

铸铁件手册

[美] C. F. Walton

T. J. Opar

童本行 欧阳真 余笃武 编译

柳百成 于震宗 校

清华大学出版社

铸 铁 件 手 册

〔美〕 C.F. Walton 合编
T.J. Opar

童本行 欧阳真 余笃武 编译
柳百成 于震宗 校

清 华 大 学 出 版 社

铸 铁 件 手 册

〔美〕 C. F. Walton 合编
T. J. Opar

童本行 欧阳真 余笃武 编译
柳百成 于震宗 校

*

清华大学出版社出版
(北京 清华园)

机械工业出版社印刷厂排版

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

开本: 787×1092 1/16 印张: 28 字数: 714.5千字

1990年12月第1版 1990年12月第1次印刷

印数: 0001~5000

ISBN 7-302 00250-9/TH·8

定价: 24.00 (精)

编译者序

这部《铸铁件手册》初版于 1958 年，再版于 1971 年，这次编译的是 1981 年的第三版。它反映了近 20 年来在铸铁件应用及生产工艺两方面所取得的诸多进展。这些进展促成了更轻、强度更高和更为精确的铸件，形成了一系列高级工程材料，并使铸件使用者取得了更大的效益和可靠性。

这部手册首先是为铸件使用者编译的。它提供了有关成分设计、材料技术规范、铸造方法以及有关采购等方面的极为有用而又具权威性的资料和数据。虽然这部手册并未专门涉及详细的生产工艺，但仍然不失为工科院校师生和铸工车间工程技术人员的一本极有价值的重要参考书。

以著名的教育工作者、科研机构和工业机构为作者编辑的这一最新版本，提供了有关性能、冶金学、热处理、焊接等方面的最新资料和数据，而且是第一次在同一部手册中全面介绍了迄今为止可以获得的各种铸铁——包括灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、合金铸铁、白口铸铁以及蠕墨铸铁的完整资料。在许多实例中还概述了有关研究的最新成果。因此，对于铸件用户及铸造工作者，此手册均极有参考价值。

由于原著篇幅很大，涉及内容很广，而编译后希望能尽可能精炼内容，便于手册使用者携带、查阅，故在编译过程中除对个别章、节进行了删节外，还去掉了与《机械加工手册》重复了的第十二章“机加工和磨削”。

本手册第一、十一、十二章由余笃武编译，第二、三、四、五、八、九章由欧阳真编译，第六、七、十章由童本行编译。除一、十一、十二章由于震宗教授审核外，其余各章均由柳百成教授审核。

由于时间匆促，编译中如有错误、不妥之处，敬请读者批评指正。

整个手册以及图表中的数值均由英制和（或）国际公制或 SI 单位制（国际标准制）来标明，故在此序言后面对于 SI 单位制进行了解释。

编译者

1987 年

1987/1/27

国际单位制

一种新的计量制度，国际单位制（SI）已在全世界采用。虽然在美国 SI 制的使用是自愿的，预计最终将普遍使用。这种制度也称为公制系统，但某些计量单位与传统的公制单位是不同的。在 SI 制中，质量和重量的计量单位与力的单位是不同的，如热能单位使用焦耳而不是卡或 BTU。长度单位米的拼写为 metre 以便与 meter（测量仪器或仪表）相区别。SI 制的基础是七种主要和两种辅助的单位。从这些主要的单位中导出许多有用的数值。

SI制的七种主要的和两种辅助单位

量	SI单位	符号
长度	米	m
质量	千克	kg
时间	秒	s
电流	安〔培〕	A ¹⁾
温度	开〔尔文〕	K
物质的量	摩〔尔〕	mol
发光强度	坎〔德拉〕	cd
平面角	弧度	rad
立体角	球面度	sr

1) 原文为 a，按我国法定计量单位之规定应为 A——译者注。

从主要单位导出的SI单位

量	SI单位	符号	表示式
力	牛〔顿〕	N	$\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$
压强，应力	帕〔斯卡〕	Pa	N/m^2
能，热量	焦〔耳〕	J	$\text{N} \cdot \text{m}$
面积	平方米		m^2
密度	千克每立方米		kg/m^3
功率	瓦〔特〕	W	J/s
体积	立方米		m^3
热导率	瓦〔特〕每米开〔尔文〕		$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$

