

2017 实验室安全学



主 讲：石琳
版面设计：祝梅
北 京 科 技 大 学



教材

感谢所有志愿者共同努力，发放方式请见QQ群。**QQ群实名制**

班级志愿者		
1班	2班	3班
郑浩田	任众	李飞宏 梁伟
赵震洋	陈泽华	刘神光 李超
高睿	张宇璇	郑乾方 李世民
案例志愿者		
朱翔宇（研二）	杨亮	卢世康
***（研二）		

■ 沟通联络

公共邮箱

1. shiyanshi_anquan@163.com 实验室_安全
2. 邮件主题：姓名，学号，第几周作业（意见、建议）

课件发放方式

QQ群 344340435（一班） 655549321（二班） 628105291（三班）

联系方式

石琳 13691089872 shilin@ustb.edu.cn

CONTENTS

» 第二章 防火与防爆

» 2.1 | 燃烧与爆炸的特点及原理

» 2.2 | 燃烧的分类

» 2.3 | 消防

» 2.4 | 逃生

第二章 防火与防爆

2.1 燃烧与爆炸的特点及原理



燃烧

小范围、可控
的发光发热现象



火灾

很难控制住，
破坏力较大的情况



爆炸

迅速的物理或化学
变化，压力突变，
巨大的破坏作用，
放热、发光和声响

第二章 防火与防爆

2.1 燃烧与爆炸的特点及原理

A. 爆炸性质的分类

1L水——1700L水蒸汽

- **物理性爆炸**

- 是由物理变化(温度、体积和压力等因素)引起的。在物理性爆炸的前后，爆炸物质的性质及化学成分均不改变
- 气球爆炸，轮胎爆炸，锅炉爆炸

- **化学性爆炸**

- 是物质在短时间内完成化学变化，形成其它物质，同时产生大量气体和能量的现象
- 氢气爆炸，乙炔爆炸
- 炸药爆炸

- **核爆炸**

第二章 防火与防爆

2.1 燃烧与爆炸的特点及原理

B. 燃烧与爆炸的破坏作用

- 火灾
 - 损失大约与**时间**的平方成正比
- 爆炸
 - 损失与**距离**相关
 - 直接的破坏作用：碎片在100~500m内飞散，释放3-15%能量
 - 冲击波的破坏作用，主要能量释放方式
 - 造成火灾、中毒、环境污染
 - **突然性、复杂性、摧毁性**

第二章 防火与防爆

2.1 燃烧与爆炸的特点及原理

C. 燃烧与化学性爆炸的原理

- 氧化反应
- 燃烧三要素：**可燃物质、助燃物质、火源/点火能量**
 - 氧化速度的决定因素：在点火前可燃物质与助燃剂是否混合均匀
 - 火焰速度：燃烧 $< 0.5\text{m/s}$ ，爆炸 几十~几百 m/s
- 消防
 - 固体、液体 ————— 防火
 - 气体、蒸气、粉尘 ————— 防爆

■ 第二章 防火与防爆

2.1 燃烧与爆炸的特点及原理

燃烧三要素

- **可燃物质**
 - 气体、液体、固体可燃物
- **助燃物质**
 - 通常是氧或氧化剂
 - 为了使可燃物完全燃烧，还必须源源不断地供应
- **足够的点火能量**
 - 明火，包括一切火焰、火星
 - 电气火花；摩擦、撞击火花；静电火花；雷电火花
 - 化学反应热；高温表面；日光聚焦、绝热压缩等

第二章 防火与防爆

火源的温度

火源名称	温度(°C)	火源名称	温度(°C)
火柴焰	500~600	气体灯焰	1 600~2 100
烟头	700~800	酒精灯焰	1 180
机械火星	1 200	蜡烛焰	640~940
煤炉火	1 000	打火机焰	1 000
烟囱飞火	600	焊割火花	2 000~3 000
石灰发热	600~700	汽车排气管火星	600~800

第二章 防火与防爆

2.1 燃烧与爆炸的特点及原理

D. 燃烧机理 — 链式反应理论

- 链式反应理论是由前苏联科学家谢苗诺夫提出的，他认为物质的燃烧经历以下过程：
 - 可燃物质或助燃物质先吸收能量而离解为自由基
 - 自由基极其活泼，与其他分子反应，活化能很低
 - 自由基与其他分子相互作用形成一系列连锁反应，将燃烧热释放出来
 - 有焰燃烧都存在链式反应
- 示例
 - $\text{ROO}\cdot + \text{RH} \rightarrow \text{R}\cdot + \text{ROOH}$
 - $\text{R}\cdot + \text{O}_2 \rightarrow \text{ROO}\cdot$

