



国外现代铸造

铸造质量控制

ZHUA ZAO ZHI LIANG KONG ZHI

上海科学技术文献出版社

国外现代铸造

铸造质量控制

上海市机械工程学会铸造分科学会

上海科学技术文献出版社

国外现代铸造
铸造质量控制
上海市机械工程学会铸造分科学会

*

上海科学技术文献出版社出版
(上海市武康路2号)

新华书店上海发行所发行
上海商务印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 12.25 字数 313,000

1984年5月第1版 1984年5月第1次印刷

印数: 1—5,500

书号: 15192·308 定价: 1.52元

《科技新书目》71-243

前 言

科学技术及工业生产的迅速发展对铸造质量提出了更高的要求。它不仅反映在铸件的力学、物理、化学、工艺等使用性能方面；而且还反映在宏观和微观缺陷、内部和外表质量以及生产效率、节能、环境保护、经济效果等方面。

目前，国外在铸造生产过程中已采用了检验各工序和成品质量的通用或专用的测试仪器和设备。这些仪器及设备对监视和控制生产过程和铸件质量产生了巨大的作用；铸造质量控制已发展到对铸造生产的整个过程进行全面质量控制的阶段。

近年来，我国也由于生产了铸造用焦炭、铸造用生铁、铸造用树脂、合金变质剂以及各类测试仪器，在铸件质量和成本方面都得到了显著的收益。但是，与国外先进水平相比，我国还存在一定的差距，为此我们以铸造质量控制为中心，选译了近期国外有关型砂、树脂、涂料、灰铁、球铁、蠕铁的质量控制；热分析技术；冲天炉控制；优质铝铸件、高强度铸钢件的生产；球化率快速测定；不加工试棒的应用以及铸件超声波检验方法等各类文章，着重介绍了影响铸件质量的各个因素，从而为铸造工作者在提高和保证铸件质量的工作中提供参考和借鉴。

由于编译水平有限，不妥及错误之处敬请批评指出。

上海市机械工程学会
铸 造 分 科 学 会
1983.7

目 录

热分析法在铸造检测技术上的应用.....	1
利用检测技术防止铸造缺陷的方法.....	11
无损检验.....	17
超声波检测在铸造中的应用.....	23
采用挡气方法来改善铸件表面质量.....	30
设计有竞争能力的铸件.....	33
热等静压法解决铸件疏松.....	37
型砂破坏的评价方法.....	40
对复膜砂用原砂的鉴评.....	42
氧化铁对砂芯和铸件质量的影响.....	45
有机粘结剂及其型砂的热分析.....	48
化学冷硬砂铸铁件的致密度和尺寸精度.....	51
呋喃树脂自硬砂铸件的常见缺陷及其防止.....	62
铸造涂料的质量控制.....	68
优质铸件的造型方法选择.....	76
提高铸件质量的静压造型法.....	82
浇注系统对球墨铸铁件质量的影响.....	86
用计算机计算冒口尺寸.....	88
防止熔模铸造时的脱碳.....	93
铸件冷却速度对表面质量的影响.....	96
用超声波检验灰铸铁的材质.....	99
铸铁厂质量控制的直观显示方法	106
防止高强度灰铸铁的缺陷	111
片墨、蠕墨及球墨铸铁的气密性.....	113
石墨球化率快速判断装置	118
用不加工的铸造试棒控制球铁的机械性能	122
球铁铁水的质量控制	125

生产大型蠕铁汽缸体时铈处理和镁处理的比较	128
根据金相组织来评价可锻铸铁的机械性能	132
铸铁水管质量的统计检测	135
冲天炉熔炼中原材料的质量控制	138
冲天炉铁水的不稳定性	143
铸铁的炉前处理和质量控制	152
先进铸钢工艺	157
优质铸钢件的生产	163
高强度铸钢件的生产	169
铸钢组织中非金属夹杂物的分布	178
优质铝铸件的生产技术	180
热分析监测铝合金的变质	186

热分析法在铸造检测技术上的应用

早先的热分析法是根据金属或合金的冷却曲线[即温度与时间的关系曲线 $T=f(\tau)$]定量地获得元素和合金的固相、液相或转变相的信息的一种方法。通常简称为 TA 法。

一般的冷却曲线可用来解释凝固过程及其组成,但难以用它来定量地说明所析出的组分。因此,如何正确地分析冷却曲线是热分析测试中的关键。在记录冷却曲线的同时,借助微分器测得温度对时间的微分冷却曲线[即 $dT/d\tau=f(\tau)$ 或 $\Delta T/\Delta\tau=f(\tau)$],就能准确地确定冷却曲线上的特征点,并能了解凝固过程各阶段的温度变化率。用微分冷却曲线来分析凝固过程的方法通称为微分热分析法。由于这种方法检测精度较高,因此,更增加了热分析法的实用价值。

热分析在铸造上的应用还是六十年代才开始的。由于这种方法具有快速、简便、准确和费用低廉等优点,因此在铸工车间里的应用日趋广泛。到目前为止,其主要用途有:

快速测定亚共晶铸铁的碳当量和碳硅含量;

测定球墨铸铁的球化率;

测定灰铸铁的共晶团数量;

预测钢水质量及铸铁的机械性能;

