

# 金属手册

案头卷

加工工艺与通用资料

〔美〕美国金属学会 主编



机械工业出版社

# 金属手册

案头卷

## 加工工艺与通用资料

〔美〕 美国金属学会 主编



机械工业出版社

(京) 新登字054号

美国金属学会主编的《金属手册》是一部大型综合性技术书籍。随着知识的迅速更新和膨胀,《金属手册》不断进行再版修订,第九版已是十七卷本的大型工具书。由于技术发展日益复杂使工程师们发现所从事的领域更为专门化,需要集中反映金属技术各个方面的手册,便于查找,方便实用,美国金属学会为此决定出版案头卷。

本案头卷包含第八版及第九版金属手册中的精华,篇幅很大,集中反映了金属技术的各个方面内容,并增加新内容,充分反映了技术上的进展,共分四大部分:通用资料、性能与选择、金属加工工艺及试验与检测。由于我社已翻译出版了第八版第九、十、十一卷中有关试验方面的内容,第九版第一、二、三卷性能与选择,第十卷材料检验,为了不与其重复,此中文译本仅包括通用资料和加工工艺部分,以满足读者的迫切需要。案头卷是一本综合性很强的技术参考书,主要适用于从事机械设计和工艺的工程技术人员使用,也可供科研院所高等院校师生参考,是各界工程技术人员必备的工具书。

**Metals Handbook Desk Edition**

**American Society for Metals**

1985

※ ※ ※

**金 属 手 册**

**案 头 卷**

**加工工艺与通用资料**

**〔美〕 美国金属学会 主编**

\*

**责任编辑: 张绪江 版式设计: 冉晓华**

**封面设计: 姚毅 责任校对: 熊天荣**

\*

**机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)**

**(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)**

**机械工业出版社印刷厂印刷**

**新华书店北京发行所发行·新华书店经营**

\*

**开本 787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印张58·插页2·字数1824千字**

**1992年2月北京第1版·1992年2月北京第1次印刷**

**印数 0001—3000·定价: 70.00元**

\*

**ISBN 7-111-03369-8/TG·737**

## 出版说明

金属手册是由美国金属学会主持编写的，最初以单行本问世，1924~1939年共出版了六版，反映美国当时的工业发展水平，因战争影响1939年后迟迟没有修订。战后1948年修订第七版增加了机械试验和无损检测等新篇章，并进行了全面改写，增补了工业加热、磨损、氧化、应力腐蚀及使用中失效等内容，从原来的28个章节增至74个章节，且有插图636个，表802个，内容丰富，图文并茂，深受各国读者的欢迎，于1952年、1954年、1956年三次重印，1954~1955年又出了200页的补编，反映军工方面的成就，其中收集了钛合金和耐热合金及其在军工方面的应用。

为了适应材料科学突飞猛进的发展和逐渐深化的特点，编辑泰勒·李曼提出具有创造性的设想——把金属手册扩充为多卷本。于是从第八版开始按材料、工艺、实验与测试等方面内容分卷出版，组织各方面的专家、权威、教授、科研单位及工厂中的专业人员负责编写，提供大量科研、生产中的实例照片、图表、数据等。因此美国金属手册不但切实反映美国工业发展的脉搏，而且成为确有实用价值的一套大型出版物。金属手册编辑委员会在1961年至1976年十多年间完成了第八版的全部修订工作。1978年开始修订第九版，内容更充实完善，现正在陆续出版。

