

灭 火 剂

(东德) H·M·施莱别尔著
P·鲍尔斯特

洪 福 有译
王 宝 贤校

群 众 出 版 社

一九八二年·北京

灭 火 剂

(东德) H·M·施莱别尔 P·鲍尔斯特 著

洪福有译 王宝贤校

群众出版社出版 新华书店北京发行所发行

山西新华印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 6.5印张 133千字

1982年8月第1版 1982年8月第1次印刷

统一书号：13067·70 定价：0.53元

印数：00001—10000册

前 言

本书是由德文的俄译本翻译过来的。外文本第一、二篇是讲化学基础理论和燃烧知识，这些内容在我国化学教材和有关消防资料上都有论述。为了避免重复和节约起见，在译文里将这一部分删去了。灭火剂部分是按俄文本全部译过来的，较系统地介绍了各种灭火剂的物理、化学性能、灭火效率以及应用范围，可供各地消防部门、消防科研、生产厂和消防学校参考。

本译文经公安部七局王宝贤同志校正，李棣云同志在化学名词和消防术语上予以审订，特此致谢。

译 者

一九八一年十一月

目 录

第一章 水

- 1 水的物理性质····· (1)
- 2 水的化学性质····· (7)
- 3 水的灭火效率····· (11)
- 4 水灭火效率的测定····· (12)
- 5 水灭火剂的应用范围····· (19)
- 6 水灭火设备····· (20)
- 7 水灭火试验····· (22)

第二章 润湿剂

- 1 润湿剂的物理性质····· (25)
- 2 润湿剂的化学性质····· (38)
- 3 润湿剂的毒性····· (39)
- 4 润湿剂的灭火效率····· (39)
- 5 润湿剂灭火效率的确定····· (40)
- 6 润湿剂的应用范围····· (42)

第三章 泡 沫

- 1 泡沫的种类及其制取方法····· (45)
- 2 泡沫剂及其性质····· (51)
- 3 蛋白质····· (54)
- 4 泡沫剂性能的测试方法····· (55)
- 5 泡沫的灭火效率····· (62)
- 6 泡沫性能的测量方法····· (64)

7 泡沫灭火剂的应用范围·····	(73)
-------------------	--------

8 泡沫灭火设备·····	(81)
---------------	--------

第四章 卤代烷灭火剂

1 卤代烷的分类·····	(85)
---------------	--------

2 卤代烷灭火剂的物理性质·····	(90)
--------------------	--------

3 卤代烷灭火剂的化学性质·····	(93)
--------------------	--------

4 卤代烷灭火剂的毒性·····	(97)
------------------	--------

5 卤代烷灭火剂的灭火效率·····	(102)
--------------------	-------

6 卤代烷灭火剂灭火效率的测定·····	(104)
----------------------	-------

7 卤代烷灭火剂的应用范围·····	(119)
--------------------	-------

8 卤代烷灭火设备·····	(122)
----------------	-------

第五章 干粉灭火剂

1 干粉灭火剂的种类·····	(129)
-----------------	-------

2 干粉灭火剂的制造方法·····	(136)
-------------------	-------

3 干粉灭火剂的物理性质·····	(138)
-------------------	-------

4 干粉灭火剂的化学性质·····	(150)
-------------------	-------

5 干粉灭火剂的毒性·····	(152)
-----------------	-------

6 干粉的灭火效率·····	(152)
----------------	-------

7 干粉灭火效率的测定·····	(154)
------------------	-------

8 干粉灭火剂的应用范围·····	(170)
-------------------	-------

9 干粉灭火设备·····	(172)
---------------	-------

第六章 二氧化碳

1 二氧化碳的物理性质·····	(179)
------------------	-------

2 二氧化碳的化学性质·····	(182)
------------------	-------

3 二氧化碳的毒性·····	(183)
----------------	-------

4 二氧化碳的灭火效率·····	(184)
------------------	-------

5	二氧化碳灭火效率的测定·····	(185)
6	二氧化碳灭火剂的应用范围·····	(190)
7	二氧化碳灭火设备·····	(190)
第七章 其它灭火剂		
1	“轻水”·····	(196)
2	砂子、灰铸铁屑、油及氮气·····	(197)

