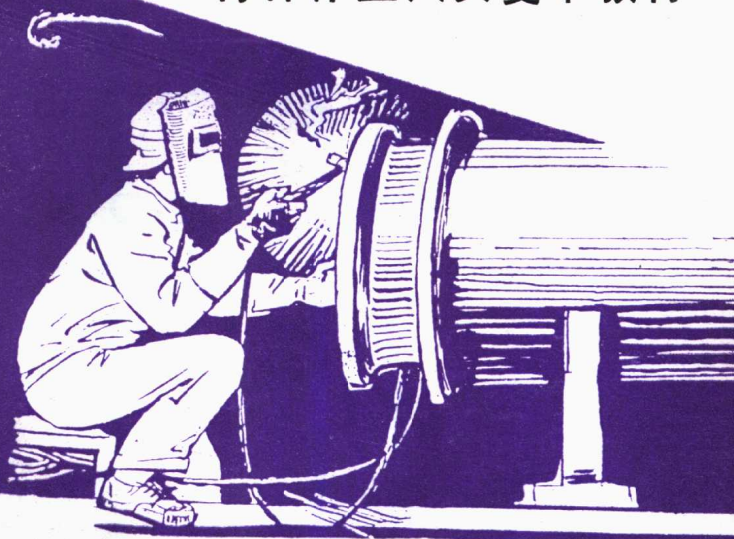


特种作业人员复审教材



1部职业安全卫生监察局组织

金属焊接作业

中国劳动出版社

特种作业人员复审教材

金属焊接作业

劳动部职业安全卫生监察局组织

中国劳动出版社

(京)新登字114号

内 容 提 要

本书是劳动部职安局根据《特种作业人员安全技术培训考核大纲》组织编写的焊工培训考核复审教材。本书简要叙述焊割作业的基本知识，着重分析了事故案例，并提出防范事故的措施。全书重点突出，实用性强，适合在复审前焊割作业人员学习使用。

金属焊接作业

劳动部职业安全卫生监察局组织

责任编辑：高永新

中国劳动出版社出版

(北京市朝阳区惠新东街1号)

北京枫叶印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

787×1092毫米 32开本 2.5 印张 57 千字

1993年11月北京第1版 1993年11月北京第1次印刷

印数：3000册

ISBN7-5045-1349-0/TG·123 定价：2.45 元

前 言

特种作业人员的安全技术培训工作是我国劳动保护工作的一项重要内容。做好这项工作，对于保障特种作业人员及他人在生产过程中的安全与健康，提高企业的经济效益，实现安全生产，具有非常重要的意义。

在当前深化改革，扩大开放，扩大企业自主权，加速经济建设的新形势下，安全工作更要加强。为了进一步贯彻落实“安全第一，预防为主”的方针，加强特种作业人员的管理，提高其安全生产技术水平，劳动部职业安全卫生监察局根据《特种作业人员安全技术培训考核大纲》的要求，组织编写一套特种作业人员培训考核教材。

这套教材包括六种特种作业人员技术培训教材，即《电工》、《焊工》、《建筑架子工》、《起重工》、《起重司索工》和《企业内机动车辆驾驶员》，以及六种特种作业人员复审教材，即《电工作业》、《金属焊接作业》、《建筑登高架设作业》、《起重作业》、《起重司索作业》和《企业内机动车辆驾驶》，共十二种。

技术培训教材以问答的形式，结合实际，概括了各特种作业人员所必须掌握的安全技术知识，结构紧凑，重点突出，实用性强，便于自学；复审教材简要叙述了特种作业的基本知识，着重分析事故案例，提出防范事故的措施。这套教材适合在培训、复审特种作业人员时使用。

