



金屬材料大圖增

金属材料火花图谱

JINSHU CAILIAO HUOHUA TUPU

周南兴
陈同心 合著
陈国忠

江苏科学技术出版社

金属材料火花图谱

周南兴

陈同心 合著

陈国忠

出版：江苏科学技术出版社

发行：江苏省新华书店

印刷：江苏新华印刷厂

开本787×1092毫米 1/16 印张15.75 插页2

1985年7月第1版 1985年7月第1次印刷

印数1—2,700册

书号：15196.148 定价：(平)4.90元

责任编辑 高志一

前言

火花分析法，是鉴定金属材料牌号和分析其化学成分的一种简便、快速、有效的方法。近数十年以来，各国专家与科学家对它给予了高度的评价，肯定其在实际生产和科研工作中所起的巨大作用。笔者曾在1957年编著《钢的现场火花检查法》一书，受到各工矿企业从事金属材料的工人、工程技术人员的普遍欢迎，但由于该书篇幅小，仅限于部分钢号的火花图，因此远远不能满足广大读者的需要。

这次江苏省无线电科学研究所陈同心、无锡柴油机厂陈国忠和我三人，化了几十多年的时间，系统总结了几十年来对金属材料的火花理论研究和实际工作经验，共同著作《金属材料火花图谱》一书与广大读者见面。

图谱共分三个部分。第一部分为火花图的基础知识，对金属元素在火花图中的基本特征作了详细介绍，并系统完整地分析金属材料在各种元素影响下所形成的流线、基础爆花、碎花、芒线、节点、花粉等。第二部分为钢的火花图，第三部分为铁和有色金属火花图。这两部分按照中华人民共和国冶金工业部部颁标准，共列出427种金属材料的火花图，图旁附有较详细的文字说明，这样基本上可满足钢铁、冶金、机械、科研等部门的火花分析法的要求。

此图谱系江苏省无线电科学研究所重要科研项目。曾得到无锡市机械工业局、无锡市科学技术委员会 江苏省电子工业厅等单位的大力支持。无锡集装箱厂周志强，无锡光学仪器制造厂副总工程师邝永兆，江苏省无锡市汽车联运公司周云，无锡市汽车运输公司陈廷梁，无锡量具刃具厂顾兴棋，无锡印染厂吴仲兴，无锡轴承厂戴根兴，无锡纺织机械厂化验室章梅珍、徐月英、徐荣娟、莫炳仙、吴杏珍，无锡焦化厂朱怡亮，无锡铸造厂吴仲源，上海机床厂茅建寅，无锡探矿机械厂王耀良，南京七四二五厂毕立忠，无锡第二合成纤维厂周志刚，商业部无锡粮食机械厂莫仲贤，无锡机床厂质量检验科领导及万耀栋、王洪涛、蔡荣如、张耀良、王国良等同志均给予了热情帮助，特别是八旬老人姚文珍对此书付出了辛勤劳动，在此一并表示衷心感谢。

周药兴

1983年12月

一九八三年十二月

目 录

第一部分 火花图的基础知识

一、概论	1
二、各种元素对火花的影响	3
1. 助长爆裂火花元素	3
2. 抑制爆裂火花元素	3
三、火花图的流线	4
1. 平直流线类型图	4
(1) 平直单线长、短示意图	4
(2) 平直单线粗、细示意图	4
(3) 平直单线形态示意图	5
2. 断续流线类型图	5
(1) 断续单线长、短示意图	5
(2) 断续单线粗、细示意图	6
(3) 断续单线形态示意图	6
(4) 断续单线显明部位示意图	7
3. 波浪流线类型图	7
(1) 波浪单线长、短示意图	7
(2) 波浪单线粗、细示意图	8
(3) 波浪单线形态示意图	8
(4) 波浪单线显明部位示意图	9
4. 螺旋流线类型图	9
(1) 螺旋单线长、短示意图	9
(2) 螺旋单线粗、细示意图	9
(3) 螺旋单线形态示意图	10
(4) 螺旋单线显明部位示意图	10
5. 不规则流线类型图	11
(1) 近似平直状流线形式的不规律单线示意图	11
(2) 近似断续状流线形式的不规律单线示意图	11
(3) 近似螺旋状流线形式的不规律单线示意图	12
(4) 近似波浪状流线形式的不规律单线示意图	12
四、火花图的节点	13
1. 圆形节点单线火花图	13

