

焊接安全与 卫生工程学

北京经济学院劳动保护系编

事故和职业危害的各项安全防护技术措施和组织措施，是十分必要的，这对更好地全面贯彻党的安全生产方针，具有重要意义。

焊接安全与卫生课程则是研究在焊接过程中消除职业危害，预防工伤事故而采取的技术措施和组织措施的一门学科。

三、焊接安全卫生工作中工程技术管理人员的职责

焊接安全卫生与生产技术有着紧密的联系，如遇生产方法有改变，或焊接新技术新工艺的采用，就必须同时从焊接安全卫生观点加以研究，探求适当的方法，消除可能引起工伤事故和职业危害的因素，这些因素可能存在于生产条件中，也可能存在于操作过程中。所以焊接安全卫生问题，只有在仔细地研究生产过程的特点和焊接工艺、工具及操作方法后，才能得到解决。在某种意义上说，焊接安全卫生问题也是生产技术问题。因此，厂矿工程技术人员对焊接安全卫生工作是负有重大责任的，他们在研究生产的同时，必须研究有关焊接的安全卫生问题。无论在设计、施工、安装、开工、停工等一切工作上，都必须保证现行的劳动保护法令所规定的安全技术与工业卫生方面的标准和要求得到贯彻执行。事实上，各种高生产率的焊接新工艺，只有在安全卫生防护技术问题得到解决的同时，才可能被更为广泛的推广和应用，才能更好的发挥其高效能。

焊接发生工伤事故与职业病的原因很多，有的是由于焊接设备有缺陷，有的是由于缺少安全防护装置或安全防护装置不符要求，有的是由于错误操作或违章操作，有的是由于制度不严，有的是由于现场混乱，等等。一般说来，其共同原因是安全组织措施不健全或安全技术措施不完善。实践证明，即使是有完善的安全卫生防护技术措施，如果没有相应的组织措施，技术措施的实施和效果就得不到可靠的保证，焊接的工伤事故和职业病还是可能发生的。因此，企业各级部门和有关人员有责任对焊接安全措施进行监督检查，例如焊接动火制度应当由企业总工程师和保卫部门负责执行并监督检查；在规定限期内所有焊接设备（如电焊机气瓶等受压容器）的技术检查和维护，应由动力设备部门负责监督检查；焊接安全防护装置的设置和合理使用、工作地的合理组织及安全操作规程制度的建立和实施，应由车间主任负责并监督检查，等等。技安部门应协助并监督企业部门、各车间对焊接安全防护措施和规章制度的实施与执行。此外，除了由劳动部门和产业主管部门组织的安全生产大检查应将焊接安全卫生检查列为重点检查内容之一外，企业还应当在有关部门和技术安全部门主持下，定期进行全厂的群众性安全检查，包括检查焊接操作中存在的的社会不卫生问题和隐患，及时采取措施，防患于未然。

前 言

焊接技术是现代工业生产的一项重要加工工艺，在造船、桥梁、建筑、化工、机械和国防等许多重要工业部门都有广泛的应用。尤其近一、二十年来，由于不少新焊接工艺在生产上的采用和推广，其应用范围更是日益扩大，焊工人数也在不断增加。但是在焊接操作中存在着多种不安全不卫生因素，有害焊工的安全和健康，引起了各有关部门和全体职工的高度重视，我国焊接学会已正式成立第八委员会——焊接安全与卫生委员会，并于1980年召开专业学术论文讨论会。可以肯定，认真研究焊接操作中发生工伤事故和职业危害的规律性，采取有效的安全卫生防护技术措施，对于保障广大焊工和其他生产人员的安全和健康，保护国家财产，加速实现四个现代化有着重要的意义。本书则是为此目的，由安全技术教研室杨泗霖同志编写，作为选修专业课教材用。

由于调查研究不够，专业知识水平有限，书中一定有不少错误和不当之处，请同志们批评指正，以便改正。

编 者

一九八〇年九月

焊接安全与卫生工程学

绪 言

一、焊接原理和分类

在机械制造工业中,使两个以上的另件联接在一起的方法主要分为两大类;一类是可以拆卸的联接方法(如螺纹联接,键联接等);另一类是永久性的联接方法(如焊接、铆接等)。

使两块分离的物体借助于原子间或分子间的联系与质点的扩散作用形成一个整体的过程称为焊接。

要使两个分离的物体形成永久性的结合,首先应使两个物体相互接近到原子间的力能够产生相互作用的程度。这对液体来说是很容易的,但对固体则需外部给予很大的能量,才能使接触表面达到原子间的距离。这一方面是因为固体硬度较高,当它们相接触时,无论表面精度多高,实际上只能是部分的点接触,另一方面固体表面还会有各种杂质,如氧化物、油脂、尘土以及气体分子的吸附所形成的薄膜等,这些都是妨碍两个物体原子结合的因素以达到永久牢固的联接的。

用某种能量使被联接的物体熔化,这是最有利于物体原子间结合的方法。这一类的焊接方法,有铝热焊、气焊、电弧焊、电渣焊、气电焊、等离子焊等。以上这些焊接方法统称为熔化焊,是金属焊接最主要的方法。

若将两块金属加热到塑性状态或表面局部熔化状态,同时施加压力,这样也可达到使两个物体的原子间结合的程度,这是由于增加了表面的接触面积,促使金属表面的氧化层破坏或被挤出,以及金属表面晶格变形,并产生再结晶等。这类焊接方法有锻焊、接触焊、摩擦焊和气压焊等。

