

材料低温
热物理性能手册

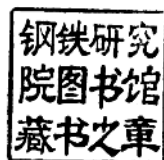
宇航出版社

TH 303-62
K 36

材料低温热物理性能手册

〔苏〕 И. Г. 柯日伏尼克夫 著
Л. А. 诺维茨基

于龙淮 周德山 朴文学 译



冶金出版社

217170

内 容 简 介

本手册给出了机械制造、仪表制造和低温技术中所应用的材料(包括结构用的和特种的金属与合金、光学材料、半导体材料、建筑材料、隔热材料等)在 0~300 K 温度范围内的主要热物理特性。

在原书第二版中,不论对金属材料还是非金属材料,都增补了许多新的数据,并增写了高聚物材料、月球土壤等新的章节。另外还改变了材料按章节的分类方法,以便于对同一类用途的材料进行比较。

本手册可供机械和仪表制造业中设计单位及科研机构的工程技术人员使用。

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ СПРАВОЧНИК

Издание 2-е, переработанное и дополненное
И. Г. Кожевников, Л. А. Новичкий

材料低温热物理性能手册 (第二版)

[苏] И. Г. 柯日伏尼克夫 著
Л. А. 诺维茨基 著
于龙准 周德山 林文学 译
责任编辑 王敬春

*

宇航出版社出版
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经销
北京科技印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 9.875 字数: 360 千字
1987年5月第一版第一次印刷 印数: 1~2,000 册
统一书号: 15244·0044 定价: 2.45 元

译者前言

随着低温技术的发展及其在各科学领域中的广泛应用,对材料在低温条件下性质的研究,已日益为人们所重视。本书收集了零散发表于各书刊的大量资料,相当完整地给出了各种常用材料的低温热物理性能。我们相信,介绍这本手册,对于航天、航空、仪表及机械制造业中从事低温技术工作的科技人员,是会有益的。

本书译文中的计量单位符号,全部采用了中国国际单位制推行委员会1981年颁布的《中华人民共和国计量单位名称与符号方案(试行)》的规定,这里不再列出与公制计量单位的对照表。原书对高聚物材料部分,有一个总的缩写代号释义表,而在各数据表中并没有全部注明这些缩写代号的含义,这对中译本使用者来说,可能会感到不便。考虑到这种情况,在各有关数据表中,均以“译注”的形式写出该表中原文没有注明的缩写代号的含义,而不再保留一个总的缩写代号释义表。

对原书中排印上的错误或笔误,凡被我们发现并确认了的,均予改正,不另加注;但涉及到数据和计量单位的改正则均加译注,以利于读者使用时参考。

材料科学专家于颢同志审阅了本书的部分译稿,并提出了许多宝贵意见,谨此致谢。限于我们的水平,译文难免有错误,恳请读者批评指正。

一九八三年十一月

第二版序言

在进行部件设计计算和选择使用工况时,在理论研究过程中,以及在解决新技术、特别是低温和超低温技术领域内的一系列问题时,都必须考虑材料的热物理特性(温度膨胀系数、热导率、比热、导温系数)。

本手册就现代科学技术所应用的固态金属和非金属材料,给出了低温下主要热物理特性的大量数值和表格。这些数据是由实验研究获得的,而对未做实验研究的情况,则给出了材料的理论计算特性。

除上述热物理特性外,手册中还引用了有关材料纯度、合金添加剂的种类与数量、处理状态以及测量方法等方面的资料,并指出了表中所列数据的置信度。

作者在手册的编写准备阶段,曾研究了一千多份文献资料。

手册第一版于1975年问世。1975至1980年间,作者收到了许多评论意见,其中有赞扬,有批评,也有希望。手册第二版考虑了大部分的批评意见,因此,较之第一版有很大改进。不论金属材料还是非金属材料,都补充了许多新的数据。增写了一些新的章节,包括高聚物材料和月球土壤(其中有月海、月陆及过渡区的土壤)的特性。为便于对同类用途的材料和物质进行比较,改变了材料按章节的分类法。

在手册编写过程中,考虑了苏联国家标准资料局的建议和物理量标准的规定。表中所列的有效数字的位数与其误差值相符,但在宜于用内插法求得的附加有效数字来表示量的变化特征的情况下,则例外。每张表的前面都给出了所引用文献的序号。如果引用的是数篇文献,则以粗体字表示主要文献,一般字体表示次要文献。

限于篇幅,第二版没能把上述材料的积分黑度值列入手册。但是,前不久出版的材料光学性能手册*却相当完备地给出了这些数据,作

* Носицкий Л. А., Степанов Б. М. Оптические свойства материалов при низких температурах: Справочник. М.: Машиностроение, 1980. 224 с.

