

 **21**世纪普通高等教育规划教材

涂料和涂装的安全与环保

TULIAO HE TUZHUANG
DE ANQUAN YU HUANBAO

曾 晋 陈燕舞 编著



化学工业出版社

21 世纪普通高等教育规划教材

涂料和涂装的安全与环保

曾 晋 陈燕舞 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是根据教学改革的实际需要,为了涂料工业持续地、协调地发展培养人才而编写的。

本教材共分六章。第一章介绍了安全生产的基本知识;第二章介绍涂料用溶剂的毒性数据,对人体的危害机理、火灾特点及安全性能;第三章介绍涂料生产过程中的安全与环保;第四章介绍涂料涂装过程中的安全与环保;第五章介绍涂料清洁生产基本知识;第六章介绍涂料企业搬迁(新建)项目环保要求。

本书可作为高分子材料专业或其他化学化工专业涂料工程方向的教材,也可作为相关专业研究生的主要参考书。

图书在版编目(CIP)数据

涂料和涂装的安全与环保/曾晋,陈燕舞编著.

北京:化学工业出版社,2012.7

21世纪普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-122-14495-9

I. 涂… II. ①曾…②陈… III. 涂料-高等学校-教材②涂漆-高等学校-教材 IV. TQ63

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第123846号

责任编辑:白艳云

装帧设计:杨北

责任校对:徐贞珍

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:北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张8¼ 字数198千字 2012年9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:24.00元

版权所有 违者必究

编审委员会

主 任 孙莲英 徐菁利

副主任 杨渊德 甘文君

委 员 (按姓氏笔画排序)

甘文君 吕仕铭 刘国杰 孙莲英

张卫中 林宣益 杨渊德 倪玉德

徐菁利 涂伟萍 温绍国

主 编 刘国杰

副主编 温绍国

成 员 (按姓氏笔画排序)

王继虎 刘 丹 刘 杰 刘国杰

齐祥昭 温绍国

编写说明

涂料是涂于物体表面能形成具有保护、装饰或特殊性能（如绝缘、防腐、标志等）的固态涂膜的一类液体或固体材料之总称。早期大多以植物油为主要原料，故有油漆之称。现合成树脂大部或全部取代了植物油，故称为涂料。

建国初年，全国只有小型油漆企业 50 家，年产油漆约万吨，从业人员千人左右。1978 年全国涂料年产量 34.36 万吨，列于世界第八位。改革开放后涂料工业迅速发展。至 2010 年，对全国 1401 家规模以上的涂料企业统计，产量达 966.6 万吨，跃居世界第一，销售产值达 2324.6 亿元。

我国虽是涂料大国，但和发达国家相比，在涂料技术和高档工业涂料品种与质量上仍有较大差距，目前国内高端涂料市场竞争仍是国外涂料公司占主导地位。

为了涂料工业持续地、环境协调地发展，人才培养是关键。2009 年，中国涂料工业协会和上海工程技术大学化学化工学院合作创办了涂料工程本科班，上海工程技术大学列为国家教育部“卓越工程师人才培养计划”的试点高校，涂料工程班进入试点班。

由中国涂料工业协会推荐，上海工程技术大学聘任了几位涂料行业专家为兼职教授，负责授课和编写教材。在两届学生使用的基础上，教材经作者修改，由教材编委会集体讨论修订，现由化学工业出版社正式出版。

整套教材由 8 本组成，它们是《涂料及原材料质量评价》、《涂料树脂合成工艺》、《涂料用颜料与填料》、《涂料用溶剂与助剂》、《涂料制造及应用》、《涂料生产设备》、《涂料和涂装的安全与环保》、《涂装工艺及装备》。

本套教材有以下特点。

1. 用于高分子材料专业或其他化学化工专业涂料工程方向的教材，并可作为有关专业研究生的主要参考书。

2. 学生学习了有关化工基础课与技术基础课后开始学习本专业课，本教材中不介绍基础课程内容。

3. 教材既是学生了解行业的素材，更是学生发展潜能、分析问题、解决问题的基础，是钥匙。因此，注重讲清道理，以便举一反三。在内容安排上，对已商品化的涂料原料及涂料品种，简单介绍其制造原理和过程，着重介绍其性能特点、选用原则和改性途径。涂料清洁文明生产标准和三废处理技术，全封闭一体化涂料生产工艺技术等节能环保与循环经济侧重介绍。适当介绍超支化树脂合成与应用技术，有机-无机杂化复合技术，纳米改性涂料、颜料技术，不用多异氰酸酯合成聚氨酯树脂等新技术。

这是国内第一套涂料工程教材。尽管我们主观上希望编写质量尽量提高，限于水平和时间，肯定会有许多不足。诚望得到业内同仁和有关高校师生的选用与评议，给我们反馈建议，以便进一步修订。

教材编审委员会

前 言

涂料生产和涂料涂装过程中的安全和环境保护问题越来越引起大家的重视，涂料逐步向高固体分、节能环保、水性化、多功能化发展，对涂料使用的原材料亦要求使用环保、低毒或无毒的材料，以免对人体健康及周围环境产生危害，有了环保的涂料，它在使用过程中释放或产生对人体和环境的危害亦会减少。本书主要是介绍和讨论涂料生产和涂装过程中的安全问题、环境保护问题，认识有毒有害物质的毒性、机理及如何防控，认识易燃易爆、有毒有害物质在生产、涂装过程中有哪些不安全因素，中毒和火灾事故发生的机理及如何控制，生产和涂装过程中产生的废水、废渣、废气、粉尘、噪声的来源，对环境的影响，如何防治及处理，认识在涂料行业中推广清洁生产的必要性，以及在涂料企业搬迁或新建项目时应具备的环保要求。