对某些金属只是施加足够的压力,也可以使分离的金属达到原子间的结合。这一类的焊接方法,有如冷压焊、爆炸焊等。

焊接技术就是采用加热、加压或加压同时也加热等方法,来克服阻碍原子结合的因素以达到永久牢固的联接的。

但要使分离的物体结合成为一个牢固的整体,有时单靠物体表面层上原子间的结合还不够,其结合强度常与结合区的体积,形成新合金的特性,结晶条件的优劣,有害物质的排除程度等因素有关,必需加以考虑。

近百年来随着科学技术的不断发展,虽然使分离金属达到原子间结合的基本方法一直都是这两种:加热和加压,但各种焊接方法仍层出不穷。为了方便分类,通常将焊接方法分为两大类:即熔化焊和压力焊。如图0—1所示。

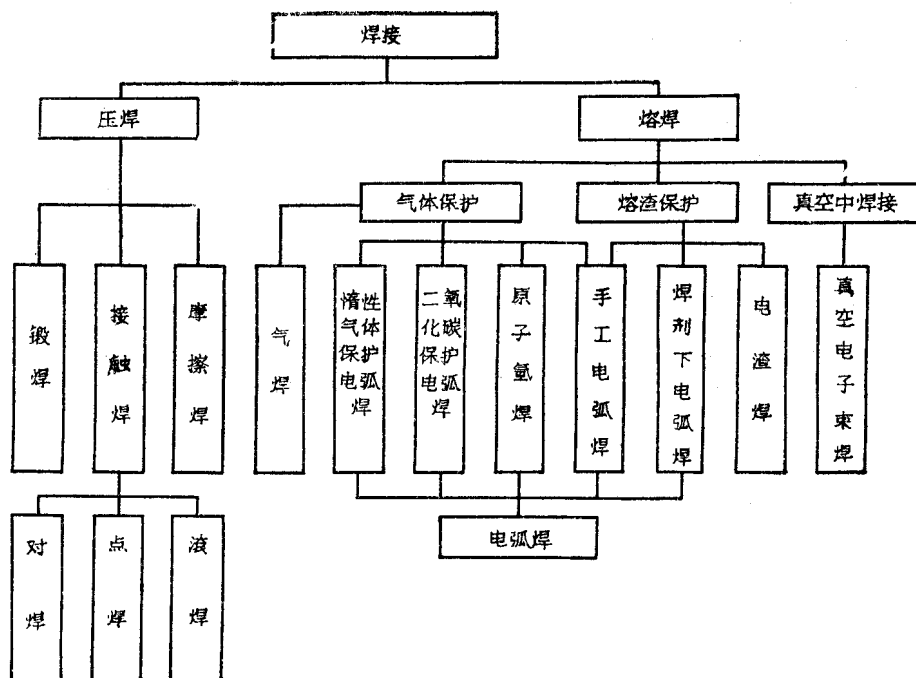


图 0—1 焊接方法分类

二、焊接安全与卫生防护技术的重要意义

在劳动保护工作中，焊接操作属于特殊工种，焊工需要与各种易燃易爆气体，压力容器和电机电器接触，同时还会产生有毒气体、有害粉尘、弧光辐射、高频电磁场、噪声和射线等，由于存在上述多种不安全不卫生因素，使得焊接操作可能发生爆炸、火灾、烫伤、中毒（急性中毒）、触电和高空坠落等工伤事故，以及焊工尘肺、慢性中毒（如锰中毒、金属烟热等）、血液疾病、电光性眼病和皮肤病等职业危害。这不仅危害着焊工及其他生产人员的安全和健康，而且还会使生产和国家财产遭受重大损失。

党和国家对焊接工人的安全健康一直是非常重视的。在国务院“关于加强企业生产中安全工作的几项规定”以及全国安全生产会议决议中都明确指出，对于电气、起重、焊接、锅炉、受压容器……等特殊工种的工人，必须进行专门的安全操作技术训练，经过考试合格后，才能准许他们操作；国务院发布的“工厂安全卫生规程”，劳动部公布试行的《气瓶安全监察规程》的通知，等等。对焊接安全卫生技术都有规定。我国焊接学会已正式成立第八委员会—焊接安全与卫生委员会，专门研究焊接安全与卫生防护技术，并于1980年在大连召开专业学术讨论会。

焊接技术是现代工业生产中一种重要的金属加工工艺，在造船、建筑、桥梁、结构、化工和机械制造等许多主要生产部门都得到广泛应用。近一、二十年来，焊接技术发展迅速，新焊接工艺层出不穷，诸如氩弧焊、CO₂气体保护焊、等离子弧焊……等在生产上的采用，使焊接的应用范围更是日益扩大，同时也出现不少新的不安全与不卫生因素。随着我国工业生产的迅速发展，焊工人数也在不断增加。因此，使广大焊工和其他生产人员广泛地深刻了解焊接安全卫生技术，熟知在焊接过程中可能发生不幸事故和职业病的原因，以及消除工伤

目 录

绪 言

- 一、焊接原理和分类
- 二、焊接安全与卫生防护技术的重要意义
- 三、焊接安全卫生工作中工程技术管理人员的职责

第一章 气焊与气割 (1)

第一节 基本原理与安全卫生特点 (1)