者在个别地方则予以引用。

根据 ГОСТ 8310—78 而列入手册的数据,则是属于通报性质的。

本手册的第一至第十节和第十八节,由 Л. А. 诺维茨基执笔;第十一至第十七节,则由 И. Г. 柯日伏尼克夫执笔。

主要符号

术 语	符 号	计 量 单 位
吸水率	ω	%
固化时间	$t_{\text{отс}}$	h, d
压力	p	pa
磁场强度	H	A/m
物质密度、胶密度	$\gamma, \gamma_{\text{вас}}$	kg/m ³
载流子迁移率	μ	cm ² /(V · s)
抗压强度极限	$\sigma_{\text{сж}}$	pa
温差	ΔT	K
一般温度、熔化温度、固化温度、退火温度、 热处理温度	$T, T_{\text{пл}}, T_{\text{отн}}, T_{\text{отж}}, T_{\text{то}}$	K
温度线膨胀系数	α^*	K ⁻¹
温度体积膨胀系数	β	K ⁻¹
导热系数	a	m ² /s
有效导热系数	$a_{\text{эф}}$	m ² /s
热阻率	W	m · K/W
比热、摩尔和原子的比热	c_p^*, C_p	J/(kg · K) J/(mol · K) J/(g · A · K)
总热导率、晶格热导率、电子热导率	$\lambda^*, \lambda_{\text{обш}}, \lambda_p, \lambda_{\text{эл}}$	W/(m · K)
有效热导率	$\lambda_{\text{эф}}$	W/(m · K)
电导率	σ	Ω ⁻¹ · m ⁻¹
电阻率	ρ	Ω · m

*: $\bar{\alpha}$, $\bar{c}_p$, $\bar{T}$ ——某一温度范围内的平均系数。

一、黑色金属

1. 各种铁的导热系数、温度膨胀系数、比热和热导率 [103, 114]

T, K	$\alpha \cdot 10^6, \text{ m}^2/\text{S}$		$\lambda, \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	III		$\beta \cdot 10^{-11}, \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{K} \cdot \text{K})$	$\lambda, \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	$\alpha \cdot 10^6, \text{ K}^{-1}$	VI	VII	VIII	$\lambda, \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	$\alpha \cdot 10^6, \text{ K}^{-1}$	
	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$		IV	V									IX
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

T, K	I		II		III		$\rho, 10^{-4}, (Kg \cdot K)$	$\lambda, W/(m \cdot K)$	V	$\alpha \cdot 10^4, K^{-1}$	VI		VII	VIII				
	$\alpha \cdot 10^4, K^{-1}$	$\lambda, W/(m \cdot K)$	$\alpha \cdot 10^4$	K^{-1}	$\rho, 10^{-4}, J/(Kg \cdot K)$	$\lambda, W/(m \cdot K)$					$\alpha \cdot 10^4, K^{-1}$	$\rho, 10^{-4}, J/(Kg \cdot K)$		$\lambda, W/(m \cdot K)$	$\alpha \cdot 10^4, K^{-1}$			
150	—	—	84,5	6,95	10,3	—	—	105	—	—	—	—	—	0,323	0,405	0,375	92,0	11,6
160	—	—	83,4	7,60	10,5	—	—	101	—	—	—	—	—	0,339	0,425	0,380	91,0	11,6
170	—	—	82,3	8,10	10,7	—	—	99,0	—	—	—	—	—	0,351	0,440	0,385	90,0	11,7
180	—	—	81,3	8,60	10,8	—	—	97,2	—	—	—	—	—	0,364	0,455	0,390	89,0	11,8
190	—	—	80,4	8,80	10,9	—	—	95,6	—	—	—	—	—	0,374	0,465	0,397	88,0	11,8
200	—	—	79,6	10,0	11,0	—	0,418	94,1	—	—	—	—	—	0,384	0,475	0,403	87,0	11,9
210	—	—	78,8	10,2	11,1	—	0,421	92,3	—	—	—	—	—	0,392	—	0,407	86,0	11,9
220	—	—	78,0	10,5	11,2	—	0,427	91,0	—	—	—	—	—	0,401	—	0,413	85,0	12,0
230	—	—	77,4	10,7	11,3	—	0,430	89,3	—	—	—	—	—	0,408	—	0,418	84,0	12,0
240	—	—	76,7	10,9	11,3	—	0,432	87,3	—	—	—	—	—	0,415	—	0,430	83,0	12,0
250	—	—	76,1	11,1	11,4	—	0,434	85,8	—	—	—	—	—	0,428	—	0,437	82,0	12,1
260	—	—	75,4	11,3	11,4	—	0,436	84,7	—	—	—	—	—	0,434	—	0,443	81,0	12,1
273	2,040	11,60	74,7	11,5	11,5	—	0,437	83,5	—	—	—	—	—	0,439	—	0,447	80,0	12,2
280	2,045	11,62	74,3	11,5	11,5	—	0,438	82,0	—	—	—	—	—	0,443	—	0,449	79,0	12,3
293	2,050	11,65	73,7	11,6	11,6	—	0,438	81,1	—	—	—	—	—	0,443	—	0,449	78,8	12,4
300	2,050	11,70	73,2	11,7	11,6	—	0,439	79,5	—	—	—	—	—	0,447	—	0,446	77,0	12,4