第一章 水

水是最常用的灭火剂。它可以单独使用，或者与不同的化学剂组成混合液使用。

水源可以是地上水（海洋、湖泊、江河、池塘等），也可以是地下水（潜水、泉水、自流水等）。

水中的溶解物及杂质的含量，随其所处的位置不同而不同。例如，雨水较纯，雨水中没有盐类，但是有从空气中带来的灰尘和气体的微粒。泉水和河水和其流经的土壤有关，其水中含有0.2%的呈钙镁化合物的固态物质（硬水）。海水中含的盐份平均可达3.5%（大西洋为3.8%；太平洋为3.7%；地中海为3.5%；北海为3.3%），波罗的海和死海例外（德意志民主共和国沿岸为0.5—1.3%，死海为26%）。溶解在水中的盐的主要成分是氯化钠，还含有少量的氯化镁、溴化镁、硫酸镁和硫酸钙。所有这些盐类都可引起灭火器和其它灭火设备的严重腐蚀，并能降低某些水灭火剂的效率。

1. 水的物理性质

水是无嗅无味的液体。薄水层无色，厚水层呈淡蓝色。下面是水的物理常数（按列米法）：

冰点（℃）..... 0

沸点 (°C) 100

100°C、760毫米汞柱下

1 公升饱和水蒸气的质量(克).....0.5974

临界温度 (°C) 374.2

临界压力 (公斤/厘米²)217.5

临界密度 (克/厘米³)0.329

15°C时水的比热 (卡) 1

20°C时湿空气下的表面张力

(达因/厘米)72.5

粘度:

0 °C时 (厘泊)1.789

20°C时 (厘泊)1.005

超纯水的导电率 (欧姆/厘米):

0 °C时..... 0.01×10^{-6}

18°C时..... 0.04×10^{-6}

50°C时..... 0.17×10^{-6}

了解水的物理性质在灭火时是有重大意义的。

水的密度与温度的关系 水结冰时, 它的体积要膨胀十分之一, 这就是说, 线性膨胀3 %时, 它的体积约增加9 %。这正是一些盛水容器、管道和软管的壁板在水结冰时涨裂的原因。水的密度与温度有关; 不同温度时水的密度不同。

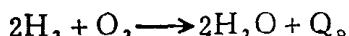
水的温度	水的密度
0 °C	0.999868克/厘米 ³
4 °C	1 克/厘米 ³
10°C	0.999727克/厘米 ³

25℃ 0.997071克/厘米³

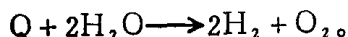
因此，水被加热到4℃以前，它的密度最初是增加，尔后却随着温度的进一步升高而下降。水的密度与温度的这种特殊关系称之为水的异常现象。这种现象可以在自然界中观察到，例如河流、湖泊等结冰时就是这样。河流、湖泊中的水温为4℃时，由于它的密度大，水便降到下面，而冰因为比较轻，就浮在上面，这样就能形成一个保护层而不使水库继续冻结。在同火灾斗争时，由于水的这种异常现象，就使得人们有可能从深水源中抽水来灭火。

水的异常现象的原因，是水的分子结构在温度变化时所发生的变化。

水的热分解 氢与氧化合（氢的氧化）而生成水，其化学计量方程式如下：



发生反应的同时要放出热量。高温下，水可进行逆反应：



水的热解（离解）成氢和氧，取决于温度。在一个大气压力下，水蒸气的热离解度（ $\alpha\%$ ）与温度（ t ，K）之间的关系如下：

α ，%	K
0.00003	1000
0.00861	1400
0.199	1800
1.42	2200
2.92	2400

水蒸气被加热到极高的温度时，形成氢和氧的数量较少，这些氢和氧不会形成危险的爆轰气。用水喷洒炽热的铁或碳时，水将反应放出大量的氢，可能引起爆炸。

水的导电率 灭火时使用的水具有很大的导电率。水中的电解质越多，其导电率越大，也就是说，水中离解的盐、酸或碱越多，水的导电率就越高。

导电率是欧姆电阻的倒数，其测量单位是一米的姆欧数（姆欧·米）。

下面是水和水溶液的导电率比较：

水：

纯水·····	0.04
蒸馏水·····	50
饮用水·····	275—1200
河水·····	920—1350
海水·····	12500—62800

水溶液：

含20%的氯化钠·····	200000
蒸馏水中含4%的泡沫剂·····	3000
自来水中含30%泡沫剂·····	24000—55000

如果水中添加了泡沫剂、离子化润湿剂，特别是添加了离解盐（例如，添加了防结冰用的食盐），其导电率会大大增高，可比蒸馏水的导电率高100—1000倍。水流中的电流量取决于至火源的距离及添加的电解质（0.5%苏打）数量。这个电流的值，是在电压为6千伏的线路上进行的灭火试验中得出的。灭火时使用的是口径为12毫米的水枪。从图1中的曲线可以看出，在使用纯净的自来水时，距离火源1.5米

