



高等学校适用教材 安全工程高级人才培养教材

安全工程

燃烧爆炸理论与技术

崔克清 主编

 中国计量出版社
CHINAMETROLOGY PUBLISHING HOUSE



五区

高等学校适用教材
安全工程高级人才培养教材

安全工程燃烧爆炸 理论与技术

崔克清 主编

中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

安全工程燃烧爆炸理论与技术/崔克清主编. —北京:中国计量出版社,2005.12

高等学校适用教材.安全工程高级人才培养教材

ISBN 7-5026-2261-6

I. 安… II. 崔… III. ①燃烧理论—高等学校—教材②防爆—安全技术—高等学校—教材 IV. 0643.2②X932

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 141271 号

内 容 提 要

本书论述安全生产领域的燃烧爆炸理论和技术。主要内容有:燃烧理论与技术;各种工业过程及装置的燃烧爆炸事故灾害;燃烧爆炸过程的热化学理论与技术;燃烧爆炸物质危险性原理及测控技术;爆炸变换机理与变换状态;热爆炸与热分解爆炸;爆轰理论及燃烧向爆轰转变;事故后果及爆炸能量分析;爆炸波运动与爆炸参数变换等。

本书可作为化工、石油、冶金、建材、制药和生物工程等安全生产领域的工程技术人员的指导书,也可作为相关大专院校安全工程专业的适用教材。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010)64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787 mm×1092 mm 16 开本 印张 29.75 字数 680 千字

2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷

*

印数 1—3 000

定价: 52.00 元

本书的编写不需要到本领域里去“取经”，而是要到本领域里去“取经”。本书的编写不需要到本领域里去“取经”，而是要到本领域里去“取经”。



前言



《安全工程燃烧爆炸理论与技术》是作者主编的“安全工程高级人才培养教材”（系列书）的组成部分。“安全工程高级人才培养教材”（系列书）陆续出版发行。该系列书全面收集和总结了几十年来工业生产过程，特别是化工、石油化工、冶金化工、制药工业、生物工程、建材工业等为代表的流体工业生产体系安全生产领域的经验和知识，吸取了国外的经验和教训，国内 20 余位有很高学术理论水平和丰富经验的专家、教授和学者做出了极大的努力，博览历史，了解世界，分析过去，总结现在，为该系列书的编写克服种种困难，汇集几十年来积累的知识和经验，调用现代信息工具，查阅大量资料，结合教学、科研和社会实践，伏案整理写作，反复修改，最终完成该系列书的编写工作。

该系列书的内容涵盖了安全工程与科学基础理论及概念、燃烧爆炸理论与技术、物质危险性原理及测控技术、化工工艺及过程安全、化工安全设计、工业系统安全评价及风险分析、安全工程实验与鉴别技术、化工单元运行安全技术、灾害事故理论与分析技术、管道及压力容器安全技术、电气与静电安全技术、工业危害与控制技术等，其内容之广泛，结构之系统都是我国建国以来仅有的。该系列书是这些专家、教授、学者辛勤劳动心血的结晶，是他们共同合作的丰硕成果，是他们学识和智慧的总结。《安全工程燃烧爆炸理论与技术》是目前我国安全生产领域以及高等学校教学、科研、实验过程急需的一门专业技术和系统知识。但是，由于安全工程以及安全生产领域所涉

及的燃烧爆炸理论与技术浩瀚复杂，有许多理论与技术还需要不断的研究总结，因此这本书所涉及的安全工程领域燃烧爆炸理论与技术只是一次初步的尝试。

这本书作为系列书的组成部分，出版发行后，一定会为我国经济建设中培养安全技术与工程高级人材，特别是会为化工、石油化工等工业体系培养安全技术与工程高级人材做出贡献。

作者

2005年8月

目 录

第一章 燃烧理论与技术	(1)
第一节 燃烧及燃烧危险	(1)
第二节 燃烧过程	(2)
一、火三角	(3)
二、物质的自燃现象	(5)
三、油的燃烧	(6)
四、原油的热波特性	(8)
五、氢气燃烧的性状	(11)
六、烃类燃烧特性	(11)
第三节 燃烧(爆炸)反应形式	(13)
第四节 闪点、燃点、自燃点	(28)
一、闪点	(28)
二、燃点	(28)
三、自燃点	(29)
四、常见的几种闪点、燃点、自燃点的测定方法	(30)
第五节 燃烧理论	(38)
一、活化能理论	(38)
二、过氧化物理论	(38)
三、链锁反应理论	(39)
四、各种火焰结构理论的评述	(40)
第六节 燃烧速度及热值	(41)
一、气体燃烧速度	(41)
二、液体燃烧速度	(43)
三、固体物质的燃烧速度	(44)
四、热值与燃烧温度	(44)
第七节 气相燃烧系的临界条件及最小点火能量	(45)

