

“沪强气”的特性及火焰切割对焊接质量的影响

王绕洪 张涛 郑志明

【摘要】 电站锅炉、核电设备、石油化工、舰船、海洋工程、航天装备制造，乃至重型机械设备和大型钢结构件的制造，均离不开使用气体对钢材进行火焰切割与焊接。而正确选用气体切割，取得焊割件均匀的金相组织是确保焊接质量的重要环节。采用石油液化副产品C3、C4、C5与PH值5.5添加剂混合而成的“沪强牌”高能金属焊割气（以下简称“沪强气”），是上海市高新技术转化项目。经与乙炔气等气体的对比试验和工厂的多年使用，证明其能够获得焊割件良好的金相组织和力学性能，明显提升产品质量、生产效率和经济效益，改善生产环境和保障安全生产，是一种替代乙炔气，高效、经济、安全、环保的新型焊割气体。

关键词： 新型焊割气体；节能高效；安全环保

1. 火焰切割气概述

火焰切割是焊接的前期工序，切割火焰的温度速度和燃气火焰渗透力强弱决定了切割后是否能取得均匀的金相组织；反之，则可能使切割后构件的变形、扭曲、淬硬组织出现不均匀的金相组织，导致焊接后屈强比增大，出现脆性或淬硬组织，引起冷裂纹或延时裂纹，降低力学性能。

虽然使用乙炔气切割能使割件表面温度较快达到熔点，开口快，但切割火焰渗透力不强，由于热量不能及时渗透到割件内部，切割速度较慢，以致火焰在割件上停留时间长，热效区增大。切割后的材料上易塌边，切割面下部易挂渣粘渣，并且开口与收口有弧角，形不成直角。割件形成塌边和粘渣，说明材料是

在沸点时切割开，而不是熔点时割开，也就是材料局部形成冶炼、过烧，切割后不仅会改变原金相组织，且会出现淬硬组织，如不经处理将对焊接后造成不应有的屈强比增大，拉伸及冲击吸收减弱等状况。对乙炔气切割后的薄型材料目测，则有变形扭曲现象，会有强制和不良装配，产生拘束应力，增加屈强比，会给焊接产品质量带来后期使用寿命缩短隐患。正因为乙炔气危险性大，污染严重，并再次耗能，国家关闭了专业生产乙炔气的吴淞化工厂。

20世纪90年代，美国的“格力2号气”与“马克斯气”，日本的“霞普气”想进入我国焊接与切割市场。由于它们的功能匹配不适应我国，加之某些气体毒性大，所以国家质监总局发文禁

止使用“霞普气”。国内的同济混合切割气，是金火焰等诸多气体的延续，使用的是无水而不能调和的添加剂。目前，丙烷气、天然气在烘烤切割中应用较多。天然气有湿、干之分，干天然气中以含甲烷成分为主，而湿天然气中含乙烷、丙烷、丁烷和戊烷，两者混合后的成分不一样。干天然气和湿天然气的热值都低于丙烷气20%~30%，切割时可以割断割件，但割后的质量达不到焊接要求。

2. “沪强气”是一种替代乙炔气的新型气体

“沪强气”2000年由上海显风气体制造有限公司研发成功，是经上海市科委和上海市经委认定的上海市高新技术项目。2002年3月正式列入上海市高新技术成果转化项目(编号20020108)。

该气体采用石油液化副产品C3、C4、C5与PH值5.5添加剂混合，经溶油、裂解、化合、增温200℃以上有毒吸收，是一种既能焊接、又能切割，高效、安全、清洁的新型气体。

使用同型号的割嘴分别用“沪强气”和乙炔气，切割同样品种和厚度的钢材，金相对比试验表明，尽管两种气体耗用氧气相仿，但“沪强气”明显比乙炔气切割速度快、割缝小；且工件切割面质量好，工件背面挂渣少，熔渣易去除，明显优于乙炔气。如图1所示。

两种气体的切割性能对比切割如表1所示，切割表面质量对比如图2，图3所示。

火焰切割是焊接的前期工序，切割火焰的温度速度和燃气火焰渗透力强弱决定了切割后是否能取得均匀的金相组织。反之，可能使切割后构件的变形、扭曲、淬硬组织出现不均匀的金相组织，导致焊接后屈强比增大，出现脆性或淬硬组织，引起冷裂纹或延时裂纹，降低良好的塑韧性及失去优良的力学性能。采用“沪强气”切割，其渗透性能较佳，火焰的温度均匀稳定，保证了割后的材料开口与收口无弧角，断面光洁、上不塌边、下不粘渣、不变形。

