

建筑消防设施专项工程 设计施工指南

主编 徐明吉 亓延军

黄河出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑消防设施专项工程设计施工指南/徐明吉, 亓延军主编. — 济南: 黄河出版社, 2002. 6

ISBN 7-80152-390-3

I. 建… II. ①徐…②亓… III. ①房屋建筑设备: 防火系统—建筑设计②房屋建筑设备: 防火系统—工程施工 IV. TU892

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 037081 号

责任编辑 孙海燕
封面设计 演一文化

书名 建筑消防设施专项工程设计施工指南
主编 徐明吉 亓延军
出版 黄河出版社
发行 黄河出版社发行部
(济南市英雄山路 19 号 250002)
印刷 济南市新华印刷厂
规格 880×1230 毫米 16 开本
16 印张 341 千字
版次 2002 年 6 月第 1 版
印次 2002 年 6 月第 1 次印刷
印数 1—5000 册
书号 ISBN7—80152—390—3/T·010
定价 45.00 元

前 言

为了适应建筑消防设施专项设计、施工专业人员的培训，我们编写了《建筑消防设施专项工程设计施工指南》。本书主要依据国家工程建设消防技术标准，结合建筑消防设施工程专业设计、施工工作实际，系统地阐述了燃烧及火灾基础理论、建筑防火基本要求及自动消防设施设置与施工的各项要求。在编写过程中，我们结合当前我国建筑消防设施的实际情况及使用状况，尽量做到联系实际、可操作性强、通俗易懂，力求对建筑消防设施工程专业设计、施工、检测、监理及公安消防监督人员有所指导。本书既是建筑工程消防设计、施工、检测、监理人员消防培训必备教材，又是公安消防监督人员进行消防设计审核、验收的必备工具书。

本书共分三部分，第一部分第一至七章由徐明吉同志撰写；第二部分第一至四章由董新明同志撰写，第五至七章由王海港同志撰写，第八章由徐泉林同志撰写，第九章由亓延军同志撰写；第三部分第一章第一至四节由吴永清同志撰写，第五、六节由刘文同志撰写，第七节由李智勇同志撰写，第二章第一至六节由赵锐同志撰写，第七、八节由尹进财同志撰写，第三章第一、二节由黄凤梅同志撰写，第三节由苏伟同志撰写，第四至七节由亓延军、黄凤梅、何振勇同志撰写，第四章由王忠同志撰写。

本书编写过程中，参考了公安部消防局编写的《公安消防监督员业务培训教材（建审部分）》等有关书籍和资料，得到了各级领导和有关单位热情鼓励和支持，山东省公安厅消防局张铭德局长为本书作了序，防火部秦洪水部长审阅了本书并提出了很多很好的建议，山东建筑工程学院环境工程系副主任、副教授张克峰同志对本书进行了审阅，在此对所有关怀支持该书编写出版的领导和有关单位一并表示感谢。

由于编者水平有限，不足之处在所难免，诚望读者批评指正。

编者

二〇〇二年三月

序

近年来，随着我国改革开放的逐步深入，我国社会和经济快速发展，人民物质文化生活水平不断提高，但在社会物质财富迅猛增长的同时，由于新工艺、新材料、新技术的不断涌现，高层建筑、各类公共建筑大量兴建，用火、用电、用气日益广泛，引发火灾的因素越来越多，火灾发生后控制和扑灭的难度越来越大，易发生群死群伤恶性火灾事故，给人民生命和财产造成巨大损失。加强对火灾的预防和控制，提高建筑消防设施的设计、施工水平，保障建筑消防设施的正常运行，增强各类建筑抗御火灾的能力，已是当务之急。

在各类火灾事故中，建筑火灾始终占着很大比重，预防建筑火灾也是我们防火工作的重要内容。而建筑消防设施是保障建筑免遭火灾危害的重要技术措施，是建筑消防安全的重要保障，建筑消防设施能否严格按照国家标准进行设计、施工，决定着建筑消防设施质量的优劣和建筑消防安全程度的高低，直接关系到国家财产和人民生命安全，因此做好建筑的消防安全工作，必须严格把好建筑消防设施专项工程设计、施工及验收关，这是做好建筑消防安全工作的前提。同时，消防工作是一项科学性、社会性很强的全民性的事业，只有普及消防科学技术知识，提高全民消防安全意识，才能有效地预防和减少火灾的发生。为使消防设施工程专业设计、施工、检测、监理等技术人员系统了解和掌握现代建筑消防设施的基本原理、设计、施工安装和维护的技术要求，省公安厅消防局高级工程师徐明吉、亓延军共同主编了这本书，编写过程中坚持理论与实践相结合的原则，注重实用性和可操作性，是培训消防设施专项工程设计、施工人员的一本好教材，也是建筑工程检测、监理、操作维护人员必不可少的工具书，对公安消防监督人员、教学单位也有一定的参考价值。相信这本书的出版，对于做好建筑设计、施工等人员的消防技术培训，普及建筑消防设施的专业消防知识，提高建筑消防设施的设计施工水平，保障各类建筑的消防安全是一个有力的推动。

