

蒸汽和冷凝水系统手册

The Steam and Condensate System Handbook



spirax
/sarco

图书在版编目(CIP)数据

蒸汽和冷凝水系统手册/斯派莎克工程(中国)有限公司编.

-上海:上海科学技术文献出版社,2007.1

I.蒸... II.斯... III.①锅炉-蒸汽机②锅炉-冷凝器 IV.TK22

ISBN#978-7-5439-3056-8

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第155140号

蒸汽和冷凝水系统手册
斯派莎克工程(中国)有限公司编
上海科学技术文献出版社出版发行
(上海市武康路2号 邮政编码 200031)

全国新华书店经销
上海美雅延中印刷有限公司印制

开本: 889X1194 1/16 印张: 66 字数: 2280千字

2007年1月第1版 2007年1月第1次印刷

印数: 1-3000

ISBN#978-7-5439-3056-8

定价: 800.00元

前言

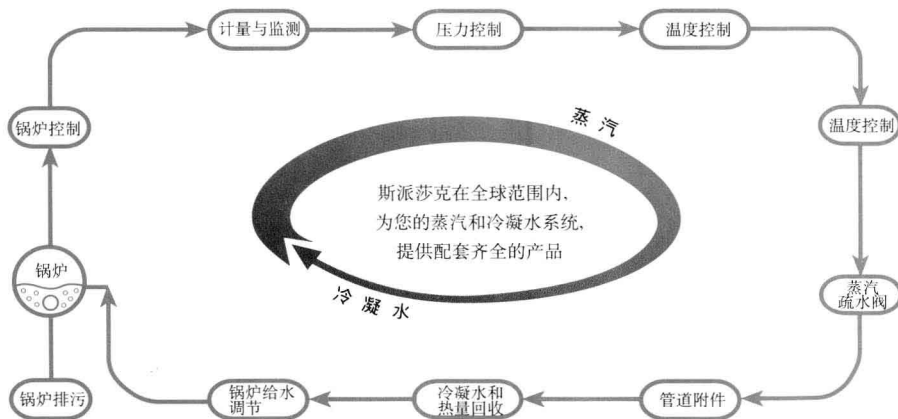
能源是人类文明的重要物质基础，在经济发展中具有战略意义。能源是战略物资，是我国全面建设小康社会的物质保障和先决条件，解决我国的能源约束问题，一方面要开源，另一方面必须坚持节约优先，走一条跨越式节能的道路。蒸汽作为传递能量的主要媒介在现代工业中广泛使用，2005年我国工业蒸汽锅炉的能源消耗约为4.4亿吨标准煤，约占整个国家能源消耗总量的20%左右。由于种种原因，目前我国工业蒸汽系统的能源效率一般在30%~40%之间，远低于西方发达国家的工业蒸汽系统的能源效率。在能源价格日益上涨以及国家能源供给日益紧张的今天，工业蒸汽系统的节能工作显得特别重要且节能潜力巨大。

虽然工业蒸汽系统对于国计民生具有重要意义，但，至今国内外关于工业蒸汽系统的手册并不多见。至于全面涉及工业蒸汽系统的设计、运行等方面的手册更是少之又少。

这本手册详细介绍了蒸汽和冷凝水系统的基本原理，提供了覆盖蒸汽和冷凝水系统所有方面的详尽的最佳工程实践指导，包括：蒸汽基础、蒸汽的品质、锅炉房内的最佳实践、蒸汽的计量和管理、蒸汽分配系统、蒸汽系统的控制、蒸汽系统的疏水、冷凝水的排除和回收等等。事实上，所有蒸汽和冷凝水系统的主要应用和产品在本手册中都有详细的讨论，并提供了一系列计算示例，供读者参考。本手册取材面广，内容充实，力求反映国内外关于工业蒸汽和冷凝水系统的最新技术。本手册可作为从事蒸汽工程设计、制造、使用、运行监测等工作的工程技术人员的参考指南，也可作为新工程师的培训手册，同时也是各高等院校热动力类专业师生的参考手册。