预测铝合金的强度和铸造性能等。

(一) 热分析快速测定亚共晶铸铁的碳当量和碳、硅含量

由于普通灰铸铁的共晶凝固过程会出现过冷现象(图 2),因此,要找出亚共晶灰铸铁的共晶温度与铁水成分之间的定量关系是十

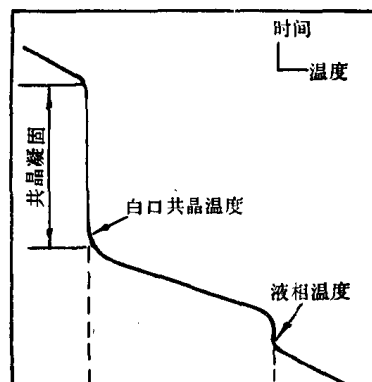


图 1 亚共晶白口铸铁的冷却曲线

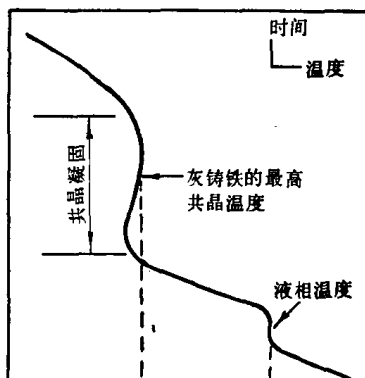


图 2 亚共晶灰口铸铁的冷却曲线

分困难的。而亚共晶白口铸铁的共晶温度有明显的水平线段(图 1),从而能准确地找出液相温度 T_L 和共晶温度 T_S 。

1961 年首先有人倡议利用冷却曲线上的液相点(T_L)在炉前确定铁水碳当量(CE)。但发现白口凝固的液相温度 T_L 虽然随 CE 的变化而变化,然而两者之间的相关程度较差。如将 CE 改为 CEL(液相线碳当量),即把 $CE = C + \frac{1}{3}(Si + P)$ 改为 $CEL = C + \frac{1}{4}Si + \frac{1}{2}P$, 则 T_L 与 CEL 之间具有良好的线性关系。由于试验条件不同,各个作者得出的 T_L 与 CEL 之间的关系也不同(见表 1)。

通过测定铁水凝固时的初晶温度即可

表1 各试验者得出的 T_L 与 CEL 之间的关系式

研 究 者	材 料	关 系 式	CEL 范 围
(1) J. G. Humphreys	灰 铁	$T_L = 1669 - 124 \text{ CEL}$	3.6~4.3
(2) A. Moore	灰 铁	$T_L = 1664 - 124 \text{ CEL}$	3.7~4.7
(3) K. H. Caspers	灰 铁	$T_L = 1660 - 120 \text{ CEL}$	3.5~4.3
(4) M. Lampic	灰 铁	$T_L = 1654 - 119 \text{ CEL}$	3.3~4.3
(5) J. Van. Eepher	灰 铁	$T_L = 1647 - 118.2 \text{ CEL}$	3.1~4.1
(6) R. Verriest	灰 铁	$T_L = 1636 - 113 \text{ CEL}$	3.3~4.4
(7) R. Dópp	白心可锻铸铁	$T_L = 1605 - 108 \text{ CEL}$	3.3~3.8
(8) R. W. Heine	黑心可锻铸铁	$T_L = 1594 - 102 \text{ CEL}$	2.2~3.4
(9) H. Mayer	灰 铁	$T_L = 1582 - 101 \text{ CEL}$	3.0~4.3

测得亚共晶铸铁的 CEL, 但同一 CEL 值, 它的碳、硅含量也会不同。因此, 必须对碳、硅进行单个测定。回归分析证明, 利用白口凝固冷却曲线上先后出现的两个温度停滞点 (即液相温度 T_L 和共晶温度 T_S), 可在炉前快速测定亚共晶铁水的碳、硅含量。在各种文献中, 由于试验条件不同, 用回归分析得到的碳、硅含量与 T_L 、 T_S 之间的关系式也不同。J. Van. Eeghem 得到:

$$\%C = -5.86 - 0.00819T_L + 0.017T_S$$

$$\%Si = 78.41 - 0.06831T_S - 4.28087K$$

其中 $K = 0 \sim 0.2$ (与 P、Mn、S 量有关); 而 A. Moore 得出:

$$\%C = -7.2 - 0.008T_L + 0.018T_S - 0.004P$$

$$\%Si = 87.1 - 0.07T_S - 0.057T_L - 2.44P。$$

根据上述这些关系式, 可以利用专门的计算器或通过微处理机得到所需的数据, 这方面已有多种不同类型的产品。

(二) 用相对导热率热分析法快速测定球墨铸铁的球化率

众所周知, 石墨是一种热的良导体。在球铁中, 石墨以球状分布, 无法连结导热性能较差的基体, 因此球铁的导热率低于片状石墨的灰铁。

测定导热率的绝对值是相当困难的, 这不仅需要精密的实验设备, 而且需在静态下进行。显然, 在现场快速测定球化率时不能采用测定绝对值的方法, 只能采用测定相对导热率的方法。

首先是把铁水浇入图 3 所示的壳型样杯中。由于它具有两个大小不同的截面, 直径为 d 的部分将首先凝固, 而直径为 D 的部分则凝固较慢, 样杯中会产生很大的温度梯度。在试样小端放一支热电偶, 并记录其冷却曲线。由于各种铸铁导热率的差别只有在凝固后才表现出来, 因此, 小端直径应尽可能小, 以缩短凝固时间, 但又要避免正常成分的铸铁在小端出现莱氏体。综合这两个因素, 小端直径以 18 毫米左右为好。此外, 热电偶布置在离下端底部 6 毫米处较好, 这样不仅能扩

