



[苏] АФ斯特洛依 主编
邬守春 译
安英华 审译
李惜森

热力网的计算和设计

热力网的计算和设计

[苏]A.Φ.斯特洛依 主编

鄢守春 译
安英华 校审
李岱森

序 言

苏联的热化和集中供热的发展规模居世界第一位，其比重在逐年增加。第八次苏维埃全国代表大会是集中供热事业得以发展的基本动力，大会批准了苏维埃国家电气化计划，确定在热电站实行热电联产。

目前，在热电站（ТЭЦ）、工业锅炉房、区域或庭院锅炉房的基础上正在发展集中供热。集中供热的显著优点（节约燃料消耗、减少环境污染）促进着自身的发展。苏联共产党第二十五次代表大会决议强调指出，在改善燃料-动力结构和更合理使用燃料与动力方面所实施的措施必将使第十个五年计划大量节约各种能源。而集中供热正是在这方面发挥着自己的作用。

每年都在对集中供热提出更高的要求。系统必须可靠、经济、工业化程度高和运行机动灵活。集中供热的各个组成部分——热源、热力网和用户——都应满足这些要求。

为了提高热力网的可靠性，必须采用更加完善的型式，研制新型的热力网设备和结构，用钢制阀门代替铸铁阀门。与此同时，热力网应满足经济性要求，而提高经济性的一个可能途径是把热力网的热媒温度提高到 200°C 。同样地，热力网的敷设方式也在逐步完善，管道的无沟敷设得到更为广泛的应用。除了质量可靠的钢筋泡沫混凝土保温层无沟敷设以外，还采用沥青珍珠岩保温层无沟敷设。用地沥青、憎水型白垩等材料作保温层的试验性无沟敷设正在进行检验。热力网采用非金属管道和更加完善的型式，使农业部门的集中供热比例有所上升。

设计质量的好坏，对达到可靠和经济的要求起着重要的作用。正确的热力网设计能促进节约材料和能源，并保证不间断地供热。

第三章的《热力网的敷设和选线》一节由科学技术副博士А.Ф.斯特洛依（А.Ф.Строй）和工程师В.Л.斯卡尔斯基（В.Л.Скальский）合写，其余部分由А.Ф.斯特洛依编写。

目 录

第一章 热需求	(1)
热用户与热水及蒸汽管网的连接.....	(1)
热负荷的确定.....	(17)
热负荷图.....	(25)
第二章 热力网的调节工况	(31)
调节方式.....	(31)
根据供暖负荷进行的热力网中央质调.....	(32)
根据供暖和热水供应共同负荷进行的中央质调.....	(36)
根据通风负荷进行的中央质调.....	(42)
第三章 热量的输送	(47)
热媒流量的确定.....	(47)
热力网的敷设和选线.....	(55)
热力网的水力计算.....	(59)
蒸汽管网和凝结水管的水力计算.....	(66)
热力网的水力稳定性.....	(80)
热力网的纵断面.....	(85)
热力网的水压图 水泵参数的确定.....	(88)
第四章 热力网的建筑结构	(91)
地沟、检查井、无沟敷设及架空敷设结构的选择.....	(94)
活动支架、固定支架、柱子和栈桥选用中的 应力计算.....	(99)
补偿器的计算.....	(107)
保温计算.....	(113)

设计方案实例.....	(124)
与热力网干线连接的居住区供热计算.....	(124)
1200头乳牛大型畜牧场的供热计算.....	(133)
附录.....	(146)
参考文献.....	(166)
译者附记.....	(167)

第一章 热 需 求

热用户与热水及蒸汽管网的连接

集中供热时，热力网上连接有各种不同类型的用户：在居住区和建筑小区中有建筑物的供暖、通风及热水供应系统；在工业区中，除上述负荷之外，还有工艺负荷。热用户型式的复杂性决定了热力网设计、调节和运营的特性。

供暖系统的连接 通常，居住区和建筑小区的最大热负荷是供暖负荷。供暖系统与热力网的连接型式取决于热媒种类、热力网和供暖系统的计算参数、热力网供水管和回水管的压力以及建筑物的用途。

与热水管网的连接 供暖系统与热水管网连接有六种不同的型式（图1，2）。前五种型式（a, б, в, г, д）称为直接连接型式，因为此时供暖系统的水力工况取决于热力网的水力工况。第六种（e）为间接连接型式，因为在这类型式中，供暖系统的水力工况与热力网的水力工况无关，供暖系统的热媒系在表面式水-水热交换器内加热。