一、气相燃烧系发火、传播条件	(46)
二、气相燃烧系的最小点火能量	(46)
三、最小点火能量的测量方法	(46)
四、可燃性气体以及蒸气—空气系的最小点火能量	(48)
五、难燃性气体及蒸气—空气系的最小点火能量	(52)
六、可燃性粉尘—空气系的最小点火能量	(52)
七、分解爆炸性气体的最小点火能量	(55)
第八节 火焰蔓延极限与燃烧极限理论	(56)
一、火焰蔓延极限	(56)
二、燃烧(爆炸)极限理论	(57)
第二章 燃烧爆炸事故灾害	(86)
第一节 工业燃烧火灾	(86)
一、油池火灾	(86)
二、泄漏火灾	(101)
三、富氧火灾	(128)
第二节 工业装置爆炸过程分析	(132)
一、高压(液化)气体爆炸灾害	(133)
二、液体膨胀及液相气化引起的爆炸	(134)
三、液化气体(物理蒸气)高温饱和液体爆炸	(140)
四、沸腾液体膨胀气化爆炸(BLEVE爆炸)	(140)
五、可燃气体(蒸气)与无约束蒸气云爆炸	(147)
六、热爆炸、热分解爆炸	(148)
七、凝聚相爆炸物爆炸	(150)
八、工业装置爆炸灾害一般模式	(151)
九、工业装置爆炸事故常见模式	(155)
第三章 燃烧爆炸过程的热化学	(158)
第一节 爆炸物爆炸热化学	(158)
一、化学反应的热效应	(158)
二、爆炸过程热量	(160)
第二节 燃烧热化学	(162)
一、失控放热反应	(164)
二、预混气燃烧	(166)
三、扩散火焰	(169)
四、燃烧爆炸动力学	(170)
第四章 燃烧爆炸危险物质(系)	(175)
第一节 爆炸危险物质(系)分类	(175)
一、燃烧爆炸危险物质(系)分类鉴别	(175)
二、炸药类、火药类爆炸物(系)	(181)

三、过氧化物(系)	(188)
第二节 可燃气体(蒸气)空气混合系	(190)
一、可燃气体空气混合系	(190)
二、可燃蒸气空气混合系	(191)
三、粉尘爆炸混合系	(192)
第三节 物质加工及反应系	(201)
第四节 相忌物系、混合危险物系	(207)
第五节 易燃、自燃与高压气体物系	(214)
一、易燃与自燃发火物系	(214)
二、高压(液化)气体物系	(217)
第五章 爆炸变换机理与变换状态	(223)
第一节 爆炸变化基本因素	(223)
一、爆炸变换过程热量	(223)
二、爆炸变换过程速度	(224)
三、爆炸变换过程气体	(225)
第二节 燃烧(爆炸)动力学分析	(225)
第三节 爆炸物爆炸变换方程	(228)
一、爆炸物(系)的氧平衡与氧系数	(229)
二、爆炸变化方程式的理论确定法	(231)
三、爆炸变化方程式的经验确定法	(235)
第四节 爆炸变换机理与状态	(239)
一、爆炸变换状态	(239)
二、凝聚相爆炸物爆炸变换机理与状态	(242)
第六章 热爆炸与热分解爆炸	(246)
第一节 热分解爆炸原理	(247)
一、热分解爆炸基本规律	(247)
二、热分解爆炸参数测定	(249)
三、爆炸物热分解的机理	(250)
四、热分解爆炸机理	(252)
五、爆炸物热分解爆炸变换方程	(253)
第二节 热分解爆炸	(259)
一、单一气体热分解爆炸	(259)
二、热爆炸和分支链爆炸	(260)
三、有机过氧化物分解爆炸	(264)
第七章 爆轰理论及燃烧向爆轰转变	(268)
第一节 爆轰理论	(268)
第二节 爆炸参数计算	(273)
一、混合气体爆炸参数计算	(273)