参加本书编审工作的有：杨泗霖、缪林源、余余、陈立元、朱常有、黄健、包晋秋等同志。另外，在编写、出版过程中

KA 01/08

得到了中国劳动出版社第二编辑室全体同志的大力支持，在此一并致以谢意。

由于时间仓促，水平有限，书中错误、不妥之处，敬请指正。

劳动部职业安全卫生监察局

目 录

第一章 焊接安全基本知识	(1)
一、焊接基本原理与安全基础.....	(1)
二、气焊与气割安全.....	(8)
三、电焊安全.....	(17)
四、特殊焊接作业安全.....	(25)
五、焊接劳动卫生与防护.....	(33)
第二章 焊接工伤事故分析	(39)
一、焊接发生工伤事故类别.....	(39)
二、各种焊接工艺的事故特点.....	(40)
第三章 典型事故案例分析	(45)
第四章 防范事故管理措施	(59)
附录一 特种作业人员安全技术培训考核管理规定	(64)
附录二 金属焊接、切割作业人员安全技术培训考核 大纲	(70)

第一章 焊接安全基本知识

一、焊接基本原理与安全基础

1. 焊接的原理及其危险性

金属材料焊接是利用加热、加压或两者并用，促使被焊金属原子间的相互扩散，减小待焊金属原子间的距离，以实现原子结合的一种加工工艺。焊接分为熔化焊和压力焊两大类。

目前广泛应用于生产上的各种焊接方法，主要采用化学能或电能转化为热能来加热金属。这些能源一旦失去控制，就有可能发生工伤事故。焊接过程中产生的焊接烟尘、有毒气体、弧光辐射、射线、噪声和高频电磁场等，在通风不良、防护不好的情况下，这些有害因素可能使操作者的健康受到伤害。

焊接过程中存在的各种危险因素和有害因素，不仅会危及操作者及在场其他生产人员的人身安全和健康，而且还会给国家财产和生产造成严重损失。因此，我国政府把焊接作业规定为特种作业，必须经过专门的安全技术培训并考试合格，才能独立操作。而且还需定期进行复试考核，坚持经常性的安全技术宣传教育。

2. 防火与防爆技术基本理论

(1) 防火技术基本理论与措施

燃烧是一种放热发光的氧化反应。可分为闪燃、着火、自燃等类型。

1) 闪燃。可燃液体表面上的蒸气与空气混合后，遇明火而发生一闪即灭的燃烧现象，称为闪燃。出现闪燃的最低温

度，称为闪点。闪点越低，火灾危险性越大。

2) 着火。可燃物质与火源接触而燃烧，并当火源移去后仍能保持继续燃烧的现象，称为着火。发生着火的最低温度，称为着火点或燃点。

3) 自燃。可燃物质没有明火作用而发生燃烧的现象，称为自燃。发生自燃的最低温度称为自燃点。自燃有本身自燃和受热自燃之分，前者是由于可燃物质内部所进行的化学、物理或生物过程产生的热量，使温度上升达到自燃点而燃烧；后者是由于外界加热使可燃物质的温度达到自燃点而燃烧。可燃物质、氧化剂和着火源的相互作用是燃烧必须具备的三个条件。即燃烧的发生必须是可燃物质和氧化剂共同存在，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、灼热的物体以及由冲击波或电磁波作用产生的热能等。

在生产过程中，凡是超出有效范围的燃烧，称为火灾。防止上述燃烧三条件的同时存在，或避免其相互作用，是防火技术的基本理论。例如在具有乙炔气和空气的乙炔站里，必须消除火源，采取严禁烟火和应用防爆灯具等措施；又如规定气焊操作点（火源）与乙炔发生器和氧气瓶三者之间保持一定的安全间距，以避免燃烧条件的相互作用等。

