



职业安全卫生通用基础系列教材

焊 接 安 全

劳动部职业安全卫生监察局 主编

中国劳动出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了在气焊、电焊、燃料容器检修焊补、水下焊接和登高焊割作业等焊接工艺过程中,存在的各种危险因素和有害因素;对爆炸、火灾、触电、尘毒、高频电磁场、射线和噪声等的发生原因、危害程度和防护措施,均有比较详细的分析和论述。书中还介绍了焊接的防火与防爆基础知识,焊接安全技术检查要点及其技术条件,焊工安全教育和考核等安全管理措施。

本书可作为技安干部、安全员和焊工的培训教材,亦可供有关生产技术管理人员学习参考。

焊 接 安 全

劳动部职业安全卫生监察局 主编

责任编辑:葛玮

中国劳动出版社出版

(北京市和平里中街12号)

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092 毫米 32 开本 10印张 223千字

1990年6月北京第1版 1990年6月北京第1次印刷

印数: 10100册

ISBN 7-5045-0565-X/TG·058 定价: 4.20元

前 言

近十年来,劳动保护事业迅速发展,劳动保护、安全生产成为四化建设的重要组成部分。为了适应劳动保护工作的法制化、科学化和标准化的需要,适应劳动保护监察工作的需要,劳动部职业安全卫生监察局组织有关部门的专家编写了一套劳动保护干部培训教材。

这套教材是以党的劳动保护方针为指导,以国家颁布的劳动安全卫生条例、规程、标准为依据编写的,努力反映国内外劳动保护科学技术的新发展,反映我国劳动保护管理和立法监察工作的新发展,坚持科学性和实用性相结合的原则,力求准确地阐述和介绍劳动保护专业各门学科的基本原理和基础知识。

这套教材供全国培训劳动保护专业干部和企业安全技术干部使用,同时可作为大中专院校安全工程专业的学习参考书。

《焊接安全》是这套教材的一种,本书系统地论述了各种焊接工艺中存在的危险因素、职业危害因素及其产生原因、危害程度和防护措施,介绍了焊接安全技术检查要点及其技术条件,焊工安全教育和考核等安全管理措施。

本书由北京经济学院安全工程系杨泗霖副教授编写。

限于水平所限,缺点错误在所难免,欢迎有关方面的专

家和广大劳动保护干部批评指正。

劳动部职业安全卫生
监察局

目 录

概论	I
第一章 焊接防火与防爆基础知识	1
第一节 防火技术基本知识	2
第二节 防爆技术基本知识	13
第三节 可燃易爆物质的燃烧爆炸特性	24
第四节 防火防爆基本原则	39
第二章 气焊与气割安全	41
第一节 安全与卫生特点	41
第二节 乙炔发生器安全	45
第三节 常用气瓶安全	85
第四节 焊割炬安全	106
第五节 胶管和管道安全	113
第三章 电焊安全	122
第一节 基本原理与安全特点	122
第二节 电焊的工伤事故	147
第三节 电焊安全措施	157
第四章 特殊焊接作业安全	180
第一节 燃料容器检修焊补	180
第二节 水下焊接与切割	194
第三节 登高焊割作业	200
第五章 焊接劳动卫生与防护	203
第一节 光辐射	204

第二节	焊接烟尘和有毒气体.....	213
第三节	其他有害因素.....	246
第六章	焊接安全管理.....	268
第一节	焊接安全组织措施.....	268
第二节	焊工安全教育与规章制度.....	287
第三节	焊接安全检查.....	288

第一章 焊接防火与防爆

基础知识

火灾和爆炸是焊接操作中容易发生的事故，特别是在燃料容器（如油罐、气柜）与管道的检修焊补，气焊与气割以及登高焊割等作业中，火灾和爆炸是主要危险。为了能够深刻地领会焊接所采取的防火与防爆措施的理论依据，有必要首先讨论有关的安全基础知识。