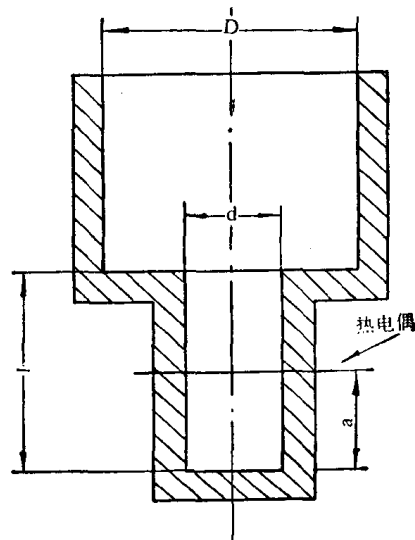


图 3 壳型样杯

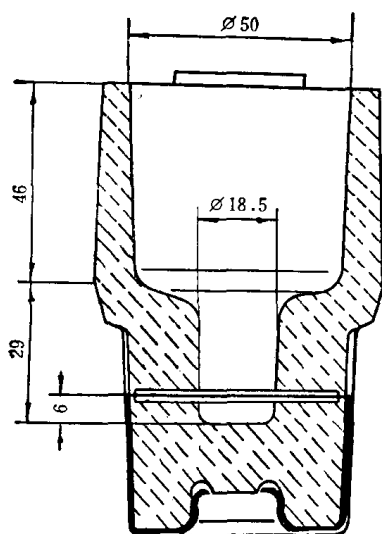


图4 样杯的实际尺寸

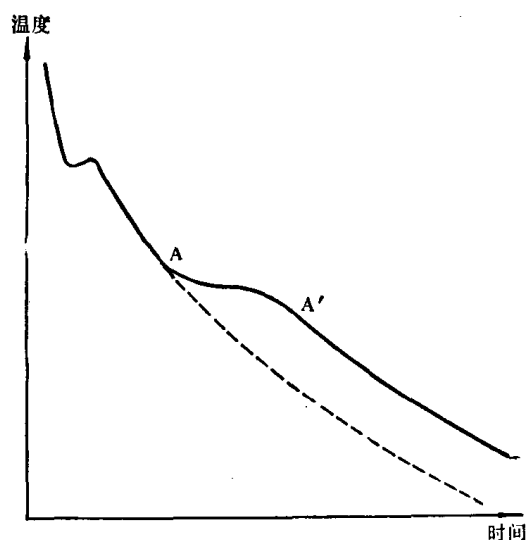


图5 冷却曲线

大球铁与灰铁冷却曲线的差异，而且能增加曲线的重现性。为保证试样内具有足够的温度梯度，小端长度 l 不能太短，大端直径 D 不能过大，以达到三分钟内快速测定的目标。图4为实际使用的样杯尺寸。图5为冷却曲线。对曲线的解释为：浇注后试样的温度下降；当小端开始共晶凝固时，出现共晶驻点，直至小端完全凝固，温度再次下降；当大端开始凝固时，放出大量热量并通过传导使小端的降温延缓下来，致使冷却曲线偏向右方（如虚线所示），并按实线 AA' 下降。实验证明，

使用这种样杯，在大端的凝固过程中，样杯里出现一个静温度场，其上部由于得到凝固热而保持恒温，使其下部达到吸热和放热平衡，即出现恒温的现象。通常把这段时间里保持的恒温线称为“相关固相线”。显然，相关固相线保持恒温将改善在曲线上进行测量的精度。

图6为某次试验测得的典型冷却曲线。图中 T_s 为小端正常的固相线驻点； T_{sr} 为相关固相线； X 为试样从 1160°C 降到 1060°C 所需的时间，这是表述正常冷却速度最为实际可行和重复率最高的参数，并用 T_{100} 表示（单位为秒）。试验表明， T_{100} 与 T_{sr} 之间有着明显的关系，为简化起见，常以样杯浇注后三分钟所达到的温度值代替 T_{sr} ，并称为 T_{30} 。

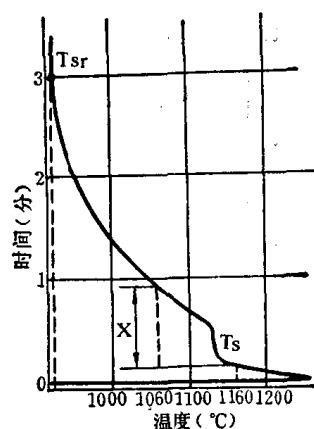


图6 实测典型冷却曲线

图7为球铁 T_{100} 与 T_s 之间的关系图。实验表明，片状石墨铸铁也存在着与此类似的关系。只是比球铁的关系曲线明显上移（见图8）。

如果球铁的球化率是未知的，则可通过冷却曲线求出 T_s 和 T_{100} 的值，按照这组数据可以在图8上找出一个相应点，从而求出该点与校正过的标准球铁关系曲线的温差 ΔT 。经过大量试验证实， ΔT 值与球化率之间有密切关系。图9表示了球化率与 ΔT 间的关系。从该图可看出：按 ΔT 值的大小可把曲线划分成三个部分。当 $\Delta T < 3.5$ 时，为球化

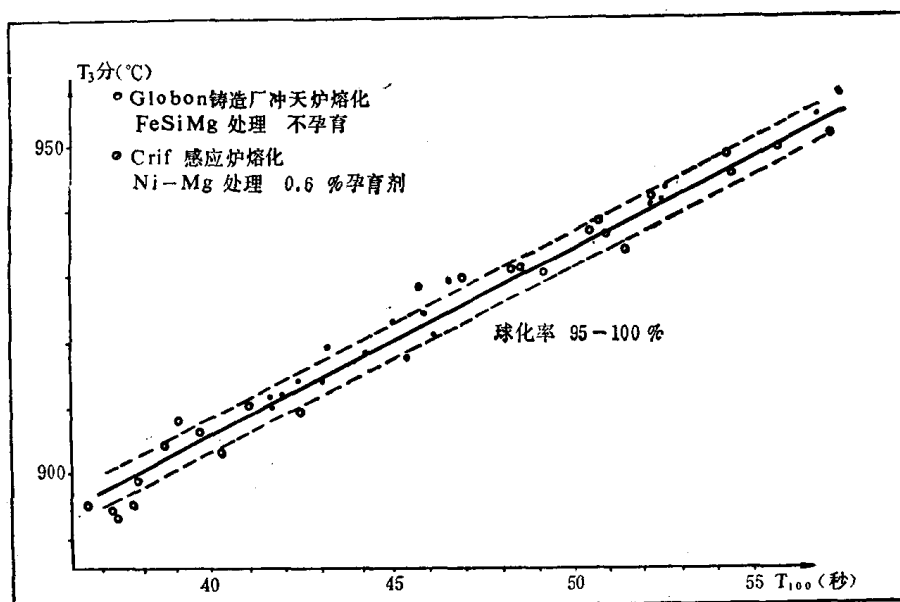


图7 球铁 T_{100} 与 T_3 之间的关系

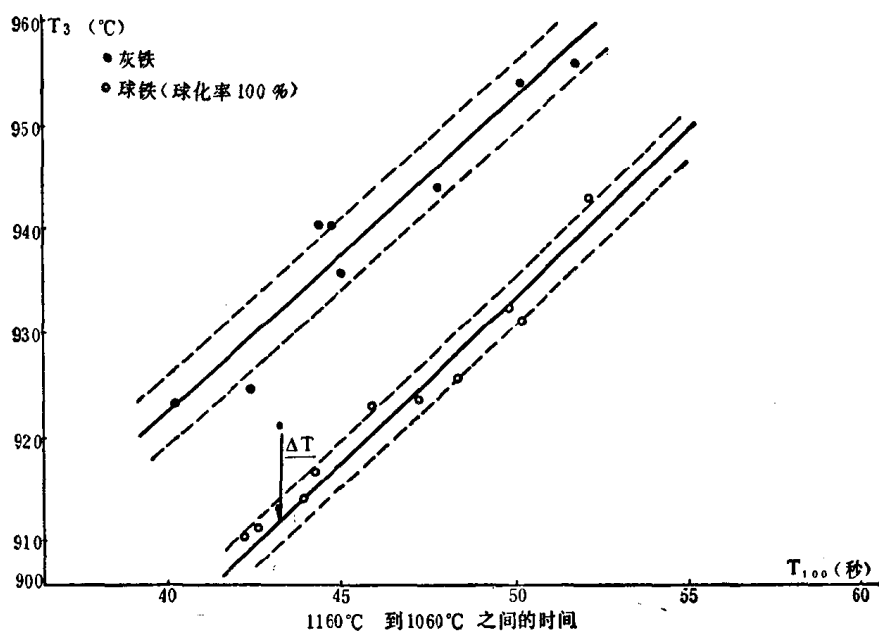


图8 球铁与灰铁的 T_{100} 与 T_3 关系的对比

良好(绿区); $\Delta T > 11$ 时, 很可能没有球化(红区); 当 ΔT 在 $3.5 \sim 11$ 之间时, 球化情况未定(黄区), 需进一步检验。

