

建筑材料 热工指标表

A. V. 富 兰 楚 克 著

建筑工程出版社

建 筑 材 料 热 工 指 标 表

殷 龙 珠 译

建筑工程出版社出版

• 1958 •

內容提要 本書中列出建築材料在零上溫度和零下溫度以及在不同濕度時的热傳導，热容量，溫度傳導和受熱等系数；蒸汽透過值和水分子移動值；以及當空氣的溫度和相對濕度不同時物料的空氣透過值及吸附濕度值。

本書可供建築及設計機構的工程技術人員以及建築材料和冷藏工業的專家們參考之用。

原本說明

書 名 ТАБЛИЦЫ ТЕХНИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ

著 者 А. У. ФРАНЧУК

出版者 СТРОЙИЗДАТ

出版地点
及 年 份 МОСКВА—1949

建築材料热工指标表

殷 龙 珠 譯

*

建築工程出版社出版(北京市華盛門外大街)

北京市書刊出版業營業登記證出字第052号

建築工程出版社印刷厂印刷·新华書店發行

書号 1007 93千字 850×1168 1/32 印張3張 插頁3

1958年7月第1版 1958年7月第1次印刷

印數: 1—1,445册 定價(10)1.90元

目 录

序	6
通用的字母符号	7
緒論	8

一、建筑材料热工指标表的說明

1. 建築材料的容重和孔隙率	11
2. 建築材料的热工指标	12
3. 建築材料的热傳导	13
4. 建築材料的导热係数与容重的关系	15
5. 建築材料的热容量	15
6. 建築材料的体积热容量	16
7. 建築材料的温度傳导和吸热	16
8. 材料的湿度	17
9. 建築物外圍結構中材料的輻射系数	18
10. 建築材料潮湿状态的鑑定	18
11. 建築材料的吸附湿度	19
12. 建築材料和外圍構件的透气性	21
13. 空气中水蒸汽的張力	22

二、指 标 表

1. 建築材料的容重、孔隙率及密度	24
2. 無机建築材料的容重、孔隙率及密度	27
3. 有机建築材料的容重、孔隙率及密度	28
4. 建築材料在零上温度及体积湿度不同时 的导热系数	29
5. 建築材料在零下温度及体积湿度不同时 的导热系数	37
6. 無机建築材料在体积湿度不同时的零上温度	

和零下温度的导热系数·····	44
7. 有机建筑材料在体积湿度不同时的	
零上温度和零下温度的导热系数·····	51
8. 木材在体积湿度不同时的零上温度	
和零下温度的顺丝导热系数·····	54
9. 木材在体积湿度不同时的零上温度	
和零下温度的横丝导热系数·····	56
10. 材料的导热系数与容重的关系·····	59
11. 干建筑材料在 $+20^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$ 温	
度下的重度热容量·····	62
12. 建筑材料在平均温度 $t_{cp}=0$ 时其主	
要部分化学化合物的重度热容量·····	63
13. 建筑材料在零上温度及体积湿度不	
同时的体积热容量·····	64
14. 建筑材料在零下温度及体积湿度不	
同时的体积热容量·····	66
15. 建筑材料在零上温度及体积湿度	
不同时的导热系数和受热系数·····	68
16. 建筑材料在零下温度及体积湿度	
不同时的导热系数和受热系数·····	72
17. 材料的辐射系数·····	78
18. 建筑材料的蒸汽传导系数和蒸汽透过系数·····	79
19. 材料的水分移动系数·····	81
20. 建筑材料在空气的温度不同及	
相对湿度不同时的吸附湿度·····	82
21. 建筑材料的透气系数·····	106
22. 外围结构及其构件的透气特性·····	108
23. 空气中之水蒸汽的最大张力值 E ·····	110

三、建築材料的物理性數值的圖表測定

1. 材料的導熱係數與容重的關係…………… 112
2. 材料的導熱係數與濕度、容重及孔隙率的關係…… 112
3. 建築材料的热容量…………… 114
4. 建築材料之溫度傳導係數的測定…………… 114
5. 材料之蒸汽透過係數的測定…………… 115
6. 建築材料的吸水性和吸附濕度的測定…………… 115

四、圖 解

序

建筑材料之物理特性的全面研究，乃是促使工業建筑物和住宅的質量提高的条件之一。

預先进行的热工計算和湿度計算，不仅是可造成正常而經濟的有效操作条件，而且对建筑物的耐久性，都具有非常重大的意义。为了保証在实际上广泛地运用建筑的热工計算和湿度計算，就必须有便于計算建筑材料物理特性的計算表。

