

第一章 石油及石油产品燃烧特性

1-1 石油及石油产品的主要特性

研究石油及石油产品燃烧时，首先应了解石油及石油产品的特性。石油中含有 85%~87% 的碳和 11%~14% 的氢，它是一种碳氢化合物。这样的组分就促成了石油燃烧的有利条件。

石油及石油产品的主要特性如下：

- (1) 发热量高；
- (2) 相对密度小于水；
- (3) 油气比空气重；
- (4) 纯净的石油产品是不良的导电体；
- (5) 石油产品是不良的导热体；
- (6) 闪点低，易燃烧；
- (7) 油气与空气混合后容易形成易爆炸的混合物，爆炸极限较低；
- (8) 流动性能好；
- (9) 燃烧速度快。

由于石油及石油产品具有以上这些特性，就促使其成为一种易燃、易爆的液体。

1-2 石油及石油产品的燃烧原理

石油及石油产品的燃烧和其它物质的燃烧一样。燃烧是一种氧化的化学反应，与这种反应的同时不但产生大量的热也产生火焰。但燃烧的发生必须具备以下三个条件：

(1) 可燃物质 可以氧化的物质一般是可以燃烧的物质，因为燃烧是从氧化开始的，如果物质能被氧化，在一定条件之下就可能燃烧。

(2) 火源 一切具有适宜温度和足以将燃烧物质加热至发生燃烧所需的热量谓之火源，火源具有一定的温度和热量是发生燃烧必不可少的条件。

(3) 助燃物 即空气中的氧气，一般物质没有氧的助燃是不可能燃烧的。因此，要使物质燃烧就必需供给足够的氧，否则燃烧就会停止。例如燃烧 1kg 煤油需要 14.8kg 空气，而燃烧 1kg 汽油需要 15kg 空气。

石油及石油产品燃烧是由于它易于蒸发成气体并与空气混合形成易燃易爆的混合气体，在有火源的情况下，极易燃烧。

石油及石油产品的燃烧不仅是化学变化，同时还有物理变化，没有这种物理变化，燃烧将不会发生也不可能继续。

要使石油产品连续燃烧，不但需要供给足够燃烧用的空气，同时还需要保证油品不断的蒸发，形成可燃的气体，二者不可缺一。只有空气，没有可燃的油汽，燃烧不会发生；相反只有可燃气体，没有空气，燃烧也不会发生。

燃烧油品表面所产生热量促使油品蒸发和燃烧油层的温度不断升高。根据试验表明，油品在燃烧过程中，油品的表

面温度可达到油品的沸点。

油品在燃烧过程中，因为油品不停的蒸发，而使油品性质发生变化。首先轻馏分蒸发，最后剩的为重馏分。例如原油在燃烧时，它的相对密度、粘度、闪点、自燃点等，随着燃烧时间的增长而变化。见表 1-1。

表 1-1 原油在燃烧过程中油品性质的变化

名 称	试 样	燃烧 1h 后	燃烧 2h 后	燃烧 3h 后
相对密度	0.9069	0.9257	0.9331	0.9461
100℃ 时的 运动粘度/ (m^2/s)	6.80	16.0	21.4	40.8
闪点/℃	102	138	148	162
自燃点/℃	113	150	180	215
含焦质数量/%	14.31	20.13	22.25	27.4

油品燃烧速度因品种而异，几种油品燃烧速度见表 1-2。

表 1-2 油品的燃烧速度

油 品 名 称	燃 烧 速 度/ (cm/h)
汽 油	30
煤 油	24
柴 油	18~20
原 油	12~15
重 油	10

当风速增大到 $8 \sim 10\text{m/s}$ 时，油品燃烧速度可增大 $30\% \sim 50\%$ 。原油及重油含水时，燃烧速度也会增加。

1-3 油罐内油品燃烧特性

油罐内油品燃烧有着一定的规律性，分析这些规律性，有助于灭火。

1. 油罐内油气与空气混合形成易爆炸的混合气体

形成的易爆炸的混合气体，达到爆炸极限后，遇明火可使油罐发生爆炸。油罐发生爆炸后罐顶可能发生裂缝，顶盖局部或全部被掀掉。根据国内炼油厂的调查结果表明，大部分着火油罐是顶部受到破坏，其比例约占 76%，整个罐顶被掀掉的情况较少，其中部分沿顶部周边方向崩开的占 1/3，开口的占 1/4 或 1/6，只有 4% 的罐底受到破坏。