本手册共有15章、117个模块组成。阅读每个模块大约需要30分钟左右的时间。本书由斯派莎克工程(中国)有限公司的技术工程师们集体编译完成。

关于蒸汽和冷凝水系统的更多信息，请登录斯派莎克网站www.spiraxsarco.com。



编者
2007年1月

目录 | Content

第 1 章 介绍

- 1.1 蒸汽 - 能量流
- 1.2 蒸汽和组织
- 1.3 蒸汽和冷凝水循环

第 2 章 蒸汽工程和传热

- 2.1 工程单位
- 2.2 什么是蒸汽?
- 2.3 过热蒸汽
- 2.4 蒸汽品质
- 2.5 传热
- 2.6 估计蒸汽耗量的方法
- 2.7 蒸汽用量的测量
- 2.8 额定热功率
- 2.9 罐体的能量损耗
- 2.10 盘管和夹套加热
- 2.11 蒸汽喷射加热的槽或罐
- 2.12 管道和空气加热器的蒸汽耗量计算
- 2.13 换热器的蒸汽耗量
- 2.14 工厂设备的蒸汽耗量
- 2.15 熵 - 基本理解
- 2.16 熵 - 及其实际应用

第 3 章 锅炉房

- 3.1 绪论
- 3.2 锅壳式锅炉
- 3.3 水管锅炉
- 3.4 各种锅炉型式、省煤器和过热器
- 3.5 锅炉额定蒸发量
- 3.6 锅炉效率和燃烧
- 3.7 锅炉附件和装备
- 3.8 蒸汽联箱和输出

- 3.9 水处理，储存和蒸汽锅炉排污
- 3.10 锅炉用水
- 3.11 给水箱和给水调节
- 3.12 控制炉水中的TDS
- 3.13 从锅炉排污中回收热量（仅用于TDS控制）
- 3.14 底部排污
- 3.15 蒸汽锅炉的水位
- 3.16 蒸汽锅炉水位探测方法
- 3.17 自动水位控制系统
- 3.18 水位报警
- 3.19 水位控制装置的安装
- 3.20 锅炉房里的测试要求
- 3.21 压力除氧器
- 3.22 蒸汽蓄热器

第 4 章 流量计量

- 4.1 流体及流动型式
- 4.2 流量计量的基本原理
- 4.3 蒸汽流量计的类型
- 4.4 测量仪表
- 4.5 安装

第 5 章 基础控制理论

- 5.1 控制简介
- 5.2 自动控制基本原理
- 5.3 控制回路和动态特性
- 5.4 控制系统的选择和选型
- 5.5 控制系统的安装和调试
- 5.6 控制系统中的计算机

第 6 章 控制硬件：电动/气动自动驱动装置

- 6.1 控制阀
- 6.2 控制阀的流通能力
- 6.3 水系统控制阀的选型
- 6.4 蒸汽系统的控制阀选型
- 6.5 控制阀的性能
- 6.6 控制阀的执行器和定位器
- 6.7 控制器和感应器

第7章 控制系统硬件：自作用控制

- 7.1 自作用温度控制
- 7.2 典型的自作用温度控制系统
- 7.3 自作用压力控制系统及其应用

第8章 控制应用

- 8.1 压力控制应用
- 8.2 蒸汽应用中的温度控制
- 8.3 液位控制应用
- 8.4 控制系统的安装

第9章 安全阀

- 9.1 安全阀的简介
- 9.2 安全阀的类型
- 9.3 安全阀的选择
- 9.4 安全阀的选型
- 9.5 安全阀的安装
- 9.6 其它的设备保护方法，设施和术语

第10章 蒸汽分配

- 10.1 蒸汽分配系统介绍
- 10.2 管道和管道选型
- 10.3 蒸汽主管和疏水
- 10.4 管道的膨胀和支撑
- 10.5 排空气、散热损失和管道标准总结

