



JIANZHU HUOZAI HEZAI

建筑火灾荷载

王金平 编著



化学工业出版社



JIANZHU HUOZAI HEZAI

建筑火灾荷载

■ 王金平 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从火灾的基础知识、系统理论出发,对建筑火灾的危害性、火灾的影响因素、建筑火灾荷载的形成、调查方法以及国内外现状进行全面分析,试图透过具体可燃物的表象,寻找火灾荷载的规律性,判定建筑的火灾荷载危险等级,为建筑防火拓展思路,减少火灾危害。

本书可供从事建筑火灾荷载调查人员阅读,也可供基层消防人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑火灾荷载/王金平编著. —北京:化学工业出版社, 2016. 8

ISBN 978-7-122-27386-4

I. ①建… II. ①王… III. ①建筑火灾-载荷 IV. ①TU998.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 140055 号

责任编辑:张艳 靳星瑞

装帧设计:王晓宇

责任校对:宋夏

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:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张11½ 字数203千字 2016年6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: 48.00 元

版权所有 违者必究



| 前言 |

| FOREWORD |



在建筑、空间或区域内部所有可燃物（包括家具、物品、可燃建筑构件等）完全燃烧释放出的总热量值被称为火灾荷载。建筑火灾的发生与其中存在的大量可燃物有密切关系，可燃物的类型、数量以及分布都对火灾的起始和蔓延有决定性的作用，要对建筑火灾进行控制，必须对其中的可燃物有一定的把握。

为提高建筑的防火安全可靠，编者进行了火灾荷载研究，并整理成本书。希借此书，倡发对火灾荷载的重视，并能有助于对建筑火灾荷载规范的理解，引起业主、消防、设计、施工、研究领域等几方面共同关注，尽量把控建筑内的火灾荷载超标区域、火灾荷载超标建筑，从根源上破解火灾的频发的原因，加强消防安全指数。

基础研究历来艰辛贫苦，火灾荷载实地调查数据获得不易。工作开展过程中，幸得中国建筑科学研究院李引擎总工大力支持，山西省消防总队，安徽省消防总队，上海市消防总队、中国人民大学以及中国建筑科学研究院防火所、地基所、抗震所、检测中心等很多单位同仁给予了无私帮助，积极参与调查计算，更有公安部四川消防研究所、公安部天津消防研究所、中国科学技术大学等单位提供火灾荷载研究及数据，指标几经各相关领域的专业人员研究讨论而成，在此表示衷心感谢。