目 录

前言	1
序	1
第一部分 物质燃烧基本知识	1
第一章 燃烧的基本条件	1
第二章 燃烧的种类	3
第三章 物质燃烧过程及特点	11
第四章 热传播与建筑火灾的蔓延途径	12
第五章 燃烧产物及其毒性	13
第六章 火灾定义及其分类、等级	16
第七章 防火灭火的基本原理	17
第二部分 建筑工程防火	20
第一章 建筑材料的燃烧性能及分级	20
第一节 建筑材料的分类	20
第二节 建筑材料的燃烧性能	20
第三节 建筑材料的燃烧性能分级	20
第二章 建筑构件的燃烧性能及耐火极限	21
第一节 建筑构件的燃烧性能	21
第二节 建筑构件的耐火极限	21
第三章 建筑物的耐火等级	23
第一节 建筑物的耐火等级的划分基准和依据	23
第二节 建筑物耐火等级的选定条件	23
第三节 火灾危险性分类	24
第四节 建筑物的耐火等级、层数和占地面积的选择	25
第四章 总平面布局和平面布置	28
第一节 建筑工程总平面布置的一般防火设计要求	28
第二节 防火间距	32
第三节 消防车道	47
第五章 建筑物的防火分区和防烟分区	49
第一节 防火分区和防火分隔物的作用及防火分隔物的种类和构造要求	49
第二节 水平防火分区划分的基本原则	53
第三节 竖向防火分区的划分	60
第四节 防烟分区及防烟分区设备	63
第五节 防烟分区的划分与设置及防烟设计	64
第六章 安全疏散	65
第一节 安全疏散出口数量、安全疏散宽度、安全疏散距离及计算方法	66
第二节 安全疏散设施	71

第七章 建筑通风、空气调节系统防火及建筑物防排烟设施	81
第一节 建筑通风、空气调节系统的防火措施	81
第二节 建筑防烟、排烟系统设计	87
第八章 厂房和仓库的防爆	104
第一节 工业企业发生爆炸的特点及危害	104
第二节 《建筑设计防火规范》对厂房和仓库防爆所作的规定	105
第九章 建筑电气防火	108
第一节 电线、电缆、低压电器的选择	108
第二节 线路敷设	110
第三节 用电器具	113
第四节 消防用电	116
第三部分 自动消防设施	119
第一章 水灭火系统	119
第一节 适用范围	119
第二节 设置场所	120
第三节 消防给水系统	122
第四节 室内外消火栓系统	130
第五节 自动喷水灭火系统	134
第六节 水喷雾灭火系统	150
第七节 自动喷水灭火系统的施工及验收	155
第二章 火灾自动报警系统	164
第一节 火灾自动报警系统的组成及基本形式	164
第二节 系统设计	166
第三节 消防控制室及消防联动控制	169
第四节 火灾探测器的选择	171
第五节 火灾探测器和手动报警按钮的设置	173
第六节 系统供电及布线	176
第七节 系统的施工	177
第八节 火灾自动报警的调试与验收	181
第三章 气体灭火系统	184
第一节 气体灭火剂的基本性质	184
第二节 气体灭火系统的分类、应用条件及适用范围	185
第三节 系统的组成	187
第四节 灭火剂用量计算	189
第五节 系统的控制与操作	192
第六节 气体灭火系统的施工与验收	193
第七节 卤代烷灭火剂的替代	203
第四章 泡沫灭火系统	208
第一节 低倍数泡沫灭火系统	208
第二节 高倍数、中倍数泡沫灭火系统	221
第三节 泡沫灭火系统的施工与验收	240

第一部分 物质燃烧基础知识

第一章 燃烧的基本条件

一、燃烧的定义

燃烧现象存在于自然界，随着科学技术的发展，人们对燃烧的认识不断深化。目前，人们通常广义地定义为：可燃物与氧化剂作用发生的放热反应，通常伴有火焰、发光和（或）发烟现象，称为燃烧。所谓放热，是指燃烧前存在于物质分子中的化学能，经过燃烧，一部分转变成热能。例如碳和氧的燃烧反应： $C+O_2 \xrightarrow{\quad} CO_2+401.8\text{kJ}$ ；所谓反应，是指发生化学变化的反应。能达到燃烧程度的化学反应，都是反应剧烈的化学反应。例如，可燃物碳、氢、乙炔、黄磷、镁等都能与氧发生燃烧反应。碱金属与水发生燃烧反应，是碱金属与水反应生成氢气，氢气再与空气中的氧发生化合反应。氢气与氯气的反应也是燃烧反应，工业中就是利用这一反应制作盐酸。

二、燃烧的的必要条件

了解和掌握物质燃烧的条件，进而学习和理解灭火原理，对于做好火灾预防和火灾扑救是十分必要的。任何物质发生燃烧，都有一个由未燃烧状态转向燃烧状态的过程。燃烧过程的发生和发展，必须具备三个条件，即可燃物、氧化剂和温度（引火源）。通常人们总是用“燃烧三角形”来表示燃烧的三个必要条件（见图 1.1.1.1）。

由燃烧三角形说明只有存在上述三个条件同时具备的情况下可燃物质才能发生燃烧，三个条件缺一不可，否则燃烧都不会发生。但是，进一步研究表明，用“燃烧三角形”来表示无焰燃烧的基本条件是非常确切的。而对有焰燃烧，因过程中存在着未受抑制的游离基（自由基）作中间体，因而燃烧三角形需增加一个坐标，形成燃烧四面体（见图 1.1.1.2）。自由基是一种高度活泼的化学基因，能与其他自由基和分子起反应，从而使燃烧按链式反应的形式扩展。因此，有焰燃烧的发生需要四个必要条件，即可燃物、氧化剂、温度和未受抑制的链式反应。