为了适应我国科学技术发展的需要，我社组织翻译了第八版和第九版以下各卷：

第八版：

第六卷 焊接与钎焊（已出版）；

第九卷 断口金相与断口图谱（上、下册）（已出版）；

第十卷 失效分析与预防（已出版）；

第十一卷 无损检测与质量控制（已出版）。

案头卷（本书）

第九版：

第一卷 性能与选择：钢与铁；（已出版）

第二卷 性能与选择：有色合金与纯金属；

第三卷 性能与选择：不锈钢、工具材料及特殊用途合金；（已出版）

第四卷 热处理；（已出版）

第六卷 焊接与钎焊

第七卷 粉末冶金

第八卷 力学性能试验

第十卷 材料检验

第十四卷 成形与锻造

## 前 言

美国金属学会(ASM)主编的《金属手册》已问世60多年了,对全世界金属工作者来说,具有很高声誉,是综合性的权威参考书。

随着知识的迅速更新和膨胀,《金属手册》周而复始地进行再版和修订,篇幅不断增加。第八版出版11卷,而第九版更扩大到17卷。

然而,在这种情况下,ASM又决定出版一本集中所有金属技术的单卷手册,称为《金属手册》案头卷(Metals Handbook Desk Edition)。主编T.L.Gall在前言中解释了这样做的原因是,本书“代表了一种新的尝试,以对付要求提供有关金属技术的单卷本权威参考书的挑战。由于技术世界变得日益复杂,使工程师们发现,他们从事的领域更加专门化,以致难以看到金属技术的全貌。当他们面对超过专业以外的问题,并开始进行研究时,就不知所措。正是这种状况提供了本案头卷的编写目的,即提供给他们包含全部金属技术的单卷本,一部具有权威性的一流参考书。”

在出版该卷时ASM的主席M.B.Ives和秘书长E.L.Langer在1984年本书出版时写的序中,也说明了出版案头卷的渊源:“虽然没有人怀疑《金属手册》多卷本的必要性,但很多人仍赞扬曾经非常流行的1948年版本的方便实用的特点。1948年版是把所有内容包括在一卷内的最后一版。这些年来,ASM收到数以百计的要求,希望将该书再版,这就证明了它确是一本易于查阅,方便实用,并集中所有金属技术的一流参考书。为满足这些持续不断的要求,在该书出版三十六年之后,金属手册委员会决定再一次把各卷合在一起,出版《金属手册案头卷》”。

当然,与1948年版本相比,这本《案头卷》具有重大的变化。某些章节整个重写,有些是新增加的,并专为《案头卷》而写,目的是能包含金属技术的各个方面,并充分反映技术上的进展。

《案头卷》是一本篇幅很大的手册,分为通用资料、性能与选择、加工工艺、试验与检测四个部分,各部分具有相对独立性,可视为四个分册。本书仅选择了通用资料和加工工艺两个部分的内容进行翻译,目的是想满足机械工业中从事设计和制造的工程技术人员需要,作为他们必备的参考书。即使仅选译二部分,仍有一百多万字,内容十分丰富。通用资料部分,提供了常用的工程数据表,从事金属技术工作必需具备的金属学基础知识,以及在设计、选材、制造中使用的工程概念和判据。加工工艺部分则包括了从冶金、铸、锻、焊、热处理、表面保护、机加工到金属再利用等所有工艺内容,它指导工程技术人员如何去做,其详尽程度,完全可以使读者解决很多一般的生产问题。当然本书对研究所的研究人员,高校教师也同样是一本有价值的参考书。

本书由中国机械工程学会热处理分会组织编译,参加本书翻译和校对的有刘迨、陈洵、乔健、皇甫骅、何钿、徐愷娣、张霖瑞、樊东黎、邵周俊、吴颖思、曹敏达、李福臣、李长府、王德文、荀毓闽、胥维华、刘荣藻、裴国俊、王启丁、朱沅浦、张征权、杨青春等同志,全书由刘迨、吴颖思和陈洵统一审定。

