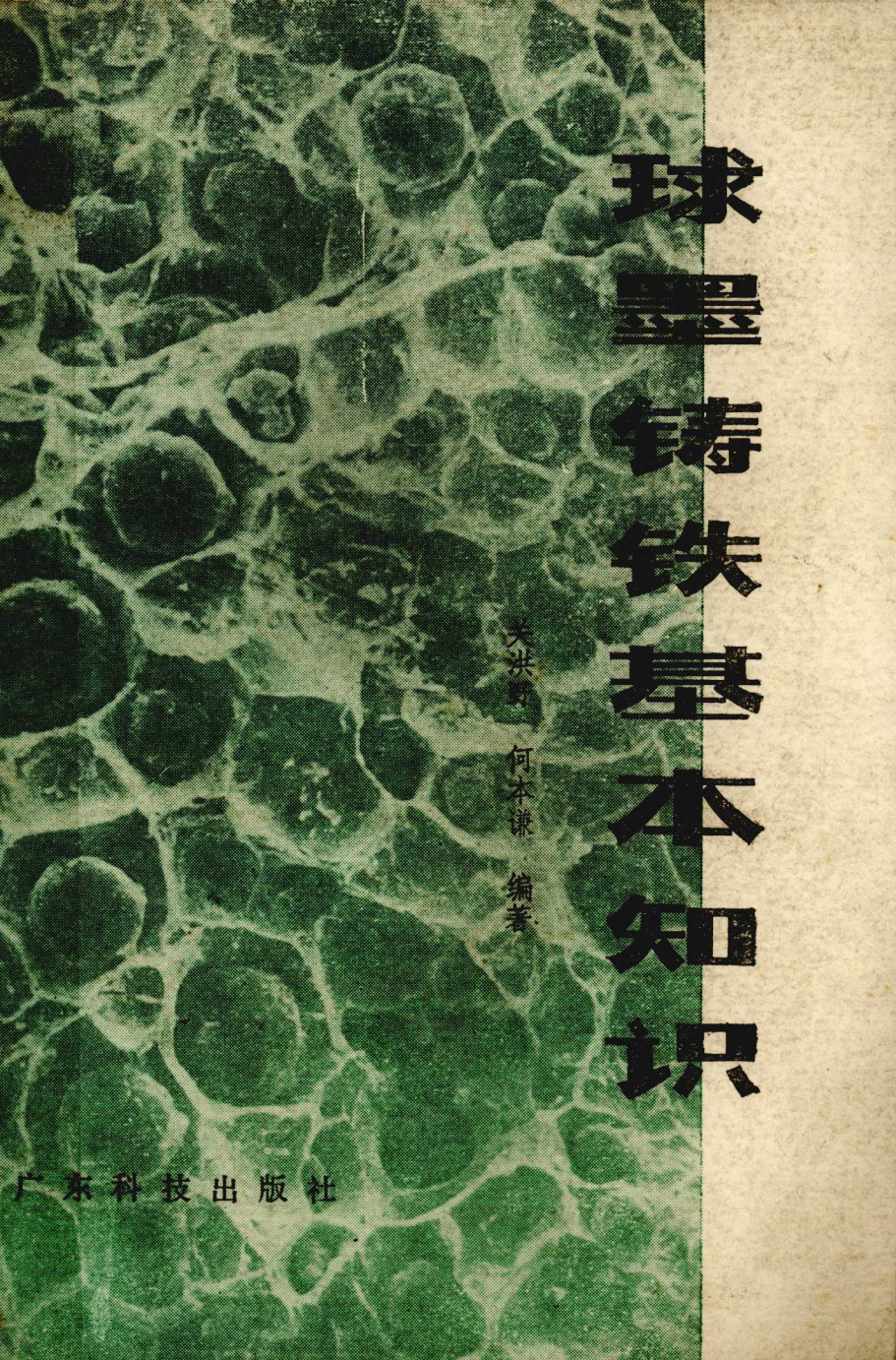


The background of the cover is a green-tinted microscopic image showing a complex network of interconnected, fibrous or cellular structures. Scattered throughout this matrix are numerous dark, spherical or sub-spherical inclusions of varying sizes, which appear to be embedded within the lighter-colored matrix. The overall texture is granular and intricate, typical of a metal microstructure.

