高效、节能、安全、环保的新技术

氧-汽油火焰切割的开发研究及应用

北京工业大学（100022） 阎玉芹
中信国安三维设备有限公司（100078） 吕来泉
北京飞达万和科技有限公司（100078） 李 勇 王 伟
北京冶金设备研究院（100083） 杨金尚

我国钢材气割加工目前普遍采用的是氧乙炔火焰切割，氧乙炔切割是具有百年历史的传统的切割方法，由于乙炔在使用过程中易燃、易爆，容易回火，极易发生安全事故；乙炔在制造过程中，所用的电石生产成本高、能耗大、污染环境；而且采用氧乙炔火焰切割时，切割质量差，钢材切口不光滑、挂渣多、难清除，切口上缘塌边，因此用其他燃气替代乙炔气早已形成共识。

我国自改革开放以来，特别是20世纪90年代以来，政府有关部门采取了诸多措施消除乙炔造成的污染。1995年，机械工业主管部门发布不再审核新建、改扩建电石厂、乙炔气厂的决定，同时大力推广使用新型工业燃气。1992年，国家科委发文推广氧-液化石油气火焰切割技术，1996年9月国家经委、国家计委、国家科委等联合将氧-丙烷气技术列为“九五”期间国家重点推广项目，后来又出现了以丙烷、丙烯为基，加入各种添加剂的工业燃气。

历经10余年的努力，我国新型工业燃气的推广工作取得了重要进展，但由于燃气供应等问题，目前新型工业燃气的使用面仍不是很大，氧乙炔火焰切割的使用比率仍在85%左右。

从20世纪70年代起，世界一些发达国家就开始以烷烯烃类新型工业燃气替代乙炔气，80年代中期，美国、英国、日本等发达国家新型工业燃气的使用率已达50%～70%。90年代美国则达到了85%，相比之下，我国新型工业燃气的应用落后了美国将近20年。

随着我国工业的发展，金属气割加工的需求量越来越大，因此开发推广安全环保、高效节能、切割质量高、操作方便、燃料来源广及供应方便的气割方法是一重要的课题。目前新型气割方法——氧-汽油火焰切割在国内已经研究成功，1998年，国家科委成果办、中国焊接协会联合召开了汽油切割机推广会，并已制定了中华人民共和国机械行业标准JB/T10248—2001《汽油切割机》，推广使用氧－汽油切割势在必行。

一、乙炔、液化石油气和汽油的物理、化学性质及对比

1. 乙炔、液化石油气和汽油的物理化学性质

（1）乙炔 是碳氢化合物，分子式为C_2H_2，在常温和大气压下是无色气体，工业用乙炔因含有硫化氢及磷化氢等杂质，故具有特殊的臭味。乙炔比空气轻，可溶于水和丙酮。

乙炔属易燃气体，与空气混合的最低自燃温度305℃，与氧气混合燃烧的中性焰温度为3100℃。

乙炔具有爆炸性，纯乙炔当压力为0.15MPa，温度为580℃时就可能发生爆炸。乙炔与空气或氧气混合时，遇到明火会发生爆炸，爆炸极限在空气中为2.1%～80.0%，在氧气中为2.8%～93.0%。乙炔与铜、银、氯生成的化合物乙炔铜、乙炔银等具有爆炸性。

（2）液化石油气 目前主要来源于炼油厂石油气和油田伴生气，是一种石油产品。液化石油气是由多种烃类气体组成的化合物，其主要成分为丙烷（C_3H_8）、丙烯（C_3H_6）、丁烷（C_4H_{10}）等，其中主要组分为丙烷。在正常温度和大气压下，液化石油气以气态存在，但是只要加上不大的压力（一般约0.8～1.5MPa），即变成液体，便于装入瓶中储存和运输。

液化石油气在气态时是一种略带臭味的无色气体，比空气重1.5～2倍。液化石油气（丙烷）属易燃气体，与空气混合的最低自燃温度510～580℃，闪点-74℃，与氧气混合燃烧的中性焰温度为2520℃。

液化石油气(丙烷)具有爆炸性，与空气或氧气混合时，遇到明火会发生爆炸。爆炸极限在空气中为2.5%～10.0%，在氧气中为2.3%～55.0%。

(3) 汽油 是轻质石油产品，主要组分是4～12碳烃类。汽油为无色或淡黄色透明液体，具有特殊的臭味，不溶于水，其蒸汽比空气重2～3倍。

汽油是易燃液体，极易挥发，凝固点-60℃以下，在低温、高湿、低气压和其他特殊环境条件下也能快速气化。自燃点415～513℃，闪点-50℃，在氧中燃烧的火焰温度为2870℃。汽油具有爆炸性，与空气或氧气混合时，遇到明火会发生爆炸，爆炸极限在空气中为1.0%～7.6%。