苏联的專家們，在确定建筑材料的物理特性方面，已經取得了巨大的成就。

由于在中央工業建筑科学研究所建筑物理实验室内所进行的偉大的科学研究工作的結果，在建筑材料的物理鑑定方面，才获得了許多实验数据。

本書叙述了这些研究結果。

科学工作者工学碩士 P.E. 布里林格进行了渗透方面的研究，作者根据他的研究結果，編制了表 19 建筑材料的水分移动系数表。本書全部都是在工学博士 O.E. 福拉索夫的指导下編成的。

通用的字母符号

- λ ——材料的导热系数, 大卡/公尺小时 $^{\circ}\text{C}$;
 c_{yn} ——材料的重度热容量, 大卡/公斤 $^{\circ}\text{C}$;
 $c_{\text{об}}$ ——材料的体积热容量, 大卡/立方公尺 $^{\circ}\text{C}$;
 α ——材料的温度传导系数, 平方公尺/小时;
 γ ——材料的容重, 公斤/立方公尺;
 γ_1 ——材料的重度, 公斤/立方公尺;
 s ——材料的受热系数, 大卡/平方公尺小时 $^{\circ}\text{C}$;
 C ——材料的辐射系数, 大卡/平方公尺小时;
 P ——材料的孔隙率, %;
 P_1 ——材料的密度, %;
 μ ——蒸汽透过系数, 克/公尺小时 公厘水银柱;
 η ——材料中的水蒸汽传导系数, 公斤/公尺晝夜(公厘水银柱)²;
 k ——水分移动系数, 平方公尺/晝夜;
 ω ——材料的体积湿度, %;
 ω_a ——材料的重量湿度, %;
 E ——水蒸汽的最大张力, 公厘水银柱;
 i ——透气系数, 公斤/公尺小时 公厘水柱;
 r_i ——透气阻力, 公厘平方公尺小时/公斤;
 φ ——空气相对湿度, %.

緒 論

苏联在斯大林五年計劃的基础上实行的大規模的工業和住宅建筑計劃，要求苏联的科学工作者在建筑部門中日新月異地解决建筑事業上各种各样的理論問題和实际問題。

在外圍結構研究方面远远超过了外国技术的苏联科学思想，能够运用符合技术要求和經濟要求的、答案最恰当的最新的理論計算表来丰富建筑实际。

对于工業和住宅建筑物外圍結構的基本要求，在于要充分地利用材料的隔热性能和承重能力。

外圍結構所采用的材料及厚度，应当保証在大气作用下不发生潮湿現象，特别是应当保証不損失其永久性。

为了能够計算出具有充分的强度和安全性的外圍結構，就必须知道建筑材料的主要物理特性与性能——容重、孔隙率、热工指标和湿度指标。

用計算这一切因素的方法，可以研究出在經濟上最有效的，同时符合于强度、抗大气作用稳定性及耐久性要求的外圍結構。

建筑材料，是由固相質点和其間的气孔所組成，所以孔隙率乃是鑑別材料質量的主要指标之一，例如：泥煤板，其体积的86~90%是由气孔所組成，而10~14%是由固相所組成；混凝土，其体积的84~92%是由固体部分所組成，而8~16%是由气孔所組成。材料的此种性質，对其物理性鑑定來說，具有相当重要的意义。材料的許多性能，首先是容重，是依孔隙率的大小为轉移的，所以在測定材料質量时，孔隙率具有重大的意义。

热量由加热体向空間轉移，是靠热傳导以及对流和輻射方式来实现的。

导热系数的大小，受材料的結構、容重、發生傳热的温度以及热流方向的影响。

由于空气的导热性低，所以大部分热量要靠固体轉移；因

此，导热系数的大小，首先取决于材料的孔隙率和容重。

如果材料的气孔充满了水分，则导热系数就随着材料湿度的增加而加大。当材料的气孔中有水分存在的时候，在零下温度作用下就变成了导热系数等于2大卡/公尺小时 $^{\circ}\text{C}$ 的冰，则此时材料的导热系数就比湿材料大。