球 墨 铸 铁 基 本 知 识

关洪野 何本谦 编著

广东科技出版社

球墨铸铁基本知识

关洪野 何本谦 编著

*

广东科技出版社出版

广东省新华书店发行

广东粤中印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 8.5印张 180,000字

1980年7月第1版 1980年7月第1次印刷

印数1-10,000册

书号 15182·13 定价0.80元

前 言

球墨铸铁是一种具有良好机械性能、生产较简易、成本低廉、便于普及、并能适应我国资源特点的新型金属结构材料，在全国已得到广泛应用。球墨铸铁在各类机械 设备 上的应用已很普遍，它不仅可取代某些可锻铸铁、铸钢及锻钢零件，而且经过近年来的广泛研究，它实际上已是一种独具一格的新型结构材料，因此应用球墨铸铁可以节省大量钢材，降低成本。它在实现四化的过程中，必将发挥越来越大的作用。

为了进一步普及球墨铸铁基本知识，提高从事铸造生产的广大工人、技术人员和有关管理干部的技术、管理水平，我们在广东省第一机械工业局的领导和支持下，根据各地的实践经验，参照国内一些单位的先进技术资料，编写成这本书。

在编写过程中，得到佛山水泵厂、新疆第一农机厂、呼兰农机厂、长沙拖拉机配件厂、高州铸造厂、广东省机引农具厂、北京农具厂、郑州机械研究所、沈阳铸造研究所、清华大学、中山大学、佛山球墨铸铁研究所和广东省机械研究所等企业、科研单位及高等学校的大力支持；广东省一机局还组织了省球墨铸铁行业协作组对初稿进行了会审；最后承蒙西安交通大学陆文华副教授进行了全面校审，在此一并致谢。

目 录

第一章 概论.....	(1)
一、球铁生产的历史概况.....	(1)
二、球铁的基本概念.....	(3)
三、球铁的性能特点及牌号.....	(6)
1. 球铁机械性能的特点.....	(8)
2. 球铁的牌号.....	(10)
四、稀土元素的性质及其对球铁生产的作用.....	(10)
1. 稀土元素的性能.....	(11)
2. 稀土镁球铁的特点.....	(11)
第二章 球铁的熔制.....	(14)
一、球化剂及其制备.....	(14)
1. 球化剂中各种成分的特性.....	(15)
2. 球化剂的配料计算.....	(15)
3. 球化剂的熔制.....	(18)
4. 球化剂的质量检查及防护.....	(21)
二、球铁的化学成分.....	(24)
1. 碳和硅.....	(25)
2. 锰.....	(27)
3. 磷.....	(28)
4. 硫.....	(28)
三、球铁炉料的选择.....	(29)
1. 原生铁.....	(29)
2. 废钢.....	(33)

3. 燃料	(34)
4. 熔剂	(34)
四、球铁原铁水的熔化	(35)
1. 对原铁水的要求	(35)
2. 熔化设备	(38)
3. 脱硫	(39)
4. 原铁水的配料计算	(44)
五、球化处理工艺	(48)
1. 冲入法	(48)
2. 型内球化处理和密流球化处理	(51)
3. 压入法	(52)
六、孕育处理工艺	(55)
1. 孕育剂的种类	(56)
2. 孕育方法	(57)
七、炉前球化检验	(60)
1. 三角试片法	(60)
2. 炉前快速金相检验	(61)
3. 比电阻法及热分析法	(62)
第三章 球铁件的铸型工艺特点	(66)
一、球铁的凝固特点	(68)
二、球铁的铸造性能	(68)
1. 流动性	(68)
2. 收缩性	(69)
三、球铁件铸型工艺的制定	(70)
1. 确定铸件的凝固方式	(70)
2. 选择浇注位置和分型面	(71)
3. 铸造收缩率和加工余量的确定	(71)

4. 设计浇注系统	(72)
5. 冒口的设计	(78)
6. 冷铁的设计	(82)
四、球铁件常用型砂	(84)
第四章 球铁件的热处理	(86)
一、热处理在球铁生产中的作用	(86)
二、球铁热处理的特点	(86)
三、球铁件的热处理工艺	(90)
1. 消除铸件内应力退火	(90)
2. 石墨化退火	(91)
3. 正火	(93)
4. 等温淬火	(98)
5. 淬火加回火	(102)
6. 表面热处理	(106)
第五章 一般球铁件的质量控制	(108)
一、球铁件的常见缺陷和防止方法	(108)
1. 球化不良	(108)
2. 皮下气孔	(111)
3. 缩松	(115)
4. 石墨漂浮	(116)
5. 夹渣	(119)
6. 反白口	(121)
7. 灰斑	(122)
二、球铁件的焊补	(124)
1. 球铁件的电弧焊	(124)
2. 球铁件的气焊	(126)
三、球铁件的质量检验	(129)