2. 乙炔、液化石油气和汽油的物理化学性质对比

(1) 自燃点的比较 可燃物质发生自行燃烧的最低温度称为自燃点，物质的自燃点越低，越容易发生自燃，火灾的危险性越大。乙炔的自燃点为305℃，液化石油气为510～580℃，汽油为415～513℃。因此，火灾的危险性乙炔＞汽油＞液化石油气。

(2) 闪点的比较 物质形成挥发性混合气体遇火源能够燃烧的最低温度称为闪点。闪点越低，火灾的危险性就越大。液化石油气的闪点为-74℃，汽油为-50℃，因此火灾的危险性液化石油气＞汽油。

(3) 爆炸极限的比较 从爆炸极限的范围比较，乙炔和汽油相当，因此爆炸的危险性乙炔＞液化石油气和汽油。

从爆炸下限比较，汽油最低，乙炔和液化石油气相当，因此爆炸的危险性汽油＞乙炔和液化石油气。

(4) 火焰温度的比较 乙炔在氧中燃烧的中性焰温度为3100℃，液化石油气为2520℃，汽油为2870℃，火焰温度乙炔＞汽油＞液化石油气。

乙炔和液化石油气是易燃气体，汽油是易燃液体，通过它们的物理化学性质综合比较，可以得出以下结论：①乙炔的爆炸和火灾的危险性最大，最不安全。液化石油气和汽油都比乙炔安全，其危险性相差不大。②氧中燃烧时，火焰温度乙炔＞汽油＞液化石油气。所以用来焊接时乙炔最好；汽油次之；液化石油气最差。但在切割时，由于火焰对金属仅起预热作用，主要靠金属在氧中燃烧所放出的热量来进行切割的，所以都可以用来进行切割。

二、氧－汽油火焰切割的主要特点

1. 安全性能可靠

从汽油的物理化学性质分析，汽油比乙炔安全。北京飞达万和公司研制的氧-汽油切割机采用了多种安全防护措施，如油罐的工作压力在大气压以下，并设有限压阀、单向阀等，而且在油罐中填充了军用抑爆材料，使油罐不会产生爆炸。设备在使用中不回火、不滴油、无废液，因此氧-汽油切割安全性能得到了充分保证。

2. 操作方法简单、适用方式多样

氧-汽油切割机体积小、重量轻，易于携带和运输。操作方法简单，凡具备氧乙炔、氧-液化石油气切割操作技能的人员，经培训均可熟练使用。由于汽油极易挥发，凝固点-60℃以下，在低温、高湿、低气压和其他特殊环境条件下也能快速气化，因而不受作业环境条件的限制，可满足室内及野外多种条件下的作业要求，在作业环境的要求上优于氧-液化石油气切割。同时不但可以手工切割，设备还可以与半自动、自动切割机械配套用于多种用途的切割。

3. 切割质量好

氧-汽油火焰切割工艺参数容易调节，预热时间比氧-液化石油气切割短，与氧乙炔火焰切割差别不大。切割过程中汽油的压力基本稳定，火焰能稳定燃烧，保证切割的稳定性。切割质量好，断面光滑平整、棱角完整、基本无挂渣，切割质量与液化石油气相当，明显优于氧乙炔切割。

4. 环保

国家劳动保护部门对氧-汽油切割机工作过程中的各项环境指标进行了测定，浓度检测结果如表1所示。

表 1

测试项目	CO /mg·m^{-3}	CO_2 /mg·m^{-3}	NO /mg·m^{-3}	NO_2 /mg·m^{-3}
测试结果	17	4331	20	2
允许浓度	30	18000	30	10

测试项目	SO_2 /mg·m^{-3}	H_2S /mg·m^{-3}	粉尘 /mg·m^{-3}	汽油 /mg·m^{-3}
测试结果	2.5	达到标准	1.91	150
允许浓度	10	要求	10	450

由此可见，氧-汽油火焰切割时的各项环境指标，均低于国家允许排放标准的规定，因而有利于工人的身体健康和工作环境的改善。

5.节能降耗，成本低

专业部门采用称重法对氧乙炔和氧－汽油火焰切割相同厚度低碳钢板时的原料消耗进行了检测，检测结果如表2所示。

表 2

切割厚度 /mm	氧＋汽油消耗 元/m	氧＋乙炔消耗 元/m	氧＋汽油消耗/氧＋乙炔消耗 (%)	氧＋乙炔消耗/氧＋汽油消耗 (倍)
12	0.24	0.562	43	2.34
20	0.327	0.835	39	2.55
30	0.381	1.134	34	2.98