2. 棱形节点单线火花图	13
3. 椭圆形节点单线火花图	14
4. 长形节点单线火花图	14
5. 鼓形节点单线火花图	15
6. 狐尾节点单线火花图	15
7. 点状狐尾节点单线火花图	15
8. 竹叶节点单线火花图	16
9. 穗形节点单线火花图	16
10. 勾形节点单线火花图	17
11. 枪尖节点单线火花图	17

五、火花图的芒线

1. 尖形芒线火花图	18
(1) 尖形芒线的一次爆裂火花图	18
(2) 尖形芒线的二次爆裂火花图	18
2. 挺直芒线火花图	19
(1) 挺直芒线的一次爆裂火花图	19
(2) 挺直芒线的二次爆裂火花图	19
3. 羽毛状芒线火花图	20
(1) 羽毛状芒线的一次爆裂火花图	20
(2) 羽毛状芒线的二次爆裂火花图	20
(3) 羽毛状芒线的三次爆裂火花图	20
4. 曲狐尾芒线火花图	21
(1) 曲狐尾芒线的一次爆裂火花图	21
(2) 曲狐尾芒线的二次爆裂火花图	21
5. 麦穗芒线火花图	22
(1) 麦穗芒线的一次爆裂火花图	22
(2) 麦穗芒线的二次爆裂火花图	22
6. 菊状芒线火花图	22
(1) 菊状芒线的一次爆裂火花图	22
(2) 菊状芒线的二次爆裂火花图	23
7. 短葱芒线火花图	23
(1) 短葱芒线的一次爆裂火花图	23
(2) 短葱芒线的二次爆裂火花图	24
8. 星形芒线火花图	24
(1) 星形芒线的一次爆裂火花图	24
(2) 星形芒线的二次爆裂火花图	25
(3) 星形芒线的三次爆裂火花图	25

六、火花图的花粉

1. 花粉粗、中、细、微粒的分布(单线示意图)	26
2. 花粉量多与少的分布(单线示意图)	26

3. 花粉聚结大型与小型的分布(单线示意图).....	27
七、火花图的碎花.....	28
1. 碎花的大型、小型散布示意图.....	28
2. 碎花的多量、少量散布示意图.....	28
八、火花图的爆花.....	29
1. 羽毛状爆花火花图.....	29
(1) 羽毛状爆花的一次爆裂火花图.....	29
(2) 羽毛状爆花的二次爆裂火花图.....	30
(3) 羽毛状爆花的三次爆裂火花图.....	30
2. 羽星状爆花火花图.....	30
(1) 羽星状爆花的一次爆裂火花图.....	30
(2) 羽星状爆花的二次爆裂火花图.....	31
(3) 羽星状爆花的三次爆裂火花图.....	31
3. 星形爆花火花图.....	32
(1) 星形爆花的一次爆裂火花图.....	32
(2) 星形爆花的二次爆裂火花图.....	33
(3) 星形爆花的三次爆裂火花图.....	33
(4) 星形爆花的三次爆裂变态火花图.....	34
4. 大星形爆花火花图.....	35
(1) 锰元素的单线火花图.....	35
(2) 锰碳元素的单线火花图.....	35
(3) 锰铬碳元素的单线火花图.....	37
(4) 锰硼碳元素的单线火花图.....	37
5. 菊星爆花火花图.....	39
(1) 铬碳元素的单线火花图.....	39
(2) 铬锰碳元素的单线火花图.....	40
(3) 铬硅锰碳元素的单线火花图.....	40
(4) 铬钒碳元素的单线火花图.....	41
(5) 钒碳元素单线火花图.....	41
(6) 钒锰碳元素的单线火花图.....	42
6. 喇叭形爆花火花图.....	42
(1) 硅碳元素的单线火花图.....	42
(2) 硅锰碳元素的单线火花图.....	43
(3) 硅铬碳元素的单线火花图.....	45
(4) 硅铬锰碳元素的单线火花图.....	45
(5) 硅钒铬碳元素的单线火花图.....	46
(6) 硅钒锰碳元素的单线火花图.....	47
7. 枝干状爆花火花图.....	47
(1) 铬碳元素的单线火花图.....	47
(2) 铬镍碳元素的单线火花图.....	48