图 1.1.1.1 燃烧三角形

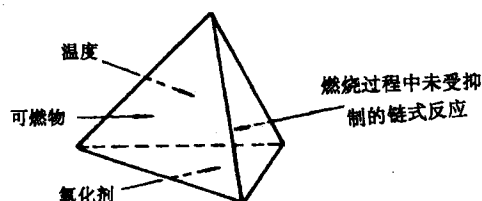


图 1.1.1.2 燃烧四面体

（一）可燃物

凡是能与空气中的氧或其他氧化剂起化学反应的物质称可燃物。如木材、纸张、氢气、汽油、煤炭、硫磺等等。可燃物种类繁多，按其化学组成，可分为无机可燃物和有机可燃物两大类。实验得知，绝大部分有机物，如天然气、原油、液化石油气、汽油、柴油、酒精、苯、木材、棉、麻、毛、纸张、竹、苇、草、塑料、橡胶是可以燃烧的；少部分无机物，如钾、钠、钙、镁、磷、硫、银粉、锌粉、氢气等无机单体和一氧化碳、氨、硫化氢、磷化氢、二氧化碳等无机化合物是可以燃烧的。

同可燃物相对应的是不燃物，这两个概念在正常环境条件下对某些物质是可以区别的，但在某些特殊环境条件下则是不能区别的。例如，金属铁在氧气中在一定条件下能够发生激烈的燃烧反应，但在空气中是不燃烧的，习惯上把铁看作不燃物。可燃物概念中还包括易燃物和难燃物两个概念，这是由燃烧的难易程度大致划分的，没有严格的定义。例如汽油属于易燃物，通常称为易燃液体；聚氯乙烯塑料则属于难燃物，因其靠近火焰能够燃烧，离开火焰时通常会自熄。

可燃物是燃烧不可缺少的一个首要条件，是物质发生燃烧的内因，没有可燃物燃烧根本不会发生。

(二) 氧化剂 (助燃物)

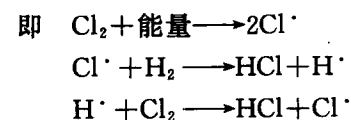
所谓氧化剂，是指能帮助和支持可燃物燃烧的物质，即能与可燃物发生氧化反应的物质。通常的燃烧反应属于氧化还原反应，燃烧反应中的可燃物为还原剂，助燃物为氧化剂。空气中的氧是燃烧反应中的最普遍的主要氧化剂，还包括游离的氧或化合物中的氧。除此之外，某些物质也可以作为燃烧的氧化剂，如氯、氟等。

(三) 温度 (引火源)

所谓引火源，是指供给可燃物与氧或助燃剂发生燃烧反应的能量来源。这种能量来源常见的是热能，还有其他能量如电能、化学能、光能、机械能等转变的能量。常见的着火源如火焰、高温物体、电火花、撞击与摩擦、光线照射与聚焦作用、化学反应热等。由于各种可燃物质组成与理化性质不同，使其发生燃烧的温度也不相同。

(四) 链式反应

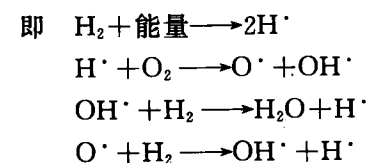
大多数有焰燃烧都存在着链式反应。当某种可燃物受热时，它不仅会汽化，而且该可燃物质的分子会发生热解作用，即燃烧前会裂解成为更简单的分子。这些分子中的一些原子间的共价键常常会发生断裂，从而生成自由基。由于它处于一种高度活泼的化学状态，能与其他自由基和分子反应，而使燃烧持续下去，这就是燃烧的链式反应。根据链式反应理论，气态分子间的作用，不是两个分子直接作用得出最后产物，而是活性分子自由基与另一分子起作用，作用结果产生新的自由基，新的自由基又迅速参加反应，如此延续下去而成一系列的链式反应。氯与氢的反应就是这样：



式中： $\text{Cl}\cdot$ 为氯自由基

$\text{H}\cdot$ 为氢自由基

氢与氧的反应也是链式反应



式中： $\text{H}\cdot$ 为氢自由基

$\text{O}\cdot$ 为氧自由基

$\text{OH}\cdot$ 为羟自由基

三、燃烧的充分条件

应当指出，具备了燃烧的必要条件，并不等于燃烧的必然发生。在各个必要条件当中，还有一个“量”的概念，这就是发生燃烧或持续燃烧的充分条件。

(一) 一定的可燃物浓度

可燃气体或蒸气与空气混合只有达到一定浓度，才会发生燃烧或爆炸。如车用汽油在 -38°C 以下，灯用煤油在 40°C 以下，甲醇在 7°C 以下时均不能达到燃烧所需的浓度。在这种条件下，虽有充足的氧和明火，但上述可燃物蒸发的气体量太少，所以仍不能发生燃烧。

(二) 一定的氧气含量

各种不同的可燃物发生燃烧,均有本身固定的最低含氧量要求。如果达不到该物质的最低含氧量,尽管燃烧的其他条件已经具备,燃烧仍不会发生。如汽油的最低含氧量要求为 14.4%,煤油为 15%,乙醚为 12%。

(三) 一定的点火能量

各种不同可燃物发生燃烧,均有本身固定的最小点火能量要求。达到这一能量才能引起燃烧反应,否则燃烧便不会发生。如汽油的最小点火能量为 0.2mJ,乙醚(5.1%)为 0.19mJ,甲醇(2.24%)为 0.215mJ。

(四) 不受抑制的链式反应

以上三个条件,对于无焰燃烧来说只要这三个条件同时存在并相互作用,燃烧就会发生。但对有焰燃烧来说,除以上三个条件外,因燃烧过程存在着未受抑制的游离基(自由基),形成链式反应,使燃烧能够持续下去,也是燃烧的充分条件之一。

