) 管	136
2.7.10	聚乙烯铝塑复合 (PAP 或 XPAP) 管	136

2.7.11 钢塑复合 (SP) 管 .....	138
2.7.12 管路直径的确定 .....	138
2.7.13 蒸汽压缩式热泵热水装置中热泵工质管路设计 .....	139
参考文献 .....	140

## 第 3 章 典型热泵热水装置的设计方法

3.1 热泵热水装置的设计步骤 .....	142
3.2 空气源热泵热水装置的设计 .....	145
3.2.1 空气作为热泵热水装置低温热源的特点 .....	145
3.2.2 空气源热泵热水装置的初步设计 .....	145
3.2.3 空气源热泵热水装置结霜问题的处理 .....	148
3.2.4 不同季节环境空气温度变化对热泵热水装置性能的影响 .....	154
3.3 中高温热泵热水装置的设计 .....	157
3.3.1 采用两级压缩的中高温热泵热水装置设计 .....	158
3.3.2 采用复叠式结构的中高温热泵热水装置设计 .....	164
3.3.3 采用非共沸混合工质的中高温热泵热水装置设计 .....	167
3.4 二氧化碳热泵热水装置的设计 .....	169
3.4.1 二氧化碳的特性 .....	169
3.4.2 二氧化碳热泵热水装置的结构与循环特性 .....	170
3.4.3 二氧化碳热泵热水装置的部件特性 .....	173
3.4.4 二氧化碳热泵热水装置的简要设计 .....	174
3.4.5 二氧化碳热泵热水装置的典型技术参数 .....	177
3.4.6 二氧化碳与常规工质热泵热水装置的应用分析 .....	177
3.5 第一类吸收式热泵热水装置的设计 .....	178
3.5.1 单效第一类溴化锂吸收式热泵热水装置的结构及循环 .....	179
3.5.2 第一类吸收式热泵热水装置的设计方法 .....	183
3.5.3 单效第一类吸收式热泵热水装置的设计示例 .....	186
3.5.4 两效第一类吸收式热泵热水装置 .....	191
3.6 第二类吸收式热泵热水装置的设计 .....	194
3.6.1 单级第二类溴化锂吸收式热泵热水装置的结构及循环 .....	194
3.6.2 第二类吸收式热泵热水装置的设计方法 .....	196
3.6.3 单级第二类吸收式热泵热水装置的设计示例 .....	199
3.6.4 两级第二类吸收式热泵热水装置 .....	203
参考文献 .....	206

## 第 4 章 热泵热水装置的应用与发展

4.1 家用热泵热水装置 .....	207
4.1.1 室内空气源热泵热水装置 .....	207



4.1.2	水源热泵热水装置 .....	208
4.1.3	太阳能热泵热水装置 .....	209
4.1.4	多温型热泵热水装置 .....	211
4.1.5	快速式热泵热水装置 .....	212
4.1.6	多功能热泵热水装置 .....	214
4.2	商用热泵热水装置 .....	215
4.2.1	浴室热泵热水装置 .....	215
4.2.2	旅馆与疗养院热泵热水装置 .....	219
4.2.3	游泳池热泵热水装置 .....	220
4.3	工农业热泵热水装置 .....	222
4.3.1	应用于食品生产中的热泵热水装置 .....	223
4.3.2	应用于橡胶生产中的热泵热水装置 .....	225
4.3.3	应用于油田的热泵热水装置 .....	226
4.3.4	应用于热敏物料干燥的热泵热水装置 .....	227
4.3.5	应用于海水养殖的热泵热水装置 .....	229
4.3.6	应用于温室加热的热泵热水装置 .....	230
4.3.7	应用于沼气发酵器加热的热泵热水装置 .....	231
4.4	热泵热水装置的发展分析 .....	231
4.4.1	热泵热水装置的初投资分析 .....	231
4.4.2	热泵热水装置的运行费用分析 .....	232
4.4.3	热泵热水装置的应用领域拓展分析 .....	233
	参考文献 .....	234

