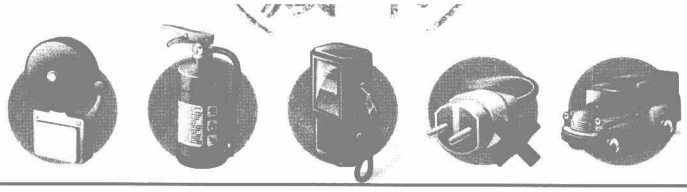
工业火灾与爆炸事故预防

陈 莹 编著

化学工业出版社



工业火灾与爆炸事故预防

陈 莹 编著

X932
C622

化学工业出版社
·北 京·

本书结合防火防爆工作实际，根据最新法规和技术标准，系统介绍了工业防火防爆的基本知识、实用技术以及安全管理。简练地介绍了火灾爆炸的基本概念、预防火灾爆炸事故的基本技术措施、企业消防安全管理与火灾爆炸事故调查、火灾扑救等内容；从实用的角度系统讲述了工业建筑、电气、危险化学品储运等方面的防火防爆技术知识。

本书可供工业企业安全技术人员、安全管理人员、消防人员参考阅读，也可供从事生产与消防安全工作的其他人员以及安全工程专业的师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

工业火灾与爆炸事故预防/陈莹编著. —北京：化学工业出版社，2010.1

ISBN 978-7-122-07306-8

Ⅰ.工… Ⅱ.陈… Ⅲ.①工业生产-防火②工业生产-防爆 Ⅳ.X932

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 229706 号

责任编辑：杜进祥　周永红　　装帧设计：尹琳琳

责任校对：蒋　宇

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　　刷：北京云浩印刷有限责任公司

装　　订：三河市前程装订厂

720mm×1000mm　1/16　印张 23¼　字数 470 千字　　2010 年 5 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：58.00 元

版权所有　违者必究

安徽理工大学 藏書 图書馆

前　言

火灾爆炸事故造成众多人员伤亡及巨大经济损失，给人类社会带来极大危害。预防火灾爆炸事故日益引起人们的重视。许多高等院校安全工程专业相继开设了防火防爆课程。本书就是在作者十数年讲授此课程讲义的基础上写成的。本次出版又根据相关的新法律法规、新标准、新资料，防火防爆理论、技术与实践的新进展，对全书结构进行了较大调整，对内容“吐旧纳新”，进行了较多修改与充实。

为了加强本书的实用性，编写过程中在以下几个方面做了努力：

1. 对有关基本概念与基础知识的阐述力求准确、清晰、简练，将全书重点放在工业防火防爆的技术与管理上；

2. 注意以现行法律、法规、标准（国家标准或行业标准）为依据[1]；

3. 在行文或附录中引用较多数据、资料。

希望本书对从事或关心防火防爆工作的读者能够有些帮助。

在书后参考书目中将书中所有参考、引用的文献资料一一列出，并在此对其作者致以诚挚的谢意！

由于本书涉及内容较广，作者水平有限，其中疏漏、不当，甚至错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

作者

2010 年 3 月

---

[1] 本书引用的法律、法规、标准发布日期截至 2009 年 12 月 31 日。

目　录

第一章　燃烧 …… 1
第一节　概述 …… 1
一、燃烧现象及其本质 …… 1
二、燃烧的条件 …… 1
三、燃烧的分类 …… 4
四、不同状态物质的燃烧过程 …… 5
五、燃烧产物 …… 6
第二节　燃烧类型 …… 11
一、闪燃 …… 11
二、自燃 …… 13
三、点燃 …… 18
第三节　燃烧机理及灭火基本思路 …… 18
一、燃烧机理 …… 18
二、基于燃烧机理的灭火基本思路 …… 21
第四节　燃烧速度、热值、燃烧温度 …… 21
一、燃烧速度表示法 …… 21
二、气体燃烧速度 …… 22
三、液体燃烧速度 …… 23
四、固体燃烧速度 …… 26
五、热值、燃烧热 …… 27
六、燃烧温度 …… 29
第二章　爆炸 …… 33
第一节　概述 …… 33
一、爆炸及其特征 …… 33
二、爆炸的分类 …… 33
三、发生化学爆炸的基本条件 …… 34
四、化学爆炸与燃烧的主要区别 …… 34
第二节　可燃气体爆炸 …… 35
一、分解爆炸性气体爆炸 …… 35
二、可燃性混合气体爆炸 …… 37
第三节　爆炸极限 …… 38

