



钢火花鉴别

42.1



钢 火 花 鉴 别

杨 文 星 著

海 科 学 技 术 文 献 出 版 社

钢火花鉴别

杨文星 著

*

上海科学技术文献出版社出版发行
(上海市武康路2号)

新华书店经销 常熟文化印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 6.875 字数 157,000

1987年10月第1版 1987年10月第1次印刷

印数: 1—4,000

统一书号: ISBN 7-80513-054-X/T·30

定价: 3.40 元

•科技新书目• 150—298

前 言

我会杨文星工程师积三十余年火花鉴别钢材的实际经验，写成《钢火花鉴别》一书。全书从普通碳素钢到常用合金钢对火花生成的形象、特征、辨异法等作了详细的论述，并辅以大量图象说明。同时，作者对火花生成的机理也作了有益的探讨。

在机械制造和冶金等行业中，都必须对钢铁零件、材料进行热处理，以提高其机械性能。热处理工艺参数的确定，主要是依据钢的成分，可见检测钢的化学成分对热处理工作者是极为重要的。火花鉴别钢种具有设备简单，操作便利等许多无比的优越性，对尚未配备其他科学分析手段的广大乡镇企业来说，则显得格外适用。

从事钢火花鉴别的研究者和学者在国内外并不多见。作者对钢火花鉴别具有三十余年丰富实践经验的工人出身的科技人员，长期来直至1981年退休，在上海机电工业局从事钢材质量检验工作，在许多单位举办的钢材火花鉴别培训班讲课，培养了大批的钢材火花鉴别工作者，为报废和混淆钢材起死回生，减少国家经济损失以及保证产品质量发挥了较大作用。本书的出版，定能对从事该项工作和需要学习了解该技术的读者有所裨益。

我会对本书的编写组织多次讨论，蔡习传高级工程师、张琦、蒋长春、陈时雍工程师对全书进行了认真细致的审校，并作了修改。但限于水平，错误之处在所难免，敬希读者批评指正。

上海市金属学会热处理学术委员会

1986.10

目 录

绪 论	1
第一章 钢火花鉴别的基本知识	3
一、火花的组成和名称介绍	3
1. 流线	3
2. 爆花	4
2.1 芒线	
2.2 特征形状	
二、火花工作需用的设备和注意事项	10
1. 需用设备	10
2. 工作时注意事项	11
第二章 火花形成与变化	14
一、火花的形成与变化因素	14
二、流线	24
1. 流线的粗度和悬殊度变化	26
2. 流线上呈现的特征	27
2.1 枪尖尾花	
2.2 狐尾尾花	
2.3 节点与苞花	
三、爆花的发生和变化	35
1. 爆花形态与变化	37
2. 爆花中芒线的形象变化	38
3. 爆裂强度的变化	40
四、色泽变化	42

第三章 碳素镇静钢火花——基准火花	46
一、05号~20号碳素钢火花	46
二、25号~35号碳素钢火花	47
三、40号~50号碳素钢火花	55
四、高碳钢火花	56
五、估定碳素钢含碳量的简捷方法	64
第四章 碳素沸腾钢火花	68
第五章 合金钢火花	73
一、铬钢的火花形象	73
1. 低铬合金钢的火花特征与特性	73
1.1 合金结构钢 20Cr 火花形象	1.2 合金结构钢 40Cr 火花形象
1.3 滚珠轴承钢 GCr15 火花形象	
2. 中铬合金钢的火花特征与特性	79
2.1 耐热合金钢 Cr5Mo 火花形象	2.2 合金工具钢 7X3 (苏) 火花形象
2.3 合金工具钢 Cr6WV 火花形象	
3. 高铬合金钢火花的特征与特性	90
3.1 不锈钢 1Cr13、2Cr13、3Cr13、4Cr13 的火花形象	
3.2 不锈钢 9Cr18 火花形象	3.3 高铬钢火花中的“复苏”现象
二、锰钢的火花	101
1. 珠光体锰钢类火花	102
1.1 合金结构钢 20Mn2、40Mn2 和弹簧钢 65Mn 的火花形象	
1.2 各种合金元素对珠光体锰钢火花影响	
2. 含锰量较高的奥氏体锰钢火花	115
2.1 经水淬韧化处理的高碳奥氏体锰钢火花	2.2 低碳高锰奥氏体钢火花
三、硅钢和多元硅合金钢火花	118
1. 硅钢火花	119
1.1 电工用钢 D21 与 D41 火花形象	
2. 在多元合金钢火花中硅的特性	120