注:有焰燃烧与无焰燃烧

有焰燃烧是能够形成火焰的燃烧,亦称火焰型燃烧。气态可燃物和液态可燃物蒸发出来的蒸气以及固态可燃物熔融后蒸发或受热分解出的气体均能发生有焰燃烧。例如,煤气、汽油、沥青、木材等可燃物都能发生有焰燃烧。有焰燃烧的速度一般比较快,单位时间释放出的热量也比较多,燃烧反应的机理为链锁反应机理。

无焰燃烧是不产生火焰或火焰紧贴可燃物表面的一种燃烧形式,亦称表面炽热型燃烧,或称炽热。无焰燃烧过程中,可燃物质呈炽热状态,燃烧反应是在可燃物表面上一个薄层中进行的。固态可燃物中的碳(包括木炭、焦炭、活性炭等)、铁、铜、钨、钼、钛等都发生无焰燃烧。无焰燃烧的速度一般比较慢,单位时间内释放出的热量也比较少,燃烧反应机理通常为氧化反应机理。

第二章 燃烧的种类

燃烧通常分为闪燃、着火、自燃和爆炸四种类型,它们具有共同的特征但表现形式不同。

一、闪燃

众所周知,液体都能蒸发,而且液体在不同温度下都能蒸发,只是蒸发速度不同而已。当温度较低时,由于蒸发速度很慢,液面上蒸气浓度很小,其蒸气与空气形成的混合气体遇到火焰是点不着的。随着温度的升高,液面上蒸气浓度增大,在一定温度下,可燃液体的饱和蒸气与空气混合后火焰闪出火花并随即熄灭。这种在液体表面上产生足够的可燃蒸气(包括可熔化的少量固体,如石蜡、樟脑、萘等),遇火能产生一闪即灭的燃烧现象,叫做闪燃。

在规定的试验条件下(采用闭杯法测定),液体表面上能产生闪燃的最低温度,叫做闪点。闪燃发生的原因,是因为液体在闪燃温度下蒸发速度不快,液体表面上聚积的蒸气一瞬间燃尽,来不及补充新的蒸气发生持续燃烧,故闪一下就灭了。但闪燃往往是着火的先兆,闪点是表示可燃液体性质的重要指标之一。当可燃液体加热到闪点及闪点以上时遇火源即可引起着火。

测定闪点可用标准仪器测定。一般用闭杯式或开杯式闪点仪测定,常用的有泰格闭杯试验器、泰格开杯试验器、克利弗兰得开杯试验器、彭斯克——马丁闭杯试验器。用不同的方法测出的闪点分别为开杯闪点或闭杯闪点。测定固体的闪点是采用程序升温的加热方法(见 GB9343—88),对于易燃或升华的固体可利用液体闪点测定仪测定。

液体的闪点与其化学组成和分子量有一定的关系。一般说,同系物的闪点随其分子量的增加而升高,随其沸点升高而升高;如甲醇闪点为 7℃,丁醇闪点为 36℃,苯的闪点为 -14℃,同系物中异构体比正构体的闪点低;如异戊烷为 -52℃,正戊烷为 -10℃。二甲苯闪点为 25.5℃。各组分混合液,如汽油、煤油等,其闪点随沸程的增加而升高;如汽油沸程 50℃~60℃的闪点为 -38℃,80℃~110℃的闪点为 -24℃。低闪点液体和高闪点液体形成的混合液,其闪点低于这两种液体闪点的平均值。部

分易燃和可燃液体的闪点见表 1.2.1.1。

某些木材、塑料等固体也有闪点。分别见表 1.2.1.2, 1.2.1.3。

表 1.2.1.1 部分易燃和可燃液体的闪点

物品名称	闪点 (°C)	物品名称	闪点 (°C)	物品名称	闪点 (°C)	物品名称	闪点 (°C)
乙醚	-45	丁苯	52	丙二醇	98.9	乙烯醚	-30
丁酸	77	甲乙醚	-37	乙胺	-18	三己胺	4
甲酸乙酯	-20	乙醛	-17	三甘醇	166	甲乙酮	-14
乙硫醇	<0	己胺	26.3	甲酸丙酯	-3	乙苯	15
己酸	102	甲苯	4	乙二醇	85	丙烯醛	-17.8
甲酸丁酯	17	甲酸	69	丙酮	-10	甲酸茂酯	22
丙烯腈	-5	二甲胺	-6.2	二乙胺	-26	丙醛	15
戊烯	-17.8	丙苯	30	丙烯醇	21	戊酮	15.5
丁二烯	41	氯乙烷	55	异戊二烯	-42	异丙苯	34
环己酮	40	间二甲苯	25	异戊醛	39	松节油	32
氢氰酸	-17.5	苯乙烯	38	松香水	6.2	溴乙烯	-25
间甲酚	36	醋酸乙酯	25	溴苯	65	环氧丙烷	-37
苯甲醛	62	环氧氯丙烷	32	环乙烷	6.3	苯胺	71
醋酸甲酯	-13	硝基苯	90	醋酸丁酯	22.2	二乙烯醚	-30

表 1.2.1.2 一些木材的闪点

材料名称	闪点 (°C)	材料名称	闪点 (°C)	材料名称	闪点 (°C)	材料名称	闪点 (°C)
松木	240	枞木	262	柏木	253	冷杉木	253
白桦	263	桂木	270	红松木	263	梧桐木	269

