

热水供热动力系统 循环水泵选配技术

段 恺 王魁吉 主编

北京中建建筑科学研究院有限公司

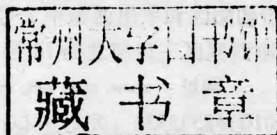


 中国质检出版社
中国标准出版社

热水供热动力系统 循环水泵选配技术

段 恺 王魁吉 主编

北京中建建筑科学研究院有限公司



中国质检出版社

中国标准出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

热水供热动力系统循环水泵选配技术/段恺, 王魁吉主编. —北京:
中国质检出版社, 2016. 6

ISBN 978 - 7 - 5026 - 4283 - 9

I. ①热… II. ①段…②王… III. ①热水供应系统—水泵—研究
IV. ①TU995. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 099038 号

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100029)

北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: www.spc.net.cn

总编室: (010)68533533 发行中心: (010)51780238

读者服务部: (010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880 × 1230 1/32 印张 3.5 字数 75 千字

2016 年 6 月第一版 2016 年 6 月第一次印刷

*

定价 29.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68510107

编 委 会

主 编：段 恺 王魁吉

主 任：赵文海

副主任：刘 强

委 员：王魁吉 张金花 任 静 秦 波

赵宗显 李华涛 李江宏 王志勇

张晓转 王永艳 李 坚 于 冬

主编单位：

北京中建建筑科学研究院有限公司

参编单位：

山西三水冷热能源投资有限公司

中国建筑一局（集团）有限公司

北京市建设工程质量第六检测所有限公司

图书在版编目 (CIP) 数据

基本微处理器系统接口及驱动技术 / 董旭, 王智吉主编. — 北京: 中国铁道出版社, 2009.9

中国铁道出版社

ISBN 978-7-113-10229-3

编 撰 人 员

- | | | | | |
|------|-----|-----|-----|-----|
| 前 言 | 任 静 | 李 坚 | | |
| 第1章 | 任 静 | 张晓转 | 王志勇 | 主 主 |
| 第2章 | 王魁吉 | 李华涛 | 秦 波 | 主主 |
| 第3章 | 王魁吉 | 秦 波 | 任 静 | 主 主 |
| 第4章 | 张金花 | 王永艳 | 张晓转 | 于 冬 |
| 第5章 | 王魁吉 | 秦 波 | 李江宏 | |
| 第6章 | 王魁吉 | 秦 波 | 李华涛 | |
| 第7章 | 张金花 | 李江宏 | 张晓转 | |
| 第8章 | 秦 波 | 任 静 | 张金花 | |
| 结 语 | 赵宗显 | | | |
| 审 稿 | 王魁吉 | 段 恺 | 赵宗显 | 韩文秀 |
| 图表编辑 | 朱剑飞 | | | |

前 言

我国建筑节能工作起始于20世纪80年代末，国家建设行政主管部门一直把建筑围护结构和建筑设备节能作为两大重要工作加以推进，尤其是围护结构节能，使得居住建筑的理论节能率从起始阶段的30%提高至目前的75%。居住建筑和公共场所室内热环境明显改善，建筑节能工作取得了巨大成就。在取得成绩的同时从供热角度看，还有许多不尽如人意的地方，如购买了节能建筑的一些用户并没有享受到相应的采暖费用支出方面的益处，而供热企业实际的供热量也没有大幅度减少，即供热成本并未明显下降，这种质疑在二、三线城市尤为突出。如果回到原点，即从建筑节能率的起始要求指标看，则要求我们把建筑围护结构和建筑设备同样重视，同时抓好。现在的问题是，人们把建筑节能的重点放在了建筑围护结构节能上，即针对建筑围护结构采取了力度较大的节能措施，而在建筑设备（主要指供热、供冷系统）方面所采取的措施力度不够，或是着力点还不够准确。尤其是北京市居住建筑实施75%节能设计后，对于围护结构节能已经没有什么提高空间了，而挖掘建筑物供热（冷）设备及其系统的节能潜力的重要性突现出来。特别是我们注意到供热（冷）管网动力系统节能存

在较大的空间，一些合同能源管理项目已经开始对供热（冷）系统进行节能改造。

在供热系统设计与改造中，如何解决冷热源及其输配系统节能是关系到建筑节能成效的问题。近年来，许多高校、科研院所和企业做出了不少努力。一些先进、高效设备，如冷热源机组，泵类等输送设备正在不断取代低效老旧设备，冷、热源系统的控制设备，如气候补偿器、变频控制器等提高了系统自动化、精确化水平。