注：1. 氧气每瓶以18元计，平均重8.75kg，故2.11元/kg。
2. 汽油每升以3元计，故4.05元/kg。
3. 乙炔每瓶80元计，平均重6.8kg，故11.76/kg。
4. 电动加压式在切割中用电量极少，故忽略不计。

以上检测结果表明：氧-汽油切割的原料消耗低于氧乙炔切割，而且有切割的钢板越厚，原料消耗越低的趋势。如果再加上割前准备（如不用换乙炔瓶，省去运输）与割后工件清理等辅助工时的减少，氧-汽油切割的成本还会明显降低。

6.燃料易购，使用方便

氧-汽油切割以汽油为燃料，突出特点是汽油供应网点分布广泛，用户可根据需要实现燃料的就近、就地补给，汽油易购易存，可自行灌装，不用换瓶，使用非常方便。

三、汽油切割机系统

汽油切割机主要由主机、输油胶管和割炬（或车式机具）三部分组成，与氧气供给（氧气瓶、氧气减压器、氧气胶管）配合，组成氧-汽油火焰切割系统。

1. 主机

根据JB/T10248—2001标准，氧-汽油火焰切割机主机按汽油气化的方式分为加热式、加压式和高频震荡式三种。汽油在油罐中加温气化的为加热式（型号为QG2），汽油在油罐中加压经割嘴气化的为加压式（型号为QG1），汽油经高频震荡雾化的为高频震荡式（型号为QG3）。其中加热式和高频震荡式需要电源，加压式一般采用手工加压。

近年来，北京飞达万和科技有限公司在研制成功高频震荡式氧-汽油切割机并已纳入行业标准的基础上，最近又研制出非压容器无动力发生式设计的新产品，加速氧-汽油切割产品的系列配套，为替代乙炔气，创造了可供选择的技术装备条件。氧-汽油切割机类型有以下4种：

（1）压容器无动力发生式（型号QG0）该机只要具备氧气和汽油既可使用，不用电源，更适合野外或分散作业的需要。

（2）非压容器电动加压式（型号QG1）较之目前广泛使用的手工加压式省力，持续工作能力大幅提高。

（3）非压容器电控恒压式（型号QG1—S、QG1—J）分为手工式（S型）和机用型（J型）两种，其特点是压力恒定，切割质量稳定，QG1—J型可与气割机配套使用，进行机械切割。

（4）非压容器电子高频震荡式（型号QG3）采用高频震荡发生与控制新技术，使汽油在油罐内雾化，输出汽油气，适合远程与多点切割作业，是目前汽油切割机的升级产品。该汽油切割机体积小，重量轻，加6L汽油，整机（采用手工式割炬）21kg，携带方便。

主机由油罐、箱体、安全保护装置和其他部件组成，油罐内装有军用抑爆材料，并配有限压阀等安全措施，可以有效地防止燃烧和爆炸。油罐装4L汽油，可切割30mm厚的低碳钢板连续工作6h以上，油罐内无残液。

2. 输油胶管

输油胶管由耐油、耐腐蚀材料制成，质量符合HG/T3041—1999标准的规定，适用温度范围-40～55℃。

3. 割炬

按所切割炬的形式分为手工和机用型两种。氧-汽油切割机割炬和割嘴参照氧乙炔割炬、割嘴的结构重新进行设计，因此，割炬的外形虽然与氧乙炔割炬相似，但内部结构不同，为氧-汽油切割机专用割炬和割嘴。切割低、中碳钢，低合金钢，割炬最大切割厚度为30mm、100mm和300mm三种规格。

四、结论

（1）氧-汽油火焰切割比目前广泛使用的氧乙炔火焰切割安全、环保、成本低，切割质量好。

（2）汽油燃料易购易存，灌装方便，可省去换乙炔瓶和液化石油气瓶的工时及运输。在无乙炔瓶和液化石油气瓶灌装设备的地区，特别是边远地区，使用尤为方便。

（3）氧-汽油切割机操作方便，凡具备氧乙炔、氧-液化石油气火焰切割技能的人员经培训均可熟练掌握。

（4）国内已有汽油切割机行业标准，汽油切割机的研制、开发已经完成，并已转入生产，推广氧-汽油火焰切割的条件已经成熟。