

热水供暖系统基本形式综述

中国建筑东北设计研究院 肖兰生[☆] 张瑞芝

摘要 提出了热水供暖系统形式的分类方法,列出了系统形式分类总表、系统形式图式,并对各种系统形式的特点及适用条件等进行了论述。

关键词 系统形式 上供下回 下供上回 下供下回 单管 双管

Basic forms of the hot water heating system

By Xiao Lansheng[★] and Zhang Ruizhi

Abstract Proposes the classification method of the hot water heating system forms, presents the classification table and chart of system forms, and discusses the characteristic and application condition of different system forms.

Keywords system form, up-supply and down-return, down-supply and up-return, down-supply and down-return, single-pipe, two-pipe

[★] China Northeast Architectural Design & Research Institute, Shenyang, China

^①

0 引言

以热水作为热媒,以散热器作为散热设备,以水泵驱动循环的供暖系统,在我国应用极为广泛。其室内系统的形式,上世纪 50 年代由前苏联引进。上世纪末、本世纪初,随着住宅供暖的分户计量以及节能、提高舒适性等方面的需求,以及不断吸取欧洲各国的经验,供暖系统又有了新的发展,热水供暖的系统形式更加多样化。本文参考国内外相关资料,搜集并收录了各种传统的、经典的系统形式,其中有些虽已较少使用,但为了体现供暖理论的历史原貌,仍然保留下来。而对于一些在文献上出现过,但在理论及实践上价值不大的系统形式,则舍弃未用。同时,尽量全面地收录了近年来引进应用的一些新型、实用的系统形式。

1 系统形式的分类

1.1 按各组散热器连接管道的走向分:1) 垂直式;2) 水平式。

1.2 按各组散热器(≥ 2 组)连接管道的根数分:1) 单管,2 组及 2 组以上散热器串联连接时,供回水共用 1 根管道。完全串联时,称为单管串联(顺流)式;当设置有与散热器并联的跨越管时,则称为单管跨越式。2) 双管,2 组及 2 组以上散热器并联连接,供回水管道分别设置。3) 单双管,以单根管道将 2~3 组散热器的双管并联组合串联起来。

1.3 按热水供、回水水平干管的上下位置分:1)

上供下回式;2) 下供上回式;3) 下供下回式;4) 上供上回式;5) 下供上回与上供下回组合式。

1.4 按热水通过各并联环路的流程的异、同分:1) 异程式;2) 同程式。

依据上述分类方法,可列出热水供暖系统形式的分类,见图 1。

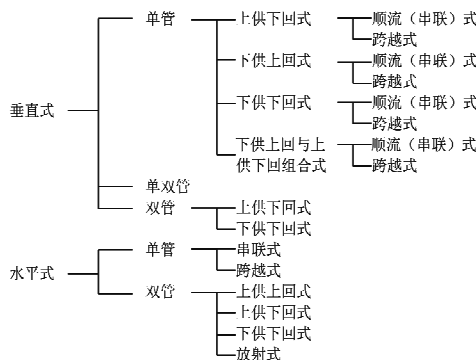


图 1 系统形式分类汇总

2 垂直式系统

2.1 垂直单管系统

2.1.1 上供下回式垂直单管系统(见图 2)

^①☆ 肖兰生,男,1938 年 5 月生,大学,教授级高级工程师,副总工程师

110006 沈阳市光荣街 65 号

(024) 62123505

E-mail: dbystb@163.com

收稿日期:2009-04-07

修回日期:2009-06-29

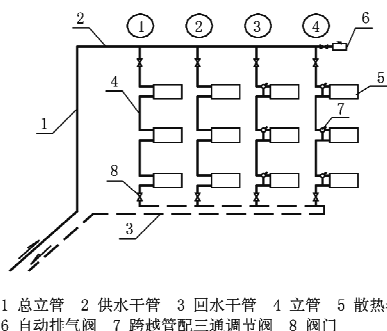


图2 上供下回式垂直单管系统

上供下回式垂直单管系统分为两种。一种如图2中立管①、②所示，为顺流式（串联）垂直单管系统。另一种如图2中立管③、④所示，为跨越式垂直单管系统。顺流式系统构造简单、造价低廉、水力稳定性好。上世纪囿于国情，曾广泛应用于多层写字楼、旅馆及住宅等建筑中。但由于不具备散热器散热量的调节手段，容易出现室温不均，特别是上热下冷的现象。跨越式系统设有跨越管和三通调节阀，在调节室温及节能等方面优于顺流式，为当前多层公共建筑推荐使用系统之一^[1]。