自由基，化学上也称为“游离基”，是指化合物的分子在光热等外界条件下，共价键发生均裂而形成的具有不成对电子的原子或基团

第二章 防火与防爆

2.1 燃烧与爆炸的特点及原理

链式反应



链引发



链传递



链终止



■ 第二章 防火与防爆

2.1 燃烧与爆炸的特点及原理

E. 消防原理

- 燃烧三要素：可燃物质、助燃物质、火源/点火能量
- 燃烧机理：自由基链式反应

• 防火的基本措施

- 控制可燃物
- 隔绝空气
- 消除着火源
- 阻止火势、爆炸波的蔓延

灭火的基本方法

- 隔离法
- 窒息法
- 冷却法
- 化学抑制法

■ 第二章 防火与防爆

2.2 燃烧的分类

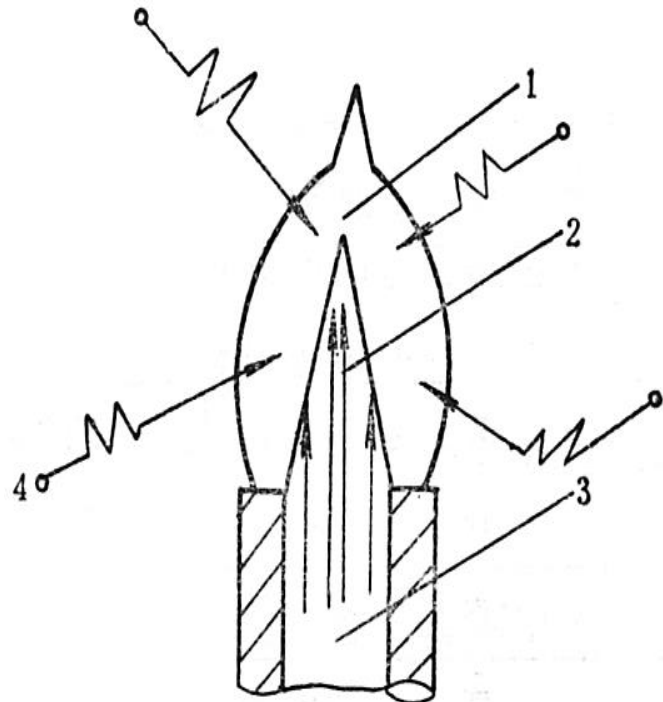
- 可燃气体的燃烧
- 可燃液体的燃烧
- 可燃固体的燃烧

第二章 防火与防爆

2.2 燃烧的分类

A. 可燃气体的燃烧

- **燃烧方式：扩散燃烧**
 - 特点：稳定
 - 可燃气体与空气/氧气隔离
 - 火焰只能在燃料管口外平稳地进行燃烧
 - 燃烧速度 $< 0.5\text{m/s}$
- **爆炸：预混合燃烧**
 - 可燃气体和空气相互接触，混合气
 - 遇到火源，由于燃烧速度很快，热量来不及散失，温度急剧上升，气体因高温而急剧膨胀就成为爆炸。
 - 火焰传播速度：几十~几百m/s



扩散火焰结构
1-扩散区；2-燃料锥；
3-燃料；4-空气

第二章 防火与防爆

2.2 燃烧的分类

可燃气体的消防

- 实验室常用可燃气体：
 - 氢气、乙炔、一氧化碳、甲烷、硫化氢.....
- 常见事故原因
 - 接口泄露；燃烧、氧化不完全；尾气直排
 - 可燃气体在空气中达到一定浓度
 - 遇明火/点火能量
- 消防重点——防爆
 - 贮存、使用过程中控制空气中可燃气体浓度
 - 防泄漏（危险气体报警器）
 - 防燃烧不完全
 - 尾气处理
 - 防爆装置、防爆灯、防爆开关、禁明火

第二章 防火与防爆

2.2 燃烧的分类

爆炸浓度极限

- 爆炸范围
 - 可燃的气体、液体蒸气或粉尘与空气的混合物，遇火源能够发生燃烧或爆炸的浓度范围。
 - 最低浓度为爆炸下限，最高浓度为爆炸上限。
- 爆炸浓度极限
 - 爆炸浓度下限 低于不可燃烧，不可爆炸
 - 爆炸浓度上限 高于可燃烧，不可爆炸
 - 一氧化碳与空气混合的爆炸极限为 12.5% ~ 74% (体积百分比)
 - 甲烷 4.9% ~ 16%
 - 最大爆炸威力：反应当量浓度相当 (甲烷 9.5%)