本书成稿仓促，又是一家之言，只盼为引玉之砖，以有限的水平，为减少火灾事故及伤亡做些工作。书中疏漏及不妥之处，恳请读者批评指正，以臻完善，不胜感激。

王金平

2016年5月于中国建筑科学研究院



| 目录 |

| CONTENTS |



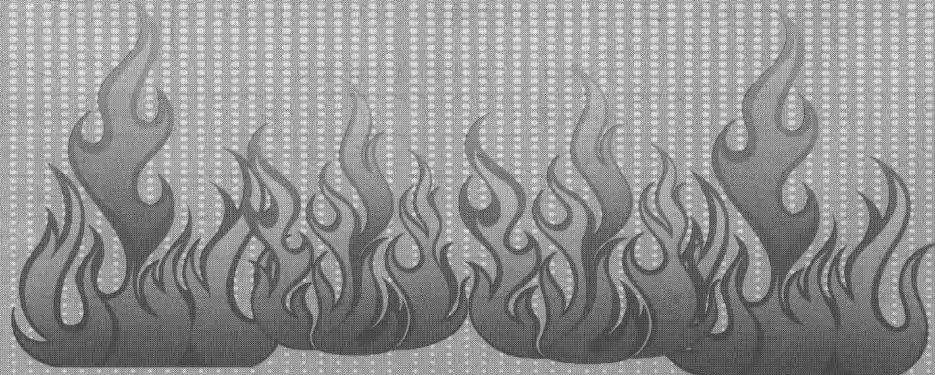
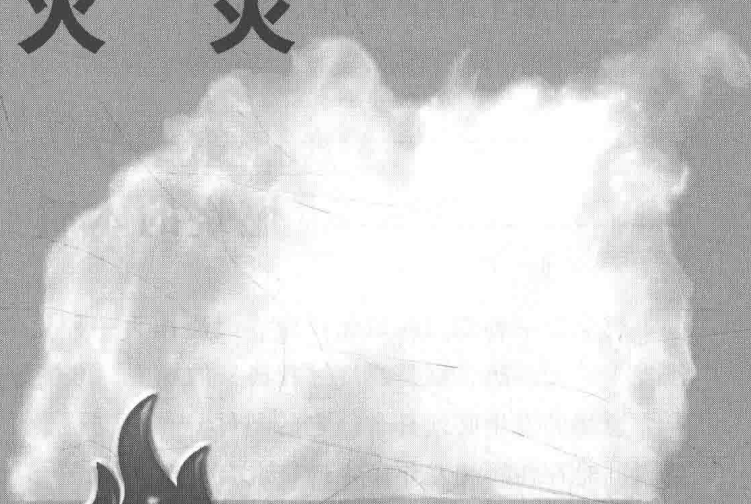
第一章 火灾	1
第一节 燃烧的本质	2
一、燃烧三要素	2
二、燃烧的种类	3
三、防火技术	8
第二节 火灾的分类	9
一、常用的分类	9
二、火灾危害严重程度的划分	10
第二章 材料的热值	11
第一节 热值与火灾荷载	12
第二节 热力学理论	12
一、热力学第一定律	12
二、燃烧焓	13
第三节 热值测试方法	14
一、材料热值的测试	15
二、建筑材料燃烧释放热量试验	18
三、建筑材料或制品的单体燃烧试验	20
第四节 建筑中材料的热值	29
一、材料的热值	29
二、物品热值的计算	33
第三章 火灾荷载的统计计算	37
第一节 火灾荷载	38
一、定义	38

二、火灾荷载密度与火灾持续时间的场景实验	38
三、火灾荷载密度与火灾持续时间的计算方法举例	41
四、火灾荷载密度与燃烧时间的比较	44
第二节 固定火灾荷载	46
一、定义	46
二、等效耐火期限	48
第三节 活动火灾荷载	52
一、调查方法	52
二、火灾荷载的标准值	59
三、建筑火灾荷载实地调查举例	67
第四节 局部火灾荷载	70
一、定义	70
二、可燃物的分布	70
三、可燃物的形状外观	71
第四章 建筑内的可燃物	73
第一节 可燃物的火灾危险	74
一、建筑室内火灾发展过程	74
二、火灾中的可燃物	75
三、建筑材料的分类	79
四、建筑材料的分级	80
第二节 木质材料	80
一、常见的木材	81
二、木材的燃烧特性	85
第三节 纤维织物	87
一、纤维的种类	88
二、织物的种类	90
三、纺织品的燃烧行为	91
第四节 纸张与壁纸	93
一、纸张	93
二、壁纸	93
三、纸制品的燃烧性能	95
第五节 高分子合成材料	96
一、定义	96

二、树脂的不同分类	96
三、按制品的形态分类	99
四、按制品的用途分类	99
五、塑料的燃烧	102
第五章 建筑的火灾危险性	105
第一节 建筑物的耐火性能	106
一、建筑种类	106
二、建筑构件的燃烧性能及耐火极限	116
三、建筑物的耐火等级	119
四、不同建筑物的最低允许耐火等级	123
五、建筑物内火灾的蔓延途径	124
六、建筑结构的倒塌破坏及防止倒塌破坏的措施	124
七、建筑布局对建筑室内火灾严重性的影响	125
第二节 建筑物的火灾增长	126
一、建筑内部的热释放速率	127
二、建筑的燃烧增长速率	128
三、火灾荷载密度与火灾增长速率	130
第三节 各类型建筑中主要的火灾荷载	131
一、住宅	131
二、写字楼	132
三、商场	134
四、展览馆	135
五、建材市场	136
六、大型超市	138
七、宾馆	139
八、医院	140
九、学校	142
十、影剧院	143
第六章 建筑火灾荷载的风险与调查	147
第一节 中国大陆地区建筑火灾荷载调查状况	148
一、中国建筑科学研究院	148
二、中国科学技术大学	149