- 一、概述 (1)
- 二、燃烧和爆炸的基本知识 (2)
- 三、常用易燃易爆气体的性质 (3)
- 四、安全与卫生特点 (12)

第二节 电石安全使用规则 (13)

- 一、物理化学性质 (13)
- 二、电石发生爆炸失火的原因 (14)
- 三、防爆与防火措施 (14)

第三节 气瓶安全技术 (15)

- 一、气瓶结构 (15)
- 二、气瓶发生爆炸事故的原因 (18)
- 三、防爆措施 (19)
- 四、减压器安全使用规则 (23)

第四节 焊炬与割炬的安全要求 (25)

- 一、焊炬的构造原理与安全要求 (25)
- 二、割炬的构造原理与安全要求 (27)

第五节 回火防止器 (28)

- 一、回火原因 (28)
- 二、对回火防止器的基本要求 (28)
- 三、回火防止器的构造原理 (29)
- 四、回火防止器使用安全要求 (31)
- 五、水封回火防止器的计算 (31)

第六节 乙炔发生器安全技术措施 (32)

- 一、构造原理 (32)
- 二、发生爆炸失火事故的原因和分类 (36)
- 三、对乙炔发生器的基本要求 (37)
- 四、乙炔发生器的安全使用 (38)

五、安全技术须知·····	(39)
六、乙炔发生器的安全试验·····	(39)
第七节 泄压装置和压力表·····	(41)
一、泄压膜·····	(41)
二、安全阀的结构和维护·····	(43)
三、压力表的结构和维护·····	(44)
第八节 水下气割安全措施·····	(45)
一、概述·····	(45)
二、安全措施·····	(46)
第二章 手工电弧焊 ·····	(47)
第一节 基本原理与安全卫生特点·····	(47)
一、电弧的焊接性质·····	(47)
二、焊接电源与焊条简介·····	(49)
三、安全与卫生特点·····	(59)
第二节 焊接安全用电·····	(59)
一、电流对人体的作用·····	(59)
二、工作环境接触电危险性分类·····	(61)
三、焊接发生触电事故的原因·····	(62)
四、预防焊接触电事故安全措施·····	(62)
五、触电急救·····	(69)
第三节 水下电弧切割安全措施·····	(72)
一、概述·····	(72)
二、安全措施·····	(73)
第四节 电焊弧光防护·····	(73)
一、弧光辐射对人体的危害·····	(73)
二、焊接弧光防护·····	(75)
第三章 气电焊与等离子弧焊 ·····	(78)
第一节 基本原理与安全卫生特点·····	(78)
一、气电焊原理与安全卫生特点·····	(78)
二、等离子弧焊原理与安全卫生特点·····	(82)
第二节 焊接有害因素的来源与危害·····	(83)
一、金属烟尘·····	(84)
二、有毒气体·····	(86)
三、高频电磁场·····	(90)
四、放射性物质·····	(92)
五、噪声·····	(92)
第三节 焊接卫生防护技术措施·····	(94)
一、焊接烟尘和有毒气体防护措施·····	(94)
二、放射性防护·····	(110)

三、噪声防护·····	(110)
四、高频电磁场防护·····	(111)
五、焊接环境保护·····	(112)
第四章 燃料容器焊补与管道安全措施·····	(113)
第一节 燃料容器焊补防爆技术·····	(113)
一、置换动火与带压不置换动火·····	(113)
二、发生爆炸失火的原因·····	(114)
三、置换动火的防爆措施·····	(114)
四、带压不置换动火的防爆措施·····	(117)
五、在高空和室内检修动火的安全注意事项·····	(119)
第二节 管道防爆措施·····	(119)
一、管道发生燃烧爆炸的原因·····	(119)
二、管道的防爆措施·····	(120)
第三节 焊接防火与灭火·····	(124)
一、焊接防火·····	(124)
二、灭火措施·····	(124)
第四节 焊接防毒措施·····	(127)
一、焊接发生中毒的原因·····	(127)
二、预防焊接中毒的措施·····	(128)
第五章 焊接安全与卫生检查要点及其技术条件·····	(131)
附 录·····	(142)
一、可燃易爆物质的燃烧与爆炸特性·····	(142)
二、可燃气体或蒸气的最小点火能量·····	(149)
三、卫生名词解释·····	(149)
四、仓库按贮存物品的火灾危险性分类·····	(151)
五、建筑物的耐火等级·····	(152)
六、电力装置设计按爆炸和火灾危险场所划分为三类八级·····	(153)
七、在惰性气体参加下的最小爆炸含氧量·····	(154)
八、厂房按生产的火灾危险性分类·····	(154)
九、放射性名词解释·····	(155)
十、有关乙炔瓶的安全要求·····	(157)
十一、参考文献·····	(167)