本书的出版工作,得到了机械工业出版社的大力支持,特别是张绪江同志卓有成效的出色的编辑工作,才使本书得以出版,在此表示真挚的谢意。

中国机械工程学会热处理分会  
秘书长 刘迨

# 第1部分 通用资料

# 目 录

<b>第 1 部分 通用资料</b> .....	( 1 )
1 工程数据表 .....	( 3 )
2 金属的组织 and 性能 .....	( 47 )
3 金属工程 .....	( 88 )
<b>第 2 部分 加工工艺</b> .....	(113)
1 萃取冶金学 .....	(115)
2 钢铁生产 .....	(148)
3 铸造 .....	(162)
4 锻造 .....	(265)
5 粉末冶金 .....	(322)
6 成形 .....	(359)
7 机械加工 .....	(443)
8 热处理 .....	(571)
9 表面技术 .....	(706)
10 焊接 .....	(786)
11 金属和合金的重复利用 .....	(913)

# 第1部分 通用资料





# 1 工程数据表

---

元素周期表 .....(4)	公制应力或强度转换 .....(30)
元素物理性能 .....(6)	温度转换 .....(31)
金属和合金密度 .....(16)	与钢的维氏硬度值近似等效的各种硬度和抗
金属和合金的线膨胀系数 .....(20)	拉强度值 .....(34)
金属与合金热导率 .....(22)	与钢的布氏硬度值近似等效的各种硬度和抗
金属和合金电导率和电阻率 .....(24)	拉强度值 .....(36)
元素蒸汽压 .....(26)	与钢的洛氏 C、B 硬度值近似等效的各种硬
公制转换因子 .....(27)	度和抗拉强度值(a) .....(37)
公制应力-强度转换 .....(28)	碳钢、低合金钢、不锈钢和工具钢的物理性
公制能量转换 .....(29)	能 .....(39)

---

## 1 工程

元素周期表

金属									
I <sup>a</sup>	II <sup>a</sup>	III <sup>b</sup>	IV <sup>b</sup>	V <sup>b</sup>	VI <sup>b</sup>	VII <sup>b</sup>	VIII		
1 H +1 1.0079 1									
3 Li +1 6.939 2-1	4 Be +2 9.0122 2-2								
11 Na +1 22.9898 2-8-1	12 Mg +2 24.312 2-8-2								
图表说明 原子数 → 50    +2 ← 氧化状态 元素符号 → Sn    +4 原子量 → 118.69 -18-18-4 ← 电子分布									
过渡族元素									
19 K +1 39.09 -8-8-1	20 Ca +2 40.08 -8-8-2	21 Sc +3 44.9559 -8-9-2	22 Ti +2 +3 +4 47.9 -8-10-2	23 V +2 +3 +4 +5 50.941 -8-11-2	24 Cr +2 +3 +6 51.996 -8-13-1	25 Mn +2 +3 +4 +7 54.9380 -8-13-2	26 Fe +2 +3 55.847 -8-14-2	27 Co +2 +3 58.9332 -8-15-2	28 Ni +2 +3 58.71 -8-16-2
37 Rb +1 85.467 -18-8-1	38 Sr +2 87.62 -18-8-2	39 Y +3 88.9059 -18-9-2	40 Zr +4 91.22 -18-10-2	41 Nb +3 +5 92.9064 -18-12-1	42 Mo +6 95.94 -18-13-1	43 Tc +4 +6 +7 98.9062 -18-13-2	44 Ru +3 +4 101.07 -18-15-1	45 Rh +3 +4 102.905 -18-16-1	46 Pd +2 +4 106.4 -18-18-0
55 Cs +1 132.9054 -18-8-1	56 Ba +2 137.3 -18-8-2	57 La +3 138.9055 -18-9-2	72 Hf +4 178.49 -32-10-2	73 Ta +5 180.948 -32-11-2	74 W +6 183.85 -32-12-2	75 Re +4 +6 +7 186.207 -32-13-2	76 Os +3 +4 190.2 -32-14-2	77 Ir +3 +4 192.9 -32-15-2	78 Pt +2 +4 195.09 -32-16-2
87 Fr +1 (223) -18-8-1	88 Ra +2 226.0254 -18-8-2	89 Ac +3 (227) -18-9-2	104 Rf +4 (261) -32-10-2	105 Ha +5 (262) -32-11-2	106 (263) -32-12-2				
* 镧系		58 Ce +3 +4 140.12 -20-8-2	59 Pr +3 140.9077 -21-8-2	60 Nd +3 144.24 -22-8-2	61 Pm +3 147 -23-8-2	62 Sm +2 +3 150.4 -24-8-2	63 Eu +2 +3 151.96 -25-8-2	64 Gd +3 157.25 -25-9-2	65 Tb +3 158.925 -27-8-2
* 锕系		90 Th +4 232.038 -18-10-2	91 Pa +5 +4 231.0359 -20-9-2	92 U +3 +4 +5 +6 238.029 -21-9-2	93 Np +3 +4 +5 +6 237.0482 -22-9-2	94 Pu +3 +4 +5 +6 239.052 -24-8-2	95 Am +3 +4 +5 +6 (243) -25-8-2	96 Cm +3 (247) -25-9-2	97 Bk +3 +4 (247) -27-8-2