## 1.1 热水应用领域

本书中热水一般是指常压下温度低于 100℃ 的热水。此处主要介绍热水在家庭、商业服务、工农业生产等领域的应用。

### 1.1.1 热水在家庭中的应用

热水在家庭中主要用于如下几个方面：

#### (1) 人的洗浴

洗手、洗脸水温约 20~40℃，每人每次用水约 2~4L；淋浴热水水温约 40℃，每人每次用水约 30~90L；浴缸热水水温约 40℃，每人每次用水约 70~150L。

#### (2) 餐具、炊具、水果、蔬菜及其他食物的清洗

果蔬及食物洗涤温度一般为 20~40℃，洗碗机用热水温度约 60℃，餐具过清用热水温度约 70~80℃，餐具消毒用热水温度约 100℃，热水用量为每人每天约 50~80L。

#### (3) 衣物洗涤

人造纤维衣物用热水温度 30~35℃，丝绸衣物用热水温度 35~45℃，毛料衣物用热水温度 35~40℃，棉麻织物用热水温度 50~60℃，洗衣机每次用水量约 20~40L。

#### (4) 室内卫生用水

包括地板、家具、玻璃等的擦洗，水温一般为 20~40℃，用水量为每人每天约 10~30L。

此外，热水还可用于加热室内空气、身体保健等。如室内冬季的采暖，也可用 80℃ 左右的热热水通过散热片供热，或用 45℃ 左右的热热水通过地板或暖风机散热供暖；患有失眠症的人睡前用 40℃ 左右的热热水泡脚，可减少夜间觉醒次数，增加慢波睡眠，提高睡眠质量。

我国目前家庭热水、冷水的使用比例约为 1:9，而发达国家热水、冷水的使用比例约为 9:1<sup>[1]</sup>。我国家庭的传统用水习惯是，当自来水是来自地下水时（常年水温约 12~16℃），一般只在洗浴时才用热水；当自来水是来自地表水时，春、夏、秋三季也只有洗浴时用热水，冬季自来水温度受环境空气温度影响而很低（约 5~8℃）时才在厨房、洗衣及做卫生时将自来水加热使用。

研究表明，如果频繁或长时间接触温度较低的自来水，会对人的身体造成不良影响，如

关节炎、皮肤粗糙、妇科疾病、降低人体免疫力等<sup>[1]</sup>；此外，即使是厨房、洗衣、室内卫生等用水，将自来水适当加热后，其对污物的溶解能力增强，清洗效果也可获得显著改善，少用或不用化学品来辅助洗涤。随着我国居民保健意识和生活水平的提高，家庭热水的应用比例会相应提高。

### 1.1.2 热水在商业服务领域的应用

热水在商业服务领域中的主要应用如表 1-1 所示（表中的热水用量均是以热水温度为 60℃ 作为计算温度）<sup>[2]</sup>。

表 1-1 商业服务领域的热水应用

热水使用场所	单位	最高日用水定额/L	使用时间/h
单身职工宿舍、学生宿舍、招待所、普通旅馆、培训中心			
设公共盥洗室	每人每日	25~40	24 或定时供应
设公共盥洗室、淋浴室	每人每日	40~60	
设公共盥洗室、淋浴室、洗衣室	每人每日	50~80	
设单独卫生间、公共洗衣室	每人每日	60~100	
宾馆客房			
旅客	每床每日	120~160	24
员工	每人每日	40~50	24
医院住院部			
设公共盥洗室	每床每日	60~100	24
设公共盥洗室、淋浴室	每床每日	70~130	24
设单独卫生间	每床每日	110~200	24
医务人员	每人每日	70~130	8
门诊所、诊疗所	每病人每日	7~13	8
疗养院、休养所住院部	每床每日	100~160	24
养老院	每床每日	50~70	24
幼儿园、托儿所			
有住宿	每儿童每日	20~40	24
无住宿	每儿童每日	10~15	10
公共浴室			
淋浴	每顾客每次	40~60	12
设有淋浴器、浴盆	每顾客每次	60~80	12
桑拿浴(淋浴、按摩池)	每顾客每次	70~100	12
理发室、美容院	每顾客每次	10~15	12
洗衣房	每千克干衣	15~30	8
餐饮厅			
营业餐厅	每顾客每次	15~20	10~12
快餐店、职工及学生食堂	每顾客每次	7~10	11
酒吧、咖啡厅、茶座、卡拉 OK 房	每顾客每次	3~8	18
办公楼	每人每班	5~10	8
健身中心	每人每次	15~25	12
会议厅	每座位每次	2~3	4
体育场(馆)运动员淋浴	每人每次	25~35	4

