

汉 英 对 照

金属与人类文明

下 册

阿瑟·斯特利特	著
威廉·亚力山大	
侯新民	译
唐建文等	校

冶金工业出版社

金属与人类文明

下册

				阿瑟·斯特利特·威廉·亚新·文·吴肇鲁	著
				唐建文	译校
				贵任编辑	鲁
				出版社	
				发行所	
				印刷厂	
1982年11月第	一	版	开本	787×1092	1/32
1982年11月第	一	次印刷	印张	10 1/2	字 数 231 千字
				印数	0,001~4,500册

统一书号：15062·3888

定价 1.10 元

出版者的话

英国企鹅书店 (Penguin Books) 出版的 “Metals in the Service of Man” 一书自1944年问世至1980年以来, 曾先后修订过七次, 重印过十二次, 已经销售了五十万册。随着冶金研究和工业技术的发展, 该书内容也不断充实更新。

本书作者阿瑟·斯特利特博士 (Dr Arthur Street) 和威廉·亚历山大教授 (Professor William Alexander) 都在三十年代初毕业于英国伯明翰大学, 在那里完成了冶金学的学习和研究工作。斯特利特博士长年担任英国一家著名的压铸公司的董事长, 曾就压铸技术发表过专著, 并到世界许多地方讲学, 是第一个获得美国压铸协会道勒尔年度奖的欧洲人。亚历山大教授是伯明翰阿斯顿大学冶金系教授, 致力于工业冶金学和工程材料学的教学工作; 1976年退休后, 仍继续其研究工作并担任冶金学顾问。

本书从地壳的构造、矿物的分布、采矿、选矿, 讲到金属的冶炼、铸造、合金、加工和使用; 从金属的显微组织、金属的缺陷, 讲到金属的探伤和防腐; 从汽车、船舶的制造, 讲到航空、航天乃至原子能技术; 而且引用了不少历史故事, 谈到一些历史事件, 并附有插图和照片。

本书内容广泛、深入浅出、趣味性强、语言幽默、引人入胜。它在许多国家几乎成了一切工程技术人员, 特别是生产和使用金属材料的工程技术人员的必读之书, 因而颇具影响, 深受人们的喜爱。

为了帮助我国读者特别是广大青年广泛了解关于金属的秘密, 掌握一定的科学知识, 同时也帮助青年读者提高英语

阅读能力，本书以汉英对照形式出版，原文附在译文的后面，并加编了与译文相应的段序，以便读者对照。本书是根据原著1979年第七版1980年重印本翻译的，书名借用本书第一章的章名，改为《金属与人类文明》。为节约篇幅，译本删除了原书中“出场人物表”（见本书第901段注）、“公制化说明”、“照片目录”和“词汇表”等部分。本书分上、下两册出版；每册各十一章。参加全书校阅工作的还有赵树莘、汪祯武、毛正坎同志；孙秀桐同志协助校阅了第二十一章。由于我们的知识面和英文水平都很有限，对译文中不足甚至错误之处，恳请读者不吝指正。

1981年10月

目 录

下册

第十二章	铸铁和合金钢	1
第十三章	铝	12
第十四章	铜	31
第十五章	四种常用金属——锡、锌、铅、镍	41
第十六章	镁	62
第十七章	一些其他金属（以及冶金用的几种其他元素）	67
第十八章	腐蚀	94
第十九章	金属的接合	103
第二十章	粉末冶金	116
第二十一章	金属和核能	121
第二十二章	金属的未来	139
原文		157

上册

前言

第一章 金属与人类文明

第二章 我们怎样获得金属

- 第三章 炼铁
- 第四章 炼铝
- 第五章 合金
- 第六章 显微镜下的金属
- 第七章 金属的内部组织
- 第八章 金属的加工成形
- 第九章 金属的试验
- 第十章 铁和钢
- 第十一章 钢中碳的作用
- 原文

第十二章 铸铁和合金钢

高炉生产的生铁一般都用来炼钢，但和生铁相关的一种铁碳合金——铸铁，是用化铁炉重熔生铁而成；化铁炉看起来象小高炉，但不是用矿石来炼铁，而是用来熔化生铁的。用铸铁生产各种工程和结构部件在金属加工领域中仅次于炼钢工业，而占有相当大的比重。铸铁水流动性大，凝固时收缩率低，因而能够得到高精度公差和产品设计上的更大灵活性。铸铁有多方面的性能，诸如硬度高、机加工性良好、压缩强度高、耐磨、刚性大等，铸铁还是价格最低廉的金属。 402