油罐顶部被掀掉后，形成开放式燃烧，油罐内下层油温均匀，基本上等于爆炸前油的原始温度，油面上部的油气层被爆炸点燃。火焰在油气层中以燃烧速度传播开来。

火焰加热罐内油面，使油品迅速蒸发，由于空气对流作用加强了燃烧，热的燃气因相对密度减小而形成上升气流，罐内形成局部低压，使周围空气被吸入与油气混合，促使燃烧加强，形成火舌。随着火势的增强，火焰对油面反馈热辐射也加强，造成罐内油品猛烈燃烧。但是，油罐在持续燃烧一段时间之后，燃烧速度增大，逐渐变成稳定，随着油位的降低，燃烧速度会逐渐变小。

油罐内燃烧的油品液面的高低直接影响着罐壁的变形。罐内油面低，在油面以上的罐壁直接受到火焰的作用。当罐壁温度达到 600℃ 以上，罐壁边缘强度降低，发生变形。例如直径 20~30m 的油罐，油面高 2m 时，油罐着火后 5~10min，罐壁就会发生变形。

2. 油罐内油品燃烧火焰的特性

着火油罐火焰是紊流型浮力扩散火焰，其突出的特点是，燃烧油罐的周围空气进入油罐主要是从油罐燃烧中心进入火焰，油罐直径越大，空气进入火焰的深度越大，火焰中存在有局部回流，上升的火焰及燃气流与下降的空气形成犬牙交错的锥状。

火焰中心处的温度最低，靠近罐壁处的温度较高。从油面到火焰底部随着高度增加温度迅速增高，到达火焰底部后有一稳定阶段，高度再增加，温度也随之下降。

(1) 火焰的高度

紊流扩散火焰的高度可按 Thomas 公式 (1-1) 计算：

$$I/D\alpha F_r^{0.2} \quad (1-1)$$

式中 I ——紊流扩散火焰高度，m；

D ——油罐直径，m；

F_r —— V^2/gD ；

V ——油蒸气的平均速度，m；

g ——重力加速度。

由公式 (1-1) 可知，油罐内燃烧油品的火焰高度取决于油罐直径和储存的油品种类，与风速无关。也就是说，油罐直径越大，储存的油品越轻，则燃烧火焰高度越高。经过多次试验证明，当油罐直径大于或等于 2.7m 时，敞口油罐油品燃烧的火焰高度与油罐直径 D 的关系如下：

汽油火焰高度约 $1.43D$ ；

柴油火焰高度约 $0.93D$ ；

乙醇火焰高度约 $0.76D$ 。

火焰的水平投影长度如下：

汽油燃烧火焰水平投影长度约 $0.7D$ ；

柴油燃烧火焰水平投影长度约 $0.5D$;

乙醇燃烧火焰水平投影长度约 $0.2\sim 0.3D$ 。

(2) 火焰的倾斜度

敞口油罐燃烧的火焰呈锥形，锥形底部就等于燃烧油罐的面积。锥形火焰受到风的作用就会产生一定的倾斜角度，这个角度大小与风速有直接关系，与油罐直径及所储存的油品种类无关。根据试验证明，在无风的条件下，火焰的倾斜角度为 $0\sim 15^\circ$ ；当风速等于或大于 4.0m/s 时，火焰倾斜角约为 $60\sim 70^\circ$ 。火焰倾斜角与风速的关系，可按公式 (1-2) 计算：

$$\alpha = 35.6\omega^{0.34} \quad (1-2)$$

式中 α ——火焰倾斜角度，度；

ω ——风速， m/s 。

(3) 火焰的温度

燃烧火焰的温度主要取决于燃烧油品的种类。一般石油产品的火焰温度在 $900\sim 1200^\circ\text{C}$ 之间。火焰温度高，热辐射强度大，直接威胁着邻近建筑物。根据试验测得：汽油火焰表面的热辐射强度约为 97200W/m^2 ；柴油火焰表面热辐射强度约为 73000W/m^2 ；乙醇火焰约为 68000W/m^2 。

3. 燃烧油罐的油层高度

燃烧油罐火焰产生的辐射热是罐内油品加热的主要热源，传导与对流的作用相对较小，可以忽略不计。

燃烧油面接受火焰辐射热后，油表面迅速被加热到沸点，形成了一薄层高温层，同时产生油气，油气从油面向燃烧区扩散，这样就维持燃烧继续进行。高温层的厚度与油罐直径及容积无关。