表明倍数或分数的SI制词头

SI词头符号	词头	倍数因数
G	千兆	$10^9 = 1000000000$
M	兆	$10^6 = 1000000$
k	千	$10^3 = 1000$
h	百①	$10^2 = 100$
da	十①	$10^1 = 10$
d	分①	$10^{-1} = 0.1$
c	厘①	$10^{-2} = 0.01$
m	毫	$10^{-3} = 0.001$
μ	微	$10^{-6} = 0.000001$

① 这些词头尽量避免使用。

常用单位与SI单位的换算系数

应力	psi	×	0.006895	= MPa
直线尺寸	inch	×	0.0254	= m
	inch	×	25.4	= mm
	ft	×	0.3048	= m
	ft	×	304.8	= mm
面积	in ² (平方英寸)	×	645.16	= mm ²
	ft ² (平方英尺)	×	0.0929	= m ²
冲击功	ft·lbf(英尺磅)	×	1.3558	= J
质量	lb	×	0.4536	= kg
	oz	×	28.3495	= g
密度	lb/in ³	×	27.6799	= g/cm ³
热导率	cal/cm/s/°C	×	418.68	= W/(m·K)

应力 在 SI 制中应力单位(单位面积的力)是每平方米牛[顿] (N/m²)。这个导出单位称为帕 (Pa)，代表很小的应力。应力在铸造工程中最常用兆帕 (MPa) 来表示。一个兆帕等于 145 磅/平方英寸 (psi)。

温度 温度的 SI 单位是开[尔文] K，用于表示相当于绝对零点的温度。但是最常用并在 SI 制中被认可的单位是摄氏度 (°C)。

$$K = ^\circ C + 273.15 \quad ^\circ C = (^{\circ} F - 32)/1.8$$

$$^{\circ} F = (1.8 \times ^\circ C) + 32$$

正文中的 SI 单位 大多数情况下，正文中常用单位的数值后注有相应的 SI 单位的数值。大多数表中有单独的 SI 单位栏，在图中常用单位分度的对边标有相应的 SI 单位。

内 容 简 介

这部《铸铁件手册》是第三版的中文编译本。它反映了近 20 年来在铸铁件应用及生产工艺两方面所取得的许多进展；提供了有关成分设计、材料技术范围、铸造方法以及有关采购等方面的极为有用而又具权威性的资料和数据；提供了有关性能、冶金学、热处理、焊接等方面的最新资料和数据；而且是第一次在同一部手册中全面介绍了迄今为止可以获得的各种铸铁——包括灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、合金铸铁、白口铸铁以及蠕墨铸铁的完整资料。许多实例均概述了研究的最新成果。是工科院校师生、铸工车间工程技术人员及铸件用户的一本极有价值的重要参考书、工具书。