2.1.2 下供上回式垂直单管系统(见图3)

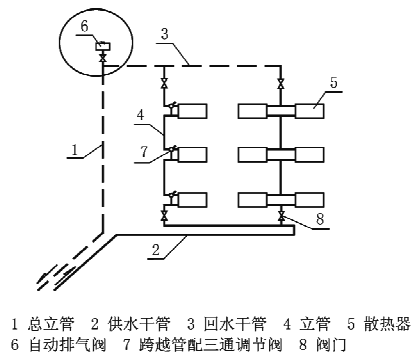


图3 下供上回式垂直单管系统

将上供下回式系统的供水干管与回水干管加以对调，则成为下供上回式系统，即所谓的倒流式系统。此种系统可以说是高温热水（过热水）供暖的专用系统。在使用高温热水时可不经混水或换热，直接引入系统。因为：1）高温热水的定压，其原则之一是保证系统各点均不会发生汽化。倒流式系统中，热水温度由下至上逐渐降低，防止汽化所需压力也随之降低。与上供下回式系统相比，系统定压值低。2）散热器热水下进上出，散热器表面温度接近其出水温度^[2]，即在热水温度较高的前提下可获得较低的散热器表面温度，卫生条件改

善。上世纪末，随着室内高温热水热媒的使用逐渐减少，倒流式系统也已较少使用。原因是散热器下进上出的连接方式，其传热系数要远低于其他方式^[2]。散热器用量的增加成为该系统的致命弱点。

2.1.3 下供上回与上供下回组合式垂直单管系统(见图4)

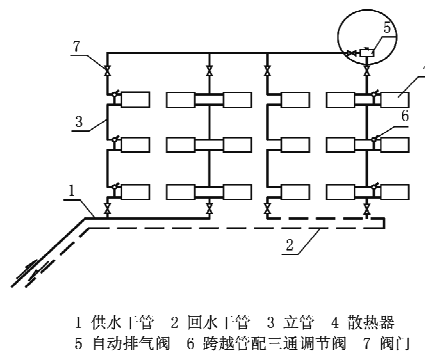


图4 下供上回与上供下回组合式系统

此种系统也是高温热水（过热水）专用系统的一种。组合式系统的前半部为下供上回，后半部为上供下回。高温热水的供回水温度一般为 $130\text{ }^{\circ}\text{C}/70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或 $110\text{ }^{\circ}\text{C}/70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温差较大。系统的前半部水温较高，散热器下进上出，可保证散热器表面温度不致过高，以及较低的定压值。后半部水温已有所降低，上供下回，体现散热器传热系数较高的优点。

2.1.4 下供下回式垂直单管系统(见图5)

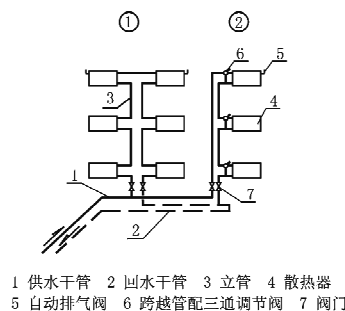


图5 下供下回式垂直单管系统

下供下回式垂直单管系统，也称Ⅱ形立管^[3]和双股（线）立管^[2-4]系统，由前苏联引进。Ⅱ形立管系统使用一般散热器，而双股立管系统则使用蛇形管混凝土散热板。热媒使用高温热水（过热水）。高温热水在Ⅱ形立管中的流动和放热过程，与组合式垂直单管系统（图4）类似。传入中国后，在使用普通散热器和非过热水的情况下，多应用于顶层无法敷设供水干管，或由层数各异的部分组成的建

筑中。为避免下进上出散热器传热系数降低的弊病,也有如图 5 中立管②的作法:前半段立管热水自下而上不连接散热器,后半段热水自上而下连接散热器。

2.2 垂直双管系统

2.2.1 上供下回式垂直双管系统(见图 6)

