

424223

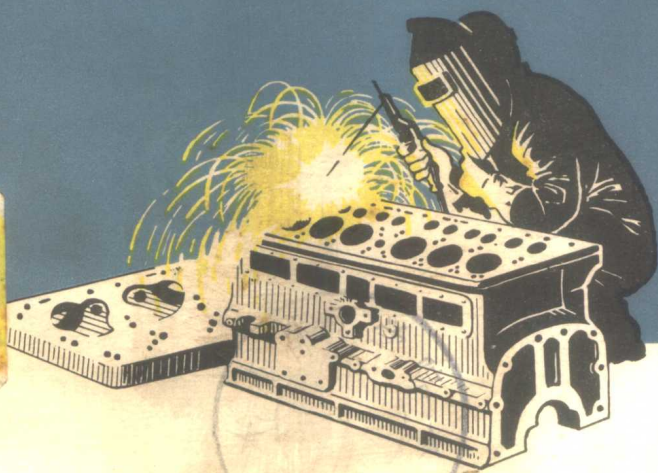
591214
4611

气缸体和气缸盖的焊修

北京市人民汽车公司修理厂

杨玉玺 葛正泽 合编

机械工业出版社图书馆
基本馆藏



人民交通出版社

气缸体和气缸盖的焊修

北京市人民汽车公司修理厂

工 人 杨玉玺
技 术 员 葛正泽 合 编

人 民 交 通 出 版 社

1 9 7 4 年 · 北 京

内 容 提 要

本书系北京市人民汽车公司修理厂工人和技术人员合编的，内容系统地介绍了汽车发动机气缸体和气缸盖的预热焊、半预热焊和冷焊的方法，可供各地汽车修理厂工人和技术人员参考。

气缸体和气缸盖的焊修

北京市人民汽车公司修理厂

杨玉玺 葛正泽 合编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷一厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：4.5 字数：123千

1974年9月 第1版

1974年9月 第1版 第1次印刷

印数：0001—37,200册 定价(科二)：0.32元

毛主席语录

勤俭办工厂，勤俭办商店，勤俭办一切国营事业和合作事业，勤俭办一切其他事业，什么事情都应当执行勤俭的原则。这就是节约的原则，节约是社会主义经济的基本原则之一。

一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。这就是马克思主义的认识论，就是辩证唯物论的认识论。

编 者 的 话

气缸体和气缸盖是汽车发动机的基础零件。它们的结构比较复杂，在使用过程中会因种种原因而发生损坏，如不加以修复，会影响汽车保修工作的顺利进行和勤俭节约原则的贯彻。同时，气缸体（盖）修补质量的好坏，对发动机修理质量的影响很大。因此，气缸体（盖）的修补是汽车修理中的一项重要工作。气缸体（盖）的修补方法有多种，近年来发展了一些新工艺，例如环氧树脂修补法等，但是迄今焊补仍是其中一种主要的方法。

目前制造气缸体（盖）所用的主要材料是铸铁，有的是用铝合金。这两种材料的可焊性较差，加以结构复杂，更增加了焊补的困难。解放以后，尤其是无产阶级文化大革命以来，各地汽车修理厂和有关部门的工人和技术人员，对气缸体（盖）的焊修方法，进行了许多研究工作，采用一些较好的材料和工艺，在一定程度上解决了这两种发动机基础零件的修复问题。

我厂多年来在气缸体（盖）的焊修方面做了一些工作，取得了一些经验。我们遵照伟大领袖毛主席关于“**人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进**”的教导，怀着和兄弟单位交流经验，进一步提高气缸体（盖）的焊修质量的目的，对这方面生产实践中的一些体会作了小结，编成本书。由于我们学习马、列的著作和毛主席的著作还远远不够，科学试验工作也做得很差，加以没有很好地向各地同行的同志学习，本书内容一定存在不少缺点和错误，因此恳切希望大家提出批评和指正。

一九七三年八月

目 录

一、气缸体（盖）的结构特点	1
二、气缸体（盖）的损坏类型及其产生原因	3
三、气缸体（盖）的材料特性及其成分对 性能的影响	8
四、气缸体（盖）焊修时应考虑的几个问题	17
五、铸铁气缸体（盖）的预热焊	25
六、铸铁气缸体（盖）的电弧冷焊	55
七、铸铁气缸体（盖）焊修方法的选择	108
八、铝质气缸体（盖）的焊修	112
九、气缸体（盖）焊修后的检验	128
十、安全操作技术	136