安全、环保都是综合性的学科，涉及的知识面很广，我们仅仅就涂料生产和涂装过程相关的安全和环保知识做了一些阐述，由涂伟萍教授推荐和指导，主要由曾晋、陈燕舞等共同编写了这本教材，涂教授从最初的提纲拟定，到书稿的审阅都起到了重要作用。全书共分六章，第一章介绍了安全生产的基本知识，由陈燕舞执笔；第二章介绍了涂料用溶剂的毒性数据，对人体的危害机理、火灾特点及安全性能，由陈燕舞执笔；第三章介绍了涂料生产过程中的安全与环保，由曾晋、陈燕舞执笔；第四章介绍了涂料涂装过程中的安全与环保，由曾晋执笔；第五章介绍了涂料清洁生产的基本知识，由陈燕舞执笔；第六章介绍了涂料企业搬迁（新建）项目的环保要求，由谢菊兴先生执笔。全书由曾晋修改并统稿，南仁植先生提供了一些粉末涂料安全生产和环保资料，齐祥昭先生提供了一些涂料三废处理的资料，在此一并向他们表示衷心的感谢！

本书可供涂料专业学生以及从事涂料研究、涂料生产和涂装、涂料企业管理人员、安全人员等阅读、使用。在每章前有学习目的，提供学习的重点内容，在每章后附有思考和练习题，便于读者学习理解和掌握。

由于时间仓促及水平和经验有限，尽管我们已做了很大的努力，但书中难免有不妥之处，敬请广大读者批评指正。

曾 晋 陈燕舞
2012 年 2 月 10 日

目 录

第一章 安全生产的基本知识	1
第一节 危险化学品基本知识	1
一、危险化学品的分类	1
二、易燃液体的分类与危险特性	1
第二节 燃烧与火灾基本知识	2
一、燃烧的条件	2
二、涂料的燃烧性能	2
三、燃烧性实验方法	3
四、火灾危险性指标	3
五、涂料火灾危险性评定	5
第三节 燃烧性能检测基本知识	8
一、危险化学品及可燃粉尘火灾爆炸危险特性参数测定	8
二、闪点和燃点的测定	8
三、爆炸极限的测定	10
第四节 毒性试验的标准与规范	11
一、化学品毒性鉴定技术规范	11
二、化学品毒性试验标准目录	11
思考与练习	13
第二章 涂料用溶剂的毒性数据与安全性能	14
第一节 涂料用溶剂的主要类型	14
一、石油溶剂	14
二、苯系溶剂	14
三、酮和酯	14
四、醇和醚	15
五、萜烯类溶剂	15
六、氯代烃和硝基烃	15
第二节 溶剂的毒性	15
第三节 溶剂对人体危害的途径	18
一、经由皮肤接触	18
二、经由呼吸器官	18
三、经由消化器官	18
第四节 溶剂对人体危害的生理作用	19
一、对神经系统破坏	19
二、对肝脏机能损伤	19
三、对肾脏机能破坏	19
四、对造血系统破坏	19
五、对黏膜及皮肤刺激	19
第五节 有机溶剂的危险性质	19
一、燃烧爆炸性	19
二、挥发性	19
三、流动扩散性	20
四、静电危害性	20
五、毒害性	20
第六节 溶剂使用场所的火灾特点	20
一、易发生燃烧	20
二、易发生爆炸	20
三、易形成大面积立体火灾	20
四、发生事故易引起连锁反应	21
第七节 溶剂易燃性与易爆性的评定	21
思考与练习	22
第三章 涂料生产过程的安全与环保	23
第一节 涂料企业安全生产防控现状	23
一、火灾事故是涂料企业的主要隐患	23
二、需大力加强化学毒性危害的防控	24
三、环境污染的防控进展缓慢	24
第二节 涂料生产的危险源	24
一、涂料生产的火灾隐患危险	24
二、涂料生产的有毒、有害危险	26
三、涂料生产对环境的污染	33
第三节 涂料生产的危险源防控	34
一、涂料生产安全事故产生的原因	35
二、涂料生产企业安全生产措施	37
三、涂料生产过程中火灾、爆炸预防与控制	40
四、涂料生产防火防爆导则	43
五、涂料生产企业安全技术规程 AQ 5204—2008	46
六、预防措施	58
七、车间空气中有害物质分析及控制	60
八、有害物质的毒害预防与控制	65
九、粉末涂料生产中安全、毒害预防与控制	67
第四节 涂料生产过程的环境保护	69
一、生产废水及治理	71

二、废气及治理	75	二、清洁生产的内容	99
三、固体废物及治理	76	三、清洁生产与末端治理的比较	99
四、粉尘及治理	77	第二节 涂料清洁生产	100
五、噪声及治理	79	一、涂料生产现状	100
思考与练习	79	二、涂料清洁生产政策	102
第四章 涂料涂装过程中的安全		三、涂料清洁生产技术	102
与环保	80	四、涂料企业需要更严格的监管与	
第一节 涂料涂装中的危险源分析与		技术支持	103
安全措施	80	思考与练习	103
一、涂装危害现状	81	第六章 涂料企业搬迁（新建）	
二、毒性物质来源	82	项目环保要求	104
三、涂装作业中火灾爆炸与防护	82	第一节 概述	104
四、涂装作业中粉尘危害与防护	84	第二节 搬迁（新建）项目工作流程	104
五、涂装作业中的静电危害与防护	85	一、搬迁（新建）项目前的准备	104
六、个人安全技术与防护	85	二、搬迁（新建）项目的初步设计	
第二节 涂料的储存、保管和防护措施	87	阶段	105
第三节 涂装作业的安全管理	88	第三节 搬迁（新建）项目中的环保	
一、涂装安全生产管理制度	88	要求	106
二、员工安全保健	90	一、搬迁（新建）项目环保治理措施	106
三、安全技术规程	91	二、试生产期间有关环保应注意事项	106
第四节 涂装过程的环境保护	92	思考与练习	107
一、废气的治理	92	附录 1 涂料用树脂的毒性数据与安全	
二、废漆渣的治理	94	性能	108
三、废水的治理	94	附录 2 常用有机溶剂的毒性与安全	
四、噪声的治理	96	数据	112
思考与练习	97	附录 3 涂料制造业清洁生产评价指	
第五章 涂料的清洁生产	98	标体系（试行）	117
第一节 清洁生产简介	98	参考文献	124
一、清洁生产的定义	98		