火灾和爆炸事故有以下特点：

1. 严重性

发生工伤事故如触电、高处坠落、物体打击或车辆伤害等，总是会使人身安全或国家财产造成一定损失。火灾和爆炸容易造成重大伤亡事故和多人伤亡事故，后果是特别严重的。

2. 复杂性

发生火灾和爆炸事故的原因往往比较复杂，例如发生火灾和爆炸事故的条件之一——着火源，就有明火、化学反应热、物质的分解自燃、热辐射、高温表面、撞击或摩擦、绝热压缩、电气火花、静电放电、雷电和日光照射等多种；至于另一个条件——可燃物，则到处可见，各种可燃气体、可燃液体和可燃固体，种类繁多。

3. 突发性

火灾和爆炸事故往往是在人们意想不到的时候突然发

生。虽然存在事故征兆，但由于目前对火灾和爆炸事故的监测、报警等手段不大理想造成事故突发；另外，相当多的人员（包括操作者和生产管理人员），对火灾和爆炸事故的规律及其征兆，了解和掌握得很不够也是事故突发的重要的缘故。

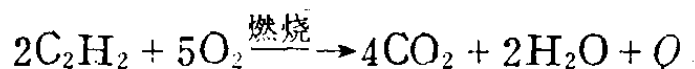
第一节 防火技术基本知识

一、燃烧与火灾

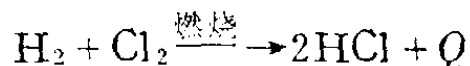
人类用火已有几十万年的历史。至今，燃烧在生产和生活领域里仍是应用最为广泛的一种氧化反应。然而对于燃烧的实质，在长时间里，却得不到正确的认识 and 解释。直到20世纪初，才由苏联科学家 H·H 谢苗诺夫创建了燃烧的链式反应理论。这是近代用来解释燃烧实质的理论，它得到了世界各国化学界的公认。在这之前，虽然有过许多理论和学说，但其中没有一个能对燃烧的实质给予完满地正确解释。

1. 燃烧现象

我们知道，燃烧是一种放热发光的氧化反应，例如气焊火焰的燃烧：



最初，氧化被认为仅是氧气与物质的化合，但现在则被理解为：凡是可使被氧化物质失去电子的反应，都属于氧化反应。例如氯和氢的化合：



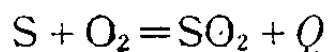
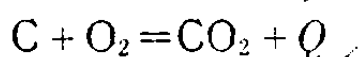
氯从氢中取得一个电子，因此，氯在这种情况下即为氧化剂。这就是说，氢被氯所氧化，放出热量并呈现出火焰。此

时，虽然没有氧气参与反应，但发生了燃烧。又如铁能在硫中燃烧，铜能在氯中燃烧，等等。然而，物质与空气中的氧所起的反应必竟是最普遍的，是火灾和爆炸事故最主要的原因。所以我们主要讨论这一形式的燃烧。

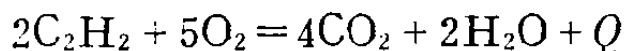
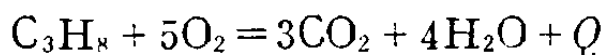
2. 氧化与燃烧

物质的氧化反应现象是普遍存在着的，由于反应的速度不同，可以体现为一般的氧化现象和燃烧现象。当氧化反应速度比较慢时，例如油脂或煤堆在空气中缓慢与氧的化合，铁的氧化生锈等，虽然在氧化反应时也是放热的，但同时又很快散失掉，因而没有发光现象。如果是剧烈的氧化反应，放出光和热，即是燃烧，例如由于散热不良，热量积聚，不断加快煤堆的氧化速度，而导致煤堆的燃烧，赤热的铁块在纯氧中剧烈氧化燃烧，等等。这就是说，氧化和燃烧都是同一种化学反应，只是反应的速度和发生的物理现象（热和光）不同。在生产和日常生活中发生的燃烧现象，大都是可燃物质与空气（氧）的化合反应，也有一些是分解反应。