当热力网的计算参数与供暖系统的计算参数一致且用户入口压差能满足供暖系统热媒循环时，采用型式a。按此型式与过热水热力网连接时，应保证供暖系统中的水不发生汽化。

为了测量热媒的温度，在供暖系统入口和出口安装玻璃水银温度计，温度计安在充满机油的套筒内。安装时，套筒焊入管道内，安装深度等于管道半径加10mm。供热系统初调节过程中，各种控制仪表（温度、压力和水位）能够较为迅速而准确地调整用户的供热量。运行时控制仪表则合理供给用户热量，同时及时发现和消除热力网及供暖系统的故障。

当供暖系统发生由回水管倒空的危险，即当热力网回水管

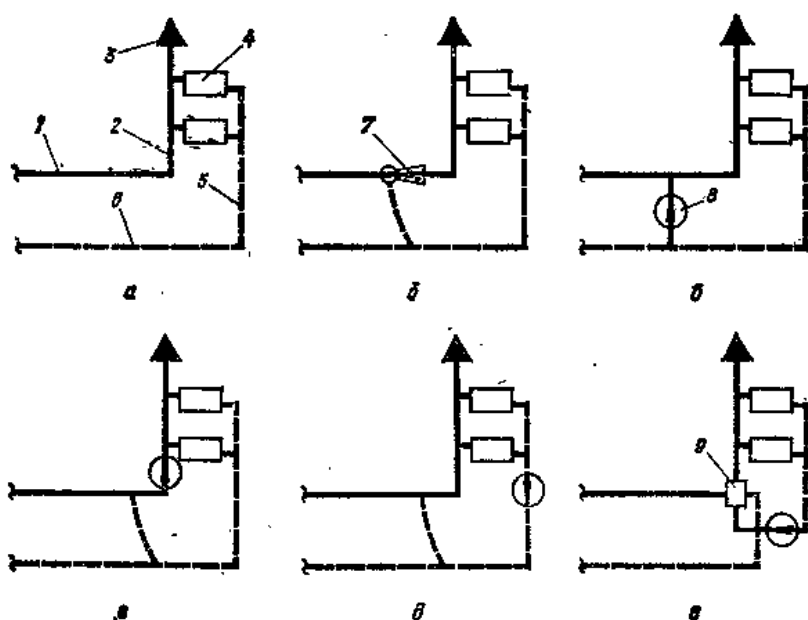


图 1 供暖系统与热水管网连接的原则性示意图

a, b, c, d, e—直接式(分别为: a—无喷射器; b—带喷射器; c—跨越管上设水泵; d—供水管上设水泵; e—回水管上设水泵); f—间接式; 1—热力网供水管; 2—供暖系统供水管; 3—排气装置; 4—散热器; 5—采暖系统回水管; 6—热力网回水管; 7—喷射器; 8—水泵; 9—热交换器

的压力低于供暖系统的静压时, 规定在供暖系统回水管上安装压力调节阀。与此同时, 为了防止在网路水泵停止运行时系统倒空, 规定在供水管上安装止回阀。当热力网的压力传到供暖系统内有超过 0.6MPa 的危险时, 规定在供水管上安装压力调节阀, 压力过高会导致散热器损坏。

连接型式c应用得最为广泛。当热力网的计算水温比供暖系统的高, 而入口处的压差能保证喷水泵——喷射器运行时, 采用这种型式。喷射器的作用是降低热力网来的水温。除喷射器外, 在入口节点还装有流量调节阀。