表 1.2.1.3 一些塑料材料的闪点

材料名称	闪点 (°C)	材料名称	闪点 (°C)
聚苯乙烯	370	聚氯乙烯	530
聚乙烯	340	苯乙烯、异丁烯酸甲酯共聚物	338
乙烯纤维	290	聚胺甲酸乙酯泡沫	310
聚酰胺	420	聚酯、玻璃钢纤维	298
苯乙烯丙烯腈共聚树脂	366	密胺树脂+玻璃纤维	475

闪点在建筑工程及消防管理中具有重要意义。闪点是生产厂房的火灾性分类的重要依据；闪点是储存物品仓库的火灾危险危险性分类的重要依据；以甲、乙、丙类液体的分类为依据规定了厂房和库房的耐火等级、层数、占地面积、安全疏散、防火间距、防爆设置等；以甲、乙、丙类液体的分类规定了液体储罐、堆场的布置、防火间距，可燃和助燃气体储罐的防火问题，液化石油气储罐的布置、防火间距等。

二、着火

不论固体或液体可燃物，在空气充足的条件下与火源接触即引起燃烧，并在火源移去后仍能持续燃烧的现象，叫做着火。一种物质燃烧时所放出的燃烧热使该物质能蒸发出足够的蒸气来维持其燃烧所需的最低温度，称为该物质的燃点或着火点。

从物质的燃烧历程，我们知道无论是固体、液体或气体的燃烧一般都是气体燃烧，所以任何固体或液体只有当其被熔化、分解或蒸发出足够的气体时，才能构成燃烧的条件，而被点燃的火焰产生足够的热量传递给被燃烧物质时，燃烧才能持续下去。物质的燃点反映了物质的性质，物质的燃点越低，越容易着火，火灾危险性也就越大。部分常见可燃物质的燃点见表 1.2.2.1。

表 1.2.2.1 一些物质的燃点

物质名称	燃点 (°C)	物质名称	燃点 (°C)
汽油 (闪点 10°C)	16	木材	250~300
灯用煤油	86	松木片	238
润滑油 (闪点 285°C)	344	松木粉	196
航空润滑油	230~260	稻壳	200
乙醇 (闪点 10°C)	69~76	醋酸纤维	305
豆油	220	粘胶纤维素	235
松节油	53	乙基纤维素	291
石蜡	158~195	尼龙 6	395
蜡烛	190	尼龙 66	415
樟脑	70	涤纶	390
萘	86	晴纶	355
麦草	200	有机玻璃	260
烟叶	222	聚乙烯	341
麻	150~200	聚丙烯	270
麻绒	150	聚氯乙烯	391
纸张	130~230	聚偏二氯乙烯	532
棉花	210~255	聚苯乙烯	345~360
蚕丝	250~300	聚苯乙烯粒料	296
天燃橡胶	129	苯乙烯颗粒泡沫板	346
胶布	325	氯乙烯-醋酸乙烯共聚物	320~340
硝化棉 (含氧<12.5%)	180	苯乙烯-丙烯腈共聚物	366
赛璐珞板	150~180	苯乙烯-甲基丙烯酸甲酯共聚物	329
赛璐珞粉	130~140	粉醛塑料 (玻璃纤维层压板)	520~540
漆布	165	三聚氰胺塑料 (玻璃纤维层压板)	475~500
金属钾	70	聚酯塑料 (玻璃纤维层压板)	346~399
金属钠	100	硬质聚氨酯泡沫塑料	310
硫	207	赤磷	441
炭黑	180	杨木	447
红磷	160	栗木	460
黄磷	34	美国松	445
三硫化四磷	92	红松	430
松香	216	枞木	437
无烟煤	280~500	白蜡	416
		榉木	426

燃点与闪点有一定关系。一切可燃液体的燃点都高于闪点。其一般规律是：易燃液体的燃点比闪点高 1—5℃，而液体的闪点愈低，这一差距愈小。对于闪点低于 0℃ 的物质，燃点与闪点往往很难区别，差距约为 1℃，如汽油、丙酮等。闪点在 100℃ 以上的可燃液体，这一差值可达到 30℃ 以上。实际上，在敞开容器中很难把易燃液体的闪点与燃点区别开来。所以，在评定易燃液体的火灾危险性时，一般以闪点为参数。对于可燃固体和闪点比较高的可燃液体，一般则以燃点这个参数来衡量可燃物的火灾危险性大小。在防火工作中控制这些物质的温度在燃点以下，就可防止火灾的发生。灭火中用冷却法灭火，其原理就是将着火物质的温度降低到燃点以下，使火熄灭。

三、自燃

所谓自燃，是指可燃物质在没有外部火花、火焰等火源的作用下，因受热或自身发热并蓄热所引起的自然燃烧。由于热的来源不同，物质的自燃可分为受热自然和本身自燃两类。

1. 受热自燃

可燃物质在没有明火接触而靠外部热源作用下，达到一定温度时而发生自行着火现象，叫做受热自燃。例如，可燃物在加热、烘烤、熬炼、热处理中，或者受摩擦热、辐射热、压缩热、化学反应热的作用而引起的燃烧，均属于受热自燃。

2. 本身自燃

由于物质内部发生生物、化学等变化造成积热不散而引起的自行着火现象，叫做本身自燃，也称自热（或蓄热）自燃。常见的湿稻草、油棉纱、褐煤等在没有外来热源作用下的燃烧均属本身自燃。

自燃点是用专门测定仪器在特定条件下测定的。所以，在规定条件下，物质发生自燃的最低温度，叫做该物质的自燃点。可燃物质只要达到自燃点，与空气接触，不需要明火的作用，即能发生燃烧。物质的自燃点越低，发生火灾的危险性就越大。