实验证明, 冷却曲线上的固相线温度 T_s 也与球化率有关。一般来说, 该温度越高, 球墨数越多。当 $T_s < 1120^\circ\text{C}$ 时, 出现碳化物的可能性极大。

(三) 热分析法测定灰铸铁的共晶团数量

在实际生产中, 灰铸铁的共晶结晶主要靠非均质形核进行的。在冷却速度相同时, 晶核的多少及其特征将决定液态铸铁的过冷

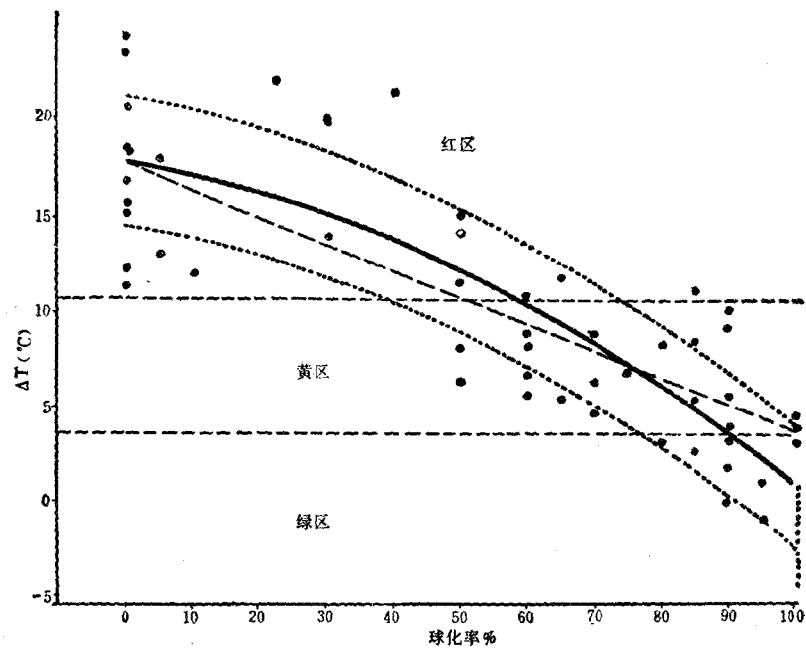


图9 球化率与 ΔT 的关系曲线

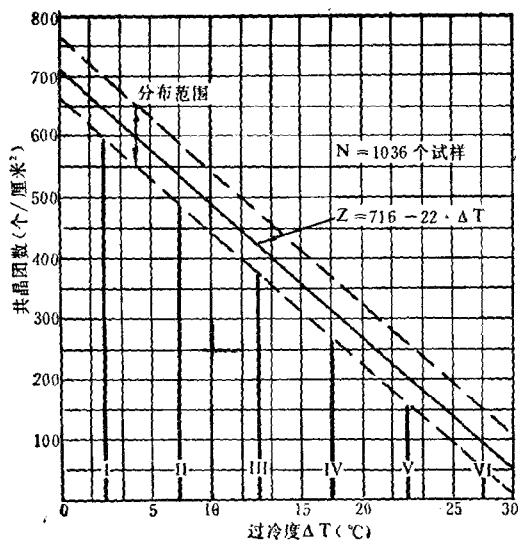


图10 共晶团数(个/厘米²)与过冷度 (ΔT) 之间的关系

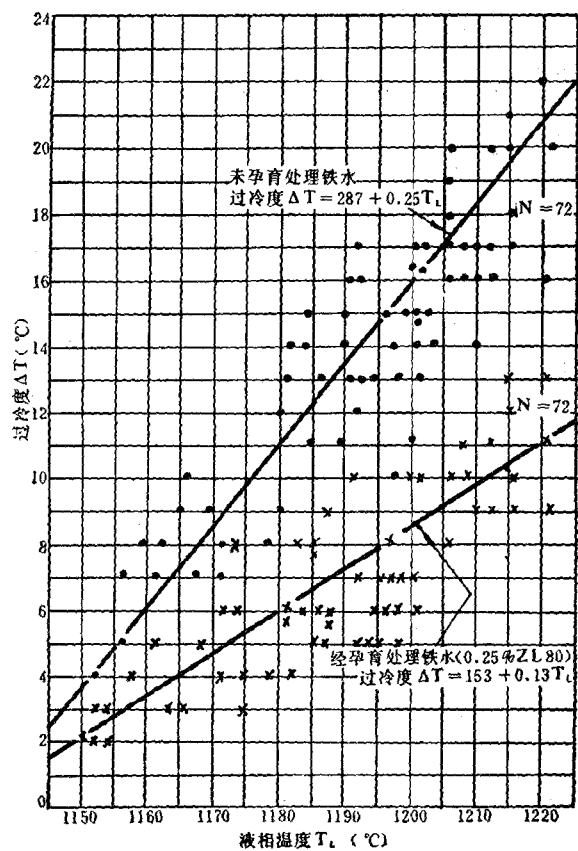


图11 孕育前后的过冷度 ΔT 与液相温度 之间的关系

表 2 铸铁共晶凝固特征的分类

标准类别	过冷度 ΔT (°C)	共晶团数 (个/厘米 ²)	石墨形态及分布	备 注
I	2.5	>600	~100% A_{4-6} —	几乎是自由凝固的过冷度
II	5.0	~550	100% A_{4-5} < 10% $B/D/E$	过冷度很小
III	10.0	~450	80~90% A_{4-5} < 20% $B/D/E$	过冷度小
IV	15.0	~350	50% A_{4-5} < 50% $B/D/E$	过冷度适中
V	20.0	~250	30% A_{4-5} < 50% D/E	过冷度大
VI	23.0	~150	20% B	过冷度很大
	26.0	~100	0% A_{4-5} < 80% D/E 20% B	