(3) 铬锰镍碳元素的单线火花图	49
(4) 铬镍钛碳元素的单线火花图	49
(5) 铬钼碳元素的单线火花图	49
(6) 铬钛碳元素的单线火花图	49
(7) 铬镍铌碳元素的单线火花图	50
(8) 铬硅铝碳元素的单线火花图	50
(9) 铬镍锰钼钒铌碳元素的单线火花图	51
(10) 铝锰钼钨钛碳元素的单线火花图	51
(11) 铬镍铝碳元素的单线火花图	51
(12) 铬锰镍氮碳元素的单线火花图	51
8. 花苞爆花火花图	52
(1) 椭圆形花苞爆花的单线火花图	52
(2) 长形花苞爆花的单线火花图	52
(3) 竹叶状花苞爆花的单线火花图	53
(4) 线穗花苞爆花的单线火花图	53
9. 喇叭尾爆花火花图	54
(1) 铬硅碳元素共存的火花图	54
(2) 铬钨硅碳元素共存的火花图	55
(3) 钨铬硅钒碳元素共存的火花图	55
(4) 硅锰钨碳元素共存的火花图	55
10. 枪尖尾爆花火花图	56
(1) 钼碳元素含量不等的火花变态图	56
(2) 铬钼碳元素含量不等的火花变态图	56
(3) 铬钼钒碳元素含量不等的火花变态图	57
(4) 铬锰钼碳元素含量不等的单线火花图	58
(5) 铬硅钼碳元素含量不等的单线火花图	58
(6) 铬钼铝碳元素共存的单线火花图	59
(7) 四合金多元素含量不等的火花变态图	59
11. 麦穗尾爆花火花图	61
(1) 钼元素在高速工具钢中的影响	61
(2) 钢中钼、钨元素含量相等时的火花图	62
(3) 钢中钼元素高于钨元素时的火花图	62
(4) 钢中钼元素低于钨元素时的火花图	62
12. 狐尾爆花火花图	62
(1) 钨元素(低量)在钢中所呈狐尾爆花的特征	62
(2) 钨元素(高量)在钢中所呈狐尾爆花的特征	63
(3) 钨元素(较高量)在钢中所呈狐尾爆花的特征	63
(4) 钨碳元素共存的单线火花图	63
(5) 钨铬碳元素共存的单线火花图	64
(6) 钨铬钒碳元素共存的单线火花图	64

(7) 钨铬锰碳元素共存的单线火花图	65
(8) 钨铬硅钒碳元素共存的单线火花图	65
(9) 钨铬硅碳元素共存的单线火花图	66
(10) 钨铬锰钒碳元素共存的单线火花图	66
(11) 钨铬锰硅钒碳元素共存的单线火花图	67
(12) 钨铬钒钴碳元素共存的单线火花图	67
13. 点状狐尾爆花火花图	67
(1) 钨元素在钢中高含量时所呈点状狐尾爆花的特征	67
(2) 钨铬钒碳元素共存时所呈点状狐尾爆花的特征	67
(3) 钨铬钒钼碳元素共存时所呈点状狐尾爆花的特征	68
14. 穗勾尾爆花火花图	68
(1) 硅元素在钢中较高含量时所呈穗勾尾爆花	68
(2) 铬硅碳元素共存时所呈穗勾尾爆花	68