一、气缸体（盖）的结构特点

如众所周知，汽车发动机的工作是将活塞在燃气压力作用下所产生的往复运动，通过曲柄-连杆机构转换为曲轴的旋转运动，从而输出动力。

气缸体（盖）是汽车发动机的基础零件，是设置气缸和安装曲柄-连杆机构以及其他辅助机构的骨架，其特点是：

1) 工作条件及承载情况复杂——汽车发动机是在高温、高压、高速和较大惯性力的作用下工作。发动机工作时，由于各运动部分之间的摩擦和燃料的爆发燃烧，而产生大量的热。通过气缸周围的冷却水套（或空气冷却翅）可以导出很多热量，同时通过曲轴箱内机油的喷射和激溅，冲刷气缸表面和活塞连杆组，也可以进行冷却。尽管如此，发动机的各部零件还具有很高的温度。燃烧室内工作混合气爆发时的温度很高，可达 $1800\sim 2000^{\circ}\text{C}$ ，气缸壁和盖与燃气接触部分温度为 $150\sim 180^{\circ}\text{C}$ （汽油机），排气门附近为 $250\sim 300^{\circ}\text{C}$ 。从燃烧室壁向水套壁以及外表面过渡，温度降较大。同时和燃气接触表面的温度很不均匀，在有些发动机中相差可达 100°C 左右。不仅如此，气缸体（盖）在工作时还承受很大的燃烧压力。就现代汽化器式发动机来说，满负荷时最高燃烧压力可达 $35\sim 40$ 大气压（压缩比为7）；而柴油发动机的燃烧压力则更大，可达 $60\sim 100$ 大气压。从曲柄-连杆机构的运动学中可知，当发动机在高速下工作时，活塞的加速度很大，因此所产生的惯性力也就很大；发动机气缸体（盖）还要承受振动所产生的力。从上不难看出气缸体（盖）工作时所处的工作条件是十分繁重的。

2) 类型多、刚性大、壁厚小——目前各种发动机的气缸体-曲轴箱系统，可以按气缸壁（气缸套）和固定螺栓承受燃气压力和载荷的情况来分类。一般汽化器式发动机的气缸体的缸套，多采用干式缸套（即气缸套与冷却水不直接接触），如图1所示；而压燃式发动机的气缸体

缸套多采用湿式缸套如图2所示（即气缸套与水直接接触）。此外尚有不用缸套的气缸体和空气冷却的气缸体。从气缸的布置来说，有直列式和V型气缸体之分。

现代的发动机，为了增加强度和刚性，气缸体和上曲轴箱系制成一体。在气缸体的下部（曲轴箱内）的各横隔壁处和承受力较大的着力点，均设有较密集的加强筋，甚至有的气缸体为了获得较大的刚性和较短的发动机长度，采用主轴承座不剖分为两半的隧道式曲轴箱（并采用滚柱轴承），从而使气缸体成为一个十分复杂的空间桁架结构。通常气缸体（盖）的壁厚和隔层较薄，一般为5~8毫米，水套壁和隔层的厚度为4~7毫米。用铝合金铸造的气缸体（盖），各处壁厚一般增加2毫米。

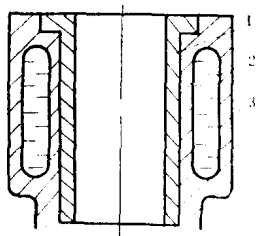


图1 具有干式缸套的气缸

- 1——气缸套； 2——水套冷却水；
3——气缸体

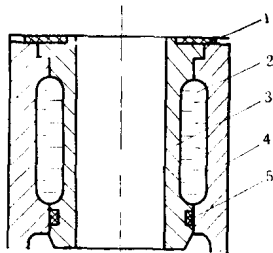


图2 具有湿式缸套的气缸

- 1——金属石棉缸垫； 2——
水套冷却水； 3——气缸套；
4——气缸体； 5——橡皮环

3) 结构复杂、精度要求高——在气缸体的上部和前后端的各加工表面上，分别装有气缸盖、正时齿轮室和飞轮外壳，其内部和外部装有气缸套，曲柄-连杆机构和配气机构，点火、润滑、冷却系统，以及起动装置等辅助机构。同时气缸体上的水道、油道纵横交错，结构异常复杂，对气缸体上的多个加工表面和孔穴的相互尺寸精度均有较高的要求。