第一章 安全生产的基本知识

学习目的

了解危险化学品的分类方法，易燃液体的分类及其危险特性，燃烧应具备的基本条件，涂料燃烧的几个阶段及燃烧性实验方法，掌握液体火灾危险性指标如闪点、燃点、爆炸温度极限、自燃温度、蒸发热、燃烧热、液体的燃烧速率等概念，从而了解火灾危险性分类及评定。对燃烧性能相关危险特性事故项目的检测方法和标准进行了解，对化学品毒性试验的标准和规范有所了解。

第一节 危险化学品基本知识

一、危险化学品的分类

危险化学品是指物质本身具有某种危险特性，当受到摩擦、撞击、振动、接触热源或火源、日光曝晒、遇水受潮和遇性能相抵触物品等外界条件的作用，会导致燃烧、爆炸、中毒、灼伤及污染环境事故发生的化学品。依据《化学品分类和危险性公示 通则》（GB 13690—2009）和《危险货物分类和品名编号》（GB 6944—2005）两个国家标准，我国将危险化学品按其危险性划分为 8 类：第 1 类，爆炸品；第 2 类，压缩气体和液化气体；第 3 类，易燃液体；第 4 类，易燃固体、自燃物品和易燃物品；第 5 类，氧化剂和有机过氧化物；第 6 类，毒害品和感染性物品；第 7 类，放射性物品；第 8 类，腐蚀品。

二、易燃液体的分类与危险特性

1. 分类

易燃液体是指闭口闪点 $\leq 61^{\circ}\text{C}$ 的液体、液体混合物或含有固体物质的液体。易燃液体在常温下极易着火燃烧的液态物质，如甲苯、二甲苯等，这类物质大都是有机化合物。易燃液体按其闪点分为 3 类：闪点低于 -18°C 的低闪点液体，也称 A 类液体；闪点在 $-18\sim 23^{\circ}\text{C}$ 之间的中闪点液体，也称 B 类液体；闪点在 $23\sim 61^{\circ}\text{C}$ 的高闪点液体，也称 C 类液体。由可燃液体燃烧造成的火灾主要是 B 类火灾。

2. 易燃液体的危险特性

（1）高度易燃性 易燃液体的主要特性是具有高度易燃性，其原因主要是：第一，易燃液体以有机化合物为主，分子组成中主要含有碳原子和氢原子，易和氧反应而燃烧；第二，由于易燃液体的闪点低，其燃点也低（燃点一般约高于闪点 $1\sim 5^{\circ}\text{C}$ ），因此易燃液体接触火源极易着火而持续燃烧。

（2）易爆性 易燃液体挥发性大，当盛放易燃液体的容器有某种破损或不密封时，挥发出来的易燃蒸气扩散到存放该物品的库房的整个空间，与空气混合，当浓度达到一定范围，即达到爆炸极限时，遇明火或火花即能引起爆炸。易燃和可燃的气体、液体蒸气与空气混合后，遇火源能够引起燃烧爆炸的浓度范围称为爆炸极限。能引起燃烧爆炸的最低浓度称为爆炸下限，能引起燃烧爆炸的最高浓度称为爆炸上限。当可燃气体或易燃液体的蒸气在空气中

的浓度小于爆炸下限时,由于可燃物量不足,并因含有较多的空气,燃烧不会发生也就不会爆炸;当浓度大于爆炸上限时,则因空气量不足,燃烧不能发生,也不会爆炸。只有在上限与下限浓度范围内,遇到火种才会爆炸。因此,凡是爆炸极限范围越大,爆炸下限越低的物质,它的危险性就越大。

(3) 高度流动扩散性 易燃液体的分子多为非极性分子,黏度一般都很小,不仅本身极易流动,还因渗透、浸润及毛细现象等作用,即使容器只有极细微裂纹,易燃液体也会渗出容器壁外,扩大其表面积,并源源不断地挥发,使空气中的易燃液体蒸气浓度增高,从而增加了燃烧爆炸的危险性。

(4) 受热膨胀性 易燃液体的膨胀系数比较大,受热后体积容易膨胀,同时其蒸气压亦随之升高,从而使密封容器中内部压力增大,造成“鼓桶”,甚至爆裂,在容器爆裂时会产生火花而引起燃烧爆炸。因此,易燃液体应避热存放。

(5) 忌氧化剂和酸 易燃液体与氧化剂或有氧化性的酸类(特别是硝酸)接触,能发生剧烈反应而引起燃烧爆炸。这是因为易燃液体以有机化合物为主,能与氧化剂发生氧化反应并产生大量的热,使温度升高到燃点引起燃烧爆炸。例如,乙醇与氧化剂高锰酸钾接触会发生燃烧,与氧化性酸(硝酸)接触也会发生燃烧,松节油遇硝酸立即燃烧。因此,易燃液体不得与氧化剂及有氧化性的酸类接触。