括号中的数字为该元素最稳定的同位素的质量。

数据表

非金属								轨道
I <sup>b</sup>	II <sup>b</sup>	III <sup>a</sup>	IV <sup>a</sup>	V <sup>a</sup>	VI <sup>a</sup>	VII <sup>a</sup>	0	
							2 0 He 4.00260 2	K
		5 +3 B 10.81 2-3	6 +2 C 12.011 2-4	7 +1 N 14.0067 2-5	8 -2 O 15.9994 2-6	9 -1 F 18.998403 2-7	10 0 Ne 10.17 <sub>9</sub> 2-8	K-L
		13 +3 Al 26.98154 2-8-3	14 +2 Si 28.08 2-8-4	15 +3 P 30.97376 2-8-5	16 +4 S 32.06 2-8-6	17 +1 Cl 35.453 2-8-7	18 0 Ar 39.948 2-8-8	K-L-M
29 +1 Cu +2 63.54 -8-18-1	30 +2 Zn 65.38 -8-18-2	31 +3 Ga 69.72 -8-18-3	32 +2 Ge +4 72.59 -8-18-4	33 +3 As +5 74.9216 -8-18-5	34 +4 Se +6 78.96 -8-18-5	35 +1 Br +5 79.904 -8-18-7	36 0 Kr 83.80 -3-18-8	-L-M-N
47 +1 Ag 107.868 -18-18-1	48 +2 Cd 112.40 -18-18-2	49 +3 In 114.82 -18-18-3	50 +2 Sn +4 118.69 -18-18-4	51 +3 Sb +5 121.75 -18-18-5	52 +4 Te +6 127.60 -18-18-6	53 +1 I +5 126.9045 -18-18-7	54 0 Xe 131.30 -18-18-8	-M-N-O
79 +1 Au +3 196.9665 -32-18-1	80 +1 Hg +2 200.59 -32-18-2	81 +1 Tl +3 204.37 -32-19-3	82 +2 Pb +4 207.19 -32-18-4	83 +3 Bi +5 208.980 -32-18-5	84 +2 Po +4 (209) -32-18-6	85 At (210) -32-18-7	86 0 Rn (222) -32-18-8	-N-O-P
								-O-P-Q
66 +3 Dy 162.50 -28-8-2	67 +3 Ho 164.9304 -29-8-2	68 +3 Er 167.26 -30-8-2	69 +3 Tm 168.9342 -31-8-2	70 +2 Yb +3 173.04 -32-8-2	71 +3 Lu 174.967 -32-9-2			-N-O-P
98 +3 Cf (251) -28-8-2	99 +3 Es (254) -29-8-2	100 +3 Fm (257) -30-8-2	101 +2 Md +3 (258) -31-8-2	102 +2 No +3 (259) -32-8-2	103 +3 Lr (260) -32-9-2			-O-P-Q