处的电流实际上等于零，但是仅仅添加 0.5% 苏打之后，在其它条件相同的情况下，电流将增大到 50 毫安。

用泡沫产生器所做的试验表明，在相同条件下，发泡倍数为 100—200 的空气机械泡沫射流的漏泄电流强度等于水流的漏泄电流强度。化学泡沫的导电率高于空气机械泡沫，因为化学泡沫中所含的溶解盐较多。

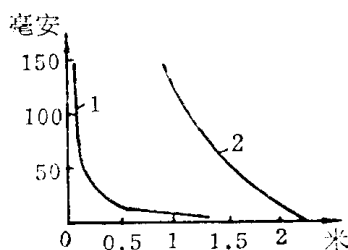


图 1 电流与射流长度的关系

1—纯自来水；2—自来水中加有 0.5% 的苏打溶液

从以上所述可以得出结论：只有将电气设备断电后才可以用水进行灭火。此外，对于火灾处所之电机、转换装置、配电装置以及其它的设备，如测量装置、检验设备、调节装置等，均不可用水扑救。鉴于这些限制，可以使用能形成雾状水的固定式灭火设备或者使用以饱和蒸汽作为灭火剂的设备进行扑救。

空气机械泡沫只可在下列安全距离外用于扑救额定交流电压在 1000 伏以下或额定直流电压在 1500 伏以下的电气设备的火灾：

喷洒导线距离…………… 1 米；

喷洒输电裸线以及设施非绝缘部分的距离…… 3 米。

对于额定电压高于 1 千伏的电气设备的火灾，只有在断

电后才可用空气机械泡沫进行扑救。

在保持一定安全距离的条件下，可以使用自来水扑救导电部分的火灾。安全距离以电流强度的大小而定。电流的最大允许值是1毫安。当最大允许电流强度为1毫安和水的导电率为500姆欧·米时，距火源处的最小距离取决于水枪口径（见表1）。试验表明，用口径为12毫米的水枪喷洒电压为380千伏以内的电气设备导电部分时，漏泄电流应不大于1毫安，泵压应为5—10公斤/厘米²，水枪枪口与导电部分间的最小距离应为12米。这仅仅适用于1000姆欧·米以下的导电率；如果导电率超过1000姆欧·米时，这些情况就不总是有效的了。在实践中应遵守下列规则：水枪口径（毫米）应该等于至火源的最小允许距离（米）（就是说，如果使用的是12毫米口径的水枪，那么水枪距火源的安全距离应该是12米——中译者注）。

表1 不同电压下至火源的最小距离（密集水流）

对地电压（伏）	水枪口径为下格数字（毫米）时的最小距离（米）		
	7	18	30
115	0.5	1	2
460	0.75	3	5
3000	2	5	10
6000	2.5	6	12
12000	3	6.5	15
60000	4.5	12	22
150000	6	15	25

2. 水的化学性质

水的耐寒性、抗腐蚀、灭火效能，以及与各种燃烧物发生化学作用等最主要的特性，在灭火过程中具有重要意义。

防结冰添加剂（防冻剂） 为了提高水的耐寒性，在水中添加盐类或者有机物质，例如酒精。水的结冰温度的下降取决于添加剂的数量。经常用作添加剂的物质有碳酸钾（ K_2CO_3 ），氯化镁（ $MgCl_2$ ），氯化钙（ $CaCl_2$ ）和乙二醇（ $HO-CH_2-CH_2-OH$ ）。添加乙二醇时要考虑到它是易燃的，浓度超过30%的溶液就不能使用。含水酒精溶液在酒精含量为60%（体积百分比）时，其共晶点为 $-49^{\circ}C$ ，这是最低的结冰点。如果酒精的含量过高，结冰温度又会重新升高。图2中的阴影部分是最有效的灭火范围。表2例举了用含有酒精的耐寒水溶液扑救木材堆火灾的试验结果。

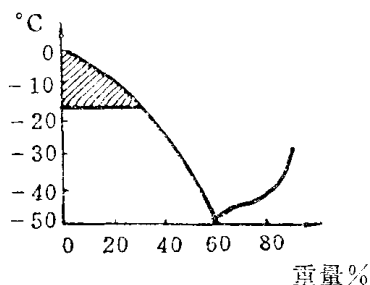


图2 添加乙二醇后水的结冰温度下降曲线
(图中阴影部分是最有效灭火范围)

手提式灭火器中不用氯化钙和氯化镁做为耐寒添加剂，因为这两种物质会引起严重的腐蚀。

表2 耐寒溶液的灭火效率与其中酒精含量的关系

酒精含量 % (体积百分比)	溶液结冰温度 (°C)	灭火时间 (秒)
0	0	15
0	0	10
10	-4	25
20	-9	35
30	-15	55
40	-25	未灭
60	-49	未灭

