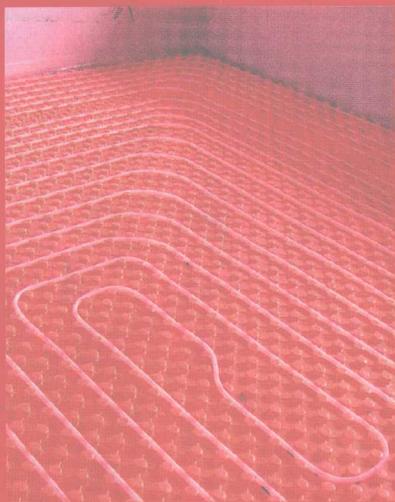


散热器采暖与地板 采暖系统之比较

[意] Michele Vio 著



中国建筑工业出版社

散热器采暖与地板 采暖系统之比较

[意] Michele Vio 著

中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01-2010-0938

图书在版编目 (CIP) 数据

散热器采暖与地板采暖系统之比较 / (意) Michele Vio. 著

—北京：中国建筑工业出版社，2010

ISBN 978-7-112-11847-2

I. 散… II. M… III. ①散热器-采暖-研究②地板-辐射采暖-研究 IV. TU832

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 031913 号

责任编辑：齐庆梅 / 责任设计：赵明霞 / 责任校对：赵颖 王雪竹

EFFICIENZA ENERGETICA E BENESSERE AMBIENTALE. Contronto ragionato tra
pavimento radiante e radiatori nel riscaldamento residenziale

Michele Vio

© 2009 Editoriale Delfino srl

本书由版权所有者 Michele Vio 正式授权我社出版、发行本书中文简体字版，
书名为《散热器采暖与地板采暖系统之比较》。未经出版者预先书面许可，
不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

散热器采暖与地板采暖系统之比较

[意] Michele Vio 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京华艺制版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本：880×1230 毫米 1/32 印张：4 $\frac{3}{4}$ 字数：168 千字

2010 年 3 月第一版 2010 年 3 月第一次印刷

定价：28.00 元

ISBN 978-7-112-11847-2

(19094)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

(邮政编码 100037)

鸣谢意莎普集团允许本人使用其散热器实验室以及目前在欧洲最先进的新型辐射板性能实验室。

特别感谢 Lorenzo Lapponi 工程师，Irtech 公司（IRSAP 集团）的技术负责人，对本书的撰写所作出的贡献。

感谢意莎普金泰格散热器（北京）有限公司的同事们对出版此书中文版的支持、翻译以及建议，尤其感谢赵刚总经理、张惠贤女士，以及黄梦曦女士。另外还要感谢清华大学教授肖曰嵘先生和散热器委员会的主任宋为民先生。

作者简介：

作者 **Michele Vio**，毕业于热能机械工程专业。他是维奥联合研究室（Studio Associato Vio）的负责人，他的研究室位于威尼斯，从事热能工程和电力工程领域的工作；其中大部分是空调系统，特别关注与制冷和废热发电有关的能源问题。他在 1996 年和 2002 年获得了 AICARR（意大利空调制冷协会）颁发的“Roberto Sanguinetti”奖。多年来，一直与意莎普集团合作，研究采暖系统和空调系统的舒适度和热效率。2009 年底，被选举为 AICARR（意大利空调制冷协会）主席，他将于 2011 年上任，任期至 2014 年。

序

低碳经济已经变成全世界以及国内各个行业发展的一个主流方向，而房地产业也加入到低碳发展的大军中来。因为传统的建筑能耗占整个碳排放量的 30% ~ 40%。而建筑节能挖掘的部分，更多的是来自暖通领域。欧洲国家在供暖节能方面已经计算和控制得很精细。但国内在供暖节能方面还属粗放式的管理。中国未来的发展方向也一定是要使用舒适节能环保的供暖产品。