北京中建建筑科学研究院的科研人员注意到传统的冷热系统，尤其是管网输配系统有很大的节能空间，于是联合相关单位申请了《既有热水供暖循环动力系统节能改造研究》课题。在总结研究经验与成果的基础上，组织国内知名专家和具有丰富设计、检测、改造经验的专业技术人员编写本书，为同行提供可供借鉴的技术资料。

本书以供热管网循环动力系统改造为主要内容，讲述了降低热源及管网系统阻力的适用做法；循环泵选用与设置原理；管网水力平衡的重要性、简单可行的办法以及循环水泵控制设备选用要点和方法。内容涵盖了热负荷的实用概算、水力计算、扬程的正确选定和水泵节能配管与安装等必要步骤，并对目前既有建筑、50% ~ 75% 节能建筑及不同末端形式供热（冷）管网动力系统进行了分类总结，以表格等形式清晰简便地表述各部分内容。结合相关设计规范和大量检测实践经验，进一步

完善了循环水泵在供暖热水动力系统设计阶段和节能改造阶段选配的方法。

本书注重工程应用与细节，一些结论来源于监测数据和工程实践，内容详实可靠，适用于新建、改建和扩建的各种供热系统、集中空调系统以及热电厂首站、锅炉房等热源系统的循环水泵选配。同时，可供有志于建筑节能的同行在供热（冷）管网动力系统设计改造时参考。

本书在编写的过程中得到众多建筑节能专家的指导，在此表示由衷的感谢！由于编写时间短，书中难免有错误和疏漏之处，恳请读者批评指正。

编者

2016年3月

目 录

第1章 概论	1
1.1 供热动力系统节能潜力改造的意义和作用	1
1.2 国内外供热动力系统技术现状	2
1.3 我国供热系统能耗过高原因分析	4
第2章 循环水泵的性能和铭牌	7
2.1 循环水泵的性能和特性曲线	7
2.2 循环水泵性能参数表和铭牌	10
2.3 循环水泵性能的现场测试	12
2.4 循环水泵的工作参数	13
第3章 循环水泵的运行调节	18
3.1 循环水泵运行时需要调节和改造的原因	18
3.2 循环水泵的节流调节	19
3.3 循环水泵的变速调节	20
3.4 循环水泵的运行台数的调节——并联运行	24
3.5 循环水泵的改造	30
第4章 循环水泵的优化选型	33
4.1 循环水泵选型	33

4.2	循环水泵流量的确定	36
4.3	循环水泵扬程的确定	40
4.4	循环水泵选型前的功率确定	47
4.5	循环水泵优化选型程序	48
第5章	循环水泵辅助配件优化安装	49
5.1	循环水泵出口配管的优化	49
5.2	循环水泵出口止回阀的取舍	49
5.3	循环水泵进出口阀门的优化	54
5.4	循环水泵入口除污器的优化	55
5.5	循环水泵进出口压力表设置	56
5.6	循环水泵其他辅助装置的设置	57
第6章	影响循环水泵选型的相关技术优化	59
6.1	根除管网水力失调技术	59
6.2	锅炉房热力系统的优化	62
6.3	换热系统的优化	64
6.4	供热系统的运行调节和管理优化	66
第7章	循环水泵选型的参考资料	69
7.1	热水管网经济配管	69
7.2	热水水管锅炉额定循环水量与合理配管	70
7.3	每万平方米供热面积循环水泵的合理功率	71
7.4	电机工作频率与循环水泵实际参数对照	71
7.5	单位供热面积循环水泵流量	71
7.6	常用热量单位换算	75
7.7	热力网路水力计算	75

第 1 章 概 论

1.1 供热动力系统节能潜力改造的意义和作用

随着我国建筑规模的持续扩大和人民生活水平的不断提高,时至今日,我国建筑能耗已约占全国总能耗的 $1/3$, 北方城镇采暖能耗已占全国城镇总能耗的 40% , 单位面积采暖年平均能耗折合标准煤为 $20\text{kg}/\text{m}^2$, 为北欧同等纬度条件下建筑采暖能耗的 $2\sim 2.5$ 倍。其中供暖循环动力系统电耗占整个系统电耗的 90% 以上, 且消耗的是宝贵的二次能源——电能。