建筑材料的特性，是与热流状态不稳定时的温度分布有密切关系的，除了导热系数以外，还有热容量、温度传导性和受热性。

大部分热量是靠辐射而受热与散热，它与附带说明建筑材料质量的辐射系数成正比。

如果材料处在绝对干燥的状态下，而充满气孔内的空气又含有水蒸汽的话，则在材料的表面上就会发生水分的吸附过程。固体质点的表面形成吸附水分层，将材料质点的表面用完整的薄膜包围起来。材料的吸附湿度，是依孔隙率和温度为转移，并在空气中的水蒸汽张力的作用下形成。这种水分，是建筑材料的经常伴侣。当进行外围结构的质量鉴定计算时，要考虑到水蒸汽的流动，水蒸汽在建筑材料中与空气一起流动，或以扩散作通路从水蒸汽张力大的地方向张力小的地方流动。在这种情况下，材料的质量即以水蒸汽传导系数或水蒸汽透过系数表示之。处在蒸汽状态中的水分，由于水分的汽化性和冷凝性，在材料中水分的分布上起巨大的作用。汽态水分的流动速度，以水蒸汽的张力梯度、材料的孔隙率的大小和性质以及蒸汽传导系数或蒸汽透过系数测定之。

在水蒸汽最稀薄的地方，形成曲率最大的凹水面，就会使压力加大，使水分在材料中的移动加速。当有着大量水蒸汽的时候，水分在材料中的移动就会缓慢。水分移动的主要因素是湿度差的程度以及热流的方向和流量的大小。空心材料析出来的水分比实心材料要多，因为细的毛细孔从粗的毛细孔内吸取水分。材料中的水分在液体状态中移动的特征就是水分移动系数，水分移动系数是计算建筑物外围部分湿度时的原始数据。

空气的流动，是通过材料的气孔而进行的，经外围材料所通

过的空气的数量，以透气系数测定之。透气系数乃是计算外围结构所必需的材料物理特性。

由于中央工业建筑科学研究所进行的大规模的实验研究工作，因而能够编制出实用的、详细无遗的建筑材料热工计算表。

本书中所刊载的指标表，不仅表现了苏联在建筑物理方面研究工作的规模，而且也证实了祖国科学思想的巨大成就。

一、 建筑材料热工指标表的說明

1. 建築材料的容重和孔隙率

容重 是以1立方公尺材料的重量（公斤）公斤/立方公尺表示之。

重度 是以組成材料之物質的單位体积重量来表示，即假定整个体积完全充实。

材料的容重，取决于它的孔隙率，而对散碎材料來說，則取决于它的压实程度。例如，燒成的紅磚，其重度 $\gamma_1=2600$ 公斤/立方公尺，而其容重則变动于 $\gamma=1900$ 公斤/立方公尺（机制实心磚）到 $\gamma=600$ 公斤/立方公尺（高級多孔磚）之間。

建築材料的容重，变动于 $\gamma=2800$ 公斤/立方公尺（花崗石）到 $\gamma=90$ 公斤/立方公尺（折紋紙板和輕質纖維材料）之間。

建築材料的重度，变动于 $\gamma_1=2400\sim 2800$ 公斤/立方公尺（無机材料）到 $\gamma_1=1450\sim 1560$ 公斤/立方公尺（有机材料）之間。

建築材料的孔隙率（ $P\%$ ），以材料中气孔体积对材料总体积的百分比的形式表示之。

設已知材料的重度 γ_1 公斤/立方公尺及其容重 γ 公斤/立方公尺，則孔隙率 $P\%$ 之值，可按下列式測定之：

$$P = \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma_1} \cdot 100.$$

对于重度一定的材料，其容重越小，則其孔隙率之值就越大。建築材料的許多性能如：容重、热傳导、抗冻性等，均与孔隙率的大小有关。

密度 是孔隙率的倒数，表示材料的物質充实程度。設以 $P_1\%$ 标明密度，則：

$$P_1 = \frac{\gamma}{\gamma_1} \cdot 100.$$

少数建筑材料是绝对固体。大部分建筑材料是多孔体，其密度小于100%。

建筑材料的容重、孔隙率及密度，列于表1。

无机建筑材料的容重、孔隙率及密度，列于表2。

有机建筑材料的容重、孔隙率及密度，列于表3。

2. 建筑材料的热工指标

建筑材料的热工性能，以下列物理性数值表示之：导热系数 λ ；温度传导系数 α ；受热系数 s ；重度热容量 c_{yn} ；体积热容量 c_{ob} 。

材料的导热系数，是表明材料中的热状态建立起来的时候，也就是当其不随时间而变化的时候的热通过程度。

这个系数，在数量上等于在热状态下经由材料的切割立方体（棱边长度等于一时）从它的一方面向对面通过的热量（设两面的温度差等于 1°C ）。

材料的温度传导系数，是表示材料在气候变化时的性状，例如，在材料冷却及受热时表示以什么样的速度由一面向另一面进行散热的能力，或者是材料使温度均匀的能力；倒数 $\frac{1}{\alpha}$ 是材料的热惯性量。