度 ΔT 。在冷却曲线上则表现为共晶反应的最低温度与平衡温度之差。有人在实际生产中用 GG25 铸铁浇注了 1036 个试棒(试棒的直径为 30 毫米),发现过冷度 ΔT (°C) 与共晶团数 Z (个/厘米²) 之间存在

$$Z = 716 - 22\Delta T$$

的线性关系(见图 10),并按过冷度的不同将共晶团数分为六类(见表 2)。

在这试验中也发现孕育前后的过冷度 ΔT 与液相温度之间存在着线性关系(见图 11)。

综上所述,就可以用热分析法相当精确地预测共晶团的数量、石墨的形态和分布。这对控制铁水质量、确保铸件性能具有很大意义。

上述结果已在气缸头的生产中得到验证。

(四) 用微分热分析法预测钢水质量及铸铁的机械性能

众所周知,热分析的主要依据是冷却曲线的形状及其温度特征值的变化。因而,如何正确地分析冷却曲线是热分析法测试的关键。微分热分析就是基于这个目的发展起来的。在记录冷却曲线 $T=f(\tau)$ 的同时,记录温度变化率与时间的关系,以更精确地测定铸件凝固过程中发生的现象。借助于微分冷却曲线,就能更准确地确定冷却曲线上各温

度的特征点,并能了解凝固过程中各阶段的温度变化情况。

1. 微分热分析法预测钢水质量

微分热分析可用来检测钢液质量的差异。图 12 是含非金属夹杂物极少的非合金钢(碱性电弧炉熔炼,含碳量为 0.2%)的冷却曲线及其微分冷却曲线。图中上部曲线表明:钢水温度始终保持在 1480°C 左右,几乎直至凝固終了,其 $\frac{\Delta T}{\Delta \tau}$ 的值为零。在凝固終了前,由于释放的热量不再能补偿样杯的散热损失, $\frac{\Delta T}{\Delta \tau}$ 开始显著变化,其最大的微商(温度变化速率)为 18°C/分;凝固終了时,微商达到负的最大值。

图 13 为同钢号的冷却曲线及其微分曲

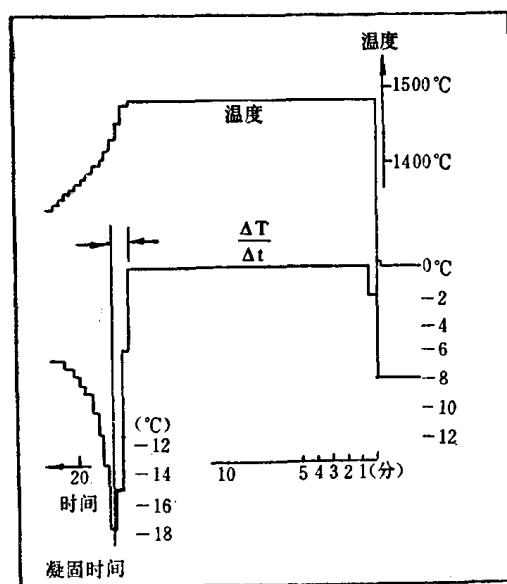


图 12 洁净普通低碳钢液的冷却曲线及其微分曲线

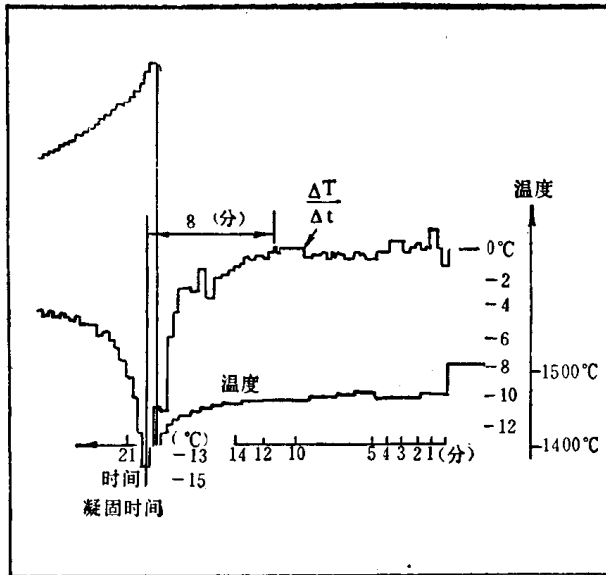


图13 具有大量氧化夹杂物的普通低碳钢液的冷却曲线及其微分曲线

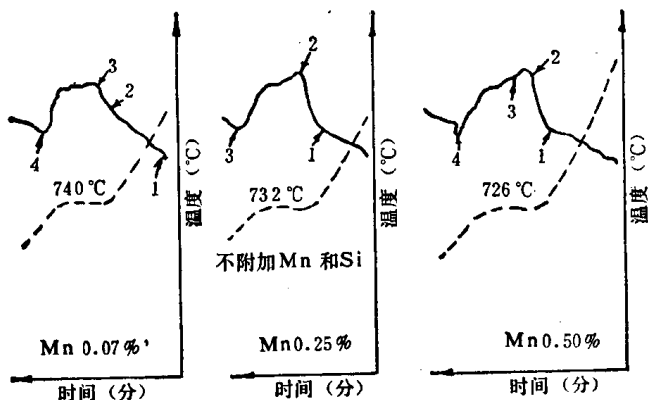


图14 含锰量不同的三种灰铁的共析阶段冷却曲线

线,这种钢在同一碱性电弧炉内熔炼,但含有较多的非金属夹杂物。从曲线中可看出:在凝固终了前8分钟,其温度便开始陡降,微分曲线变化很大,这意味着残留液体具有低的凝固温度。浇出的铸件热裂情况严重。

综上所述,在微分曲线上,凝固终了前 $\frac{\Delta T}{\Delta \tau}$ 值的任何显著变化都是钢液质量差的标志。增加精炼时间,去除非金属夹杂物,就会得到合格的微分曲线。实验证明,随着凝固终了前