- 2.1 低合金钢 12MoAlV 火花形象
- 2.2 合金结构钢 30SiMn2MoV 火花形象
- 2.3 合金工具钢 9SiCr 火花形象
- 2.4 滚珠轴承钢 GCr15SiMn 火花形象

四、镍铬系合金钢火花126

- 1. 合金结构钢 20CrNi3 火花形象129
- 2. 合金结构钢 40 CrNi 火花形象.....131
- 3. 合金结构钢 25 Cr2Ni4W 火花形象.....132
- 4. 合金结构钢 40 CrNiMo 火花形象134
- 5. 合金工具钢 5CrNiMo 火花形象136
- 6. 马氏体耐热钢 H12XΓ (苏)火花形象138
- 7. 不锈钢 1Cr18Ni 9Ti 火花形象139
- 8. 不锈钢 2 Cr18Ni9 火花形象.....141
- 9. 耐酸耐热不锈钢 Cr18Ni12Mo2Ti 火花形象.....143
- 10. 耐热不锈钢 4Cr14Ni14W2Mo 火花形象144

五、钼多元合金钢火花148

- 1. 合金结构钢 15 CrMo 火花形象149
- 2. 合金结构钢 42 CrMo 和 38 CrMoAl 火花形象 ...152
- 3. 钼钨高速工具钢 M1 (美国)火花形象.....154
- 4. 含钴的高钼低钨高速工具钢 M42 火花形象155

六、钨多元合金钢火花157

- 1. 低合金耐热钢 5H578 (苏)火花形象160
- 2. 含钨 0.50% 的 45 号碳素结构钢火花形象.....161
- 3. 合金工具钢 W2 火花形象.....162
- 4. 合金工具钢 CrWMn 火花形象.....163
- 5. 合金工具钢 CrW5 火花形象.....165
- 6. 合金工具钢 3Cr2W8V 火花形象.....165
- 7. 高速工具钢 W9Cr4V2 火花形象.....167

8. 钨钼高速钢 W6Mo5Cr4V2 火花形象	167
9. 含 Co 的钨钼高速钢 M41 (美)火花形象	168
10. 钨高速工具钢 W18Cr4V 火花形象	169
七、Al、Ti、V、Nb、Co 等元素的火花特性	173
第六章 预测火花	176
第七章 剖析火花	186
第八章 分辨混钢	198
附 录	201
Ni、Mn、Cr、Mo 点试法	201
电移点滴法	203
钴的检出法	206
铝的检出法	207
钒的检出法	208
钛的检出法	209
钨的检出法	209
参考文献	210

绪 论

钢铁是工业的主要材料,在机械制造与热处理过程中,鉴别钢种、估定钢号有着重要意义。这对保证产品质量起着一定作用。

鉴别钢种的方法有化学与物理两大类。火花法是物理鉴定法的一种常用方法。它具有简便、快速与设备简单等许多优点。

用火花法对钢中的元素与含量的估定精度是随着工作者熟练程度与认识深度而异。一个熟练工作人员对碳素钢的含碳量评定精度误差可达 $\pm 0.05\%$, 对合金元素的含量评定精度是按合金成分含量多少而异, 一般含合金元素 5.0% 左右的低合金钢的评定误差约为 $0.50\sim 1.00\%$ 。

能用火花法鉴别出来的合金元素有: C、Mn、Si、Cr、Ni、W、Mo 等, 现今又发现了 Al、V、Ti、Cu、Co、P 等元素在火花上具有的一些特性, 但仍未发现它们在火花形象中出现有明显的特征。在本书中虽然揭示了它们的一些特性——多数仅反映在爆花形象和色泽方面的干扰与变化, 仍未能整理出比较完整的火花变化轨迹。

钢铁火花实质上是钢铁微粒在短暂快速运行过程中瞬间呈现的激烈氧化自燃的迹象。它的氧化反应的热源来自砂轮与钢铁基体的磨擦, 而火花的热量(色泽变化)则产自微粒的氧化。

在火花形成过程中, 同时存在着繁复的物理与化学反应, 因为钢铁微粒自室温趋向高温期间, 钢铁的微粒组织结构有相变—— $\alpha \rightarrow \gamma$ 、有体积变化; 在氧化反应期间有放热和吸热效应; 在