三、四川消防研究所	149
四、中国人民武装警察部队学院	150
五、其他单位	150
第二节 发达国家及中国香港、台湾地区建筑火灾荷载密度值	151
一、美国	151
二、日本	152
三、新西兰	153
四、英国	154
五、中国香港	157
六、中国台湾	157
七、CIBW14	158
八、各国汇总	159
第三节 建筑火灾荷载风险的把握	161
一、典型建筑的火灾荷载密度值	161
二、火灾荷载的把控	174
参考文献	176

第一章 火灾



火灾，是指在时间或空间上失去控制的燃烧所造成的灾害。

火灾的发生具有普遍性，看起来随机性强，但是却存在很多的必然因素。火灾科学的发展伴随着现代工业技术的升级而突飞猛进，通过科研人员对其机理及规律的研究，火灾科学体系已经逐渐建立，从理论研究到试验验证，为保护公共安全、人们的生命财产做出巨大贡献。

第一节 燃烧的本质

燃烧是一种剧烈的氧化反应。燃烧作为一种化学反应，由可燃物与氧化剂作用发生，光、热、烟是燃烧过程典型的现象，燃烧与火焰之间并无直接关系。

燃烧的发生必须具备一定的条件，在火灾科学中被称为燃烧三要素。燃烧三要素同时存在，相互作用，燃烧就会发生。



一、燃烧三要素

1. 可燃物（还原剂）

可燃物是指能与空气中的氧或其他氧化剂发生燃烧反应的物质，包括木材、纸张、塑料、纺织品、橡胶、氢气、乙炔、酒精、汽油、硫、磷、钾、钠等。

2. 助燃物（氧化剂）

助燃物是指能与可燃物结合，支持燃烧反应的物质，包括空气、氧气、氯气、氯酸钾、高锰酸钾、过氧化钠等。

3. 点火源

点火源是指能点燃物质，引起燃烧的能源，包括明火、高温、电火花、光热射线等。点火源形成的温度越高，可点燃的可燃物越多，几种常见的点火源温度如表 1-1 所示。

表 1-1 常见的点火源温度

点火源	火源温度/℃	点火源	火源温度/℃
火柴火焰	500~650	气体灯火焰	1600~2100
烟头中心	700~800	酒精灯火焰	1180
烟头表面	250	煤油灯火焰	780~1030
蜡烛焰	640~940	植物油灯火焰	500~700

续表

点火源	火源温度/°C	点火源	火源温度/°C
汽车排气管火星	600~800	焊割焰	2000~3000
机械火星	1200	煤炉火焰	1000



二、燃烧的种类

物质种类不同, 燃烧方式、现象大相径庭。常见的燃烧类型包括闪燃、着火、自燃、爆炸、阴燃和轰燃。

(一) 闪燃

1. 定义

闪燃是指易燃或可燃液体(包括可熔化的少量固体, 如石蜡、萘等)挥发出来的蒸气分子与空气混合后, 达到一定的浓度时遇火源产生一闪即灭的现象。闪燃现象的发生主要是由于易燃或可燃液体在闪燃温度下蒸发出一定量的可燃蒸气, 但是速度比较慢, 蒸气量仅能维持一刹那的燃烧, 不足够维持稳定燃烧, 一闪即灭。闪燃是火灾事故的先兆之一。物质发生闪燃, 环境必须达到最低温度。

2. 闪点

闪点是指在规定的试验条件下, 液体(固体)表面产生闪燃的最低温度, 是可燃性液体性质的主要标志之一, 一旦液体的温度高于其闪点, 液体随时都有可能被引燃或自燃。闪点与可燃性液体的饱和蒸气压有关, 饱和蒸气压越高, 闪点越低。一些可燃物的闪点如表 1-2 所示。