第二部分 钢的火花图

一、普通碳素钢的火花图	69
1. 普通碳素钢：甲类钢的火花图	69
2. 普通碳素钢：乙类钢的火花图	72
(1) 碱性平炉钢的火花图	72
(2) 侧吹碱性转炉钢的火花图	75
3. 普通碳素钢：特类钢的火花图	77
二、优质碳素结构钢的火花图	79
1. 优质碳素结构钢：普通含锰量钢的火花图	79
2. 优质碳素结构钢：较高含锰量钢的火花图	87
三、碳素工具钢的火花图	91
1. 优质碳素工具钢火花图	91
2. 高级优质碳素工具钢火花图	93
3. 不同碳素含量的火花形态变化曲线示意图	95
四、合金结构钢的火花图	96
1. 锰钢、硅锰钢、锰钒钢、硅锰钨钒钢的火花图	96
2. 铬钢、铬硅钢、铬锰钢、铬锰硅钢、铬钒钢、铬锰钛钢的火花图	102
3. 钼钢、铬钼钢、铬锰钼钢、铬钼钒钢、铬钼钢、铬钼铝钢的火花图	110
4. 硼钢、铬钼钨钒钢的火花图	119
5. 铬镍钢、铬镍钼钢、铬镍钼钒钢、铬镍钨钢的火花图	124
五、合金工具钢的火花图	130
1. 锰钢、锰钒钢、锰铬钨钒钢、锰硅钢的火花图	130
2. 硅锰钒钢、硅锰钨钢、硅锰钼钒钢、硅铬钢、硅铬钒钢的火花图	133
3. 铬钢、铬锰钢、铬锰钼钢、铬钨钒钢、铬锰硅钢、铬锰硅钨钒钢、铬钨钢、 铬钨钒钢、铬钨锰钢、铬钨硅钢、铬钼钒钢、铬钒钼钨钢、铬钼钢、铬钒	

钢、铬镍钼钢的火花图·····	136
4. 钨钢、钨铬硅钒钢、钨铬钒钢、钒钢的火花图·····	146
六、弹簧钢的火花图·····	151
1. 碳素弹簧钢的火花图·····	151
2. 合金弹簧钢的火花图·····	153
七、轴承钢的火花图·····	158
1. 铬轴承钢的火花图·····	158
2. 铬硅锰轴承钢的火花图·····	160
八、不锈钢耐酸钢的火花图·····	161
1. 不锈钢的火花图·····	161
2. 耐酸钢的火花图·····	165
九、耐热不起皮钢的火花图·····	173
1. 不起皮钢的火花图·····	173
2. 耐热钢的火花图·····	176
十、高速工具钢的火花图·····	181
十一、低合金高强度钢的火花图·····	184
十二、易切削结构钢的火花图·····	189
十三、锅炉钢的火花图·····	191
十四、合金结构薄钢板的火花图·····	194
十五、热轧中空钢的火花图·····	197
十六、焊条用钢丝的火花图·····	199
1. 碳素结构钢钢丝火花图·····	199
2. 合金结构钢钢丝火花图·····	201
3. 不锈钢钢丝火花图·····	205
十七、电工用硅钢、纯铁的火花图·····	212
1. 硅钢薄板火花图·····	212
2. 纯铁火花图·····	214

第三部分 铁与有色金属的火花图

一、生铁的火花图·····	217
1. 炼钢用生铁火花图·····	217
2. 铸造用生铁火花图·····	218
二、灰口铸铁的火花图·····	220
1. 普通铸铁火花图·····	220
2. 耐磨铸铁火花图·····	221
3. 球墨铸铁火花图·····	221
三、碳素铸钢的火花图·····	222
四、铁、碳、渗碳、脱碳、渗氮、铁合金的火花图·····	225
1. 纯铁火花图·····	225