2. 几种铁合金的温度线膨胀系数 $\alpha \cdot 10^4, K^{-1}$ [228]

T, K	I	II	III	T, K	I	II	III	T, K	I	II	III
5	-0.35	-0.14	-0.30	71	5.5	5.2	5.0	170	13.0	13.3	12.6
10	-0.30	-0.25	-0.22	80	6.9	6.4	6.2	180	13.4	13.7	12.9
15	-0.20	-0.39	-0.17	90	7.8	7.5	7.1	190	13.9	14.1	13.1
20	-0.10	-0.38	-0.07	100	9.0	8.6	8.1	200	14.2	14.6	13.5
25	0.15	-0.25	0.09	110	10.0	10.0	9.0	210	14.5	14.9	14.0
30	0.69	-0.05	0.42	120	10.5	10.5	10.0	220	14.9	15.1	14.1
35	1.0	0.30	0.90	130	11.2	11.2	10.6	230	15.1	—	14.5
40	1.5	0.50	0.95	140	11.9	12.0	11.2	240	15.4	—	14.7
50	2.9	2.5	2.0	150	12.4	12.5	11.9	250	15.9	—	—
60	4.5	4.0	3.4	160	12.7	13.0	12.3				

注：材料——铁铬合金。原材料是在氢气保护的电弧炉中熔炼出的。化学成分，%：

试件号	合 金	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Fe
I	Fe-18 Cr-10 Ni	0.02	0.20	1.20	0.010	0.01	17.8	10.8	其余
II	Fe-18 Cr-15 Ni	0.02	0.10	0.80	0.015	0.01	17.0	15.1	其余
III	Fe-18 Cr-25 Ni	0.013	0.10	0.78	0.017	0.01	17.3	25.2	其余

I——单晶柱形试件，直径为 4 mm，长度为 70~150 mm；为消除试件应力并使之均匀化，在 1423 K 下于氢气中进行 70 小时退火，然后电抛光；II、III——多晶柱形试件，直径为 4 mm，长度为 70~150 mm；经 1323 K、5 小时退火。

α 的测量方法：用差动膨胀计。在 5~50 K、50~100 K、>100 K 温度范围内，测量误差分别为 $\pm 10\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 。

3. 具有不同镍铬含量的铁合金在 77 K 时的比热 [51]

铬的质量 成份，%	$C_p,$ $J/(K \cdot K)$	铬的质量 成份，%	$C_p,$ $J/(K \cdot K)$	铬的质量 成份，%	$C_p,$ $J/(K \cdot K)$
0	170	6	270	12	245
1	200	7	235	13	258
2	250	8	215	14	268
3	300	9	218	15	275
4	315	10	230	16	280
5	295	11	240	17	285

注：材料—— $Fe_{90}(Ni_{1-x}Cr_x)_x$ 类合金。合金由化学纯铁、镍和铬在感应炉中熔炼成；然后在 1173 K 下于真空中经 8 小时均匀化处理，并随炉冷却（测量误差为 $\pm 6\%$ ）。

