



消/防/实/用/技/术/系/列

XIAOFANG SHIYONG JISHU XILIE

消防工程 施工技术

杜 明 主编



化学工业出版社



消/防/实/用/技/术/系/列

XIAOFANG SHIYONG JISHU XILIE

消防工程 施工技术

杜 明 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书主要介绍了建筑消防相关知识、火灾自动报警与消防联动系统、灭火系统、消防系统的供电与布线、消防系统的调试验收及维护、特殊建筑的消防技术等内容。

本书内容简要明确，实用性强，可供消防施工人员以及其他相关人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

消防工程施工技术/杜明主编. —北京: 化学工业出版社, 2016. 6

(消防实用技术系列)

ISBN 978-7-122-26889-1

I. ①消… II. ①杜… III. ①消防设备-建筑安装-工程施工 IV. ①TU892

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 085980 号

责任编辑: 徐 娟

文字编辑: 孙凤英

责任校对: 边 涛

装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 8 字数 252 千字

2016 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究



火灾是严重危害人类生命财产、直接影响到社会发展及稳定的一种最为常见的灾害。随着城市日益扩大，高层建筑、地下建筑、公共娱乐场所以及大型综合性建筑越来越多，建筑布局及功能日益复杂，用火、用电、用气和化学物品的应用日益广泛，建筑火灾的危险性和危害性大大增加。建筑火灾的严重性，时刻提醒人们要加大消防工作的力度，做到防患于未然。这就对从事消防工程的设计、施工、监测、运行维护人员的要求大大增加，对从业人员的知识积累、技能要求、学习能力提出了更高的要求。

为了帮助消防技术人员尽快掌握行业知识和技能，丛书编委会考虑到读者的接受能力，并结合我国近几年来各种消防安全设计、施工、管理等方面的经验，且遵循“预防为主，防消结合”的消防工作方针，培养更多的掌握建筑消防法律法规、设备消防安全技术、防灭火工程技术等技术的人才，编写了此书。本套丛书按照易读、乐读、实用、精练的原则，力求达到内容丰富、通俗易懂的效果。

本丛书包括《危险品防火与应急处置》、《消防工程设计与审核细节详解》、《消防工程施工技术》三本。其中《危险品防火与应急处置》由许佳华主编，由刘志伟、李腾、许永晖、张超、朱彦庆、邵博、赵慧、陆云丽、张贞、胡风、张鹏、史亮、申鹏、侯同、刘琳琳、白雅君等共同协助完成；《消防工程设计与审核细节详解》由李强主编，由卜程、赵慧、远程飞、吴宁、董慧、姜媛、成育芳、李香香、刁银霞、金莲、林悦先、齐洪月、孙莉媛、李凌、李思琪、王红、徐书婧、李春娜、傅晶、王春乐、许洁、白雅君等共同协助完成；《消防工程施工技术》由杜明主编，马文颖、孙莉、张美玲、李东、李英、李连红、杨君、林娟、赵慧、秦伟伟、葛秀红、韩魁、韩俊贤、路雪梅、白雅君等共同协助完成。

希望本丛书能成为消防从业人员的良师益友，为提高消防从业人员整体素质贡献一份力量。

编者

2016年1月

1	建筑消防相关知识	1
1.1	火灾基础知识	1
1.1.1	火灾燃烧反应的三要素	1
1.1.2	不同种类可燃物的火灾燃烧特性	5
1.1.3	建筑物火灾的发展和蔓延	21
1.1.4	烟气的产生	28
1.1.5	烟气的特征参数	30
1.1.6	烟气的危害	34
1.2	建筑消防设施的基本知识	39
1.2.1	保障建筑消防安全的重要性	39
1.2.2	保障建筑消防安全的途径	40
1.3	火灾自动报警系统	42
1.3.1	火灾自动报警系统及其要求	42
1.3.2	火灾自动报警系统发展趋势	43
2	火灾自动报警与消防联动系统	48
2.1	火灾自动报警系统	48
2.1.1	系统的组成及要求	48
2.1.2	火灾报警探测器	50
2.1.3	火灾报警系统配套设备	70
2.1.4	火灾自动报警系统	75
2.1.5	传统型和智能型火灾报警系统	78