曲线斜率增加,则热裂倾向增大。当其夹角超过 80° 时,钢铸件中就会产生热裂。这一结论也被具有较大热裂倾向的铬钼耐热钢汽轮机机体和船用柴油机活塞所证实。

2. 用共析阶段微分热分析曲线预测灰铁的机械性能

用测定共析阶段微分冷却曲线的方法可间接测得灰铁和球铁的基体组织和机械性能。

图14为三种灰铁(含Mn量不同)的冷却曲线(虚线)和微分曲线(实线)。自左至右,铸铁中的含Mn量增加,共析转变温度降低。在微分曲线中,1至2点表示试样中奥氏体开始转变的温度。含Mn量越高,1、2点的坡度越大,即冷却得越快,则金相组织中的铁素体含量减少。故1、2点连线的坡度(即与时间轴线的夹角)与铁素体量成反比。

图15为三种球铁的冷却曲线及其微分曲线。与灰铁同理,1、2点连线的坡度增大,延伸率减小,而强度增大。

由上可知,可用微分曲线的坡度预测灰铁和球铁的机械性能,以便在浇注前调正成分,使铸件的组织和机械性能达到预期的要求。

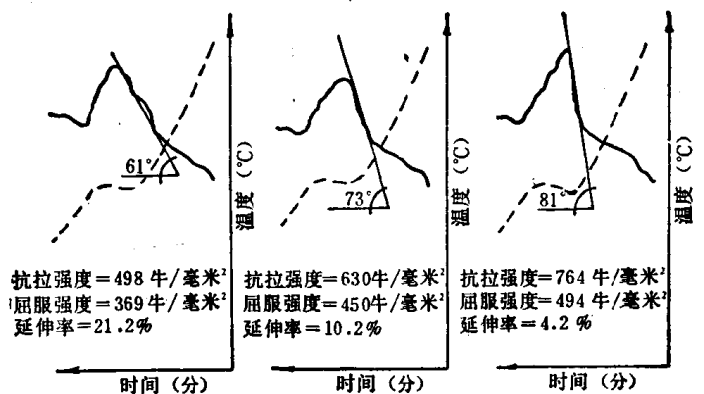


图15 三种球墨铸铁共析阶段的冷却曲线及其机械性能(抗拉强度、屈服强度及延伸率)

(五) 热分析预测铝合金的强度和铸造性能

1. 确定铝合金的强度和缩松倾向

苏联研制成一种热分析取样器, 用来测定冷却曲线, 从而确定铸造铝合金的强度和缩松倾向。

取样器如图 16 所示。

图中 1 为镍铬-镍铝热电偶的工作端, 外涂 40~50 微米厚的氧化锆涂料保护层; 2 为取样孔, 保证每次取样均等; 3 为石墨取样容器, 壁厚为 1~2 毫米; 4 为双孔刚玉套管; 5 为联接插头。取样时将取样器浸入金属液 15~20 毫米预热, 而后浸入 30~40

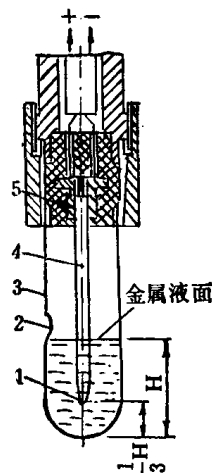


图 16 取样器

毫米取样, 最后在任意环境中冷却, 记录冷却曲线。其测量误差 $\Delta T \leq 0.4^\circ\text{C}$ 。

研究结果表明接近共晶成分的含硅 12.7% 的铝硅合金具有最大的过冷度 (30°C), 而成分接近于铝的 A7 合金具有最小的过冷度 ($5\sim 7^\circ\text{C}$)。A7 合金介稳定态的结晶间隔为 $\sim 3^\circ\text{C}$, 而含硅 7~12% 的铝硅合金则为 $2\sim 7^\circ\text{C}$, 随着硅含量的增加介稳定态结晶间隔扩大。合金的过冷度与金属液的相变过程 (液相-固相、固相-液相——共晶) 及形核和长大的能量消耗有关。因此, 根据温度-时间坐标图 (冷却曲线) 研究合金结晶时的能量消耗, 并建立合金机械性能和缩松倾向与能量消耗之间的关系, 则可确定铝合金的性能。

图 17 为铝和铝硅合金的冷却曲线, I 为纯铝的冷却曲线, III 为共晶铝硅合金的冷却曲线, II 介于两者之间。图中面积 1 表示液相向固相转变时的能量消耗, 面积 2 为形核和长大的能量消耗, 面积 3 为晶核长大

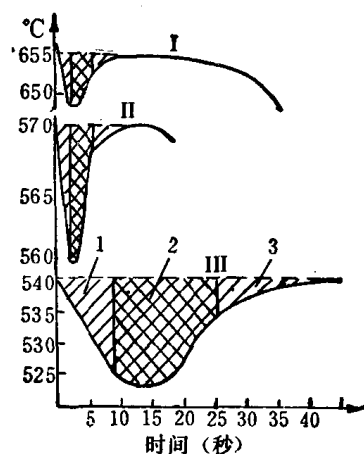


图 17 冷却曲线

时的能量消耗。

据此研究, 铝活塞 AK10M2H 合金具有较大的过冷度, 结晶开始时为 $10\sim 12^\circ\text{C}$, 共晶结晶为 $15\sim 20^\circ\text{C}$ 。加入 0.3% 六氯乙烷精炼处理后, 由于过冷作用, 可使 α 相细化约 2 倍, 而静置 30~35 分钟后效果消失, 比不加六氯乙烷处理的机械性能还低。根据金相分析, 这种合金具有大量的非金属夹杂物。

根据非金属夹杂物的含量和气孔的形成, 可建立孔隙度与能量消耗之间的关系 (图 18), 从而建立铝和铝硅合金的机械性能与能量消耗之间的关系。显微结构分析表明, 随着析出 α 相和共晶结晶时能量消耗的增加, 区域 2 的轴线间距离缩小, 而铝硅合金共晶组织的弥散度增加。关于形成缩松的典型倾向, 也可在冷却速度恒定的条件下, 考虑到非金属夹杂物与气体在合金结晶过程中的作用, 建立其与能量消耗之间的数量关系。