可燃气体
浓度

0%

爆炸下限

最大
爆炸威力

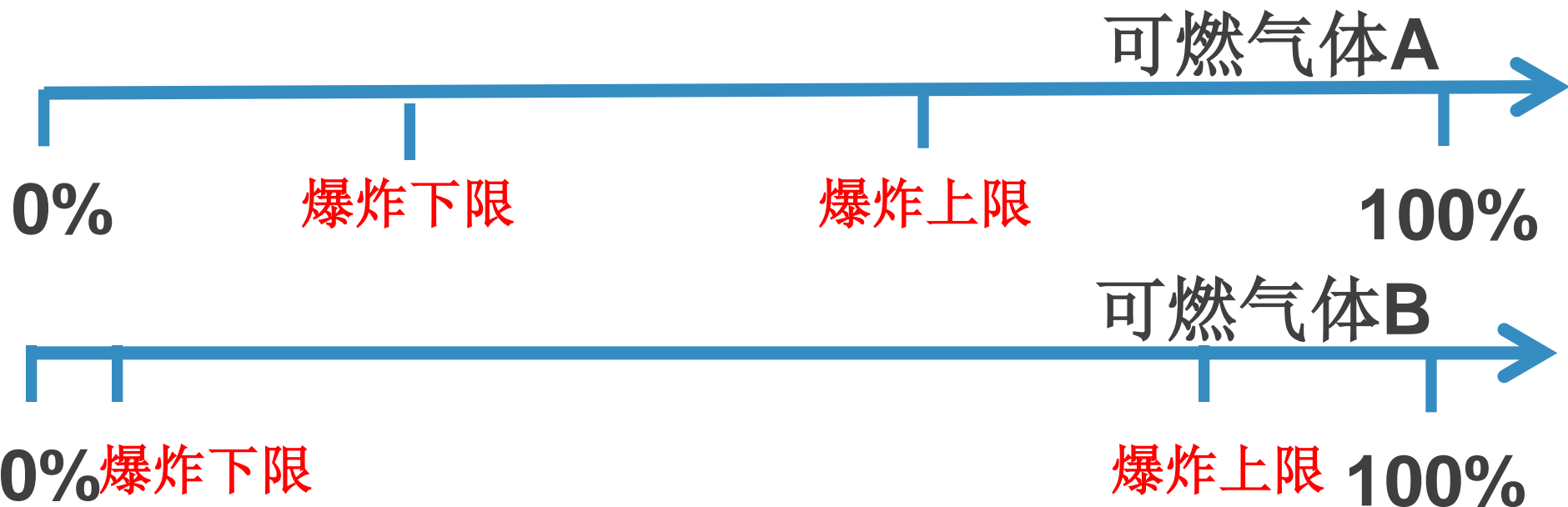
爆炸上限

100%



$>$ 最低需氧值 $<$ 最低需氧值





爆炸危险度

- 当爆炸下限浓度低，爆炸上限浓度高时，爆炸危险度高
 - 泄漏——爆炸下限浓度低时，易燃气体稍有泄漏就会形成爆炸条件
 - 渗入——爆炸上限浓度高，即使有少量的空气或氧气也能形成爆炸条件，这就要严格限制外部空气渗入易燃气体的容器
 - 爆炸范围宽则出现爆炸条件的机会就多

可燃气体在空气与在氧气中的爆炸极限

可燃气体	空气 (%)	氧气 (%)
甲烷	5.3~14	5.1~61
乙烷	3.0~12.5	3.0~66
丙烷	2.2~9.5	~55
正丁烷	1.8~8.5	1.8~49
异丁烷	1.8~8.4	1.8~48
丁稀	2.0~9.6	3.0~
1-丁烯	1.6~9.3	1.8~58
2-丁烯	1.7~9.7	1.7~55
丙烯	2.4~10.3	2.1~53
氯乙烯	4~22	4~70
氢	4~75	4~94
一氧化碳	12.5~74	15.5~94
氨	15~28	15.5~79