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

一、爆炸极限的概念 …… 38
二、爆炸极限在防火防爆工作中的实用意义 …… 38
三、爆炸极限的测试 …… 39
四、爆炸极限的估算 …… 40
五、影响可燃气体爆炸极限的主要因素 …… 47
第四节　粉尘爆炸 …… 52
一、粉尘与分散体系 …… 55
二、粉尘的特性 …… 56
三、粉尘爆炸的条件及爆炸过程 …… 58
四、影响粉尘爆炸的主要因素 …… 58
五、粉尘爆炸与可燃混合气爆炸的比较 …… 61
第三章　危险化学品的燃烧爆炸特性 …… 63
第一节　危险化学品及其分类 …… 63
一、危险化学品的基本概念 …… 63
二、危险化学品的分类 …… 63
三、危险化学品的危害 …… 64
四、易燃易爆危险化学品 …… 65
第二节　易燃气体的燃烧爆炸特性 …… 65
一、易燃气体分类 …… 66
二、燃爆危险性的分析判断 …… 66
三、可燃蒸气云爆炸 …… 68
第三节　易燃液体的燃烧爆炸特性 …… 69
一、分类 …… 70
二、燃爆危险性的分析判断 …… 71
三、液体理化特性与燃爆危险性关系 …… 72
四、油品的沸溢和喷溅 …… 73
第四节　易燃固体的燃烧爆炸特性 …… 74
一、分类 …… 74
二、易燃固体的燃爆危险性分析判断 …… 75
第五节　可燃粉尘的燃烧爆炸特性 …… 75
一、可燃粉尘分类 …… 75
二、可燃粉尘燃爆危险性分析判断 …… 76
第六节　易于自燃物质的燃烧爆炸特性 …… 76
一、易于自燃物质火灾危险性分级 …… 76
二、常见的几类易于自燃物质 …… 77
第七节　遇水放出易燃气体物质的燃烧爆炸特性 …… 81
一、遇水放出易燃气体的物质分级 …… 81

二、几类常见遇水放出易燃气体的物质 …… 81
第八节　氧化性物质和有机过氧化物的燃烧爆炸危险特性 …… 82
一、氧化性物质概述 …… 82
二、氧化性物质分级 …… 84
三、氧化性物质氧化性强弱的判断 …… 85
四、氧化性物质的储存与运输 …… 86
第九节　爆炸品的燃烧爆炸特性 …… 86
一、爆炸品及其特点 …… 86
二、爆炸品（炸药）的分类 …… 87
三、爆炸品的爆炸参数 …… 88
四、几个与安全有关的爆炸品特性 …… 89
第十节　混合危险性物质 …… 94
第四章　预防火灾爆炸事故的基本技术措施 …… 95
第一节　火灾爆炸事故 …… 95
一、火灾及其分类 …… 95
二、爆炸事故及其特点 …… 96
三、火灾与爆炸事故 …… 97
第二节　防火防爆基本原理与基本技术措施 …… 98
一、基本原理与思路 …… 98
二、预防火灾爆炸事故（以下简称“火爆灾害”）的基本措施 …… 98
第三节　不同类型火灾爆炸事故的基本防火防爆措施 …… 104
一、火源点火型火灾爆炸事故 …… 104
二、泄漏着火型火灾爆炸事故 …… 105
三、自燃型火灾爆炸事故 …… 105
四、反应失控型火灾爆炸事故 …… 106
五、传热型火灾爆炸事故 …… 106
六、平衡破坏型火灾爆炸事故 …… 107
第四节　防火防爆安全装置 …… 107
一、机械阻火隔爆装置 …… 107
二、防爆泄压装置 …… 115
第五节　火灾爆炸检测报警仪器仪表 …… 119
一、火灾探测器 …… 119
二、火灾报警控制器 …… 127
三、作业现场环境气体检测报警仪通用技术要求 …… 129
第五章　工业建筑防火防爆 …… 131
第一节　厂房（仓库）的防火防爆要求 …… 131
一、生产和储存物品的火灾危险性分类 …… 131