目 录

编译者序

国际单位制

第一章 铸铁件生产方法 3

I. 引言 3

II. 造型过程 4

湿型铸造 6

硬砂型铸造 6

壳型铸造 7

真空型铸造 8

永久型铸造 8

陶瓷型铸造 8

消失模铸造 8

离心铸造 10

连续铸造 10

压力铸造 10

III. 砂芯制造工艺 10

油砂方法 11

壳芯法 11

热芯盒法 11

冷芯盒法 11

CO₂制芯法 11

自硬砂芯法 12

IV. 熔化方法 12

V. 浇注和落砂 12

VI. 清理方法 12

VII. 选择模样工装 13

模样的类型 14

砂芯工装 16

模样装配、维修和保管 16

第二章 经济分析和采购 19

I. 引言 19

铸造厂的类型 20

技术的进展 20

II. 功能研究 21

快速转变成成品 22

适合于功能的形状和尺寸 22

最有效地放置金属 23

满足最大销售要求的最佳外形 23

将复杂的零件制造成一个整体 24

改善可靠性 25

III. 经济分析 26

生产节约 26

节省切削加工 27

节约重量 27

节省工程时间 29

模具、夹具的节省 29

迅速的工作效率 30

间接费用或管理费用的节约 31

IV. 铸铁的六种基本类型 32

灰铸铁 32

可锻铸铁 32

球墨铸铁 34

白口铸铁 35

高合金铸铁 35

蠕墨铸铁 36

V. 铸件的一些设计优点 36

单位成本低 36

高流动性、低收缩率、设计灵活性 36

可广泛选择的性能 37

VI. 购买因素和成本分析 39

影响铸件成本的直接因素 39

影响铸件成本的间接因素 42

尺寸余量和公差 43

铸造表面光洁度 45

工程和采购要求 45

标准技术条件 49

第三章 技术条件、检验和试验 52

I. 技术条件 52

技术条件的出处 52

材料与铸件 53

技术条件的种类 54

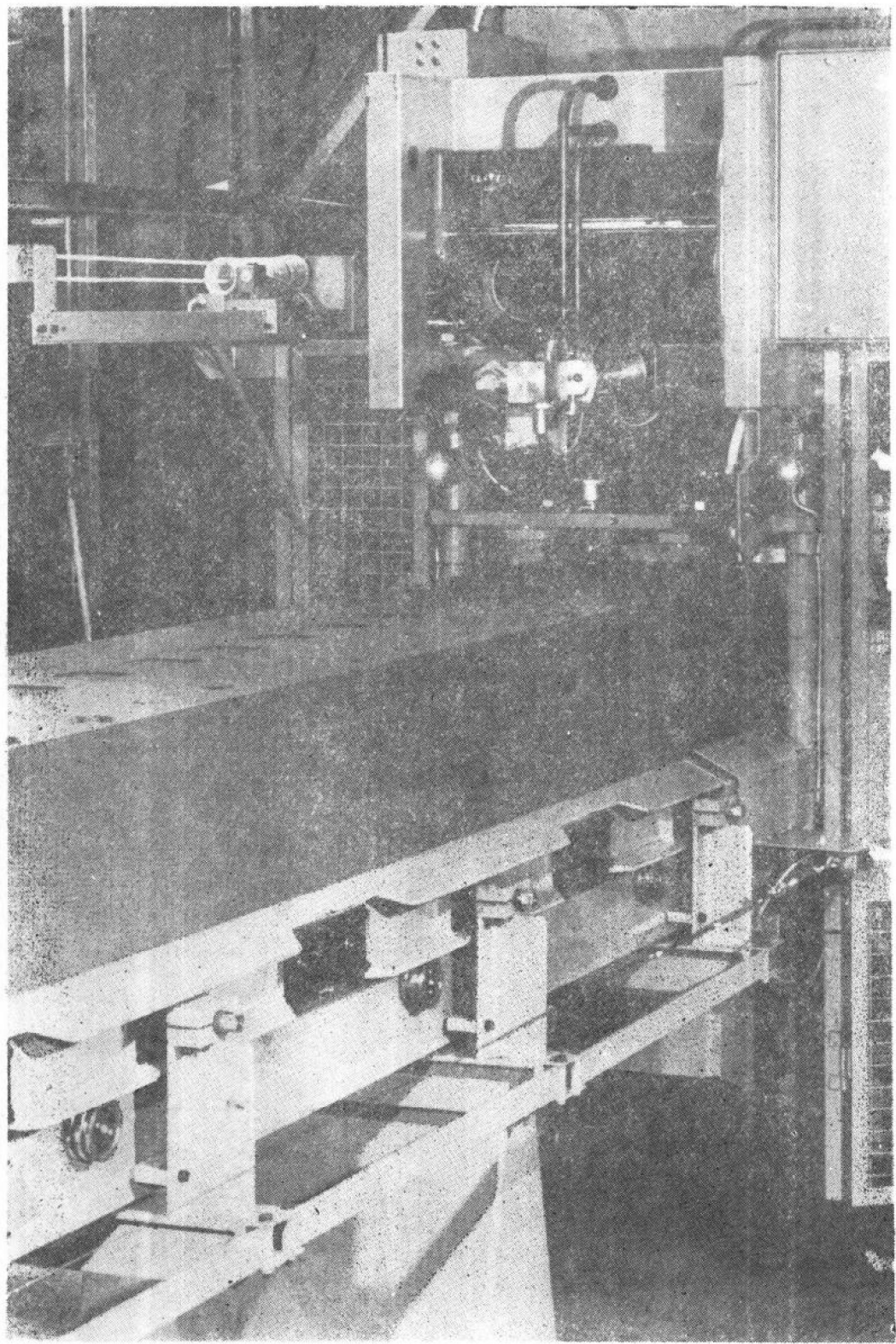
附加的要求 55

标准技术条件.....	55	I. 使用设计.....	90
I. 铸件的检验.....	62	成形工艺和金属.....	91
抽样检验方案.....	62	强度或精度的设计.....	93
质量方面.....	62	应力分布.....	95
II. 试验.....	64	压载荷.....	97
机械性能试验.....	64	噪音和震动.....	97
铸件的健全性.....	66	灰铸铁的设计.....	97
第四章 铸铁冶金学.....	71	特殊铸造工艺的设计.....	100
I. 铸铁的成分.....	71	设计评价.....	102
II. 铸铁的类型.....	71	铸件图纸.....	103
白口铸铁.....	72	铸件的标志.....	104
可锻铸铁.....	72	机加工的位置.....	104
灰铸铁.....	73	III. 生产设计.....	104
球墨铸铁.....	74	铸型设计.....	104
蠕墨铸铁.....	75	制芯设计.....	111
高合金铸铁.....	75	使铸件完善性的设计.....	113
III. 基体组织.....	75	经济性设计.....	114
铁素体.....	75	参考文献.....	118
珠光体.....	76	第六章.....	120
碳化物.....	77	第一节 灰铸铁的机械性能.....	120
其它组织.....	77	I. 影响机械性能的因素.....	120
IV. 共晶团尺寸.....	78	显微组织.....	120
V. 铁-碳-硅系.....	78	成分.....	120
碳当量.....	80	断面效应.....	121