4) 几何尺寸和重量较大——气缸体（盖）不仅几何尺寸较大，而

且较重；气缸体-曲轴箱的组合重量一般占发动机总重量的23~36%，因此多采用造价低廉、铸造工艺性等性能良好的铸铁和铝合金制造。

气缸盖与气缸上部、活塞顶组成燃烧室，它在燃烧气体的高温、高压下和可燃混合气的冲刷下工作。另一方面，气缸盖上有冷却水道和附件等，其结构也复杂。通常汽油机气缸盖是制成一体的，而柴油发动机气缸盖则多采用分开式的，即分成两个或多个缸盖，一般是每两个或三个气缸合用一个缸盖，彼此可以互换；而气冷式发动机的每个气缸具有单独的缸盖。

一般来讲气缸盖的重量较小，侧置气门发动机的铸铁缸盖，其重量不超过发动机总重的8~9%，顶置气门发动机的气缸盖则为12~13%。

为了提高气缸盖的强度和刚性，铸铁气缸盖下支承面壁厚和水套壁厚度，随着气缸直径的增大而取得大些。在一般情况下，下支承面的厚度为6~14毫米，水套壁厚度为4~7毫米，进排气通道的壁厚约为5毫米，燃烧室壁的厚度一般是和支承面的厚度相同。铝合金气缸盖的下支承面厚度要比铸铁气缸盖壁厚大2毫米。

二、气缸体（盖）的损坏类型 及其产生原因

气缸体（盖）在制造时和使用过程中，会出现各种不同的缺陷和损坏。由于产生的原因不同，缺陷和损坏的类型、位置以及程度也不一样；除个别损坏严重无法修复者外，在一般情况下，气缸体（盖）均可用焊接等方法来修复，重新使用。通常气缸体（盖）的损坏有以下几种类型：

1) 裂缝——这是气缸体（盖）损坏的主要形式，通常也是报废的主要原因。凡经焊前准备工作后，所存在的在各部表面或连通各孔通道间的任何纵向、横向、斜向裂缝，均属这种类型的损坏。根据裂缝的尺寸和深度，可将其分成宏观的和微观的、表面的和穿透的等不同情况。

2) 外形损坏——即为气缸体（盖）个别部分的破碎或缺损，其损坏的范围一般较大，并且损坏的轮廓具有不规则的形状。

3) 穿孔——凡气缸体(盖)壁上的各种具有孔形的损坏,均为穿孔损坏的类型。

4) 铸造缺陷——即铸造时产生的气孔、夹杂、砂眼、裂纹、局部疏松和未浇满等等缺陷。

5) 腐蚀及其他损坏——气缸体(盖)长期受燃烧气体冲刷而受到腐蚀,此外,冷却水对其通道起腐蚀作用,从而造成这种损坏。其它损坏有螺孔内螺纹的损坏等等。

由于气缸体(盖)是汽车发动机的基础件,在其工作过程中,始终处在高温、高压的作用下,并承受颇大的冲击和交变载荷。尽管在其制造过程中,对材料和工艺均有较高的要求,但也很难完全避免在制造和使用的过程中产生损伤和破裂等疵病。从气缸体(盖)在使用中所产生损坏的部位和程度来看,其产生的原因是多方面的,以下简要地介绍一下产生损坏的一般原因。

1) 使用方面——车辆使用合理,可以提高运行效率、延长车辆寿命,反之,往往极易造成严重的损坏,例如:发动机在没加冷却水的情况下发动,或发动后热车加冷却水,均易招致气缸体(盖)开裂;尤其在冬季和严寒地区运行的车辆,在使用后往往未完全放出发动机内的冷却水,气缸体(盖)受到水结冰膨胀的作用而裂开。

在发动机刚刚起动后,水温未达到正常的情况下,猛轰加速踏板使发动机高速运转,以致使气缸体(盖)在冷的状态下,突然承受增高的燃气温度和增大的压力的作用。这样极易造成气缸体(盖)局部过热,产生热裂的现象。

此外,发动机超负荷工作,例如汽车拖挂过多,发动机爆震和过热,也是造成气缸体(盖)损坏的主要原因。

2) 保修方面——保修工作是保证车辆经常处于完好技术状况的重要条件。在保修的过程中,由于未能严格执行保修技术标准和操作不合工艺规程,往往会引起气缸体(盖)的损坏,例如:气缸体与气缸(盖)的接触平面不平整、气缸盖弯曲变形,在旋紧缸盖螺柱、螺母时,易引起开裂;又如没有按规定的扭力数值和旋紧次序来扭紧缸盖螺柱、螺母时,将造成不平衡的内应力,易使气缸盖开裂,当扭力过大时,甚至可