防止火灾的基本技术措施主要有：

1) 消除着火源。如安装防爆灯具、禁止烟火、接地避雷、隔离和控温等。

2) 控制可燃物。如以难燃或不燃材料代替可燃材料。

在车间或库房采取全面通风或局部排风，使可燃物不易积聚，从而不会超过最高允许浓度；防止可燃物质的跑、冒、滴、漏；以及对那些相互作用能产生可燃气体或蒸气的物品，应加

以隔离，分开存放。又如电石与水接触会相互化合产生乙炔气，所以必须采取防潮措施，禁止自来水管、热水管道通过电石库。

3) 隔绝空气。在必要时可以使生产在真空条件下进行；

在设备容器中充装惰性介质保护，如水入电石式乙炔发生器在加料后，应采取惰性介质氮气吹扫，或燃料容器在检修焊补（动火）前，用惰性介质置换等。

4) 防止形成新的燃烧条件，阻止火灾范围的扩大。设置阻火装置，如在乙炔发生器上设置水封回火防止器，或水下气割时在割炬与胶管之间设置阻火器，一旦发生回火，可阻止火焰进入乙炔罐内，或阻止火焰在管道里蔓延；在车间或仓库里筑防火墙，或建筑之间留防火间距，一旦发生火灾，不使形成新的燃烧条件，从而防止扩大火灾范围。

总之，一切防火技术措施包括两个方面，一是防止燃烧基本条件的产生，二是避免燃烧基本条件的相互作用。

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。

(2) 防爆技术的基本理论与措施。

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能量的现象。爆炸发生时的主要特征是压力急骤升高。

爆炸可分为物理性爆炸和化学性爆炸两类：

1) 化学性爆炸。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，称为化学性爆炸。

2) 物理性爆炸。由物理变化（温度、体积和压力等因素）引起的爆炸，称为物理性爆炸。爆炸的前后，爆炸物质的性质及化学成分均不改变。

可燃物质（可燃气体、蒸气和粉尘）与空气（或氧气）必须在一定的浓度范围内均匀混合，形成预混气，遇着火源才会发生爆炸，这个浓度范围称为爆炸极限（或爆炸浓度极限）。

可燃物质的爆炸极限受诸多因素的影响，如可燃气体的爆炸极限受温度、压力、氧含量、能量等影响，可燃粉尘的爆炸极限受分散度、湿度、温度和惰性粉尘等影响。

可燃气体和蒸气的爆炸极限，是以在混合物中所占体积的百分比（%）来表示的，如表中所列一氧化碳与空气混合物的爆炸极限为12.5~80%。可燃粉尘的爆炸极限是以在混合物中单位体积所占的质量（克/米³）来表示的，例如铝粉的爆炸极限为40克/米³。我们将可燃性混合物能够发生的爆炸的最低浓度和最高浓度，分别称为爆炸下限和爆炸上限，如表中的12.5%和80%。这两者有时亦称为着火下限和着火上限，在低于爆炸下限和高于爆炸上限浓度时，既不爆炸，也不着火。这是由于前者的可燃物浓度不够，过量空气的冷却作用，阻止了火焰的蔓延，此时活性中心的销毁数大于产生数。而后者则是空气不足，火焰不能蔓延的缘故。也正因为如此，可燃性混合物处于爆炸下限和爆炸上限时，爆炸所产生的压力不大，温度不高，爆炸威力也小。当可燃物的浓度大致相当于反应当量浓度（表中的29.5%）时，具有最大的爆炸威力。反应当量浓度可根据燃烧反应式计算出来。

可燃性混合物的爆炸极限范围越宽，爆炸下限越低和爆炸上限越高时，其爆炸危险性越大。

可燃物质的化学性爆炸，必须同时具备下列三个条件才能发生：

- 1) 存在着可燃物质，包括可燃气体、蒸气或粉尘。
- 2) 可燃物质与空气（或氧气）混合并且达到爆炸极限，

形成爆炸性混合物。

3) 爆炸性混合物在火源作用下。

防止化学性爆炸三个基本条件的同时存在，是预防可燃物质化学性爆炸的基本理论。也可以说，防止可燃物质化学性爆炸全部技术措施的实质，就是制止化学性爆炸三个基本条件的同时存在。其基本措施有以下几点：

- 1) 防止爆炸混合物的形成。
- 2) 严格控制着火源。
- 3) 爆炸开始就及时泄出压力。
- 4) 切断爆炸传播途径。
- 5) 减弱爆炸压力和冲击波对人员、设备和建筑物的损坏。