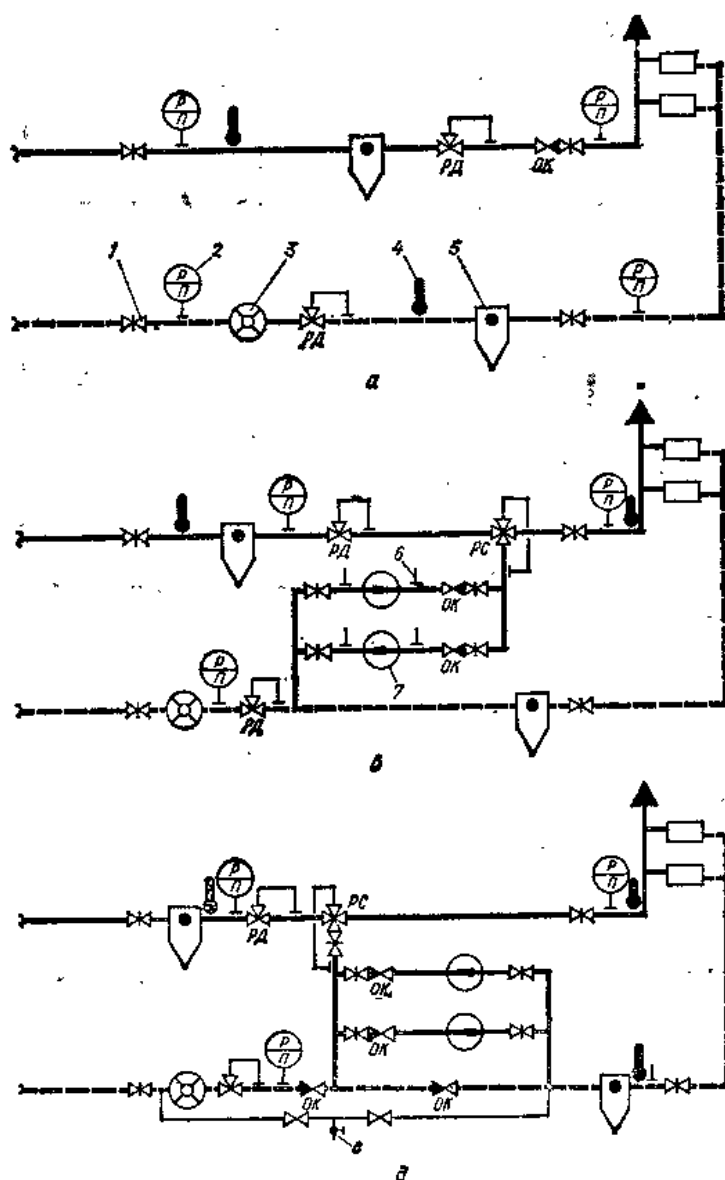


图 2 有控制仪表的供暖系统与热水管网连接的原则性示意图 (一)