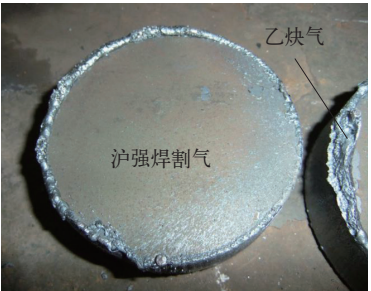


图1 “沪强气”与乙炔气割渣对比

表1 “沪强气”与乙炔气切割性能比较

比较项目		气体种类	“沪强气”	乙炔气
25mm钢板	预热开孔时间/s		30	30
55mm钢板	切割速度/mm·min ⁻¹		400	350
180mm钢板	切割速度/mm·min ⁻¹		50~60	40
	气体压力/MPa		0.15~0.16	约0.6



图2 沪强气切割表面质量



图3 乙炔气切割表面质量

3. “沪强气”的适用性对比试验

对切割同样钢号、同样厚度的钢材，分别选择乙炔气、丙烷气和“沪强气”进行火焰切割的对比试验（见表2）。

(1) “沪强气”能量高，使用安全。试验结果表明，乙炔气需要0.5MPa工作压力，而“沪强气”只需0.06~0.08MPa工作压力即可，两者相差悬殊。这不仅说明“沪强气”的能量成倍率的高于乙炔气，而且“沪强气”在使用中没有回火现象，灌装、运输方便，比乙炔气安全可靠。

(2) “沪强气”比丙烷气切割预热时间短，割件表面光洁、金相组织稳定。将“沪强气”与丙烷气分别在不同设备和工位，利用手工切割、半自动切割或数控光电切割等设备，采用相同的切

割参数和割嘴进行切割试验。试件切割厚度的变化从15~50mm，分别用手工切割后的效果如图4、图5所示。

利用半自动切割机切割截面厚度为150mm的钢板，切割后的试件如图6所示。

试验证明，无论是手工还是半自动切割，“沪强气”都比丙烷气切割件表面光洁、金相组织稳定和预热时间短。当试件厚度100~150mm，使用丙烷气切割的表面出现了锯齿形缺口，割断较困难，如图6右面位置试件试样。切割中丙烷压力表具出现0.01MPa压力的波动，这是火焰温度高低在割件上的反映，不能均匀保持原来的金相组织，切割操作工是很难发现这一差异。焊接后出现某点不熔合或裂纹，或延时裂纹等现象，往往被错判为

表2 “沪强气”与丙烷切割参数比较

切割气体	沪强气	丙烷气
气体压力/MPa	0.07	0.08



图4 “沪强气”手工切割效果



图5 丙烷气手工切割效果

焊接所引起。

在采用半自动切割机进行气割穿孔试验中，两种气体均能穿透100mm厚的钢板。但在相同的试验条件下，丙烷气在切割前预热时间较长，“沪强气”为30s，丙烷气为60s。采用数控切割机，在相同的切割参数下，两种切割气体所需的切割穿孔时间对比如表3所示。

(3) “沪强气”经济高效对比试验还表明，“沪强气”价格比乙炔气低20%左右，使用成本相对低廉。其钢瓶重量仅是乙炔气的1/6，工作压力低，汇流排集气点使用乙炔气原每天换几次钢瓶，而使用“沪强气”后，只需隔天换钢瓶，明显延长了换瓶时间。另外，采用“沪强气”火焰切割，无需改动原有的乙炔气、丙烷气、天然气设备及输气管道，就可以直接使用，节省了投资。

(4) 使用“沪强气”能保证切割和焊接质量。试验证明，“沪强气”切割，火焰在板材上停留时间短，表面质量好，保持了原先的金相组织及力学性能。如图7~图14所示为“沪强气”切割的割件。

由图7~图14不难看出，用“沪强气”火焰切割很薄的边角料不变形、不扭曲，整齐划一。如果切割火焰渗透力不强，切割

速度慢，火焰在割件上停留时间长，热效区增大，易产生过烧，形成不了图中各种整齐形状。

4. “沪强气”的使用

(1) 在金属切割上的使用效果 上海电气集团上海电站辅机厂原来一直使用乙炔气，2009年3月，该厂核电车间在技术工艺改造中分别选用乙炔气、丙烷气和“沪强气”等三种气体进行

