



混凝土傳熱板式蒸汽采暖系統

技术科学副博士H.T.拉里丘克著

建 筑 工 程 出 版 社

混凝土传热板式蒸汽采暖系統

李意天、吳覺民 譯

建筑工程出版社出版

• 1958 •

內容提要 本書敘述了混凝土傳熱板的構造、及其加熱性能和放熱性能。

根據研究的結果，宜採用混凝土板作為居住和公共建築物的放熱器。

本書敘述混凝土傳熱板式蒸汽采暖系統立管的幾種方式，並載有單管式蒸汽采暖系統計算用的數據。

本書供從事設計、安裝和管理采暖系統的工程技術人員使用。

原本說明

書名 ПАРОВЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ С ГРЕЮЩИМИ БЕТОННЫМИ ПАНЕЛЯМИ

編著者 Н.Т.Ральчук

出版者 Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре УССР

出版地點及年份 Киев—1955

混凝土傳熱板式蒸汽采暖系統

李意天、吳覺民 譯

*

建筑工程出版社出版（北京市阜成門外福安里）

（北京市書刊出版業營業許可證出字第 052 號）

建筑工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書號 743 60千字 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張 $2\frac{3}{4}$

1958年1月第1版 1958年1月第1次印刷

印數：1—1,865 冊 定價（11）0.70 元

目 录

譯者序	4
原 序	5
第一章 现有蒸汽采暖系統的特性	7
第二章 混凝土傳热板式采暖系統	16
总 論	16
传热板的构造	19
填充料	25
混凝土的成分	32
传热板的制作	33
第三章 混凝土傳热板的加热和放热	35
热工指标	35
混凝土传热板与其它放热器的技术經濟指标的比較	64
传热板的安裝	68
第四章 采暖系統的布置方式	72
計 算	81
主要符号說明	89

譯 者 序

原書作者是苏联科学技术碩士 Н.Т. 拉李丘克 (Ральчук)。作者簡要地介紹了采用混凝土 傳热板式蒸汽采暖系統的經驗、設計与安裝的技术問題。

我国正在进行着偉大的社会主义建設，極需節約金屬。混凝土傳热板式蒸汽采暖系統与其它现有的采暖系統比較起来，能節約大量的金屬：混凝土傳热板与一般的鑄鉄放热器比較，能節約 $2/3 \sim 5/7$ 的金屬；該蒸汽系統与热水系統比較，也能節約大量的管材。因此，采用这种系統可大大地降低采暖系統的造价。該种系統在安裝和使用上均有它独特的优点：它可以与建筑物砌造的同时安裝，在使用此系統时，混凝土傳热板的表面仍能达到合乎卫生标准的溫度。希望暖气設計部門广泛地利用这种系統，讓我們共同为降低采暖系統的造价和節約金屬而努力！

应着重指出，譯者在翻譯这本书的过程中，采暖通风工程师何泽宝老先生、俞善本和許居鵷工程师在技术上給予很大帮助，在此一并致謝。

譯者在翻譯此書的过程中所发现的原文錯誤，已作了更正，并作了譯注。最后希望大家指出譯文中的錯誤和缺点。

李意天 吳覺民 1956年12月于北京

原 序

现代大规模的居住、公共、行政和其它建筑物的建设速度很快,所消耗的建筑材料亦很多,故要求广泛地采用先进的施工方法。

当建筑物安装集中式采暖系统时,需要使用大量的放热器(鑄鉄暖气片)和鋼管。同时,现有的放热器多半不能在建筑物施工的同时进行安装,因此就会延长建筑工程的竣工期限。

鑄鉄放热器,不論在卫生方面,或在美观方面都不能满足对它所提出的全部要求。在很多情况下,在安装鑄鉄暖气片的采暖系统内,都不允許采用过热水和蒸汽,因为采用过热水和蒸汽时,放热器表面的温度便会超过卫生要求所允許的范围。此外,采用过热水(超过 105°C)时,还必须安装升水器及热水热水式热水器。

蒸汽热媒仅可用于工业建筑物或人短时间逗留的建筑物的采暖系统中。居住建筑物的采暖系统則不允許采用蒸汽。

但是,也可以利用过热水或蒸汽作为最初的高温热媒,如放热器表面的温度不超过 95°C 的话。根据过热水通过放热器的循环方式,甚至可向放热器供給温度达 150°C 的热水,而金属的热强度还是很低的。