二、厂房（仓库）耐火等级与建筑构件的耐火极限 …… 133
三、厂房（仓库）的耐火等级、层数、面积的选择和平面布置 …… 136
四、厂房（仓库）防火间距的确定 …… 141
五、厂房（仓库）的防爆 …… 144
六、厂房（仓库）的安全疏散 …… 146
第二节　甲、乙、丙类液体、气体储罐（区）与可燃材料堆场的防火防爆要求 …… 148
一、一般规定 …… 148
二、甲、乙、丙类液体储罐（区）的防火间距 …… 149
三、可燃、助燃气体储罐（区）的防火间距 …… 152
四、液化石油气储罐（区）的防火间距 …… 154
五、可燃材料堆场的防火间距 …… 156
第六章　电气与静电防火防爆 …… 158
第一节　概述 …… 158
一、电气火灾爆炸的原因 …… 158
二、电气防火防爆的基本措施 …… 160
第二节　爆炸危险环境中电气设备与装置防火防爆概述 …… 161
一、电气设备点燃周围的可燃物质的主要可能途径 …… 161
二、爆炸危险环境电气设备基本安全要求 …… 161
三、现行与爆炸和火灾危险环境电气设备安全相关的主要国家标准 …… 162
四、防爆电气设备及其通用技术要求 …… 162
五、防爆电气设备的选型原则 …… 163
六、爆炸危险环境电气设备“整体防爆”的要求 …… 163
第三节　爆炸性气体环境电气设备的选型与安装 …… 164
一、爆炸性气体环境危险场所划分及其范围 …… 164
二、爆炸性气体或蒸气混合物（简称“爆炸性气体混合物”）分类、分级、分组 …… 165
三、爆炸性气体环境用电气设备（简称“防爆电气设备”）及其选型 …… 166
四、防爆电气设备和电气线路的安装 …… 169
第四节　可燃性粉尘环境电气设备的选型与安装 …… 172
一、概述 …… 172
二、可燃性粉尘环境的分类 …… 173
三、可燃性粉尘分类和分组 …… 175
四、可燃性粉尘环境用电气设备的类型及其选择 …… 175
五、防爆电气设备和电气线路的安装要求 …… 176
第五节　危险场所电气设备的检查和维护 …… 179
一、概述 …… 179

二、检查要求 …… 179
三、维护要求 …… 182
第六节　预防静电引发火灾爆炸事故 …… 185
一、静电概述 …… 185
二、静电防护技术措施 …… 189
三、静电防护管理措施——对静电危险场所的管理要求 …… 195
四、静电危害的安全界限 …… 195
五、静电事故的分析和确定 …… 197
第七章　危险化学品储运防火防爆 …… 199
第一节　危险化学品储存的防火防爆要求 …… 199
一、危险化学品储存安全通用要求 …… 199
二、易燃易爆性物品储存安全要求 …… 203
第二节　危险化学品包装的要求 …… 209
一、危险货物包装标志 …… 209
二、危险货物运输包装类别划分 …… 210
三、危险货物运输包装通用技术条件 …… 212
第三节　危险化学品安全技术说明书和化学品安全标签 …… 216
一、化学品安全技术说明书（CSDS） …… 217
二、化学品安全标签 …… 219
第四节　危险化学品运输防火防爆要求 …… 222
一、危险化学品安全运输的基本要求 …… 222
二、汽车运输危险货物基本安全要求 …… 225
三、汽车运输、装卸危险货物基本要求和作业安全要求 …… 228
第八章　火灾扑救 …… 241
第一节　灭火的基本原理和方法 …… 241
一、窒息灭火法 …… 241
二、冷却灭火法 …… 241
三、隔离灭火法 …… 242
四、化学抑制灭火法 …… 242
第二节　灭火剂 …… 243
一、水（及水蒸气） …… 243
二、泡沫灭火剂 …… 244
三、二氧化碳及惰性气体灭火剂 …… 247
四、干粉灭火剂（又称“粉末灭火剂”） …… 247
五、卤代烷灭火剂 …… 249
六、金属火灾专用灭火剂（简称“金属火灾灭火剂”） …… 250
七、灭火剂的选用 …… 250