1970年，联合王国技术部对铸铁的各种用途做了一个分析。工业局一直坚持进行这项工作到现在。尽管这样一个清单看起来是枯燥的，我们仍把1977年的报告列于表15中。英国年产铸铁二百多万吨，估计汽车、卡车和拖拉机等的制造至少要用去总量的三分之一，但很少有人会想到：人孔盖板和钢锭模制造的用量也很大。表15中也列出了可锻铸铁和球墨铸铁的产量，这项内容放到后面去谈。 403

英国有些铸造厂每周生产一千多吨铸件，约合五十万个单件。这样的铸造厂一般配有两座化铁炉，每小时各熔铁25吨。两座炉子均在白天生产，晚上修补炉衬，为第二天做准备工作。 404

选用不同的生铁，改变化铁炉的熔化条件，并且添加一 405

些特殊的合金添加剂，则可以生产很多种铸铁，但铸铁基本分为白口铸铁和灰口铸铁两大类。两种铸铁都含有2.4~4.0%的碳，所不同的是大部分碳在金属组织中的存在状况不一样。白口铁中的碳全部都以渗碳体形式存在，断口呈现白色；而灰口铁中的碳，大部分以片状石墨存在，剩余部分则常以珠光体形式存在，断口呈灰色。

406 十九世纪的伟大冶金学家之一，托马斯·特纳——他后来成为了伯明翰大学冶金系的第一位教授——曾发表一篇具有历史意义的文章，题目是“硅对铸锭性能的影响”，刊登在化学学会1885年的一期杂志上。他的研究是一个里程碑，标志着金属加工技术正象第一章所讲的那样，已经成为了冶金科学。特纳教授证明，铸铁的含硅量决定着铸铁的状态。仅含1%的硅时，铸铁趋于白色；含硅约3%时，即使进行急速冷却，铸铁还是呈灰色。后来又发现，其它合金元素也会影响铸铁的组织，例如，铬导致产生白口铁，镍则导致产生灰口铁。

407 因为渗碳体相当硬，所以白口铁虽然脆，但是坚固耐用。灰口铁比较软，不脆，易于进行机加工，适合做滑动面，因为石墨软，是很好的润滑剂。冷却的速度在一定程度上也可以决定铸铁是白口还是灰口，冷却得越快成为白口铁的趋势就越大。根据这个规律，可以给轧辊厂制造大型铸铁轧辊，这种轧辊具有灰口铁的辊心和由于受到激冷而变硬的白口铁辊面。

408 虽然白口铁的硬度和耐磨性适合做采掘机械部件，但它的应用比灰口铁少得多。然而，它是生产可锻铸铁的重要步骤，这将在后面叙述。

1. 球墨铸铁

表 15 铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁的应用

产 品	1977年联合王国产量(吨)		
	灰口铸铁	可锻铸铁	球墨铸铁
压力管道及配件	30557	23065	168831
雨水管道及配件	37062	—	—
人孔盖板及格栅等	103966	390	2778
热水锅炉	41978	—	572
浴室及卫生用品	30366	—	—
火炉和炊事炉	37698	—	291
建筑五金	15090	4579	—
金属辊	30918	—	5575
钢锭模	309628	—	1282
机床	107577	1007	1778
船用发动机等	46200	17	5370
泵和压缩机	50196	4265	1931
农业机械	56048	3420	3391
纺织机械	21585	—	139
吊车	54897	2252	2232
轨道铸件	60732	7749	9272
机车车辆	6968	—	631
拖拉机	183383	19967	10293
小汽车及卡车	637446	90570	64089
电力工程	70301	11418	4325
化工设备及阀	65812	7213	2926
其它	294348	20782	20103
总 计	2292738	196694	305809

自1948年以来,球墨铸铁就以“S.G.铁”或“球铁”著称,在美国则称为韧铁,用它制作许多承受应力的部件结构材料,而同钢铸件或钢锻件相竞争。现在西方世界的年产

量达三百万吨，使用量正继续以每年15%左右的速度增长。

410 往熔融的铸铁中添加少量镁或铈（仅0.04%左右），可以使金属在凝固时生成球状石墨，而不是片状石墨。片状石墨表面面积大，端部又呈锐角，因而导致了铸铁的脆性；而石墨呈小球状就使这种铸铁的硬度、韧性和抗振能力比普通灰口铁大多了。