此外, 军营、学校、游泳场馆等也需较多不同温度的热水供应, 以室内游泳池和水上游乐池为例, 其不同区域的温度要求如表 1-2 所示<sup>[2]</sup>。

表 1-2 室内游泳池和水上游乐池的池水温度 ℃

游泳池类型	池水设计温度	池水使用温度	游泳池类型	池水设计温度	池水使用温度
竞赛游泳池	25~27	26±1	儿童池、幼儿戏水池	28~30	28±1
训练游泳池、跳水池	26~28	27±1	滑道池	28~29	28
俱乐部、宾馆内游泳池	26~28	27±1	按摩池	<40	40
公共游泳池	26~28	27±1			

### 1.1.3 热水在工农业生产领域的应用

#### (1) 热水在水产养殖中的应用

温水性和热带性鱼、虾等在冬季保持适宜的水温有利于其生长与繁殖, 部分鱼、虾等所需的较佳水温如表 1-3 所示。

表 1-3 部分鱼、虾等的养殖适宜水温 ℃

名称	适宜水温	名称	适宜水温
罗非鱼	25~30(生长)	甲鱼	28~30(产卵)
三角鲂	22~26(繁殖)	罗氏沼虾	24~30(生长)
河鲀	25~28(鱼苗)	南美白对虾	25~32(生长)
黄鳝	25~28(生长)	青虾	18~30(生长)
乌鳢(黑鱼)	16~30(生长)	淡水白鲳	26~28(生长)

#### (2) 热水在果蔬种植中的应用

在果蔬的温室种植中, 冬季需用热水维持适宜的室内温度, 如蔬菜区约为 14℃, 花卉区约为 18℃, 育苗区约为 20℃, 常见温室作物的适宜温度如表 1-4 所示<sup>[3]</sup>。

表 1-4 常见温室作物的适宜温度 ℃

作物名称	发芽期	幼苗期		结实采收期	
		白天	夜间	白天	夜间
黄瓜	25~28	25~28	13~15	25~28	15~19
番茄	28~30	25~28	15~17	25~28	20
茄子	30~35	27~30	≥17	27~30	20
甜椒	30~32	25~28	15~18	25~28	15

此外, 热水还可用于植物组织和菇菌等的培养中, 如马蹄莲小球通过 48℃ 的热水水浴处理, 可有效控制初代培养过程中的污染。

#### (3) 热水在工业生产中的应用

① 食品工业 如可用 10~30℃ 的热水对冻结的肉类、水产类原料进行解冻; 用热水处理蔬菜可延长其货架期 (以青花菜为例, 其处理条件为热水 46℃, 时间 10min<sup>[4]</sup>); 用 20~40℃ 的热水对果蔬原料进行浸泡、清洗等; 用 50~60℃ 左右的热热水对食品容器进行清洗; 用 60℃ 以上的热水进行灭菌处理等。

② 生化工业 以植物中有效成分的提取为例, 从荷叶中提取黄酮时, 采用提取水量 30 倍, 提取温度 80℃, 提取时间 1.5h, 可取得较好效果<sup>[5]</sup>; 用热水抽提法进行香菇多糖的提