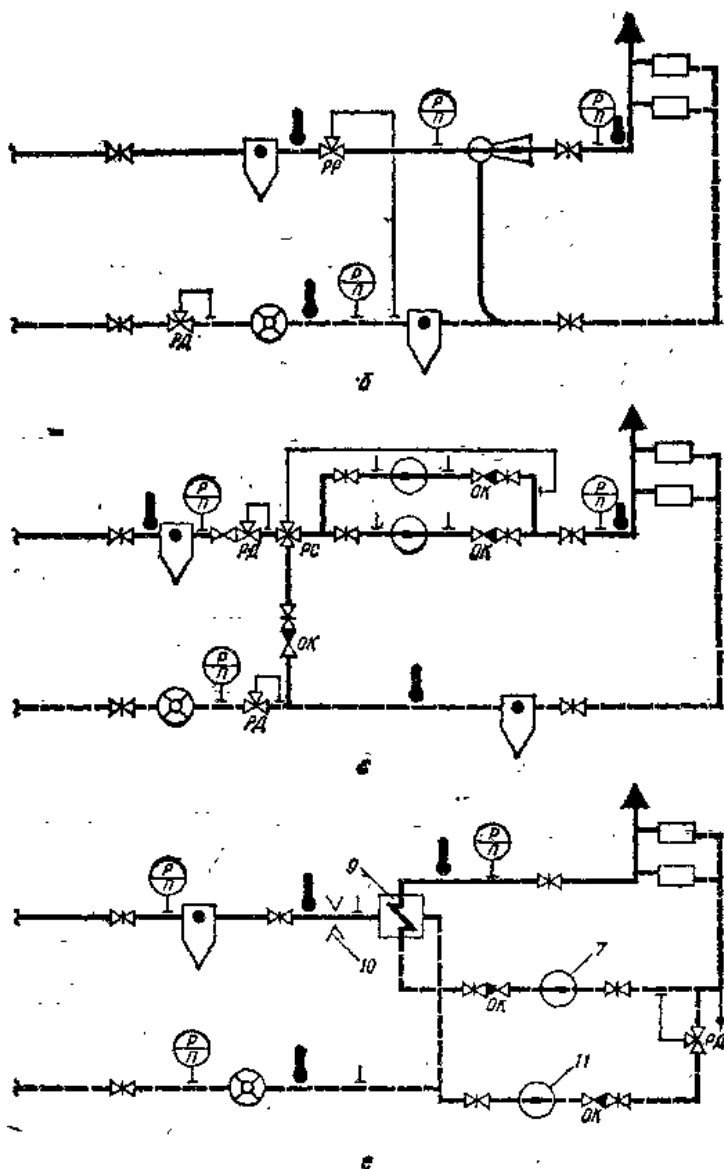


图 2 有控制仪表的供暖系统与热水管网连接的原则性示意图 (二)

a~c—与图1相同；1—闸伐；2—指示压力计；3—流量计；4—温度计；
5—除污器；6—压力表接管；7—循环水泵；8—放水管；9—热交换器；
10—节流孔板；11—补给水泵； $PД$ —压力调节阀， OK —止回阀； PP —流量调节阀， PC —混合调节阀。

连接在热力网上的用户，有些重新启动或关闭时，所有用户人口处的分布压力都将改变，并因此改变系统中的流量，这样系统的调整就需要较长的时间和大量的材料。

为了保证用户稳定的压力分布，因而使供暖系统的流量稳定，规定在热力网供水管上安装流量调节阀。流量调节阀安装的标准型式见文献[9]。当实行供暖的流量调节，即靠改变热媒流量来调节供热系统的热负荷时，不允许安装流量调节阀。安装有调节阀时，量调工况下热媒流量的减少将导致供热系统的全面水力失调和热力失调。

用喷射器连接供暖系统与热力网的缺点在于：喷射器的效率（ K_{IIA} ）不超过10%，即网路的压力差应比供暖系统的循环压力高9倍以上；固定的混合系数使散热器的放热局部质调成为不可能。

当热力网供水管与回水管的压力差较小而不能使喷射器工作时，采用在跨越管上安装水泵的连接方式（型式 σ ）。在热力点上规定安装两台水泵，一台运行，一台备用。如果热力点布置在建筑物内，则要采取消音措施或安装低噪音水泵。

用闸阀或混合调节阀调节被混合水的流量，可改变计算混合系数。在这种情况下，水泵的流量等于被混合的水量，水泵的压头等于系统的阻力加上水泵管路的压力损失。设有自动装置时，这种连接型式可以改变混合系数，并因此实现散热器放热的局部质调。

当热力网的压力低于供暖系统的静压时，采用在供水管上安装水泵的方式（型式 σ ）。此时，水泵的流量比型式 σ 的高且等于供暖系统的小时流量。水泵的压力等于供暖系统的静压减去热力网供水管内的水压。

如果热力网回水管的压力可能导致散热器的破坏，那么，供暖系统就连接成间接式（型式 σ ）或在回水管上安装水泵的直接式（型式 θ ）。采用型式 θ 时，应在供水管上安装压力调节阀，以使供水管压力降到0.6MPa以下。在这种情况下，必须的水泵压

力根据水压图来确定，水泵流量等于供暖系统的流量。直接连接系统中水泵停运时会引起供暖系统的压力上升，并可能损坏供暖设备。

对于任何系统，关闭水泵都会把网路水送入供暖系统并提高散热器的表面温度。为了提高水泵连接系统的可靠性，规定安装两台水泵（运行泵和备用泵）且能自动切换。带水泵的连接型式使之有可能采取更完善的供热自动化。

极重要建筑物（如博物馆、档案室、建筑纪念物）的供暖系统通常采用间接连接型式。此时，供暖系统与高压热力网是隔断的，因此，减少了供暖系统破坏的可能性。

对于极重要的建筑物，甚至不太严重的系统损坏都会造成灾难性的后果。间接连接型式的供暖负荷可采用局部质调。可供采用的自动化工艺流程示意图实例见文献[3]。

与蒸汽管网的连接 供暖系统与蒸汽管网的连接一般采用最通用的两种型式——直接式和间接式（图3）。采用间接连接，即通过热交换器连接时，以水作为供暖系统的热媒。

在居住区，蒸汽管网只用于洗衣房、浴室等工艺过程必须用蒸汽的建筑物。对于这类建筑物以及体育馆、饭店、食堂、咖啡馆、小食店、商店，在有适当的理由时，允许采用蒸汽供暖系统（建筑规范和法规 СНиП 33-75）。在工业企业区，要把蒸汽供给工艺生产，因此蒸汽管网是主要的，当技术-经济依据充分时，也可以把供暖系统连上。