1. 球铁的机械性能检验	(129)
2. 球铁的金相检验	(133)
3. 断口粗视分析及硫印检验	(138)
4. 球铁的化学成分分析	(139)
5. 球铁的无损探伤及球化状况的无损检测	(143)

第六章 利用地方生铁熔制球铁件

一、应用高磷生铁生产球铁件的措施	(148)
1. 调配炉料	(149)
2. 适当调配化学成分	(149)
3. 采用多次孕育或包外瞬时孕育	(149)
4. 采用热处理手段消除磷的有害作用	(150)
二、应用高硫生铁生产球铁件的措施	(152)
1. 选用低硫燃料	(152)
2. 搭配低硫生铁和废钢	(153)
3. 炉内脱硫	(153)
4. 炉外脱硫	(154)
5. 适当增加球化剂的加入量	(155)
三、应用高锰生铁生产球铁件的措施	(155)
1. 降低原铁水含锰量	(156)
2. 提高碳当量	(156)
3. 强化孕育效果	(156)
4. 采用合适的热处理工艺	(156)
四、应用高硅生铁生产球铁件的措施	(157)
1. 搭配低硅生铁和废钢	(157)
2. 采用小剂量瞬时延后孕育	(158)
3. 减少球化剂中的硅含量	(158)
4. 强化脱硫措施, 减少球化剂加入量	(158)

5. 提高铁水熔化过程的硅 烧损率	(158)
第七章 韧性球铁件的制造	(159)
一、韧性球铁件的化学成分	(159)
1. 高的碳当量	(160)
2. 低磷低锰	(160)
3. 控制球化剂的残留量, 排除微量有害元素的干扰	(161)
二、韧性球铁件的强化孕育	(161)
三、选择合适的热处理工艺	(162)
四、韧性球铁件的典型工艺	(168)
第八章 高强度球铁件的制造	(176)
一、珠光体型高强度球铁的化学成分特点	(176)
1. 普通珠光体型高强度球铁	(176)
2. 合金化珠光体型高强度球铁	(177)
二、高强度球铁件的热处理	(179)
三、高强度球铁件的典型铸型工艺	(181)
1. 曲轴	(181)
2. 连杆	(183)
3. 凸轮轴	(185)
4. 齿轮	(187)
第九章 超高强度球铁件的制造	(189)
一、超高强度球铁的化学成分及孕育问题	(192)
二、超高强度球铁件的造型及热处理	(195)
1. 东方红—54(75)型拖拉机驱动齿轮	(195)
2. 拖拉机螺旋伞齿轮精铸工艺及其热处理	(199)
3. 拖拉机链轨板及链轨节	(204)
4. 采用淬火后回火工艺生产超高强度球铁连杆	(209)
第十章 耐磨球铁件的制造	(211)

一、普通耐磨球铁	(211)
二、中锰耐磨球铁	(214)
三、典型的铸型工艺	(217)

附录

一、中华人民共和国国家标准:

球墨铸铁件 (GB1348—78) (摘要)	(221)
1. 牌号及技术条件	(221)
2. 验收规则及试验方法	(222)
3. 标志及说明	(226)

二、稀土镁球墨铸铁金相标准

(JB1802—76) (摘要)	(226)
1. 石墨形态	(226)
2. 球化分级	(229)
3. 石墨大小	(233)
4. 珠光体形态	(236)
5. 磷共晶形态	(237)
6. 渗碳体形态	(239)

三、生铁锭的化学成分

1. 铸造用生铁 (GB 718—65)	(241)
2. 炼钢用生铁 (GB 717—65)	(243)

四、铁合金的化学成分

1. 硅铁 (YB 58—65)	(244)
2. 锰铁 (YB 59—65)	(244)
3. 高炉锰铁 (YB 66—65)	(245)
4. 钼铁 (YB 63—65)	(245)
5. 钨铁 (YB 61—65)	(246)
6. 钽铁 (YB 60—65)	(246)