## 元素物理性能

元素	原子序号 No.	原子量	密度 (a) g/cm <sup>3</sup> (lb/in <sup>3</sup> )	熔点 °C (°F)	沸点 °C (°F)	比热 (b) cal/g·°C (J/kg·K)	熔化热 (cal/g) (Btu/lb)
钨 (Ac)	89	227	—	1050±50 (1920±90)	—	—	—
钼 (Al)	13	26.98	(—) 2.70 (0.0974)	660 (1220)	(—) 2450 (4442)	(—) 0.215 (900)	(—) 94.5 (170)
镧 (Am)	95	243	11.87 (0.4285)	—	—	—	—
铈 (Sb)	51	121.76	6.65 (0.240)	630.5±0.1 (1166.9±0.2)	1380 (2516)	0.049 (205)	38.3 (68.9)
钷 (Ar)	18	39.99	1.784 (g) (0.06440) (g)	-189.4±0.2 (-308.9±0.4)	-185.8 (-302.4)	0.125 (523)	6.7 (12)
铈 (As)	33	74.91	5.72 (0.206)	817 (j) (1503) (j)	613 (k) (1135) (k)	0.082 (343)	88.5 (159.3)
铈 (At)	85	211	—	302 (m) (576) (m)	—	—	—
钡 (Ba)	56	137.86	(—) 3.6 (0.13)	714 (1317)	(—) 1640 (2980)	(—) 0.068 (285)	(—) — —
铋 (Bk)	97	247	—	—	—	—	—
铍 (Be)	4	9.01	(—) 1.85 (0.0668)	(—) 1277 (2332)	(—) 2770 (5020)	(—) 0.45 (190)	(—) 260 (470)
铷 (Bi)	83	209.00	9.80 (0.354)	271.3 (520.3)	1560 (2840)	0.0294 (123)	12.5 (22.5)
硼 (B)	5	10.82	2.45 (0.0884)	2030 (q) (3690) (q)	—	0.309 (1290)	—
溴 (Br)	35	79.92	3.12 (0.113)	-7.2±0.2 (19.0±0.4)	58 (136)	0.070 (290)	16.2 (29.2)
镉 (Cd)	48	112.41	8.65 (0.312)	320.9 (609.6)	765 (1409)	0.055 (230)	13.2 (23.8)
钙 (Ca)	20	40.08	1.55 (0.0560)	838 (1540)	1440 (2625)	0.149 (u) (624) (u)	52 (93.6)
铜 (Cf)	98	251	—	—	—	—	—
碳 (C)	6	12.01	(—) 2.25 (0.0812)	(—) 3727 (k) (6740) (k)	(—) 4830 (8730)	(—) 0.165 (691)	(—) — —
铈 (Ce)	58	140.13	6.77 (0.244)	804 (1479)	3470 (6280)	0.045 (190)	8.5 (15.9)
铈 (Cs)	55	132.91	1.87 (0.0675)	28.7 (83.6)	690 (1273)	0.04811 (201.7)	3.8 (6.8)
氯 (Cl)	17	35.46	3.214 (g) (0.1160) (g)	-100.99 (-149.78)	-34.7 (-30.5)	0.116 (486)	21.6 (38.9)
铈 (Cr)	24	52.01	7.19 (0.260)	1875 (3407)	2665 (4829)	0.11 (460)	96 (173)
钴 (Co)	27	58.94	8.85 (0.319)	1495±1 (2723±1.8)	2900 (5250)	0.099 (410)	58.4 (105)