供暖系统与蒸汽管网直接连接时，蒸汽送入分汽缸，必要时经过减压，然后送入供暖系统。当热水供暖系统与蒸汽管网用热交换器连接时，为了保持供暖系统的静压，必须安装膨胀水箱。

热水供暖系统中水的循环有自然循环和机械循环两种。机械循环时要安装循环水泵；自然循环时，必须有足够的重力循环作用压头。

汽水热交换器后的凝结水进入凝结水箱。通常在凝结水箱内保持5~20kPa的余压以闭式系统回收凝结水。靠蒸汽压力来维

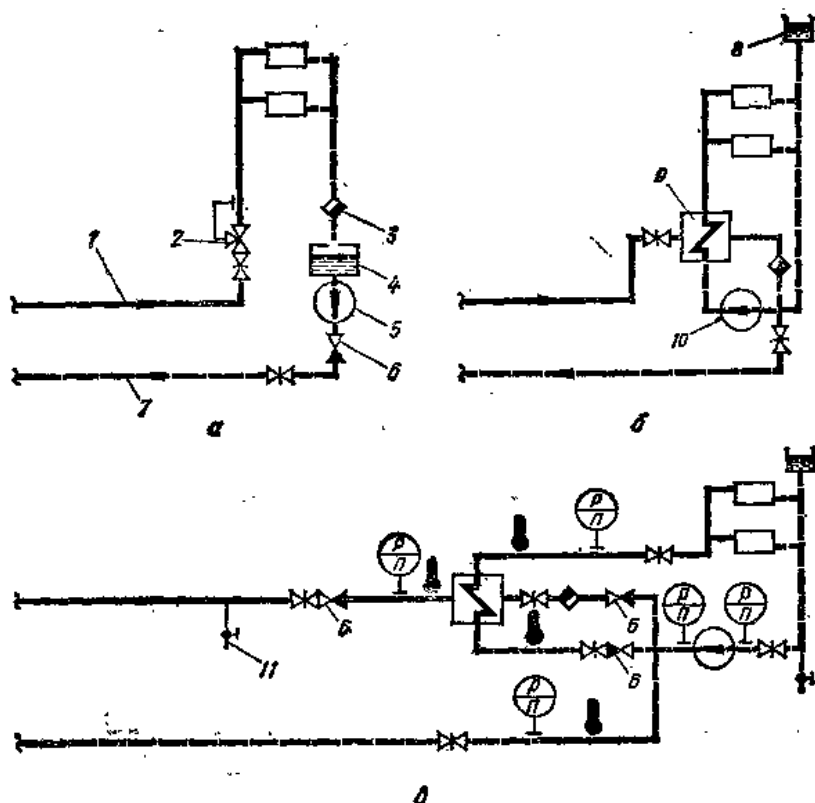


图 3 供暖系统与蒸汽管网连接的原则性示意图

a—直接式；b—间接式；c—有控制仪表的间接式

1—蒸汽管道；2—调节阀；3—疏水器；4—凝结水箱；5—凝结水泵；6—止回阀；7—凝结水管；8—膨胀水箱；9—汽-水热交换器；10—供暖系统水泵；11—排污

持水箱内的余压。规定至少安装两个容积各为凝结水计算流量 50% 的水箱。自动输送凝结水时，水箱的容积不少于 20 分钟内返回的最大凝水量。闭式凝结水箱要设置玻璃水位计和压力表。

热水供应系统的连接 热水供应负荷与热力网的连接有直接和间接两种型式。间接式系统由表面式热交换器与热力网连接，在热交换器内把水加热，而直接式系统则直接从热力网中取水。