如向鑄鉄放热器内供給蒸汽,其表面温度实际上可采用与蒸汽温度相等的温度。在敞开式的蒸汽采暖系统中,放热器表面的温度可达到 100°C 。在人长时间逗留的建筑物内,放热器表面具有这样高的温度是不允許的。

如采用压力低于大气压的蒸汽,則蒸汽采暖系统放热器的表面可达到低于 100°C 的任何温度,但需要装設真空泵,以便在放热器内和排除冷凝水和空气的管道内造成真空。

尽管在真空蒸汽采暖系統內鑄鐵放热器表面的温度不超过 95°C ,但这种系統还有缺点;尤其是在其安装时,金屬消耗量很大。

在混凝土傳热板的采暖系統中,可大量地节约金屬。采用混凝土板作为放热器时,在放热器方面可节约金屬 $2/3 \sim 5/7$,在管道方面可节约 30% 。同时,在混凝土傳热板的采暖系統中可采用温度在 130°C 以下的过热水和 3 大气压以下的饱和蒸汽。

采用混凝土傳热板不但經濟而且美观,并能改善室内的卫生状况,縮短骨架板建筑物內采暖系統的安装期限。

蒸汽虽然不能用作鑄鐵放热器的建筑物內采暖用的热媒,但却可被广泛地用于居住建筑物內的混凝土傳热板系統中。采用高压蒸汽时,可根据室外空气温度进行放热量的質量調节。

本書是根据乌克兰苏維埃社会主义共和国建筑科学院建筑技术研究所的實驗研究資料編写的,書中載有混凝土傳热板的加热和放热的数据。

为了簡化这种傳热板放热表面的計算,根据热媒的平均温度列有曲綫图。

混凝土的成分及其浇灌时的捣实程度都会影响到它的密度;混凝土越密实,則它的导热系数也就越大,傳热板也会越快和越均匀地被加热。本書中还列有混凝土成分、浇灌混凝土和制作傳热板的資料,以及混凝土强度与温度、耐久性和导热性变化的关系。

根据理論及實驗研究証明,不但可以用鋼管,而且还可以用塑料管或玻璃管作傳热板內的蛇形管。

单管采暖系統虽在热水采暖系統中得到了公認,但却未用于蒸汽采暖系統內。然而采用单管系統对于蒸汽采暖系統也是合理的,因为这种系統的安装工作比較簡單,金屬的消耗量也少。

在書中載有双管和单管采暖系統立管簡图,并根据研究列出单管蒸汽系統計算和安装的資料。

本書主要是根据作者在乌克兰苏維埃社会主义共和国建筑科学院建筑技术研究所所作的實驗研究編写的。

第一章 現有蒸汽采暖系統的特性

在集中式蒸汽采暖系統中可采用低压或高压飽和蒸汽作为热媒。

蒸汽采暖系統可以是上行式的也可以是下行式的,可以是双立管的,也可以是单立管的。

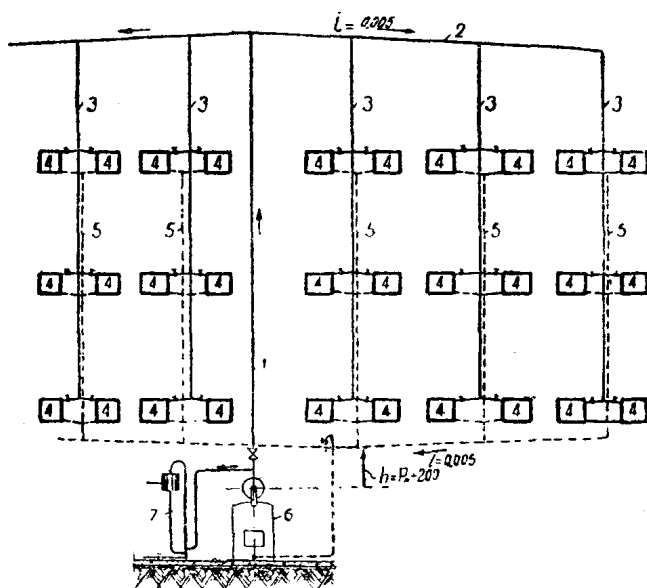


图 1 下行式双管蒸汽采暖系統簡图

下行式双管采暖系統中(图 1),蒸汽从鍋爐沿主立管 1 上升至配汽干管 2 (高于上部放热器),然后沿立管 3 流至放热器 4。蒸汽在放热器內冷凝时放出汽化潛热,把放热器加热,而放热器則以对流和輻射的方式将热散到房間內。由放热器流出的凝水沿立管