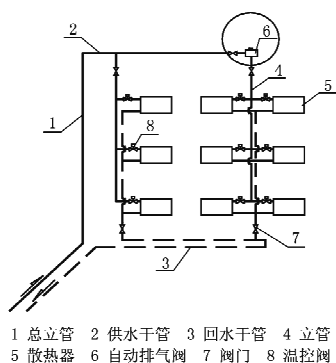


图 6 上供下回式垂直双管系统

上供下回垂直双管系统,立管上各层散热器并联连接。热水流经各层散热器环路的流程基本相同。但是,作用于各层散热器环路的自然压头却不相同。散热器所在楼层越高,自然压头也就越大。这种自然压头的差异,容易导致上热下冷的现象。楼层越多,这一现象就越严重,依靠散热器支管上一般的手动阀门很难消除。上世纪 50—60 年代,在一些楼层较多的高级建筑中应用,是有教训的。因此建议该种系统应用于不超过 4 层的建筑中^[5]。当然,若加设高阻力的、可自动调节的散热器温控阀,建筑的层数可不受此限制。

2.2.2 下供下回式垂直双管系统(见图 7)

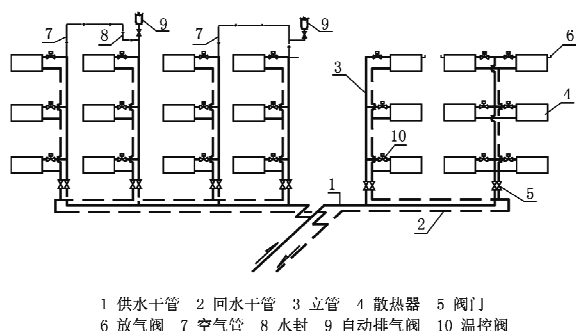


图 7 下供下回式垂直双管系统

下供下回式垂直双管系统,热水经过立管各层散热器环路的流程各不相同。楼层越高流程越长,阻力也越大。与此同时,作用于各层散热器环路的自然压头也随楼层的增高而增大。这样,增大的自

然压头基本为增大的阻力所消耗。因此,下供下回式双管系统不存在自然压头逐层积累的弊病。这种系统的实际运行状况也表明,应用该系统的一些多层建筑均获得令人满意的效果。该种系统的排气通常有两种方式。一种方式是使用散热器手动排气阀(图 7 右侧立管);另一种方式(图 7 左侧立管)是在立管上部连接专用空气管(一般为 DN15 管径),通过自动排气阀排出。为使热水不致在空气管内产生循环,适当设置水封,或将排气阀设置在低于水平空气管的高度上。

2.3 上供下回式垂直单双管系统(见图 8)

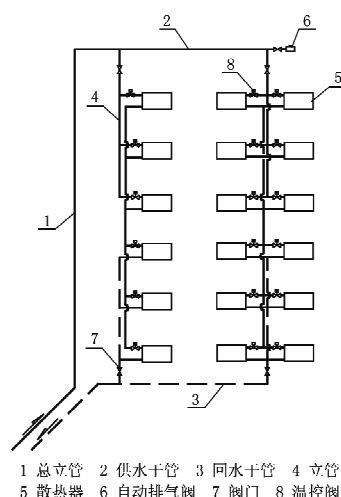


图 8 上供下回式垂直单双管系统

上供下回式垂直单双管系统,是将 2~3 层的双管组合串联起来。该系统兼顾了单管水力稳定性好,双管阻力较小且调节性能好的优点。尤其适用于高层建筑。

2.4 上供下回式系统的变异

上供下回式垂直单管或双管系统,在一般情况下其供水干管均敷设于顶层楼板下,回水干管敷设于底层地面或地沟内(见图 2、图 6)。系统的集中排气及泄水十分方便。但在一些个别场合,则可能出现局部变化。例如,当建筑顶层局部高出时,将供水干管设于顶层的下一层,部分顶层的散热器则由上返的立管连接(见图 9)。当底层地面、地沟不具备敷设回水干管的条件时,可将回水干管抬高至底层的楼板下敷设。

2.5 垂直系统的同程与异程

所谓同程式,即热水流过每一立管环路的路程都是相同的,如图 2~7 所示。这样,就为各立管环

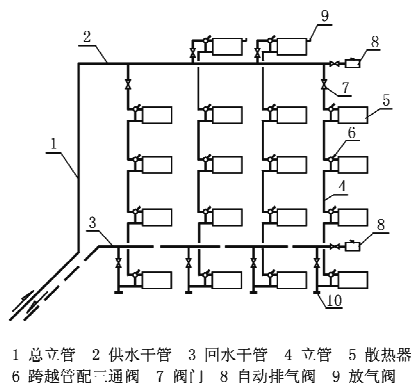


图9 上供下回式垂直单管系统的变异

路的水力平衡创造了条件。异程式系统(见图8, 9)则完全不同,热水流经各立管环路的流程都是不同的。靠近系统入口的第一根立管,其环路最短,最后一根立管的环路最长。使用异程式系统时,如欲达到各环路的平衡,则必须在各立管上加装压力调节装置或垂直单管系统采用不等温降计算法。