■ 第二章 防火与防爆

2.2 燃烧的分类

可燃气体的燃烧

- 防爆
- 爆炸浓度范围
 - 爆炸下限
 - 爆炸上限
- 爆炸危险度

第二章 防火与防爆

2.2 燃烧的分类

B. 可燃液体的燃烧

- 液体分类：易燃液体，可燃液体，（不可燃液体）
- 液体燃烧方式：蒸发燃烧
 - **蒸发**出可燃蒸气 酒精
 - **分解**出新的可燃气体 熔化的石蜡



第二章 防火与防爆

2.2 燃烧的分类

可燃液体的闪点、燃点与自燃温度

- 闪燃、闪点
 - 在一定的蒸发温度下，可燃液体饱和蒸气与空气的混合气与火焰接触时，能闪出火花，但随即熄灭，这种**瞬间燃烧**的过程叫做**闪燃**，发生闪燃的最低温度叫**闪点**。
 - 只能闪燃而不能继续燃烧。
- 燃烧、燃点（着火点）
 - 可燃液体被加热到超过闪点温度时，其蒸气和空气的混合气与火焰接触而发生能**连续燃烧**的最低温度。
 - 火源移去后能维持连续燃烧5s以上。

明火引燃

第二章 防火与防爆

2.2 燃烧的分类

无明火

- 自燃、自燃温度
 - 可燃物质在没有明火作用的情况下发生的燃烧叫做自燃。
 - 发生自燃的最低温度叫自燃温度。
 - 贮存温度必须严格控制在自燃温度以下，必要时采取低温贮存。
(除已隔绝空气可靠密封者外)

液体的自燃温度

名称	自燃温度 (°C)	名称	自燃温度 (°C)
二硫化碳	102	乙醇	425
乙醚	170	丙酮	540
汽油、环己烷	260	苯	555

乙醇

T



425°C 自燃温度

363°C 燃点

13°C 闭口闪点



第二章 防火与防爆

2.2 燃烧的分类

- 液体易燃性分级
 - 根据物质的闪点可以区别各种可燃液体的火灾危险性
 - 液体的闪点越**低**，火灾危险性越**大**
 - 在室温超过某些液体的闪点时，要严格**控制**这种液体的**敞口操作**

易燃液体的分类（GB30000.7-2013）

类别	标准	备注
1	闪点小于23℃，且初沸点不大于35℃	极易燃
2	闪点小于23℃，且初沸点大于35℃	高度易燃
3	闪点不小于23℃且不大于60℃	易燃
4	闪点大于60℃且不大于93℃	——