2. 碳的火花图.....	226
3. 渗碳的火花图.....	226
4. 脱碳的火花图.....	227
5. 渗氮的火花图.....	227
6. 铁合金的火花图.....	228
五、有色金属的火花图.....	234
六、火花分析专用砂轮机及操作注意事项.....	238
1. 火花分析专用砂轮机.....	238
2. 火花分析操作注意事项.....	239

第一部分

火花图的基础知识

一、概 论

众所周知,当今鉴别和分析金属材料的方法,大体可分为化学分析法和物理分析法两大类。各种方式的化学分析法虽然精确,但必须具备高精度的分析仪器,对设备的要求高、投资大,并且程序多、时间长。物理分析法可分为音别法、目鉴法、宏观法、微观法、硬度法、波段法、火花法、磁场法等。最常见的是火花法,其特点是设备简单,操作方便,对金属牌号及其化学成分的鉴定分析速度快,准确性强,在临场分析中不必破坏试件,基本能满足金属材料生产和热处理工艺要求,尤其对大批量金属材料的鉴别和分析更发挥了它的优点,这是化学分析法和其它物理分析法所不能比拟的。

火花图就是用一定的压力将金属材料试件经高速砂轮磨削所产生的火花图形,主要由流线、火束、节点、芒线、节花、爆花、碎花、花粉、爆裂强度、爆花花势、色泽等等要素组成。为了便于观察,我们把火花图分为三个部位:靠近砂轮处的称为根部火花,中间部位的称为中部火花,远离砂轮部位的称为尾部火花 如图 1 所示。

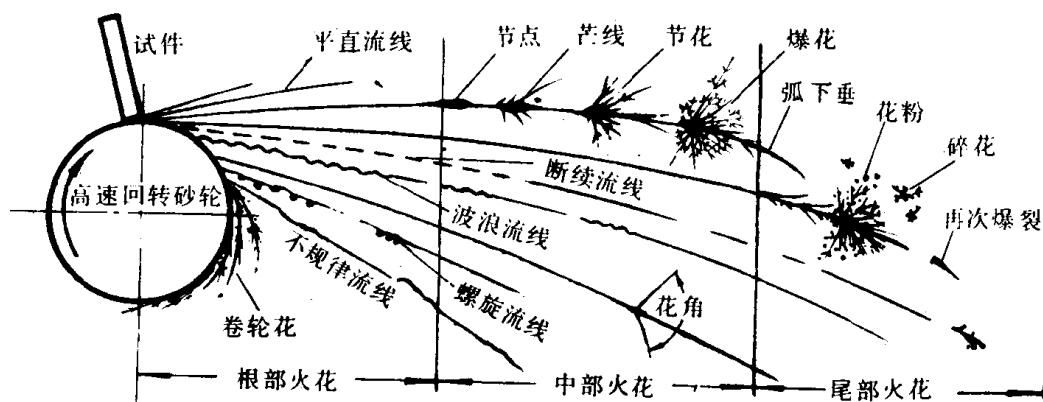


图 1 火花命名示意图

火花图的应用范围有:

1. 在浇铸和冶炼的企业部门,火花分析法可用于钢铁废金属原料的外购、炉前搭配废钢铁原料的检查,以及金属成品的化学成分检查。对于炼钢炉前现场快速分析鉴定,火花分

析也是极为有效的方法，能在几秒钟的时间里分析出炉内钢水是否已符合熔炼制造所要求牌号的化学成分。

2. 在金属材料热处理或锻压加工前，应用火花分析法核对其材料牌号，就能正确掌握其加热温度和加热时间，防止造成废品。

3. 火花分析法能检验钢材有否经过渗碳、渗氮处理。能判断渗碳层及氮化层的深度、均匀性，对于渗碳钢还能分析渗碳层的含碳量。

4. 火花分析法能有效地检验钢材表面的脱碳情况，观察其脱碳深度。尤其是利用钢材表面脱碳层来观察火花图，能有效地分析合金成分的含量，这是每一个火花分析工作者准确分析合金成分的诀窍。