2.6 立管的单侧与双侧连接

垂直式系统的立管,根据其一侧连接散热器,还是两侧连接散热器,分为单侧连接和双侧连接两种(见图3,4,6~8)。

3 水平式系统

3.1 水平单管系统

3.1.1 水平单管串联式系统(见图10)

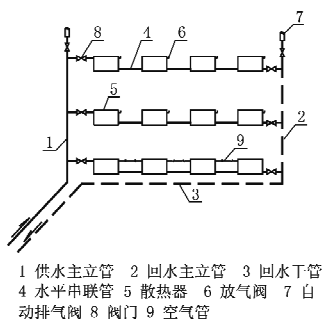


图10 水平单管串联式系统

水平单管串联式系统中,热水沿水平串联管顺序流过各组散热器。这种系统的优点是水力稳定性好、构造简单、造价低。缺点是各散热器散热量无法调节。散热器内空气的排除方式,可使用手动放气阀,或通过空气管(DN15)及自动排气阀排出。水平单管串联式系统适用于单层或装有带形窗、玻璃幕的多层建筑。其室内温度可由分支环路上的阀门控制。在诸如开敞式办公室、商展厅堂等,也可使用踢脚板式散热器沿着玻璃幕的槛墙安装。

3.1.2 水平单管跨越式系统(见图11)

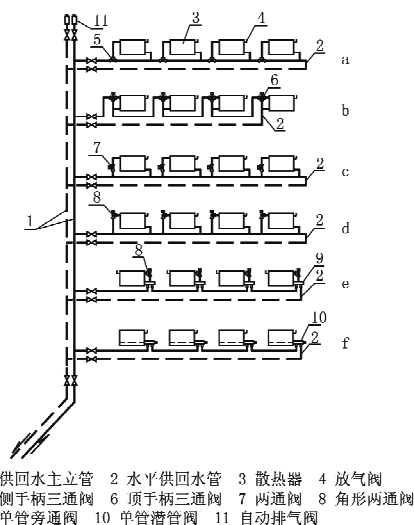


图11 水平单管跨越式系统

水平单管跨越式系统与水平单管串联式相比,系统构造相对复杂,且由于进流系数的影响有可能导致散热器用量的增加。但是,其优点是各散热器的散热量可单独调节,并为有关标准^[1,6]所推荐。应用在水平单管串联式系统所不能满足的需要分室控制室温的场合,如住宅、旅馆及小开间办公室等。视调节方式的不同,其连接有图11所示的各种形式。

图11a~d所示为装有三通或两通调节阀的系统形式。所装调节阀可以是手动的也可以是自动的,即所谓的散热器温控阀。图11e所示的系统形式,是在装有两通温控阀的情况下,加装一个单管系统用旁通阀^①,进水管均连接在该阀上。进水的一部分经该阀及两通温控阀流入散热器,另一部分则与散热器的回水混合后流出。图11f所示的系统形式,则是装设了一个带横向(或垂直)潜管(插入管)的潜管阀门^①。进入该阀的热水,一部分经潜管流入散热器,另一部分与散热器回水混合后流出。

3.2 水平双管系统(见图12)

水平双管系统根据水平供回水管的敷设位置可分为上供上回式(图12a),下供下回式(图12b, d, e, f),上供下回式(图12c)。图12b所示系统,在支管与散热器连接处装设双管系统专用旁通阀^①,热水经此阀部分进入散热器,另一部分旁通进入回水管道。

① 德国欧文托普(Oventrop)公司,散热器恒温控制阀技术说明

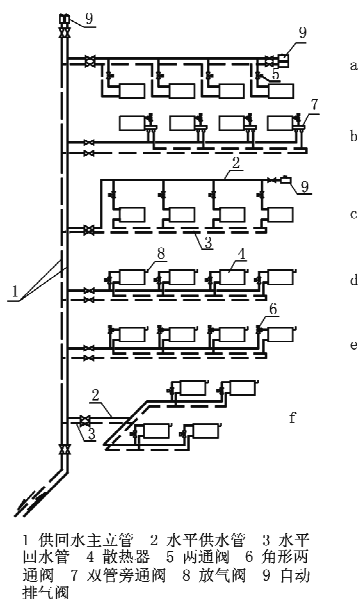


图 12 水平双管式系统

水平双管的称谓出现较晚^[1,6-7]。过去所谓的双管系统,一般指双立管。即在 2 层及 2 层以上的建筑中,供回水分设立管,各层散热器并联(见图 6, 7)。然而,就其原则而言,与图 12 所示系统无异。所不同的是,图 6, 7 所示是垂直的,而图 12 所示为水平的。因之,称其为水平双管应该说是合适的。