2.2	消防联动控制系统	95
2.2.1	消防联动控制系统	95
2.2.2	消防灭火系统及其联动控制	101
2.2.3	防排烟系统	111
2.2.4	消防通信系统	115
2.2.5	应急照明系统与疏散指示系统	123
2.2.6	消防电梯	125
2.2.7	消防控制室	127
2.2.8	防火门、防火卷帘门系统及联动控制	129

3 灭火系统 134

3.1	灭火的基本方法	134
3.2	室内消火栓灭火系统	135
3.2.1	消火栓系统安装	135
3.2.2	消防水泵的控制	140
3.3	自动喷水灭火系统	140
3.3.1	自动喷水灭火系统的类型	140
3.3.2	自动喷水灭火系统安装	150
3.3.3	自动喷水灭火系统的控制	161
3.4	二氧化碳灭火系统	163
3.5	泡沫灭火系统	166
3.6	干粉灭火系统	171

4 消防系统的供电与布线 175

4.1	消防系统的供电	175
4.1.1	系统布线要求	175
4.1.2	导线的连接和封端	177
4.1.3	线槽、线管、电缆的布线	180
4.2	消防系统的布线与接地	188

4.2.1	接地的种类	188
4.2.2	低压配电系统接地形式	188
4.2.3	接地系统的安全运行	190
4.2.4	接地故障火灾的预防措施	192
4.2.5	消防系统的接地	196

5 消防系统的调试验收及维护 198

5.1	系统稳压装置的调试	198
5.2	室内消火栓系统的调试	199
5.3	自动喷水灭火系统的调试	201
5.4	防排烟系统的调试	203
5.5	防火卷帘门的调试	205
5.6	空调机、发电机及电梯的电气调试	206
5.7	火灾自动报警及联动系统的调试	206
5.8	消防系统的竣工验收	209
5.8.1	验收条件及交工技术保证资料	209
5.8.2	项目验收的具体内容	214
5.9	消防系统定期检查与维护	225

6 特殊建筑的消防技术 231

6.1	高层建筑消防技术	231
6.1.1	高层建筑火灾的特点	231
6.1.2	高层建筑关键消防技术	232
6.1.3	典型高层建筑火灾案例	233
6.2	地下建筑消防技术	235
6.2.1	地下建筑火灾的特点	235
6.2.2	地下公共建筑关键消防技术	237
6.2.3	隧道关键消防技术	239
6.2.4	地下建筑典型火灾案例	241

6.3 古建筑消防技术	242
6.3.1 古建筑火灾的特点	242
6.3.2 古建筑关键消防技术	244
6.3.3 典型古建筑火灾案例	245

参考文献	247
-------------------	------------

1.1 火灾基础知识

1.1.1 火灾燃烧反应的三要素

火灾是一种特殊的燃烧现象，可以通过燃烧学的基本规律对火灾的发生和蔓延作出分析。比如起火是火灾过程的最初阶段，很多概念同燃烧学中的着火、点火等基本规律有关，但是又不完全相同，起火所涉及的面比着火和点火要广得多。因此要特别注意火灾燃烧学与一般燃烧学之间的异同点。下面先由一般燃烧学的三要素出发，了解火灾发生的基本条件。

在本质上，燃烧反应是可燃物与氧化剂在一定热源作用下发生的快速氧化-还原反应。具备一定数量和浓度的可燃物和氧化剂以及一定能量强度的引火源是导致燃烧的必要条件。在一些情况下，例如，气体可燃物或氧化剂未能达到一定浓度，引火源没有足够的热量或一定的温度，即使具备了燃烧的三个必要条件也不能燃烧。比如，一根火柴的热量不足以点燃一根木材；甲烷在空气中燃烧，当甲烷含量小于14%，或者空气中氧气含量小于12%时燃烧就不会继续；如果用热能引燃甲烷、空气混合物，当温度低于595℃时燃烧就不会发生。要发生火灾，必须同时具备可燃物、氧化剂以及引火源三个条件并达到一定的极限值，缺一不可，通常称为发生火灾的三要素，或叫作火三角。