(6) 毒性 大多数易燃液体及其蒸气均有不同程度的毒性,例如,甲醇、甲苯、二甲苯等。不但吸入其蒸气会中毒,有的经皮肤吸收也会造成中毒事故,应注意劳动防护。

溶剂性涂料大多属于闪点易燃液体和高闪点易燃液体。根据《危险货物分类和品名编号》(GB 6944—2005)的规定,易燃液体列为危险货物的第3类,在其闪点温度(其闭杯试验闪点不高于60.5℃,或其开杯试验闪点不高于65.6℃)时放出易燃蒸气的液体或液体混合物,或是在溶液或悬浮液中含有固体的液体,还包括在温度等于或高于其闪点的条件下提交运输的液体,或以液态在高温条件下运输或提交运输、并在温度等于或低于最高运输温度下放出易燃蒸气的物质。

第二节 燃烧与火灾基本知识

一、燃烧的条件

燃烧三要素包括:可燃物、助燃物和热能源。燃烧三要素是可燃物引燃、燃烧和发生火灾的必要条件。凡是能与空气中的氧或其他氧化剂起剧烈化学反应的物质,一般都叫可燃物,如固体、固体粉尘、可燃液体和气体。凡是能与可燃物发生反应并引起燃烧的物质,称为助燃物,如空气、氧、氯、溴、高锰酸钾、过氧化钠等都是助燃物。凡是能够引起可燃物质燃烧的热源,叫热能源,也叫着火源,如明火、炽热体、火星、电火星、电火花等都是常见的火源。

二、涂料的燃烧性能

水性涂料、溶剂性涂料、粉末涂料、无溶剂涂料中,以溶剂性涂料燃烧危险性最大。溶剂性涂料的燃烧过程与液体的燃烧过程大致相同,一般分为4个阶段。

首先是加热与蒸发阶段。此时,液体从外部热源得到热量,温度升高,液体蒸发速率加快。其升温速率和蒸发速率取决于:液体的比热容(比热容大的液体升温速率小);液体的

热导率（热导率高的液体升温快）；液体的蒸气压（蒸气压大的液体蒸发快）；液体的沸点（沸点高的液体蒸发慢）。

接着是闪燃与燃烧阶段。此时，随着温度的升高，液体蒸发速率加快，蒸气浓度增大，当蒸气浓度增达到爆炸下限时，蒸气与空气的混合气体与火源就能闪出火花，但随即熄灭。这种在可燃液体上方，蒸气与空气的混合气体与火源发生的一闪即灭的瞬间燃烧现象称之为闪燃。能够产生闪燃的最低温度称为闪点。当液体温度足够高，液体蒸发速率大于蒸气燃烧速率时，液体维持稳定燃烧，能够维持液体稳定燃烧的最低温度称为燃点。在燃烧阶段，决定其继续燃烧或逐渐衰减的因素是燃烧净热，即液体单位质量的燃烧热和加热单位邻接液体到燃烧状态所需要的热量之差。净热是正值时，燃烧将继续；净热是负值时，离开加热源后燃烧将自行熄灭。液体的闪点和燃点、爆炸温度极限、自燃温度、蒸发热、燃烧热等性质影响液体的闪燃与燃烧。

第三阶段为燃烧传播。在主体火焰前端的液体，表面被逐渐加热，温度逐步升高，蒸气浓度增大主体火焰前端的液体满足燃烧条件后，就会开始燃烧，从而实现火焰的传播。

最后是稳定燃烧阶段。可燃液体一旦着火并完成液面上的传播过程之后，就进入稳定的燃烧状态。液体的稳定燃烧一般呈水平平面的“池状”燃烧形式。

三、燃烧性实验方法

实际火灾有许多影响因素，用一种试验方法将火灾重现几乎是不可能的。因此，燃烧性试验仅是测定作为主体的某一因素下的性能优劣。对照燃烧过程的分析，可以将众多的燃烧试验方法大致分为如下4类：着火性试验方法；表面火焰传播试验方法；发热量试验方法；燃烧分解气体的分析试验方法。

从消防安全考虑，非常重视能够反映可燃液体火灾危险的技术指标和试验方法。但实际上影响火灾危险性的因素很多，情况不同，各种因素的重要性也不相同。想用一种试验方法反映出材料所有火灾危险性是不可能的。

四、火灾危险性指标

有关火灾危险性方面的试验方法总是以其中某一因素为主进行测定。本节中只介绍几种应用最广泛的液体火灾危险性指标，包括闪点和燃点、爆炸温度极限、自燃温度、蒸发热、燃烧热、液体的燃烧速率等。

1. 闪点和燃点

能够产生闪燃的最低温度称为闪点，能够维持液体稳定燃烧的最低温度称为燃点。闪点和燃点与液体的引燃性密切相关，闪点和燃点越低越易引燃。闪点和燃点在一定程度上表明了液体的火灾危险性，因此，它是反应液体火灾危险性的一项重要指标。