取分离时, 较佳的工艺参数为: 热水温度  $95^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH}=7.0$ , 浸提  $3.5\text{h}^{[6]}$ 。

③ 其他工业领域 除食品、生化等工业领域外, 热水在橡胶、制革、缫丝、印染、胶卷冲洗、机械零件清洗等方面也均有广泛的应用。

## 1.2 热水制取方法简介

热水制取方法主要有如下几种:

### (1) 燃煤制取热水

通过煤的燃烧产生热能并传递给热水, 其特点是设备初投资较低, 制取热水的燃煤消耗费用低, 但对环境的污染严重, 对烟气等燃烧产物的洁净化处理要求很高, 在很多地方的应用受限制。

### (2) 燃油制取热水

通过燃料油的燃烧产生热能并传递给热水, 其特点是设备初投资较低, 对环境的污染较低, 但制取热水的燃油消耗费用高, 使其应用也受到一定限制 (可用于油田、用电或燃气不便的场合等)。

### (3) 燃气制取热水

通过可燃气的燃烧产生热能并传递给热水, 其特点是设备初投资较低, 对环境的污染低, 制取热水的燃气消耗费用中等, 但燃气应用中的危险性较大。

### (4) 电加热制取热水

通过适当的元件将电能转化为热能并传递给热水, 其特点是设备初投资较低, 对热水用户处的环境无污染, 但制取热水的电能消耗费用较高。

### (5) 太阳能制取热水

通过太阳能集热器将太阳能转化为热能并传递给热水, 当完全由太阳能制取热水时, 其运行费用低, 对环境无污染, 但设备初投资高, 且实际应用中均需配备辅助加热设备, 其总体性能取决于当地气候和辅助加热设备的性能。

### (6) 热泵制取热水

热泵通过消耗少量高品位能 (电能、燃料化学能、风能、高温热能等), 从环境中吸收热能并提高其温度水平后传递给热水, 其特点是制取热水的能源消耗费用低, 对环境污染低或无污染 (取决于所采用的驱动能源), 但设备初投资较高。

此外, 也可利用城市有机废弃物、林木废料及农作物废料制取热水, 但规模相对较小; 利用生物、化学反应放热及其他工业废热等制取热水, 但热水用户需与排放废热的企业距离较近; 利用地热等地球内部热能制取热水, 但要求用户处有地热等资源且需经管理部门审批。

下面着重对适用性强且发展前景较好的燃气热水装置、电加热热水装置、太阳能热水装置、热泵热水装置进行简要介绍。

## 1.3 燃气热水装置

燃气热水装置具有初投资和热水制取费用较低、结构紧凑、易于实现较大负荷的热水供

应等特点，此处对其类型、性能指标、安全保护及其典型装置等进行简要介绍<sup>[7~14]</sup>。

### 1.3.1 燃气热水装置的类型

#### (1) 按燃气类型分类

主要可分为人工燃气型、液化石油气型、天然气型和沼气型四类。

#### (2) 按燃烧空气供应和燃烧废气排放方式分类

其基本类型如表 1-5 所示。

表 1-5 按燃烧空气供应和燃烧废气排放方式的燃气热水装置分类

类 型	空气供应方式	燃烧废气排放方式	
室内型	直排式	自然供风,燃烧空气取自室内	自然排烟,燃烧废气排至室内
	烟道式	自然供风,燃烧空气取自室内	自然排烟,燃烧废气排至室外
	平衡式	自然供风,燃烧空气取自室外	自然排烟,燃烧废气排至室外
	强排式	强制供风,燃烧空气取自室内	强制排烟,燃烧废气排至室外
	强制给排气式	强制供风,燃烧空气取自室外	强制排烟,燃烧废气排至室外
室外型	安装在室外		