3. 电流的危险性与安全电压

(1) 电击及其影响因素

电对人体有三种类型的伤害，即电击、电伤和电磁场生理伤害。电击是指电流通过人体内部，破坏心脏、肺部及神经系统的工作。电伤是电流的热效应、化学效应或机械效应对人体的伤害，其中主要是间接或直接的电弧烧伤，或熔化金属溅出烫伤等。电磁场生理伤害是指在高频电磁场的作用下，使人呈现头晕、乏力、记忆力减退、失眠、多梦等神经系统的症状。通常所说的触电事故基本上是指电击而言，绝大部分触电死亡事故是电击所造成。

在低压系统，在电流较小和通电时间不长的情况下，电流引起人的心室颤动是电击致死的主要原因；在通电时间较长而电流更小的情况下，窒息也会成为电击致死的原因。

电流通过人体的严重程度与下列因素有关：

- 1) 流经人体的电流强度。

- 2) 电流通过人体的持续时间。
- 3) 电流通过人体的途径。
- 4) 电流的频率。
- 5) 人体的健康状况等。

(2) 安全电压

通过人体的电流越大，引起心室颤动所需的时间越短，致命危险越大。能引起人感觉到的最小电流称为感知电流，工频交流约1毫安，直流约5毫安；交流5毫安即能引起轻度痉挛。人触电后自己能摆脱电源的最大电流称为摆脱电流，交流约10毫安，直流约50毫安；在较短时间内危及生命的电流称为致命电流，交流约50毫安。在有防止触电的保护装置情况下，人体允许电流一般可按30毫安考虑。

通过人体的电流决定于外加电压和人体电阻。影响人体电阻的因素较多，如皮肤潮湿多汗、带有导电性粉尘、加大与带电体的接触面积和压力等，都会降低人体电阻。在一般情况下人体电阻可按1000~1500欧估计，在不利的情况下，人体电阻（体内电阻）一般不低于500~650欧。通常通过人体的电流是不可能事先计算出来的，因此，为确定安全条件，不按安全电流而以安全电压来估计。

对于比较干燥而触电危险较大的环境，人体电阻可按1000~1500欧考虑，通过人体的电流可按不引起心室颤动的最大电流30毫安考虑，则安全电压 $V = 30 \times 10^{-3} \times (1000 \sim 1500) = 30 \sim 45$ 伏，我国原规定36伏；对于潮湿而触电危险性又较大的环境，人体电阻应按650欧考虑，安全电压 $V = 30 \times 10^{-3} \times 650 = 19.5$ 伏，我国原规定12伏；对于在水下或其它由于触电会导致严重二次事故的环境，人体电阻应按650欧考虑，通过人体的电流应按不引起痉挛的电流5毫安考虑，安全电压 $V = 5 \times$

$10^{-3} \times 650 = 3.25$ 伏，我国原来没有规定，国际电工标准会议规定为2.5伏以下。安全电压能限制触电时通过人体的电流在较小的范围之内，从而在一定程度上保障人身安全。

(3) 电流热效应的危险性

危险温度、电火花和电弧等是引起电焊火灾、爆炸和灼烫等工伤事故的不安全因素。主要是由于焊接电源及线路的短路、超负荷运行、导线或电缆的接触不良、松脱以及电焊设备的其它故障所形成的。

危险温度是电气设备（如弧焊变压器等）过热造成的，这种过热主要来源于电流的热量。

电焊设备运行时总是要发热的。这是由于存在着导体电阻和接触部位电阻的电阻热， $Q = 0.24 I^2 R t$ ，以及利用电磁感应进行工作的电焊设备，由于交变磁场在铁磁材料中产生磁滞损耗和涡流损耗，使温度升高。此外，当电焊设备绝缘质量降低时，通过绝缘材料的泄漏电流增加，也会导致绝缘材料温度升高。对于结构性能正常和正确运行的电焊设备来说，稳定运行时，即发热与散热平衡时，其最高温度与最高温升（即最高温度与周围环境温度之差）都不会超过某一允许范围。例如裸导线和塑料绝缘线的最高温度一般不得超过70℃，橡皮绝缘线的最高温度一般不得超过65℃。这就是说，电焊设备正常的发热是允许的。但是当正常运行遭到破坏时，发热量增加，温度升高，在一定条件下可以引起火灾。