第三节　灭火器及其配置 …… 252
一、灭火器及其分类 …… 253
二、灭火器的配置 …… 254
第四节　消防给水和灭火设施 …… 261
一、一般规定 …… 261
二、室外消防用水量、消防给水管道和消火栓 …… 262
三、室内消火栓等的设置场所 …… 267
四、室内消防用水量及消防给水管道、消火栓和消防水箱 …… 267
五、自动灭火系统的设置场所 …… 270
六、消防水池与消防水泵房 …… 271
第五节　危险化学品火灾的扑救 …… 273
一、概述 …… 273
二、扑救压缩或液化气体火灾的基本要点 …… 274
三、扑救易燃液体火灾的基本要点 …… 274
四、扑救爆炸品火灾爆炸的基本要点 …… 274
五、扑救遇湿易燃物品火灾的基本要点 …… 275
六、扑救易燃固体、自燃物品火灾的基本要点 …… 276
七、扑救氧化剂和有机过氧化物火灾的基本要点 …… 276
八、扑救毒害品、腐蚀品火灾的基本要点 …… 277
九、扑救放射性物品火灾的基本要点 …… 277
第六节　火场人员安全疏散与自救 …… 278
一、人员安全疏散 …… 278
二、火场逃生自救方法 …… 280
第九章　企业消防安全管理与火灾爆炸事故调查及管理 …… 281
第一节　企业消防安全管理 …… 281
一、企业是消防安全责任主体 …… 281
二、企业消防安全责任制度 …… 282
三、消防安全管理 …… 283
第二节　重大火灾隐患判定方法 …… 291
一、总则 …… 291
二、重大火灾隐患的直接判定 …… 292
三、重大火灾隐患的综合判定 …… 292
第三节　火灾爆炸事故的系统分析与安全评价 …… 294
一、安全系统工程概述 …… 294
二、火灾爆炸事故的系统分析 …… 295
第四节　火灾爆炸事故调查 …… 308
一、火灾爆炸事故调查（以下简称“事故调查”）的任务目的及事故现场

特征 …… 308
二、火灾爆炸事故的调查 …… 309
第五节 火灾事故统计与事故档案 …… 315
一、事故统计及其意义 …… 315
二、火灾统计的范围 …… 316
三、火灾统计的基本任务和内容 …… 316
四、火灾事故档案 …… 320
附录一 108 种物质的防爆防火安全参数 …… 321
附录二 易燃易爆粉尘和可燃纤维特性表 …… 325
附录三 爆炸性气体、蒸气及悬浮粉尘的点燃危险性表 …… 330
附录四 50 种危险化学品的混合危险性 …… 344
附录五 危险化学品（危险货物）安全混存、配存表 …… 349
附录六 危险货物包装标志 …… 352
附录七 非必要配置卤代烷灭火器的场所举例 …… 359
附录八 建筑灭火器配置设计图例 …… 360
参考文献 …… 362

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第一章　燃　　烧

第一节　概　　述

燃烧，就是平常所说的“着火”。人们的生产、生活离不开火，但一旦失去对燃烧的控制，就会发生火灾甚至爆炸，造成危害。所以要研究防火防爆，必须先了解燃烧与爆炸。

一、燃烧现象及其本质

根据《消防基本术语第一部分》（GB/T 5907—1986）（以下简称“消防术语一”）定义：“燃烧是可燃物与氧化剂作用发生的放热反应，通常伴有火焰和发光和（或）发烟的现象。”一般说来，放热、发光、生成新物质是燃烧的三个主要特征。根据这三个特征，可以区别燃烧现象与其他现象。首先，燃烧是一种化学反应——氧化反应，如灯泡中的钨丝通电后虽然同时发光、放热，但这并不是一种燃烧现象，因为它没有发生化学反应，没有产生新物质，而只是由电能变为光能的一种物理现象；又如铁生锈是一种氧化反应，生成新物质氧化铁，但这反应不激烈，虽然放热，但放出的热量不足以使反应产物发光，所以也不是燃烧现象；而像煤、木炭燃烧时即发生所含碳、氢等元素的氧化反应，生成二氧化碳和水，同时放热、发光，这就是一种燃烧现象。