#### (3) 按基本结构分类

主要可分为快速式燃气热水器、贮水式（也称为容积式）燃气热水器、壁挂式燃气热水/供暖两用炉、燃气式热水锅炉等。

#### (4) 按供水压力分类

可分为低压式（供水压力不能大于 0.4MPa）、中压式（供水压力不能大于 1.0MPa）、高压式（供水压力不能大于 1.6MPa）。

#### (5) 按控制方式分类

主要可分为前制式和后制式（也称压差式）。前制式在冷水进口端设阀门，控制水温和水量，热水出口端自由放水，其结构较简单，但使用不方便；后制式在热水出口处设置阀门，由水压差控制气阀的开和关，调节热水阀门开度和燃气流量可调节水温和水量，结构较前制式复杂，但使用较方便，是控制方式的发展方向。

### 1.3.2 燃气热水装置的性能指标

以快速式燃气热水器为例，其主要的性能指标如下。

#### (1) 热负荷

热负荷是衡量热水器加热能力的重要参数，为单位时间内燃气燃烧放出的总热量。在额定燃气压力下的热负荷值称为额定热负荷。

#### (2) 热效率

指被热水吸收的有效热量占燃气燃烧释放出总热量的百分比，该值表示燃烧过程和传热过程的能量利用综合效率。GB 6932—2001《家用燃气快速热水器》规定，按燃气低热值计算的热效率不小于 80%；GB 18111—2000《燃气容积式热水器》规定，在额定热负荷下以燃气低热值计算的热效率不应低于 75%。

#### (3) 热水产率

在额定燃气压力下（通常为人工煤气 980Pa，天然气 1960Pa，液化石油气 2940Pa）及 0.1MPa 的水压下，冷水流过燃气热水器，温升 25℃时，每分钟流出的热水水量，常见的有

5L/min、6L/min、8L/min、10L/min、12L/min、16L/min、20L/min。

#### (4) 热水加热时间

在一定的试验条件下，待进、出水温度相等后重新启动热水器，热水温度达到比进水温度高 36℃ 时所需的时间。我国要求快速式燃气热水器的加热时间不大于 45s，两用型（热水/供暖）热水器的加热时间不大于 90s。

#### (5) 燃烧工况

燃烧器燃烧过程中的工作状况称为燃烧工况，包括火焰稳定性、燃烧状态、烟气中一氧化碳与氮氧化物的含量。GB 6932—2001《家用燃气快速热水器》中增加了燃烧烟气中氮氧化物含量的分级规定。

#### (6) 调节比

是指热负荷的可调范围值与额定负荷之比。在可调范围内燃气热水器应具有良好的燃烧稳定性，即不出现离焰、回火、黄焰或熄火现象。反映装置极限调节性能的两个参数为极限调节比和极限压力调节范围，前者是指额定压力条件下最大负荷与最小负荷之比；后者是指在满足稳定燃烧、完全燃烧条件下的热水器前最大供气压力与最小供气压力之比。

#### (7) 燃气热水器气体动力学特性指标

包括一次空气系数（是确保稳定燃烧、完全燃烧与优化燃烧的特性参数，可直接影响热水器产品性能的优劣）、燃气流量与燃气压力的关系（是确定稳定燃烧范围的重要依据）、燃气压力与空气量的关系（是自然引射强制混气和强制排烟式燃气热水器充分燃烧的主要参数）等。

#### (8) 燃气热水器的燃烧特性参数

包括喷嘴出口处气流的速度场，换热室内的温度场，燃烧室内可燃气的浓度场，工作区火焰的黑度，火焰的长度、扩张角及火焰厚度等。

#### (9) 安全性

燃气热水器必须有防止爆炸、中毒的安全措施（如供气管路及阀门连接件严密不漏气，当采用 0.1MPa 进行试验时，1min 内不应有压力降；带自动点火装置的水器，连续点火 10 次，至少点着 8 次，点火装置连续无故障运行，前制式 1.2 万次，后制式 6000 次；当室内空气氧气降为 17%~19% 时，缺氧保护装置动作；平衡式热水器的气密性要求，对于热负荷小于 41.9MJ/h 的产品漏气量不大于 3m<sup>3</sup> 干空气/h；水气联动阀的水路和气路应严格分开。即使隔水薄膜和封件损坏，也不得使水进入燃气管路；水气联动阀动作可靠，当有水流过该阀时，应能自动开启燃气阀门；当水流停止时，应能自动切断燃气供应，使主燃烧器熄灭；强制排烟式热水器的风机，只能采用感应式电动机；有毒有害气体监测及安全保护部件设置等），以及有强电部件时的电气安全性。