以使个别螺柱发生脱扣的现象；对脱扣的螺柱孔未按规定将其修复，或经加大修复的螺柱孔与气缸平面不垂直，易造成气缸体侧面连接进排气歧管面上的裂缝。

保修时装用了不合格的气缸盖衬垫，或由于拆装次数太多而使气缸体与气缸盖的接合紧度不够，冷却水流入高温的气缸，会造成裂缝。此外，点火正时不准，点火时间过早，运行中发生爆震，会形成局部过热而易造成开裂。在柴油发动机，湿式气缸套与气缸体的配合不当时，常在橡皮圈密封处的薄弱部分产生开裂。

除上述使用和保修方面的损坏原因外，还常会由于配件质量差而在使用中损坏，引起机械事故，使气缸体（盖）产生严重的破碎（穿孔损坏），甚至可以使气缸体（盖）报废。

在这里需要说明的是：水垢是引起气缸体（盖）产生裂缝的原因之一。由于水中含有一定数量的钙(Ca)，镁(Mg)的酸式碳酸盐和硫酸盐 $[Ca(HCO_3)_2, CaSO_4, Mg(HCO_3)_2, MgSO_4]$ ，当气缸体（盖）经长期使用后，水道内的冷却水，由于受热而沉淀出钙盐等，集附在水道内壁而成一层水垢。水垢不但减少了冷却水道的有效通过断面，同时因其导热性差，降低了发动机的散热效果，尤其是中部气缸的散热条件较两端气缸差，由于局部过热而引起的热裂现象也较为严重。在发动机工作时，水垢受到强裂的机械振动和其他一些原因的影响会产生裂缝，水道内的冷却水便渗入裂缝中，与高温的气缸体（盖）的壁接触，这样可使冷却水急速变成蒸气，而使该部分压力急剧增加，因此，就有引起气缸体（盖）产生裂缝的危险。

铝合金材料制造的气缸体（盖），除上述一些原因外，造成损坏的主要原因是在长时间工作中受冷却水中盐类和碱类成分的侵蚀。大家知道：发动机气缸体与气缸盖在工作中形成一个联通的冷却循环通路，水温经常在 $80^{\circ}C$ 以上，由于铝的电极电位为 -1.66 伏特，铁的电极电位为 -0.439 伏特，两者之间存在电位差而产生电池作用。铝因失去电子成为铝离子，脱离铝体进入水中，这种作用继续长久了，便造成铝质气缸体（盖）的腐蚀；水中碱土金属的盐类增加了水的导电性，从而使腐蚀作用更加强烈。气缸体（盖）水道处的铝与铜质的气缸垫接触，由

于铜的电极电位为 $+0.343$ 伏特，与铝的电位差更大，所以水道法蓝盘处的接触平面以及节温器附近容易受到腐蚀。

3) 设计方面——气缸体（盖）在结构设计上，为了加固各主要承力部位的强度和刚性，通常采用加强筋，使其构成为一个刚性很强的空间桁架系统。系统刚性的大小在很大程度上取决于筋的分布位置、长短、厚薄和高矮。加强筋布置不当，往往给制造上带来困难并且会引起较大的内应力，从而影响几何尺寸的稳定。这也是在使用过程中引起开裂的因素。

有些气缸体（盖）的一些冷却水的通道部分强度不足，例如，跃进牌汽车气缸体为了扩大气门处的散热面积，减少水流阻力，在气缸体平面靠近气门的一边尽量加大水道口，特别是中部的两处水道孔相距30毫米，中间并有11毫米的螺柱孔一个，距水道孔边缘仅8毫米；缸盖螺柱旋入气缸体的深度仅15毫米；水套内部加强凸出部分直径仅20毫米；气缸体水套厚度仅6.5毫米，最厚也只有8毫米。看来结构强度是比较单薄。

如果发动机气缸体在结构设计上，对运动零件由于动不平衡而带来的扭转振动考虑不足，而采用了较薄弱的壁厚，并在加工部分与非加工部分、工件壁厚不同的部分过渡不够圆滑，易引起局部应力集中，往往也是形成裂缝的原因。