铜 (Cu)	29	63.54	8.96 (0.323)	1083.0 ± 0.1 (1981.4 ± 0.18)	2595 (4703)	0.092 (380)	50.6 (91.1)
镉 (Cd)	96	247	(0.3) 8.55 (0.309)	(-) 1407 (2565)	(-) 2330 (4230)	(-) 0.041 (170)	(-) 25.2 (45.4)
镉 (Dy)	66	162.51	(-) 9.15 (0.330)	(-) 1497 (2727)	(-) 2630 (4770)	(-) 0.040 (170)	(-) 24.5 (44.1)
镉 (Es)	99	254	5.24 (0.189)	826 (1519)	1490 (2710)	0.039 (160)	16.5 (29.6)
铯 (Er)	68	167.27	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
铯 (Eu)	63	152.0	1.696 (g) (0.06123) (g)	-219.6 (-363.3)	-188.2 (-306.8)	0.18 (750)	10.1 (18.2)
铯 (Fm)	100	253	(-)	27 (m) (81) (m)	(-)	(-)	(-)
氟 (F)	9	19.00	7.86 (0.284)	1312 (2394)	2730 (4950)	0.071 (300)	23.5 (42.4)
钆 (Fr)	87	223	5.91 (0.213)	29.78 (85.60)	2237 (4059)	0.079 (330)	19.16 (34.49)
钆 (Gd)	64	157.26	5.32 (0.192)	937.4 ± 1.5 (1719.3 ± 2.7)	2830 (5125)	0.073 (310)	(-)
镓 (Ga)	31	69.72	19.3 (0.697)	1063.0 ± 0.0 (1945.4 ± 0.0)	2970 (5380)	0.0312 (j) (131) (j)	16.1 (29.0)
锗 (Ge)	32	72.60	13.1 (0.473)	2222 ± 39 (4032 ± 54)	5400 (9750)	0.0351 (147)	(-)
金 (Au)	79	197.0	0.1785 (g) (0.006444) (g)	-269.7 (-453.5)	-268.9 (-452.0)	1.25 (5230)	(-)
铟 (In)	49	114.82	6.79 (0.245)	1461 (2662)	2330 (4230)	0.039 (160)	24.9 (44.7)
铱 (Ir)	77	192.2	0.0899 (g) (0.00325) (g)	-259.19 (-434.54)	-252.7 (-422.9)	3.45 (14400)	15.0 (27.0)
铊 (I)	53	126.91	7.31 (0.264)	156.2 (313.1)	2000 (3632)	0.057 (240)	6.8 (12.2)
铋 (Bi)	83	208.98	4.94 (0.178)	113.7 (236.7)	183 (361)	0.052 (220)	14.2 (25.6)
铋 (Fe)	26	55.85	22.65 (0.8177)	2454 ± 3 (4449 ± 5)	5300 (9570)	0.0307 (129)	(-)
铋 (Kr)	36	83.8	7.87 (0.284)	1636.5 ± 1 (2797.7 ± 1.8)	3000 ± 150 (5430 ± 270)	0.11 (460)	65.5 (117.9)
铋 (La)	57	138.92	3.743 (g) (0.1351) (g)	-157.3 (-251.1)	-152 (-242)	(-)	(-)
			6.15 (0.222)	920 (1688)	3470 (6280)	0.048 (200)	17.3 (31.1)

(续)