化合碳.....	81	II. 灰铸铁的分级.....	121
硫.....	81	III. 硬度.....	122
锰.....	81	IV. 拉伸性能.....	123
磷.....	81	影响强度的因素.....	124
微量元素.....	81	抗拉强度的测定.....	128
合金.....	81	硬度与抗拉强度的关系.....	130
VI. 凝固.....	82	屈服强度.....	132
热分析.....	83	弹性和变形.....	133
凝固速度的影响.....	83	V. 压缩性能.....	136
孕育.....	83	VI. 拉应力与压应力的综合.....	140
石墨的形态.....	84	VII. 剪切和抗扭强度.....	142
石墨的尺寸.....	86	VIII. 抗弯性能.....	144
VII. 铸铁的实验室技术.....	86	IX. 疲劳性能.....	144
硬度试验.....	87	疲劳数值.....	145
金相样品.....	87	疲劳裂纹生长速度.....	147
抗拉试验.....	88	综合应力.....	147
参考文献.....	88	温度影响.....	149
第五章 铸件设计.....	90	预应力.....	149

合金化和热处理	149	IV. 拉伸性能	199
环境影响	150	V. 抗压强度	204
X. 减振性	151	VI. 剪切和抗扭性能	204
XI. 断裂韧性	152	VII. 弹性和减振性	204
冲击试验	153	VIII. 综合应力	205
带有尖锐缺口试样的断裂	155	IX. 持久或疲劳性能	206
XII. 高温性能	156	X. 断裂韧性	210
材料选择	157	用冲击试验测定韧性	213
短时间的高温工作	157	断裂韧性	215
蠕变	159	XI. 高温性能	217
应力断裂	159	材料选择	218
生长	165	温度的影响	218
氧化和起皮	166	生长和氧化或起皮	219
热疲劳	168	短时间高温性能	221
XIII. 低温性能	171	蠕变与断裂-应力性能	222
参考文献	173	热疲劳	226
第二节 可锻铸铁的机械性能	179	低温性能	229
I. 性能范围	179	参考文献	229
II. 影响机械性能的因素	179	第四节 蠕墨铸铁的机械性能	233
显微组织	179	I. 引言	233
成分	180	II. 拉伸性能和硬度	233
断面效应	180	显微组织的影响	235
III. 硬度	180	成分的影响	235
IV. 拉伸性能	181	断面效应	237
V. 弹性模量	182	III. 压缩性能	237
VI. 压缩性能	183	IV. 剪切性能	237
VII. 剪切和抗扭性能	184	V. 弹性模量和减振性	237
VIII. 减振性	184	VI. 疲劳性能	239
IX. 疲劳性能	185	VII. 冲击性能	240
X. 断裂韧性	185	VIII. 高温性能	240
冲击试验	185	参考文献	244
尖锐缺口试样的断裂	187	第七章 白口及高合金铸铁	246
热脆性或回火脆性	187	I. 引言	246
XI. 高温性能	188	II. 耐蚀铸铁	246
XII. 低温性能	192	镍合金铸铁	250
参考文献	193	高硅铸铁	252
第三节 球墨铸铁的机械性能	196	III. 用于高温的高合金铸铁	254
I. 影响机械性能的因素	196	用于高温的镍合金铸铁	255
显微组织	196	用于高温的高硅铸铁	257
成分	196	用于高温的铝合金铸铁	263
球铁的牌号	197	用于高温的铬白口铸铁	271
II. 硬度	198	IV. 用于抗磨损的合金白口铸铁	275
III. 断面敏感性和合金化	198		