二、凝聚炸药爆轰参数的计算	(276)
三、爆轰参数的测定	(278)
第三节 燃烧转变	(288)
一、可燃气体混合物的燃烧转变	(288)
二、凝聚炸药的燃烧转变	(289)
三、燃烧转变为爆轰	(293)
第八章 触发能量和引燃能量	(302)
第一节 触发能量	(302)
一、触发能量的特点	(302)
二、工业过程常见触发能量	(302)
第二节 爆炸物的感度	(307)
一、爆炸物的热感度	(308)
二、爆炸物的机械感度	(314)
三、爆炸物的爆轰感度和冲击感度	(328)
四、爆炸物的静电放电感度	(332)
五、光起爆、激光起爆、爆炸线起爆	(335)
六、影响爆炸感度的因素	(339)
第三节 静电火花能量	(344)
一、静电特点分析	(344)
二、静电火花存在的可燃性混合物区域	(346)
三、静电火花引起的可燃性混合物燃烧或爆炸	(349)
四、气体中的放电机理	(353)
五、导体和电介质带电表面上静电放电	(354)
六、导体间的放电	(355)
第九章 爆炸能量	(356)
第一节 事故后果分析	(356)
一、泄漏事故后果分析	(356)
二、火灾事故后果分析	(367)
三、爆炸事故后果分析	(370)
第二节 爆热、爆温、爆压	(377)
一、化学反应的热效应	(377)
二、爆热	(379)
三、爆温和爆压	(390)
第三节 爆炸能量和爆炸强度	(394)
一、液化气体及高温饱和水的爆炸能量计算	(394)
二、化学爆炸能量	(398)
三、爆炸强度比较	(400)
第十章 爆炸作用	(404)

第一节 爆炸物操作破坏、做功及猛度	(404)
一、爆炸破坏形式	(404)
二、爆炸物爆炸破坏性	(405)
三、爆炸做功能力	(406)
四、爆炸物的猛度	(418)
第二节 爆炸冲击波	(423)
一、冲击波破坏作用	(423)
二、爆炸冲击波在介质分界面上的初始参数	(426)
第三节 空气中的爆炸作用	(431)
一、空气中爆炸的基本现象	(431)
二、空气中爆炸时冲击波参数的计算	(434)
第四节 爆炸扩散、殉爆与安全距离	(438)
一、爆炸产物的扩散与蔓延	(438)
二、殉爆和安全距离	(440)
第十一章 爆炸波运动与爆炸参数变换	(446)
第一节 冲击波理论及基本关系式	(446)
一、冲击波理论	(446)
二、冲击波基本关系式的建立	(449)
第二节 冲击波性质、阵面结构及自由传播	(454)
一、冲击波的性质	(454)
二、冲击波阵面的结构	(458)
参考文献	(460)

第一章

燃烧理论与技术

第一节 燃烧及燃烧危险

燃烧是放热发光的氧化反应。最初氧化这名词仅被理解为氧与物质的化合，而还原原则认为是物质之失去氧。但现在则被理解为被氧化物质之失去电子，而还原原则认为是被还原物质之得到电子。例如在氯化氢中，氯为一价，而氯从氢中取得一个电子，因此氯在这种情况下即为氧化剂。这就是说，氢被氯所氧化，并放出热和呈现出火焰。同样，当金属钠在氯气中燃烧时生成食盐，可以说钠被氧化而生成氯化钠。

一般来说，当说到燃烧时，就会想到木炭在空气中燃烧或者流出的可燃性气体在管口燃烧时的恒定发热现象。当说到爆炸时，首先想到密闭容器中的爆炸性混合气体或在火药类发生的破坏现象。燃烧和爆炸从反应的结果来看，没有什么差别，但是它们之间在外表上却有着显著的差异。这是因为燃烧与爆炸进行反应的方式，反应系物质的混合状态，反应系物质的移动状态等是不同的。

燃烧反应属于放热反应，有时发生在一种物质分解反应的场合下，但大多数是发生在两种物质之间，这时一种物质称为助燃性物质，另一种物质称为可燃性物质。燃烧反应是一种特殊的反应状态，反应的结果会引起放热、发光、产生压力和电离等现象。但是从宏观上讲，无论是燃烧或是爆炸都要经过下面两个过程才能够进行：