温度传导系数的大小，以棱边等于1个单位的立方体在单位时间内温度的升高测定之，同时在单位时间内应通过这样的热量，就是经由立方体的一面向另一面通过的热量，当热流建立起来的时候，各方面形成的温度差等于 1°C 。

材料的热传导越小，则其温度传导就越小的假定，是错误的；例如，细填料棉絮，当其容重 $\gamma=60$ 公斤/立方公尺时，温度传导为 $16.7 \cdot 10^{-4}$ ，就接近于建筑石材的热传导，等等。热传导系数、温度传导系数及热容量，其相互关系如下列方程式：

$$a = \frac{\lambda}{c_{yn}\gamma} \text{ 平方公尺/小时。}$$

材料的吸热系数，乃是相当于温度波动 1°C 之振幅的热流波动振幅。这个系数是表示，当材料表面上的温度波动时，其或多或少的强烈受热能力；材料的吸热系数越大，则其温度升高 1°C 时所需的热量就越多。吸热系数的大小，决定于导热系数 λ 、重度热容量 c_{yn} 、容重 γ 以及热流的波动周期 z 。吸热系数值，以下式表示之：

$$s = 2.507 \sqrt{\frac{\lambda c_{yn} \gamma}{z}} \text{ 大卡/平方公尺小时}^{\circ}\text{C}。$$

在个别情况下，如果热流的波动周期 $z = 24$ 小时（相当于窑炉每昼夜加燃料一次），则吸热系数为：

$$s_{24} = 0.51 \sqrt{\lambda c_{yn} \gamma} \text{ 大卡/平方公尺小时}^{\circ}\text{C}。$$

当热流的波动周期等于 12 小时（相当于窑炉每昼夜加燃料两次），则材料的吸热系数为：

$$s_{12} = 0.72 \sqrt{\lambda c_{yn} \gamma} \text{ 大卡/平方公尺小时}^{\circ}\text{C}。$$

传热困难的材料（例如大理石花岗岩），拥有的吸热性能最大，而传热容易的材料（例如矿渣纤维），则拥有的吸热性能最小。

至于重度热容量，则必须指出，对于多次计算更证明了不是重度热容量 c_{yn} 大卡/公斤 $^{\circ}\text{C}$ ，而是体积热容量，亦即：

$$c_{06} = c_{yn} \gamma \text{ 大卡/立方公尺}^{\circ}\text{C}$$

3. 建筑材料的热传导

导热系数 λ 大卡/公尺小时 $^{\circ}\text{C}$ ，是表示在热状态建立起来的时候，梯度等于 $1^{\circ}\text{C}/\text{公尺}$ 时，每小时经过 1 平方公尺面积所通过的热量（大卡）。

影响建筑材料导热系数的各项因素如下：

- 1) 湿度；
- 2) 温度；
- 3) 孔隙率及容重；

4) 結構。

使用在外圍結構中的建筑材料，在气象因素經常变化的作用下而經受潮湿的影响。因此，外圍結構中的材料，永远也不是处在干的状态下。建筑材料的湿度，在所有外圍結構中是不一样的，其变动范围是：从建筑材料的吸附湿度到毛细管被水分饱和。

在潮湿状态下材料的热傳导所以加大，是由于充滿于材料气孔中的水分所具有的导热系数，比空气大的多的緣故。但是，必須指出，作者的理論研究以及技术科学碩士 P. E. 布里林格的实验研究証明，在某些結構之材料中的水分，甚至在 $t = -15^{\circ}\text{C}$ 时，也不会完全冻结。

如果处在結構材料中的水分，在低温作用下結成了导热系数等于 1.92~2.0 的冰，則所研究結構的材料的导热系数就增加的較大。

本告收集的是对試驗資料（共計进行了約 2000 次試驗）的研究結果，此項研究結果分別列入下列各表中：

表4——各种建筑材料在零上温度（由 $+25^{\circ}\text{C}$ 到 $+60^{\circ}\text{C}$ ）时，依体积湿度为轉移的导热系数；