第一章 气焊与气割

第一节 基本原理与安全卫生特点

一、概述

气焊是利用可燃气体与氧气混合燃烧的火焰对金属进行加热的一种熔焊方法。可燃气体与氧气的混合是利用焊炬来完成的。气焊所用的可燃气体主要有乙炔和丙烷。

气焊应用的设备包括氧气瓶、乙炔发生器（或乙炔瓶）以及回火防止器等。应用的器具包括焊炬、减压器以及橡皮气管等。这些设备器具在工作时的应用情况见图1—1。

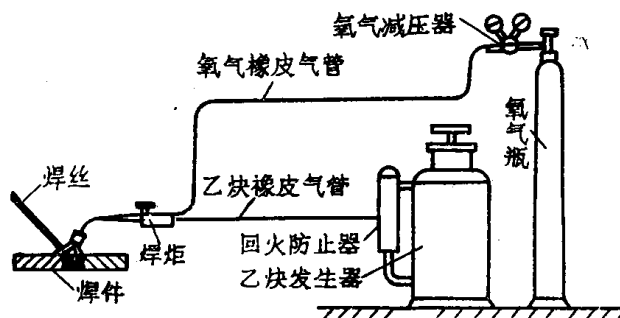


图1—1 气焊应用的设备和器具示意图

焊接有色金属和铸铁时，还需要加焊粉，用以溶解和清除复盖在焊材及溶池表面上的难熔的氧化膜，并在熔池表面形成一层熔渣，保护熔池金属不被氧化；排除熔池中的气体、氧化物及其它杂质；改善熔池金属的流动性等。例如焊铝时采用由氯化物(KCl , NaCl)和氟化钠(NaF)等组成的铝焊粉。

气焊主要应用于焊接薄钢板、有色金属、铸铁件、钎接件和堆焊硬质合金等材料，以及磨损和报废零部件的焊补。

气割是利用可燃气体与氧气混合通过割炬的预热烧嘴导出并且燃烧生成预热火焰加热金属。待金属被预热到燃烧开始的温度时，即从切割嘴的中心槽中放出切割氧。烧热了的金属遇氧开始燃烧，发出大量的热。这些热量与预热火焰一起使下一层的金属被烧热，燃烧就迅速扩展到金属整个厚度中的深处。这时，金属燃烧时形成的氧化物，在熔化状态时被切割氧流从反应区吹走，金属则被切割开来。如果将割炬沿着直线或曲线以一定的速度移动，则金属的燃烧也将沿着该线进行。

归纳起来，氧气切割的几个步骤是

- 1、预热金属
- 2、热金属在氧气射流中燃烧
- 3、被熔化的熔渣从切割口中吹出等。

气割与气焊所应用的设备与工具基本相同，只是割炬和焊炬的构造略有差异，将在下面

讨论。

二、燃烧和爆炸的基本知识

1. 燃烧及其必要条件

①氧化与燃烧

根据化学定义，凡是使被氧化物质失去电子的反应都属于氧化反应。强烈的氧化反应，并伴随有热和光同时发出的化学现象称为燃烧。所以，物质不仅是和氧化合的反应属燃烧，并且在某些情况下，和氯、硫的蒸汽等的化合反应也属燃烧。例如在氯化氢中，氯从氢中取得一个电子，此时氯是氧化剂，就是说氢被氯所氧化，并放出热和呈现出火焰，此化学反应即为燃烧。但是物质和空气中的氧所起的反应毕竟是最普通的，也是焊接发生火灾爆炸事故的主要原因，本章将着重讨论这一形式的燃烧。

②燃烧的必要条件

发生燃烧必须具备三个条件：（1）可燃物质；（2）氧或氧化剂；（3）着火源。亦即发生燃烧的条件必须是可燃性的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。火源是指具有一定温度和热量的能源。例如火焰、电火花、灼热的物体等。

根据燃烧必须具备上述条件的道理，采取措施不使之同时存在，以避免燃烧的产生，即是防火技术的理论依据；在扑灭火灾的，可采取冷却、隔离或窒息的方法消灭已产生的上述条件，以使燃烧停止。

任何种类的燃烧凡超出有效范围者，都称为火灾。

③可燃物质的燃点、自燃点和闪点

可燃物质与火源接触而能着火并于火源移去后仍能继续燃烧的最低温度称为燃点。

自燃点是指可燃物质受热升温而不需明火就能自行燃烧的最低温度。自燃点越低即其火灾爆炸的危险性越大。

可燃液体的蒸气和空气的混合物与火源接触时发生闪火的最低温度称为闪点。闪点越低即其火灾爆炸的危险性越大。可燃液体的闪点与燃点的区别是：在燃点时燃烧的不仅是蒸气，而且是液体。另外在闪点时，移去火源后，闪燃即熄灭，而燃点则能连续维持燃烧。

2. 爆炸现象

①定义和分类

广义地说，爆炸是物质在瞬间以机械功的形式释放出大量气体和大量能量的现象。爆炸可分为物理性爆炸和化学性爆炸两大类。

物理性爆炸是由物理变化引起的。例如蒸汽锅炉的爆炸是由于过热的水迅速转变为蒸汽以及蒸汽压力过高等物理现象而引起。其破坏作用取决于锅炉蒸汽的压力。

化学性爆炸是由于物质在一个极短的时间内完成的化学变化，形成其它物质，同时放出大量气体和热的现象。

发生化学性爆炸的物质，按其特性可分为两类，一类是（火）炸药；另一类是可燃物质与空气形成爆炸性混合物。本章将着重讨论可燃物质与空气形成爆炸混合物的特性，所有可燃气体、蒸气及粉尘爆炸性混合物都属于这一类。

②爆炸极限

可燃物质（可燃气体、蒸气、粉尘）与空气的混合物在一定的浓度范围内，才能发生爆炸。可燃物质在混合物中能够发生爆炸的最低浓度称为爆炸下限。可燃气体或蒸气在混合物

中能够发生爆炸的最高浓度称为爆炸上限。这二者有时又称为着火下限及着火上限。在低于下限和高于上限的浓度时，是不会发生着火爆炸的。爆炸下限和爆炸上限之间的范围为爆炸极限。爆炸极限一般是用可燃气体或蒸气在混合物中的体积百分比来表示；可燃粉尘以在混合物中体积的重量比来表示（克/米³）。例如乙炔和空气混合的爆炸极限为2.2~81%；铝粉尘的爆炸下限为35克/米³，等。