直接取水的称为开式热力网，采用热交换器连接的称为闭热式力网。

热水供应系统与热力网的连接有五种最普通的型式（图 4，5）。

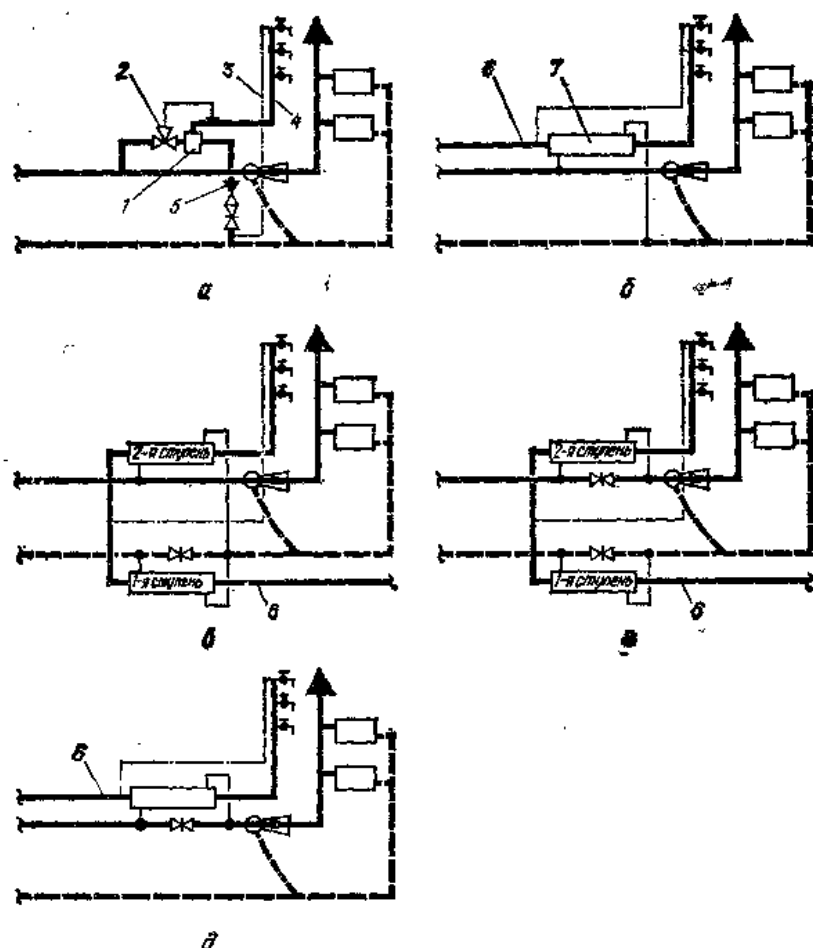


图 4 热水供应系统与热水管网连接的原则性示意图

a—直接取水式；б—并联式；в—混合式；г—双级串联式；д—前置加热式；1—混合器；2—温度调节器；3—热水供应系统循环管；4—热水供应系统供水管；5—止回阀；6—冷水管道；7—热交换器