第11章 蒸汽疏水

- 11.1 导言 - 蒸汽系统为什么要进行疏水
- 11.2 热静力式疏水阀
- 11.3 机械式疏水阀
- 11.4 热动力疏水阀
- 11.5 选型疏水阀的考虑因素
- 11.6 疏水阀的选型 - 烹饪设备、油脂输送/储存和医用设备
- 11.7 疏水阀的选型 - 工业干燥器
- 11.8 疏水阀的选型 - 洗衣房和热压机
- 11.9 疏水阀的选型 - 制程设备
- 11.10 疏水阀的选型 - 空间加热设备
- 11.11 疏水阀的选型 - 蒸汽主管、储槽、罐体和减压阀

- 11.12 空气排除理论
- 11.13 排空气的应用
- 11.14 疏水阀的测试和维护
- 11.15 疏水阀的热量损失

第12章 管道附件

- 12.1 截止阀 - 直线运动型
- 12.2 截止阀 - 旋转型
- 12.3 止回阀
- 12.4 过滤器
- 12.5 汽水分离器
- 12.6 量表、观视镜及破真空器

第13章 冷凝水的排除

- 13.1 换热器和失流
- 13.2 热负荷，换热器和蒸汽负荷之间的关系
- 13.3 换热器选型过大
- 13.4 疏水阀选型举例
- 13.5 失流图 - 适用于二次侧流体流量恒定，入口温度变化，出口温度恒定
- 13.6 失流图 - 二次侧流体入口和出口温度恒定，流量改变
- 13.7 失流图 - 二次侧流体流量和入口温度恒定，出口温度发生变化
- 13.8 防止失流的实用方法

第14章 冷凝水回收

- 14.1 冷凝水回收简介
- 14.2 冷凝水回收管道的布置
- 14.3 冷凝水回收管道口径的确定
- 14.4 从开式集水箱泵送冷凝水
- 14.5 冷凝水的提升和污染
- 14.6 闪蒸蒸汽

第15章 减温

- 15.1 基本的减温原理
- 15.2 基本的减温器类型
- 15.3 其它型式的减温器
- 15.4 典型的减温器安装

第1章

介绍

- 1.1 蒸汽 – 能量流
- 1.2 蒸汽和组织
- 1.3 蒸汽和冷凝水循环

章节 1.1

蒸汽 - 能量流

蒸汽 - 能量流

在对蒸汽设备和相应的技术原理进行诠释前，有必要介绍一下蒸汽的众多应用和其带来的好处。

蒸汽已经伴随着机车和工业革命走过几个世纪，迄今为止，蒸汽已成为现代技术不可或缺的一部分。如果没有蒸汽，我们现在的食品、纺织、化工、医药、电力、供热等工业就不可能存在，或者说不会像现在这样发展的这么好。

蒸汽的使用为能量的输送提供了一种可控制的方法，将能量从集中的、自动化的、高效的锅炉房输送到使用现场。蒸汽从锅炉中产生到用户使用点的输送过程其实就是一种能量传递和供应的过程。