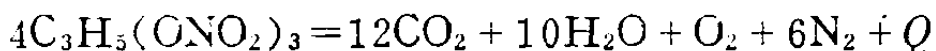
简单的可燃物质燃烧时，只是该元素与氧的化合，例如碳和硫的燃烧反应：



复杂物质的燃烧，先是物质受热分解，然后发生化合反应，例如丙烷和乙炔的燃烧反应：

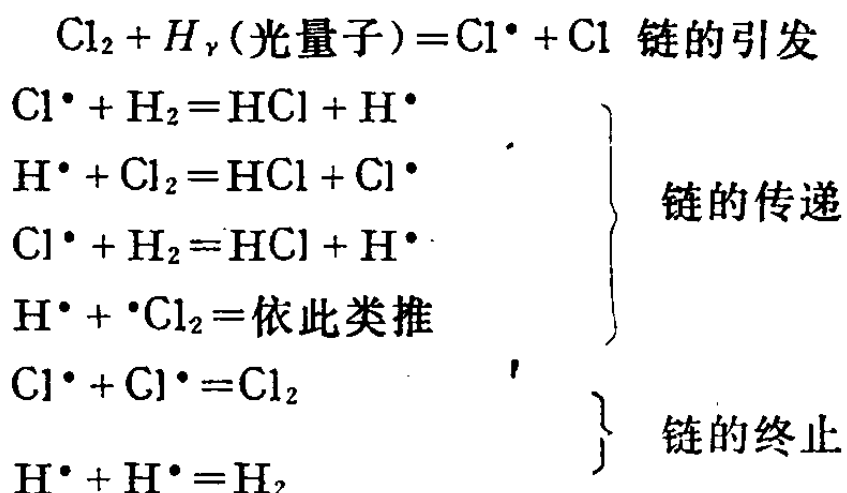


而含氧的炸药燃烧时，则是一个复杂的分解反应，例如硝化甘油的燃烧反应：



3. 燃烧的链式反应理论

热和光是燃烧过程中发生的物理现象，那么，燃烧的这种氧化反应是怎样发生的呢？亦即燃烧的实质是什么呢？用链式反应理论来解释燃烧的实质认为，物质的燃烧经历了以下的过程：可燃物质或助燃物质先吸取能量而离解成为游离基，与其他分子相互作用形成一系列链式反应，并将燃烧热释解出来。这可以用氯和氢的作用来说明。氯在光的作用下被活化成活性分子，于是构成一连串的反应：



总的来说，连锁反应机理大致可分为三段：

(1) 链引发。即游离基生成使链反应开始。

(2) 链传递。游离基作用于其他参与反应的化合物，产生新的游离基。

(3) 链终止。即游离基的消毁，使链锁反应终止。造成游离基消失的原因是多方面的，如游离基相互碰撞生成分子，与掺入混合物中的杂质起副反应，与非活性的同类分子或惰性分子互相碰撞而将能量分散，撞击器壁。

按照链式反应理论认为，燃烧不是两个气态分子之间直接起作用，而是他们的分裂物—游离基这种中间产物进行的链式反应。

4. 火灾

在生产过程中，凡是超出有效范围的燃烧统称为火灾。例如气焊时或烧火做饭时，将周围的可燃物（油、棉丝，汽油、劈材等）引燃，进而燃毁设备、家具和建筑物、烧伤人员等，这就超出了气焊和做饭的有效范围。在消防部门有火灾和火警之分，其共同点是超出了有效范围的燃烧，不同点是火灾系指造成人身和财产的一定损失，否则称为火警。

二、防火的基本理论与措施

1. 燃烧的条件

燃烧是有条件的，它必须在可燃物质、助燃物质和火源这三个基本条件同时具备、相互作用下才能发生。如图1—1所示，发生燃烧的条件必须是可燃物质和助燃物质共同存在，构成一个燃烧系统，同时要有导致着火的火源。