5 流回鍋爐 6。系統內蒸汽的最大壓力用安全裝置 7 來保證。

在上行式雙管系統中(圖 2),無論是蒸汽管道,或是凝水管道 2 都敷設在地板下的地溝內或地下室內,且低於放熱器。

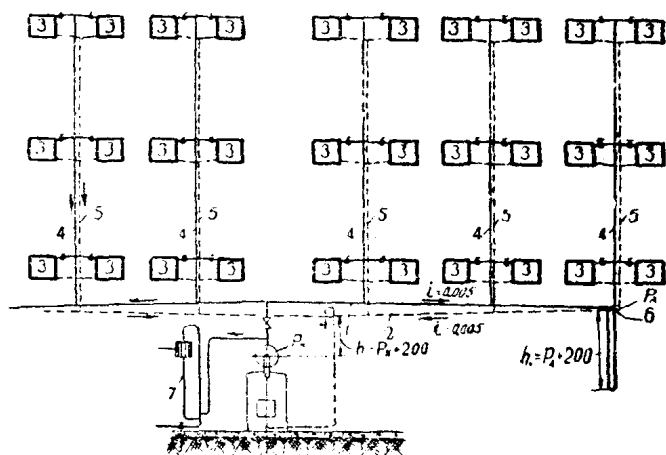


圖 2 上行式雙管蒸汽采暖系統簡圖

流向放熱器 3 的蒸汽沿立管 4 上升,而凝水則沿立管 5 向下流,并沿凝水干管 2 流回鍋爐。上行式蒸汽采暖系統的特性是必須設置使蒸汽與沿配汽管流動的凝水隔離的裝置。為了排除凝水,配汽干管在存水彎點 6 上與凝水管道連接,此存水彎是一 U 形水封。

上行式采暖系統需要的安裝費用較少,因為由於立管管材耗量減少,管道的總長也隨着縮短。當建築物需往上加高時(此時,采暖系統僅需用接長立管和安裝放熱器的方法來改裝)或在沒有閣樓的建築物內,採用上行式最為合理。

從經濟方面考慮,上行式采暖系統比下行式采暖系統合理,因為敷設在地下室的管道的熱損失可用於地下室的采暖。但下行式采暖系統較上行式系統具有一些使用上的優點——因蒸汽和凝水在這種系統內是沿立管向同一方向流動的,所以在工作中沒有噪音。

此外,在上行式中,供汽管道內蒸汽的流動方向與管內凝水的

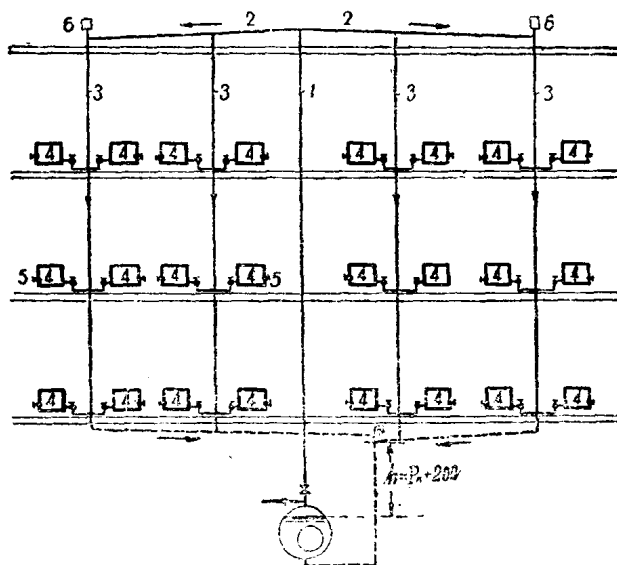


图 3 下行式单管蒸汽采暖系统简图

凝水(图 2)的流动方向相反,因而采暖系统内会产生水锤。

在下行式单管采暖系统内(图 3),从锅炉流出的蒸汽沿主管 1 上升,流向位置高于放热器的配汽干管 2,然后沿立管 3 下流,进入放热器 4。上一层楼的凝水和下一层楼采暖用的蒸汽沿立管向同一方向下流,这样在工作中就不会产生噪音。放热器和管道中的空气通过空气旋塞 5 和空气阀门 6 排出。