4. 铁合金 36 HX 的温度线膨胀系数 [56]

T, K	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$	T, K	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$	T, K	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$
3	-1.50	100	1.50	200	1.25
8	-1.80	110	1.70	210	1.20
13	-1.85	120	1.75	220	1.15
20	-1.80	130	1.85	230	1.10
30	-1.55	133	1.90	240	1.10
40	-1.10	140	1.85	250	1.10
50	-0.45	150	1.80	260	1.10
60	0.10	160	1.75	270	1.15
70	0.50	170	1.70	280	1.15
80	0.75	180	1.60	290	1.15
90	1.25	190	1.40	300	1.20

注：材料——铁镍合金；化学成分，%：C 0.03；Si 0.12；Mn 0.44；S 0.013；P 0.011；Cr 0.51；Ni 36.0，其余为 Fe。合金在开式电弧炉中熔炼，并浇注成质量为 1 吨的锭。

试件由直径为 13 mm 的冷轧棒材制成，并经热处理：在 1113 K 下加热 30 分钟。水冷，588 K 下 1 小时退火，373 K 下 48 小时的时效处理。

α 的测量方法：膨胀计法，用真空低温膨胀计，间隔 4 K 分级加热（测量误差为 $\pm 5\%$ ）。

在对冷却到 20 K 的试件加载时， α 值是变化的：加载为 $0 \sim 2.25 \times 10^8$ Pa 时， α 值下降；而后的应力增加将导致 α 增大；应力为 7.75×10^8 Pa 时，加载和不加载试件的 α 值都大致相同。

5. 不同状态下熔炼的铁合金 36 HX 的温度线膨胀系数 $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ [25]

T, K	I	II
270	8.2	0.25
280	8.3	0.30
290	8.4	0.35
300	8.5	0.40

注：材料——铁 B-3 类与镍 H-O 牌号的合金。化学成分，%：Fe ≥ 64 ；Ni ≥ 37.8 ；C ≤ 0.002 ；S ≤ 0.003 ；P ≤ 0.006 ；Cr ≤ 0.004 ；Si ≤ 0.001 ；Mg ≤ 1.01 ；Zn、Ca、Cd、As $\leq 5 \times 10^{-4}$ ；Co、Pb、Cu $\leq 1 \times 10^{-3}$ ；O 0.002；N 0.0003；H 0.0003。

试件：柱形，直径为 3 mm，高度为 50 mm。I——试件由熔炼后重新加热到 2073 K 的材料制成；II——试件由熔炼后按下列规范加热到 1973 K 的材料制成，液态的加热和冷却速度为 10 K/min，固态的则为 100 K/min。

α 的测量方法：膨胀计法，用什沃纳尔（Шевенар）差动膨胀计（测量误差为 $\pm 1\%$ ）。

6. 不同牌号铸铁的热导率、比热和温度线膨胀系数 [114, 141]

T, K	$\lambda, \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	$c_p \cdot 10^{-3}, \text{J}/(\text{K g} \cdot \text{K})$	$\alpha \cdot 10^4$			$\lambda, \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	$c_p \cdot 10^{-3}, \text{J}/(\text{K g} \cdot \text{K})$
			K^{-1}				
			I	II	III		
195 293	— 41.8	— 0.502	— 10.0	— 11.2	— 7.0—11.0	— 29.3— 41.8	— 0.544— 0.586

T, K	$c_p \cdot 10^{-3}, \text{J}/(\text{K g} \cdot \text{K})$	$\alpha \cdot 10^4, \text{K}^{-1}$	$\lambda, \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	$\alpha \cdot 10^4, \text{K}^{-1}$	$c_p \cdot 10^{-3}, \text{J}/(\text{K g} \cdot \text{K})$	$\lambda, \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	$\alpha \cdot 10^4, \text{K}^{-1}$
195 293	— 0.555	— 11.0	— 41.8	— 54.4	— 11.0	— 0.502	— 0.505
						25.1	20.0