随着燃烧时间的增加，被加热的油层厚度亦增加，在此

油层中的温度基本相同。若油罐内油层很高，即使长时间燃烧，被加热油层当达到某一定值之后，基本保持不变。

油面与火焰底面之间的中间层充满了油气，油气由油面上升扩散到层的顶部（即火焰的底部）穿透火焰与进入中间层的空气混合后形成预混层。预混层不断产生并燃烧上升，保持了火焰的稳定存在。

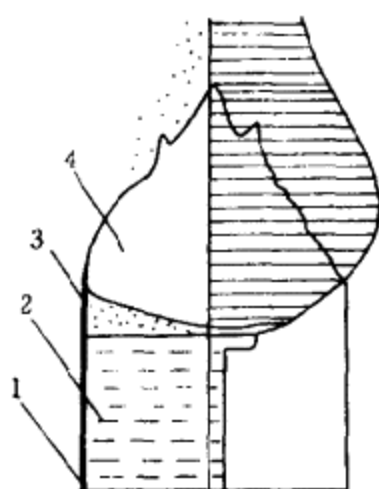
试验表明，随着油位的下降，中间层的厚度随着燃烧时间的增大和液位下降而增加。因此随着燃烧过程的发展，中间层对热辐射的衰减作用越来越大，对油面接受火焰的辐射热来说，中间层越来越明显地具有热屏蔽作用。当油罐为中、低油位时，油罐火灾发展的特点如下所述。

（1）油罐火灾的初期 罐内油表面的被加热层的厚度很薄，油的蒸发速度迅速增加，加热层向深部扩展，中间层厚度不大，热屏蔽作用甚小，此时火焰发展迅速。

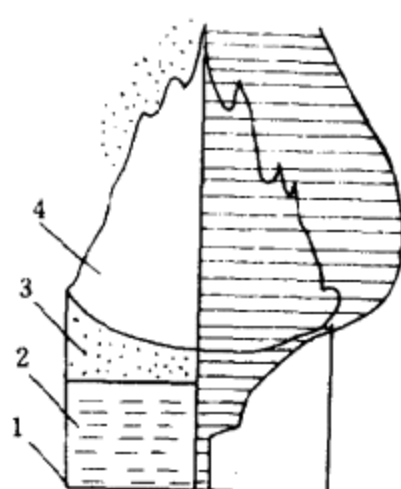
（2）油罐火灾的中期 经过很短时间的燃烧即过渡到中期，此时燃烧速度比初期大，但趋于稳定，火焰中的燃气流速大，中间层内负压也大，因此大量空气被吸入罐内形成激烈地犬牙交错的上下气流团，常会产生火焰的脉动和蘑菇状烟柱。加热层近于恒定温度向深部缓慢扩展，中间层厚度逐渐增加，空气、烟和燃烧产物进入中间层，使中间层成为灰色体层，并对油品有明显的热屏蔽作用，使罐内油品燃烧相对稳定。

（3）油罐火灾的晚期 中间层的厚度增大，燃烧油层变薄，油面所接受到的辐射热不仅不能使油面加热厚度增大，反而使油品的燃烧速度下降，火焰高度及温度下降，辐射热反馈减小，使油罐火灾进入衰落期（见图 1-1）。

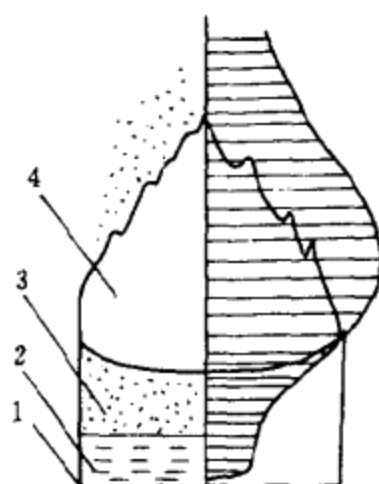
4. 浮顶油罐燃烧火焰高度



(1)油罐火灾初期



(2)油罐火灾中期



(3)油罐火灾晚期

图 1-1 油罐火灾初、中、晚期示意图

1—油罐；2—油品；3—中间层；4—火焰

浮顶油罐不同于固定顶油罐，浮顶油罐发生火灾往往首先发生在环形密封圈上的不严密处。由于密封圈一边紧靠罐壁影响空气流动，所以在着火初期阶段燃烧速度缓慢，火焰不高，火势扩大缓慢，因而降低了对邻近油罐的热辐射。因此，对浮顶油罐初期火灾，若能及时灭火，就会减少火灾损失。