形成不同氧化物时,由于形成氧化物的形态不同——固态、液态和气态,在同一体中共存时会产生力的作用……等等。再一方面,钢铁微粒的体积和形态的差别;钢铁微粒的运动速度和行程的差异;钢铁基体的组织结构、物理和化学性能的不同,都与钢铁微粒的氧化速度和氧化程度密切相关。从而可知,任何因素的变化,在火花形象上必然有所反映。所以呈现的一切火花形象都是处于介稳定状态。不论任何一个影响因素发生变化,都能导致火花形象发生变化。只要我们掌握了火花变化规律的因素,火花形态多变问题就不难找到答案了。

总之,识别火花的关键是要通过熟练、勤炼来锻炼视觉与识别能力。用火花法鉴别钢铁时,最好用光谱或点滴法作为辅助验证手段,防止差错。

第一章 钢火花鉴别的基本知识

一、火花的组成和名称介绍

火花通常是由带光、色的流线和爆花组成。人们习惯地通过对它的色泽和形状特征来描绘叙述它。

为了便于叙述火花的形象，将火花分成三段——首端、中段与根端。首端有时称为前端，根端有时称为末端(见图 1-1)。

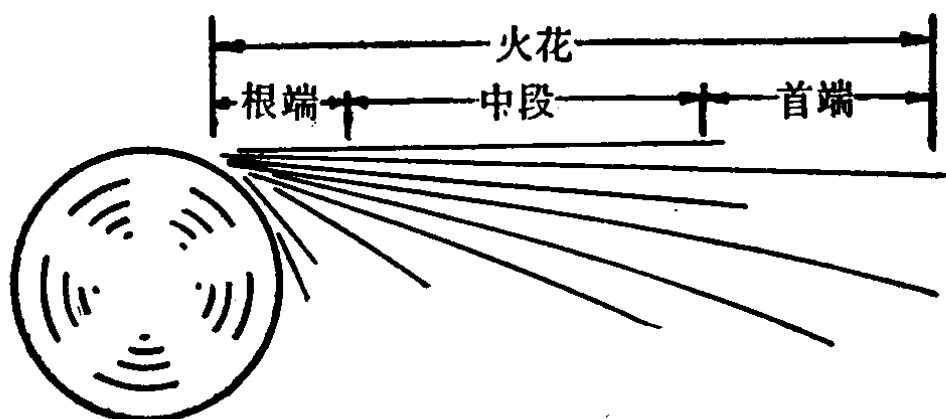


图 1-1 火花形象图

1. 流线

它是线条状的亮体，它的形成是由于带有高温的钢铁微粒(一颗)，作激烈回转运动向前推进时在光参与速度作用下的产物。它的形象，在火花中基本上可分为：

- a. 直线流线 它具有长条线条状的光迹
- b. 断续流线 它的形象是断续而不连接的色泽比较红暗的线条。
- c. 波状流线 它的形象成波浪状，色红暗。在一般火花

中波状流线是不常见的,仅在某种少数的高合金钢的火花中,偶而间杂有一、两条波状流线(见图 1-2)。

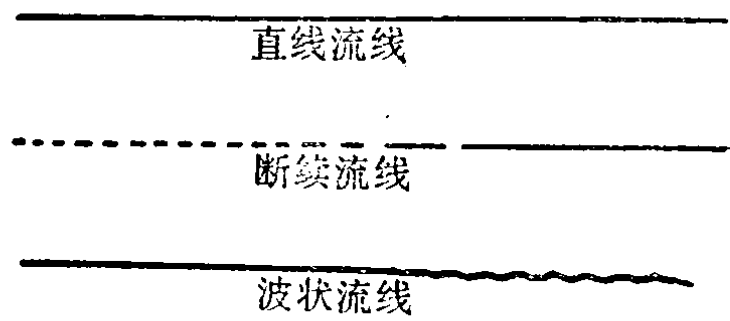


图 1-2 流线形象

2. 爆花

它是在流线首端或首中段部位呈现的一种爆裂现象。它是钢铁微粒在运行氧化过程中,钢铁微粒中的 C 与微粒外层氧化物(FeO) 进行置换氧化反应,使微粒体内生成 CO 而引起力的作用,粉碎微粒外逸时的火花形象。因此通常称它为碳爆花。(实质上可见体是钢铁微粒被粉碎的残骸,不是 CO)