进入 21 世纪以来，我国的采暖市场也发生了巨大的变化，各种采暖产品层出不穷，尤其散热器采暖和地板采暖占据了绝大部分市场。而地板采暖又呈明显上升趋势。作为有近百年使用新型采暖设备的欧洲国家又是如何看待不同采暖产品的差异的。本书的作者，米开罗·维奥是意大利空调制冷协会的主席，毕业于热能机械工程专业。他是维奥联合研究室的负责人，长期从事热力工程和电力工程领域的研究工作。他在欧洲意莎普集团的科学实验室作了大量各种采暖产品实验，用客观数据证明了不同产品的优缺点。供广大的消费者、房地产商、暖通设计师参考。

以节能保温建筑为条件的建筑节能，推广低温采暖技术，是实践低碳经济、保护环境的重要措施。本书的出版对于我国多种方式采暖技术的科学发展和建筑节能技术的应用，落实科学发展观，具有重要意义。

感谢意莎普集团公司为中国建筑节能作出的辛勤努力，同时对本书的出版表示诚挚的祝贺。

肖曰嵘

前 言

地板采暖对于我们国家绝对不是新鲜事物。在 20 世纪 50 ~ 60 年代已经开始在居民住宅中使用。但是，由于一系列设计和安装方面的问题，在后来的四十年里一度被遗弃了。但由于节能观念的推动，最近这几年地板采暖的工程应用又回归到了顶点。

我对地板采暖非常熟悉。我在一个致力于研究类似系统运行的办公室工作了好多年，并且在 20 世纪 50 年代末，我家也采用和安装了一套地板采暖系统，那是一个非常完美的系统，通过这个系统，我懂得了它所有的优点和缺点。这个办公室的人员投入了大量的精力来深入研究这套采暖系统，因为当年的建筑物保温做得不太好。除了时而刮东南风的时候，感觉都快热死了。因为这个系统是不能调节的，即使关了系统，地板也是热的，所以不得不打开窗户。

在我职业生涯的最后一年里，我专门从事辐射板系统，尤其是用于冷却吊顶的辐射板系统。我学会了更好地认识它，并深入地研究了热交换。与其他人一起，我设计并实现了一个目前在欧洲最无可挑剔的辐射板系统实验室：就是在乌迪内大区境内的 Rhoss-Irtech 的实验室。Rhoss 是欧洲在制冷领域里的带头人之一，Irtech 是 Rhoss 在辐射板系统里的一个做空调的部门。他们都是 IRSAP 集团的一部分，而 IRSAP 是欧洲散热器之父。

我决定写这本书是因为，在这个阶段，许多人将地板采暖系统认为是治疗所有采暖系统弊病的灵丹妙药，而散热器就像老古董一样已经被废除了。这种片面的思想指导下的工程应用不可避免地，将地板采暖系统应用于并不合适其应用的情况，而且关于地板采暖系统的不符合逻辑的节能数据也到处传播。

实际情况比与第一印象不一致的理解和转变过程是复杂而且困难的。我坚持认为，如果建筑本身的保温层做得不好的话，地

地板采暖系统会比较好，因为它可以弥补保温层损失的热量。只有在这种情况下，要保证舒适度才要不可避免地选择地板采暖系统。

相反，如果建筑物有良好的保温，保温层本身就提供了足够的室内温度舒适度。地板采暖系统和散热器系统的舒适度区别就变得很小了。

此书中所报道的都是长年成熟经验的结果。我决定把它整理并写出来，就是想通过散热器采暖与地板采暖方式的比较，澄清一系列严肃的问题，以便帮助设计者、安装者以及最终用户弄明白他们正在选择的系统的优缺点，让他们知道自己的决定是否符合预期。

为此，我选择了一种简单的和比较直观的沟通方式。内容写得就像两个人之间对话一样。我记得在研讨会上使用过这种方式，但从来没有有人在书中运用过。而且，我认为这种方式对于非本专业的人，如最终用户，可以帮助他们更好地了解整个发展过程。

此项工作的目的是想说明，在保温非常好的新型建筑里，低温进水的散热器可以保障室内舒适度，而且其节能性能等同于甚至有时候还高于地板采暖系统。

这些术语将在第四、五、六章里详细阐述。第四章专门讲的是室内环境热舒适度。为了支撑本文的观点，引用了一系列在典型的住宅建筑里典型的垂直温差，以展示各类系统的温度表现。