浮顶油罐开口的火焰高度可由公式 (1-3) 看出, 火焰高度与油罐直径和油罐内油气空间大小的关系。

$$H_f/d = 40F_r^{1.5} \quad (1-3)$$

式中 H_f ——火焰高度;

d ——油罐直径;

F_r ——罐壁和罐顶之间油气空间的面积。

1-4 油罐火灾辐射热的特性

燃烧油罐的辐射热是造成相邻油罐火灾蔓延的主要原因。油罐之间火灾蔓延, 一般不是燃烧油罐直接烘烤引起的, 而是因相邻油罐受辐射热后排出油气被引燃后造成火灾蔓延。

辐射热通量与受热面至燃烧油罐的中心关系如公式 (1-4)。

$$E = A(L/D)^{-n} \quad (1-4)$$

式中 E ——油罐周围相同高度任意位置所接受到的辐射热通量;

A ——由燃料品种和 L/D 的区域而决定的常数;

L ——测量点至油罐中心的距离;

D ——燃烧油罐的直径;

n ——由 L/D 的区域决定的衰减系数。

根据公式 (1-4) 实测后得出以下结论。

(1) 当高度相同时, 无因次距离 L/D 越大, 辐射热越小。

(2) 高度与辐射热的关系 当无因次距离 L/D 相同时, 位置越高, 辐射热越大。

(3) 风向风速与辐射热的关系 在无因次距离 L/D 及高度相同情况下, 一般下风向辐射热量大, 侧风向次之, 而上风向最小。风速与辐射热通量 E 关系是风速增大, 燃烧速度增大, 但风速继续增大, 燃烧速度趋向一个定值, 辐射热通量 E 随着燃烧速度加强而加强。

(4) 油罐直径与辐射热的关系是油罐直径越大, 辐射热值越大, 但到一定值后趋于平稳。

(5) 辐射热通量与油品燃烧的关系 油品燃烧热与辐射热通量有直接关系, 油品燃烧值越大, 辐射热值越高。当油品完全燃烧, 其热量以球面辐射的形式向外辐射时, 其比例关系可由公式 (1-5) 表示:

$$\frac{4\pi L^2 E}{\pi D^2 V \rho H_L} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中 L 、 E 、 D ——见公式 (1-4);

V ——油品的燃烧速度;

ρ ——油品密度;

H_L ——油品燃烧热。

(6) 浮顶油罐环状火焰的辐射热通量与敞口油罐的比较。

根据试验证明: 环状火焰内外圆直径的无因次比值 $(D_1 - D_2)/D < 0.3$ 时, 它与辐射热通量的无因次比值 E_o/E 的关系可用公式 (1-6) 表示。

$$E_o/E = A[(D_1 - D_2)/D_1]B \quad (1-6)$$

式中 E_o ——环状火焰的辐射热通量;

D_1 ——浮顶罐直径;

D_2 ——浮顶直径;

A 、 B ——系数。

由公式 (1-6) 看出, 环状火焰的辐射热通量较小, 一旦浮顶沉没, 其值急剧上升, 与敞口油罐相同。

(7) 固定顶油罐壁和罐顶受辐射热通量的大小与油罐间距有关。当油罐间距为 $0.75D$, 但不大于 20m 时, 罐顶和罐壁的热通量与油罐大小的关系如下:

$$H/d > 0.5 \quad Q_C > Q_K$$

$$H/d = 0.5 \quad Q_C \approx Q_K$$

$$H/d < 0.5 \quad Q_C < Q_K$$

H ——油罐高度;

d ——油罐直径;

Q_C ——油罐壁的热通量;

Q_K ——油罐顶的热通量。

(8) 着火油罐对相邻油罐的热辐射强度与油罐间距和相邻油罐油面高度的关系见表 1-3。

表 1-3 不同油罐间距和油面高度热辐射强度

条 件	H_L/m	$q_C/(\text{W}\cdot\text{m}^{-2})$			$q_K/(\text{W}\cdot\text{m}^{-2})$		
		最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
$d(0.5H)$	0.18	2900	2200	1267	420	10	110
$0.75d(0.9H)$	0.036	4500	4100	2148	600	50	220
$0.75d(0.75H)$	0.09	4500	3500	1990	600	50	220
$0.75d(0.5H)$	0.18	4500	2700	1762	600	50	220
$0.75d(0.25H)$	0.27	4500	2000	1541	600	50	220
$0.5d(0.5H)$	0.18	6800	2500	2150	2000	130	689
$0.25d(0.5H)$	0.18	9000	1500	2093	5000	23	1549