- 局部的急剧反应带的产生（发火过程）；
- 上述反应带向未反应部分传播（传播过程）。

发火过程是由于热、光、电（火花放电）、绝热压缩等从系统外部给予能量而产生的第一次活化过程；传播过程是由于发火过程给予能量，从而使局部发生的反应带（火焰）放出能量而引起第二次反应过程。这样，一旦引起发火，只要反应系继续存在，燃烧反应就自持地继续下去。燃烧反应除了特殊条件下的一些例外，一般不管发火方法如何，总是首先形成局部的急剧反应带，然后它再向着未反应部分自持地传播下去。因此，燃烧的扩展只有在某点的燃烧热很高，以致足够使邻近各层混合物热到燃点时，火才开始扩展。燃烧时的加热强度决定于反应时放出的热量及反应速度。燃烧的原始温度愈高，就愈增加了开始反应的强度，加速了放热，因而加强了燃烧过程。

可燃气体混合物的燃烧：

像氢、甲烷、乙炔等可燃气体与空气或氧的混合物，在一定条件下可以燃烧。

我们假设一装满可燃气体混合物的水平管中，用点火机构在管的一端点燃，起初极少量直接靠近点火处的混合气体着火并燃烧，火焰逐层地传播下去，这种情况如图 1—1 所示。

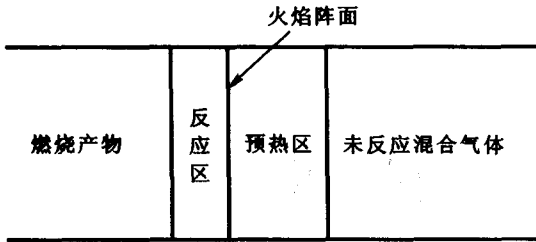


图 1—1 在可燃气体混合物中火焰传播的示意图

在燃烧过程中，火焰阵面沿管子移动，当反应到达管末端时，混合物全部反应完毕。火焰传播过程也就结束。

火焰传播的速度，首先与可燃混合物的物理化学性质有关。可燃混合物的化学反应速度愈快反应时放出的热量就愈多，则燃速愈大。可燃气体混合物的成分也影响燃速，如加入惰性无催化作用的附加物则降低燃速。另外混合物的导热性质、热容对燃速都有影响。

可燃气体混合物火焰传播的速度与外界压力有密切的关系。若在燃烧过程中环境压力保持一定，火焰以恒定速度传播，这样的燃烧过程称为火焰的正常传播，其速度称为火焰的正常速度。

火焰传播的过程是反应区以一定的速度沿着管子向未反应的混合气体移动的过程。在每一瞬间，尚未发生反应的区域和已经反应的区域被一狭窄的正在进行反应的混合物层隔开，这个混合物层就称为火焰阵面。由实践证明，火焰传播的每一瞬间，反应在靠近火焰阵面极薄的一层进行，而且在未反应区和火焰阵面前，还有一个极薄的加热层。

第二节 燃烧过程

一般可燃物质燃烧并非物质本身在燃烧，而是物质受热分解出的可燃气体在空气中燃烧。因此，可燃物质的燃烧多在气态下进行。

由于可燃物质的聚集状态不同，当其接近火源时变化也不同。气体最容易燃烧。其燃烧所需热量只用于本身的氧化分解，并使其达到燃点。液体在火源作用下，首先使其蒸发成蒸气，然后蒸气氧化分解进行燃烧。在固体燃烧中，如果是简单物质硫、磷等，受热时首先熔化，然后蒸发变成蒸气进行燃烧，没有分解过程。如果是复杂物质，在受热时首先分解为物质组成部分，生成气态和液态产物。然后，气态产物和液态产物的蒸气着火燃烧。

如木材在火源作用下，在 110℃ 以下只放出水分，130℃ 开始分解，到 150℃ 变色。在 150℃~200℃ 时分解，其产物主要是水和二氧化碳，不能燃烧。在 200℃ 以上分解出一氧化碳、氢和碳氢化合物，故木材的燃烧实际是从此时开始的。到 300℃ 时析出的气体产物最多，因此燃烧也最激烈。各种物质的燃烧过程如图 1—2 所示。从中可知，任何可燃物的燃烧必须经过氧化、分解和燃烧等过程。