需要注意的是：物质的燃烧是一种氧化反应，而氧化反应不一定是燃烧现象；能够被氧化的物质不一定都能燃烧，而能燃烧的物质一定能被氧化。简言之：氧化反应包括燃烧，而燃烧只是氧化反应中的一类。

氧气是最常见的一种氧化剂，但并非唯一的氧化剂。在化学反应中，失掉电子的物质被氧化，得到电子的物质被还原，氧化并不限于还原剂同氧的化合。例如氢、炽热的铁、金属钠、铜与氯气反应，都是同时伴有发热、发光的激烈的氧化反应，因而都属于燃烧现象。

二、燃烧的条件（燃烧三要素）

燃烧必须同时具备下列三个条件。

1. 可燃物

一般说来，凡是能与氧气（包括空气中的氧气）或其他氧化剂相互作用，发生燃烧反应的物质都称为可燃物，否则称为不燃物。可燃物既可以是单质，如碳、

硫、磷、氢、钠、铁等，也可以是化合物或混合物，如乙醇、甲烷、木材、煤炭、棉花、纸、汽油等。

可燃物按其组成可分为无机可燃物和有机可燃物两大类。从数量上讲，绝大部分可燃物为有机物，少部分为无机物。

无机可燃物主要包括化学元素周期表中Ⅰ～Ⅲ主族的部分金属单质（如钠、钾、镁、钙、铝等）和Ⅳ～Ⅵ主族的部分非金属单质（如碳、磷、硫等）以及一氧化碳、氢气和非金属氢化物等。无论是金属还是非金属，完全燃烧时都产生相应的氧化物，而且这些氧化物均为不燃物。

有机氧化物种类繁多，其中大部分含有碳（C）、氢（H）、氧（O）元素，有的还含有少量氮（N）、磷（P）、硫（S）等。这些元素在可燃物中都不是以游离状态存在，而是彼此化合为有机化合物。

碳是有机可燃物的主要成分，它基本上决定了可燃物发热量的大小。碳的发热量为 3.35×10^7J/kg。

氢是有机可燃物中含量仅次于碳的成分。它的发热量是碳的 4 倍多，为 1.42×10^8J/kg。

有的有机可燃物中还含有少量硫、磷，它们也能燃烧并放出热量，其燃烧产物（SO_2、P_2O_5 等）会污染环境，对人有害。

可燃有机物中的氧、氮不能燃烧，它们的存在会使可燃物中的可燃元素含量（碳、氢等）相对减少。

可燃物按其存在状态，可分为可燃固体、可燃液体及可燃气体三大类。不同状态的同一种物质燃烧性能是不同的，一般来讲气态比较容易燃烧，其次是液态，最次是固态。同一种状态但组成不同的物质其燃烧能力也不同。

严格地讲，可燃物与不燃物并没有明显的界限。如铁和铜在常温、常压下不能燃烧，但在特定条件下，它们也能燃烧，如赤热的铁或铜能在纯氯中能剧烈燃烧，但一般还是把铁和铜作为不燃物对待。又如一些高分子聚合物，像聚氯乙烯，酚醛塑料等，在强烈火焰中能够燃烧，但离开火焰则不能继续燃烧。对这类物质称之为难燃物。

2. 氧化剂

凡是能和可燃物发生反应并导致燃烧的物质，称为氧化剂（传统说法叫“助燃剂”，严格地说这样叫不甚合理，因为它们不是“帮助”燃烧而是“参与”燃烧）。

氧化剂的种类很多。氧气是一种最常见的氧化剂，它存在于空气中（体积百分数约为 21%），故一般可燃物质在空气中均能燃烧。例如 1kg 木柴完全燃烧需 4～5m^3 空气，1kg 石油完全燃烧需 10～12m^3 空气。空气供应不足时燃烧就会不完全，隔绝空气会使燃烧停止。