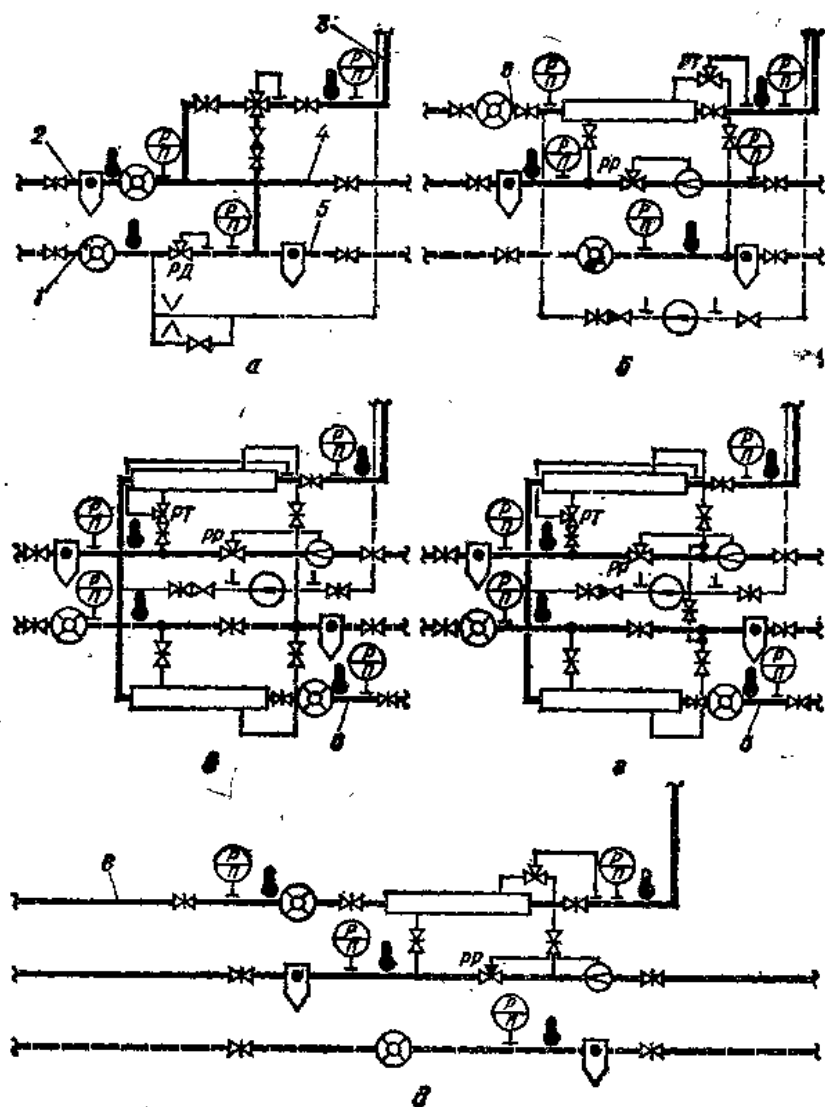


图 5 有控制仪表的热水供应系统与热水管网连接的原则性示意图

a~d—与图4相同，1—热力网回水管；2—热力网供水管；3—热水供应系统供水管；4—供暖系统供水管；5—供暖系统回水管；6—冷水管；
 PD —压力调节阀； PT —温度调节阀； PP —流量调节阀

如果技术-经济计算证明是合理的,就采用直接取水的型式 α 。在这种情况下,必须考虑供热系统的运行问题。

应根据室外空气温度的不同,而从供水管或回水管往热水供应系统送水。当室外空气温度低时,从回水管取水,供暖季初期则从供水管取水。如果供水管的水温高于 60°C ,而回水管的水温低于 60°C ,则同时从供水管和回水管取水,在混合器内制备热水。为了保证必须的水温,要安装温度调节阀。为了防止热水通过混合器从供水管流入回水管,要安装止回阀。

型式 δ 至 θ 都是与热力网间接连接的型式。选择什么样的连接型式则取决于热水供应负荷与供暖负荷的比例。

热水供应负荷很大,即热水供应最大小时耗热量超过供暖计算耗热量的20%及以上($Q_{\text{max}}^{\text{热水}}/Q_{\text{max}}^{\text{供暖}} \geq 1.2$)时,采用水加热器与热力网并联的连接方式(型式 δ)。此时,热力网同时满足两种负荷——供暖和热水供应的要求,热水网的流量等于供暖和热水供应的计算流量之和。

为了减少热水供应的网络水流量和提高热电站(ТЭЦ)供热系统的热化效率,采用热水供应的双级加热(型式 θ , ι)。水先在第一级加热器内用从建筑物供暖系统出来的回水预热,然后在第二级加热器内由热力网供水管的网络水加热到所需的温度。两级加热可以减少热水供应的网络水流量。热力网供水管的水量只供第二级加热之用。

双级连接加热器有混合式和串联式两种型式:型式 θ 中,一级加热与供暖系统串联,二级加热则并联。型式 ι 中的两级都是与供暖系统串联的。

当热水供应系统与热力网采用双级连接时,供暖系统与热水供应系统是互相联系的,型式 ι 特别显出这一特点。在用水量最大的时刻,供暖系统得不到足够的热量,因为此时热媒温度比需要的低,这样就降低了室内的空气温度。在不从网路取水的期间,室内的空气温度会上升。选择热水供应系统与热力网的连接型式时应考虑这一点。热水供应负荷的比例不大时,一般采用双级

加热方式，其中，当 $1.2 > \frac{Q_{\text{max}}}{Q_0} > 0.6$ 时，采用混合式；
 $\frac{Q_{\text{max}}}{Q_0} \leq 0.6$ 时，采用串联式①。