由于各种原因，蒸汽是应用最广泛的热量载体之一，它广泛应用于工业系统，例如，发电、空间加热和制程应用中。

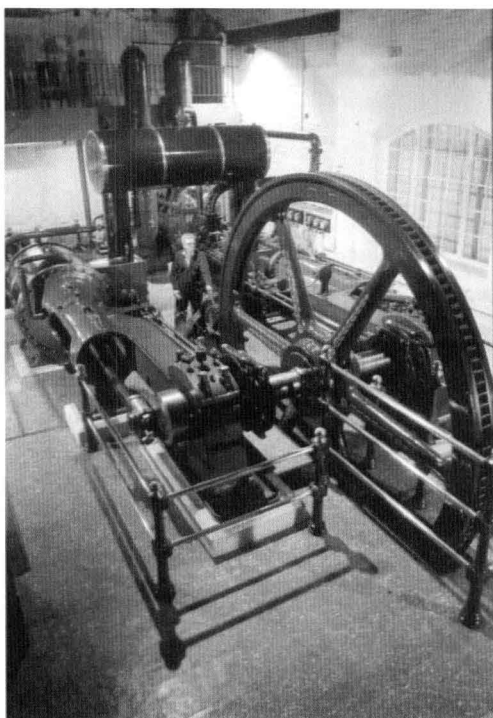


图1.1.1 18世纪的蒸汽轮机
位于伦敦克佑桥(Kew bridge)
蒸汽博物馆的实物照片

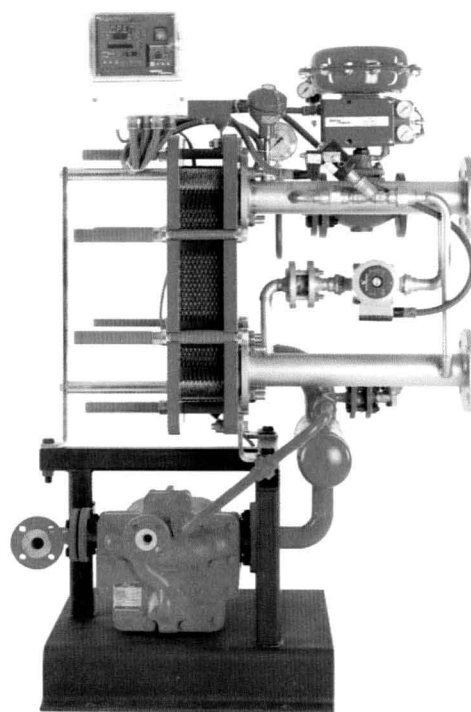


图1.1.2 现代的提供热水的
蒸汽热交换机组

蒸汽的产生高效而经济

地球上水资源相对丰富、价格便宜，并且对健康无害，对环境没有污染。当水汽化变成蒸汽后，它又成为安全、高效的能量载体，蒸汽携带的热量相当于同等质量水所能携带热量的5~6倍。

当水在锅炉中被加热，它开始吸收热量，根据锅炉内压力的不同，水会在特定的温度下汽化成蒸汽。这时蒸汽内储存着大量能量，这些能量可以在制程中或空间加热时再释放出来。

可以在高压下产生高温的蒸汽，压力越高，蒸汽温度也越高。高温蒸汽内储存的能量更多，它们做功的潜力也更大。

- 现代的锅壳式锅炉设计紧凑，效率高，使用多回程和高效的燃烧技术，可以将燃料中蕴藏的大部分能量传递到水中，只有很少部分排放掉。
- 锅炉燃料可以根据不同的要求来选择，包括可燃废料，这可以使供热的蒸汽锅炉更加符合环境的要求。集中供热的锅炉可以利用低价格的可中断燃气，因为任何合适的备用燃料都可以被储存起来以备燃气中断时使用。
- 高效的热回收系统实际上可以消除排污损耗，将有价值的冷凝水回收回到锅炉房可以增加蒸汽和冷凝水系统的总效率。

越来越普遍的热电联产系统证明了蒸汽系统对当今环境和节能工业的重要作用。

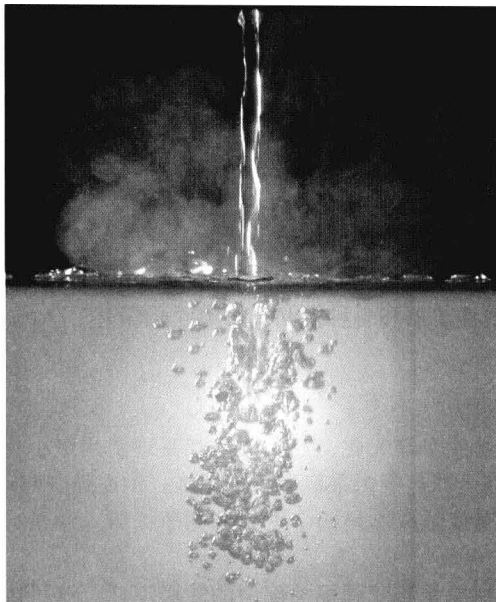


图1.1.3

蒸汽可以方便地、高效地输送到用汽点

蒸汽是应用最广泛的、可长距离传递的热量载体之一。由于蒸汽的流动是依靠管道内的压力降，因此省去了昂贵的循环泵系统。

由于蒸汽的热容量很高，所以在高压下仅需要很小口径的管道就可以输送大量的热量。如有必要，可以在用汽点再进行减压利用。与其它传热介质相比，蒸汽管道安装简单、价格更便宜。