5. 对于广大工矿企业中的金属材料仓库，在装卸搬运过程中容易发生混钢事故，而火花分析法是杜绝混钢事故的最简单最有效的方法。

6. 化学分析人员在化验工作前对被分析的金属材料作一次火花分析，可以省略试样中未含元素的化学分析工作，同时可以验证化学分析的结果正确与否。物理分析的人员进行火花分析，可对金属材料的牌号做到心中有数，有利于对金属材料的抗拉强度、延伸率、断面收缩率及金相组织等作进一步分析。

二、各种元素对火花的影响

金属材料在高速砂轮的磨削作用下，产生微粒并在空间飞溅过程中氧化燃烧。由于各种元素氧化燃烧所产生的能量不同，在火花图中能显现其各自不同的火花特征。尤其是一些元素与碳元素共同存在时，所产生的作用差异更能反映出来。一些元素能帮助碳元素产生爆裂火花，另一些元素却抑制或者熄灭碳元素的爆裂火花。

1. 助长爆裂火花元素

助长爆裂火花的元素有：C、Cr、Mn、V、B等。这些元素的微粒由于砂轮磨削产生高热，生成一次爆裂火花，随即形成金属氧化物，并放出大量热能，导致发生二次爆裂火花，三次爆裂火花，甚至多次爆裂火花的特征。尤其是碳元素，随着其含量的增加，每次爆发爆花爆裂的间距愈密，则其时的间隙就愈短少，同时产生的碎花、花粉、芒线的机会也随之增加。

2. 抑制爆裂火花元素

抑制爆裂火花的主要元素有：W、Co、Ni、Si、Al、Cu等。当金属材料经过砂轮磨削以后，在氧化物生成前，首先使碳化物分解。在分解过程中，必须供以一定量的热能，以达到碳化物分解时所需的能量，否则其分解困难，材料微粒的氧化就会被缓化下来。所以对于含有抑制爆裂火花元素的金属材料，只有加重磨削压力，才能显现其独特的火花特征。

抑制爆裂火花的元素与碳同时存在于金属材料中时，不仅不能帮助碳元素产生爆裂火花，相反如果这些元素含量愈高，则更为抑制，甚至熄灭碳元素的爆裂火花特征，并且明显地发生着各种不同形式的特殊的火花特征。