因物质自燃受该物质内部生物、化学、物理变化影响，自燃的机制因可燃物不同而不同。常见的有七种：(1) 氧化发热。如浸油物质、煤、黄磷、烷基铝、金属及橡胶粉尘、金属硫化物等。(2) 分解放热。如硝化棉、赛璐珞、硝化甘油等。(3) 聚合放热。指低分子单体聚合成高分子聚合物的反应，释放出热量。(4) 吸附放热。因吸附空气中的氧而发生自燃。如活性炭、还原镍和还原铁。(5) 发酵放热。如稻草、籽棉、树叶、锯沫、甘蔗渣、玉米芯等。(6) 活性物质遇水。如碱金属及碱土金属、金属粉末、金属氢化物、硼氢化物及金属磷化物等。(7) 可燃物与强氧化剂混合。如醇类与高价氧化物或过氧化物。了解和掌握可燃物的自燃机制对于平时的防火和火因调查分析具有实际意义。

影响可燃物自燃点主要因素，一般规律是，对于液体、气体可燃物来说，压力越高，自燃点越低；混合助燃气中氧浓度越高，自燃点越低；活性催化剂能降低自燃点，钝性催化剂能提高自燃点。对于固体可燃物来说，一般规律是，受热熔融的固体，熔融后可视为液体、气体的情况；固体可燃物挥发出的可燃物越多，其自燃点越低；固体的颗粒度即固体粉碎越细自燃点越低；可燃固体受热时间越长，自燃点随其降低。

常见可燃物质的自燃点见表 1.2.3.1, 1.2.3.2, 1.2.3.3。

表 1.2.3.1 几种固体的自燃点

名称	自燃点 (°C)	名称	自燃点 (°C)	名称	自燃点 (°C)	名称	自燃点 (°C)
樟脑	70	布匹	200	赛璐珞	100	麦草	200
纸张	130	硫磺	207	棉花	150	无烟煤	280~500
漆布	165	涤纶纤维	390	蜡烛	190		

表 1.2.3.2 几种气体及液体在空气中的自燃点

名称	自燃点 (°C)	名称	自燃点 (°C)	名称	自燃点 (°C)
氢	572	辛烷	218	环丙烷	498
一氧化碳	609	壬烷	285	甲醇	470
二氧化碳	120	正癸烷	250	乙醇	392
硫化氢	292	丁烯	443	乙醛	275
氢氟酸	538	戊烯	273	乙醚	193
己烷	248	乙炔	305	丙酮	661
庚烷	230	苯	580	醋酸	650

表 1.2.3.3 几种粉尘的自燃点

名称	自燃点 (°C)	名称	自燃点 (°C)	名称	自燃点 (°C)
铝	645	有机玻璃	440	合成硬橡胶	320
铁	315	六次甲基四胺	410	棉纤维	530
镁	520	碳酸树脂	460	烟煤	610
锌	680	邻苯二甲酸酐	650	硫	190
醋酸纤维	320	聚苯乙烯	490	木粉	430

四、爆炸

(一) 爆炸及其分类

爆炸是指由于物质急剧氧化或分解反应产生温度、压力增加或两者同时增加的现象。有的称瞬间的燃烧即为爆炸。从广义上讲,物质由一种状态迅速地转变为另一种状态,并在瞬间发生剧烈膨胀现象,叫做爆炸。爆炸一个最主要的特征就是爆炸点周围发生剧烈压力突跃变化。

爆炸可分为物理爆炸与化学爆炸。

物理爆炸是由于液体变成蒸气或者气体迅速膨胀,压力急速增加,并大大超过容器的极限压力而发生的爆炸。如液化石油气钢瓶、蒸气锅炉爆炸等。

化学爆炸是由于剧烈化学反应产生温度、压力增加或两者同时增加而形成的爆炸现象。例如,可燃气体、蒸气和粉尘与空气形成的混合物的爆炸、炸药的爆炸等都属于化学爆炸。

(二) 爆燃与爆轰

根据爆炸传播速度,通常可分为爆燃和爆轰。爆燃是指在爆燃反应中,穿过未燃烧介质的反应前端速度小于或等于声速(340m/s),即以亚音速传播的爆炸叫爆燃。爆轰是指在爆燃反应中,穿过未燃烧介质的反应前端速度大于声速(340m/s),即超音速传播的爆炸叫爆轰。

(三) 爆炸极限

可燃气体或蒸气与空气组成的混合物,并不是在任何范围都是可燃或可爆的,而且混合的比例不同,燃烧的速度也不同。当可燃气体、蒸气与空气组成的混合物只有在一定范围内才能发生火焰的传播,此时的浓度即为燃烧浓度范围。燃烧极限是个测量参数。常用的测量装置是哈特曼管。在常温常压下,将预混气充入试验管内,之后点燃,通过测量火焰前锋能够传播到规定距离时的可燃气体浓度,来确定爆炸极限。

可燃气体、蒸气或粉尘与空气混合后遇火产生爆炸的最高或最低浓度,称为爆炸极限,也叫燃烧极限或火焰传播极限。这个最高或最低浓度也叫爆炸上限或爆炸下限,也称燃烧上限或燃烧下限。