注: I——铸铁牌号为 CH 10; 化学成分, %: Fe 基; C 3.0 ~ 3.5; Cr $\leq$ 0.15; Mn 0.6 ~ 1.0; Ni $\leq$ 0.50; P $\leq$ 0.6; S $\leq$ 0.15; Si 1.8 ~ 2.4; 铸件经正火; II——铸铁牌号为 CH 30; 化学成分, %: 铁基; C 2.7 ~ 3.0; Cr $\leq$ 0.30; Mn 0.8 ~ 1.2; Ni $\leq$ 0.50; P $\leq$ 0.20; S $\leq$ 0.12; Si 1.1 ~ 1.5; 铸件经正火; III——白铸铁, 试件未经热处理; IV——铸铁牌号为 ABЧ-1; 化学成分, %: 铁基; C 2.8 ~ 3.5; Cu $\leq$ 0.7; Mg $\leq$ 0.03; Mn 0.5 ~ 1.2; P $\leq$ 0.20; S $\leq$ 0.03; Si 1.8 ~ 2.5; 试件经退火; V——铸铁牌号为 АЧК-1; 化学成分, %: 铁基; C 2.6 ~ 3.0; Cr $\leq$ 0.06; Mn 0.3 ~ 0.6; P $\leq$ 0.15; S $\leq$ 0.12; Si 0.8 ~ 1.3; 试件经退火; VI——铸铁牌号为 ЖЧН15Д7Х2; 化学成分, %: 铁基; C 2.5 ~ 3.0; Cr 1.5 ~ 2.5; Cu 6 ~ 8.5; Mn 0.5 ~ 1.2; Ni 14 ~ 17; P $\leq$ 0.3; S 1.5 ~ 3.0; Si $\leq$ 0.08; 试件经退火。

7. 碳钢的温度线膨胀系数 $\alpha \cdot 10^4, \text{K}^{-1}$ [114]

T, K	I	II	T, K	I	II	T, K	I	II
80	4.50	4.10	160	8.88	8.37	240	10.9	10.0
90	4.57	4.15	170	9.20	8.60	250	11.0	10.2
100	5.50	4.90	180	9.56	8.87	260	11.2	10.3
110	6.20	5.45	190	9.80	9.05	273	11.4	10.5
120	6.97	6.30	200	10.1	9.30	280	11.5	10.6
130	7.50	6.83	210	10.3	9.50	293	11.7	10.8
140	8.03	7.56	220	10.5	9.69	300	11.8	10.9
150	8.25	8.00	230	10.7	9.90			

注: 材料——碳钢, 牌号为 Ст3кп (I) 和 50 (II)。

化学成分, %:

元 素	I	II	元 素	I	II
C	0.14—0.22	0.47—0.55	Mn	0.40—0.65	0.50—0.80
Cr	≤0.30	≤0.25	Ni	≤0.30	≤0.25
Cu	≤0.30	≤0.25	P	≤0.045	≤0.040
Fe	基	基	S	≤0.055	≤0.040
			Si	0.12—0.30	0.17—0.37

试件经热轧。 α 的测量方法——相对法,用石英差动膨胀计(测量误差为 $\pm 1\%$)。

8. 几种碳钢的热导率、比热和温度线膨胀系数 [114, 141]

钢 牌 号	T, K	$\lambda, W/(m \cdot K)$	$c_p \cdot 10^{-3}, J/(Kg \cdot K)$	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$	钢 牌 号	T, K	$\lambda, W/(m \cdot K)$	$c_p \cdot 10^{-3}, J/(Kg \cdot K)$	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$
08кп	273	59.4	—	—	35кп	273	51.7	—	—
					300	48.1	0.452	10.9	
20кп	273	51.7	—	—	40кп	273	51.8	—	—
	300	48.0	0.461	10.5					
25кп	273	51.6	—	—	45кп	273	51.7	—	—
					300	48.0	0.469	11.7	

注: 材料——一般质量的和具有标准含锰量的优质结构碳钢。

钢的化学成分(按标准), %:

元 素	08кп	20кп	25кп	35кп	40кп	45кп
C	0.05—0.12	0.17—0.24	0.22—0.30	0.32—0.40	0.37—0.45	0.42—0.50
Cr	≤0.10	≤0.25	≤0.25	≤0.25	≤0.25	≤0.25
Cu	≤0.25	≤0.25	≤0.25	≤0.25	≤0.25	≤0.25
Mn	0.35—0.65	0.25—0.65	0.50—0.80	0.50—0.80	0.50—0.80	0.50—0.80
Ni	≤0.25	≤0.25	≤0.25	≤0.25	≤0.25	≤0.25
P	≤0.035	≤0.040	≤0.040	≤0.040	≤0.040	≤0.040
S	≤0.040	≤0.040	≤0.040	≤0.040	≤0.040	≤0.040
Si	0.17—0.37	0.17—0.37	0.17—0.37	0.17—0.37	0.17—0.37	0.17—0.37
Fe	基	基	基	基	基	基