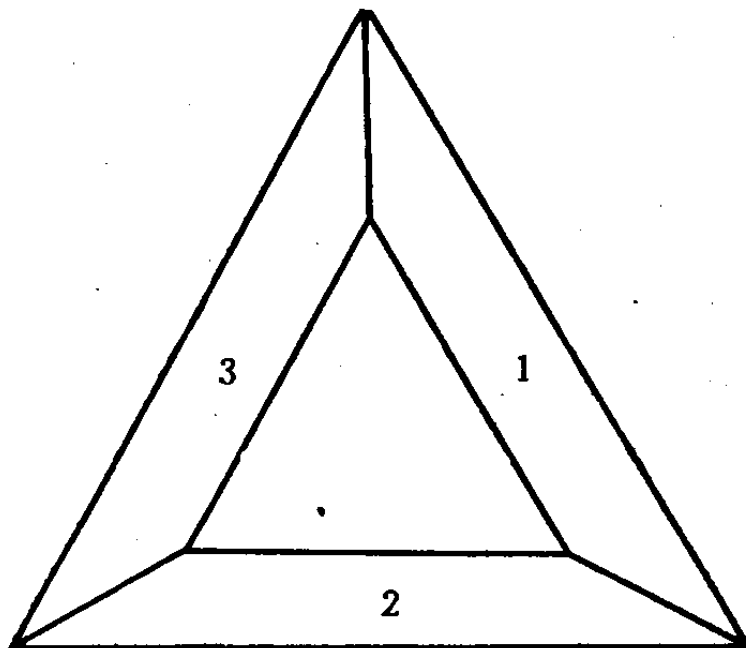


图 1—1 燃烧的条件

着火源是指具有一定温度和热量的能源，也可把能引起可燃物质着火的能源称为火源。常见的着火源有火焰、电火

花、电弧和炽热物体等。

在研究燃烧的条件时还应当注意到，上述燃烧的三个基本条件在数量上的变化。条件变化会使燃烧速度改变甚至使燃烧停止。例如氧在空气中的浓度降低到16~14%时，木材的燃烧即行停止；如果在可燃气体与空气的混合物中，减少可燃气体的比例，那么燃烧速度会减慢，甚至会停止燃烧。着火源如果不具备一定的温度和足够的热量，燃烧也不会发生，例如飞溅出的火星可以点燃油棉丝或刨花，但如果溅落在大块木材上，很快就熄灭，不能引起燃烧，这是因为这种着火源虽然有超过木材着火的温度，但却缺乏足够热量的缘故。

2. 防火的基本技术措施

根据燃烧原理采取各种措施，防止燃烧的三个条件同时存在或者避免它们的相互作用，是防火技术的基本理论。

所有防火技术措施都必须以这个基本理论为指导。例如在汽油库里或操作乙炔发生器时，由于有空气和可燃物（汽油和乙炔）存在，所以规定必须严禁烟火，这是防止燃烧条件之一——火源的一种措施，又如安全规则规定气焊操作点（火焰）与乙炔发生器或氧气瓶之间的距离必须在10米以上；乙炔发生器与氧气瓶之间的距离必须在5米以上；电石库与明火、散发火花的地点必须在30米以上等。这些防火措施都是为了避免燃烧的三个基本条件同时存在。

综上所述，一切防火技术措施都要包括两个方面，一是防止燃烧基本条件的产生，二是避免燃烧基本条件的同时存在。

3. 灭火的基本措施

一旦发生火灾，只要消除燃烧条件中的任何一条，火则

熄灭。常用的灭火方法有隔离，冷却和窒息（隔绝空气）等方法。

隔离法是将可燃物与着火源（火场）隔离开来，使燃烧停止。例如装盛可燃气体、燃烧液体的容器与管道着火或容器管道周围着火时，应立即采取以下措施：设法关闭容器与管道的阀门，使可燃物与火源隔离，阻止可燃物进入着火区；将可燃物从着火区搬走，或在火场及其邻近的可燃物之间形成一道“水墙”，加以隔离；采取措施阻拦正在流散的燃料液体进入火场，拆除与火源毗连的易燃建筑物，等等。