(四) 爆炸极限的影响因素

爆炸极限受各种因素制约，主要有六个方面：

1. 爆炸性混合物的原始温度越高，则爆炸极限范围越大。因为系统温度升高，其分子内能增加，使爆炸下限降低，爆炸上限增高。所以温度升高使爆炸危险性增大。
2. 爆炸性混合物，一般说来压力增大，爆炸极限扩大。这是因为系统压力增高，其分子间距离缩短，碰撞几率增高，因此使燃烧反应更容易进行。
3. 混合物含氧量增加，爆炸下限降低，爆炸上限上升，也使爆炸极限范围扩大。
4. 混合物中加入惰性气体，使爆炸极限范围缩小，特别是对爆炸上限影响更大，因为加入惰性气体，表示氧的浓度相对减少。
5. 混合物的容器管径越小，爆炸极限范围越小，当管径小至一定程度时，火焰即不能传播。容器的材质对爆炸极限也有影响。
6. 点火源的温度越高，热表面面积越大，火源与混合物接触时间越长，则点火源给混合物的能量越大，爆炸极限范围也越大。

(五) 爆炸极限的计算

1. 按理论混合比计算

确定链烷烃的爆炸下限公式：

$$L_F = 0.55C_0$$

式中： L_F ——某气体或液体的爆炸下限

0.55——系数

C_0 ——理论混合比（即当量浓度）

2. 根据闪点计算

$$L_F = 100 (P_{\text{闪}}/P_{\text{总}})$$

式中： L_F ——某液体蒸气的爆炸下限

$P_{\text{闪}}$ ——闪点温度条件下液体的饱和蒸气压

$P_{\text{总}}$ ——混合气体总压力

3. 几种组分混合可燃气体爆炸极限计算：

$$L_{\text{混}} = 100/\Sigma (V_n/L_n)$$

式中： $L_{\text{混}}$ ——混合的可燃气体爆炸极限

V_n ——各组分在混合气体中的浓度（%）

L_n ——形成混合气体的各单组分的爆炸极限

上述计算仅适用于直链式烷烃。且燃烧时无催化作用。

一些可燃液体蒸气、可燃气体在空气中的爆炸极限见表 1.2.4.1 和 1.2.4.2。

表 1.2.4.1 一些可燃液体蒸气在空气中的爆炸极限

物质名称	化学式	比重	闪点℃	自燃点℃	爆炸极限
石油醚		0.6	-50	246	1.4~6.0
汽油（航空、汽车、溶剂等用）		0.67~0.71	-58~10	415~530	1.0~6.0 (-37~-7)
甲乙醚	C_3H_8O	—	-37	190	22.0~10.0
氢氰酸	HCN	0.69	-17.5	538	5.6~40.0
甲乙酮	C_4H_8O	0.80	-14	515	2.0~12.0
缩醛（二乙氧基乙烷，二乙醇缩乙醛）	$C_6H_{14}O_2$	0.83	-2.78	233	1.65
丙烯腈	$CH_2=CHCN$	0.80	0	480	3.0~17

续

物质名称	化学式	比重	闪点℃	自燃点℃	爆炸极限
硝酸乙酯	C ₂ H ₅ NO ₃	1.10	10	—	3.0~17
二氯乙烯	C ₂ H ₂ Cl ₂	1.21	14	456	9.7~12.8
甲基丙烯酸甲酯	C ₄ H ₆ O ₂	0.95	15.5	—	—
醋酸异丁酯	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.87	18	—	2.4~10.5
丙烯醇	C ₃ H ₆ O	0.85	2.1	378	3.0~
丁酸乙酯	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.87	25	456	—
三聚乙醛	C ₃ H ₆ O	0.99	26	541	-1.3~3.5
异丁醇	C ₄ H ₁₀ O	0.80	27.8	440	1.9~5.0
溴乙烷	C ₂ H ₅ OBr	1.43	—	551	6.7~11.2
油漆	危险性质根据所用溶剂而定				
煤油（照明油）			27~45	380~425	1.4~7.5 (27~80)
甲基吡啶	C ₆ H ₇ N		30	537	—
丙酸丁酯	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.86	32	427	—
松节油	C ₁₀ H ₆	0.86	32	25	0.8~62 (32~53)
柴油	—	0.80~0.87	60~110	—	
邻-甲苯胺	σ-C ₇ H ₉ N	1.0	85	537	
苯乙醇	C ₃ H ₁₀ O	1.02	102	—	
苯乙烯	C ₈ H ₈	0.9			1.1~6.1
苯二甲酸二丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	1.04	160	403	—
对苯二甲酸二甲酯	C ₆ H ₄ (COOCH ₃) ₂	D ₂₅ ¹⁵⁰ 0.59	146	—	—
石油沥青	—	1.0	200~230	270~300	—
桐油	—	0.93	239	—	—
亚麻仁油	—	0.93	300		—

表 1.2.4.2 一些可燃气体在空气中的爆炸极限

物质名称	化学式	比重	闪点℃	自燃点℃	爆炸极限
氢	H ₂	0.07	—	570	4.15~75.0
硫化氢	H ₂ S	1.17	—	260	4.3~45
氨	NH ₃	0.59	—	780	16.0~27.0
天然气	—	0.52~1.50	—	550~750	4~16
水煤气	—	0.54	—	—	6.2~7.2
发生炉煤气	—	0.90	—	700	20.7~73.7
焦炉气	—	—	—	—	5.6~30.4