15 кп 钢用淬火试件、其它牌号钢用热轧试件进行测量。测量方法: λ ——用稳态轴向热流(测量误差为 $\pm 5\%$); c_p ——用绝热真空气热计(测量误差为 $\pm 5\%$); α ——相对法,用石英差动膨胀计(测量误差为 $\pm 3\%$)。

9. 几种模具钢的比热、热导率和平均温度线膨胀系数 [62, 127]

T, K	$c_p \cdot 10^{-3}, \text{ J/(K} \cdot \text{g} \cdot \text{K)}$							$\lambda, \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	I	II	III	IV
270	0.389	0.394	0.384	0.381	0.394	0.389	0.394	31.2	25.2	21.4	34.6
275	0.393	0.396	0.388	0.383	0.396	0.393	0.395	31.5	25.3	21.5	34.7
280	0.397	0.398	0.392	0.385	0.398	0.397	0.396	31.6	25.4	21.8	34.8
285	0.401	0.400	0.396	0.387	0.400	0.401	0.397	31.9	25.5	22.1	34.9
290	0.405	0.402	0.400	0.389	0.402	0.405	0.399	32.0	25.6	22.2	35.0
295	0.409	0.404	0.404	0.391	0.404	0.409	0.401	32.1	25.7	22.5	35.0
300	0.413	0.406	0.408	0.393	0.406	0.413	0.403	32.2	25.8	22.8	35.1

T, K	$\lambda, \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$			$\alpha \cdot 10^6, \text{ K}^{-1}$						
	V	VI	VII	I	II	III	IV	V	VI	VII
270	30.1	24.1	21.5	10.55	11.32	11.06	11.04	9.92	10.90	11.40
275	30.4	24.2	21.6	10.56	11.34	11.14	11.12	9.94	11.02	11.40
280	30.5	24.5	21.9	10.57	11.36	11.22	11.20	9.96	11.11	11.40
285	30.8	24.6	22.2	10.58	11.38	11.30	11.26	9.98	11.26	11.40
290	30.9	24.9	22.3	10.59	11.40	11.38	11.36	10.00	11.38	11.40
295	31.0	25.0	22.6	10.60	11.42	11.46	11.44	10.02	11.50	11.40
300	31.1	25.1	22.9	10.61	11.44	11.54	11.52	10.04	11.62	11.40

注: I—3X3M3Φ; II—4X4BMΦC (ДИ-22); III—4X5MΦIC (ЭП-572); IV—3X2B8Φ; V—3X3M3ΦIII; VI—4X4BMΦCIII; VII—4X5MΦICIII.

钢 I~VII 的化学成分符合 ГОСТ 5950-73。

测量方法: c_p ——用绝热量热计, 试件为直径 2 mm、长度 450 mm 柱形线材, 预先经 1.33×10^{-3} Pa 压力下 1023K、1 小时的退火; c_p 值由试件工作段的热平衡方程求得(测量误差为 $\pm 1\%$); λ ——根据比热和电导率的已知值用算法求得(误差由 $\pm 5\%$ 到 15%); α ——基于用垂高计测量的绝对延伸率; 试件——线材(直径为 2 mm, 长度为 400 mm), 预先经 1.33×10^{-3} Pa 压力下 1003K、1 小时的退火(测量误差为 $\pm 4\%$)。

10. 钢 11X15 的温度线膨胀系数、导热系数、比热和热导率 [64]

T, K	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$	$\alpha \cdot 10^6, m^2 / S$		$c_p, J / (Kg \cdot K)$		$\lambda, W / (m \cdot K)$	
	I	I	II	I	II	I	II
270	8.85	0.900	0.800	0.455	0.482	28.5	31.0
280	9.10	0.895	0.807	0.462	0.500	29.0	31.5
290	9.25	0.885	0.812	0.470	0.515	29.5	32.0
300	9.40	0.862	0.815	0.480	0.535	30.0	32.5