可燃物质的爆炸下限越低，爆炸极限范围越宽，即爆炸的危险性亦越大。各种可燃物质的爆炸极限见附录〔1〕。

影响爆炸极限的因素很多。爆炸性混合物的温度越高，压力越大，含氧量越多以及火源能量越大等，都会使爆炸极限范围扩大。容器直径越小，即爆炸极限范围也越小。

③化学性爆炸的必要条件

凡是化学性爆炸，总是在下列三个条件同时具备时才能发生：a.存在着可燃易爆物；b.可燃易爆物与空气混合并达到爆炸极限，形成爆炸性混合物；c.爆炸性混合物在火源的作用下。

防止化学性爆炸的全部措施的实质即是制止上述三个条件的同时存在。

3. 爆炸性混合物的特性

按照可燃物质与空气混合的形式，可分下述两类。

①直接与空气形成爆炸性混合物的特性

a. 可燃气体的特性 可燃气体（如乙炔、氢）由于容易扩散流窜，而又无形迹可察觉，所以不仅在容器设备内部而且在室内通风不良的条件下，容易与空气混合，浓度能够达到爆炸极限。因此，在生产、贮存和使用可燃气体的过程中，要严防容器、管道的泄漏现象，厂房室内应加强通风，严禁明火。容器设备检修补焊时，必须严格遵守动火安全要求。

b. 可燃蒸气的特性 闪点低的易燃液体（如汽油、丙烷）在室温条件下能够蒸发较多的可燃蒸气，闪点高的可燃液体在加热升温超过闪点时，也能蒸发较多的可燃蒸气。因此在液体燃料容器、管道以及厂房、室内通风不良的条件下，可燃蒸气与空气混合的浓度往往可达到爆炸极限。所以在生产、贮存和使用可燃液体过程中，要严防跑冒滴漏，室内应加强通风换气。在暑热夏天贮存闪点低的易燃液体必须采取隔热降温措施，严禁明火。

c. 可燃粉尘的特性 可燃粉尘如果飞扬悬浮混合于空气中，浓度达到爆炸极限时，形成爆炸性混合物，遇到火源就会发生爆炸。可燃粉尘飞扬悬浮于大气中有形迹可觉察，这类爆炸大多发生于生产设备、输送罩壳、干燥加热炉、排风管道等内部空间。因此，在生产、贮存和使用可燃粉尘过程中，必须采取防护措施，防止静电，严禁明火。在上述地点动火焊接时，必须事先采取措施，消除造成粉尘爆炸的危险因素。

②间接与空气形成爆炸性混合物的特性

块、片、纤维状态的可燃物质，如电石、电影胶片、硝化棉等，虽然不能直接与空气形成爆炸性混合物，可是当这些物质与水、热源、氧化剂等作用时，迅速反应分解释放出可燃气体或可燃蒸气，然后与空气形成爆炸性混合物，遇火源同样也会发生爆炸。因此，在生产、贮存和使用这类可燃物质时，应该采取防潮、密闭、隔热等相应安全措施。

三、常用易燃易爆气体的性质

1. 乙炔

乙炔又名电石气。是一种未饱和的碳氢化合物，其分子式为C₂H₂。在普通温度和大气

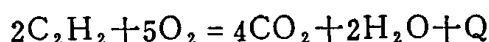
压下，它是无色的气体。工业乙炔中，因为混有许多杂质，如磷化氢及硫化氢等，具有刺鼻的特别气味。在20°C和760毫米水银柱下乙炔的比重 $r = 1.091$ 公斤/米。

在760毫米水银柱下乙炔的液化温度为 -82.4°C 至 -83.9°C 。

在760毫米水银柱下温度低于 -85°C 的乙炔将变为固体，其比重为 0.76 克/厘米³。

液体和固体乙炔，在一定条件下可能因摩擦和冲击而爆炸。

乙炔是一种可燃气体，它与空气混合燃烧时所产生的火焰温度为 2350°C ，而与氧气混合燃烧时所产生的火焰温度为 $3000\sim 3300^{\circ}\text{C}$ ，因此足以迅速熔化金属进行焊接。乙炔的完全燃烧是按下列反应式进行的：