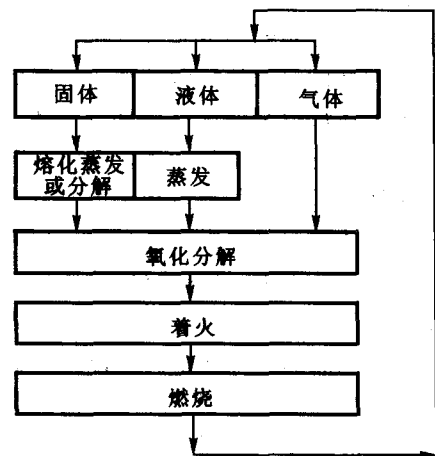


图 1—2 物质燃烧过程

木炭燃烧时没有火焰而木材燃烧时却有火焰，这是什么原因呢？因为火焰是能挥发出可燃性气体的物质在燃烧时产生的现象。木炭是木材干馏时除去挥发性物质（包括可燃性气体）后的产物，它的主要成分是碳，因而它受热时一般不逸出可燃性气体，所以它在燃烧时没有火焰。木材在燃烧时能分解出可燃性气体，所以就形成火焰。

物质在燃烧过程中，其温度变化是很复杂的。如图 1—3 所示。 $T_{初}$ 为可燃物开始加热的温度。最初一段时间，加热的大部分热量用于熔化，或分解，故可燃物温度上升较缓慢。之后到 $T_{氧}$ （氧化开始温度）时，可燃物开始氧化。由于温度尚低，故氧化速度不快，氧化所产生的热量尚不足以克服系统向外界放热，如果此时停止加热，仍不能引起燃烧。如继续加热，则温度上升很快。到 $T_{自}$ 氧化产生的热量和系统向外界散失的热量相等。若温度再稍升高，超过这种平衡状态，即使停止加热，温度亦能自行升高，到 $T'_{自}$ 出现火焰而燃烧起来。

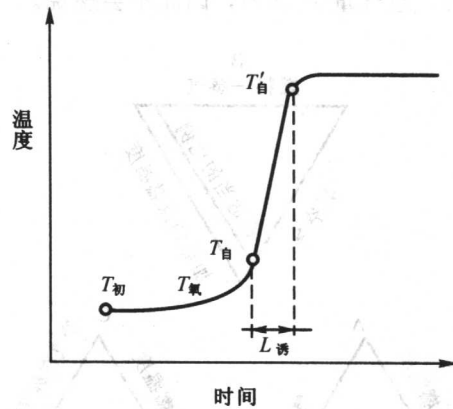


图 1—3 物质燃烧时温度变化

因此， $T_{自}$ 为理论上的自燃点， $T'_{自}$ 为开始出现火焰的温度，即通常测得的自燃点。 $T_{燃}$ 为物质的燃烧温度。 $T_{自}$ 到 $T'_{自}$ 这一段延滞时间称诱导期。诱导期在安全上有实际意义。

一、火三角

火三角的应用已有多年了，用它来说明引燃和继续燃烧的要素是由燃料（蒸气），空气（氧气）和热（至发火温度）所组成（见图 1—4、图 1—5）。

强调下一事实是极为重要的：即为了达到引燃和燃烧，燃料（蒸气）或液雾、或固体粉末必须处于分散状态并与空气以适当的体积分数混合，使之极易形成蒸气状态混合物。例如，在密闭罐内汽油表面附近的蒸气空间存在燃料（蒸气），而且，当静电火花从表面电荷跳至罐体时，无疑也存在着空气（氧气）和引燃温度。

然而并没有发生火灾，这是由于空气体积百分数远远低于 94%。

利用火三角说明根据什么物质在燃烧来确定消防的需要时，则仅与两条边有关。在防火当中，引燃温度或引燃源是重要的。而在灭火当中，三角形引燃温度或引燃源这一边是无可作为的。燃烧已经开始，反应在进行着，只有用除去或缩小三角形的其他两边或一边，才能使燃烧停止。

有时说灭火至少要把三角形一边消灭，从技术上说这是不正确的。只有打破特定物料蒸气和空气的比率使其在可燃范围之外，火才能够被扑灭。这可以通过缩小氧气空气边或缩小燃烧蒸气边来完成。当这两条边的任一条被消除或缩得足够短，则第三边也就随之消失。

如果火三角应用于特定的物料或油品，并把两边画成氧气—空气和燃料—蒸气体积百

分数的刻度，应用起来可能更为方便。

假如三角形三边相等，这样会得出空气 50% 和油蒸气 50%。这一数字对任何一种易燃的石油液体或气体的空气与蒸气混合物都表明是油蒸气太多而空气量太少。在常温下的汽油罐内，在接近液体的表面处，通常蒸气约为 25%，空气约为 75%，仍然是蒸气多出 19%，空气量少 19%，因此不会燃烧。