注: 材料——铬过共析钢 11X15。化学成分, %: C 1.02; Cr 1.40; Mn 0.31; Si 0.22; Cu 0.10; Ni 0.086; S 0.002; P 0.019, 其余 Fe。I——试件由 I 级粒状珠光体组织的毛坯车制; II——为得到小片状珠光体组织, 部分试件经下列规范正火处理: 加热到 1203~1253K, 保持 30 分钟, 在空气中冷却。

测量方法: α ——用差动膨胀计, 试件为柱形, 直径 11 mm、长度 65 mm (测量误差为 $\pm 3\%$); c_p ——利用温度与焓的微分关系 (测量误差为 $\pm 2\%$); α ——用调节热状态法, 试件为圆片, 直径 36 mm 与 60 mm (表中所列 α 值为以两种类型圆片测得的算术平均值), 测量误差为 $\pm 5\%$; λ ——根据导热系数、比热和密度的已知数据计算出, 测量误差为 $\pm 15\%$ 。

11. 钢 00X18H20C3M3J35 的比热、温度线膨胀系数和热导率 [147]

T, K	$c_p, J / (Kg \cdot K)$	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$	$\lambda, W / (m \cdot K)$	T, K	$c_p, J / (Kg \cdot K)$	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$	$\lambda, W / (m \cdot K)$
10	6.01	-0.25	0.90	160	378	13.00	8.0
20	13.2	-0.01	1.5	170	389	13.42	8.2
30	27.8	0.61	2.1	180	400	13.85	8.5
40	54.1	1.45	3.5	190	407	14.10	8.8
50	89.1	2.84	4.0	200	414	14.30	9.0
60	127	4.80	4.7	210	422	14.52	9.1
70	165	5.95	5.0	220	430	14.75	9.2
80	202	6.90	5.5	230	436	14.90	9.3
90	234	7.95	6.0	240	442	15.15	9.4
100	263	8.90	6.4	250	446	15.33	9.5
110	287	9.70	6.7	260	450	15.50	9.6
120	311	10.50	7.0	270	454	15.60	9.7
130	330	11.20	7.2	280	458	15.70	9.8
140	348	11.90	7.2	290	462	15.75	9.9
150	363	12.45	7.8	300	465	15.80	9.9

注: 材料——用于制造耐酸、耐热设备的可变形奥氏体不锈钢。

钢的化学成分, %: C ≤ 0.06 ; Cr 16.0~20.0; Ni 18.0~20.0, Si 2.0~4.0, Mo 2.0~3.5, Cu 2.0~3.0, Nb 0.1~0.6, Zr ≤ 0.3 , Mn ≤ 0.8 , S ≤ 0.02 , P ≤ 0.02 。

试件经热处理 (于温度 1323~1373K 下水中淬火), 密度为 7828 kg/m³。

12. 亚锰钢 20Г 的温度线膨胀系数 [114]

T, K	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$	T, K	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$	T, K	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$
30	0.30	130	7.50	220	10.6
40	0.70	140	8.01	230	10.7
50	1.80	150	8.40	240	10.9
60	2.70	160	8.80	250	11.0
70	3.50	170	9.20	260	11.2
80	4.20	180	9.40	273	11.4
90	5.02	190	9.70	280	11.6
100	5.80	200	10.0	293	11.8
110	6.30	210	10.3	300	11.9
120	6.90				

注: 材料——含锰量高的优质结构碳钢 20Г。化学成分(按标准), %: C 0.17~0.24, Cr ≤ 0.25, Cu ≤ 0.25, Mn 0.70~1.0, Ni ≤ 0.25, P ≤ 0.04, S ≤ 0.04, Si 0.17~0.37, Fe 基。试件由热轧毛坯制成。

α 的测量方法: 相对法, 用石英差动膨胀计。测量误差为 ±5%。

对于牌号为 30Г 和 65Г 的同一类钢(试件由热轧毛坯制成): 30Г——170K 时, $\alpha = 12.6 \times 10^{-6} K^{-1}$; 65Г——300K 时, $\alpha = 11.0 \times 10^{-6} K^{-1}$; $c_p = 454 J/(kg \cdot K)$; $\lambda = 45.0 W/(m \cdot K)$ 。