总的来说，由于蒸汽产生、分配和冷凝水回收系统投资少，运行费用低，所以很多用户选择安装新的蒸汽系统而不是选用其它能量载体，如燃气、热水、电力和热油系统等。

蒸汽容易控制

由于饱和蒸汽的压力和温度有着直接的关系，通过控制饱和蒸汽的压力，就可以很容易地控制加入到过程中的能量。现代蒸汽控制能够非常快地对制程的变化作出反应。

图1.1.4中是一个典型的两通控制阀和气动执行器，这是专门为蒸汽系统而设计的。由于使用了定位器，阀门的控制精度大大提高。

使用两通阀，而不是像液体系统中经常使用三通阀，可以使安装和控制更加简单，这些都降低了设备使用成本。

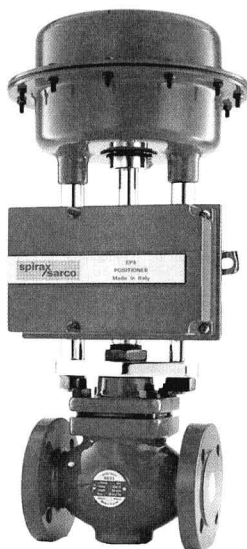


图1.1.4 典型的带定位器的的气动二通控制阀

能量传递方便

蒸汽提供了优良的热传递性能。当蒸汽到达设备后通过冷凝过程将热量传递给被加热产品，热传递过程效率非常高。

蒸汽可以间接，也可以直接喷射来加热产品，它可以充满整个空间，在恒定的温度下冷凝放热，这就消除了热传递过程中沿换热流程的温度梯度。在高温导热油和热水换热器中这种温度梯度司空见惯，温度梯度的存在会导致诸如被干燥的材料变形之类的质量问题。

由于蒸汽热传递性能如此之高，热交换中需要的换热面也就相应较小，这样就使供热设备更为紧凑，安装方便，占地也少。图1.1.2显示的是一个典型的蒸汽加热水从而提供热水的机组，它最大换热功率可以达到3000kW，采用了蒸汽板式换热器和各种控制，占地面积仅有0.7m²，与之相比，管壳式热交换器占地面积是它的2~3倍。

现代蒸汽设备管理容易

工业能源用户一直在追求能量效率最大化、产品成本和管理费用最小化。京都议定书是推动能量效率提高的外部推动力，而且已经在全球范围内采取了各种措施，例在英国对环境排放进行征税。同样的，在现代的充满竞争的市场里，拥有最低成本是一个很大的竞争优势。通常，产品成本决定了你在市场上生存还是灭亡。

提高能量利用效率的方法包括监督和管理相关部门的能量消耗。这可以使管理者了解能源消耗，便于把精力集中到相关管理上以达到预定的目标。各种管理费用可以通过合理的计划、系统的维护等手段降低，使制程效率最大，提高质量并缩短停机时间。