气缸体各气缸之间的冷却隔层有时得不到充分冷却；如采用分隔式燃烧室（涡流室或预燃室），气缸盖上气门之间的隔壁以及燃烧室与气门之间的隔壁，有时也得不到充分的冷却；在某些发动机上，气缸体中部，两个排气道是并列的，因此使气缸体中部较其他部分受热集中，热应力较大，往往也会引起热裂现象。

此外，在气缸体（盖）的制造过程中，会出现各种不同情况的缺陷。例如，铸造时可能由于型砂性能、配料成分、熔炼和浇铸温度以及浇铸系统的设计等不当，会产生气孔、夹杂砂眼、偏析、裂缝等缺陷。而在机械加工过程中，由于种种原因，也会出现不同情况的损伤。

气缸体（盖）产生裂缝等疵病的原因是很多的，除了上面所说的以外，尚可列举一些。大家可以在焊修过程的实践中去体会。但对上述各

点如能加以注意，则在很大程度上可以减少气缸体（盖）的损坏。

以下将常见的汽车发动机气缸体（图3）和气缸盖（图4）上的裂缝等损坏位置列于下面，供读者参考，以便对气缸体和气缸盖的损坏情况有一个概念，这样将便于考虑采取适当的焊接工艺。

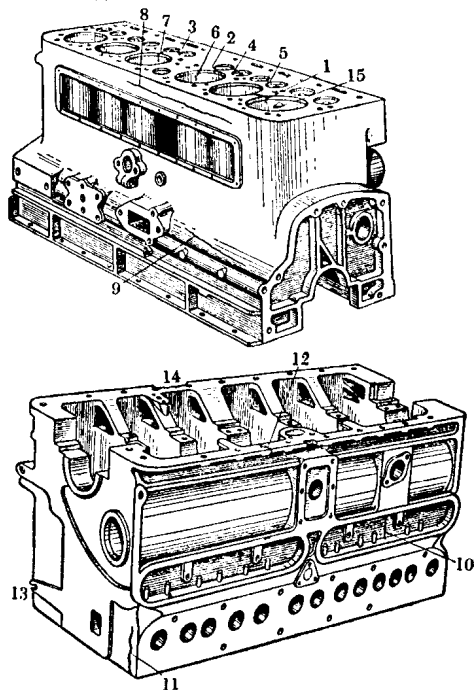


图3 发动机气缸体的损坏位置图

- 1 —— 气缸间夹边上的裂缝； 2 —— 气缸与气门座之间夹边上的裂缝；
- 3 —— 气门座之间夹边上的裂缝；
- 4 —— 在气缸体上部平面的、裂至气门导管孔附近的裂缝；
- 5 —— 在气缸体上部平面的、未裂至气门导管孔附近的裂缝；
- 6 —— 在气缸壁上的、未裂至上部平面及气缸壁下端部的裂缝；
- 7 —— 气缸壁上的、裂至气缸体上部平面的裂缝；
- 8 —— 侧盖方面的水套壁上面的裂缝；
- 9 —— 机油通路所在区域内水套壁上的裂缝；
- 10 —— 气门室方面的气缸水套壁中部的裂缝；
- 11 —— 固定水泵平面方面的气缸体右上角上、裂至螺纹孔壁的裂缝；
- 12 —— 固定机油盘凸缘的螺纹孔壁上的裂缝；
- 13 —— 水泵固定螺栓的螺纹孔凸角的断落；
- 14 —— 固定机油盘的凸缘上的断落； 15 —— 气缸壁部分断落

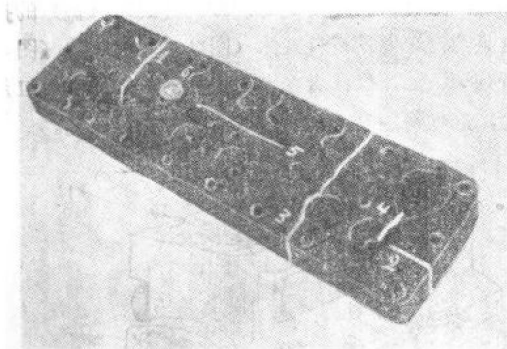


图4 发动机气缸盖损坏位置图

- 1——在平面中部裂至火花塞孔壁的裂缝；
- 2——自平面裂到垂直面的纵向裂缝；
- 3——在平面上绕过火花塞孔通至垂直面的横向裂缝；
- 4——固定水管的螺纹孔壁与火花塞孔之间区域内的裂缝；
- 5——平面中部的纵向裂缝；
- 6——平面上的穿孔