1.1.1.1 可燃物

凡是能与空气中的氧或者其他氧化剂起剧烈化学反应且放出热量的物质都属于可燃物质。可燃物是多种多样的，不同类型建筑物内能够导致火灾的可燃物种类更加繁多。例如，化工生产设备内流动着大量高温、高压的易燃以及可燃液体，只要管道出现漏洞，喷出来就是火；工地上的生石灰遇火发热能将草袋烧着；

住宅类建筑里的煤气及家用电器等,使用不当也会导致火灾。可燃物按来源可分为天然可燃物和各种人工聚合物,如木材、纸张、布匹、汽油、液化石油气、建筑装饰用板材、沙发以及窗帘等。按形态可分为固态、液态和气态可燃物三种。可燃物从组成上讲可以是由一种分子组成的单纯物质,例如 H_2 、 CO 、 CH_4 、 H_2S 等部分可燃气体和低分子的可燃液体。绝大部分可燃物均为多种单纯物质的混合物或多种元素的复杂化合物。例如天然气的组分一般主要包括甲烷(CH_4)和氢气,液化石油气的主要组分包括丙烷(C_3H_8)、丙烯(C_3H_6)、丁烷(C_4H_{10})以及丁烯(C_4H_8)等多种碳氢化合物。火灾燃烧产物中也含有未完全燃烧的可燃气体,以及多种可燃液滴及固体颗粒。对于人工聚合物,其成分更加复杂,火灾燃烧产物中常含有大量的毒性成分,火灾危险性更为严重。物品的火灾危险性类别如表 1-1 所列。从表 1-1 中可以看出,甲类物品的闪点较低,爆炸极限范围宽,其火灾危险性最大。在建筑设计中,针对各种不同物品的燃烧特性与火灾危险性,应分别采取相应的防火阻燃及灭火技术措施。

表 1-1 物品的火灾危险性类别

仓库类别	储存物品的火灾危险性特征
甲	(1) 闪点 $< 28^{\circ}C$ (2) 爆炸下限 $< 10\%$ 的气体,以及受到水或空气中的水蒸气的作用能产生爆炸下限 $< 10\%$ 气体的固体物质 (3) 常温下能自行分解或在空气中氧化能导致迅速自燃或爆炸的物质 (4) 常温下受到水或空气中的水蒸气的作用,能产生可燃气体并引起燃烧或爆炸的物质 (5) 遇酸、受热、撞击、摩擦以及遇有机物或硫黄等易燃的无机物,极易引起燃烧或爆炸的强氧化剂 (6) 受撞击、摩擦或与氧化剂、有机物接触时能引起燃烧或爆炸的物质
乙	(1) 闪点 $\geq 28^{\circ}C$, 但 $< 60^{\circ}C$ 的液体 (2) 爆炸下限 $\geq 10\%$ 的气体 (3) 不属于甲类的氧化剂 (4) 不属于甲类的化学易燃危险固体 (5) 助燃气体 (6) 常温下与空气接触能缓慢氧化,积热不散引起自燃的物品

续表

仓库类别	储存物品的火灾危险性特征
丙	(1)闪点 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ 的液体 (2)可燃固体
丁	难燃烧物品
戊	不燃烧物品

建筑物中可燃物种类很多，其燃烧发热量也由于材料性质不同而异。为便于研究，在实际中常根据燃烧热值将某种材料换算为等效发热量的木材，用等效木材的质量表示可燃物的数量，叫作当量可燃物的量。通常地说，大空间所容纳的可燃物比小空间要多，因此当量可燃物的数量与建筑面积或容积的大小有关。为便于研究火灾性状，通常把火灾范围内单位地板面积的当量可燃物的质量 (kg/m^2) 定义为火灾荷载。房间中火灾荷载的总和，叫作当量可燃物总量。当量可燃物总量与房间中单位面积上的实际可燃物数量和各种可燃物的实际总数量有所不同。火灾荷载可按下列公式进行计算：