北京市“十二五”期间率先在国内执行 75% 居住建筑节能设计标准。经过多年的建筑节能技术研究和推广, 现有的建筑节能设计方案和技术, 在建筑围护结构上已经较为充分地挖掘了节能潜力, 如果仅靠增加围护结构保温性能已很难实现进一步节能的要求, 因此, 挖掘供热系统的节能潜力, 优化改进采暖供热系统已成为必然的选择。供热系统的主要耗能设备是锅炉和热水循环动力系统, 而热水循环动力系统的节能效果及其工作效率对供热系统的节能起到重要的作用。

我国集中供热技术和发达国家相比起步较晚, 但近几年随着城镇化的快速推进, 使得北方城镇建筑面积不断增长, 根据清华大学建筑节能研究中心的统计, 2001 年~ 2013 年, 北方城镇建筑面积从 50 亿 m^2 增长到 120 亿 m^2 , 增加了 1.5 倍以上, 同时城

镇居民的生活水平不断提高,北方城镇集中供热建筑的面积也随之增加^[1]。

目前,大、中型供热系统能耗过高的问题一直困扰着业界人士,其中管网热力和水力失调,是人们致力解决的大问题。根据我国相关统计数据显示,供热系统总供热量的30%~40%是由于热用户冷热不均而白白浪费掉,而供热输配系统所浪费的无效电耗占总电耗的35%~60%。因此,从解决供热系统的无效热损失和电耗浪费着手,可提高供热系统的节能水平,这就亟需一套有效的供热管网输配系统来实现热量的有用输送,避免热能和电能的浪费^[2]。为此,GB 50189—2015《公共建筑节能设计标准》和JGJ 26—2010《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》对采暖循环泵耗电输热比作出了专门规定。循环泵耗电输热比(EHR)是指在供暖室内外计算温度下,全日循环泵理论耗电量与全日系统供热量之比,它直接反映供热系统运行电耗指标。正确选型、合理使用及管理,对降低循环动力系统能耗起到至关重要的作用。

1.2 国内外供热动力系统技术现状

目前,国外既有大型热电联产集中供热系统,也有大量的中小型区域集中供热系统,更多的还是为某些建筑物单独配置的小型锅炉房供热系统。无论哪种系统,其规划设计、设备选配以及施工安装都非常严谨、合理,注重节能效果。另外,国外注重对系统的运行检测与管理,同时系统的自动化程度高,一些中小型项目实行了无人值守管理。以芬兰为例,专业管理人员大都监管多个锅炉房或换热站,他们的供热系统设备配置也很有特色,换热机组循环泵设置多采用小型号,每台机组只

设一台循环泵；循环水泵扬程范围选型一般为 $6\text{m} \sim 13\text{m}$ ；供热系统热网循环水泵出口不设止回阀。这些设备及附属设施的选择对降低供热系统能耗起到重要作用，所以集中供暖的电能损失比我国少 $40\% \sim 60\%$ 。

我国集中供热起步阶段借鉴了前苏联的早期技术，直至 20 世纪 70 年代，经历了从无到有，从小到大的初步发展阶段。改革开放以来，集中供热事业与我国经济发展同步获得了迅猛的发展。我们在看到成绩的同时，还应看到我们的集中供热技术成熟程度与发展规模还不同步，尤其是从节能角度看，差距还比较大。问题主要集中在热源和热量输配效率上，热源效率主要是指锅炉和换热器等设备制造和运行管理，此问题另有专著论述，不在这里讨论。热量输配效率问题才是集中供热行业需要单独面对，又要致力去解决的问题。具体说问题主要是：供热管网水力失调、热用户冷热不均、热网循环动力系统运行成本居高不下，致使供热企业经营困难。我们在调研中发现某小区供热面积只有 8万 m^2 ，而循环水泵功率达到了 220kW ，但供热效果却达不到要求。又如某锅炉房 1 台 80t/h 锅炉，供热面积 80万 m^2 ，间供系统，一次网系统循环泵功率为 560kW （实际只需要 80kW 左右）。另外换热站循环水泵每万平方米运行功率应为 $1.5\text{kW} \sim 2.5\text{kW}$ ，直供系统循环水泵每万平方米运行功率应为 $2.5\text{kW} \sim 5\text{kW}$ ；而实际换热站循环水泵每万平方米运行功率普遍达到 $6\text{kW} \sim 8\text{kW}$ ；直供系统循环水泵每万平方米运行功率实际超过 $10\text{kW} \sim 15\text{kW}$ 。上述案例均属于循环水泵选型过大、热网输热耗电比过高等问题，估算其供热系统节能潜力可达 $30\% \sim 60\%$ 。由此可见，科学合理地选配循环水泵及其配套技术对挖掘供热系统节能潜力发挥了关键的作用。