注: d —油罐直径; H —油罐内油面高度; H_L —油罐内油气空间高度;

q_C —油罐壁热辐射强度; q_K —油罐顶热辐射强度。

(9) 根据试验结果表明, 油罐上安装的呼吸阀受热辐射强度大小与呼吸阀大小无关, 与受热辐射的时间和油品自燃点有关, 其关系式如公式 (1-7)。

$$q = 250 T_B t^{-0.35} \quad (1-7)$$

式中 q ——受热辐射最小强度;

T_B ——油品自燃点;

t ——受热辐射时间。

1-5 油罐防火堤内油品燃烧特性

为了防止地上或半地下油罐一旦发生燃烧爆裂时油品向外流淌, 在油罐周围设立防火堤, 是防止油罐燃烧扩大的安全设施。根据规定, 油罐防火堤的建设应符合以下要求。

- (1) 防火堤应采用非燃烧材料建造;
- (2) 防火堤应能承受所容纳油品的静压力;
- (3) 严禁在防火堤上开洞;
- (4) 防火堤的实际高度应比计算高度高出 0.2m;
- (5) 立式油罐的防火堤实高不应低于 1m, 但不宜高于 1.6m。卧式油罐的防火堤实高不应低于 0.5m;
- (6) 立式油罐至防火堤内坡脚线距离, 不应小于罐壁高度的一半。卧式油罐至防火堤内坡脚线的距离, 不应小于 3m。

当油罐燃烧爆炸时会造成油罐破裂或管路泄漏的油品流入防火堤内, 油品在防火堤内形成敞口燃烧。当少量油品流入防火堤内, 地面上形成一层薄的油层, 油层就会很快烧尽, 火焰成矩形, 火焰高度不高。但是当大量油品流入防火堤内, 堤内就会积存大量油品, 油品燃烧火焰就会增大, 燃

烧油品形成的火焰半径可以参考公式 (1-8) 计算。

$$R = S/\sqrt{\pi} \quad (1-8)$$

式中 R ——火焰半径, m;

S ——防火堤内宽度, m;

π ——常数。

燃烧油品火焰高度可参考公式 (1-9) 计算。

$$H = 3R \quad (1-9)$$

式中 H ——火焰高度, m;

R ——火焰半径, m。

受热面的辐射强度由公式 (1-10) 计算。

$$E = R_f \cdot C \quad (1-10)$$

式中 E ——受热面的辐射强度;

R_f ——辐射系数;

C ——火焰的形态系数。

辐射系数 R_f 参见表 1-4。

表 1-4 辐射系数 R_f

名 称	辐射系数/ ($\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
原 油	42
汽 油	58
苯	62
液化天然气	76
己 烷	85
丙 烷	99
乙 烯	134

R_f 值可参考公式 (1-11) 计算。

$$R_f = 2.54 \times 10^{-8} \rho H_c^2 / H_v \quad (1-11)$$

式中 R_f ——辐射系数, $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;

ρ ——燃烧液体密度, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$;

H_c ——燃烧热, $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$;

H_v ——在沸点下的蒸发热, $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

火焰的形态系数可参考公式 (1-12) 计算。

$$C = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{A - 2n}{n \sqrt{A \cdot B}} \times \right. \\ \left. \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] \right\} - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{n-1}{n+1}} \right) \quad (1-12)$$

式中 C ——火焰的形态系数;

m —— H/R ;

n —— L/R ;

A —— $m^2 + (1+n)^2$;

B —— $m^2 + (1-n)^2$;

L ——由火焰中心到受热面的距离, m 。

渗漏入防火堤内的油品, 由于防火堤内的地面材质和渗透性不同, 同样的油品, 在防火堤内燃尽的时间亦不同。见表1-5。

表 1-5 防火堤内油品燃尽时间

防火堤内地面材料	油品在堤内地面上燃尽时间/min	
	柴 油	机 油
混凝土地面	16.8	50.7
沥青地面	24.7	52.7
泥土地面	27.3	59.3