表5——各种建筑材料在零下温度（由 -2°C 到 -30°C ）时依体积湿度为轉移的导热系数；

表6——各种無机建筑材料在零上及零下温度时，依体积湿度、容重及孔隙率（容重一定之材料的最大、平均及最低孔隙率）为轉移的导热系数；

表7——各种有机建筑材料在零上及零下温度时，依体积湿度、容重及孔隙率（容重一定之材料的最大、平均及最低孔隙率）为轉移的导热系数；

表8——木材在零上及零下温度时，依体积湿度为轉移的順絲导热系数；

表9——木材在零上及零下温度时，依体积湿度为轉移的橫絲导热系数。

4. 建築材料的导热系数与容重的关系

建築材料的容重对其导热系数数值有很大的影响，因为建築材料乃是由其中充满着空气的固体颗粒所组成的二相系；在 0°C 时空气的导热系数平均为 $\lambda = 0.0022$ 大卡/公尺小时 $^{\circ}\text{C}$ 。

材料的导热系数，乃是材料的主要物质的导热系数和材料的气孔中空气的导热系数的平均值。材料中的气孔越少（因而其容重就较大），则其导热系数就越大，其原因是材料主要物质的导热系数比空气大。反之，材料中的气孔越多（因而其容重就越小），则其导热系数就越小，原因是材料气孔中所含之空气的热传导具有重大的作用。

根据材料容重的大小，首先可用近似法求出材料的导热系数值。对各种建築材料（大都是風干状态）的热传导进行 1700 次试验的结果是構成表 10 的基础，表 10 分别列出了每种材料的容重和导热系数的数值。

5. 建築材料的热容量

1 公斤材料加热或冷却 1°C 所需要的热量叫做重度热容量。

建築材料在由 $+20^{\circ}\text{C}$ 到 -20°C 温度范围内的重度热容量，列于表 11；建築材料主要部分的化学化合物在平均温度为 0°C 时的重度热容量，列于表 12。重度热容量，在颇大程度内依温度为轉移。

沒有材料的热容量数据时，可按下列式确定其重度热容量：

$$c_{yn} = c_1\delta_1 + c_2\delta_2 + c_3\delta_3 \cdots = \sum c_n\delta_n,$$

式中： $c_1; c_2; c_3 \cdots c_n$ ——材料各組分的重度热容量；

$\delta_1; \delta_2; \delta_3 \cdots \delta_n$ ——建築材料在总物料中所佔的重量百分数。

例 要测定干粘土的重量热容量●。

● 計算后得出干粘土的 $c_{yn} = 0.174$ ，与粘土各組分的重度热容量的总和 (c_{yn}) 相同。

按手册找出材料的化学成分(%)。由表12找出各組分的重度热容量,并將得出的数值按下面的格式写好:

粘土的成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	CaO	CO ₂	K ₂ O	H ₂ O	其他
粘土各組分的热容量	0.174	0.165	0.216	0.15	0.175	0.185	0.21	1.0	0.15
各組分的含量, %	54.6	14.6	2.9	5.7	5.2	4.8	5.9	6.3	4.6
求 c_{yn} , %	0.095	0.024	0.0063	0.0086	0.0091	0.0089	0.0126	0.0095	0.046

6. 建築材料的体积热容量

在測定温度傳导及吸热时,对于某些計算來說,特性因素不是重度热容量(c_{yn}),而是材料的單位体积热容量(c_{06})。

体积热容量,依材料的温度、容重及湿度为轉移。

体积热容量越大,也就是材料的蓄热能力越大,則当材料立方体冷却1°C时所放出的热量也就越大。

体积湿度不同之材料在零上温度的体积热容量,列入表13。

体积湿度不同之材料在零下温度的体积热容量,列入表14。

7. 建築材料的温度傳导和吸热

具有因次平方公尺/小时的温度傳导系数(α)及具有因次大卡/平方公尺小时°C的吸热系数(s),是說明在不稳定状态下材料中的热流特性。

任一种散碎材料的温度傳导值和吸热值,均依其容重、温度及湿度而改变。

表15中列出在零上温度下湿度不同之材料当窑爐加热一次(晝夜 s_{24})及窑爐加热兩次(晝夜 s_{12})时的温度傳导系数 α 和吸热系数 s 。在零下温度上述数据列于表16。