从上述反应式得出：1体积的乙炔完全燃烧需要2.5体积的氧。

乙炔能溶于许多液体中，表1—1中列出温度 15°C 和大气压力下，乙炔在某些液体中的溶解度。

表1—1 乙炔在各种溶剂中的溶解度

溶 剂	溶解度 (1体积溶剂中乙炔的体积)
水	1.15
苯	4.0
汽油	5.7
工业醋酸甲脂	14.8
丙酮	23.0

乙炔是一种具有爆炸性的危险气体。乙炔分子是不稳的，且很易分解。随着乙炔的分解即放出它在生成时所吸收的全部热量。

①纯乙炔的爆炸性：

纯乙炔的爆炸性首先取决于乙炔在一瞬间的压力和温度。同时，乙炔爆炸的可能性也决定于其中含有的杂质、水分、触媒剂以及火源的性质、形状和散热的条件等。

当气体温度为 580°C ，压力为1.5个表压力的条件下，乙炔就开始分解、爆炸。一般来

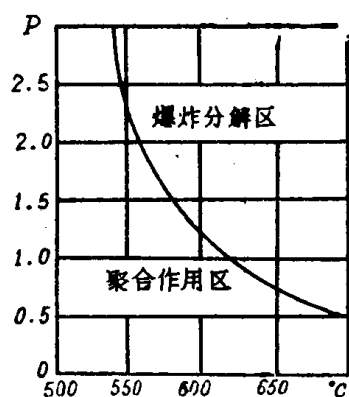


图1—2 乙炔的聚合作用与爆炸范围

说，当温度超过 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 时，就开始聚合作用。这时乙炔分子就会紧密而形成其他化合物，如 C_6H_6 （苯）、 C_8H_8 （苯乙烯）、 C_{10}H_8 （萘）、 C_7H_8 （甲苯）等。聚合作用是放热的。气体温度越高，聚合作用越大，放出的热量会促使更进一步聚合。这种过程继续增强和加块，结果可能引起爆炸。如果当即将热量迅速地排除，就可能防止乙炔的爆炸，其反应只局限于一部分的聚合作用。

图1—2所示为乙炔聚合作用与爆炸分解的划分区域的曲线图。从这一曲线可以看出，温度为 540°C 和低于 540°C ，压力小于3个表压时，主要是进行聚合过程。当压力为1.5个

表压而温度超过580°C时,就开始乙炔的爆炸分解。压力越高,聚合作用能够转化为乙炔爆炸分解所必需的温度也越低。据此,现行的乙炔发生器,只许可在不超过1.5个表压的压力下制取乙炔气。同时也可以估计到,在这种压力下,能引起乙炔爆炸分解的温度为580~600°C。通常在电石分解区中发生器的集气室,是不存在这样高温度的。乙炔分解爆炸时,能使容器中的绝对压力提高11~13倍。

乙炔中有水蒸汽时,其自行爆炸分解的能力会急聚降低,含有1体积水蒸汽和1.15体积乙炔气的混合物,是不会爆炸的。但含有其它物质,如氧化铜时,产生触媒作用,能加速反应过程,促使乙炔转变为爆炸。

根据经验,当压力为4个表压时,乙炔与热的小铁管接触会引起爆炸,其开始爆炸的最低温度为:有铁屑时为520°C;有活性碳时为400°C;有黄铜时为500~520°C;有铁锈(氧化铁)时为280~300°C;有碳化钙时为500°C;有氧化铁时为280°C;有氧化铝时为490°C;有氧化铜时为240°C;有紫铜屑时为460°C。

乙炔的爆炸与其容器的形状大小有密切关系。容器直径愈小,愈不易爆炸。在毛细管中,由于器壁的冷却作用及阻力,爆炸性会大为降低。根据这个原理,我们目前使用的乙炔胶管孔径都不太大。

乙炔和铜、银等金属或其盐类长期接触,会生成乙炔铜 Cu_2C_2 和乙炔银 Ag_2C_2 等易爆物质。因此,凡供乙炔用的器材,都不能使用银和含铜量在70%以上的铜合金。

乙炔和氯、次氯酸盐等化合会发生燃烧和爆炸。因此,乙炔燃烧时,绝对禁止用四氯化碳来灭火。

②乙炔与空气、氧气和其它气体混合时的爆炸性:

如果气体中含有氧气,则该气体与乙炔的混合气体能提高乙炔的爆炸性。乙炔与空气或纯氧的混合气,如果其中任何一点达到了自燃温度(乙炔空气混合气的自然温度为305°C),就是在大气压力下也能爆炸。这些混合气的爆炸,基本上只取决于其中乙炔的含量。

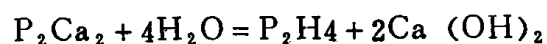
加大压力,实际上提高了混合气的爆炸危险性,因为这时引起发火的温度降低了。例如,当压力为2.5个表压时,含有50%空气的混合气,可能在300°C时就已经发火了。

含有7~13%乙炔空气混合气,和含有大约30%乙炔的乙炔氧气混合气,爆炸波的传播速度可达300米/秒。这时,爆炸压力可能超过了350个表压力。在个别情况下,能达到600个表压力。

乙炔中混入与乙炔不发生化学反应的气体如氮、一氧化碳、甲烷、氢、石油气等,能够降低乙炔的爆炸性。把乙炔溶解在液体内也对乙炔发生同样的影响。这是由于乙炔分子之间被其它混合气体或液体分子的微粒所隔离,使发生爆炸的链锁反应条件变坏。例如,含有45%乙炔和55%甲烷的混合气,或含有18%乙炔和82%氢的混合气,只有当压力在20个表压以上时,才会爆炸。把乙炔溶解于丙酮中,压力超过10个表压时,才会发生爆炸,利用乙炔的这种特性,可以在15~25个表压下,安全制取、贮存和使用乙炔混合气和液体。

③乙炔中的杂质

工业用的乙炔中往往含有磷化氢(PH_3)。这是由于电石中含有少量磷化钙等杂质。电石与水接触时生成磷化氢。其反应如下:



乙炔中的磷化氢的含量取决于电石的纯度，在未经净化的乙炔内，可能含有0.3~1.8%（容积）的磷化氢。磷化氢的自燃点很低。气态磷化氢（ PH_3 ）在温度为 100°C 时，就会自燃，而液态磷化氢（ P_2H_4 ），甚至在稍低于 100°C 的温度下，也会自燃。因而，当乙炔中含有空气时，有磷化氢存在，就可能构成乙炔——空气混合气的爆炸起火。