表 1-2 常见的可燃物闪点

名称	闪点/°C	名称	闪点/°C
汽油	-50	甲醇	11
煤油	38~74	乙醇	13
丙酮	-10	乙醛	-38
酒精	12	乙醚	-45
苯	-14	苯乙烯	38
松香水	6.2	二硫化碳	-30
樟脑油	47	聚氯乙烯	530
聚苯乙烯	370	聚乙烯	340
聚氨基甲酸乙酯泡沫	310	聚酰胺	420
蜜胺树脂+玻璃纤维	475	聚酯、玻璃钢纤维	298

需要注意的是，部分低熔点固体的闪点低于其熔点，其温度范围一般在 70~200℃ 之间。如多聚甲醛熔点 120~170℃，闪点为 70℃；萘熔点 80℃，而闪点为 78℃。有的可燃固体在闪点以上会着火，有的则有爆炸危险。

3. 闪点的应用

液体的火灾危险性主要依据是闪点，闪点越低，火灾危险性也越大。《建筑设计防火规范》GB 500016—2014，根据闪点的高低，区分生产、加工、储存可燃性液体场所的火灾危险性类别。根据闪点划分的液体火灾危险性见表 1-3。

表 1-3 根据闪点划分的液体火灾危险性

类别	甲类	乙类	丙类
闪点/℃	<28	≥28~60	≥60

可燃物的性质与灭火救援的处置方式密切相关，因此也可以根据闪点确定每秒钟每平方米面积上供给灭火剂的数量，亦即灭火剂的供给强度。闪点越低的液体供给强度越大，《水喷雾灭火系统技术规范》GB 50219—2014 中根据液体的闪点以灭火为目的，规定了系统的供给强度，如表 1-4 所示。

表 1-4 系统的供给强度

保护对象	供给强度 /[L/(min·m ²)]	持续供给时间/h	响应时间/s
闪点 60~120℃ 的液体	20	0.5	60
120℃	13		
饮料酒	20		

（二）着火

1. 定义

可燃物在与空气共存条件下，达到某一温度，与火源接触引起燃烧，并在着火源离开后仍能持续燃烧，这种持续燃烧的现象叫着火。着火意味着开始燃烧，出现火焰为着火的基本特征。着火在日常生活很常见，如用火柴去点柴草、液化石油气等，都会着火。

2. 燃点

在规定试验条件下，可燃物发生持续燃烧的最低温度，称为着火点。可燃物的燃点越低，越易着火。冷却灭火法通过降低可燃物的温度到燃点以下，实现灭火目的。

一些常见可燃物的燃点如表 1-5 所示。

表 1-5 常见可燃物的燃点

名称	燃点/℃	名称	燃点/℃
纸张	130	布匹	200
棉花	210	蜡烛	190
烟叶	222	麦草	200
松木	250	麻绒	150
豆油	220	涤纶纤维	390
樟脑	70	醋酸纤维	320
橡胶	120	松节油	53
灯用煤油	86	汽油	16

3. 燃点与闪点的区别

可燃物的燃点均高于闪点，它们之间的温度差因可燃物性质的不同而不同。易燃液体的燃点一般比闪点高 1~5℃，闪点越低的可燃物温度差越小。

闪点在 100℃ 以上的可燃液体，闪点和燃点差值有的高达 30℃，这类液体一般不易闪燃，因此不宜用闪点去衡量它们的火灾危险性。固体的闪点一般都比较高，燃点是衡量固体火灾危险性的主要指标。

（三）自燃

1. 定义

可燃物质在空气中没有受到外部火花、火焰等火源的作用，靠自身发热或外来热源引发的自行燃烧现象，被称作自燃。

2. 自燃的种类

热的来源不同，自燃种类不同，可以分为以下两种。

（1）受热自燃

没有外界明火，受外界热源影响，可燃物发生的自燃现象被称为受热自燃。亦即可燃气体与空气混合或将液体、固体置于空气中缓慢加热，当它们的温度上升到其自燃点时便会自燃。

最常见的是油锅起火、熬炼油或沥青时自燃、机械过热引发自燃等。

（2）自热自燃

自热自燃是指没有外界热源作用，靠物质内部发生生物、物理、化学等作用产生热量，并积聚引起的燃烧现象。自热自燃的物质如表 1-6 所示。

表 1-6 自热自燃的物质

氧化发热自燃	煤堆、黄磷、烷基铝、橡胶粉末、浸油脂物质、金属粉末及金属硫化物
遇水自燃	活泼金属及合金类包括金属氢化物类、硼氢化物类、金属碳化物类、金属磷化物类、金属硅化物类、金属氧化物类、有机金属化合物类、金属粉末类、金属硫化物类
分解放热自燃	含硝基有机化合物,如硝化棉、赛璐珞及硝酸甘油等;含有氧化能力的基团(如 NO_2)和有还原能力的基团(如 CH)的化合物
发酵放热自燃	稻草、籽棉、树叶、锯末、甘蔗渣等