$$W = \frac{\sum(G_i H_i)}{H_0 A_F} = \frac{\sum Q_i}{H_0 A_F} \quad (1-1)$$

式中 W ——火灾荷载， kg/m^2 ；

G_i ——某可燃物质量， kg ；

H_i ——某可燃物热值， kJ/kg ；

H_0 ——木材的热值， kJ/kg ；

A_F ——室内的地板面积， m^2 ；

$\sum Q_i$ ——室内各种可燃物的总发热量， kJ 。

火灾荷载是衡量建筑物室内所容纳可燃物数量多少的一个参数，为分析建筑物火灾危险性的一个重要指标，是研究火灾发展阶段特性的基本要素，火灾荷载和燃烧特性的关系参见表 1-2。

表 1-2 火灾荷载与燃烧特性的关系

火灾荷载/ (kg/m^2)	热量/ (MJ/m^2)	燃烧时间——相当于标准温度曲线的时间/h
24	454	0.5
49	909	1.0
73	1363	1.5

续表

火灾荷载/(kg/m ²)	热量/(MJ/m ²)	燃烧时间——相当于标准温度曲线的时间/h
98	1819	2.0
147	2727	3.0
195	244	3636
4.5	4545	7.0
60(288)	5454	8.0
70(342)	6363	9.0

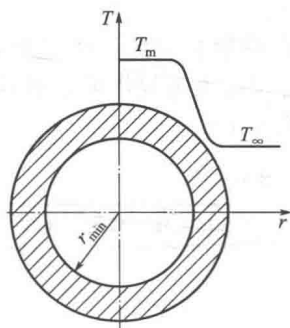
在建筑物发生火灾时,火灾荷载直接决定着火灾持续时间的长短及室内温度的变化情况。所以,在进行建筑结构防火设计时,很有必要了解火灾荷载的概念,合理确定火灾荷载数值。试验表明,火灾荷载为60kg/m²时,其持续燃烧时间为1.3h。通常住宅楼的火灾荷载为35~60kg/m²,高级宾馆达到45~60kg/m²。这样当火灾发生时,因为火灾荷载大,火势燃烧猛烈,燃烧持续时间长,火灾危险性增大。

1.1.1.2 氧化剂

凡是能帮助和支持燃烧的物质都叫作氧化剂。火灾时空气中的氧气是一种最常见的氧化剂。在热源能够满足持续燃烧要求的前提下,氧化剂的量与供应方式是影响和控制火灾发展势态的决定性因素。地下建筑火灾中常利用“封堵降氧”的方法控制火势的发展。

1.1.1.3 引火源

能引起可燃物质燃烧的热能源称为引火源,引火源可以是明火,也可以是高温物体,如火焰、电火花、高温表面、自然发热、光以及



热射线等,它们的能量和能级存在很大差别。在一定温度和压力下,能引起燃烧所需的最小能量叫作最小点火能,这是衡量可燃物着火危险性的一个重要参数。一般,可燃混合气的初温增加,最小点火能减少;压力降低,则最小点火能增大。当压力降至某一临界压力时,可燃混合气就很难着火。

下面以球形电火花为例,简述最小点火能的概念。图 1-1 为电火花点火的简

图 1-1 电火花点火的简化模型

化模型，相应的简化条件为：

- ① 可燃混合气体处在静止状态；
- ② 电极间距足够大（不考虑电极的冷熄作用）；
- ③ 化学反应为二级反应。

假设从球心到球面温度分布均匀，球形火焰温度是绝热火焰温度（ T_m ），环境温度为 T_∞ 。点燃的判断依据为在火焰厚度 δ 内形成 $T_m \sim T_\infty$ 的稳定分布。

则要使半径为 r_{\min} 球体内的可燃混合气体用电火花将其由 T_∞ 加热至 T_m 时，所需要最小点火能 H_{\min} (kJ) 应为：

$$H_{\min} = k_1 \times \frac{4}{3} \pi r_{\min}^3 c_p \rho (T_m - T_\infty) \quad (1-2)$$