在上行式单管采暖系统(图 4)内,流向放热器的蒸汽和从放热器流出的凝水沿同一根管子流动,但方向相反。由于蒸汽和凝水沿同一根管子向相反方向流动,因而产生水锤。上行式系统的设备与下行式系统的相同。

单管系统的缺点是使用上的复杂性。放热器内未被排除的空气会减少系统的放热量,此外,为了把空气从单管系统的暖气片和管道网中排除出去,还必须设上专用的自动旋塞和空气阀。

除上述采暖系统外,还采用带双支管和跨越管的单管蒸汽系统。基辅弗兰克(И.франко)剧院就是按这种方式来安装单管

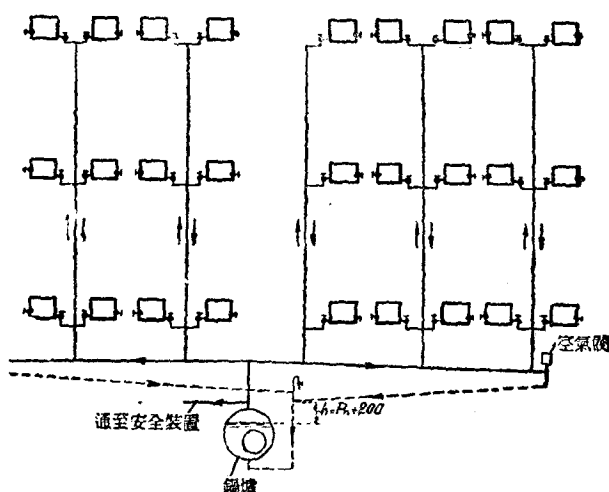


图 4 上行式单管蒸汽系统简图

蒸汽采暖系统的立管的。

上行式和下行式双管采暖系统,由于使用简便,因而在采暖工程中得到了广泛的应用。

根据与外部空气联通的性质,采暖系统可分为封闭式和敞开式两种。在封闭式采暖系统内,放热器内完全充满蒸汽,因此,其放热量与蒸汽的耗量无关,而与其温度有关。为了使放热器完全充满蒸汽,在放热器后的凝水支管上要安装上阻流环或隔汽具;隔汽具不会让蒸汽进入凝水管内,从而可避免蒸汽通过管壁向外界散热。

为了通过凝水而阻止蒸汽,在放热器后可安装带恒温器的隔汽具(图5)。隔汽具用管箍和外丝与管道连接。当隔汽具前的蒸汽压力为 $0.1 \sim 6$ 表压力时, $\varnothing = 1/2''$ 隔汽具的生产能力约为 $165 \sim 1000$ 公升/小时, $\varnothing = 3/4''$ 隔汽具的生产能力约为 $250 \sim 1300$ 公升/小时。隔汽具的重量为 0.89 公斤^①。