在第五章讲的是两种采暖方式的节能比较，并专门列出与地板采暖系统的高热惰性有关的一系列问题。尤其要证实一下，在保温性能好的建筑里使用地板采暖系统时，很严重的一个缺陷——热负荷变化时，为了保证室内舒适度所需要的反应时间太长。

第六章解释，为了使热水器的热效率达到最佳，系统的水容量在散热器系统里的重要性，并就散热器与地板采暖系统由于燃气热水器点火和熄灭所造成的热量损失做了比较。

第七章集中总结前述各章节。

第一章定义和了解什么是低温。作为附录 A 的一个部分，它解释冷凝式燃气热水器与热泵之间的区别。

第二章解释对流热交换与辐射热交换之间的区别。在所有的采暖系统里，从地板采暖系统到散热器采暖系统，这两种热交换时常以不同的方式出现。尤其是散热器，幂指数 n 有很大的影响，这在所有制造商的样本里都特意写明了。

第三章，为了同时满足环境的舒适和节能，解释了散热器的尺寸怎样才合理。

如果你接受前三章所涉及的一些概念和理论，那么你就会自动阅读第四、五、六章。

然而，如果你想深入地探讨室内环境里热交换的过程问题，那么，最好阅读一些有关它的热交换过程及热传导发展过程的文章。附录 A。

最后，附录 B 深入阐述各采暖系统的热交换话题。推出附录 B 是由于热交换的复杂性，也许一些读者对某些部分内容并不感兴趣。

目 录

第一章	如何使低温采暖系统节能最大化	1
第二章	散热器可作为低温的终端吗?	3
	散热器的散热量	4
	散热器的对流换热和辐射换热	8
第三章	如何设计散热器的尺寸	14
	最大可以消耗多少能源呢?	14
	如何减少一组散热器的热量	16
	使用冷凝式燃气热水器如何减小热量	17
	使用热泵如何减少热量	19
	综合总结散热器的散热量	21
第四章	室内环境热舒适度	23
	垂直温差	23
	有效平均温度	25
	有多面外墙并且保温性能差的室内舒适度条件	27
	第一种方案: 高温散热器	29
	第二种方案: 地板采暖	32
	第三种方案: 两组低温散热器	33
	保温性能的影响	35
	外墙数量的影响	40
第五章	与地板采暖相比, 散热器采暖的优势	47
	地板采暖的热交换	47
	地板覆盖物的影响	50
	家具的影响: 可使用的有效表面积	52

地板热惰性的影响	57
系统达到稳定温度的时间	58
系统的反应时间	63
间歇运行时系统的运行情况	66
第六章 热惰性对燃气热水器运行的影响	69
模数调节：有温控阀的散热器	71
On - Off 调节：只有一个温控阀的散热器	78
On - Off 调节：地板采暖	86
第七章 散热器采暖和地板采暖系统的综合比较	91
设计和安装	91
使用低温热源系统	92
设计和安装的方便性	92
系统的灵活性	93
建筑风格与室内家具之间的相互影响	94
环境舒适度	96
达到稳定的室内温度的时间和热负荷变化的反应时间	97
热效率	98
最终用户使用的方便性	99
系统应用的建议	100
系统应用时应该避免的事项	101
附录 A 冷凝式燃气热水器和热泵	102
冷凝式燃气热水器	102
热泵	104
冷凝式燃气热水器和热泵之间的其他区别	108
冷凝式燃气热水器和热泵在能源和环保方面的比较	109
热水器和热泵的经济性比较	112
附录 B 地板采暖系统散热量的精密计算	115
制冷用地板采暖系统的运行	127

第一章

如何使低温采暖系统节能最大化

我们讲的是住宅领域的节能，这是一个非常有现实意义的题目。新的法规总是推动建筑物在节能方面更有效。鉴于建筑物的保温性增强了，相应地，采暖系统的热效率也应该更高。但是，如何实现呢？