危险

极易燃液体和蒸气

作业1：这个油浴着火，怎么灭火？如何预防？



燃烧三要素

- 可燃物质
- 助燃物质
- 体系能量

燃烧机理

- 链式反应

作业2：乙醇浆料燃烧，用水灭火会发生什么？ 应该如何正确扑灭这起火灾？

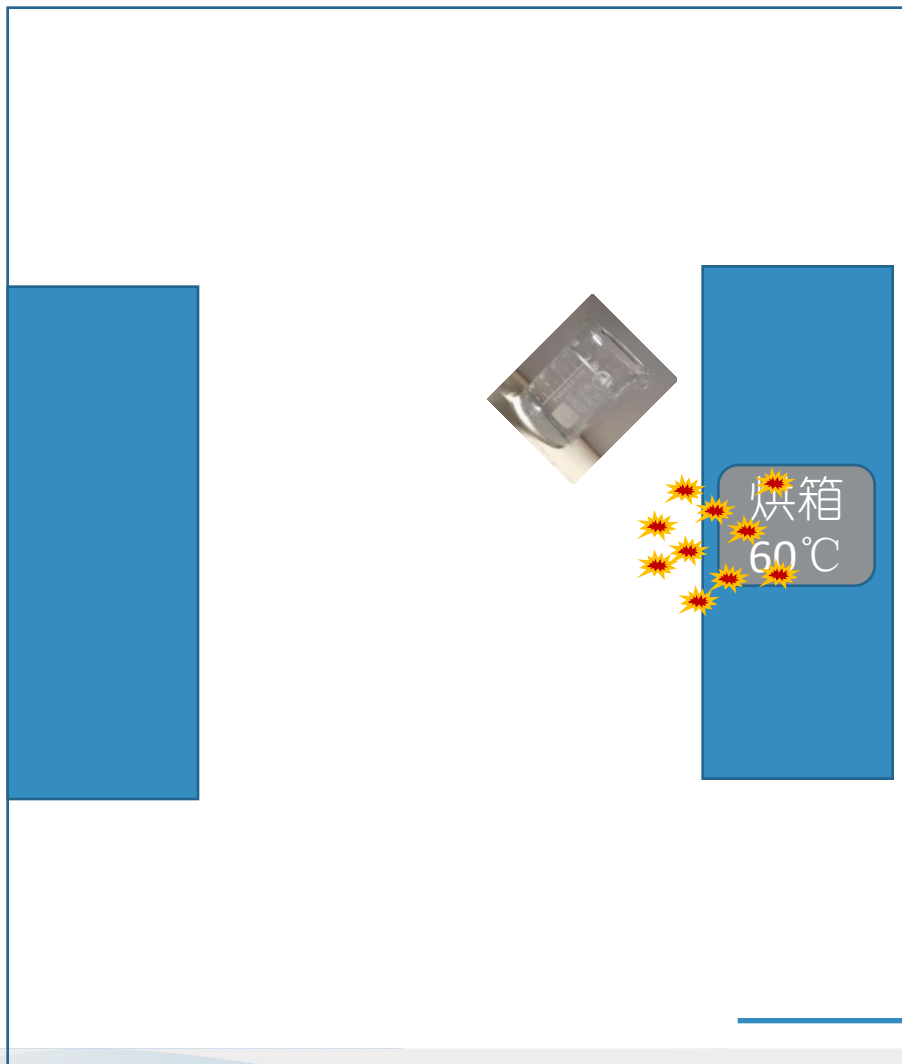


可燃物

- 乙醇浆料
- 易燃液体

乙醇

- 沸点 78°C
- 燃点 363°C
- 闪点 12°C



作业3

2.5L玻璃瓶装乙醇废液，有学生又倒入废硝酸。过一会爆炸，瓶子碎，碎片穿透窗玻璃。

试分析爆炸可能的原因。

参考：讲义 P131表8.1各种危险化学品废物之间的相容性

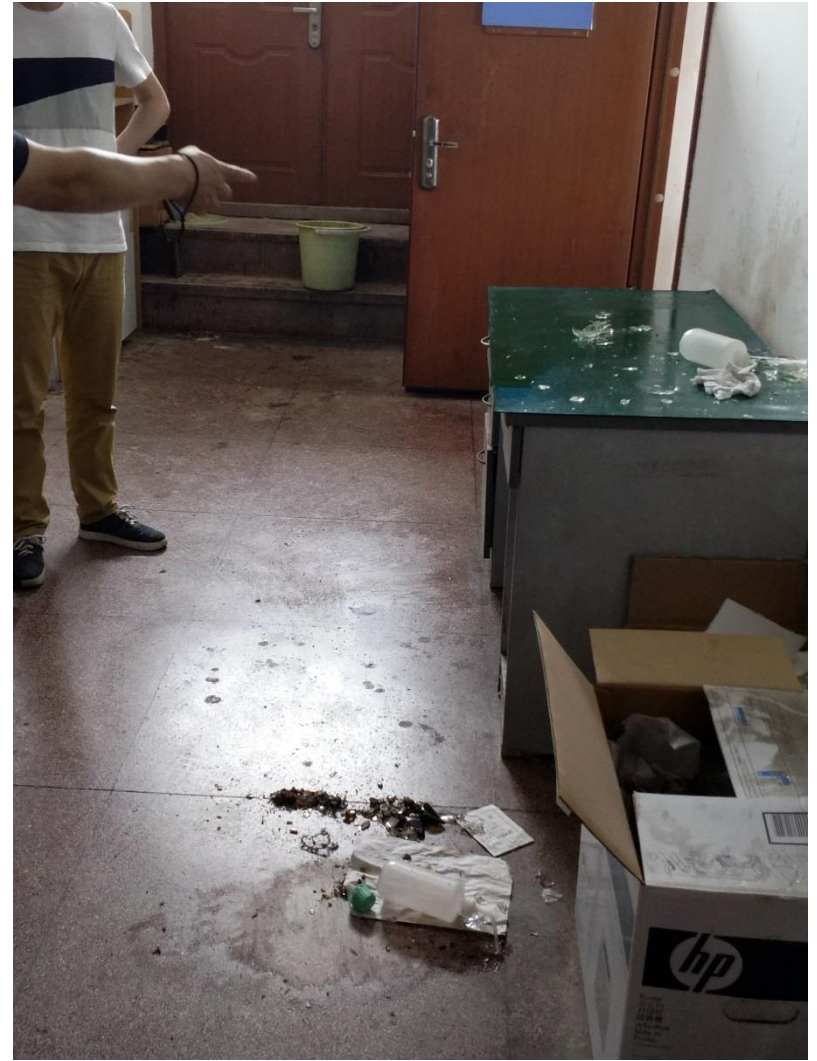
P132表8.2相互接触或混合会引起燃烧或爆炸的物质

作业4

2017.9.14 使用王水（浓硝酸+浓盐酸）处理铁锈后，将200mL废王水（有余热）倒入空的乙醇瓶中，并盖上盖子。过一会爆炸，瓶子碎，碎片划伤学生脸部。

试分析爆炸可能的原因。





THANKS



谢 谢 聆 听