化学成分(按标准), %: 钢 30Г——C 0.27~0.35, Cr ≤ 0.25, Cu ≤ 0.25, Mn 0.70~1.0, Ni ≤ 0.25, P ≤ 0.040, S ≤ 0.040, Si 0.17~0.37, Fe 基; 钢 65Г——C 0.62~0.70, Cr ≤ 0.25, Cu ≤ 0.25, Mn 0.90~1.20, Ni ≤ 0.25, P ≤ 0.040, S ≤ 0.040, Si 0.17~0.37, Fe 基。

13. 300K 时铸钢的比热、热导率和温度线膨胀系数 [114]

钢牌号	$c_p \cdot 10^{-3}, J/(kg \cdot K)$	$\lambda, W/(m \cdot K)$	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$	钢牌号	$c_p \cdot 10^{-3}, J/(kg \cdot K)$	$\lambda, W/(m \cdot K)$	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$
15Л	0.457	45.5	10.8	40Л	0.457	45.4	10.7
20Л	0.457	45.5	10.8	45Л	0.458	45.5	10.6
25Л	0.456	45.4	10.7	50Л	0.457	45.4	10.8
30Л	0.458	45.4	10.7	55Л	0.456	45.5	10.7
35Л	0.456	45.3	10.8				

注：铸钢的化学成分(按标准)，%：

铜牌号	C	Mn	P	S	Si	Fe
15Л	0.12—0.20	0.35—0.65	≤0.05	≤0.045	0.17—0.37	基 基 基 基 基 基 基 基 基 基
20Л	0.17—0.25	0.35—0.65	≤0.05	≤0.045	0.17—0.37	
25Л	0.22—0.30	0.50—0.80	≤0.05	≤0.045	0.17—0.37	
30Л	0.27—0.35	0.50—0.80	≤0.05	≤0.045	0.17—0.37	
35Л	0.32—0.45	0.50—0.80	≤0.05	≤0.045	0.17—0.37	
40Л	0.42—0.50	0.50—0.80	≤0.05	≤0.045	0.17—0.37	
45Л	0.47—0.50	0.50—0.80	≤0.05	≤0.045	0.17—0.37	
50Л	0.47—0.55	0.50—0.80	≤0.05	≤0.045	0.17—0.37	
55Л	0.52—0.60	0.50—0.80	≤0.05	≤0.045	0.17—0.37	

各种牌号钢的试件均经退火。

测量方法： c_p ——用绝热真空量热计(测量误差为±10%)； λ ——用稳态轴向热流(测量误差为±5%)； α ——相对法，用石英差动膨胀计(测量误差为±5%)。

14. 铝合金结构的钢的比热、热导率和温度线膨胀系数 [114, 141]

钢牌号	T, K	$c_p \cdot 10^{-3}$ J/(K·g·K)	λ , W/(m·K)	$\alpha \cdot 10^6$, K ⁻¹	钢牌号	T, K	$c_p \cdot 10^{-3}$ J/(K·g·K)	λ , W/(m·K)	$\alpha \cdot 10^6$, K ⁻¹
15X	300	0.452	39.0	—	30X	273	—	47.6	—
15XA	300	0.450	39.1	—					
20X	223	0.451	39.2	10.5	40X	223	—	—	11.1
	300			10.0					

注：钢的化学成分(按标准)，%：

元素	15X	15XA	20X	30X	40X
C	0.12—0.18	0.12—0.17	0.17—0.23	0.25—0.33	0.36—0.44
Cr	0.7—1.0	0.70—1.0	0.70—1.0	0.80—1.10	0.80—1.10
Cu	≤0.20	≤0.20	≤0.20	≤0.20	≤0.20
Mn	0.40—0.70	0.40—0.70	0.50—0.80	0.50—0.80	0.50—0.80
Ni	≤0.25	≤0.25	≤0.25	≤0.25	≤0.25
P	≤0.035	≤0.035	≤0.035	≤0.035	≤0.035
S	≤0.035	≤0.035	≤0.035	≤0.035	≤0.035
Si	0.17—0.37	0.17—0.37	0.17—0.37	0.17—0.37	0.17—0.37
Fe	基	基	基	基	基

测量淬火后的试件。测量方法： c_p ——用绝热真空量热计(测量误差为±5%)； λ ——用稳态轴向热流(测量误差为±3%)； α 和 $\bar{\alpha}$ ——相对法，用石英差动膨胀计(测量误差为±5%)。