大多数蒸汽控制可以借助于现代的网络工具，可以实现集中控制，例如使用数据采集与控制系统或建筑能源管理系统。如果用户愿意，蒸汽系统的部件也可以独立工作。

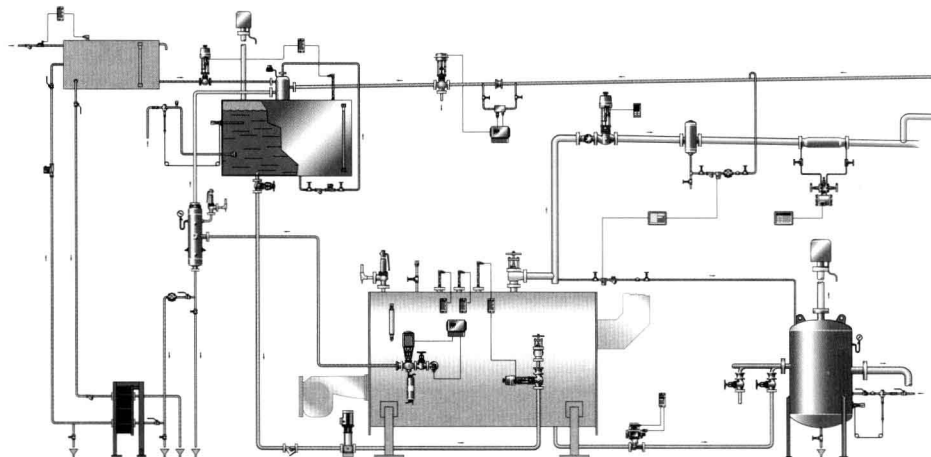


图1.1.5 现代蒸汽锅炉房

通过适当的维护，蒸汽系统可以使用很多年系统的各环节可以实现自动监测。与其它的系统相比，可以通过疏水阀监测系统来对蒸汽疏水阀进行有计划的管理，如果某个地方有泄漏或者积水，系统会立刻报警引起工程师的注意。

与此相比，气体泄漏监测装置耗资巨大，而水系统和油系统的监测需要耗费大量时间和人工。

而且，当蒸汽系统需要维护的时候，相关系统可以很方便地进行隔离并很快排除冷凝水，这就意味着蒸汽系统可以快速进行维护。

在很多情况下，将一个使用了很多年的蒸汽设备更新为最成熟的控制和监测系统所需的成本比选择用其它工业流体如分散的气体系统来代替要低的多，这将在1.2章内详细介绍。

现今的技术已与当初工业革命刚开始时有了天壤之别，尤其是蒸汽轮机的材料技术。确实，蒸汽是现代的工业中最好的选择。对任何知名的消费品牌来说，十个里面有九个，蒸汽都在其生产过程中扮演着很重要的角色。



图1.1.6
部分使用蒸汽生产的产品

蒸汽应用灵活

蒸汽不仅是优良的热量载体，还可以用来杀菌，所以广泛应用在食品、医药、人体健康等工业以及医院的消毒装置上。

蒸汽可以应用在大到石化，小到洗衣店。更多的应用包括：造纸、纺织、酿造、食品、橡胶和建筑中的加热和加湿等等。

在很多用户那里，可以同时在空中加热和生产制程中使用蒸汽。例如在酿造行业中，不同的生产工艺中都需要用到蒸汽，有直接喷射和盘管加热等不同的应用方式，如图1.1.8所示。