冷却法是将燃烧物的温度降至着火点（燃点）以下，使燃烧停止。或者将邻近着火场的可燃物温度降低，避免扩大形成新的燃烧条件，如常用水或干冰-二氧化碳进行降温灭火。

窒息法是消除燃烧的条件之一——助燃物——空气，氧气或其他氧化剂，使燃烧停止。主要是采取措施阻止助燃物进入燃烧区，或者用惰性介质和助燃性物质冲淡稀释助燃物，使燃烧得不到足够的氧化剂而熄灭。如前述空气含氧量低于16~14%时，木材燃烧即行停止。采取窒息法的常用措施有：将灭火剂如四氯化碳、二氧化碳泡沫灭火剂等不燃气体或液体，喷洒覆盖在燃烧物表面上，使之不与助燃物接触；用惰性介质或水蒸气充满容器设备，将正在着火的容器设备封严密闭；用不燃或难燃材料捂盖燃烧物，等等。

三、燃烧的类型

燃烧可分为闪燃、自燃和着火等类型，每一种类型的燃烧都有其各自的特点。研究防火技术，就必须具体的分析每一类型燃烧的特征及其发生的规律，才能有针对性地采取有效的防火与灭火措施。

1. 闪燃

可燃液体的温度不高时，液面上少量的可燃蒸气与空气混合后，遇着火源而发生一闪即灭（延续时间少于 5 秒）的燃烧现象，称闪燃。除了可燃液体以外，某些能蒸发出可燃蒸气的固体，如石蜡、樟脑、萘等，其表面上所产生的蒸气达到一定的浓度时，与空气混合而成为可燃的气体混合物，若与明火接触，也能出现闪燃现象。

可燃液体蒸发出的可燃蒸气足以与空气构成一种混合物，并在与火源接触时发生闪燃的最低温度，称为该可燃液体的闪点。闪点越低，则火灾危险性越大，如乙醚的闪点为 -45°C ，而煤油为 $28\sim 45^{\circ}\text{C}$ ，说明乙醚比煤油的火灾危险性大，还表明乙醚具有低温火灾危险性。

应当指出，可燃液体之所以会发生一闪即灭的闪燃现象，是因为它在闪点的温度下，蒸发速度较慢，所蒸发出来的蒸气仅能维持短时间的燃烧，而来不及提供足够的蒸气补充维持稳定的燃烧。也就是说，在闪点的温度时，燃烧的仅仅是可燃性液体所蒸发的那些蒸气，而不是液体在燃烧，即还没有达到使液体能燃烧的温度，所以燃烧表现为一闪即灭的现象。

闪燃是可燃液体发生着火的前奏，从消防的观点来说，闪燃就是火灾危险的警告。因此，研究焊接火灾危险性时，闪燃现象是必须掌握的一种燃烧类型。

2. 着火

可燃物质在一点被着火源引燃后，若该点上燃烧所放出的热量足以把邻近的可燃物层提高到燃烧所必须的温度，火焰就可蔓延。因此，所谓着火就是可燃物质与火源接触后能燃烧，并在火源移去后仍保持继续燃烧的现象，可燃物质发

生着火的最低温度称为着火点或燃点，例如木材的着火点为 295°C ，纸张燃点为 130°C 等。

可燃液体的闪点与燃点的区别是，达到燃点时燃烧的不仅是蒸气，而且是液体（即液体已达到燃烧温度，可提供保持稳定燃烧的蒸气），燃烧能够连续进行，而在闪点时，移去火源后闪燃即熄灭。

控制可燃物质的温度在燃点以下，是预防发生火灾的措施之一。在火场上，如果有两种燃点不同的物质处在相同的条件下，受到火源作用时，燃点低的物质首先着火。所以，存放低燃点物质的位置通常是火势蔓延的主要区域，应用冷却法灭火。其原理就是将燃烧物质的温度降低到燃点以下，使燃烧停止。

3. 自燃

可燃物质受热升温而不需明火作用就能自行着火的现象称为自燃。引起自燃的最低温度称为自燃点，例如煤的自燃点为 320°C ，氨为 780°C 。自燃点越低，发生火灾的危险性越大。