理想的采暖系统是不存在的，从来没有过，将来也不会有。采暖系统应该适合所安装的建筑物的类型、适合当地的气候条件。意大利是地中海国家，气候温和。春天和夏天，从意大利北部到南部没有多大变化。而在冬天，意大利北部和南部的差异还是比较大的。

而且，意大利的建筑类型也大相径庭。从别墅、连排别墅，一直到代表了大多数建筑类型的大型公寓都有。对于我们国家，市区规模不是很大，可供房地产公司开发的水平空间也不大，因此，就像其他北欧国家一样，在意大利连排别墅普遍向垂直空间发展。

因为外墙是往垂直方向发展的，所以，相对于往水平方向发展的建筑，这样的建筑耗热量的百分比就少。设计采暖系统时，必须考虑到这一点。

当然，要获得一个高效能的系统，就要把它设计成一个低温系统。

低温，越来越经常听到这个词。它为什么对节能如此重要呢？

使用低温系统可以减少能量消耗，因为可以使用高效率的热

源，比如冷凝式燃气热水器和热泵。

供低温系统使用的水温最高是多少度呢？

取决于热源。冷凝式燃气热水器和热泵完全不同，因为这两种热源生产热量的原理区别很大。

必须把产生的并可达到的最高温度和为获得较大效能的最佳温度区分开来。

冷凝式燃气热水器的水温可以达到很高，接近 100℃，而一个普通的热泵最多只能到 55℃。只有少数专为高温研发的热泵可以达到 60℃。

那么，为获得最大效率的最佳温度是多少呢？

这也取决于热源。

对于冷凝式燃气热水器来说，所产生的供水温度并不很重要，而系统回水的温度更重要。无论如何，为保证冷凝式燃气热水器的高效率，无论供水温度多高，即使供水温度 65℃ 以上，回水温度也必须低于 45℃。

然而，对于热泵来说，热效率会随着产生的温度的升高而降低。

它们是完全不同的热源，而且它们各自达到最佳效率的方式也不一样。

如果愿意，可以深入探讨这个话题（附录 A：冷凝式燃气热水器和热泵）。下面我们继续进行。

第二章

散热器可作为低温的终端吗？

为了更加高效地利用这些热源，即冷凝式燃气热水器和热泵，系统应该有怎样的特性呢？

必须有能在低温下运行的终端。

就像地板采暖或辐射吊顶吗？唯有它可以在低温的情况下运行良好。

当我们说到低温的时候，总是想到地板采暖系统。当然，这些低温采暖系统可以输入低于 40℃ 的水，而且它们适合与热泵搭配。但是，适用低温水的采暖系统并不仅仅只有地板采暖。

还有其他的终端吗？那是什么呢？

可以低温输入的强对流末端，比如空调机组的加热器和风机盘管。

但它们不能在如此低的温度下运行。

错误。如果设计合理，它们也可以用与地板采暖一样温度的水运行，即 40℃ 的水。

地板采暖可以使用更低的水温运行！

这取决于需要提供的热量和覆盖物的种类。如果地面覆盖的是镶木地板，那么，水温应该高于 40℃，才能达到足够的散热，以保证舒适。

可能吧，但这是唯一不用风扇就能运行的低温终端。

不对。还有就是散热器。

散热器？它们不能用太低的水温运行呀！

这是谁说的？如果你用准确的方法计算，就会发现散热器也可以在低温下运行。

散热器的散热量

在运行温度下，散热器所提供的热量（ Q ）是可以通过计算公式确定的。

你确定吗？我们验证一下公式：

$$Q = K\Delta T^n = K (T_m - T_A)^n$$

公式告诉我们，散热器提供的热量等于一个常数 k 乘以散热器表面的平均散热温度 T_m 和室内温度 T_A 之间的温差 ΔT 的一个 n 次幂， n 基本上取决于散热器的几何状况。