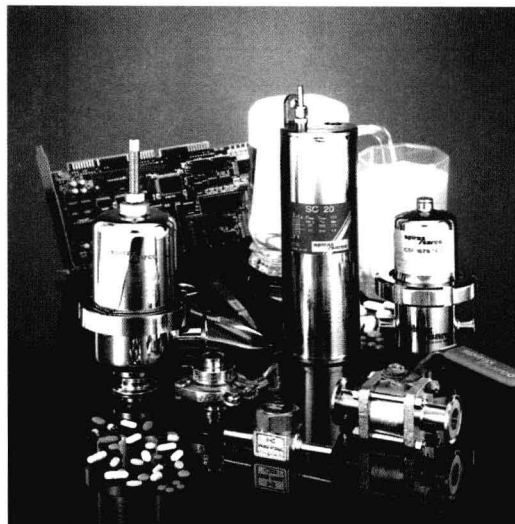


图1.1.7 用于制药工艺设备的洁净蒸汽管道产品

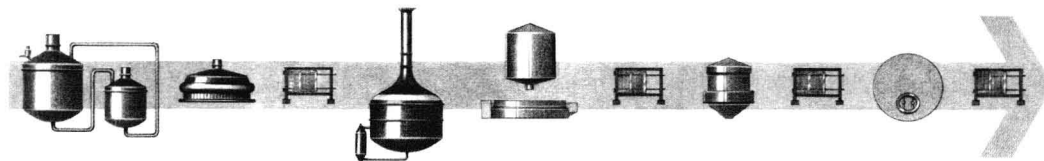


图1.1.8 这些酿造工艺都使用蒸汽

蒸汽同时是一种非常安全的流体，它不会产生火花，也就不会导致火灾。很多石化工厂采用蒸汽灭火系统，它可以应用在危险区域和爆炸环境中。

其它能量分配系统

与蒸汽类似的其它热载体包括水和高温热油之类的工业流体，每种介质都有其优点和缺点，都有其最佳的应用场合和温度范围。

与蒸汽相比较，水的热容量少，常常需要用泵来使大量水在系统中循环以满足制程或空间加热需求。然而，水在空间加热和低温加工制程（120℃以下）中应用广泛。

热媒，例如矿物油，可以应用在那些高温（400℃以下）的情况下，而蒸汽在此时却无法使用。比如有些化学品需要在高温下成批处理。但是热媒很昂贵，而且需要几年就更换，这就决定了它们不适合用于大的系统。同时，它们的管道连接需要使用高质量的接头并小心防范，以防止泄漏。

不同流体的比较见表1.1.1，最终选择何种流体取决于技术、可行性和经济因素等，这些每个用户都有所不同。

一般来说，用于商业加热和通风以及工业系统中，蒸汽是最可行和最经济的选择。

表1.1.1 不同热媒与蒸汽的比较

蒸汽	热水	高温热油
热容量高 潜热值近似 2100 kJ/kg	热容量中等 比热容 4.19 kJ/(kg·°C)	热容量低 比热容 1.69–2.93 kJ/(kg·°C)
便宜 需要水处理费用	便宜 偶尔水处理	贵
传热系数高	传热系数中等	传热系数相对较低
高温需要高压	高温需要高压	高温低压
不需要循环泵 管道小	需要循环泵 管道大	需要循环泵 管道更大
控制方便 两通阀	控制复杂 需要三通阀或差压阀	控制复杂 需要三通阀或差压阀
温度降低容易 通过减压阀实现	温度降低困难	温度降低困难
需要蒸汽疏水阀	不需要疏水阀	不需要疏水阀
冷凝水处理	无冷凝水处理	无冷凝水处理
有闪蒸蒸汽	无闪蒸蒸汽	无闪蒸蒸汽
需要锅炉排污	不需要锅炉排污	不需要锅炉排污
需要水处理以防腐蚀	腐蚀少	腐蚀忽略
管道布置要求合理	高流动性流体 通常焊接或法兰连接	很高流动性流体 通常焊接或法兰连接
无火灾风险	无火灾风险	有火灾风险
系统非常灵活	系统不够灵活	系统不灵活

蒸汽的好处 - 总结

表1.1.2 蒸汽的好处

固有的好处	系统的好处
水资源丰富 水便宜 蒸汽是清洁和纯净的 蒸汽本质是安全的 蒸汽热容量高 由于蒸汽压力和温度之间相互关联,蒸汽容易控制 蒸汽在特定的温度下放热	管道口径小、结构紧凑、质量轻 无需泵、无需平衡阀 两通阀-便宜 维护费用少 投资少 SCADA兼容产品 可实现自动化 噪声低 占地少 设备寿命长 锅炉燃煤种类灵活、便宜 系统灵活,容易扩充
环境因素	应用
锅炉的燃料燃烧充分 冷凝水管理和热回收 蒸汽可以计量和管理 与CHP相连/废热利用 蒸汽具有环境和经济性意义	蒸汽应用广泛: 冷却器、泵、通风、加湿 消毒 空间加热 工业领域