当液体温度比较低时，由于蒸发温度低，蒸发速率慢，液面上方形成的蒸气分子浓度比较小，可能小于爆炸下限，此时蒸气分子与空气形成的混合气体遇到火源是不能被点燃的。

随着温度的不断升高，蒸气分子浓度增大，当蒸气分子浓度增大到爆炸下限的时候，可燃液体的饱和蒸气与空气形成的混合气体遇到火源会发生闪燃。在规定的实验条件下，测定液体表面发生闪燃时所对应的最低温度称为该液体的闪点。在闪点温度下，液体只能发生闪燃而不能出现持续燃烧。这是因为在闪点温度下，可燃液体的蒸发速率小于其燃烧速率，液面上方的蒸气烧光后蒸气来不及补充，导致火焰自行熄灭。继续升高温度，液面上方蒸气浓度增加，当蒸气分子与空气形成的混合物遇到火源能够燃烧且持续时间不少于5s时，液体

被点燃，它所对应的温度称为该液体的燃点。

闪点和燃点的测定受初温、环境温度、升温速率、点火能、点火时间等因素的影响。

溶剂性涂料组成中的挥发分为各种有机溶剂，所用溶剂的闪点决定涂料的闪点，从而决定涂料的燃爆等级和危险程度。从安全角度考虑尽可能选用中、高闪点的溶剂。从消防观点来看，闪燃是火险的警告、着火的前奏。掌握了闪燃这种燃烧现象，就可以很好地预防火灾发生或减少火灾造成的危害。

2. 爆炸温度极限

可燃气体与空气的混合气体遇火源发生燃烧时，会产生大量的热，使产物受热、升温、体积膨胀，燃烧剧烈时将会导致爆炸。可燃气体与空气组成的混合气体遇火源能否发生爆炸，与混合气体中可燃气体的浓度密切相关，只有浓度处于爆炸极限浓度范围内的可燃气体，在空气中才会爆炸。

爆炸极限是指可燃气体与空气组成的混合气体遇火源能发生爆炸的可燃气体的最高或最低浓度（用体积百分数表示），其中最低浓度称为爆炸下限，最高浓度称为爆炸上限。可燃气体存在爆炸极限的原因是，如果可燃气体的浓度低于爆炸下限浓度，过量空气具有较强的冷却作用和销毁自由基作用，使爆炸反应难以进行；如果可燃气体的浓度高于爆炸上限浓度，空气不足，使爆炸反应受到抑制。当可燃气体的浓度处于化学计量浓度附近时，不利于爆炸反应的作用效应最小，爆炸最容易发生且最剧烈。可燃混气的爆炸极限可以用经验公式进行近似计算，也可以用实验的方法测定。

蒸气爆炸浓度上、下限所对应的液体温度称为可燃液体的爆炸温度上、下限。爆炸温度的下限为液体的闪点，测定方法与闪点的测定相同。爆炸温度的上限可根据爆炸浓度上限进行计算得到。液体的蒸气压随温度的变化符合克劳修斯-克拉珀龙方程，测得对应气体的爆炸浓度上限，便可计算出该液体的爆炸温度上限。爆炸温度的下限越低、爆炸温度范围越宽，液体越易引燃并进行火焰传播火灾危险性越大。设液体温度与室温相等，则液体温度与爆炸极限温度有如下关系：①凡爆炸温度下限小于最高室温的可燃液体，其蒸气与空气混合物遇火源均能发生爆炸；②凡爆炸温度下限高于最高室温的可燃液体，其蒸气与空气混合物遇火源均不能发生爆炸；③凡爆炸温度上限小于最低室温的可燃液体，其蒸气与空气混合物遇火源不发生爆炸，其非饱和蒸气与空气的混合物遇火源有可能发生爆炸。由此可见，爆炸温度范围与液体的火灾危险性有密切关系，是反映液体火灾危险性的又一重要指标。

3. 自燃温度

如果可燃液体（或其局部）的温度达到燃点，但没有接触外界明火源，就不会着火。若继续对它加热，使其温度上升到一定程度后，即使不接触明火，它也能自发着火燃烧。可燃液体在没有火源作用下，靠外界加热引起的着火现象，称之为自燃着火。发生自燃着火的最低温度称之为自燃点或自发着火点。自燃温度越低，火灾危险性越大。自燃温度受压力、蒸气浓度、氧含量、容器特性、活性或惰性催化物质含量等因素的影响。

4. 蒸发热

蒸发热定义为单位质量的液体完全气化需要的热量。蒸发热越小，在同样热量作用下的气化量越大，火灾危险性越大。蒸发热随温度而变化，文献中给出的一般是常压沸点下的蒸发热。

5. 燃烧热

燃烧热是指单位质量的物质在 25℃ 的氧气中燃烧释放出的热量（燃烧产物，包括水，

都假定为气体)。燃烧热有利于物料的进一步蒸发分解,促进燃烧反应进行,燃烧热越大,火焰传播速率越快。

6. 液体的燃烧速率

燃烧速率有两种表示方法,即燃烧线速率和质量燃烧速率。燃烧线速率(V_H)是指单位时间内燃烧掉的液层厚度。可表示为 $V_H = H/t$ (mm/h),式中, H 是指液体燃烧掉的厚度,mm, t 是指液体燃烧所需时间,h。质量燃烧速率(V_G)是单位时间内单位面积燃烧的液体质量。影响液体燃烧速率的因素包括液体的初温、容器直径、含水量、风速等。

五、涂料火灾危险性评定

1. 火灾的类别

根据物质及其燃烧特性将火灾划分为以下类别:A类火灾,指含碳固体可燃物,如木材、棉、毛、麻、纸张等燃烧的火灾;B类火灾,指甲、乙、丙类液体,如汽油、煤油、柴油、甲醇、乙醚、丙酮等燃烧的火灾;C类火灾,指可燃气体,如煤气、天然气、甲烷、丙烷、乙炔、氢气等燃烧的火灾;D类火灾,指可燃金属,如钾、钠、镁、钛、锆、锂、铝镁合金等燃烧的火灾;带电火灾,指带电物体燃烧的火灾。