引起电焊设备过度发热的不正常运行大致有：1) 短路，2) 超负荷，3) 接触电阻过大，4) 其它原因。如弧焊变压器的铁芯绝缘损坏或长时间过电压，将增长涡流损耗和磁滞损耗而过热；由于通风不好，散热不良造成焊机过热等。

电火花是电极间击穿放电的结果，电弧是大量电火花的汇

集。它们具有较高温度。电火花大体包括工作火花和事故火花两类。工作火花是电焊设备正常工作时或正常的焊接操作过程中产生的火花，如直流弧焊发电机电刷与整流子滑动接触处的火花。事故火花包括线路或设备发生故障时出现的火花，如焊接电缆连接处松动，在松动处产生火花等。

在电焊操作过程中熔融金属的飞溅，以及上述火灾与爆炸事故的同时，往往会发生灼烫伤亡事故。

二、气焊与气割安全

1. 乙炔发生器使用安全

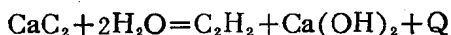
(1) 乙炔和电石的燃爆特征

乙炔属于不饱和的碳氢化合物，化学式为 C_2H_2 。在常温常压下是一种高热值的容易燃烧和爆炸的气体。乙炔的自燃点低，点火能量小，容易发火。纯乙炔的爆炸性取决于乙炔的压力和温度，增加温度和压力能促使和加速乙炔的聚合和分解爆炸。当压力为0.15兆帕，温度超过 $580^{\circ}C$ 时，就能形成乙炔分解爆炸。乙炔与空气混合时，爆炸极限为2.2~81%，乙炔与氧气混合有较宽的爆炸极限范围（2.8~93%），乙炔与氯、次氯酸盐等化合，在日光照射下或加热就会发生燃烧爆炸。所以乙炔着火时禁止用四氯化碳灭火。此外，乙炔不能同氟、溴、碘、钾、钴等能起化学反应的元素接触。乙炔与铜、银、水银等金属或盐类长期接触时，会生成乙炔铜（ Cu_2C_2 ）和乙炔银（ Ag_2C_2 ）等爆炸性化合物，当受到摩擦或冲击时就会发生爆炸（如 $Ag_2C_2 \rightarrow 2Ag + 2C + Q$ ）。因此，凡供乙炔使用的器材（容器、管道、阀门、衬垫及其它零件），都不能用银和含铜量在70%以上的铜合金制作。

与上述情况不同，乙炔与氮气、一氧化碳和水蒸气等混合

时，或将乙炔溶解在液体里，会降低其分解爆炸的危险性。这是因为乙炔分子之间被这些气体或液体分子及微粒隔离和稀释，以致聚合和分解爆炸的连锁反应条件变坏的缘故。存放乙炔的容器直径越小，则越不易爆炸。

电石是碳化钙的俗称，其分子式为 CaC_2 。电石属于遇水燃烧一级危险品，即电石与水接触时立即产生化合作用，生成乙炔并同时放出大量热量，该热量即可引起乙炔的着火爆炸。其反应式为：



必须强调指出，电石和水有很大的化学亲和力，它甚至能吸收空气中的水蒸气或夺取盐类中的结晶水而产生化合作用。如果乙炔发生器的水量不足，或由于不按规定及时换水致水质混浊，那么化学反应过程就会得不到良好的冷却条件，结果上述电石分解的热量，可能使化学反应区的温度很快上升，能使电石剧烈地过热。当温度超过 580°C 和在正常工作压力（0.15兆帕表压）时，就会引起乙炔的燃烧和分解爆炸，电石的着火爆炸危险性与其分解速度有关。电石粒度越小，分解速度越快。因此，应当按规定的粒度给发生器加料。一般结构的发生器严禁使用粒度小于2毫米的电石粉（俗称芝麻电石），这种电石遇水后立即快速分解，冒黄烟，发生高热并结块，能促使乙炔自燃。当发生器内含有空气时，将引起爆炸和着火。电石一般含有杂质硅铁，硅铁与硅铁或其它金属相互摩擦碰撞时，容易产生火花，往往成为乙炔燃烧爆炸的火源，发生意外事故。