7. 钨铁 (YB 62—65)	(247)
8. 铬铁 (YB 64—60)	(247)
9. 磷铁 (YB 524—65)	(248)
10. 硅钙合金 (YB 525—65)	(248)
五、燃料及熔剂	(249)
1. 常用燃料的发热量	(249)
2. 铸造化铁炉用焦炭 (JB/Z71—64)	(249)
3. 我国部分铸造用焦的性能	(251)
4. 铸造化铁炉用石灰石 (JB/Z72—64)	(252)
六、硅铁稀土镁合金、硅铁稀土合金部颁标准 (审定稿) (摘要)	(252)
1. 硅铁稀土镁合金化学成分与牌号划分	(253)
2. 硅铁稀土合金化学成分与牌号划分	(253)
参考文献	(254)

第一章 概 论

一、球铁生产的历史概况

球墨铸铁（以下简称“球铁”）是一种新型金属结构材料。它的诞生，是继人类发明炼钢技术之后，在黑色金属材料的科学研究和生产上的又一次突破。这次突破，人们不是象炼钢那样，将生铁中影响机械性能多余的碳元素等烧掉，而是通过添加球化剂的办法，使生铁组织中以石墨形态存在的碳，不是以片状而是以球状出现，尽量消除它们对金属基体的有害的割裂削弱作用。这样生产出来的铁就叫做球墨铸铁。它基本上保留了普通灰口铸铁的优良性能（如铸造性能、加工性能、吸震性和缺口不敏感性等），同时又具有与钢相似的良好机械性能和使用性能，如果经过热处理和合金化，还可以进一步提高这种新型结构材料的良好性能。

从公元一九四七年开始应用铈添加到低硫的过共晶铁水中制得球铁以来，或者更确切地说，从一九四八年开始发明用镁做球化剂，使球铁从实验室进入工业生产以来的三十年间，世界上主要的工业发达国家，球铁生产发展很快，有些国家球铁年产量已经超过传统的可锻铸铁和铸钢的年产量，近年来，世界各国球铁的年增长率一直以15~30%持续上升。

我国劳动人民在很早以前曾经得到过具有球状石墨的铸铁。根据最近对河南濉池出土的西汉至北魏朝的窖藏铁器，以及对河南巩县出土的铁器所作的鉴定，均发现这些远在一

千余年前熔铸的器件，其金属组织中具有分布均匀、带放射纹，经热腐蚀后，在电子显微镜下可以观察到年轮状结构的典型球状石墨。图1—1就是河南巩县出土的铁镢实物及其金属组织的金相照片。从照片中可以看到金属组织中的球状石

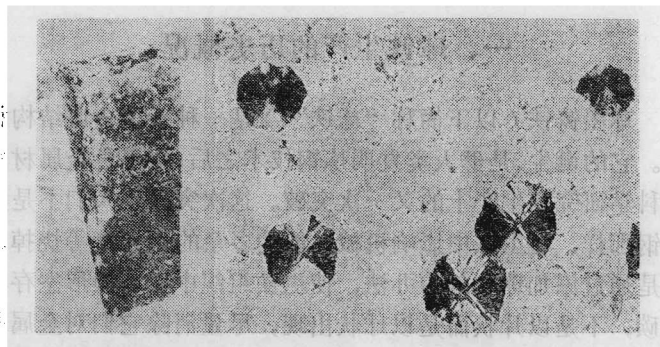


图1—1 河南巩县铁生沟出土汉代铁镢的实物照片及含有球状石墨的金相照片

墨。根据对这些古代铁器的初步分析，我们的祖先，当时也许还未掌握象近代这种通过添加镁等球化剂使生铁在铸态就获得球状石墨的技术，但是能够从白口铁退火中得到完整的石墨球，而不是得到象通常可锻铸铁里的那种棉絮状石墨，这在世界冶金史上也是一项奇绩。这个事实表明，至少在一千多年前，我国已将具有球状石墨的铸铁直接或间接地应用于农业生产，因为巩县的铁镢和浞池的铁斧这些出土铁器，都是农耕、伐木和制造农具的工具。