符号	线膨胀系数 (c)		热导率 (c)	电阻率	拉伸弹性模型	晶格常数 (b), A			最近原子距离
	$\mu\text{in/in}^\circ\text{C}$ ( $\mu\text{in/in}^\circ\text{F}$ )	$\text{cal/cm}^2/\text{cm/s}^\circ\text{C}$				$\mu\Omega\cdot\text{cm}$	$10^{10}\text{lb/in}^2$	a	
铜 Ac	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)
铝 Al	23.6 (d) (13.1)(d)	0.53	2.6548(b)	9	4.0491	(—)	(—)	2.862	(—)
锡 Am	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)
锑 Sb	8.5-10.8(e) (4.7-6)(e)	0.045	39.0 (f)	11.3	4.5065	(—)	57°6.5'	2.904	(—)
氩 Ar	(—)	$0.406 \times 10^{-4}$	(—)	(—)	5.43(h)	(—)	(—)	3.84	(—)
砷 As	(—)	(—)	33.3 (b)	(—)	4.159	(—)	53°49'	(—)	(—)
碲 At	4.7 (2.6)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)
钡 Ba	(—)	(—)	(—)	(—)	5.025	(—)	(—)	4.348	(—)
铍 Bk	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)
铍 Be	11.6 (n) (6.4)(n)	0.35	4 (b)(p)	40.44	2.2858	(—)	3.5842	(—)	(—)
铋 Bi	13.3 (7.4)	0.020	106.8 (f)	4.6	4.7457	(—)	57°14.2'	3.111	(—)
硼 B	8.3 (r) (4.6)(r)	(—)	$1.8 \times 10^{12}$ (f)	(—)	17.89	8.95	10.15	(—)	(—)
溴 Br	(—)	(—)	(—)	(—)	4.49(s)	6.68(s)	8.74(s)	2.27	(—)
镉 Cd	29.8 (16.55)	0.22	6.83 (f)	8 (t)	2.9787	(—)	5.617	(—)	(—)
钙 Ca	22.3 (v) (12.4)(v)	0.3	3.91 (f)	3.2-3.8(w)	5.582	(—)	(—)	(—)	(—)
铈 Cf	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)
碳 C	0.6-4.3 (d) (0.3-2.4)(d)	0.057	1375 (f)	0.7	2.4614	(—)	6.7041	1.42	(—)
铈 Ce	8 (4.44)	0.026(x)	75 (y)	6(z)	5.16	(—)	(—)	(—)	(—)
铯 Cs	97(aa) (54)(aa)	(—)	20 (b)	(—)	6.13(bb)	(—)	(—)	(—)	(—)
氯 Cl	(—)	$0.172 \times 10^{-4}$	(—)	(—)	8.58(cc)	(—)	6.13(cc)	1.81	(—)
铬 Cr	6.2 (3.4)	0.16	12.9 (f)	36	2.884	(—)	(—)	2.498	(—)
钴 Co	13.8 (7.66)	0.165	6.24 (b)	30	2.5071	(—)	4.0686	2.4967	(—)

铜 Cu	16.5 (9.2)	0.941 ± 0.005	1.6730 (b)	16	3.6153	—	—	2.556
镉 Cm	(—)	—	—	—	—	—	—	—
镨 Dy	9 (5)	0.024 (x)	57 (y)	10-14(z)	3.59	—	5.65	—
铈 Es	(—)	—	—	—	—	—	—	—
铒 Er	9 (5)	0.023 (x)	107 (y)	16(z)	3.65	—	5.58	—
铕 Eu	26 (14.44)	—	90 (y)	—	4.58	—	—	—
镱 Fm	(—)	—	—	—	—	—	—	—
氟 F	(—)	—	—	—	—	—	—	—
钆 Fr	(—)	—	—	—	—	—	—	—
钷 Gd	4(dd) (2.22)(dd)	0.021 (x)	140.5 (y)	8-14(z)	3.64	—	5.78	—
镓 Ga	18(ee) (10)(ee)	0.07-0.09(ff)	17.4 (gg)	—	4.524(y)	4.523(y)	7.661(y)	2.437
锗 Ge	5.75 (3.19)	0.14	46 (hh)	—	5.658	—	—	2.419
金 Au	14.2 (7.9)	0.71	2.35 (b)	11.6	4.078	—	—	2.882
铪 Hf	519(kk) (288)(kk)	0.223 (mm)	35.1 (y)	—	3.1883	—	5.0422	—
氦 He	(—)	3.32 × 10 <sup>4</sup>	—	—	3.58(nn)	—	5.84(nn)	3.58
铈 Ho	(—)	—	87 (y)	11(z)	3.58	—	5.62	—
氢 H	(—)	4.06 × 10 <sup>4</sup>	—	—	3.75(pp)	—	6.13(pp)	—
铟 In	33 (18)	0.057	8.37 (b)	1.57	4.594	—	4.951	3.25
碘 I	93 (52)	10.4 × 10 <sup>4</sup>	1.3 × 10 <sup>15</sup> (b)	—	4.787	7.266	9.793	2.71
铱 Ir	6.8 (3.8)	0.14	5.3 (b)	76	3.8389	—	—	2.714
铁 Fe	11.76(qq) (6.53)(qq)	0.18 (rr)	9.71 (b)	28.5 ± 0.5	2.8664(y)	—	—	2.4824
氪 Kr	(—)	0.21 × 10 <sup>4</sup>	—	—	5.69(ss)	—	—	4.03
镧 La	5 (2.77)	0.033(x)	57 (y)	10-11(z)	3.77	—	12.16	—