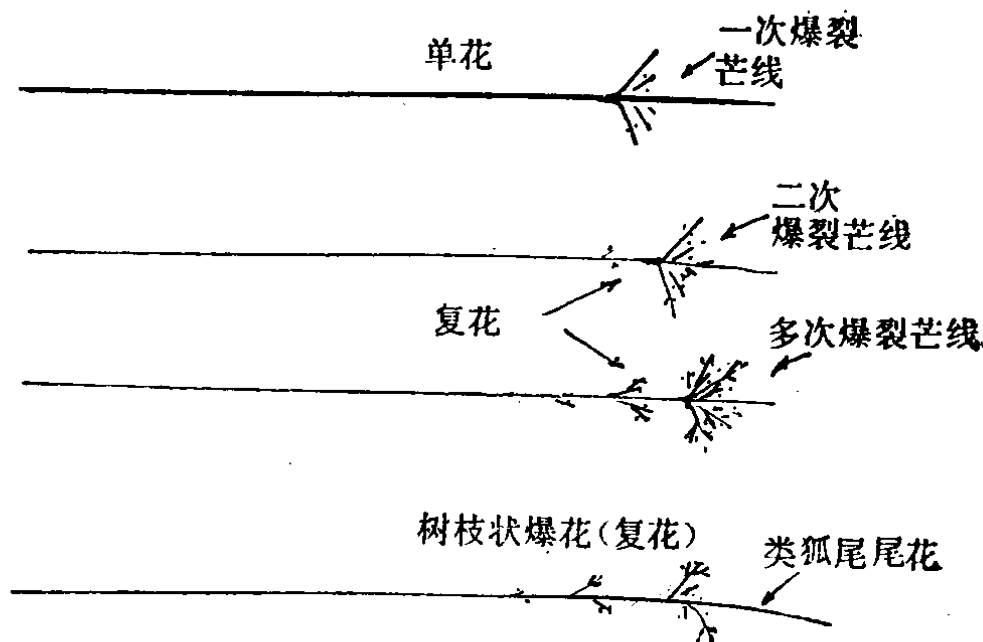


图 1-3 爆花形象

爆花的形象繁多，通常根据一条流线上的爆花数量可分成单花和复花。单花是一条流线上只有一次爆裂的爆花形象；复花是在一条流线上呈现有一次以上爆裂的爆花形象(见图1-3)。

为了便于鉴别，根据爆花的形象特征，将爆花分为两类：

a. 硅铝型爆花形象 它具有芒线稀、细而长的特点(低碳时)；当钢铁基体中含碳量递增时，它的爆花芒线相应趋向短、稀、细。当钢铁基体含碳量稍高时，硅铝型爆花通常呈现出枯树枝状(图1-4)。