另外，在世界止正式创造铸态下获得球铁的十年以前，即一九三七年，我国学者王遵亲教授在美国麻省理工学院完

成铝硅合金球化的博士论文的当时，就曾预言，加钙可能使铸铁中的石墨球化。后来的实践证实了他的论断的可靠性。

我国是世界上较早地在工业上应用球墨铸铁的国家之一。一九五〇年我国开始应用近代的加镁球化处理技术生产球铁件，一九五八年召开了首次全国球铁技术经验交流大会，推动了我国球铁生产的发展。一九六五年，我国铸造科学工作者和广大铸造工人，又根据我国资源特点，试验成功稀土硅铁镁中间合金包底冲入法生产球铁技术，使得球铁生产过程简化，球化处理反应平稳，改善了劳动条件，提高了球铁的质量和产量。经过多年的科学实验，人们对球铁这种具有自己特点和规律的新型金属结构材料，有了更科学、更深入的认识。现在球铁的应用，已经不象在它被推广应用的初期那样，仅仅被作为代用材料看待，而是象钢、灰铸铁、有色金属一样，作为一种独立的结构材料来看待，在农机、机械、轻工、纺织、石油化工、矿山冶金等各方面得到广泛的应用，已在很大程度上取代了铸钢件和可锻铸铁件。球铁生产技术在国内外日益普及，不少县社办工厂已能稳定地生产球铁铸件，球铁在农机上的应用也日益广泛，对实现我国的农业机械化正在发挥越来越显著的作用。在表1—1中，我们列出了我国稀土镁球铁在农机上的应用范围和实例，供参考。

二、球铁的基本概念

钢和铁都是黑色金属，也称铁碳合金。它们的区别在于化学成分不同，而最主要是含碳量不同。通常把含碳量高于2%的铁碳合金叫做铁，把含碳量低于2%的铁碳合金叫做钢。它们除了含有铁和碳外，尚含有硅、锰、磷、硫等元素，这些元素对钢和铁的组织 and 性能有显著的影响，在实际

表 1-4-1 稀土镁球铁在农机上的应用范围和应 用 实 例

牌 号	基 体	应 用 范 围	应 用 实 例
QT ₄₀₋₁₅ QT ₄₂₋₁₀	铁素体	要求具有高韧性、高塑性的零件；在露天工作时要求具有较高低温冲击韧性	重型机引五铧犁，轻型二铧犁，悬挂犁上的犁柱，犁托、犁侧板，牵引架，前支臂、后支臂，下连杆，地轮传动箱等零件，重型缺口耙片，轻型耙片，各类收割机、割草机上的导架、差速器壳，曲轴及皮带轮、杯形座、钩型传动链节，护刃器，齿条，万向节轴叉，导向轮、台车架等零件；液压杆件，悬挂装置的上轴，下轴，铰链等；力车花鼓筒
QT ₅₀₋₅	铁素体 + 珠光体	要求有适当的强度和塑性配合，直接在铸态下使用	柴油机正时齿轮、机油泵齿轮，手扶拖拉机的从动齿轮、曲轴正齿轮、凸轮轴齿轮
QT ₆₀₋₂ QT ₇₀₋₂ QT ₈₀₋₂	珠光体 或回火索氏体	要求具有较高强度及抗润滑磨损能力，并有一定韧性配合的零件	5至4000马力各种型号柴油机、汽油机的曲轴、凸轮轴、汽缸套、进排气门座等零件，部分机型的连杆，脚踏脱粒机齿条，各种轻载荷齿轮，畜力犁铧（表面白口化），手扶拖拉机的牵引杠，后盖，轮毅等零件
QT ₁₂₀₋₁	下贝氏体	要求具有较高弯曲疲劳强度、接触疲劳强度和冲击韧性配合的零件；受力条件较恶劣	犁铧，犁壁，耙片，大、小减速齿轮，螺旋伞齿轮，链轨板，小拖拉机的变速箱齿轮，部分柴油机的凸轮轴
马氏体球铁，中锰抗磨球铁	回火马氏体，中锰马氏体，中锰马氏体 + 渗碳体	在磨料磨损条件下应用，要求有高强度和韧性，可承受一定的冲击载荷的零件	低速农用轴承套圈，重型缺口耙片，轻型耙片，饲料粉碎机锤片