式中 k_1 ——修正系数，用来修正电火花加热温度总低于 T_m 而带来的误差；

T_m ——球形火焰温度，K；

T_∞ ——环境温度，K；

r_{\min} ——球形可燃混合气体半径，m；

c_p ——可燃混合气体比定压热容，kJ/(kg·K)；

ρ ——可燃混合气体密度，kg/m³。

实践证明，多数火花（例如电闸跳火）具有这个能量，所以，必须加强对明火的控制。

1.1.2 不同种类可燃物的火灾燃烧特性

1.1.2.1 可燃气体的火灾燃烧特性

(1) 可燃气体的着火。建筑物火灾中的可燃气体通常有两类：一类为火灾前建筑物内已经存在的燃料气，如天然气、液化石油气以及人工煤气等；另一类是火灾烟气中由于可燃物不完全燃烧生成的可燃气体，如 CO 和 H₂S 等。

任何可燃气体在一定条件下与氧接触，均要发生氧化反应。如果氧化反应过程产生的热量等于散失的热量，或活化中心浓度增加的数量正好补偿其销毁的数量，这个过程就称为稳定的氧化反应过程。若氧化反应过程生成的热量大于散失的热量，或活化中心浓度增加的数量大于其销毁的数量，这个过程就叫作不稳定的氧化反应过程。

由稳定的氧化反应转变为不稳定的氧化反应而导致燃烧的一瞬间，叫作着火。

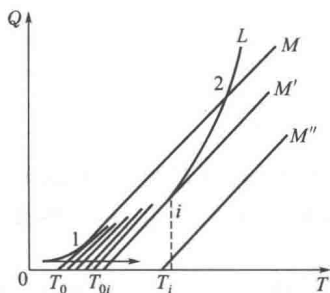


图 1-2 可燃混合物的
热力着火过程
Q—热量；T—温度

① 热力着火。一般工程上遇到的着火是因为系统中热量的积聚，使温度急剧上升而引起的。这种着火称为热力着火。如图 1-2 所示为可燃混合物的热力着火过程。其中曲线 L 为氧化反应过程发生的热量随系统温度变化的指数曲线，曲线 M 、 M' 、 M'' 是随建筑物或可燃气体容器内壁温度升高，系统的散热曲线。当温度 T_0 比较低时，散热线 M 和发热曲线 L 有两个交点 1 和 2。当建筑物或可燃气体容器

内壁温度逐渐升高时，散热线 M 向右移动，到 M' 位置时和曲线 L 相切于 i 点。 i 点是稳定状态的极限位置，如果系统内壁温度比 T_{0i} 再升高一点儿，曲线 M 就移动到 M'' 的位置，曲线 L 与 M'' 就没有交点。这时发热量总是大于散热量，温度不断升高，反应不断加速，化学反应就由稳定的、缓慢的氧化反应转变为不稳定、激烈的燃烧。

发热曲线 L 与散热曲线 M' 的切点 i ，称为着火点，相应于该点的温度叫作着火温度或自燃温度。

根据以上分析可知，着火点是一个极限状态，超过这个状态便有热量积聚，使稳定的氧化反应转为不稳定的氧化反应。着火点同系统所处的热力状态有关。着火温度除和可燃混合物的特性有关外，还与周围环境的温度、压力以及反应容器的形状及尺寸等向外散热的条件有关，即使同一种可燃气体，着火温度也不是一个物理常数。在燃料的活性较强、燃烧系统内压力比较高和散热较少的情况下，燃料的热力着火温度会变得低一些。表 1-3 给出了 1atm (1atm = 101325Pa, 下同)、298K 条件下，某些可燃性物质的最低着火温度。

表 1-3 空气中某些可燃性物质的最低着火温度

可燃性物质	最低着火温度/℃	可燃性物质	最低着火温度/℃	可燃性物质	最低着火温度/℃
甲烷	537	己烷	223	丙烯	455
乙烷	472	庚烷	204	环己烷	245
丙烷	432	辛烷	260	苯	498
丁烷	587	异辛烷	415	甲苯	480
戊烷	260	乙烯	450	甲醇	385