2. 火灾危险性评定标志

物料火灾危险性的评定,主要是依据其理化性质、物料状态不同,评定的标志也不同。通常是以燃烧(或爆炸)浓度极限和自燃点作为评定气体火灾危险性的主要标志。闪点是评定易燃液体火灾危险性的主要标志;自燃点是评定可燃液体火灾危险性的主要标志。此外,液体的受热蒸发性、流动性和带电性也是衡量液体火灾危险性的标志。

闪点越低的液体,越易挥发而形成爆炸性气体混合物,引燃也越容易。自燃点越低的液体,越易发生自燃。液体受热后,其蒸气压力升高(气化量增大),容易造成设备升压而发生爆炸。沸点越低的液体,蒸发性越强,且蒸气压随温度的升高显著增大。液体泄漏后边流淌边蒸发构成了更大的火灾危险。有些液体(如酮、醚、石油及其产品)有很强的带电能力,其生产、贮运过程中,极易造成静电荷积聚而产生静电放电火花,酿成火灾,因而也大大增加了液体的火灾危险性。另外,含水的重质油品燃烧时,极易发生沸溢和喷溅,扩大了火灾的危害和扑救难度。

固体的火灾危险性评定标志比较复杂,根据固体物料的火灾危险特性不同,评定的主要标志不一。例如,粉状可燃固体的爆炸危险性是以其爆炸浓度下限为主要评定标志;遇水燃烧固体物料的火灾危险性是以与水反应速度快慢和放热量的大小作为主要评定标志;自燃性固体物料是以共自燃点作为主要评定标志;受热分解可燃固体的火灾危险性则是以其分解温度作为评定的主要标志。对于绝大多数可燃固体来说,熔点和燃点是评定其火灾危险性的主要标志参数。熔点低的固体易蒸发或气化,燃点较低,燃烧速率也较快。许多低熔点的易燃固体还有闪燃现象,且其闪点大都低于 100°C 。对于熔点较高的固体物料,通常以 300°C 作为划分易燃固体和可燃固体的界线。燃点较低的固体物料,即使在能量较小的热源或撞击、摩擦作用下,也易引燃。固体物料由于组成和性质存在差异较大,各有其不同的燃烧特点。有的先熔化后燃烧;有的燃烧之后才熔化;有的先分解后燃烧;有的需经历受热熔化→蒸发气化→分解氧化→燃烧的过程。固体物料的燃烧过程较之气体、液体更为复杂,有的只会发生缓慢地燃烧现象;有的会产生“轰燃”;有的会产生爆炸;有的既可呈现剧烈的燃烧,又

能发生爆炸。不同的燃烧特点，复杂的燃烧现象，增加了其危险性评定的难度。

在评定物料的火灾危险性时，还应从其反应危险性、燃烧危险性、毒害性、腐蚀性及放射性等方面进行分析。例如，有的物料在储运过程中易发生自聚反应，引起泄漏或火灾爆炸事故；有的爆炸性物料，极易引起爆炸而不易着火，但一旦着火就引起剧烈爆炸，有的物料具有毒性，会妨碍消防人员进行灭火战斗行动；有的物料具有腐蚀性，使设备遭受破坏，而导致火灾、爆炸或中毒烧伤等事故；有的物料具有放射性，会对事故现场消防指战员和其他人员造成危害。这就要求对物料在各种环境条件下的特性进行试验、调查、研究，准确地评定其火灾危险性。

3. 火灾危险性类别

物品的火灾危险性分为甲、乙、丙、丁、戊五类，涂料的火灾危险性主要是甲、乙、丙三类。

甲类主要包括一级易燃固体、一级易燃液体、一级氧化剂、一级自燃物品、一级遇水燃烧物品和可燃气体，这类物品易燃、易爆，燃烧时还放出大量有害气体。有的遇水发生剧烈反应，产生 H_2 或其他可燃气体，遇火源燃烧爆炸，有的受热、撞击、催化或气体膨胀而可能发生爆炸，或与空气混合容易达到爆炸浓度遇火源而发生爆炸，例如乙烷、乙炔、硝化棉、金属钾、氯酸钾、赤磷等。

乙类主要包括二级易燃固体、二级易燃液体、二级氧化剂、助燃气体、二级自燃物品等，这类物品的火灾危险仅次于甲类，例如煤油、氨气、硝酸、硫黄、氧气、油纸等。

丙类包括闪点在 60°C 或 60°C 以下的可燃液体和可燃固体物质。这类物品的特性是液体闪点较高，火灾危险性比甲、乙类液体要小些。可燃固体在空气中受到火烧或高温作用时能立即起火，当火源移走后，仍能继续燃烧，例如动物油、植物油、纤维、纸、棉、毛、丝、麻、竹等。

4. 涂料火灾危险性评定

涂料多为三类易燃液体，易燃液体的火灾危险性如下：易燃液体的闪点低，燃点也低（约高于闪点 $1\sim 5^{\circ}\text{C}$ ），接触火源极易着火持续燃烧；易燃液体几乎全部是有机化合物，其中所含的碳和氢易与氧反应而燃烧，当易燃液体与氧化剂或有氧化性的酸类（特别是硝酸）接触，可能发生剧烈反应而引起燃烧爆炸；大多数易燃液体分子量小，沸点低，容易挥发，蒸气压大，液面的蒸气浓度也较大，遇明火或火花极易着火燃烧，且蒸气一般比空气重，易沉积在低洼处或室内，不宜排出，增加着火的危险性；易燃液体着火所需点火能量较小，只要极小能量的火花即可点燃，有些易燃液体在流动、晃动时容易积聚静电，静电放电产生火花容易引起燃烧；当盛放易燃液体的容器有某种破损或不密封时，扩散出来的易燃蒸气与空气混合，达到爆炸极限时，遇明火或火花即能引起燃烧爆炸；易燃液体的膨胀系数比较大，受热后容易膨胀，造成密封容器“鼓桶”，甚至爆裂，爆裂时会产生火花而引起燃烧爆炸。表 1-1 为涂料生产企业火灾危险性分类举例。