名义值由 50°C 的温差 ΔT 提供，即：散热器的平均温度 70°C 减去室内温度 20°C 。

正确。取决于幂指数 n ， n 越高，散热器的散热量就越大，而减小温差 ΔT ，则散热量降低。

所以，温差 ΔT 相同时，散热量完全取决于幂指数 n 的值。减小温差 ΔT 时散热量降低，但是，比幂指数 n 的减小所导致的散热量下降，要小得多。

假设有两组不同的散热器，一组的幂指数 $n = 1.40$ ，而另一组的幂指数 $n = 1.15$ ，在 $\Delta T = 50^\circ\text{C}$ 时，两组散热器的散热量都是 1000W 。减小散热器和空气之间的温差 ΔT ，散热量降低的方式不同。

例如，当 $\Delta T = 30^\circ\text{C}$ 时，幂指数 $n = 1.40$ 散热器的散热量降低到了 490W ，而幂指数 $n = 1.15$ 散热器的散热量降低到了 560W 。之前，散热量是相等的，现在，幂指数 $n = 1.15$ 散热器的散热量就比幂指数 $n = 1.40$ 散热器的散热量高出了 14% 。

如果再减小温差 ΔT 至 20°C ，幂指数 $n = 1.40$ 散热器的散热量就会降低至 280W ，而幂指数 $n = 1.15$ 时散热器的散热量降低至

350W。幂指数 $n = 1.15$ 散热器的散热量比幂指数 $n = 1.40$ 散热器的散热量高出了 26%。

因此，并不是幂指数高就好！我总认为这是散热器的一个优势！

我们说这是高温下运行的一个优势。在低温运行时，幂指数 n 低的散热器表现得就很不好。就更别说幂指数 n 低于 1.1 的散热系统了。

回过头来看前面所讲的，图 2.1 很有意思，因为它表达了随着温差 ΔT 的减小，散热量降低的趋势。假设各不同幂指数 n 的散热器的名义散热量是一样的。图中的百分比是通过 $n = 1.15$ 的散热量与 $n > 1.15$ 的散热量之差和 $n = 1.15$ 的散热量作比较得来的。

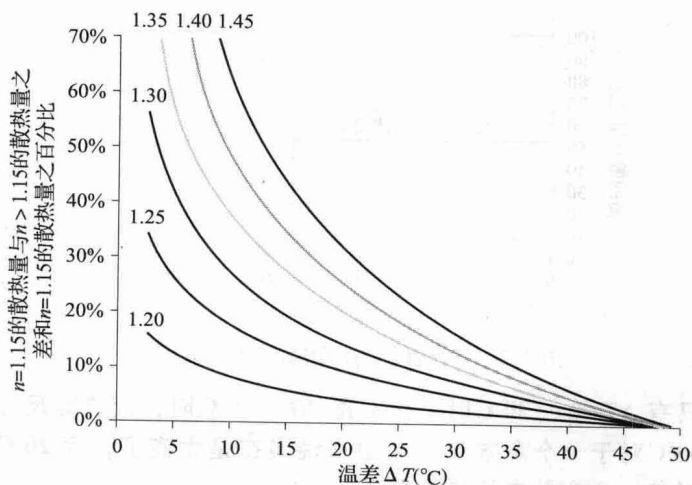


图 2.1 随着温差 ΔT 的减小， $n = 1.15$ 的散热量与 $n > 1.15$ 的散热量之差和 $n = 1.15$ 的散热量作比较

当幂指数 n 大于 1.3， $\Delta T = 30^\circ\text{C}$ 时，就可以看到很显著的散热量的降低百分比的上升情况，也就是说， n 越大的散热器，在降低散热的驱动力 ΔT 时，其实际工况的散热量降低得越快。

那就剩下散热量降低的问题了。还是假设幂指数 $n = 1.15$ 的散热器，当 $\Delta T = 30^\circ\text{C}$ 时，其散热量就降低到名义散热量的 56%，而当 $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ 时，其散热量降低到了名义散热量的 35%。这就意味着，相对于现在的正常工况下，在新的节能法规要求下的建筑中，散热器的尺寸缩小了 2 倍甚至 3 倍。