规范	276	临界温度范围	333
Ni-Cr 白口铸铁; 镍硬铸铁 (Ni-Hard)	276	I. 消除内应力	334
高铬白口铸铁	279	产生残余应力的原因	334
铝合金高铬白口铸铁	280	铸态无应力状态	335
成分、硬度和显微组织	283	消除应力的必要性	335
参考文献	284	消除应力的原理	336
第八章 物理性能	287	应力消除温度	337
密度	287	自然时效	337
热膨胀	288	振动	337
比热	289	II. 退火	338
熔化潜热	290	高温退火	340
热导率	290	中温退火	340
电导率	295	低温退火(铁素体化处理)	340
磁性	296	两阶段退火	341
无磁铸铁	301	合金铸铁的退火	341
声学性能	302	III. 正火	343
铁水的性能	302	应用	343
参考文献	303	工艺	344
第九章 腐蚀和磨损	306	对性能的影响	345
I. 铸铁的耐蚀性	306	合金铸铁	345
铸铁怎样受腐蚀	306	IV. 淬火	345
耐蚀铸铁的种类	307	淬透性	346
大气腐蚀	307	工艺	351
烟气腐蚀	309	达到的性能	354
水的腐蚀	309	V. 珠光体可锻铸铁	356
对土壤的耐腐蚀性	312	珠光体可锻铸铁的工艺	356
酸的腐蚀	314	珠光体可锻铸铁的性能	357
在碱中的腐蚀	318	VI. 表面淬火处理	359
在盐溶液中的腐蚀	318	冶金特性	359
有机化合物和硫化物的腐蚀	319	淬火硬化工艺	360
熔融金属的腐蚀	319	淬火的加热方法	360
II. 铸铁件的耐磨性	320	扩散淬火	361
磨损的类型	320	VII. 热处理的温度控制	364
磨损试验和评定	321	IX. 铸铁件热处理的气氛	366
磨粒磨损	32	参考文献	367
附着或摩擦磨损	324	第十一章 焊接	370
参考文献	327	I. 前言	370
第十章 铸铁件的热处理	331	II. 影响焊接质量的因素	371
I. 一般原理	331	熔合区	371
钢与铸铁的对比	331	部分熔化区和热影响区	372
铸铁的种类	332	应力	374
		气孔	374