金属元素助长爆裂火花或抑制爆裂火花的影响，在火花图上形成的爆裂强度、爆花花势、色泽、卷轮花等均能产生变化迁移。

爆裂强度——金属元素含量的变化，对火花图节点特征的影响。主要反映在节点形态的大小，数量变化的多少，以及其光度的亮弱程度。

爆花花势——主要反映在流线上面爆裂的芒线、节花、爆花、碎花、花粉等形态大小与数量的多少。

色泽——金属元素成分的不同、含量的多少，影响火花图明与暗、深与浅等各种不同的光色。

卷轮花——环绕在高速旋转砂轮周围的零星流线、节点、芒线、节花、爆花、碎花、花粉等。

三、火花图的流线

火束由多量单根线形状的光亮线条所组成。这些单根光亮线条就叫流线，而流线是构成火花图基体的主要部分。

流线的形状分有5种类型：1. 平直流线类型；2. 断续流线类型；3. 波浪流线类型；4. 螺旋流线类型；5. 不规则流线类型。

1. 平直流线类型图

(1) 平直单线长、短示意图



图2 平直流线 长型

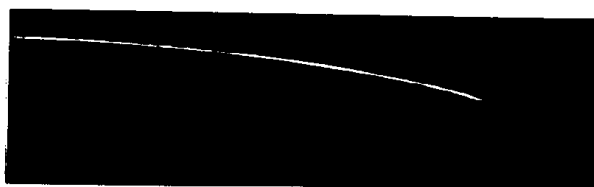


图3 平直流线 较长型

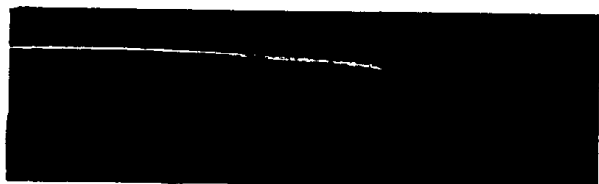


图4 平直流线 短型

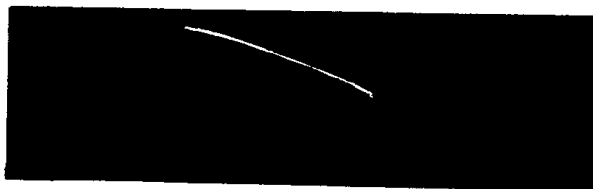


图5 平直流线 极短型

(2) 平直单线粗、细示意图



图6 平直流线 粗型

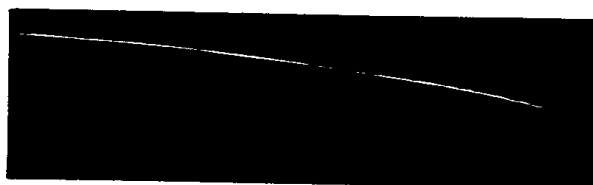


图7 平直流线 细型



图 8 平直流线 极细型



图 9 平直流线 根粗尾细型

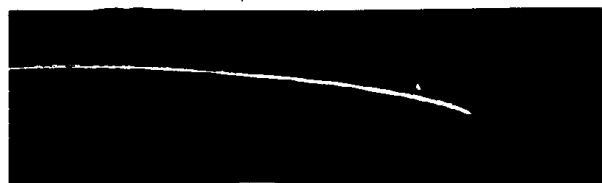


图 10 平直流线 根细尾粗型



图 11 平直流线 根细中粗尾细型

(3) 平直单线形态示意图



图 12 平直流线 挺直形态

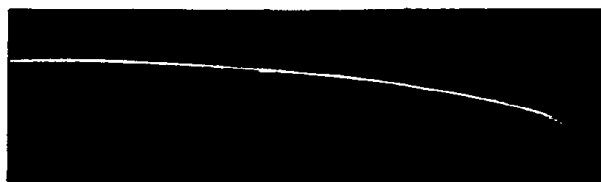


图 13 平直流线 半弧下垂形态

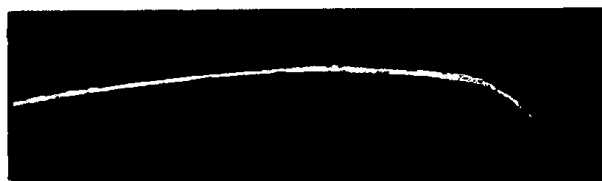


图 14 平直流线 弧下垂形态

2. 断续流线类型图

(1) 断续单线长、短示意图



图 15 断续流线 长型

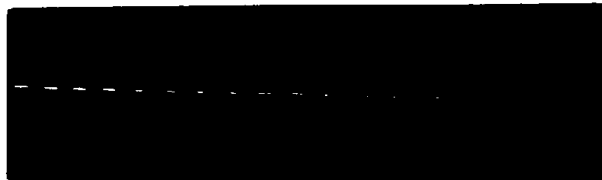


图 16 断续流线 较长型



图 17 断续流线 短型



图 18 断续流线 极短型

(2) 断续单线粗、细示意图



图 19 断续流线 粗型



图 20 断续流线 细型



图 21 断续流线 极细型



图 22 断续流线 根粗尾细型



图 23 断续流线 根细中粗尾细型



图 24 断续流线 根细尾粗型

(3) 断续单线形态示意图



图 25 断续流线 挺直形态

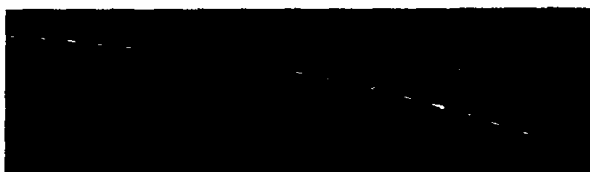


图 26 断续流线 半弧下垂形态