表 1-1 涂料产品分类，主要考虑能体现涂料的化学特性。表 1-1 涂料和树脂的定义引用《色漆和清漆词汇第一部分通用术语》（GB/T 5206.1—1985）、《色漆和清漆词汇第二部分树脂术语》（GB/T 5206.2—1986）。

溶剂型涂料所用溶剂的闪点决定涂料的闪点，从而确定涂料的燃爆等级和危险程度。根据 GB 12268—2008《危险货物物品名表》，列为易燃品的涂料成膜物质见表 1-2，使用这些物质，使涂料的危险性有所增加。

表 1-1 涂料生产企业火灾危险性分类举例

名称	类别	涂料生产场所	火灾危险类别	爆炸或火灾环境
树脂	溶剂型树脂	油脂、天然、酚醛、醇酸、氨基、硝基、环氧、烯类、过氯乙烯、丙烯酸、聚酯、聚氨酯、橡胶等合成树脂	甲	爆炸性气体环境
	固体树脂	环氧、酚醛、聚酯、石油树脂等合成树脂	甲	
	水性树脂	聚乙烯醇、丙烯酸、醋酸乙烯、聚氨酯、硝基等（乳液或水性分散体）	甲	
涂料	溶剂型或无溶剂型涂料	〔液体闪点≤60℃（闭口杯试验）〕油脂漆类、天然树脂漆类、酚醛树脂漆类、沥青漆类、醇酸树脂漆类、氨基树脂漆类、硝基漆类、烯类树脂漆类、过氯乙烯树脂漆类、丙烯酸酯树脂漆类、聚酯树脂漆类、环氧树脂漆类、聚氨酯树脂漆类、橡胶漆类、元素有机漆类、其他成膜物类涂料以及辅助材料（催干剂、各类稀释剂）等	甲或乙	爆炸性气体环境
	水性涂料	〔液体闪点≤60℃（闭口杯试验）〕水性聚氨酯树脂漆类、水性丙烯酸酯类树脂漆类、水性环氧树脂漆类、水性硝基漆等		
	水性涂料	〔液体的闪点>60℃（闭口杯试验）〕乳胶漆、水性聚氨酯树脂漆类、水性丙烯酸酯类树脂漆类、水性环氧树脂漆类、水性硝基漆等	丙	火灾环境
	粉末涂料 固体树脂	粉碎、包装	乙	爆炸性粉尘环境
仓库与贮存	液体	易燃液体危险化学品涂料产品仓库、易燃液体原料仓库及储罐区、废溶剂回收	甲或乙	爆炸性气体环境
	固体	易燃固体原料仓库	甲或乙	爆炸性粉尘环境
		易燃固体树脂、粉末涂料产品仓库	乙	
	水性涂料	〔液体闪点>60℃（闭口杯试验）〕乳胶漆、水性聚氨酯树脂漆类、水性丙烯酸酯类树脂漆类、水性环氧树脂漆类、水性硝基漆等水性涂料产品仓库	丙	火灾环境

注：1. 以上均指工厂设备都在其设计参数范围内的工作状态。
2. 水性树脂（乳液）〔除闪点≤60℃（闭口杯试验）外〕最终产品本身不属于易燃液体危险化学品，但生产时所用的主要原料属危险化学品，生产操作温度超过其闪点，因此确定为甲或乙类火灾危险性，仅指生产过程。
3. GB/T 2705—2003 对涂料产品分类方法有两种，方法一主要是以涂料产品的用途为主线，并辅以主要成膜物的分类方法，如建筑涂料、工业涂料、通用涂料及辅助材料；方法二除建筑涂料外，按涂料产品的主要成膜物质分类，如油脂树脂漆类、酚醛树脂漆类、沥青漆类、醇酸树脂漆类、氨基树脂漆类、硝基漆类、乙烯基树脂漆类、丙烯酸酯树脂漆类、聚酯树脂漆类、环氧树脂漆类、聚氨酯树脂漆类、橡胶漆类、有机树脂以及辅助材料等。

表 1-2 列为易燃品的涂料成膜物质

分 类		编号	品 名		说明
类别	级别				
易燃固体	一级	GB 4.1 类 41031	硝化纤维素		
	二级	GB 4.1 类 41550	生松香		
易燃液体	中闪点液体	GB 3.2 类 32192	焦油		闪点-18~23℃
		GB 3.2 类 32197	含一级易燃溶剂的合成树脂		
			含溶剂的	醇酸树脂(砂纸用) 酚醛树脂(热固型、醇溶) 有机硅树脂(溶液) 环氧树脂(以苯为溶剂)	
	高闪点液体	GB 3.3 类 33645	含二级易燃溶剂的合成树脂		闪点 23~61℃
			含溶剂的	丁醇改性酚醛树脂 三聚氰胺甲醛树脂 氨基树脂 干性醇酸树脂 无油醇酸树脂 不干性醇酸树脂 不饱和聚酯树脂 聚氨酯树脂	