其他常见的氧化剂有卤族元素：氟、氯、溴、碘。此外还有一些化合物，如硝酸盐、氯酸盐、重铬酸盐、高锰酸盐及过氧化物等，它们的分子中含氧较多，当受

到光、热、或摩擦、撞击等作用时，都能发生分解放出氧气，能使可燃物氧化燃烧，因此它们也属于氧化剂。

3. 点火源

点火源是指具有一定能量，能够引起可燃物质燃烧的能源。有时也称着火源。

点火源的种类很多，如：

（1）明火。包括生产用火，如用于气焊的乙炔火焰，电焊火花、加热炉，锅炉中油、煤的燃烧火焰等；非生产性火，如烟头火、油灯火、炉灶火等。

（2）电火花。如电器设备正常运行中产生的火花，电路故障时产生的火花、静电放电火花及雷电等。

（3）冲击与摩擦火花。如砂轮、铁器摩擦产生的火花等。

（4）其他。如高温表面、聚集的日光等。

已经燃烧的物质，可以成为它附近可燃物的点火源。

还有一种点火源，没有明显的外部特征，而是种种原因引起可燃物内部发热，由于热量不能及时失散引起温度升高导致燃烧。这种情况可视为“内部点火源”。这类点火源造成的燃烧现象通常叫自燃。

点火源这一燃烧条件的实质是向可燃物提供一个初始能量，在其激发下，使可燃物与氧化剂发生剧烈的氧化反应，引起燃烧。所以这一燃烧的必要条件可表达为“点火能量”。

可燃物、氧化剂和点火源是构成燃烧的三个要素，缺一不可。这是指“质”方面的条件——必要条件，但这还不够，还要有“量”方面的条件——充分条件。燃烧作为一种化学反应，对反应物的量（或浓度）、引燃能量的大小等都有一定要求。若可燃物的量（或浓度）不够；或氧化剂量不足；或点火源能量不够大，燃烧也不会发生。因此，燃烧条件应做进一步明确的叙述。

（1）一定数量的可燃物。在一定条件下，可燃物若不具备足够的数量，就不会发生燃烧。例如在同样温度（20℃）下，用明火瞬间接触汽油和煤油时，汽油会立刻燃烧起来，煤油则不会。这是因为汽油表面的蒸气量已经达到了燃烧所需浓度（数量），而煤油蒸汽量却没有达到燃烧所需浓度。

（2）足够数量的氧化剂。要使可燃物质燃烧，或使可燃物质不间断地燃烧，必须供给足够数量的空气（氧气），否则燃烧不能持续进行。实验证明，氧气在空气中的含量降低到14%～18%时，一般的可燃物质就不能燃烧。

（3）具有一定能量的点火源。要使可燃物发生燃烧，点火源必须具有足以将可燃物加热到能发生燃烧的温度（燃点或自燃点）。对不同的可燃物来说，这个温度不同，所需的最低点火能也不同。如一根火柴可点燃一张纸而不能点燃一块木头；又如气焊火花温度可达1000℃以上，它可以将达到一定浓度的可燃气与空气的混合气体引燃爆炸，但却不能将木块、煤块引燃。

总之，要使可燃物发生燃烧，不仅要同时具有三个基本条件，而且每一条件都

必须具有一定的“量”，并彼此相互作用，否则就不能发生燃烧。

一切防火与灭火措施的基本原理就是根据物质的特性和生产条件，阻止上述燃烧三要素同时存在、互相结合、互相作用。这一点将在第四章中详述。

三、燃烧的分类

目前，关于燃烧分类，不同书中有不同的分法。一般按以下方式分类。

1. 按着火方式分，可分为强制着火（点燃）和自发着火（自燃）两类

（1）强制着火　通过外部能源（即点火源）引起的燃烧。在接近点火源处，可燃物局部开始起火，然后向四周传播。

（2）自燃（自发着火）　又分为受热自燃和本身自燃两种情况。

受热自燃一般也需要外部提供一定的能量，但是提供能量的方式与强制着火不同，点火源并不与可燃物直接接触，不是局部地引起可燃物整体瞬间着火，而是间接地、整体地加热可燃物，从而引起可燃物整体瞬间着火。例如将可燃气与空气的混合物置于容器内加热，或使其在汽缸内绝热压缩，容器（或汽缸）内可燃混合气的温度会整体升高。当温度上升到一定程度时，容器内会突然着火。