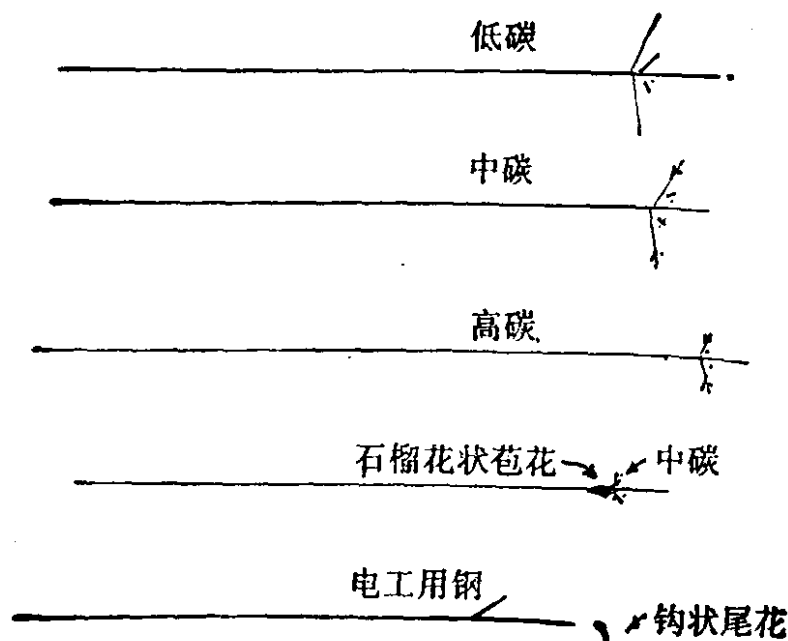


图 1-4 硅铝型爆花形象

硅铝型爆花形象是由硅或铝起主导作用时的爆花形象，亦标志着钢的基体中含有适量硅或铝的征象。

b. 碳化物型爆花形象 它具有芒线众多、芒线比较集中和花型较完整的特征，它的爆花芒线量是随着碳浓度而相应递增的(见图1-5)。

这种类型的呈现反映了火花是由碳化物元素起主导地位。根据碳化物型爆花中的芒线种类的不同，常可作为鉴别不同碳

化物元素的一个依据，并可利用其芒线数量与形态的变化程度来推测元素的含量。

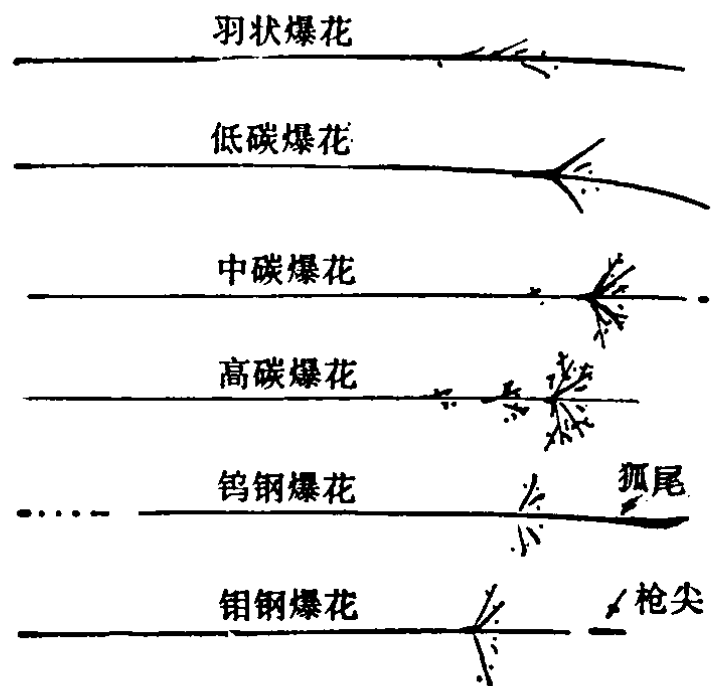


图 1-5 碳化物型爆花和尾花

2.1 芒线

芒线是爆花的主要组成，爆花是许多芒线的集合体。它有形象差异。它的形象变化与钢材基体中碳浓度和合金种类与浓度有密切关系。芒线数量和芒线上爆裂次数的增加，都是标志钢铁微粒中固溶碳浓度的增加；芒线的形象不同，是标志各种合金元素的一种形象。

芒线有一次、两次、多次(两次以上)爆裂。爆裂次数的变化，既能反映碳浓度的变化，亦可认为是钢中微粒氧化程度反映的一个方面(参阅图 1-3)。

芒线的类型可分为三种：

第一种类型的芒线是介稳定碳化物元素(Fe、Mn、Cr)存在时在火花中起主导地位时的爆花迹象。它的形象是爆核部位粗，前部尖细。

第二种类型的芒线是稳定碳化物 (Mo、V、Ti)元素或 Si 和 Al 存有时的一种爆花芒线形象。它的形状是芒线比较细而均匀(较第一种类型芒线细、匀)。

第三种类型的芒线是钢铁基体中含有钨时的一种爆花中的芒线形象)迄今尚未见到在其他品种钢火花中存有这种芒线,故常作鉴定钨存在的一种依据。它的芒线形象是近爆核部位细而隐,芒线前端粗而明(见图 1-6)。

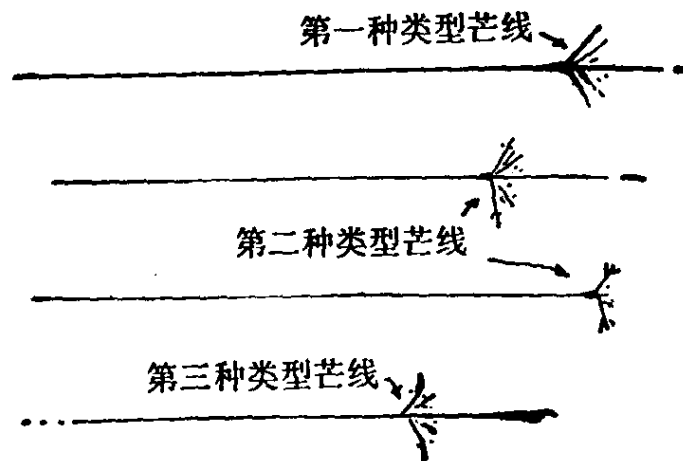


图 1-6 三种不同类型的芒线

2.2 特征形状

特征是火花中呈现一种特殊形象,以往常以此作为某种元素存在时在火花中的一种火花形象。

火花中常见的特征火花有:“枪尖尾花”、“狐尾尾花”、“节点”、“苞花”和“蓝白色闪点”等不同的形状。这些特征多数呈现在流线的前端和首中部位,然蓝白色闪点却是呈现在爆花间。特征虽然是某些合金元素存在时呈现的一种火花形象,但是切不可认作为某些合金元素的火花征象。因为特征的发生和变化有它的特定条件,是一种在特定条件下所引起的流线形象畸变的结果。