3. 自燃点

自燃点是指可燃物发生自燃的最低温度。自燃点越低,越容易燃烧。不同的可燃物有不同的自燃点,同一种可燃物在不同的条件下自燃点也会发生变化。

当可燃物的温度达到自燃点时,与空气接触,不需火源的作用燃烧就会发生。自燃点低的物质,燃烧速度也较快,很容易着火或爆炸。火灾发生时,自燃点低的物质往往成为火灾蔓延的巨大隐患,所以,固体的自燃点越低,火灾危险性越大。

液体和气体的自燃点与压力、浓度、氧含量等有关。压力越高,自燃点越低;可燃物达到化学计量浓度时自燃点最低;浓度越高越易发生自燃。

对固体而言,固体受热熔化蒸发后,影响自燃点的因素与液体相似;如果固体受热时不熔化,而是分解出可燃气体,则可燃物挥发成分含量越多,粉碎越细,其自燃点越低。一些常见可燃物在空气中的自燃点如表 1-7 所示。

表 1-7 可燃物在空气中的自燃点

名称	自燃点/ $^{\circ}\text{C}$	名称	自燃点/ $^{\circ}\text{C}$
木粉(沉积状)	260	麦芽	200
铝粉(沉积状)	520	棉花	407
黄磷	30	木材	400~500
乙醇	423	煤油	210~290
丁烷	405	汽油	415~530
乙醚	160	硫化氢	260
乙炔	305	二硫化碳	90
氢气	400	一氧化碳	610

(四) 爆炸

爆炸是指物质由一种状态迅速地转变成另一种状态,并在瞬间以机械功的形

式释放出巨大的能量，或是气体、蒸气在瞬间发生的剧烈膨胀等现象。爆炸点周围发生剧烈的压力突变，是爆炸产生破坏的原因。

预混燃烧失去控制，就会产生爆炸，发生爆炸的可燃气体的最低浓度称为爆炸下限，最高浓度称为爆炸上限。爆炸下限和爆炸上限还和温度条件有关。可燃气体的火灾危险性用爆炸下限（用体积百分比表示）分类。

- ① 甲类：爆炸下限小于 10%，如氧气、乙炔、甲烷等。
- ② 乙类：爆炸下限大于等于 10%，如一氧化碳、煤气、氨气等。

（五）阴燃

阴燃是指没有可见光的缓慢燃烧，通常会生成烟，同时伴有温度升高。阴燃与有焰燃烧的主要区别是没有火焰，与无焰燃烧的主要区别是能热分解出可燃气体。

阴燃的温度较低，燃烧速度慢，不易被发现，一定条件下，阴燃可以转变为有焰燃烧。

（六）轰燃

室内绝大多数可燃物热解、气化，产生大量的可燃挥发性气体，它与室内原有的空气混合，形成了一类预混可燃气体，在室内顶棚下方积聚，这部分未燃气体或蒸气突然着火，造成火焰迅速扩展，导致整个房间内火灾迅猛发展，形成轰燃。

轰燃是火势失控的标志，也是火灾向周围蔓延的一个重要的原因，扑救困难，火灾损失一般都相当严重。

1. 轰燃判据

工程上应用最广泛的轰燃判据为：①上层热烟气平均温度达到 600°C ；②地面处的热流密度达到 $20\text{kW}/\text{m}^2$ 。

该判据会随火灾情景发生变化。有研究表明，放在地板上的纸片，需要 $17\sim 25\text{kW}/\text{m}^2$ 的热通量方可点燃，6.4mm 厚的杉木胶合板，所需的热通量为 $21\sim 33\text{kW}/\text{m}^2$ 。