① “采暖通风设计手册”, 第一卷, 国立建筑书籍出版社, 莫斯科—列宁格勒, 1953 年俄文版。

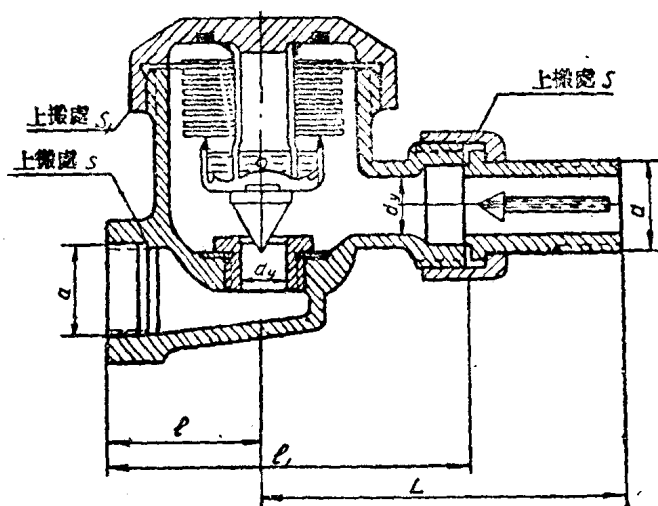


图 5 隔 汽 具

在封閉式的采暖系統中，应当認為放热器完全充滿蒸汽是正常的工作。封閉式采暖系統內放热器表面的溫度与蒸汽的溫度有关，乌克兰苏維埃社会主义共和国建筑科学院所进行的研究証明，实际上可采用比蒸汽溫度低 $1 \sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 的溫度（图 6）；沿放热器高度的表面溫度是均匀的，并相当于蒸汽的溫度。

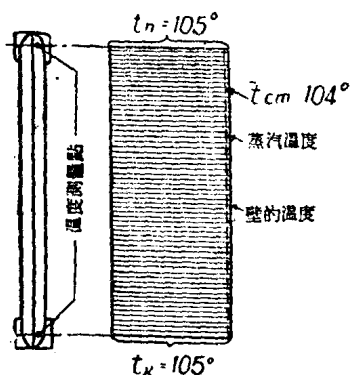


图 6 滿汽时“莫斯科-132”型
鑄鐵暖气片表面的溫度变化

在敞開式的采暖系統中，放热器通过专用的空气管和凝水管与大气联通。在放热器后不安装阻止未冷凝蒸汽流过的裝置。因此，放热器可能以富汽、滿汽或貧汽进行工作。

滿汽工作是敞開式采暖系統放热器的正常工作。但是，敞開式采暖系統一般都是在富汽或貧汽的情况下进行工作的，因而工作亦是不正常的。在富汽的情况

下,蒸汽未放出汽化潛热 就已进入凝水管(在此管内几乎完全冷凝),而此时散发出来的汽化潛热就无效地消失了。在貧汽的情况下,按滿汽計算的放热器就不能向要采暖的房間放出計算的热量。

为了避免通过放热器 排出蒸汽的热損失,并保証向房間放出必需的热量起见,放热器的表面应多計算出一些余量(达5~7%)。这样的放热器,在貧汽的情况下,亦能向要采暖的房間放出設計的热量。增加放热器放热面 5~7%,可减低金屬的热强度,但增加了放热器的数量。

敞开式采暖系統放热 器的放热量的变动很大,并与蒸汽的耗量有关。当通过放热器的蒸汽耗量介于 90~30 %之間,放热器的放热量則介于 97~34 %的范围内 ①。

当通过放热器的蒸汽不足时,放热器表面的温度是不均匀的。放热器表面的温度有最高温度(上面)和最低温度(下面)。沿放热器高度的温度如不均匀,就会减少其放热量 和金屬的热强度。因此,貧汽蒸汽采暖系統放热器的工作在經濟上是不合理的。从这一观点来看,滿汽工作对敞开式蒸汽采暖系統最有利。

在封閉式采暖系統內,蒸汽压力的变化范围很大,从一个大气压以上开始;在敞开式采暖系統內,蒸汽的温度与空气的計压力有关。但因为計压力的变化不大,所以敞开式采 暖系統內的蒸汽温度还是几乎保持固 定的水平,并处于 100°C 的范围內的。蒸汽系統,根据蒸汽的压力,可分为低压的(蒸汽压力在1.7絕对大气压以下)和高压的(蒸汽压力在1.7絕对大气压以上)两种。

由于蒸汽向放热器壁傳热 的傳热系数較热水的大,因而蒸汽采暖系統的放热器的放热量比热水采暖系統的高20~30%。由于傳热系数較高,以及放热器內热 媒温度和采暖房屋 內空气温度間的差值較大,故低压蒸汽采暖系統放热器的表 面可比热水采暖系統小30~35%,而对于高压系統,則小40%。由于放热器和管子的耗量較少,因此,蒸汽采暖系統在經濟上比热水采暖系統有利。