焊件准备	374	I. 净化	408
预热	374	机械净化	408
热输入	376	非机械净化	408
熔敷技术	376	化学净化	410
保护渣、焊药和气体	377	II. 临时性防腐	411
焊后热处理	377	IV. 电镀	411
III. 电弧焊法	377	镀铬	412
电焊条选择	378	镀镍	413
特殊的电弧焊法	378	镀铜	414
气体保护电弧焊	379	镀锌	414
熔化极气体保护焊	380	电镀锌	414
堆焊隔离层	380	非电解镀镍	415
预热	380	镀锌	416
机械性能	381	镀锡	416
熔化极惰性气体保护短路过渡电弧焊法	383	电镀锡镍	417
IV. 气焊法	386	电镀黄铜和青铜	417
用铸铁焊条进行气焊	386	V. 热浸镀金属	417
粉末焊接	387	镀锌法	417
非熔化焊(钎焊)	389	热镀锡	418
V. 奥氏体铸铁	391	铅和铅合金镀层	419
VI. 其它熔合焊接法	392	镀铝	419
铝热焊	392	VI. 火焰喷涂金属和陶瓷	420
铸造金属焊接(浇焊)	393	VII. 扩散法涂层	421
铁与钢的熔接铸造	393	渗铝涂层	421
双金属铸造	394	渗铬涂层	422
电阻焊接法	395	渗磷镍涂层	422
其它焊接法	396	渗氮涂层	422
VII. 固相焊接法	396	渗锌涂层	422
摩擦焊	396	VIII. 转化涂层	422
压焊	397	磷酸盐涂层	422
VIII. 表面覆盖层	397	氧化物涂层	423
堆焊金属	397	铬酸盐涂层	423
焊接方法	398	IX. 搪瓷	424
热喷焊	399	X. 液体有机涂层	425
IX. 硬钎焊及软钎焊	400	磁漆	425
接头准备	400	清漆	426
硬钎焊合金和焊剂	400	水性漆	426
加热	401	橡胶基制品	427
软钎焊	402	沥青类材料	427
X. 切割法	402	悬浮液	428
氧气切割法	402	新颖的饰面	428
电弧切割法	404	涂敷工艺方法	428
参考文献	405	XI. 干粉末有机涂层	431
第十二章 铸铁件涂层	408	参考文献	433
I. 前言	408		



用自动造型机制造的一系列砂型

第一章 铸铁件生产方法

I. 引言

在我们高度机械化的社会中，铸铁件的应用是如此之广泛，以致我们认为是理所当然的。在某种意义上说，铸铁工业生产的是一种无形的而又不可缺少的产品，因为大多数铸件将进一步加工、装配，然后用作其它机械和设备的部件。美国大约有 1300 个铸铁生产厂，雇用约 140,000 人。每年生产多达 200,000 种不同类型的铸件，供给 50,000 多个用户工厂。对于某一种设计的铸件，生产量可以是一件或几百万件。铸铁工业成为国家大型制造业的第五位，每年生产的产品多达 1800 万吨，产值将近 120 亿美元。每年铸铁件的吨数比所有其它黑色金属铸件和有色铸件总和的三倍还多。在金属制造业中它占第二位，规模上仅次于轧钢工业。

过去的 20 年中，工业经历了一个值得注意的发展和转变的时期。在这个短暂的时期内铸铁工厂的数量几乎削减了一半，主要是由于保持竞争所必须的经费增加了，又要合乎安全和环保条例，以及用户对质量的要求提高了等等原因。由于采用机械化程度较高和更先进的生产方法，显著地提高了每个工人的生产率。

有几千种铸铁件已经和将要不断地被重新设计成更薄、更轻、功能更好的形状，以便采用较好的冶金术和改进了的生产过程控制。薄壁铸铁的汽车发动机缸体是这方面的一个例子，这样的发动机体积较小而效率更高，因而显著地降低了重量对马力的比率。设计师们将这些能提高铸铁件价值的原理同样运用于其它产品上。现代的铸造车间日常生产的铸件公差和冶金技术规范仅在 10 年前还被认为是不切实际的。

在过去 30 年期间，球墨铸铁已经由一种试验性的材料发展到在铸造业中占有重要的地位。球墨铸铁兼有灰铸铁的工艺优点和钢的某些工程特性，因此在多种需要有高度可靠性的产品中，球墨铸铁件代替了锻造件、焊接件和铸钢件。因为球墨铸铁比钢轻 10%，所以特别适用于希望重量较轻的场合。

汽车曲轴、转向节、齿轮、连杆和刹车蹄的球墨铸铁技术规范就是上述诸优点的典型例子。球墨铸铁在工业中的广泛应用将继续形成一个大的新市场。随着新产品和代用品应用的发展，球墨铸铁将继续呈现出高于正常的增长速度。一种比较新的铸铁品种——蠕墨铸铁，很适合汽车、泵、阀门和其它工业中各种各样的用途。

灰铸铁是黑色金属中最古老的产品。历史学家认为，在公元前 6 世纪，中国首先制造了铸铁件。这一论点的证据是一只 272.7kg 重的铸铁三足鼎。铸铁犁铧的最早记录是公元前 233 年，现存的最古老的铸铁件是大约在公元前 200 年汉朝期间生产的。