三、气缸体（盖）的材料特性 及其成分对性能的影响

铸铁是机械制造业中应用最广泛的一种金属材料。这是因为铸铁来源丰富、成本低廉并具有良好的铸造工艺性能和金属切削加工性能，并且零件在铸造后能够得到较准确的尺寸和具有很好的吸收外来振动的能力。因此在汽车拖拉机的制造上铸铁的应用极为广泛。通常汽车拖拉机发动机的气缸体和气缸盖均用优质铸铁或铝合金来制造。

铸铁是含碳（C）2.5~4.5%、硅（Si）0.5~4.5%的铁碳硅三元合金，此外还含有少量的锰（Mn）0.2~1.5%，硫（S）0.002~0.20%，磷（P）0.01~2.0%。特殊的铸铁还含有一定数量的合金元素，如铜（Cu）、镍（Ni）、铬（Cr）、钼（Mo）、钛（Ti）、铝（Al）等成分。

铸铁的熔化温度是 1142°C （含碳量为4.3%时）。工业上用的铸铁，通常其熔点为 $1200\sim 1250^{\circ}\text{C}$ ，比重为 $6.7\sim 7.6$ 克/厘米³，线膨胀系数比钢稍微小一些，等于 $10.6 \times 10^{-6} \left[\frac{1}{^{\circ}\text{C}} \right]$ 。熔化的铸铁在冷却的过

程中，体积收缩约1.2~1.3%。

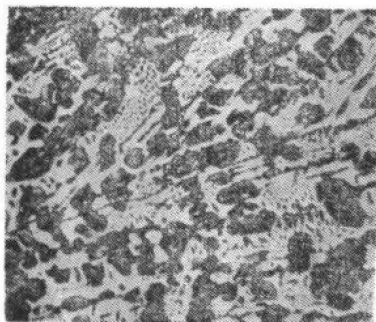
铸铁按含不含特殊的合金成分，可分为普通铸铁和合金铸铁；按碳的存在形态和形状的不同，铸铁又可以分为：白口铸铁、灰口铸铁、可锻铸铁及球墨铸铁等，而各种铸铁的性质各不相同。

如果铸铁中含碳（C）、硅（Si）量较少，而且熔化后冷却较快，则其内部大部分碳与铁成化合的状态存在，即以碳化铁（ Fe_3C ）的形态存在，那么这样的铸铁断口呈白色，称为白口铸铁（图5，甲）。

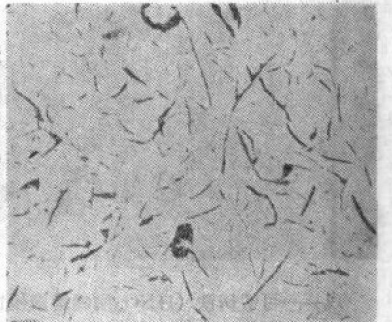
如果铸铁中的碳、硅含量均不过低，而且熔化后冷却较为缓慢，则其中部分的碳以游离的状态，即以点状或片状等石墨的形态存在，这种铸铁称为灰口铸铁（图5，乙、丙）。

具有一定成分的白口铸铁，经过较长时间的高温退火后，使其中的化合碳分解成游离碳，析出为石墨，得到铁素体和团絮状石墨组成的可锻铸铁，或者使部分碳借氧化作用而脱出，得到珠光体和团絮状石墨组成的可锻铸铁，这样就大大的提高了铸铁的强度和韧性，从而改变了原来白口铸铁脆硬的性质（图5，丁、戊）。