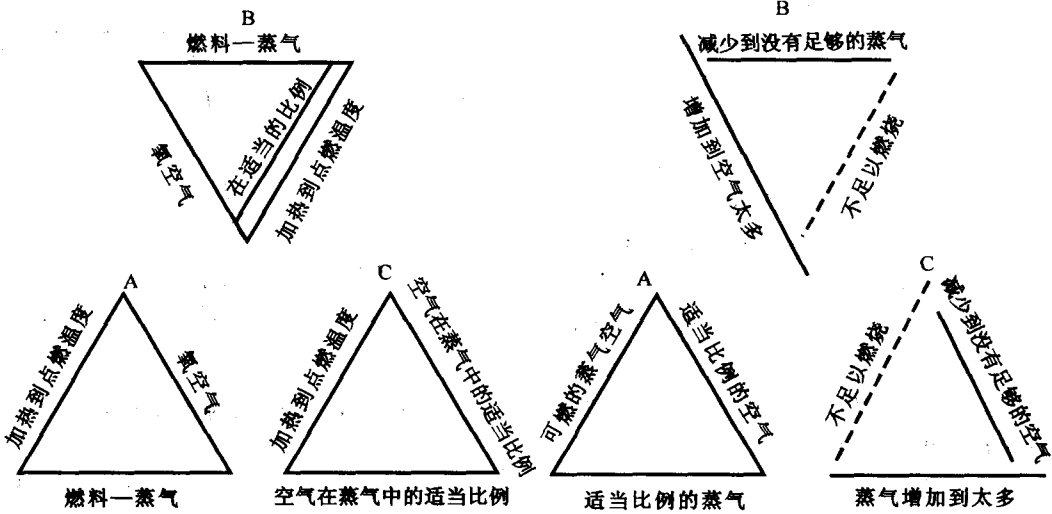


图 1—4 火三角 (1)

图 1—5 火三角 (2)

由于石油液体通常的易燃范围为 1%~7% 蒸气和 9%~93% 空气的混合物，石油气体的易燃范围则为 1.9%~9.5% 的蒸气与 98.1%~90.5% 空气混合物，因而石油气体的易燃范围氧气——空气一边较液体石油为小，为了灭火，氧气——空气一边对液体石油应降至 93% 以下，对各种石油气则应降至 90.5% 以下，或者在燃料蒸气一边对液体降至 1% 以下，对气体降至 1.9% 以下。

一种油品的燃烧速度决定于使该油品蒸出蒸气，并与空气达到可燃范围的蒸气压的大小。空气（氧气）进入这一混合物越快，则燃烧也将越快，并且越难打破这一可燃范围。

某些油品较易于降低其发生蒸气的速率，使其低于可燃混合物所需的量。这决定于物料的闪点和蒸气压以及这种火灾是封闭性火灾还是非封闭性火灾。

为了灭火的目的，应得知蒸气压，以使用来判断是采用降低蒸气量还是降低空气量来更快地达到灭火的目的。

从汽油的蒸气压 $0.49 \sim 1.05 \text{ kg/cm}^2$ (7~15 磅/英寸²) 明显地看出，不能单独用冷却的方法，即降低蒸气压至 0.013 kg/cm^2 (0.18 磅/英寸²) 或降低温度至 -42.78°C 以下的方法来把火扑灭。通过翻动较冷的汽油至其表面，发生蒸气的速率可以降低，火焰也可以减小，但不能把火扑灭。

火的最终扑灭需要降低蒸气空气可燃混合物中的空气量至 93% (体积) 以下。对大油罐可以用化学泡沫剂覆盖的办法阻止空气与蒸气混合，对小罐则可以用惰性物质或惰性气体，例如干粉灭火剂稀释的方法。

二、物质的自燃现象

自燃现象可分为受热自燃和与本身自燃两种。

1. 受热自燃

可燃物质不与明火接触，在外部热源作用下，使温度升高，当达到其自燃点时，即着火燃烧，这种现象称为受热自燃。

可燃物质与空气一起被加热时，首先开始缓慢氧化，氧化反应产生的热量使物质温度升高，同时也有部分散热损失。若物质受热少，则氧化反应速度慢，反应所产生的热量小于散热损失量；当反应所产生的热量超过散热损失量，温度即升高，而达到它的自燃点。