① Л.С.康德拉奇也夫(Кондратьев) 著:“調節式蒸汽空氣采暖”,國立建筑書齋出版社,莫斯科,1951年俄文版,第7頁。

由于蒸汽在冷凝时向暖气片壁傳热的系数很大，放热器加热表面的温度实际上可采用与蒸汽相同的温度。

按照卫生标准，安装在居住、公共、公用建筑物和幼儿园内的放热器，其表面温度不应超过 95°C ，而在医疗机关和托儿所内则不应超过 85°C 。因此，蒸汽采暖系统按标准仅允许安装在人们短时逗留的建筑物内，如生产厂房、影剧院、健身房、商业企业、食堂、浴室和洗衣房等。

蒸汽采暖系统受热得很快，这是它的优点，但由于蒸汽的单位体积重量比水的单位体积重量小得多，又由于蒸汽的含热量较大和放热器的传热系数较高，因而蒸汽采暖系统的热惰性是不大的。因此，蒸汽放热器受热较快，而冷却也快（图7）。这在某种情况下是不能中断采暖系统的供气的，虽然采暖房间内气温降低不大而时间也不长。但是，蒸汽采暖系统的这种特性，利用于必须很快升高气温，或相反地，需要很快降低气温的建筑物内，如电影院、人数众多的会议厅等，还是有利的。

在封闭式采暖系统内，如把放热器关闭几个，则其它的放热器的放热量是不会起变化的。这说明这种采暖系统有很好的热稳定性。放热器的放热量随蒸汽压力的改变而改变，因此，放热量可以用中央质量调节方法来调节。

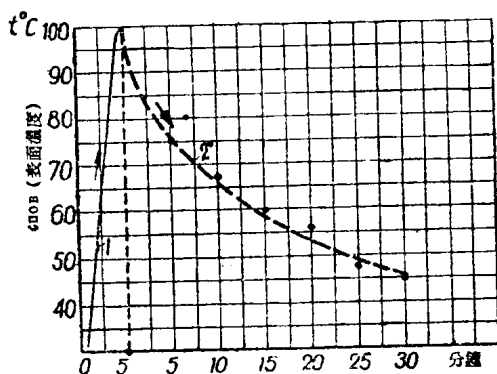


图 7 “莫斯科-132”型放热器的加热与冷却

1—加热；2—冷却

在敞开式采暖系統內，如關閉几个放热器，就会显著地影响到其它放热器的放热量。因此，这种系統的热稳定性不好。因为当采用敞开式采暖系統时，蒸汽的温度是不变的，是处于 100°C 的范围內的，所以这种系統的放热器的放热量不可能进行中央質量調节。在这种系統中，放热器的放热量仅可用改变蒸汽耗量的方法来調节。

尽管有剩余汽压的现有蒸汽采暖系統具有良好的質量，但从使用方面来看，这种系統还不完善，而按照卫生标准对于居住和一系列的公共建筑物是不适用的。此外，这种系統不可能根据室外的温度来調节放热器的放热量，这会导致燃料过量消耗。蒸汽采暖系統还有很大的缺点，即寿命不长，約在15~20年之間^①。

但好多建筑物的蒸汽采暖系統的使用实践証明，如很好地养护采暖系統，并且只要进行一些小修，蒸汽系統就可使用相当长的時間。蒸汽采暖系統使用50年或超过50年的例子是有的，例如，基輔的历史博物館內的采暖系統就使用了50年，基輔弗兰克剧院內的单管蒸汽采暖系統从1898年使用到现在，基輔音乐喜剧院內的单管蒸汽采暖系統从1903年使用到现在，基輔少年戏院內的单管蒸汽采暖系統自1898年使用到现在，仅在1946年~1947年間进行过一次大修。

基輔 T.Г. 舍夫琴科歌剧和芭蕾舞剧院內的蒸汽采暖系統建于1901年，而在1951年才拆除，并由于該建筑物与热电站的管網連接，才換成了热水采暖系統。

蒸汽采暖系統的裝置需要資金較少，所以，采用蒸汽作为第一热媒是最有利的。因此，必須寻找在技术上更完善的途徑把蒸汽用作居住和其它建筑物的采暖。很多工程师爭取更广泛地利用蒸汽采暖系統，并作成可調节的，且提出这些采暖系統的較完善的設計，例如：