1.3 我国供热系统能耗过高原因分析

1.3.1 一、二次网供回水温差过小

选择循环水泵的流量,一般一次网供回水的设计温差取 60°C 。实际上,不少热网在室外温度达到设计工况时的供回水运行温差只有 $30^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$,使供热系统实际需要的流量变大,造成循环水泵流量不足,所以往往就换大容量水泵,电耗也随之增加;二次网的供回水设计温差一般都按规范取 $10^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$,但实际运行时供回水温差只有 $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$,造成二次网循环水泵流量过大电耗增加。

1.3.2 热源热力系统设计与调节不当

在调研中发现许多热源的锅炉房热力管道系统没有设计旁通管或只设计不调节。致使锅炉本体的循环水量超过额定值,锅炉运行时内阻增加,使得按锅炉正常内阻选择的循环水泵无法满足管网的流量和压力要求。此时如果只采用增大循环水泵的方式解决问题,将使电耗成几何级数增加。

1.3.3 管网水力失调造成的动力浪费

当供热管网调控设备和调控手段落后时,必然造成水力失调,从而产生“近热远冷”的状态。如果此时不采用正确的解决方案,而错误地认为是由于循环水泵流量不足或扬程不够造成的,必然会采取加大循环水泵的流量或提高水泵扬程的办法解决,这样做不仅没有彻底解决冷热不均的问题,而且浪费了大量电能。

1.3.4 设备选型、安装及运行管理存在的问题

(1) 水泵选型扬程过高。设计者依据经验值,或者选用的安全系数过大,对水泵的特性曲线和水泵运行原理、水泵并联运行的工况与能源消耗的关系缺乏认识,在“宁大勿小”原则下,盲目选型,因此造成水泵选型过大。

(2) 循环水泵出口安装止回阀。热水供热系统是一个闭式循环系统,当循环水泵突然停止运转后,由于水泵前后压力相等,水泵不会倒转。当供热系统为单泵运行时,止回阀只会增加阻力,多耗电;而多台泵并联运行时,如果在水泵运行的自控系统采取了必要的措施,也不会使停运的水泵倒流;另外,安装碟形止回阀,阻力更大,而且用过一段时间后,碟片会被水垢堵塞无法全部打开,进一步加大阻力。

(3) 循环水泵出口配管管径小,不加渐扩管。由于离心水泵的外形造成循环水泵出口的管径往往小于入口的管径,使出口的水流速超过经济流速。若供热系统安装水泵时出口不加渐扩管,其出口管道又较长,加大了管网的阻力损失。

(4) 循环水泵进口和出口不装压力表。循环水泵运行时其进口与出口的压力差即反映了水泵当前工作的扬程,是检测和观察水泵工作状况的必要仪表,若不安装压力表是无法了解水泵的运行工况,所以不能及时调整供热系统最佳运行工况。

(5) 供热系统初次运行时,没有对循环水泵进行性能检测,就盲目投入运行,而在正常运行时不监测水泵扬程的变化、电机的电流变化等,往往把运行工况不达标判断为水泵选型不合格,从而采取不当的技改措施,造成资金浪费和能源浪费。

(6) 不及时处理影响水泵运行工况的相应问题,如除污器内过滤网损坏造成杂物进入水泵叶轮,破坏了水泵正常工作;除污器严重污堵,不及时清掏,造成系统阻力增加,使水泵流量降

低，达不到供热要求。

针对以上问题，北京中建建筑科学研究院在开展“既有热水供热循环动力系统节能改造研究”课题中，选择了多项典型的供热系统示范工程进行节能改造，在满足供热需求的前提下，通过优化系统设计，采取更换功率过大的循环水泵、取消循环系统水泵出口止回阀；扩大水泵和锅炉进出口管径等措施，实测改造后的示范工程平均节电率达到40%~60%。该课题成果获得的节电指标可为我国供热地区新建、改建和既有供热系统节能改造提供参考。

本书后续章节表述了在供热系统设计与改造中，如何解决热源及其系统节能采取的技术优化措施，介绍循环水泵在供暖热水动力系统设计阶段和既有系统节能改造阶段选配的方法，包括循环水泵的优化选型、安装、影响循环水泵选型相关技术优化、循环水泵的运行调节、循环水泵选型相关技术参考资料及示范工程案例的节能效果分析等，可为同行技术人员在供热系统节能设计、改造提供借鉴。