本身自燃则不需外界提供能量，而靠可燃物本身内部的某种发热过程（物理、化学或生物化学过程）提供能量，使其温度升高而自发着火。

2. 按燃烧时可燃物的状态分，可分为气相燃烧、液相燃烧和固相燃烧三类

（1）气相燃烧　燃烧反应在进行时，如果可燃物和氧化剂均为气相，称为气相燃烧。气相燃烧是均相燃烧，其特征是有火焰产生。气相燃烧是一种最基本的燃烧形式，多数可燃物（气体、多数液体和固体）在燃烧时呈气相燃烧。

（2）液相燃烧　燃烧时可燃物呈液态，称为液相燃烧（注意：并非液体燃烧）。大部分液体燃烧是通过蒸发、分解成可燃气体，呈气相燃烧的，只有某些液体在高温状态下直接发生燃烧。

（3）固相燃烧　燃烧进行时可燃物为固相，称为固相燃烧。固相燃烧的特点是：没有火焰，只产生光和热（阴燃）。某些固体在燃烧时呈气相燃烧，而某些固体在燃烧时，既有气相燃烧，又有固相燃烧。

液相燃烧和固相燃烧，都是在两相（固-气、液-气）之间的表面上进行的，所以又叫表面燃烧或非均相燃烧。

3. 按燃烧过程的控制因素分，可分为扩散燃烧（物理混合控制）和动力燃烧（化学反应控制）两类

（1）扩散燃烧　如果可燃物与氧化剂（空气）的混合是在燃烧过程中进行的，即边混合边燃烧，则这种燃烧称为扩散燃烧。

在这种燃烧体系中，化学反应速度相当快，短时间内不能消除可燃物附近空间中的气体成分和温度的不均匀性，在空间存在着物质的浓度梯度和温度梯度，这种梯度引起了物质的扩散和热量的传递。物质由浓度高处向浓度低处扩散；热量由温

度高处向温度低处传递。具体说来，反应物向火焰区扩散，而燃烧产物和热量向背离火焰区扩散。

由于在扩散燃烧中，扩散速度比化学反应速度慢得多，因此整个燃烧速度的快慢要由扩散速度来决定，即扩散多少就烧掉多少。

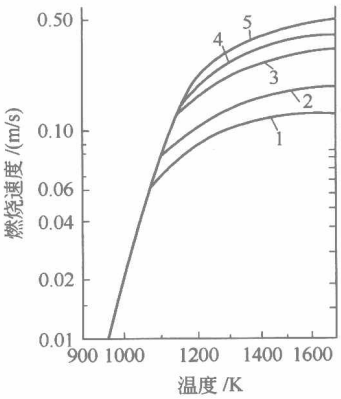
一般来说，扩散燃烧是比较平稳的。

（2）动力燃烧　如果可燃物与空气（或其他氧化剂）已均匀混合好，并且完全是气相，遇火源而燃烧（爆炸），这种燃烧叫动力燃烧。

在这种燃烧体系中，混合物已呈均匀分布，不需再进一步混合（物质的扩散已经完成），所以燃烧速度主要取决于化学反应速度和热扩散速度。动力燃烧的特征是：反应物质不扩散，而反应区（火焰峰）和热在混合物中向未反应区扩散。一般来说，动力燃烧的燃烧速度较快，可能导致爆炸。

相对气相燃烧而言，固相燃烧的情况比较复杂。由于在固相燃烧中有时物理扩散（混合）速度和化学反应速度比较接近，究竟是哪个因素对燃烧速度起控制作用，因外界条件而异，必须通过试验才能确立。

图 1-1 表示了由试验得出的空气流动的线速度和温度对碳的燃烧反应的影响。



图中标号为空气线速度/(m/s)
1—0.0351；2—0.0752；
3—0.274；4—0.389；5—0.500

图 1-1　空气线速度和温度对碳的燃烧反应的影响

从图中可以看出：在较低的温度范围内（1000K 左右），由于燃烧的速度（化学反应速度）较慢，所以不论空气的线速度多大，空气向碳表面的扩散都能满足燃烧反应对氧的需要。此种情况下，燃烧速度只与温度有关，而与空气线速度无关，这时属于动力燃烧。当温度升高时，反应速度加快。在 1100K 后，燃烧速度明显地受到空气线速度的影响，即空气线速度越大，燃烧反应速度越快。此时燃烧速度受空气线速度（即氧气向碳表面扩散速度）控制。这时属于扩散燃烧。