(续)

元素	原子序号 No.	原子量	密度 (a) g/cm <sup>3</sup> (lb/in <sup>3</sup> )	熔点 °C (°F)	沸点 °C (°F)	比热 (b) cal/g·°C (J/kg·K)	熔化热 cal/g (Btu/lb)
铊 (Lv)	103	257	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)
铅 (Pb)	82	207.21	11.34 (0.4094)	327.4258 (621.3664)	1725 (3137)	0.0309(f) (129(f))	6.26 (11.27)
铯 (Li)	3	6.94	0.534 (0.193)	180.54 (356.97)	1330 (2426)	0.79 (3300)	104.2 (187.6)
铍 (Lu)	71	174.99	9.85 (0.356)	1652(uu) (3006)(uu)	1930 (3510)	0.037 (150)	26.29 (47.32)
镁 (Mg)	12	24.32	1.74 (0.0628)	650 ± 2 (1202 ± 4)	1107 ± 10 (2025 ± 20)	0.245 (1030)	88 ± 2 (158 ± 4)
锰 (Mn)	25	54.94	7.43 (0.268)	1245 (2273)	2150 (3900)	0.115(xx) (481)(xx)	63.7 (114.7)
钨 (Md)	101	256	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)
汞 (Hg)	80	200.61	13.55 (0.4892)	-38.36 (-37.06)	357 (675)	0.033 (140)	2.8 (5.0)
钼 (Mo)	42	95.95	10.2 (0.368)	2610 (4730)	5560 (10040)	0.066 (280)	69.8(m) (125.6)(m)
钕 (Nd)	60	144.27	7.00 (0.253)	1019 (1866)	3180 (5756)	0.045 (190)	11.78 (21.20)
氦 (Ne)	10	20.18	0.8999(g) (0.03249)(g)	-248.6 ± 0.3 (-415.5 ± 0.5)	-246.0 (-410.8)	(—)	(—)
铈 (Np)	93	237	20.5 (0.740)	637 ± 2 (1179 ± 4)	(—)	(—)	(—)
铼 (Ni)	28	58.71	8.9 (0.32)	1453 (2647)	2730 (4950)	0.105 (440)	73.8 (132.8)
铌 (Nb)	41	92.91	8.57 (0.309)	2468 ± 10 (4474 ± 18)	4927 (8901)	0.065(f) (270)(f)	69 (124.2)
氮 (N)	7	14.01	1.250(g) (0.04513)(g)	-209.97 (-345.95)	-195.8 (-320.4)	0.247 (1030)	6.2 (11.2)
铟 (No)	102	247	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)
铀 (Os)	76	190.2	22.61 (0.8162)	2700 ± 200(m) (4900 ± 350)(m)	(—)	(—)	(—)
氧 (O)	8	16.00	1.429(g) (0.05159)(g)	-218.83 (-361.89)	5500 (9950)	0.031 (130)	(—)
钋 (Pd)	46	106.4	12.02 (0.4339)	1552 (2826)	-183.0 (-297.4)	0.218 (913)	3.3 (5.9)
磷 (P)	15	30.98	1.83 (0.0661)	44.25 (111.65)	3880 (7200)	0.0584(f) (245)(f)	34.2 (61.6)
铂 (Pt)	78	195.09	21.45 (0.7743)	1769 (3217)	280 (536)	0.177 (741)	5.0 (9.0)
钷 (Pu)	94	242	19.4 (0.700)	640 (1184)	4530 (8185)	0.0314(f) (131)(f)	26.9 (48.4)
					3235 (6000)	0.033(qq) (140)(qq)	(—) (—)