顶棚温度接近 600°C 是通过休格拉德（Huglund）、方（Fang）等人的试验得出，试验中房间高度为 2.7m。赫塞尔登（Heselden）等人的试验发现 10m 高的小型试验模型内，发生轰燃时的顶棚温度为 450°C 。

因此，轰燃的临界条件受热通量、通风条件、房间尺寸和烟气层的化学性质等影响。

2. 轰燃的传热方式

轰燃主要依靠的传热方式是热辐射，来自于火源上方的火焰、房间顶部的热表面、顶棚下的火焰以及积累的燃烧产物，这些因素随时会因环境因素的变化而共同作用，影响火灾进程。



三、防火技术

防火技术措施的主要目的在于，防止燃烧基本条件的产生，避免它们之间的相互作用。

1. 控制可燃物和助燃物

建筑领域内应尽量使用难燃或不燃材料代替易燃材料，降低可燃物质（可燃气体、蒸气和粉尘）在空气中的浓度，防止燃烧基础的形成。例如，在材料中掺入阻燃剂，加强易燃易爆物质的生产监管，严格按照操作规程进行作业。

2. 消除点火源

实际生产、生活中经常出现的点火源大致有 8 种，应控制和消除这些点火源。

① 生产用火。如电、气焊和喷灯等维修用火，加热、烘烤、熬炼用火，锅炉、焙烧炉、加热炉、电炉等火源。

② 生活用火。如炊事用火、取暖用火、吸烟、燃放烟花爆竹、烧荒等。

③ 自燃。由于物质本身所进行的生物、物理和化学反应产生的热。

④ 干燥装置。用火直接加热或电加热干燥的装置温度失控。

⑤ 烟筒、烟道。由于烟筒或烟道过热，可喷出火星或火焰。

⑥ 电器设备。如开关、电路、电灯、变压器、电热毯、烤箱、电熨斗等电器设备，由于短路、接触不良、过载或长时间通电等原因产生高温、电弧或电火花。

⑦ 运转机械打火。如装卸机械打火，机械设备的冲击、摩擦等发热，内燃机的排气管、胶带打滑及梳棉机、搅拌机中进入石子、钉子等杂物打火等。

⑧ 静电火花、雷击和其他火源。如输送中因物料摩擦产生的静电放电，操作人员或其他人员穿戴化纤衣服产生的静电等。

根据不同情况，控制这些火源的产生和使用范围，采取严密的防范措施，严格用火制度，对防火防爆十分重要。

第二节

火灾的分类



一、常用的分类

火灾可以按不同的方式进行分类。

《火灾分类》GB 4968—2008 中把火灾分为 A、B、C、D、E、F 六类，是最为常用的分类方法。

1. A 类火灾

指固体物质火灾，由普通固体可燃物燃烧引起的火灾。固体物质在民用建筑火灾荷载调查中最常见，包括木制品、棉、麻制品、纸制品、粮食、高分子材料等。

2. B 类火灾

指液体火灾和可熔化固体物质火灾，由可燃液体及可熔化固体可燃物燃烧引起的火灾。可燃液体包括酒精、苯、乙醚、丙酮等有机溶剂，油脂有原油、汽油、煤油、柴油、重油、动植物油等。可熔化固体有蜡、石蜡等。

3. C 类火灾

指气体火灾，由可燃气体燃烧引起的火灾。可燃气体燃烧有预混燃烧和扩散燃烧两种。可燃气体与空气预先混合后的燃烧称为预混燃烧；可燃气体与空气边混合边燃烧称为扩散燃烧。

4. D 类火灾

指金属火灾，由可燃金属燃烧引起的火灾。部分金属物质，当其为薄片状、颗粒状或熔融状态时很容易着火，燃烧时，燃烧热大，为普通燃料的 5~20 倍，火焰温度在 3000℃ 以上。在高温下金属性质活泼，需用特殊的灭火剂灭火。常见的金属火灾有锂、钠、钾、钙、镁等。

5. E 类火灾

指带电火灾带电。物体燃烧的火灾，包括发电机、变压器、电缆、家用电器等。