四、不同状态物质的燃烧过程

自燃界里的一切物质，在一定的温度和压力下，都以一定的状态（固态、液态、气态）存在。这三种状态的物质的燃烧特点是不同的。图 1-2 是不同状态物质燃烧历程示意图。

1. 气体的燃烧

气体燃烧的情况比较简单。由于气体在燃烧时所需要的热量仅仅限于将其氧化或分解以及加热到燃点，因此一般说来，气体比较容易燃烧，而且燃烧速度较快。

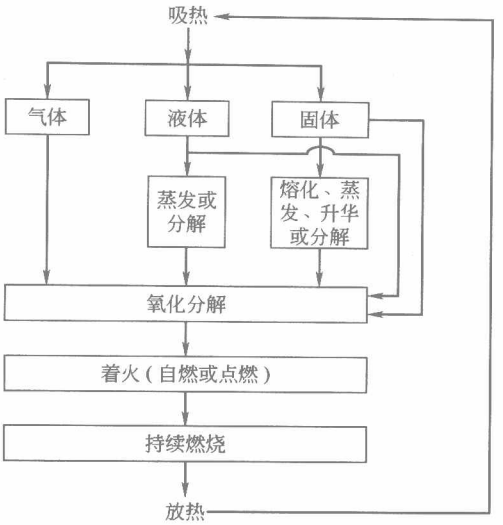


图 1-2　不同状态物质燃烧过程示意

2. 液体的燃烧

多数液体呈气相燃烧。液体在点火源作用（加热）下，通常首先被蒸发成气态，而后蒸气氧化分解，开始燃烧。只由液体产生的蒸气进行的燃烧叫做蒸发燃烧，而由液体热分解产生可燃气体再燃烧的叫做分解燃烧。蒸发燃烧和分解燃烧都属气相燃烧。

3. 固体的燃烧

多数固体呈气相燃烧，有些固体则是同时产生气相燃烧与固相燃烧。

不同化学组成的固体燃烧过程有所不同。有些固体，如硫、磷、石蜡、梯恩梯（TNT）炸药等，受热时首先熔化为液体，然后蒸发、燃烧。而有些组成较为复杂的固体，如沥青、木柴等则是受热后首先分解成气态和液态产物，而后气态产物和液态产物的蒸气着火燃烧即气相燃烧。在蒸发、分解过程中会留下一些不分解、不挥发的固体，燃烧可在气-固相界面进行，即呈固相燃烧。

无论哪一种可燃物的燃烧，燃烧过程都放出大量的热。放出的热量加热了可燃物，使其未燃烧部分达到燃点，又发生燃烧。这样就使燃烧持续下去，直至三要素之一丧失，如可燃物质烧完或者（在密闭空间）氧气耗尽，燃烧才会停止。

五、燃烧产物

1. 完全燃烧和不完全燃烧

物质燃烧后产生不能继续燃烧的新物质（如 CO_2、SO_2、水蒸气等），这种燃烧叫做完全燃烧；物质燃烧后产生还能继续燃烧的新物质（如 CO，未燃尽的碳、甲醇、丙酮等），则叫做不完全燃烧。燃烧得完全还是不完全与氧化剂的供给程度以及其他燃烧条件有直接关系。

2. 燃烧产物的成分

燃烧产物的成分是由可燃物的组成及燃烧条件所决定的。

无机可燃物多数为单质，其燃烧产物的组成较为简单，主要是它的氧化物。如 Na_2O，CaO，CO_2，SO_2 等。

有机可燃物的主要组成为：碳（C）、氢（H）、氧（O）、硫（S）、磷（P）和氮（N）。其中碳、氢、磷、硫在完全燃烧时生成二氧化碳（CO_2）、水（H_2O），二氧化硫（SO_2）和五氧化二磷（P_2O_5）。氧（作为氧化剂）在燃烧过程中消耗掉

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com