具有一定成分的铸铁，用球化剂进行变质处理，使其基体内的石墨形态呈圆球状存在，这样大大消除了片状石墨对铸铁基体的割裂作用，



甲——白口铸铁（ HNO_3 酒精溶液
侵蚀， $\times 100$ ）
基体为渗碳体，大黑团为珠
光体，小黑点则为莱氏体中
的珠光体。

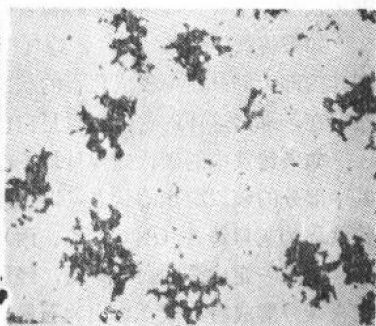


乙——灰口铸铁（未侵蚀， $\times 50$ ）
呈均匀散乱状分布的石墨碳，
其长度约为 $4^{\#}\sim 5^{\#}$ 。

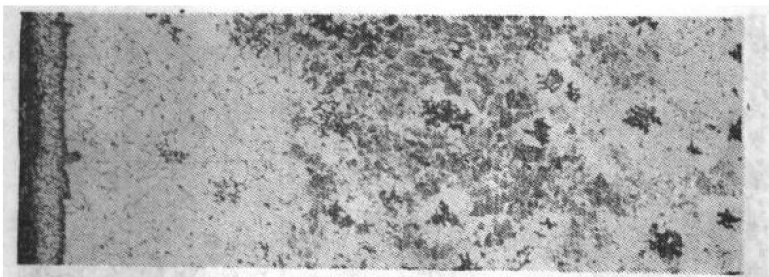
使铸铁的强度得到了很大的提高（抗拉强度 σ_b 可达55公斤/毫米²以上），这类铸铁称为球墨铸铁（图5，己、庚）。



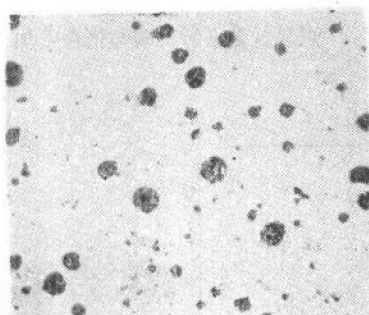
丙——灰口铸铁（ HNO_3 酒精溶液侵蚀， $\times 500$ ）
呈玫瑰花状分布的石墨碳，其大小为6*~7*，基体为纯铁体与少量细珠光体（淡灰色者）。



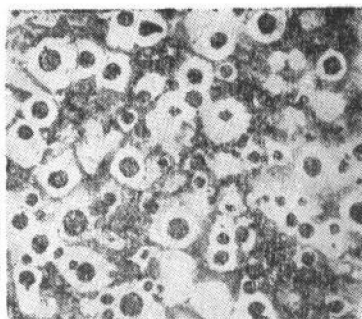
丁——可锻铸铁（未侵蚀， $\times 100$ ）
黑心可锻铸铁中的退火石墨碳，石墨分布尚称均匀。



戊——可锻铸铁（ HNO_3 酒精溶液侵蚀， $\times 65$ ）
可锻铁零件，自表面迄心部的显微组织。左方为表面，右方为中心。组织中除退火石墨碳外，层状者为珠光体，白色者为铁素体。表面附近由于脱碳，故全为铁素体。



己——球墨铸铁（未侵蚀，×100）
球状石墨碳，分布尚均匀，
但大小不甚均匀。



庚——球墨铸铁（HNO₃酒精溶液侵蚀，×100）
除球状石墨碳外，灰色层状者为珠光体，白色者为铁素体，
铁素体围绕球状石墨碳呈所谓：“牛眼”状。

图5 碳在铸铁中存在的形态

从以上所述我们可以知道，碳在铸铁中的存在形态可以归结为二种即：一种为游离碳的形态存在于铸铁的基体中，例如：灰口铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁等；另一种为化合碳的形态，即铸铁中的碳与铁化合在一起，成为一种极其坚硬而脆性的化合物碳化铁（ Fe_3C ）。由 Fe_3C 所组成的组织称为渗碳体。

从金属学我们可以知道，在熔化的铁水中碳处于化合的状态（即 Fe_3C ）。铸铁熔化后的冷却过程如果缓慢（并且具有一定的碳、硅含量），碳便可从碳化铁中分解出来，形成石墨，即变为灰口铸铁，否则形成白口铸铁。另一方面由于铸铁的浇铸温度、冷却速度、铸件壁厚和化学成分等条件的不同，可以形成不同的基本组织——基体（图6）。从表1中可见各种铸铁，由于基体组织和石墨形态不同，具有不同的机械性能。白口铸铁，由于其中的碳是以化合碳形态存在，其硬度（HB 700以上）很高，缺乏延展性，很脆，所以在工业上已失去了直接应用的价值。

制造气缸体（盖）使用的铸铁，均是灰口铸铁。在这里需要着重指