411 球墨铸铁通常是用电炉熔炼，因为用电炉比用化铁炉所得的纯度高。

412 球墨铸铁，一半以上是用离心铸造法铸成直径为50~1000毫米的铁管，用以在高压或低压下输送水、气。其它用途如表15所示。球墨铸铁的最令人注意的用户之一是汽车工业，它总是注意节约成本而又不降低质量。欧洲的汽车制造业现在用球墨铸铁制造曲轴；球墨铸铁还有一项新的用途，就是用来制作质量高又安全可靠的制动盘卡钳。高压管道生产使用球墨铸铁的数量猛增。本书上一版所引用的1969年铸铁应用报告中提到，约96000吨球墨铸铁用于制造高压管，从表15中可以看出，1977年已增加到168831吨。

2. 可锻铸铁

413 白口铁是生产可锻铸铁的原料。白口铁经过热处理，白色渗碳体分解成铁素体和趋于球状的石墨组织，并具有黑色断口。于是便把这种铸铁称之为黑心可锻铸铁。图48是三种铸铁的显微组织。在普通灰口铁中，片状石墨很明显；而在球墨铸铁中，可以看到石墨球；黑心可锻铸铁的石墨所呈现的球状要比球墨铸铁的球状显得模糊。珠光体可锻铸铁是在第二次世界大战期间作为钢的良好代用材料发展起来的。在白口铁中增加锰含量，然后进行热处理就制成了珠光体可锻铸铁。用这种方法使白口铁获得珠光体组织，珠光体可锻铸

铁比黑心可锻铸铁更硬、强度更大。很多过去要用钢制造的部件，现在都可以用珠光体可锻铸铁制造了。

白心可锻铸铁是把铸件装在有氧化铁的铁箱中，在900~950°C的温度下加热两天而制得。然后再进行缓冷，内部呈现象钢一样的结构，断口呈白色。

可锻铸铁是一门古老的工业，其生产方法于二百年前就发明了。这种生产方法有其长处也有短处，但在近三十年来技术上有所改进，并且大大发展了。可锻铸铁价格低廉且适合现代生产的需要，因为它强度大、韧性好、能进行快速切削。球墨铸铁是一个新品种，它是可锻铸铁的强大竞争对手。从表15中可以看到，它们的用途是互相交叉的。但是，可锻铸铁部件一般厚度都低于60毫米，因为白口铁是制造可锻铸铁的起点，而白口铁很难铸出厚的铸件。另一方面，球墨铸铁则不适合制作薄的部件。

3. 合金钢

一个细小的钢制件，如一个小工具或一根针，可以在水中淬火，而在整个截面上得到均匀的性能，但是若把一个大钢块加热并淬火，其外部冷却快，内部冷却慢。这样，从表面到心部，硬度逐渐减小。此外，内外收缩的不一致造成了内应力，所以大块高碳钢经受急剧淬火时会产生裂纹。这种情况限制了碳钢的使用，但是由于合金钢的发展，这种困难得到了克服，而且还出现了其它优点，即通过软淬火可使整个合金钢件硬度均匀。

合金钢分为两种类型：添加元素低于10%的低合金钢和高于10%的高合金钢（后者的添加元素一般在15~30%之间）。在过去一百年中，合金钢越来越多地用来制造那些必须在腐蚀条件下工作、要受到大应力的部件，如军用重炮、装

甲板、桥梁、自行车，乃至洗衣机和游艇等。连家庭主妇都瞧不起普通钢刀，只有不锈钢刀具才能使她们满意。

418 使用合金钢是由于下述原因：

419 （1）大合金钢件进行热处理能够得到均匀的效果，不会出现内外性能不均的现象；而大断面的碳素钢件在热处理时则会出现这种现象。

420 （2）合金钢不必经受象碳素钢那样强烈的热处理，就可以获得综合的机械性能。

421 （3）合金钢能够获得象较高的强度、硬度、耐磨性、弹性和抗腐蚀等一些特殊性能。

422 为了充分发挥合金元素造成的良好性能，合金钢一般都经热处理后使用。碳是被热处理的钢的一个必不可少的成分，没有碳就不可能获得有用的机械性能，有了碳才能进行淬火和回火；合金元素则可以提高处理效果。最早、最有名的一种合金钢是含镍钢（在第596段叙述），后来靠加铬得到了进一步改善。这种钢在回火时有点变化无常，它产生难以理解的脆变，但如果加少量的钼则会防止这种“回火脆性”。