(六) 粉尘爆炸

煤矿、面粉厂、糖厂、纺织厂、硫磺厂、饲料加工厂、塑料加工厂、铝粉等金属加工厂以及谷物仓库等存在的可燃粉尘的场所都有可能发生爆炸。

1. 粉尘爆炸的条件

粉尘包括的范围很广，并存在于我们的周围，但并不是随时随地都能爆炸的，必须具备一定的条件才能发生。

(1) 粉尘本身是可燃粉尘。有机粉尘如面粉、淀粉、木粉、谷物、塑料等，无机粉尘如硫磺、铝粉、镁粉、锌粉等。

(2) 粉尘必须具有相当的比表面积。粉尘的颗粒越小，表面积越大，直径小于10微米的粉尘易形成爆炸层面。

(3) 粉尘必须悬浮在空气中，与空气混合形成爆炸极限范围内的混合物。

(4) 火源必须具有一定的能量。一般粉尘爆炸的最小起爆能量要达到10mJ以上，为气体爆炸的近百倍。

2. 粉尘爆炸的过程

粉尘爆炸大致有四个过程，即粉尘需首先被热能加热，使粉尘表面温度不断上升；粉尘表面分子在热作用下，或熔融蒸发，或热分解，并产生可燃性气体；粉尘产生的可燃气体与空气混合，形成爆炸性混合气体并发生燃烧；由于燃烧生成的热量，以热传导和热辐射的方式传给附近悬浮的粉尘，它们不断地分解、与空气混合，使火焰传播，导致爆炸。

3. 影响粉尘爆炸的因素

不同的可燃粉尘因其燃烧热的高低、氧化速度的快慢、带电的难易、含挥发物多少而有不同的燃烧爆炸特性。但均受下列因素影响：

(1) 颗粒大小：颗粒越细小其比表面积越大，氧吸附也越多，在空气中悬浮时间越长，爆炸危险性越大。

(2) 粉尘浓度：可燃粉尘为空气的混合物只有达到一定浓度范围才会发生爆炸，即存在有粉尘的爆炸的上、下限，粉尘一般不易达到爆炸上限，只讨论粉尘爆炸下限浓度。一些雾状粉尘的爆炸数据如表1.2.4.3。

表 1.2.4.3 一些雾状粉尘的爆炸数据

名称	自燃点℃	最低引爆能量 (mj)	爆炸下限 (mg/L)	最大爆炸压力 (10 ⁵ Pa)
铝(喷雾)	700	50	40	3.95
铝(研末)	654	20	35	6.06
铁(氢还原)	315	160	120	1.98
镁(喷雾)	600	240	30	3.87
镁(磨粉)	520	80	20	4.43
锌	680	900	50	0.899
铝-镁齐(50~50)	535	80	50	4.15
醋酸纤维	320	10	25	5.58
六次甲基四胺	410	10	15	4.35
甲基丙烯酸甲酯	440	15	20	3.87
碳酸树脂	460	10	25	4.15
邻苯二甲酸酐	650	15	15	3.33

续

名称	自燃点℃	最低引爆能量 (mj)	爆炸下限 (mg/L)	最大爆炸压力 (10 ⁵ Pa)
聚乙烯塑料	450	80	25	5.63
聚苯乙烯	470	120	20	2.99
松香、虫胶	310	10	15	3.75
合成硬橡胶	320	30	30	4.01
硫磺	190	15	35	2.79
烟煤	610	40	35	3.13

(3) 空气的湿度：即空气含水量越高、粉尘越小，引爆能量越高。

(4) 含氧量：随着含氧量的增加，爆炸范围扩大。

(5) 可燃气体含量：在有粉尘的环境中存在可燃气体时，会大大增加粉尘爆炸的危险性。

4. 粉尘爆炸的特点

(1) 多次爆炸是粉尘的最大特点。因初始爆炸将沉积的粉尘扬起，在新的空间形成更多的爆炸混合物，而再次爆炸。

(2) 粉尘爆炸所需的最小点火能量较高，一般在几十毫焦耳以上。而且热表面点燃较为困难。

(3) 与可燃气体爆炸相比，粉尘爆炸压力上升较缓慢，较高压力持续时间长，释放的能量大，破坏力强。

第三章 物质燃烧过程及特点

一、物质燃烧过程

一般可燃物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。

气体状态的可燃物最容易燃烧，其燃烧所需的热量只用于本身的氧化分解，并使其达到燃点而使燃烧继续下去。

液体状态的可燃物，当接触火源，首先使其蒸发成蒸气，然后蒸气氧化分解进行燃烧。

固体状态的可燃物在火源作用下，一般先使其熔化蒸发或分解出蒸气，然后进行氧化燃烧。如果是简单物质如硫、磷等，受热时首先熔化，然后变成蒸气进行燃烧，没有分解过程。如果是复杂的物质，在受热时首先分解为物质组成部分，生成气态和液态物质，然后，气态产物和液态产物的蒸气再氧化燃烧。

二、可燃物质的燃烧特点

1. 气体燃烧

可燃气体的燃烧的特点是容易燃烧，速度也快。因为燃烧过程较固体、液体可燃物简单，它所需热量仅用于氧化或分解，或将气体加热到燃点。其燃烧方式根据燃烧前可燃气体与氧混合状况不同可分为两类：

(1) 扩散燃烧——可燃气体从喷口（管口或容器泄漏口）喷出，在喷口出处与空气中的氧边扩散混合、边燃烧的现象，其燃烧速度取决于可燃气体的喷出速度，一般为稳定燃烧。一般如可燃气体容器、管路泄漏发生的燃烧，天然气井的井喷燃烧属于此类。

(2) 预混燃烧——可燃气体与氧在燃烧之前混合，并形成一定浓度的可燃混合气体，与火源接触引起的燃烧，这类燃烧往往形成爆炸。影响预混燃烧速度的因素有气体的组成、可燃气体的浓度、混