配制耐寒溶液时必须注意，由于水中所含钾离子的数量的不同，碳酸钾可能形成或多或少的碳酸钙(CaCO_3)沉淀。这就是水溶液为什么会出现混浊的原因，这种混浊经过几小时后即会消失。所以，使用碳酸钾时，要尽可能地使用“软水”，因为软水中含有很少量的钙。

添加盐类降低结冰温度的机理如下。由于盐的溶解，溶液表面的水分子数量便少于溶液分子的数量。因此，蒸汽压减少，沸点升高。从图 3 中的曲线可以看出，蒸汽压减少的值，等于水的蒸汽压 P_w 与溶液的蒸汽压 P_L 之差。溶液蒸汽压的曲线不仅通过沸点，而且通过结冰点之前的整个温度区，其位置在水的蒸汽压曲线下面，这表明结冰温度下降。这个结冰温度下降的数值 G 等于 $G_w - G_L$ 。结冰点下降的数值及沸点升高的数值都与溶解于水中的没有离解物质的分子数成正比（巴乌里定律）。

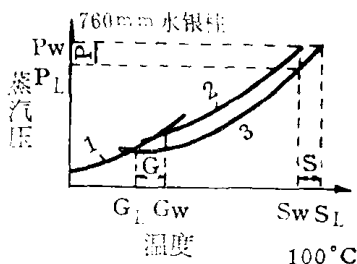


图3 盐溶于水中时，冰点下降和蒸气压上升的曲线图

1—冰；2—纯水；3—盐的水溶液；

$P_W - P_L$ —蒸气压下降； $G_W - G_L$ —结冰点下降；

$S_W - S_L$ —沸点升高

如果把一克分子没有离解的盐溶于1000克的水中，水的结冰温度就要下降 1.86°C 。如果使其冰点下降到 30°C ，则相应地需要 $30:1.86=16$ 克分子没有离解的盐。这种计算对于能离解的盐（如碳酸钾、氯化镁等）就不适用了。这时，盐的需要量根据经验确定。

抗腐蚀添加剂 用未经防腐蚀处理的金属容器盛水时，金属会发生腐蚀；如果往水中添加了润湿剂、泡沫剂和防冻的盐类时，腐蚀会更厉害。

在容器的内壁涂上保护材料层（例如塑料）能防止腐蚀，或者在水中添加腐蚀抑制剂。有三种腐蚀抑制剂：

无机的阳性腐蚀抑制剂。这是一些能形成氧化保护层的固体盐类，如碱金属的磷酸盐、碳酸盐和硅酸盐，或者铬酸钠、铬酸钾及亚硝酸钠等氧化剂；

无机的阴性腐蚀抑制剂。如碳酸氢钾，它能在阴极区同 $[\text{OH}]$ 离子相互作用而形成碳酸钙的保护层；

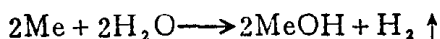
有机的腐蚀抑制剂，如能吸收氧的单宁酸的混合物，苯酸钠和带长链的脂肪酸胺。

铬酸钠 (Na_2CrO_4) 属于无机阳性抑制剂，它是一种有效的防腐材料。但在使用时会产生一些困难，因为超过铬酸钠在水中的最小浓度时腐蚀反而会增加。每公升水中铬酸钠的最大允许添加量大约是 2 克，除此之外，由于铬酸钠是有毒的，不能用它作为食用水容器的防腐材料。消防车的水罐及其它经常更换水的容器的防腐蚀，最好使用保护层。

防腐添加剂 长时间贮存水时，要考虑防腐，防止水腐败或生长藻类。为了防止净水腐败，可以在水中添加钠盐—p—氯—m—甲酚，添加数量为 0.05—0.1%。强化水灭火器不用进行防腐处理，因为灭火器中高浓度的碳酸钾溶液本身能防止生长藻类。

水与各种燃烧物的相互作用 水能与某些燃烧物产生化学反应，这就限制了它灭火的应用范围。属于这类物质有钠、钾、镁、铝、铁、炭、碳化钙、油及脂肪。*

钠和钾是反应很强的碱金属，它们甚至能和潮湿的空气发生反应，同时在其表面很快地形成一层氢氧化物。这两种金属只能贮存在与氧气隔开的介质中（在煤油中）。当钠和钾与水接触时，生成氢气而能导致形成爆轰气和爆炸：



镁和铝在燃烧时也极易与水反应生成氢气。镁和铝同氧气化合的能力是很大的，甚至能使二氧化碳、碳酸盐这样的化

* 能与水发生化学反应的物质还有很多金属的有机化合物、金属的氢化物及其它的水解时分解出的可燃气体。——俄译本注