（2）乙炔发生器着火爆炸事故的原因

乙炔发生器是利用电石与水相互作用以制取乙炔的设备。电石和乙炔是危险物品，所以乙炔发生器是有着火爆炸危险的设备。发生器着火爆炸的主要原因有：

1) 结构设计不合理, 冷却用水不足或没有按时换水等造成电石过热。

2) 缺少必要的安全装置或安全装置失灵。

3) 发生器罐体或胶管连接处漏气。

4) 装料换料时遇明火或发生器运动部分的机件互相摩擦碰撞, 产生火花。

5) 在发生器罐体或胶管中形成乙炔与空气(或氧气)混合气。

6) 由于回火而引起。

7) 由于电石含磷过多、颗粒太细或含有硅铁。

8) 发生器的压力或温度过高。

(3) 安全装置

乙炔发生器的安全装置包括:

1) 阻火装置 其作用是发生回火时防止火焰窜入贮气罐和主罐, 或阻止火焰在乙炔管道内的扩展。例如水封或干式回火防止器。

2) 防爆泄压装置 其作用是当发生器的压力升高超过一定限值时, 或是发生爆炸而产生压力时, 能及时地自动泄出气体, 降低压力, 从而防止发生器罐体的破裂。例如安全阀、泄压膜等。

3) 指示装置 其作用是显示乙炔的压力, 水和乙炔的温度及水量等。例如压力表、温度计和水位指示器等。

回火防止器是发生器必不可少的安全装置。所谓回火就是气焊或气割时火焰从焊、割炬向乙炔软管倒燃的现象。引起回火的主要原因有:

1) 由于溶化金属飞溅物、炭质微粒及乙炔的杂质等堵塞焊嘴或气体通道。

2) 焊嘴过热, 混合气受热膨胀, 压力增高, 流动阻力增大。焊咀温度超过 400°C 时, 部分混合气即在焊咀内自燃。

3) 焊嘴过分接近熔融金属, 焊咀喷孔附近的压力增大, 混合气流出不畅。

4) 胶管受压, 阻塞或打折等, 致使气体压力降低等。以上各种原因造成混合气流速低于燃烧速度而产生回火。

(4) 乙炔发生器的布设原则

移动式发生器可以安装在室外, 也可以安装在通风良好的室内。但禁止安置在锻工、铸工和热处理等热加工车间、正在运行的锅炉房等。固定式发生器应布置在单独的房间或专用棚子内。

乙炔发生器不应布设在高压线下和吊车滑线下等处。不准靠近空气压缩机、通风机的吸口处; 避雷针接地导体附近以及停放在可能成为电气回路的轨道; 金属构件接地导体线上。并应注意防止可能来自高处上方(例如烟囱、高空作业点等)飞出烟火、及坠落工件的打击。乙炔发生器与明火、散发火花地点、高压电源线及其它热源应保持水平距离10米以上。不准安放在剧烈震动的工作台和设备上。夏季使用移动式发生器时严禁在烈日下曝晒。

2. 常用气瓶使用安全

(1) 氧气瓶

氧气瓶是用来贮存和运输氧气的高压容器。最高工作压力15兆帕, 氧气瓶外表面漆成天蓝色, 并用黑漆标注“氧气”字样。

氧气瓶的爆炸事故大都属于物理性爆炸。其主要原因有:

1) 气瓶的材质、结构制造质量不符合要求, 例如材料脆性, 瓶壁厚薄不匀, 有夹层等。