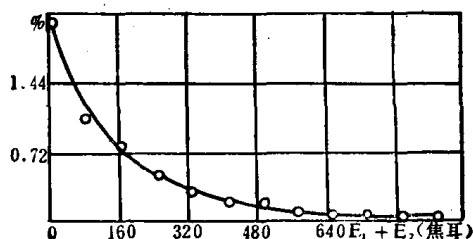


图 18 孔隙度与结晶能耗间的关系

用热分析方法确定铸造铝合金性能的工作, 国外尚处于研究阶段, 然而热分析法是以

数据为基础来测定铝合金液性能的,因此,可以预见它将是一种有效的方法。

2. 预测铝合金的铸造性能和热裂倾向

(1) 铝合金的凝固特性

图 19 为用热分析法测得的 G-

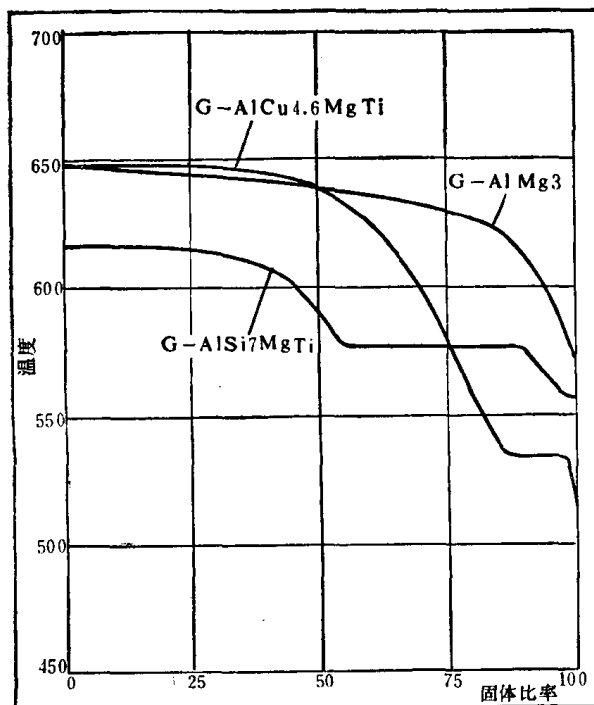


图 19 合金凝固曲线

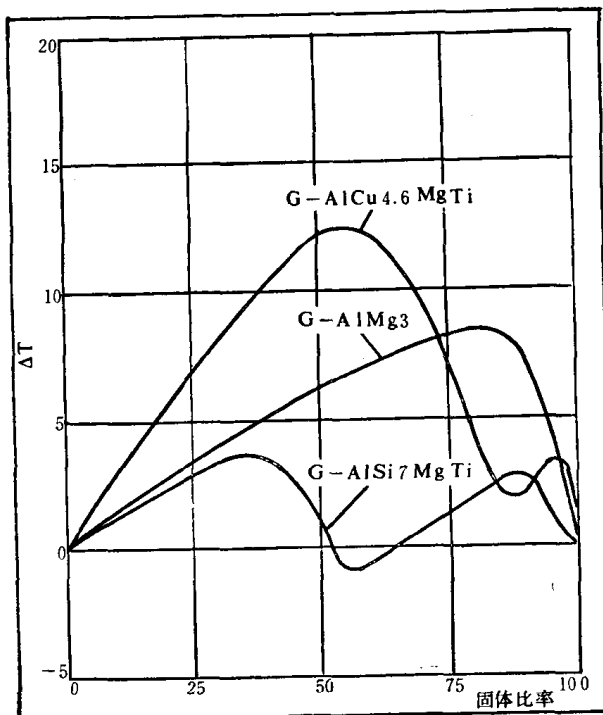


图 20 合金凝固时的差热曲线

AlSi7MgTi, G-AlCu4.6MgTi 和 G-AlMg3 铸造铝合金的凝固曲线。合金的理论成分和实际成分见表 3, 表 4 为热分析法测得的这三种合金的凝固范围。

根据图 19 和图 20 并对照合金金相组织分析,可对上述合金的凝固特性作如下分析。

表 3 合金理论成分和实际成分

	G-AlSi7MgTi		G-AlCu4.6MgTi		G-AlMg3	
	理论(%)	实际(%)	理论(%)	实际(%)	理论(%)	实际(%)
Cu	—	—	4.6	4.55	—	—
Fe	—	0.14	—	0.11	—	0.20
Si	7	7.10	—	0.01	—	0.09
Mg	0.3	0.32	0.25	0.31	3	2.86
Mn	—	—	—	—	0.3	0.27
Zn	—	—	—	—	—	—
Ti	0.15	0.13	0.15	0.12	—	—

表 4 合金的凝固范围

合 金	凝固开始温度(°C)	凝固开始温度(°C)	ΔT (°C)
G-AlSi7MgTi	616	556	60
G-AlCu4.6MgTi	647	510	137
G-AlMg3	648	571	77

a) G-AlSi7MgTi 合金

该合金的冷却曲线有三个拐点,即 616°C, 577°C, 556°C。616°C 开始凝固,首先析出 α (Al) 树枝晶, 577°C 时温度出现停留,大量析出 Al-Si 二元共晶;最后 556°C 合金凝固终了,析出一定数量的 α (Al)- Mg_2Si -Si 三元共晶。对照图 19 凝固曲线,合金凝固初期仅析出 α (Al) 固溶体,析出量在初期冷却的 40°C 范围内为 55%,到 577°C 时,析出 Al-Si 二元共晶,合金凝固量达到 90% 左右,最后剩下的 10% 液相,约在 20°C 的范围内凝固,析出 α (Al)- Mg_2Si -Si 三元共晶。

b) G-AlCu4.6MgTi 合金

该合金的冷却曲线有三个拐点,分别为 647°C, 535°C 和 510°C。647°C 合金开始凝固,析出 α (Al) 固溶体, 535°C 析出 α (Al)- $CuAl_2$ 二元共晶, 510°C 凝固终了析出 α (Al)- $CuAl_2$ - $CuMgAl_2$ 三元共晶。对照图 19 凝固