乙炔里的硫化氢也是有害的杂质，它主要是由于工业用电石中含有硫化钙、硫化铅和碳酸钙等杂质，经水分解而生成的。乙炔中硫化氢的含量，有很大程度上，取决于硫化钙与水的作用，硫化氢能溶解于水，这可以减少乙炔中硫化氢的含量。乙炔中硫化氢含量的范围是0.08—1.5%（容积）。

硫和磷在焊接时能够转移到熔接处的金属中，而使焊缝质量变坏。

一般规定，乙炔中磷化氢的含量不得超过0.08%，硫化氢的含量应小于0.15%（按容积计算）。

当把电石装入发生器的时候，反应室或装料槽可能与大气相联通，因而空气就会混入乙炔气中，除此之外，空气经常部分地溶解于供给乙炔发生器的水里，和吸附在电石块的表面上。由于空气能剧烈地增加乙炔的爆炸性，所以它是有害的杂质，应尽量减少其含量。在通常情况下，由固定式乙炔发生器制出的乙炔中，空气的含量不超过0.5%。而用移动式发生器制取的乙炔中，空气的含量不超过1~1.5%，乙炔中空气的含量超过10%，就不能用于火焰加工。把电石装入发生器以后，最初时刻得到的那一部分乙炔可能含有45%或超过45%的空气，含有这样高量空气的乙炔，不能用于气体火焰金属加工，而必须从乙炔发生器的放气装置排除到大气里去。

当乙炔在空气中含量达到40%时，由于乙炔中含有磷化氢、硫化氢和一氧化碳等有害气体，长期接触可以引起中毒，它主要表现为中枢神经系统损伤。

2. 液化石油气

液化石油气在焊接的应用，正在逐步推广，目前主要应用于气割方面。

石油气是炼油工业的副产品，它的主要成分是丙烷（ C_3H_8 ，大约占50—80%）、此外还有丙烯（ C_3H_6 ）、丁烷（ C_4H_{10} ）和丁烯（ C_4H_8 ）等气体混合组成。

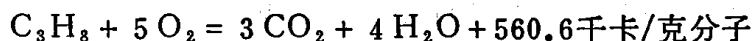
在常温常压下，组成石油气的这些碳氢化合物以气体状态存在。但是只要加上不大的压力（约8—15公斤/厘米²）即变成液体。因此便于装入瓶中贮存和运输。

石油气有以下特点和安全要求：

①石油气和空气混合后，只要遇到微小的火种，就能引燃，因为它的挥发点为 -42°C ，闪点很低，只要温度在闪点以上，它就能点燃，所以在低温时，它的易燃性是很大的。

如果石油气和空气的混合气，停留在密闭容器或房间内，点火会引起空间燃烧，遇上条件适合也会爆炸。特别是在密闭的房间内，石油气系统漏气是比较危险的。另外，石油气在密闭房间内使用，由于石油气燃烧反应需要从室内吸收多量的空气，同时使室内产生多量的一氧化碳。如果遇上室内空气又不流通会使人窒息。

石油气燃烧的化学反应，以丙烷代表石油气为例：



从反应式中得知一分丙烷需5分氧气与之化合。空气中含氧量占体积21%，从理论上计算，一分丙烷需要22分空气与之化合。实际上，理论需要的空气量还不能达到石油气的完全燃烧。因为石油气不可能同空气中的氧气充分接触，而空气中的氮气还阻碍空气中氧气同石

油气接触燃烧，因此需要过量的空气。实际上需要比理论增多10%，所以一分石油气需要25分空气才能完全燃烧。

当提供石油气所需要的空气量能保证石油气充分的燃烧时，这时燃烧最剧烈，同时燃烧速度也增大。如果供应的空气（氧气）不足或者超过了，燃烧速度会降低，甚至不燃。因为空气比例增多了，石油气在混合气中空气的比例少了，可燃气被空气稀释，燃烧产生的热量，还不足把混合气加热到继续燃烧的温度，以致不能继续燃烧；相反，可燃气所必须的空气或氧气供应不足，燃烧不完全，燃烧产生的热量少了，火焰温度不够，也继续燃烧不起来，火焰为暗红色，并带有炭黑。燃烧不完全时，还产生CO，特别在密闭的场所，会导致人身中毒。

②组成石油气的几种气体都能和空气形成爆炸性混合气，但是它们的爆炸极限范围比较窄，丙烷、丁烷和丁烯与空气混合气的爆炸极限分别为：2.17~9.5%；1.15~8.4%；1.7~9.6%，可见比较乙炔（爆炸极限为2.2~81%）要安全得多。

有关石油气与空气、氧气混合气的燃烧爆炸性能，北京市劳动保护研究所的试验结果如下：

石油气和空气、氧气混合气爆炸试验——石油气和空气、氧气混合气的燃烧爆炸范围，试验的结果见表1—2、1—3、1—4。它要比氢气、乙炔等的混合气燃烧爆炸范围窄得多，它的爆炸威力也比较弱。石油气使用时的压力为280毫米水柱，压力比乙炔低，所以比较安全。但是应该理解，可燃气的燃烧爆炸范围，并不是恒定的数值，它同可燃气的工作条件（压力、温度）直接有关。由于石油气是混合物，它的成分很不一致，所以数据只供参考。