一些可燃物质的自燃点参照附录。

2. 本身自燃

某些物质在没有外来热源的作用下，由于物质内部所发生的化学、物理或生化的过程而产生热量，这些热量在适当条件下会逐渐积聚，使物质温度上升，达到自燃点而燃烧。这种现象称本身自燃或自热燃烧，受热自燃与本身自燃的主要区别在于热源不同。

能引起自燃的物质是非常危险的，故在储存和使用时必须加强管理，经常检查。能引起自燃的物质有植物类、油脂类、煤、硫化铁及其他化学物质。

(1) 植物类

植物产品如未充分干燥的干草、湿木屑等的自燃，是由于生物作用而引起的。由于水的存在，植物细菌的活动所放出的热量，在散热条件不良时，热量逐渐积聚而使温度上升，当达到 70°C 后，植物产品中的有机物便开始分解而析出多孔性碳，再吸附氧气继续放热，最后使温度提高到 $250^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 而自燃。木材在常温下不能自燃，但从外部加热到 $130^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 左右后，亦能因分解、吸附与氧化的作用而逐渐提高温度到自燃点，所以靠近烟道的木梁和楼板在通风不良的情况下是有危险的。

(2) 油脂类

油脂类自燃主要是由于氧化作用所造成，但与所处条件有关。油脂盛于容器中或倒出成薄膜状时不能自燃。但如浸渍在棉纱、锯屑、破布等物质上，形成很大的氧化表面时，则能引起自燃。油脂的自燃能力与不饱和程度有关，不饱和的植物油如亚麻油等具有较大的自燃可能性，动物油次之，矿物油一般不能自燃。

(3) 煤

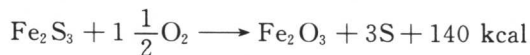
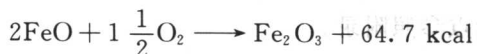
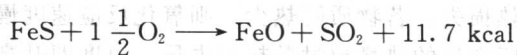
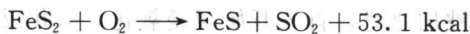
煤的自燃是由于其氧化与吸附作用的结果，尤以前者为主，煤中含不饱和化合物越多越易自燃。故烟煤易自燃而焦炭是不能自燃的。烟煤的粉碎程度越高，氧化与吸附表面越大，则越易自燃。煤中含水分多，可促使其中所含的硫化铁氧化生成体积疏松的硫酸盐，使煤松散，或暴露的表面更多，也容易自燃。此外煤的贮存条件，对自燃也有很大影响，故煤堆不能堆得过高、过大、过久，要定期翻动，以利散热。

(4) 化学物质

化学物质的自燃可分为三种情况：

① 与空气接触能着火的物质。如黄磷、磷化氢、硅化氢、锌粉、铝粉、金属硫化物 (FeS, Fe₂S₃, K₂S, CaS) 炭黑、某些金属有机物等, 这类物质最危险。现以硫化铁为例说明如下。

铁的硫化物极易自燃, 其中最危险的是设备受腐蚀后生成的硫化铁 (FeS 与 Fe₂S₃), 在硫化染料、二硫化碳、石油产品及某些气体燃料的生产中, 由于硫化氢的存在, 使铁制设备或容器的内表面腐蚀而生成一层硫化铁。如容器或设备未充分冷却便开放, 则与空气接触, 便能发生自燃。如有可燃气体存在, 则可形成火灾爆炸事故。硫化铁类自燃的主要原因是在常温下发生 (与空气) 氧化。其主要反应如下:

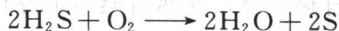


在化工厂中由于硫化氢的存在所以生成硫化铁的机会较多如:

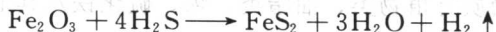
设备腐蚀(常温下)



高温下, 310°C 以上



300°C 左右



② 与水接触能着火的物质。如碱金属 (钾、钠)、碳化钙、硅化镁等。由于它们遇水后能生成与空气接触能自燃的物质, 或产生高温与可燃物而引起燃烧。

③ 与有机物混合后能着火的物质: 如硝酸、过氧化钾、过氧化钠、高锰酸钾、氯酸盐、过氯酸盐、重铬酸盐、漂白粉等。其主要特点是产生高温、引起有机物燃烧。

有效的防火和灭火取决于两个因素: ① 物质引燃条件的认识。② 一旦物质被引燃后, 它是怎样燃烧的。

所有的物质都具有某些共同的特性——即只有当它们变为蒸气或粉碎成分散的粉末, 并与氧气以某种形式和适当的体积比例混合并引入火焰才能燃烧。在绝大多数情况下, 氧气都来自空气。