水平双管系统的散热器连接也有同程(见图 12b~e)和异程(见图 12a, f)之分。一般情况下,以使用同程为佳。而装有高阻力温控阀时,使用异程或同程均可。

水平双管系统的适用范围与水平单管跨越式系统基本相同。两者相比,水平双管略显复杂,但在散热器散热量的调节上要相对优越^[8]。

3.3 水平放射式双管系统(见图 13)

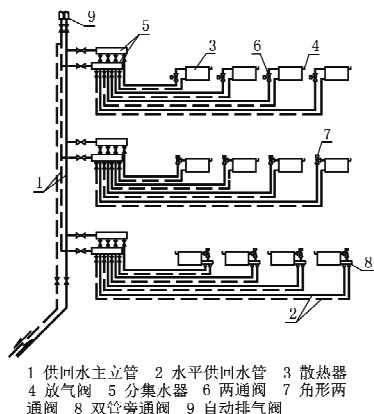


图 13 水平放射式系统

这是一种不同于各种传统形式的系统^①,适用于住宅和别墅类建筑。该系统在与主立管连接处设分水器 and 集水器。每组散热器的供回水管由分、集水器接出。放射式系统除具备双管系统散热器散热量可调性好的优点之外,最大的特点是各分支管道无接头,更便于在楼板垫层内或装修地板下敷设。管道则应使用不易锈蚀的塑料管、铝塑复合管及铜管等。原则上,管道的使用寿命与建筑物使用寿命是等同的。当前,住宅建筑中低温热水地板辐射供暖应用较多,其系统形式与水平放射式双管系统基本相同,只是散热器与散热盘管的区别。

3.4 供回水主立管(或称共用立管)

3.4.1 水平式系统的组成部分

由图 10~13 可见,在 2 层及 2 层以上的水平式系统中必须设置供回水立管,向各层水平环路供水,并将各层水平环路的回水集中起来。这一对供回水立管通常称为主立管(或称共用立管)。根据具体情况,主立管的供水立管及回水立管可分设于两处(见图 10),也可合设于一处(见图 11~13)。在住宅、公寓等的分户系统中,其主立管以合设于一处为多。并且,按照规范^[9]规定,主立管应设于套外的公用部位。

3.4.2 主立管的同程与异程

水平式系统的主立管分为同程式与异程式两种。图 10~12 所示系统采用的是异程式主立管,而图 13 所示系统采用的是同程式主立管。异程式主立管与下供下回式双管系统的立管(见图 7)类似。所不同的是,异程式主立管所连接的是每层系统的水平供回水管,而下供下回式双管系统的立管所连接的是每层散热器。与下供下回式双管系统的立管相同,异程式主立管逐层增加的自然压头基本为逐层增加的阻力所消耗,无自然压头积累之虞。相反地,同程式主立管与上供下回式双管系统的立管(见图 6)相类似,容易产生自然压头的积累。当然,由于每层水平环路的阻力远超过一组散热器的阻力,同程式主立管自然压头积累所带来的影响要相对小于上供下回式双管系统的立管。但其仍然存在,也是不争的事实。此外,同程式主立管与异程式主立管相比,压力损失要大一些。并且

(下转第 96 页)

① 丹麦丹佛斯(Danfoss)公司,实用供暖调节方案

每个喷嘴的喷水量为: $178\ 560\text{ kg/h} \div 694 \times 1.2 = 309\text{ kg/h}$, 其中 1.2 为设备的安全系数。

根据以上参数, 空调机组选用喷孔直径为 $\varnothing 3.5\text{ mm}$ 的不锈钢快拆喷嘴, 喷嘴在水压 0.2 MPa 下, 喷水量至少为 309 kg/h 。