续表

可燃性物质	最低着火温度/℃	可燃性物质	最低着火温度/℃	可燃性物质	最低着火温度/℃
乙醇	363	一氧化碳	609	氨	651
1-丙醇	412	氧化乙烯	429	聚乙烯	350
1-丁醇	343	醋酸	463	聚苯乙烯	495
氢气	500	甲醛	424		

大量的试验及理论分析证明,当混合气压力增大时,着火温度下降,混合气自燃容易发生。反之,则自燃温度上升,混合气不易着火。着火临界压力和着火温度的关系如图 1-3 所示。

着火温度还与燃料和空气的组分比有关。着火临界压力也同燃料和空气的组分比有关,这就是可燃气体的着火(爆炸)极限,如图 1-4 与图 1-5 所示。

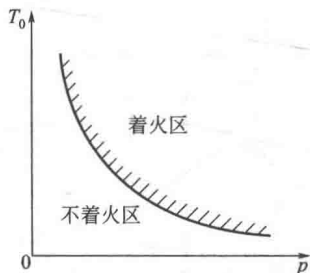


图 1-3 着火临界压力与着火温度的关系

T_0 —着火温度; p —着火临界压力

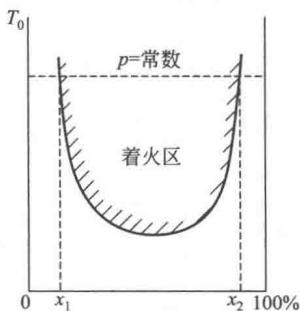


图 1-4 着火温度与混合气成分的关系

T_0 —着火温度; p —着火临界压力

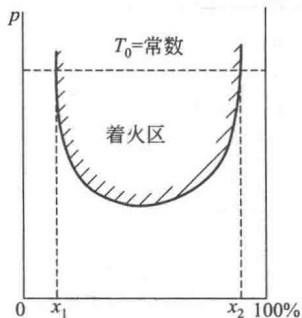


图 1-5 临界压力与混合气成分的关系

T_0 —着火温度; p —着火临界压力

由图 1-4、图 1-5 可以看出,在一定的压力和温度下,并不是所有的可燃混合气都能着火,燃料气的浓度低于或者高于某一极限值都不会被点燃或爆炸。可燃性气体混合物遇明火发生燃烧时可燃气体的最低浓度,叫作可燃极限下限;遇明火能发生燃烧的最高浓度,称为可燃极限上限。当压力或者温度下降时,可燃极限范围缩小,火灾危险性降低;当压力或温度下降到某一值时,可燃极限上限和下限可为

一点；当温度或者压力继续下降，则任何混合气体成分都不能着火。表 1-4 为若干燃料气的可燃极限。

表 1-4 若干燃料气的可燃极限 (273.15K、1atm)

气体名称	可燃极限(体积分数)/%		气体名称	可燃极限(体积分数)/%	
	下限	上限		下限	上限
氢气	4.0	75.0	一氧化碳	12.5	74.2
甲烷	5.0	15.0	氮	15.0	28.0
乙烷	2.9	13.0	硫化氢	4.3	45.5
丙烷	2.1	9.5	苯	1.5	9.5
丁烷	1.5	8.5	甲苯	1.2	7.1
戊烷	1.5	7.8	甲醇	6.0	36.0
乙烯	2.7	34.0	乙醇	3.3	18.0
丙烯	2.0	11.7	1-丙醇	2.2	13.7
乙炔	2.5	82.0	乙醚	1.85	40.0
丙酮	2.0	13.0	甲醛	7.0	73.0