分析可燃物与空气接触发生自燃的原因可以看出，可燃物质在空气中被加热时，先是开始缓慢氧化并放出热量，该热量可提高可燃物质的温度，促使氧化反应速度加快。与此同时，也存在着向周围的散热损失，亦即同时存在着产热量和散热量两种速度。当可燃物质氧化产生的热量小于散失的热量时，可燃物质的温度不能自行上升到自燃点，自燃不能发生；如果可燃物被加热到较高温度，或散热条件不良，氧化产生的热量不断聚积，而超过散失热量时，反应速度的不断加快会使温度不断升高，直至达到可燃物的自燃点而发生自燃现象。

根据可燃物质升温的热量来源不同，自燃可分为受热自燃和本身自燃。

(1) 受热自燃。可燃物质由于外界加热，温度升高至自燃点而发生自行燃烧的现象，称为受热自燃，例如火焰隔锅加热引起锅里油的自燃。受热自燃是引起火灾事故的重要原因之一，在焊接的火灾案例中，有不少是因受热自燃引起的，发生受热自燃的原因主要有：

①靠近或接触灼热物体。可燃物质靠近或接触热量大和温度高的物体时，通过热传导、对流和辐射作用，有可能将可燃物质加热升温到自燃点，而引起自燃。例如可燃物质靠近或接触加热炉，暖气片、电热器或烟囱等灼热物体。为防止可燃物质接触灼热物体受热自燃，应采取安全间距或隔离等措施。

②明火加热。在熬炼（如熬油、熬沥青等）或热处理过程中，温度过高达到可燃物质的自燃点，而引起的着火。在用明火加热可燃物质的过程中，应注意控制温度，使加热温度不超过自燃点。

③摩擦热。机器的轴承或加工可燃物质机器设备的相对运动部件，由于缺乏润滑或缠绕纤维物质，使摩擦力增大，产生大量热量，造成局部过热，引起可燃物质受热自燃。在纺织行业中，由此原因引起的火灾较多。为防止这类火灾，必须按计划检修维护机器设备，平时应保持轴承和相互摩擦部件的正常润滑，经常消除缠绕的纤维以及积落在摩擦表面上的可燃物。

④化学反应热。放热的化学反应会释放出大量的热量，有可能引起周围的可燃物质受热自燃。例如在建筑工地上由于生石灰遇水发热，引起可燃材料着火，乙炔发生器的电石

过热，引起乙炔的自燃等。因此，应针对化学反应热的危险性，对可燃物质采取隔离存放等措施。

⑤绝热压缩。气体在很高压力下突然压缩时，释放出的热量来不及导出，温度会骤然增高，致使可燃物质受热自燃。可燃气体和空气的混合气受绝热压缩时，高温会引起混合气的自燃和爆炸，因此，在打开高压容器系统的阀门时，为避免发生绝热压缩，应慢慢拧开阀门，如氧气瓶是高压容器，为避免氧气表（减压器）受绝热压缩而烧损，要求拧开瓶阀的动作必须缓慢。

此外，高温的可燃物质（温度已超过自燃点）一旦与空气接触也能引起着火，因此，应避免容器和管道发生的“跑、冒、滴、漏”。

（2）本身自燃。可燃物质由于本身的化学反应、物理或生物作用等所产生的热量，使温度升高至自燃点而发生自行燃烧的现象，称为本身自燃。本身自燃与受热自燃的区别在于热的来源不同，受热自燃的热来自外部，而本身自燃的热是来自可燃物质本身化学或物理的热效应，所以亦称自热自燃。

由于可燃物质的本身自燃不需要外来热源，所以在常温甚至在低温下也能发生自燃。因此，能够发生本身自燃的可燃物质比其他可燃物质的火灾危险性更大。

在一般情况下，本身自燃的起火特点是从可燃物质的内部向外炭化、延烧，而受热自燃往往是从外向内延烧。

四、燃烧热值和燃烧温度

1. 热值

1 摩尔的物质与氧气进行完全燃烧反应时所放出的热量，叫做该物质的燃烧热。例如 1 摩尔乙炔完全燃烧时，放