曲线,合金在初期冷却的 10°C 范围内,析出 $\alpha(\text{Al})$ 相约 50%,然后再以很大的过冷 ($\sim 100^\circ\text{C}$),使固相达到 85%,完成 $\alpha(\text{Al})$ 固溶体的析出。在 535°C 析出 $\alpha(\text{Al})\text{-CuAl}_2$ 二元共晶,使凝固量达到约 98%。最后剩下 2% 的液相,在约 25°C 范围内凝固,析出 $\alpha(\text{Al})\text{-CuAl}_2\text{-CuMgAl}_2$ 三元共晶。

c) G-AlMg3 合金

该合金结晶冷却曲线也有三个拐点,第一个拐点 648°C,开始析出 α 固溶体,其次 604°C 开始析出 $\alpha(\text{AlFeMnSi})$ 相,最后在 571°C 凝固终了析出 Mg_2Si 相。对照图 19 凝固曲线,合金在初期冷却的 25°C 范围内,已大部分凝固 ($\sim 85\%$),而且几乎全部为 $\alpha(\text{Al})$ 固溶体。而剩下的 15% 液相,在大约 55°C 的温度范围内析出 $\alpha(\text{AlFeMnSi})$ 和 Mg_2Si 相。

(2) 合金凝固差热曲线

图 20 为三种合金的凝固差热曲线,表明了 G-AlCu4.6MgTi 合金凝固曲线与理论曲线的偏差最大,预示其产生铸造缺陷的可能性最大,而 G-AlSi7MgTi 合金偏差最小,则预示产生缺陷的可能性最小。

G-AlCu4.6MgTi 和 G-AlMg3 合金,由于初生相大量快速析出,使剩余液相过饱和,从而增加了偏析倾向。而 G-AlSi7MgTi 合金则没有偏析倾向,因为其初生相的析出使液相达到共晶成分,随之析出 Al-Si 二元共晶,所以不会使液相达到饱和。同样, G-AlCu4.6MgTi 和 G-AlMg3 的缩松倾向也比较大,因为粗大的树枝状晶和快速凝固,使合金存有少量的液相在最后凝固,由于固相体积收缩而得不到剩余液相的补缩,故而引

起显微缩松。

由此可知,合金的铸造性能和凝固特性是互相联系的。

3. 预测铝合金的热裂倾向

当固相率较高时将增加收缩应力,因此热裂倾向大。相反,最后凝固时若有较多的共晶液相,则降低热裂倾向。而固相和液相率相等时,在收缩应力相同的情况下,影响裂纹产生的程度则取决于合金的热抗拉性能。因此,可用两相偏离平衡位置的偏差和材料的热抗拉强度导出热裂指数 FR :

$$FR = \frac{(\Delta T_{pos})_{\max} \cdot S^+ - (\Delta T_{neg})_{\max} \cdot S^-}{R_{mc}}$$

式中: $(\Delta T_{pos})_{\max}$ ——固相的最大正偏差;

S^+ ——相应 $(\Delta T_{pos})_{\max}$ 的固相百分率;

$(\Delta T_{neg})_{\max}$ ——液相最大的负偏差;

S^- ——相应 $(\Delta T_{neg})_{\max}$ 的固相百分率;

R_{mc} ——材料的热抗拉强度 (公斤/毫米²) (一般取 370°C 温度下的数据)

应用此公式计算的热裂指数 FR 和 Tatur 提出的星形铸件测得的实验数据相符。G-AlCu4.6MgTi 的热裂倾向最大, G-AlMg3 次之, G-AlSi7MgTi 最小。

表 5 热裂指数 FR

合 金	理论计算值	Tatur 数 值 (浇注温度 750°C)
G-AlSi7MgTi	0.69	0
G-AlCu4.6MgTi	3.89	2.05
G-AlMg3	1.90	1.65

顾煥玉 徐君文编译

利用检测技术防止铸造缺陷的方法

[日本] 中村元志 山本善章

一、绪 言

虽然在日常的铸造生产中碰到的铸造缺陷有很多种类和分支,但由于现在的铸造领域分得比较细,所以我们经常接触的铸造缺陷种类并不太多。表1列出了发生在汽车铸件中的铸造缺陷。由表可见,虽然缺陷的种类很多。但气孔、缩孔、夹砂(渣)、浇不足、落砂(型芯折断)五种缺陷占总数的90%。因此,如果能知道这五种缺陷的发生原因,并正确地控制它,则汽车铸件中发生的铸造缺陷就可以大幅度减少。但由于铸造生产是把高温的金属液浇入密闭的铸型中,因此,要直接测量有困难,故用小型试验进行模拟。就已有的试验方法和防止方法来说,往往与减少铸造废品率很少有直接联系。

表1 汽车铸件中经常发生的铸造缺陷(铸铁)

缺 陷 名 称	汽 车 用 汽 缸 体	普通汽车用铸件*
气孔	40%	39%
缩孔	5%	17%
夹砂(渣)	20%	15%
浇不足(表面皱纹、冷隔)	5%	5%
落砂、型芯废品(漏箱)	20%	10%
其它(翘曲、裂缝、损伤、压崩等)	10%	14%

* 这是很多汽车零件铸造工厂在中型铸件上发生的铸造缺陷的一种分类。

近年来,由于各种计测技术和计算机处理技术的显著进步,以前在铸型中浇注金属时要测定铸型内金属液的特性、铸型特性、凝固特性等被认为困难的事,现已成为可能。由此,研制了各种计测仪器,并研究用这些仪器

来防止铸造缺陷的办法,从而有可能减少缺陷而显著地提高效果。下面,以气孔、浇不足、缩孔为例进行说明。

二、气 孔 缺 陷

铸件中产生气体缺陷有种种原因,但象汽车铸件那样大多用壳芯的铸件,其产生的气孔,往往只发生在由铸型形状所决定的某一个特定位置,而且具有良好的重现性。因此,为了直接测定浇注时从铸型的该部位发生的气体压力,弄清发生气孔的准确部位,并研究局部区域内减少气压的办法,制作了铸型内气压计。

铸型内气压计

图1所示为半导体薄膜式气压计的结构。该仪器外形尺寸为 $\phi 30 \times 30$ 毫米,重30克,体积小、重量轻,检测压力范围为0~0.1公斤/厘米²,灵敏度为0.001公斤/厘米²。它不仅灵敏度高,而且很少受温度的影响,所以能很好地追踪浇注中发生的微小气压,同时

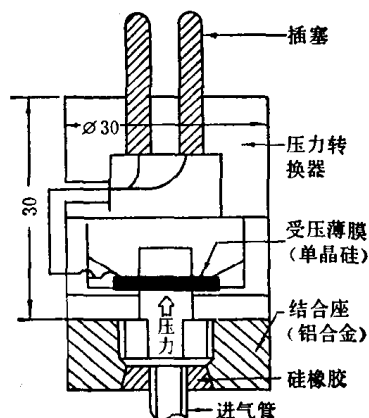


图1 气压计的结构