三、油的燃烧

石油及其产品只有当其蒸气与空气中的氧气以适当体积比例混合并引入火焰才能燃烧。这一点使人们相信灭火的唯一途径, 就是打破体积百分比——打破平衡。在石油及其产品的具体条件下, 蒸气在空气中比例范围是狭窄的, 因此容易使其达到不平衡以防止引燃, 假如正在燃烧, 可能更容易使其不平衡而将火熄灭。

只有一种东西是共同的——所有的原油都由各种不同的烃类所组成。对于这些烃类分类的主要指标是它们的沸点、沸程、闪点和蒸气压。

为了更好地了解原油的燃烧特性, 下列一些物理性质的知识是必不可少的。

“初沸点”是在一个开口的容器内，在海平面大气压下，原油中最轻的烃类离开油的主体变成蒸气的温度。

“终沸点”是原油中最重的烃类蒸发的温度。由于大部分原油的终沸点高于其燃点，因而测定其终沸点必须在减压下进行。

“沸程”是不同比重和不同沸点的所有馏分转变为蒸气或气体的最低和最高温度的范围。闪点最低的原油仍含有最重的和较少挥发性的馏分，因此就将具有最宽的沸程。各种醇类、芳烃和醛类只有沸点而无沸程。

“着火”温度是使特定油品的蒸气或特定物质的分散粉末适当地与空气混合（即在其燃烧极限）后，为供给足够热量使其引燃所需要的最低温度。注意：每一种烃或石油的雾末微滴必须为空气所包围生成在燃烧范围之内的混合物，并需有足够的热量以产生火焰，而火焰的大小必须足以跨越空气间隙并通过定量的悬浮的蒸气或雾沫进行传播，才能引燃。

“燃点”是一种油品蒸出足够的蒸气使之在其表面上引燃，并在引燃后至少 5 s 之内能保持继续燃烧的最低温度。某些油品的燃点仅比其闪点高 2.78℃ (5°F)，而另一些油品则高得多。

“闪点”是一种油品蒸出足够的蒸气与空气形成易燃混合物，当遇到点火源时，此混合物可以在表面闪燃的最低温度。闪点是在规定的试验室条件下测定的，通常低于液体的燃烧温度。“高闪点”这一术语，通常指油品的闪点高于环境温度或其贮存温度。“低闪点”是指油品的闪点低于环境的或贮存的温度。

“爆炸范围”是指可燃性蒸气或气体在空气中的混合物的各种浓度（通常以蒸气对空气的体积百分数表示），当此种混合物引燃后，将发生火花或火焰的传播。此范围的最低百分数是爆炸下限。把在爆炸范围内的混合物封闭和点火，则导致爆炸。注意：汽油的正常爆炸极限为 1%~6%蒸气与 94%~99%空气（体积）混合。

“轻组分”是油品沸程中沸点最低的很少一部分烃类组分。

“重组分”是油品沸程中沸点最高的很少一部分烃类组分。

“比重”是一种物质和等体积的水的重量比。当它应用到石油产品中，美国在习惯上取 15.5℃ (60°F) 温度下油与水的重量比。因此，比重通常标明“比重 60/60°F”。

“比重指数 (API°)”是油品按上述定义的比重的数学函数。其关系按下式计算

$$\text{API}^\circ = \frac{141.5}{\text{比重 } 60/60^\circ\text{F}} - 131.5$$

某些原油可能含有少量的轻组分和少量的中间沸程的烃类，但主要是以低比重指数（低 API）和高沸点的烃类组成。因此，比重指数低的原油的闪点可能也是低的。但大部分情况下常常是比重指数非常低的原油具有高的闪点。

“蒸气压”是一种物质蒸发的倾向。一种液体在其沸点下的蒸气压等于环境大气压的绝对压力。雷诺蒸气压是特定的油品经 37.8℃ (100°F) 为基准计算出来的。

往往以为原油的闪点较低其蒸气压会较高，这不一定正确。一种原油只要有少量极轻烃类就可能具有很低的闪点，但其蒸气压却很低。然而，对高闪点的原油，这一规律是正确的。这种油通常实际上并没有蒸气压或是不足以在其液面上提供达到可以着火状态的蒸气。