423 对特定的合金钢成分，可以靠选择热处理的时间和温度的办法获得强度、硬度、弹性和韧性等各种综合性能。这个选择范围相当广泛，表16只能简单地提一下。

424 合金钢历史上的一个里程碑是罗伯特·哈特菲尔德爵士于1882年创制了锰钢。这种钢含碳约1%、含锰13%，把这种钢加热至1000°C再放入水中淬火，可以达到相当高的韧性。在这种状态下，钢的组织是奥氏体，只有中等硬度，但是如果切削或摩擦钢的表面，就会在局部产生坚硬的马氏体，所以不能用普通的切削刀具进行加工。锰钢用于要求硬度很高的地方，象碎石机部件和铁路道岔等。改变成分后的

表 16

钢 种	大 致 成 分	温 度 (℃)	
		淬 火	回 火
模具钢	0.4% 碳	1000	600~650
	5% 铬		
	1% 钒		
	1.5% 钼		
工具钢	1.5% 碳	980	175~420
	13% 铬		
空气淬火工具钢	1% 碳	970	380~400
	5% 铬		
	0.5% 钒		
	1% 钼		
氮化钢	0.3% 碳	900	500~720
	0.35% 硅		
	1.6% 铬		
	1.1% 铝		
高碳钢	1% 碳	750	180~250
中碳钢	0.6% 碳	790	180~250

这种锰钢可以制作军用钢盔，其典型成分是含碳 1.3%、硅 1.8%、锰 12.9%。

4. 不锈钢

1913 年，设菲尔德的哈里·布雷尔利试用合金钢做枪筒，在他认为不适用而丢在一边的试样当中，有一种含铬 14% 的钢。数月之后，他发现大多数钢都生锈了，而这种铬钢还保持着它的光泽。这就导致了不锈钢的发展。不锈钢由于其表面自然生成很薄的一层富铬氧化膜而具有相当高的抗腐蚀能力，这种膜，肉眼看不见，需在显微镜下才能看到，

它起着保护作用。现在，不锈钢除了铬以外常常还含有其它一些元素，这类不锈钢属于耐腐蚀性最好的合金，其应用正在日益迅速地扩大。北欧国家在制造既雅致又流行的不锈钢物品方面做了很多工作。瑞典钢产量的7%是不锈钢，英国约为1%，日本为2%。不锈钢有三大类：

426 (1) 马氏体类，含铬约13%。这种含碳量低于0.15%的不锈钢用来制造餐具，如要求更锋利的切削性能，可将碳增至0.3~0.7%。

427 (2) 铁素体类，一般含铬17%，含碳约0.1%，用于汽车的装饰。这类不锈钢不能用热处理的办法硬化，但可用冷加工的办法提高其强度。

428 (3) 奥氏体类，含铬18~20%、镍7~12%。这类不锈钢的产量最大。最常见的含铬18%、镍8%，用来制作厨房的洗涤槽。还可以加入达2.5%的钼，添加钼会造成更强的抗腐蚀性能，例如用于商业和工业上的洗涤槽、电站的过热管道和处于大气污染区的建筑物的防护层。虽然它们叫做钢，但是这一组材料如果不含碳，性能会更好，可以用专门技术将碳含量减少到最低限度。与另外两种钢相反，奥氏体不锈钢没有磁性。

429 在含铬17%、镍4~8%的钢中加进3%的铜或铝以及约1%的钛，进行沉淀硬化热处理和（或）在-70°C下致冷，便可使钢的强度达到每平方毫米1500牛顿。这种钢可制造飞机起落架以及导弹和宇宙飞船的外壁或蒙皮的蜂窝状强化结构。

430 近几年来，专门为不锈钢的生产和加工设计和安装了新型设备，以适应日益增长的需要。不锈钢的最大消费者是家庭设备和汽车工业。在英国，洗涤槽制造业是不锈钢薄板的

最大用户。汽车制造业广泛使用不锈钢制作汽车外部的光亮装璜、风挡刮水器和轮毂盖。不锈钢的排气管日益流行。啤酒厂、乳制品厂和化学工业都大量使用不锈钢，不锈钢刮脸刀片已经代替了普通钢的刀片。