热水供应负荷很小时，可以采用热水供应一级加热的前置加热器连接方式（型式δ），加热器连在供暖系统之前。

采用前置连接方式时，热水供应的不均衡性特别易影响供暖系统的运行。建筑物的蓄热能力可以在某种程度上减轻这种影响，但随着热水供应负荷的增加，室内空气温度的波动可能超过允许值。文献[10]建议，当 $\frac{Q_{\text{max}}}{Q_0} \leq 0.1$ 时，采用这种连接型式。

热水供应系统在热力点与热力网连接，根据热水供应的集中程度，这些热力点有区域热力点（РТП）、集中热力点（ЦТП）和单体热力点（ИТП）之分。在单体热力点中，供暖系统入口节点一般与热水供应同热力网的连接节点合二为一。在作单体热力点的具体设计时，要选择好供暖系统、热水供应系统的连接型式，并据此制定单体热力点的系统图。在区域热力点（РТП）或集中热力点（ЦТП），必要时为热水供应系统设计化学水处理设备。

当与热力网连接的热水供应系统是浴室、洗衣房、游泳池、医院、旅馆等大流量且很不均匀的用户时，规定安装蓄水箱（图6,7）。

在热水系统不用水期间，蓄水箱是充水的，即往水箱内送热水。在用水量最大的时间，由热交换器加热水，不足部分由蓄水箱来补充。蓄水箱可以安在地下室和底层（低位布置）或安在阁楼内（高位布置）。

蓄水箱的容积按下式计算（ m^3 ）：

$$V = \frac{\Delta Q}{c\rho(t_r - t_x)} \quad (1)$$

式中 ΔQ ——蓄水箱的储热量， kJ ；
 c ——水的比热容， $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ；

① 原文为 параллельная，似有误——译者注。

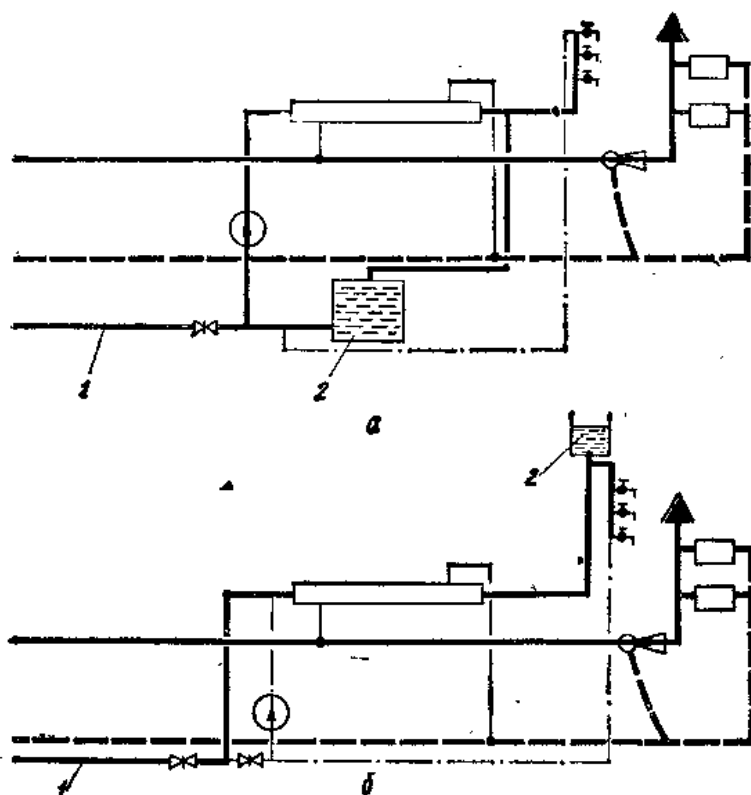


图 6 低位蓄水箱 (a) 和高位蓄水箱 (b) 的热水供应系统原则性示意图

1—冷水管道, 2—蓄水箱

ρ ——水的密度, kg/m^3 ,

t_r ——热水供应系统的供水温度, $^{\circ}\text{C}$;

t_x ——自来水冷水温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

安装时应有两个容积各为总容积50%的蓄水箱。低位布置时, 水箱是有压的, 闭式的, 经常充满水的。低位布置水箱时, 分为三种不同的工况——平均配水、停止配水和最大配水。平均配水时, 热水供应的水在热交换器内加热, 继而送往热水供应系统。停止配水时, 蓄水箱靠循环水泵进行充热, 从热交换器出来