错误。在没有新的节能法规强制规定加强建筑结构的保温性的情况下，就意味着散热器的尺寸缩小了 2 倍或者 3 倍。但新型建筑的保温性好，情况就不同了。在 A 级节能（年消耗低于 $30\text{kWh}/\text{m}^2$ ）和 B 级节能（年消耗低于 $50\text{kWh}/\text{m}^2$ ）的建筑中，由于保温性好，加上设置了热回收装置时所补偿的热量，热量需求的降低超过了 50% 以上，如图 2.2 所示。这就意味着，比我们习惯设计的散热器的尺寸减小了，而且可以输入低温水。

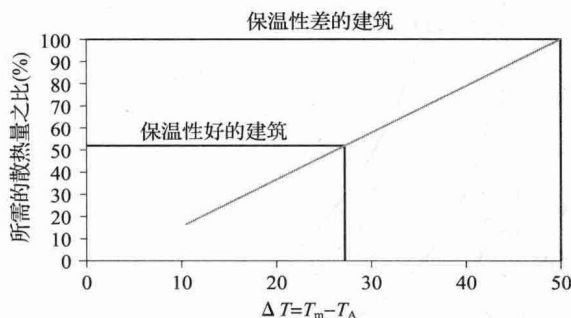


图 2.2 保温性能与所需散热量间的关系

只有 ΔT 接近 30°C 时，而不是 $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ 时，散热器尺寸才减小， 30°C 对于一个高效率的热源来说实在是太高了，而 20°C 这个温差对于一个高效率的热源来说更合适。

又错了！ $\Delta T = 30^\circ\text{C}$ 对冷凝式燃气热水器很合适。只是对热泵来说这个值太高了。冷凝式燃气热水器并不关注产生的水温，而更关注回水的温度，它应该低于 45°C （详见附录 A）。

我们精确地写出温差 ΔT 的计算公式：

$$\Delta T = T_m - T_A = \frac{T_1 + T_u}{2} - T_A$$

因此，散热器的平均温度 T_m 就等于散热器进水温度 T_i 与回水温度 T_u 之平均值。如果进水温度 T_i 是 55°C ，而回水温度 T_u 是 45°C ，那么散热器的平均温度 T_m 就是 50°C ，而 ΔT 就是 30°C 。冷凝式燃气热水器能够很好地冷凝，生成凝结水。

进水温度 $T_i = 60^{\circ}\text{C}$ ，而回水温度 $T_u = 45^{\circ}\text{C}$ 时， ΔT 增大到 32.5°C ，也可以实现冷凝，生成凝结水。

散热器必须在进水和回水温度差为 15°C 时运行，是不是太高了？

一点也不高。这是一个可接受的温差值。还可以在更大的温差下运行，直到 20°C 。记得自然循环的回路系统吗？它的供回水温差很大，就是因为不这样的话，回路就无法循环。

再举前面讲到的例子，把温差从 30°C 增大到 32.5°C 时，当散热器的幂指数 $n = 1.15$ （增长了 10.7% ）时，散热量可以从 560W 增加到 620W ，而当散热器的幂指数 $n = 1.4$ （增长 12.2% ）时，散热量就从 490W 增加到了 550W 。

用热泵，有什么变化呢？

进水温度对热泵也很重要。进水温度越低，热效率越高。每升高 1°C 效率损失大约为 3% 。必须降低进水温度（最高 45°C ），在较小的温差下运行。散热器和空气之间的温差 ΔT 可以是 20°C ，最大不超过 22.5°C 。

那么，散热器就不适合热泵了吗？

不完全是这样。只有幂指数 n 很高时才不适合。幂指数 n 相当低时，表现还是很不错的。为了更好地说明，可以看一看表 2.1，不同的幂指数 n ，温差 ΔT 减小时，相对于名义散热量的百分比。为了再清楚一些，我还列出了在设计中从来不使用的非常小的温差 ΔT 。

可以看出，当幂指数 n 大而 ΔT 小时，散热量就会明显减少。

浅色显示的区域是使用冷凝式燃气热水器的，而深色显示的区域是使用热泵的。