#### (10) 噪声

反映燃气热水器在燃烧过程和关闭时的噪声大小。

#### (11) 结构性能

燃气热水器的结构是否经久耐用、易于加工制作、金属消耗及是否便于使用和维修。

#### (12) 抗风性能

反映燃气热水器在一定风力干扰下维持正常工作的能力。

#### (13) 表面温度

指燃气热水器用户可触及部位和电路接触点的表面温度。如在热水器工作时，各部件的

表面温度不应比室温高出如下数值：操作时手必须触及部位 30℃，有时能触及部位 65℃，触及危险的部位 105℃。

#### (14) 水路系统耐压性能

前制式低压热水器进水阀前在 0.5MPa 压力下，2min 不漏水；出水口前在 0.35MPa 压力下，5min 不漏水；后制式低压热水器从进水阀到热水阀前，在 0.5MPa 压力下，2min 不应漏水。

#### (15) 使用寿命

指在满足性能参数要求的前提下装置的使用年限。

### 1.3.3 燃气热水装置的安全保护

燃气热水装置安全保护系统包括熄火保护装置、缺氧保护装置、过热保护装置、燃气泄漏报警保护装置和定时自动熄火保护装置等。它们的作用是在燃烧不稳定、熄火、缺氧、机内过热、漏气和使用时间过长时，能自动关闭气源，保证燃气装置使用安全。

#### (1) 熄火保护装置

是燃气热水装置的一种基本保护装置，能防止气源打开后火焰未被点燃和突然意外熄火的情况下，自动关闭燃气阀门。主要有热电偶与电磁阀组成的热电式和光电探测器与电磁阀组成的光电式两种保护装置。

热电式（热电偶与电磁阀组成）熄火保护装置的工作原理为：当燃气热水装置工作时，火焰在对换热器加热同时，对火排火孔附近的热电偶头部受热端加热，产生热电势，通过电路传给电磁阀线圈，产生磁力，保持电磁阀开启状态（此时电磁阀已被打开）。当出现意外熄火时，热电偶头部受热端逐渐冷却，热电势消失，电磁阀中磁力消失，在弹簧作用下复位。用这种热电偶装置冷却需要 5~25s 时间，开启或关闭电磁阀速度较慢，但稳定性好，故熄火后在切断阀门前会泄漏少量燃气。

光电式（光电探测器电路与电磁阀组成）熄火保护装置的工作原理为：和热电偶与电磁阀组成的熄火保护装置工作原理基本相同。光电探测器的火焰检测探针接收到火焰燃烧或火焰熄灭的信号后即传给电路控制开关，电路控制开关按照指令接通或切断电磁阀的工作电流，开启或关闭电磁阀速度很快，但稳定性稍差。

#### (2) 缺氧保护装置

当空气中氧气低于 17%~19%（质量分数）时，缺氧保护装置自动切断燃气供应，使燃气热水装置停止工作，防止室内氧气继续减少，发生事故。缺氧保护装置一般采用热电偶为检测组件，电磁阀为动作执行组件，常用的有单热电偶-电磁阀和双热电偶-电磁阀两种缺氧保护装置，其基本原理是利用火焰因燃气成分和空气中氧含量变化而引起的变化来使缺氧保护装置工作。当火焰燃烧正常时，火焰可接触热电偶头部对其加热，使热电偶产生热电势，给电磁阀供电，电磁阀保持开启状态，保持燃气流通和火焰稳定燃烧；当空气中缺氧时，火焰根部离开火孔，出现不规则跳动，火焰拉长，火焰温度下降，因热电偶位置固定，热电偶接触不到火焰，吸收热量减少，热电势输出减少，不能保持电磁阀的开启状态，电磁阀关闭，切断燃气供应。