现代刀片的成功主要是因为有一层塑聚四氟乙烯薄层，431
它是在刀片磨快之后烤上去的。普通剃刀片在烤敷塑料时会软化，因而被一种含铬13%、碳0.67%、锰0.6%、硅0.4%的马氏体不锈钢所取代。生产这种钢时必须进行精确控制的热处理，以保证马氏体颗粒的均匀分布。生产操作也要严格控制，包括压制、剪切以及热处理后的冷处理和包装。

在美国，不锈钢已广泛应用于建筑上，这种趋势还在增长。432
伦敦南部和外省的一些新建筑大量使用不锈钢做屏风隔墙、装饰嵌板和门、窗框。发电站的用量也相当大，特别是核动力生产方面。随着从导弹到超音速飞机和外层空间飞行等科学的发展，不锈钢的用途将会进一步扩大，因为它具有良好的耐热和耐腐蚀的综合性能，能在高温下保持高强度。

5. 高速钢

另一种类型的合金钢，在冶金史乃至文明史上也是很重要的，433
这就是在车床和其它机床上用来切削金属的高速钢。纯粹的碳素工具钢在机加工方面仍偶有使用，但是机加工时的高速度使工具过热，导致回火过度而变软。公元1900年以前，对普通碳素工具钢来说，每分钟10米的切削速度是很理想的，1900年，美国伯利恒钢公司在巴黎博览会上展出了含钨、铬的切削工具钢，它可以以每分钟50米的速度连续切削数小时，甚至速度快到使刀刃变红时，仍然可以切削一定时间，人们为之目瞪口呆。这种新型的钢是由费雷德·W·泰勒和曼塞尔·怀特发明的。后来，他们又研制了含碳约0.7%、

钨18%、铬4~6%的钢。这种出色的高温稳定性主要是由于钢中存在着碳化钨和碳化铬。

434 使用这种高速钢切削金属部件可以比使用普通碳素工具钢快许多倍。除了含铁、碳、钨、铬以外，高速钢还可以含钒和钴。自从研制成钨钢以来，又发展了其它工具材料，如钼钢。但是，最好的金属切削材料之一是含钴10%的碳化钨。实际上这种材料全都是合金元素，并不含铁。

6. 合金钢的新发展

435 合金钢的消费量稳步增长，人们已在努力节约那些作为合金钢的重要组分的稀有而昂贵的元素。有时，只需添加微量的新元素，就可以获得相当于添加大量的其它合金元素的效果。最近发现，添加少量的硼可增加低合金钢的淬透性。一种含碳0.15%、钼0.4%、硼0.003%的钢有着很高的强度和良好的焊接性。

436 制造切削工具的高速钢提供了节约使用合金元素的例证。节约合金元素在第二次世界大战期间曾经变得很必要，而由于许多元素的短缺和昂贵，节约问题再次引起了人们的极大关注。人们发现，可以用比原先认为的必需量少的合金元素制成高速钢。德国采用了含钨、钼、钒各3%的钢；英国和美国生产的其它类型高速钢含碳0.8%、钨6%、钼4%。而战前高速工具钢的标准成分为含钨14~22%。在一些高速钢种中，把钒的含量提高到4~5%已被证明是成功的。

7. 高级合金钢

437 对制造过程的严格控制和对最佳机械性能的要求导致了高级合金钢的发展，这种钢彻底排除了非金属夹杂物。这些夹杂物可能来源于钢水在冶炼和浇铸过程中所接触的耐火材料。当部件处在严重的应力中，如在现代飞机的发动机中，

夹杂物则是故障的潜在祸根。在改进的处置方法中有一种自耗电弧熔炼技术，它本来是用来炼钼的，后来全世界都用以炼钛(图18)。现在，用类似的技术熔炼高级合金钢。这样的炉子容量可达8000公斤。

真空熔炼技术日益广泛地用来改善钢的质量。这种技术可以避免生成非金属夹杂物，并消除有害气体。一种至今仍在流行的老方法是在真空容器中熔炼钢。目前这种方法发展到把钢包封入真空室，在室中浇铸，进行大批量生产。 438

另一种方法是用电渣重熔法消除残存的微量杂质。这种方法始于美国，主要用于焊接厚截面钢，后来，苏联发展了这一方法，将钢电极浸在浮渣中连续重熔，热能靠穿过渣池的电流供给。 439