麻萨诸塞州 Lynn 附近的 Saugus 铁工厂是美国最早的铸铁厂，而且是美国的第二家工业工厂。1642 年所创建的 Saugus 厂成为工业的起源，到 20 世纪初增长到 5,000 多个铸铁工厂，这些工厂在国家的工业和经济发展中起着重要作用。19 世纪 30 年代在美国新泽西州。

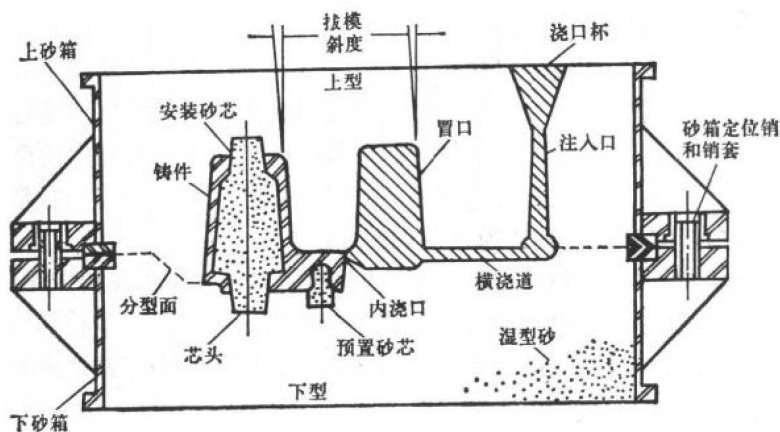
的纽瓦克首先生产出了黑心可锻铸铁，虽然早在 18 世纪法国曾设想过。在 1949 年工业上开始引用球墨铸铁之前，黑心可锻铸铁是唯一的具有延展性的铸铁。

今天，铸铁家族中的六种铸铁组成一组具有精确的工程特性的高级设计材料。如同未来将展现的那样，它们会为铸件用户所花费的材料费创造更多的价值。尽管有更新材料的激烈的竞争和它们的大力的宣传，成千上万的应用实例表明铸铁件是最价廉和最适用的材料。铸铁能够广泛使用的主要原因是成本较低和具有其它金属没有的独特特性。今后，铸铁件生产将不断地遇到因产品需要的增长所提出的挑战。铸铁厂将进一步集中成更大、效率更高的生产单位。它们将为用户和工业界进行专业化生产，这样就更了解用户的要求，使工厂的生产条件紧密地与用户的需要相适应。

II. 造 型 过 程

当设计、拟定技术条件或购买铸件时，全面地了解常用的九种铸造方法是有益的。一位设计者也许会设想某个部件要采用铸件，但是只想到了一种铸造方法，而又认为对于这一特定用途来说采用这种铸法不合适。同样地，如果用户限定采用某一种铸造方法，也许难以找到一家铸造工厂来承担一件特定铸件的任务。通常，铸件设计者和用户应当委托铸造工程师去决定怎样制造这个铸件。

制造有砂芯铸件的砂型剖面图



湿砂型剖面图

现在使用的每种铸造方法，包括压力铸造在内，都可以生产铸铁件。有代表性的方法是先制造一个与铸件外形相一致的模样。例如在普通的砂型造型方法中，是用模样在型砂中形成一个与铸件外形和尺寸相同的型腔。砂型是在框架或砂箱中制成，砂箱和模样都是可分开的，以便模样容易从砂型中取出。

图 1 表示了造型的工艺过程。把砂箱画成剖面图是为了更容易观察到所包含的每个造型步骤。先从下半箱开始，将模样的平面放置在一块垫板上。然后将下半砂箱（或下箱）安放在它的上面。随后，用型砂充满砂箱，在模样周围结实地填满型砂。再将砂箱翻转，把上半块模样放在下半块上面，并将上半砂箱（或上箱）放在下箱上。用定位销保证模样和砂箱两