由表 1-5 可知, 低粘度的柴油在混凝土地面上燃尽时间已超过一些金属结构耐烧极限范围。因此防火堤内的管线、管件、阀门易受火焰影响, 所以在防火堤内的管线应尽

量减少接口，接口应采用焊接接合，阀门宜安装在防火堤外为好。

防火堤内油品燃烧的热辐射强度对于扑救火灾的消防人员有着直接的危害性，因此应进行快速灭火，降低其辐射强度，以利于救火。火焰的辐射强度对人体的危害程度见表1-6。

表 1-6 热辐射强度对人体的危害程度

辐射强度/ ($\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	暴露时间/s	危害程度
1.3	长时间	人体是安全的
5.9	10	感到极度痛苦
3.3	20	
2.8	30	
2.1	40	
11	10	产生火燎泡
6.4	20	
5.0	30	
12	480	木材着火

1-6 含水原油及重质石油产品燃烧特性

含水原油及重质石油产品的燃烧速度开始较低，而经过一段时间之后突然增大，增大到一定值后，趋向于稳定。含水原油及重质石油在燃烧过程中，燃烧油面的下部油层被加热，油品内所含的水也被加热，因此造成储存在油罐内的含水原油及重质石油产品燃烧时发生沸溢现象。

含水原油及重质油品发生沸溢现象原因是油层内部被加

热的速度比油品表面燃烧的速度大 2~4 倍，油层很快被加热，经过一定时间之后，在油品和水的分界面上的温度达到 100~140℃ 时就会产生一种膜状沸腾，由于重质石油产品的粘度和表面张力都很大，在分界面容易形成蒸汽膜，这种膜将水层隔离了一定时间之后油品受到强烈过热，迫使油罐底部的水突然转化为蒸汽，就形成超过油品粘度和燃烧油品液面高度的液柱压力。蒸汽泡从分界层开始穿过油层向上冲出。这时油品温度达到 150~300℃，开始从上层突然转入下层与水接触，强烈过热的油品与油罐底部水层接触，引起水爆炸性的沸腾，同时油罐底层的水在极短时间内形成大量蒸汽向外排出，这样就促使油品发生沸溢。

含水重质油品燃烧时发生沸溢的外部特征通常是在燃烧加剧之前，火焰颜色要比开始燃烧时更加鲜明，火焰高度增加，这时油气和空气的混合气燃烧更加完全，同时发出沸腾时特有的声音，并出现波浪式流动的白色烟雾。

由实际观察得知，燃烧的重质油品发生沸溢与喷溅时，能将燃烧的油品喷溅到 70~120m 以外，在顺风方向可达 150m，喷出火柱高度可达 80m，这就使火灾的范围扩大，造成更严重的损失。原油及重质油品的油罐火灾的辐射热虽然比汽油小，但沸溢时的辐射热通量要高于沸溢前数十倍，给火灾的蔓延和消防工作的安全都带来极大危险，因此要采取可靠措施，以防止沸溢和喷溅的发生。

采取措施有：①事先将含水原油及重质油品进行脱水处理；②含水原油及重质油品燃烧时，设法将罐底水层排出；③含水原油及重质油品燃烧时，应在发生沸溢之前进行扑救，加强对着火油罐的冷却。

原油开始沸溢时间可按公式 (1-13) 计算。

$$T = \frac{H - h}{W_0 + V} \quad (1 - 13)$$

式中 T ——开始沸溢的时间, h;

H ——油层总高度, m;

h ——水层高度, m;

W_0 ——原油燃烧速度, m/h;

V ——原油被加热的速度, m/h。

汽油、煤油等轻质石油产品燃烧速度大而又稳定, 油品粘度低, 虽然燃烧油品的油面被加热到沸点, 而燃烧油面以下的油层被加热的深度不大, 根本不会发生沸溢现象。

重质油品燃烧时, 在燃烧过程中所发生的沸溢和喷溅现象二者是不同的, 它们之间又有密切关系, 不产生沸溢现象也就不会产生喷溅。一般情况下, 先发生沸溢后发生喷溅。但有时也会只发生沸溢, 应视着火油品的条件而决定。

对扑救重质油品油罐火灾时, 应特别注意防止外界灭火用水进入油罐, 这样容易发生油品喷溅, 造成更大危害, 更容易造成人员伤亡, 又扩大了火灾, 给灭火带来困难。因此在扑救重质油品火灾时, 消防人员应特别注意沸溢和喷溅的发生, 必须在思想上有足够的准备, 必须在燃烧油品发生沸溢之前, 将火熄灭。

1-7 非金属油罐油品燃烧特性

非金属油罐一般是钢筋混凝土结构或砖石水泥结构。油罐容量可由几百立方米到上万立方米, 以储存原油及重油为主。这种结构的油罐火灾与金属油罐火灾有所不同。

从多例非金属油罐火灾中分析, 爆炸多于着火, 其中爆