4) 加湿量计算

空气加热后(干球温度为 $48.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, 含湿量为 0.94 g/kg)进入喷淋段, 如需处理到干球温度 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 65% , 含湿量 11.55 g/kg , 需要的理论加湿量 $W = G(d_2 - d_1) = 240\ 000\text{ m}^3/\text{h} \times 1.2\text{ kg/m}^3 \times (11.55\text{ g/kg} - 0.94\text{ g/kg}) \times 0.001 = 3\ 055.68\text{ kg/h}$ 。

空气的理论加湿量即为喷淋室的补水量, 其值与喷水量相比很小($3\ 055.68\text{ kg/h} \div 178\ 560\text{ kg/h} = 0.017 < 5\%$), 因而可忽略其对水温的影响。

如果喷淋段需实现送风的最大加湿处理, 即送风达到干球温度 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 70% , 湿球温度 $21.02\text{ }^{\circ}\text{C}$, 比焓 61.11 kJ/kg , 室外新风干球温度 $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 64% , 查焓湿图可得, 空气加湿前温度应达到 $57.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 即全新风空气经加热温升为 $68.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 则

$$\frac{57.2\text{ }^{\circ}\text{C} - 25\text{ }^{\circ}\text{C}}{57.2\text{ }^{\circ}\text{C} - 21.02\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0.873 \times 3.0^{0.1} \times \mu^{0.3}$$

求出 $\mu = 0.74$ 。

即喷淋段要达到最大加湿, 喷水室所需的喷水量要大一些, 当设备安全系数取 1.2 时, 喷水量可以满足。

3 喷淋设计的几点体会

本文仅对用于冬季加湿处理的喷淋过程的设计

计算过程进行了举例介绍, 而当喷淋处理过程变化时, 需注意如下几点:

用于涂装线的带喷淋处理的空调机组, 由于补水量远小于喷水量, 因而可以忽略补水量对空气处理的影响。但如果喷淋仅用于对空气净化除尘处理, 喷水量较小时, 由于水温的影响不能忽略, 空气的处理过程不能近似为等焓过程, 其计算过程将复杂一些。

另外, 由于喷淋室水量太大常常会导致空调机组漏水, 造成空调机组出现运行故障, 设计时常常减小喷水系数 μ , 以减小水量来确保运行可靠。但喷水量的减小可能会导致加湿能力不够。设计时需要仔细计算。

近年来随着机械加工工艺水平的提高, 专业生产加湿器或制作喷嘴的厂家不断推出新产品, 用于喷淋的喷嘴结构有了不少改进。用高压喷雾的形式代替喷淋作加湿处理的应用逐步推广。高压喷雾加湿方式使用高压泵对循环水加压使其雾化, 并选用高效雾化喷头, 使喷出的直径在 $100 \sim 200\text{ }\mu\text{m}$ 的水颗粒与空气较好地混合, 加湿效率很高。但此方面计算多停留在经验基础上, 缺乏可靠的实验数据, 还需作进一步的验证。

参考文献:

- [1] (苏) 卡尔皮斯. Справочник проектировщика внутренние санитарно-технические устройства, часть II, Вентиляция и кондиционирование воздуха [M], 1997
- [2] 赵荣义. 简明空调设计手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998
- [3] 电子工业部第十设计研究院. 空气调节设计手册 [M]. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社
- [4] 暖通空调, 1978, 8(1): 42-48
- [5] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册 [M]. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008
- [6] 中国有色工程设计研究总院. GB 50019—2003 采暖通风与空气调节设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2003
- [7] 肖兰生. 住宅分户计量式采暖系统的设计要点 [J]. 暖通空调, 2000, 30(4): 43-45
- [8] 戈特·摩勒, 雷纳特·奥贝尔. 供暖控制技术 [M]. 北京: 中国建材工业出版社, 1998
- [9] 中国建筑科学研究院. GB 50368—2005 住宅建筑规范 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006

(上接第 22 页)

由于多出一根返程回水管, 在占用管井面积以及安装繁简程度方面, 也无优势可言。因此在实践中, 异程式主立管的应用较为普遍。

参考文献:

- [1] 中国建筑科学研究院, 中国建筑业协会建筑节能专业委员会. GB 50189—2005 公共建筑节能设计标准 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005
- [2] 贺平, 孙刚. 供热工程 [M]. 3 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993
- [3] (苏) 卡尔波期 E E. 采暖通风文集 [M]. 吴增非, 赵荣义, 赵延元, 等, 译. 北京: 中国工业出版社, 1965
- [4] 刘义德, 译. 双股单管采暖系统 [J]. 建筑技术通讯