2.2.1 枪尖尾花(参阅图 1-5);一般资料介绍“枪尖尾花”是钼元素在钢火花中的特征。但现今表明,“枪尖尾花”不是钼元素在火花中专有的征象,许多不含有钼元素的钢火花中亦时有“枪尖尾花”;而有些含有钼元素钢火花中却看不到“枪尖尾花”。所以“枪尖尾花”只是在一部分含有钼的钢火花中呈现的现象。

“枪尖尾花”的形象有时会发生畸变:如电工用钢 D31、D41 的火花中的“钩状尾花”(见图 1-4)其形态近似“枪尖尾花”。

“枪尖尾花”的发生和清晰程度常与钢铁的含碳量和火花明亮度的变化有紧密的关系。

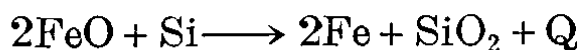
2.2.2 狐尾尾花(参阅图 1-5):“狐尾尾花”常认为是钢中钨元素的火花特征。“狐尾尾花”位处于流线的首端,其亮度与粗度一般较流线部位明亮和粗。“狐尾尾花”的数量及其长度变化与钢中的钨含量成反比关系;“狐尾尾花”的清晰程度和火花的光色亮度及钢中的碳浓度有着密切的关系。“狐尾尾花”有时会有扭摆现象呈现,这是反映其时钢中共存有一定数量的铬元素。

“狐尾尾花”在一般情况下,介稳定碳化物元素和与铁形成固溶体(α)的元素(如 Mn、Cr、Ni、Si、Al 等)对它的形态影响均不明显;然而钢中的碳浓度变化,对其形态有较明显的影响;强碳化物元素 Mo、V 对“狐尾尾花”的形态具有干扰作用,甚至会使“狐尾尾花”发生畸变。

在含碳量较高并共存有少量强碳化物元素(Mo、Ti、V...等)时钢的火花首端,亦时会呈现出类似“狐尾尾花”的尾花(后称其为类狐尾尾花)。

2.2.3 节点与苞花:“节点”和“苞花”通常认为它们是硅和镍的火花特征。

“节点”是硅氧化时生成热在流线中形成的一种明亮的光点形象。它在火花中常呈现在爆花的爆核附近，仿若有与爆核连结在一起的现象。它的形体大小与钢基体中的碳含量有联系。若钢的微粒中形成的 FeO 不能满足：



反应时，火花中的节点光色、形体就会发生变化——趋向衰减和形体缩小，畸变成“苞花”形象。所以钢基体的化学成分变化和抗氧能量的变化，都会影响“节点”的形象，甚至使之消失。

“苞花”有不同形象，如腰鼓形，故常以“鼓肚苞花”名之；有的呈一短小的粗划形状，故名以“粗划苞花”；这两种苞花形象，一般认为是镍的火花特征。“鼓肚苞花”的形体大于“粗划苞花”，而前者的镍含量却小于后者，由此可以看出钢中镍量的递增会引起苞花形体收缩，甚至会促使苞花形象消失。苞花处于爆核之后，与爆核有一短小的间距。

另有两种苞花，一种形若石榴花，故名为“石榴花状苞花”；另一种形若苍耳草果实，故名以“苍耳草果实形苞草”（简称苍耳草形苞花）。这两种苞花的形象实际上是畸变的节点和爆花连结在一起形成的形象（前者是 4Cr9Si2 钢火花中的苞花，后者是 4Cr10Si2Mo 钢火花中的苞花，前者形体大于后者。从中可以推想到钢铁基体的抗氧能力递增，会影响苞花的形体收缩。所以这两种苞花是高铬和硅共存时的特征）。

一般情况下“节点和苞花”呈现的位置都在爆花后面，然钢铁中若含有钨，它们呈现的位置就会移到爆花前面的尾花部位以一亮点的形态出现；或成蓝白色闪点呈现在爆花芒线之中（以后简称节点或苞花的位移）。图 1-7 是节点与苞花的形象。

2.2.4 花粉：花粉以往常视作铬和锰的一种火花特征，实际上许多含有铬和锰的钢火花中是见不到这种特征。只有在含