① Г.А. 馬克西莫夫, А.Н. 奧爾洛夫著：“采暖與通風”第一冊，莫斯科，1954年俄文版，第210頁。

1. 在放热器內局部混合空气的系統^①；
2. 調節式蒸汽空气采暖系統^②；
3. 冷凝采暖系統^③；
4. 放热器表面温度低于 100°C 的蒸汽采暖系統——真空蒸汽系統^④。

在真空蒸汽采暖系統內，可使蒸汽采暖系統鑄鐵放热器表面的温度降到 95°C 以下，并根据外部温度的变化調節其放热量。在这种采暖系統中，供給放热器的是压力較低的饱和蒸汽。当調節蒸汽的压力在 $0.1\sim 0.9$ 絕對大气压范围之内，則其温度相应地在 $45.45\sim 96.18^{\circ}\text{C}$ 之間。因此，可以改变放热器表面的温度，因而必然改变其放热量。在这种采暖系統中可进行中央質量和数量調節。可利用湿空气泵降低采暖系統內的压力，由放热器內抽出凝水，在管道和放热器內造成所要求的真空。

为了克服蒸汽沿管子流动的阻力，鍋爐內的压力应比放热器的压力高一些，其数值要等于蒸汽由鍋爐流至放热器的沿管子的压力損失。

真空蒸汽采暖系統要比一般的蒸汽系統复杂得多，因为它需要特殊的設備和較仔細地安装，并应对严密程度采取特別的措施，这种系統的养护較为复杂，因此，这种系統在我們苏联暂时还未得到广泛采用。但是从建筑工程節約观点来看，較好的还是具备有热水和蒸汽采暖系統的优良質量的真空蒸汽系統。

乌克兰苏維埃社会主义共和国建筑科学院对“莫斯科-132”型鑄鐵暖气片以較低的蒸汽压力进行了加热的研究。在暖气片內用真空泵造成真空。暖气片表面的温度与其中蒸汽的压力相适应，約在 $100\sim 70^{\circ}\text{C}$ 之間。

① A. K. 巴甫洛夫斯基著：“采暖與通風教程”，СНБ，1909年俄文版。

② Л. С. 康德拉奇也夫著：“調節式蒸汽采暖系統”，國立建筑書籍出版社，莫斯科，1951年俄文版。

③ С. В. 烏里揚尼斯基著：“冷凝采暖系統”，俄羅斯蘇維埃聯邦社會主義共和國公用事業部出版社，1947年俄文版。

④ М. 阿謝著：“采暖與通風”，國立建筑書籍出版社，莫斯科—列寧格勒，1939年俄文版。

真空蒸汽采暖系統除了由一个中心在整个采暖管網內造成真空之外,也可以有分散地在放热器內造成真空的采暖系統。放热器內的分散真空可利用安装在蒸汽管道上放热器旁的射水器造成。

第二章 混凝土傳热板式采暖系統

总 論

上述采暖系統的主要缺点,是放热器的金屬热强度較低,并且当采用蒸汽时,要使放热器表面得到卫生标准所允許的温度,則必須在放热器旁或鍋爐房內 安装專門的設備,这样会使采暖系統复杂化。

采用直接进入热媒的放热器,其表面可以 具有卫生标准所允許的温度,可以进行中央質量調节,对于居住和某些公共建筑物可以采用蒸汽作为热媒。这种放热器就是混凝土傳热板。

混凝土傳热板是里面装塞有鋼的蛇形管或排管的板子(图8)。

在許多年前俄国就采用了混凝土板作为放热器。我們的同胞B.A.雅希莫維奇(Яхимович)工艺工程师无愧被認為 是这种采暖系統的創始人和第一个建設者。

根据書籍記載:“在混凝土中嵌入管子做放热器的第一个中央式采暖系統是薩拉托夫技术学校教师、天才的工程师B.A.雅希莫維奇于1905年在薩拉托夫安装起来的,10年后这种系統在俄国已有10个以上的城市普遍采用了”^①。

根据 K.B.季候米洛夫工程师对嘉桑医学院附屬医院的混凝土蒸汽采暖系統的考查証明,这种采暖系統的技术經濟質量很高。分析和观察証明,这种系統的使用 期超过一般热水和蒸汽采暖系統的使用期,并接近于建筑物主要結構的使用期限。在K.B.季候

● “建筑工業”,1954年第三期, K.B.季候米洛夫所作“輻射式采暖系統使用經驗”一文。