粉末涂料作为粉状物质，粒度较细，在空气中达到一定浓度时可引起粉尘爆炸。不同树脂组成的粉末涂料有不同的爆炸特性。粉末涂料一般有着较高的着火温度（>500℃），主要的安全问题是粉尘爆炸。

第三节 燃烧性能检测基本知识

一、危险化学品及可燃粉尘火灾爆炸危险特性参数测定

危险化学品及可燃粉尘火灾爆炸危险特性检测项目和标准如表 1-3。

表 1-3 危险化学品及可燃粉尘火灾爆炸危险特性检测项目和标准

序号	检测物质	检测项目	检测标准
1	可燃气体	引燃温度	GB/T 5332-- 2007
		爆炸极限	GB/T 12474 --2008
		爆炸指数	GB/T 803 -- 2008
2	可燃液体	闪点	GB/T 261 -- 2008 GB/T 267 -- 1988 GB/T 3536 -- 2008
		引燃温度	GB/T 5332 -- 2007
		氧化特性	GA/T 536. 6-- 2010
3	其他液化化学品	遇湿危险性	GA/T 536. 4-- 2005
		氧化特性	GA/T 536. 6-- 2010
4	可燃固体	闪点	GB/T 9343 --2008
		引燃温度	GB/T 9343 --2008
		燃烧速率(易燃固体分级)	GA/T 536. 2 -- 2005
5	其他固态化学品	遇湿放出易燃气体物质分级	GA/T 536. 4—2005
		氧化性固体分级	GA/T 536. 5-- 2005
6	可燃粉尘	空气中爆炸浓度下限	GB/T 16425 -- 1996
		空气中爆炸指数	GB/T 16426 -- 1996
		最大爆炸压力	GB/T 16426 -- 1996
		最大爆炸压力上升速率	GB/T 16426 -- 1996
		粉尘云最小点火能	GB/T 16428 -- 1996
		粉尘层最低引燃温度	GB/T 16429 -- 1996
		粉尘云最低引燃温度	GB/T 16430 -- 1996
7	危险化学品	绝热量热分析	ASTM E 1981 -- 1998(R2004)

涂料燃烧性指标检测方法标准如表 1-4。

二、闪点和燃点的测定

能够产生闪燃的最低温度称为闪点，能够维持液体稳定燃烧的最低温度称为燃点。闪点和燃点与液体的引燃性密切相关，闪点和燃点越低越易引燃，闪点和燃点在一定程度上表明了液体的火灾危险性，因此，它是反应液体火灾危险性的一项重要指标。

表 1-4 涂料燃烧性指标检测方法标准

GB/T 12474—2008	空气中可燃气体爆炸极限测定方法
GB/T 5332—2007	可燃液体和气体引燃温度实验方法
GB/T 261—2008	石油产品闪点测定法 闭口杯法
GB/T 267—1998	石油产品闪点与燃点测定法 开口杯法
GB/T 3536—2008	石油产品闪点和燃点测定法 克利夫兰开口杯法
GB/T 21791—2008	石油产品自燃温度测定法
GB/T 21756—2008	工业用途的化学产品 固体物质相对自燃温度的测定
GB/T 9343—2008	塑料燃烧性能试验方法 闪燃温度和自燃温度的测定
GB/T 16425—1996	粉尘云爆炸下限浓度测定方法
GB/T 16426—1996	粉尘云最大爆炸压力和最大压力上升速率测定方法
GB/T 16428—1996	粉尘云最小着火能量测定方法
GB/T 16429—1996	粉尘云最低着火温度测定方法
GB/T 16430—1996	粉尘层最低着火温度测定方法
GA/T 536.2—2005	易燃易爆危险品 火灾危险性分级及试验方法 第2部分:易燃固体分级试验方法
GA/T 536.3—2005	易燃易爆危险品 火灾危险性分级及试验方法 第3部分:易于自燃的物质分级试验方法
GA/T 536.4—2005	易燃易爆危险品 火灾危险性分级及试验方法 第4部分:遇水放出易燃气体物质分级试验方法
GA/T 536.5—2005	易燃易爆危险品 火灾危险性分级及试验方法 第5部分:固体氧化性物质分级试验方法
GA/T 536.6—2010	易燃易爆危险品 火灾危险性分级及试验方法 第6部分:液体氧化性物质分级试验方法
GB/T 21611—2008	危险品 易燃固体自燃试验方法
GB/T 21612—2008	危险品 易燃固体自热试验方法
GB/T 21613—2008	危险品 自加速分解温度试验方法
GB/T 21614—2008	危险品 喷雾剂燃烧热试验方法
GB/T 21616—2008	危险品 易燃液体蒸汽压力试验方法
SN/T 2175—2008	危险品 易燃液体持续燃烧试验方法

1. 测定依据

《危险品 易燃液体闭杯闪点试验方法》(GB/T 21615—2008)、《涂料闪点测定法 快速平衡法》(GB/T 5208—1985)适用于色漆清漆产品闪点的测定其闪点的范围在以下含有卤代烃的混合溶剂所测得的结果有异常现象。

2. 测定原理

用规定的开口闪点测定器所测得的结果叫做开口闪点,以摄氏度(℃)表示。常用于测定润滑油。用规定的闭口闪点测定器所测得的结果叫做闭口闪点,以℃表示。常用以测定煤油、柴油、变压器油等。

按照所用闪点测定器的型式,闪点可分为闭口闪点和开口闪点两种。每种油品是测闭口闪点还是测开口闪点要按产品质量指标规定进行。一般地,挥发性较大的石油产品多测闭口闪点,因为测定开口闪点时,油品受热后所形成的蒸气不断向周围空气扩散,使测得的闪点