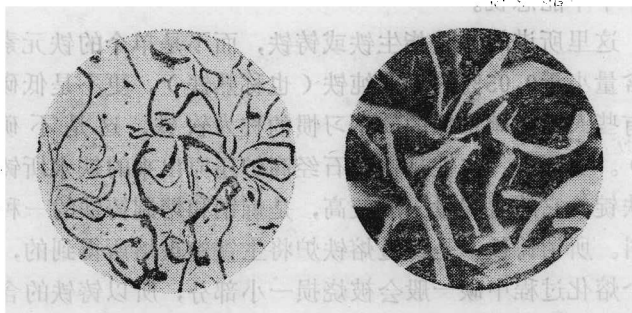
生产中不能忽视。

这里所讲的铁是指生铁或铸铁，而不是单个的铁元素或碳含量小于0.05%的纯铁（也称熟铁），更不是低碳钢（有些人习惯上习惯的称为软铁，这是不确切的）。生铁是铁矿石经高炉还原出来的铁水所铸出的铁锭，它的含碳量较高，是炼钢和熔制铸铁的一种原材料。所谓铸铁，是经过熔铁炉将生铁锭重熔所得到的，在这个熔化过程中碳一般会被烧损一小部分，所以铸铁的含碳量常在4.0%以下。

铸铁中的碳以两种状态存在着。一种以片状、团絮状或球状游离存在，这种游离存在的碳，形成石墨结构；另一种以化合状态存在，通常是一个碳原子和三个铁原子的化合物，简称渗碳体，在金相组织分类时叫做“渗碳体”。渗碳体常以片状、条状、块状等不同形式存在于铸铁组织中。

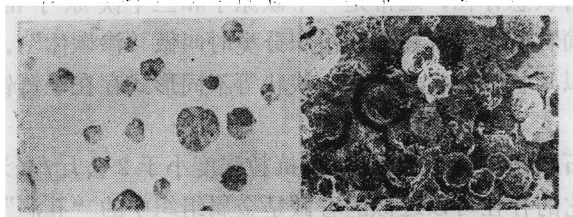
石墨的机械性能（抗拉强度小于2公斤/毫米²），所以它的存在可以近似地看做是金属组织中的“孔洞”。钢所以有较高的机械性能，是由于生铁在炼钢过程中烧掉了碳，因而使“孔洞”弥合了。而普通灰口铁，因为片状石墨将金属基体割裂，石墨片的尖角应力集中敏感性高（见图1-2），因此大大削弱了金属组织，所以它的强度低，也比较脆。

球铁就是铸铁组织中的石墨以球状弥散分布在金属基体中（图1-3），这种球状石墨破坏了金属基体组织的连续性，使金属的基体强度70至90%得到利用；而灰口铁基体强度最高仅利用30%左右。这就是球铁的机械性能大大优于灰口铸铁，而接近铸钢的原因。



a—普通金相照片（未腐蚀）；b—电子显微镜扫描照片（深腐蚀）

图 1-2 灰口铸铁石墨形态和分布状况



a—普通金相照片（未腐蚀）；b—断面电子显微镜的扫描照片（未腐蚀）

图 1-3 球铁中石墨形态和分布状况

三、球铁的性能特点及牌号

球铁的机械性能很大程度决定于金属基体及晶粒边界的性质，从这一点来看，球铁的某些机械性能接近于钢，具有相当的塑性与韧性。另一方面球铁的化学成分仍然在铸铁的范围，因此它的铸造性能和某些使用性能又接近于灰口铁，有很好的流动性、耐磨性和吸震能力以及低的缩孔率和缺口

表 1-2 各种铸铁铸钢的机械性能比较表

材料名称	机械性能 σ_b (公斤/毫米 ²)	δ (%)	$\sigma_{0.2}/\sigma_b$	α_k (公斤·米/ 厘米 ²)	HB	σ_{-1} (公斤/毫米 ²)	E $\times 10^{-4}$
灰口铸铁	< 32	< 0.25		< 0.5	145~225	7~15	0.75~1.1
稀土孕育铸铁	35~45	< 0.1		2.5~3.0	180~260		
可锻铸铁	< 45	4~15	0.5~0.6	2~5	110~150	10~15	1.5~1.7
铁素体球铁	45~60	10~28	0.65~0.75	5~15	140~190		1.4~1.7
珠光体球铁	80~95	< 5	0.70~0.85	1.5~5	220~300	20~26	1.7~1.86
贝氏体球铁	100~160	0.8~1.5	0.80~0.90	3~10	HRC38~56	< 34	
铸钢(退火)	45~60	20~30	0.35~0.50	< 15 (有切口)	110~170	25~35	2.1
45号钢(正火)	65~80	24~26	0.50~0.60	5~9 (有切口)	180~190	30~35	