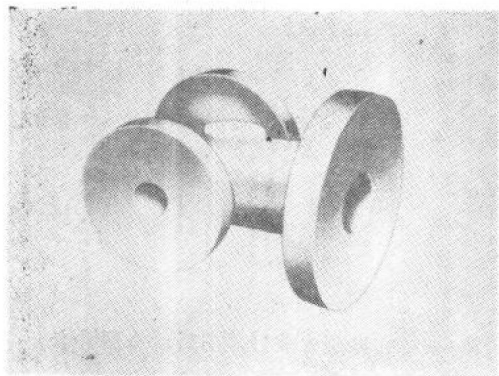


图1 a 由以下各图所示的
砂型制成的铸件

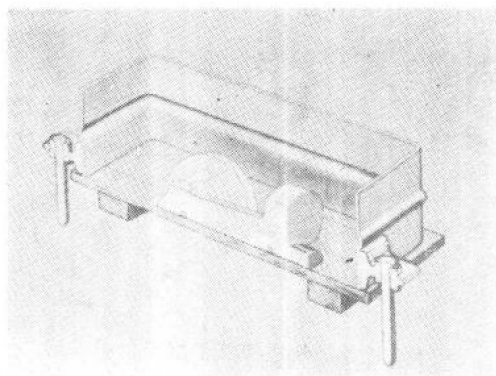


图1 b 第一步：制造湿型的剖面图
将下半模样放在垫板上和下砂箱中

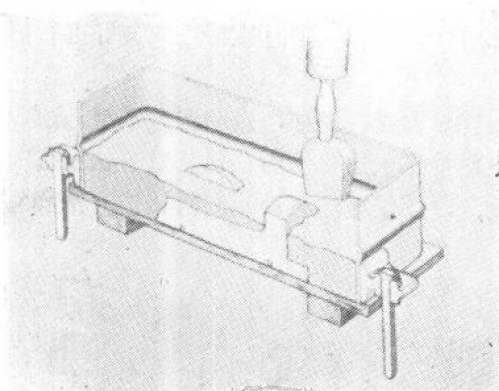


图1 c 在模样周围分多层舂
实型砂使其密度均匀

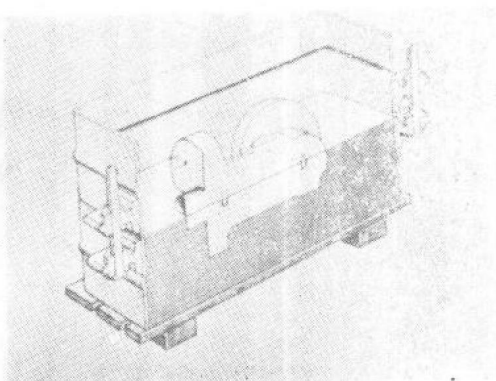


图1 d 填满下半砂型后，将它翻转并
把上半模样和上箱放在正确位置上

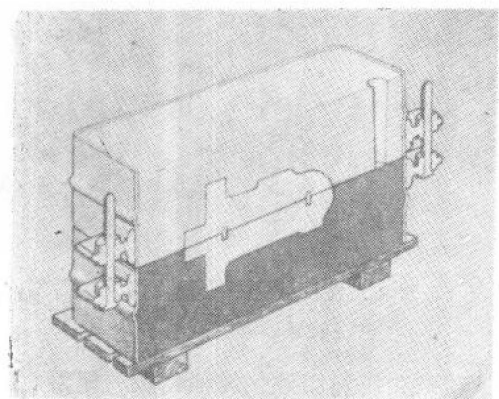


图1 e 带有模样和用来浇入金属的
直浇道的完整砂型剖面图

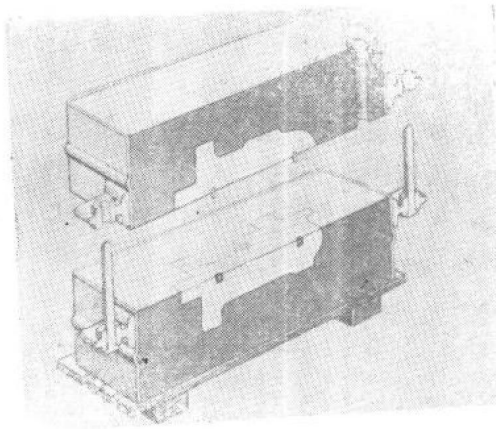


图1 f 分开砂型的上半和下半以便取出
模样。然后挖出从直浇道到型腔的浇道