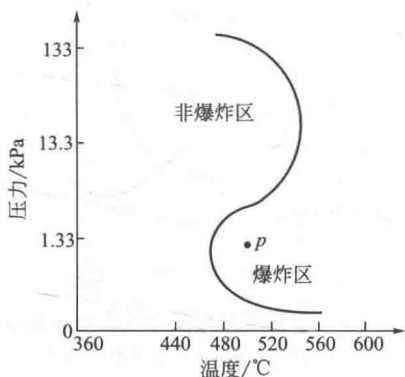


图 1-6 氢/氧混合物的爆炸极限

② 支链着火。热力着火理论为多数燃料在燃烧设备内所经历的着火过程，也是大多数火灾发生的主要原因。也有许多现象不符合热力着火理论，比如氢气/氧气体系在低压下其可燃界限呈半岛形，如图 1-6 所示。这种燃烧现象可以通过支链着火理论来解释。

在一定条件下，因为活化中心浓度迅速增加而引起反应加速从而使反应由稳定的氧化反应转变为不稳定的氧化反应的过程，叫作支链

着火。例如，磷在大气中会发生闪光，但温度并不高；许多液态可燃物（醚、汽油、煤油等）在低压与温度只有 200~280℃ 时发生微弱的火光，叫作冷焰。

实际燃烧过程中，不可能有纯粹的热力着火或者支链着火存在。

事实上，它们是同时存在而且是相互促进的。可燃混合气的自行加热不仅加强了热活化，而且也加强了每个链反应的基元反应。通常来说，高温时热自燃是着火的主要原因，而在低温时支链反应是着火的主要原因。

(2) 可燃气体的点火。假设可燃混合物中任一点的瞬时温度与浓度均相等，燃烧反应是在整个系统中同时进行的。而当一微小热源放入可燃混合物中时，则贴近热源周围的一层混合物被迅速加热，并开始燃烧产生火焰，然后利用湍流混合和传热，火焰锋面逐渐传播并扩展至整个可燃物，使可燃混合物逐步着火燃烧。这种现象称为强迫着火。工程中使用得比较普遍的着火方法是强迫着火，点火源可以是灼热固体颗粒、电火花、引燃火炬以及高温烟气回流等。

强迫着火和自燃着火在原理上为一致的，均为化学反应急速加剧的结果。但是，强迫着火要求点火源处的火焰能够在混合气中传播，所以，强迫着火的条件不仅与点火源的性质有关，还与火源的传播条件有关。为了确保着火成功，并使火焰能在较冷的可燃气中传播，强迫着火温度（点火温度）通常要比自燃温度高得多。

(3) 可燃气体的燃烧过程。根据可燃气体与空气混合过程的特点，可燃气体的燃烧过程可归纳为扩散式燃烧和预混式燃烧两种基本形式。两者边混合边燃烧叫作扩散式燃烧。可燃气体与空气在燃烧前即进行预混合的燃烧过程称为预混式燃烧。火灾燃烧中经常出现这种情况，即使可燃组分在预混燃烧阶段不能完全燃烧，部分燃料气进入烟气中，还可继续发生扩散燃烧。

① 扩散式燃烧。可燃气体在喷射出来之前没有同空气混合，当可燃气体从存储容器或者输送管道中喷射出来时，在适当的点火源能量的作用下，喷射而出的可燃气体卷吸周围的空气，边混合边燃烧，形成射流扩散火焰，分为层流与湍流两种类型。图 1-7 为可燃气体层流扩散火焰示意。层流扩散

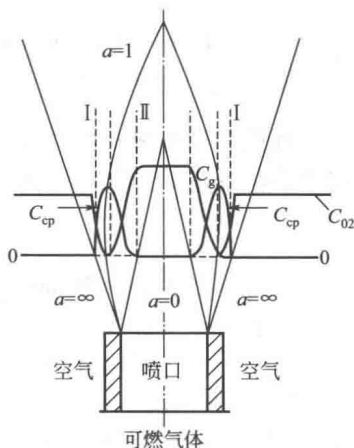


图 1-7 可燃气体层流扩散火焰的结构示意

I—外侧混合区（烟气+空气）；
II—内侧混合区（烟气+燃气）；
 C_g —可燃气体浓度； C_{cp} —燃烧产物浓度； α —空气过剩系数