#### (3) 过热保护装置

当燃气热水装置出现突发性故障或长时间使用，换热器内温度超过 150℃ 时，则燃气热



水装置的燃气通道会自动关闭,以防止热水装置继续升温,出现气化爆炸或烧坏换热器等部件,发生漏水、漏气等故障。常用的有双金属片和电磁阀结构的过热保护装置。双金属片是由两种热膨胀系数不同的金属片压制而成,它是一种热敏组件。当温度低于设定值时,双金属片接通电磁阀电路,电磁阀开启,气源保持开启状态,火焰处于正常燃烧状态。当温度高于设定值时双金属片向膨胀系数小的金属一面弯曲,通向电磁阀的电路断开,电磁阀关闭,自动关闭气源,火焰熄灭,达到安全保护目的。

#### (4) 燃气泄漏报警保护装置

装在燃气热水装置内部,也有的装在安装燃气热水装置等燃气具的室内。当热水装置等燃气具或供气管路设备发生泄漏时,气敏传感器检测出一定的燃气浓度就发出声光报警信号,让用户迅速采取措施,排除故障;有的报警装置还在热水装置的进气管或室内供气管路上连接了电磁阀,检测到漏气信号后,自动关闭电磁阀,切断气源。

#### (5) 定时自动熄火保护装置

燃气热水装置连续使用时间过长,引起机内过热,容易造成机件损坏,会使室内空气中有害气体增加,氧气减少。设置定时自动熄火保护装置可定时切断气源,关闭热水装置。

#### (6) CO 中毒防止措施

包括不完全燃烧保护(如缺氧与烟道堵塞),烟气中 CO 最大体积分数限定,排气扇联动,供风及燃烧、排烟系统的密闭,风压过大保护等。

#### (7) 电气安全措施

包括漏电保护,使用安全电压,壳体接地,良好绝缘等。

#### (8) 控制电路失效保护

包括防高频干扰,高、低电压保护,停电保护,控制电路环境温度限度等。

#### (9) 其他安全保护措施

防干烧措施(水-气联动与干烧保护),风机故障保护,防冻保护,防止水压过高的泄压保护,防止电负荷过大的熔断保护措施,防止燃烧废气腐蚀措施(排烟温度大于 $110^{\circ}\text{C}$ ,冷凝换热段用防腐材料等),采用表面温度限制的防烫伤措施,防止点火爆燃的缓点火和设定点火工况等措施。

### 1.3.4 基于进风和排气特点的典型燃气热水装置简介

#### (1) 直排式燃气热水器

直排式热水器是 20 世纪 80 年代生产的较简易的热水器,加热负荷一般小于 $10\text{kW}$ ( $<5\text{L}/\text{min}$ ),无排烟系统,热水器使用时燃烧用空气取自室内,燃烧产生的废气也排在室内,故需安装在通风良好的场所,且必须安装缺氧保护装置。当通风不良时,易造成缺氧窒息、CO 中毒死亡等恶性事故。我国 1999 年 5 月起已停止直排式燃气热水器的生产,2000 年 5 月 1 日起,停止直排式燃气热水器的销售。

#### (2) 烟道式燃气热水器

烟道式燃气热水器燃烧时所需空气取自室内,燃烧后产生的废气通过烟道排放到室外大气中。由于可消除废气对室内的污染,能制成热水产率大于 $5\text{L}/\text{min}$ 的热水器。但因燃烧所需的空气量较大(以 $10\text{L}/\text{min}$ 产品为例,燃烧 $1\text{h}$ 所需的新鲜空气为 $25\sim 30\text{m}^3$ ,排出的废气为 $30\sim 37\text{m}^3$ ),这类热水器使用时也需保持室内通风良好,且烟道系统需设有防倒风装置