表1—2 石油气—空气混合气在密闭塑料袋内试验结果：

试样号	混合比石油气在空气中的%	空气量	石油气量	试验条件	燃烧爆炸情况
1	0.8~2%			把流量计配好的混合气由焊枪咀送入容积2升的塑料密封袋内由电炉丝点燃	不着火
2	2.5%				不着火
3	5%				似燃不燃、爆了、音响小
4	8%				燃烧、爆响了
5	9.5%				充分燃烧、火焰直冲出、未爆

表1—3 石油气—空气混合气在空气中燃烧范围

混合比石油气在空气中的%	空气量	石油气量	试验条件	燃烧爆炸情况
0.65%	100	0.67	把混合气从枪咀引出，在空气中燃烧。	不着火
0.69%	100	0.7		刚开始着
0.79%	100	0.8		着火
1.8%	100	2.0		着火
0.6	83	0.5		不着火
0.71	83	0.6		不着火
0.83	83	0.7		刚开始着
2%	83	0.7~1.7		不着
25.4%	5.8	2		着火、燃烧良好、无爆音。

表1—4

石油气—氧气混合气爆炸试验结果

试 顺	验 序	混合比石 油气在氧 气中占%	氧气流量 米 ³ /小时Q ₂		石油气流量 米 ³ /小时Q ₂		试验条件 或爆炸情况
			表读数	实际体积	表读数	实际体积	
1		3.2	1.6	1.5	0.06	0.048	爆声微弱
2		12.9	0.65	0.61	0.12	0.096	有 爆 声
3		6.7	0.70	0.66	0.06	0.048	"
4		6.0	0.80	0.75	0.06	0.048	"
5		19.1	0.90	0.845	0.25	0.20	爆声较响
6		43	0.90	0.845	0.32	0.256	"
7		43	0.90	0.845	0.32	0.256	"
8		36.2	0.90	0.845	0.40	0.32	"
9		33.1	0.90	0.845	0.52	0.416	大 响
10		36.2	0.90	0.845	0.60	0.48	大 响
11		51.5	0.40	0.376	0.50	0.40	爆声特响, 发强 光(点火未爆, 修理后点火爆炸
12		64	0.25	0.234	0.52	0.416	"

从试验结果来看, 石油气——氧气混合气在很宽的范围内 3.2~64% 都能燃、爆。从爆炸的威力来看, 自 3.2~10% 之间只有微弱的爆声, 浓度在 30% 左右时, 爆炸声音很强, 浓度增至 45~60% 之间, 爆声很强, 石油气浓度增高后, 部分燃烧未完全的炭粒, 在爆炸火焰喷出时出现强光。试验结果见表 1—4。

石油气与氧气混合气的回火试验 石油气用在焊接中的不安全因素有以下几点试验:

由于焊枪咀堵塞, 氧气倒流入石油气系统, 形成爆炸性混合气, 并为回火准备了条件;

石油气供气系统泄漏, 造成系统降压或负压, 使氧气和空气进入石油气, 形成易燃、易爆的混合气;

由于液化罐(瓶)上的调压阀失灵, 如果氧气倒流到调压阀, 氧气能否进入液化罐瓶内。

以上三种场合, 同时又遇上明火时, 能否回火和爆炸, 试验结果见表 1—5

表1-5 石油气—氧气混合气的回火爆炸试验

试验方法	试验项目	石油气在氧气中的%比,(以体积比)	氧气流量 米 ³ /小时		石油气流量 米 ³ /小时		回火操作方法	回火情况观
			流量表读数	实际体积Q ₂	流量表读数	实际体积Q ₂		
1	石—氧混合气回火	36.2~22.2% 45%	0.45~0.6 0.4	0.42~0.56 0.375	0.2 0.4	0.16 0.32	通过焊枪咀小孔正压送气 " "	不回火, 似燃似不燃 "
		38.6~48.6% 61.5%	0.4 0.16	0.375 0.15	0.3~0.45 0.3	0.24~0.36 0.24	通过焊枪正压送气 "	不回火 火 畜 小
2	"	62.5%	0.25	0.24	0.5	0.4	拔去送气枪咀, 试验系统由原来正压变为常压。	立即回火, 中间试验罐卸压膜全破裂 "
		34.8~40.5%	0.4~0.5	0.375~0.47	0.25~0.4	0.2~0.32		
3	"	31.2%	0.47	0.44	0.25	0.2	由连续送气(点燃后)到关闭枪咀, 枪咀着火	不回火 "
		46%~34.8%	0.4	0.375	0.4~0.25	0.32~0.2		"
		34.8~51.5% 51.2%	0.16 0.4	0.15 0.375	0.1~0.2 0.5	0.08~0.16 0.4		"
4	中性焰混合比, 相当于焊接时	57%	0.25	0.24	0.4	0.32	关了枪, 灭了火, 灭火后拔去枪咀由连续送气点燃, 关了枪, 关了枪咀, 去送气枪咀。	" 不回火
		17.6%	0.4	0.375	0.1	0.08		
	纯石油气回火				0.15~0.13 0.15~0.13 0.25	0.12~0.104 0.12~0.104 0.2	连续送石油气, 因枪咀孔小, 燃时依靠外界供气燃不好。	不回火 " "
4	石—氧混合气回火	42.5%	0.4	0.38	0.35	0.28	点燃直到燃灭后拔去焊枪。	不回火