切割和热矫正和消除应力处理对比试验，结果“沪强气”显示出加热快、割缝窄，金相组织稳定，用气省等优势。2011年10月开始在全厂应用“沪强气”替代乙炔气，取得了良好的经济效益和社会效益。据上海电站辅机厂技术部资料，使用“沪强气”每年为公司降低火焰切割气体的使用成本170万元左右，比使用乙炔气降低25%以上。6年来，已累计节约用气成本986多万元，如表4所示。

该厂总结了使用“沪强气”的优点：一是省工省料。不仅减少了后续工序去渣和机械加工的工时，降低了工人劳动强度，

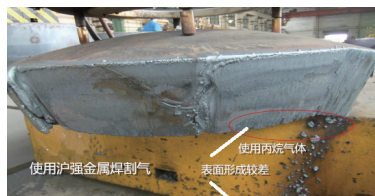


图6 “沪强气”与丙烷气半自动气割效果

表3 沪强气与丙烷气半自动和数控切割参数比较

切割参数		沪强气	丙烷气
切割穿孔预热时间/s	半自动切割	30	60
	数控切割	30	30
气体压力/MPa	半自动切割	0.07	0.08
	数控切割	0.04	0.04
切割速度/mm·min ⁻¹	数控切割	490	490



图 7



图 8



图 9



图 10



图 11



图 12



图 13



图 14

而且因减少了切割余量而节约了钢材。切割相同钢号和厚度的钢板，消耗的氧气相差不多，但乙炔气需要0.5MPa的气体压力，而“沪强气”只要0.06~0.08 MPa的压力，消耗明显减少。二是提高了切割的效率。因输气管道长、乙炔气供压低，数控切割机床

原来的极限切割厚度为95mm钢板；而“沪强气”供压高，可使同一台的数控切割机的极限切割能力提高到180mm。三是安全性高。使用“沪强气”火焰燃烧充分，生产环境改善，且从未出现回火、爆管等现象。四是生产成本降低。“沪强气”能量高，气

瓶不需装填料和丙酮，相同能量的“沪强气”气瓶体积仅为乙炔气的六分之一，既降低了运输费用，又延长了汇流排集气点更换钢瓶的时间。

(2) 在焊接上使用效果 上海希拉医疗器械厂原使用乙炔气焊接粗管套细管接头，因乙炔气渗透力不强，出现焊接件表面温度高，而温度渗透不到内部，铜焊丝熔化后不能顺畅地进入套管缝隙，且缝隙触面少而不规则。另外，焊接前需在套管接缝处表面涂保护层，防止焊接时火焰过烧，表面碳化，影响质量。焊接后保护层因高温后形成硬结晶，清除结晶费时费力。而且，乙炔气焊接时焊接件表面温度高，焊接手势掌握不好，易熔触表面，造成废品。使用丙烷气焊接也是如此。自从该公司改用“沪强气”焊接粗管套细管接头，因气体渗透力强，焊接火焰在焊接点来回走动2~3次，火焰温度很快传导至焊件内部（细管），铜焊丝熔化后很快进入套管接缝内而完成焊接；并且套管接缝表面不需涂保护层。经观察，乙炔气焊件与丙烷焊件从剖面看，内部焊接面积只有20%~30%；而使用“沪强气”的焊接件剖面接触面达到80%以上。焊接后表面不碳化，焊接表面没有碳污化物残留，也不用清除硬结晶，提高了产品焊接质量。

以前上海空调行业和电机制造业一些企业采用乙炔气分别进行纯铜管（粗管套细管）和电机铜排气焊，由于火焰渗透力较弱，极易产生虚焊、微气孔、焊不透、有内缝隙等现象，造成产

表4 上海电站辅机厂使用“沪强气”经济效益对比 (元)

年份	降低气体运输成本	降低用气成本	年度共降低成本
2011	29850	1142492	1172342
2012	38550	1661767	1700317
2013	38550	1721211	1759761
2014	44750	1742347	1787097
2015	46650	1724463	1771113
2016	44850	1625329	1670179

注：上述数据来自上海电气集团电站辅机厂技术部。

品质量的隐患。改用渗透力强的“沪强气”，顺利完成焊接过程（相融良好，无虚隙），确保了焊接质量。

（3）在金属热喷涂上的使用效果 2016年底，上海益延焊接材料有限公司采用“沪强气”为可燃气体，氧气为助燃气体，对 $\phi 800\text{mm}$ 、长1800mm的大型轴类产品进行表面金属喷涂，结果亦取得极佳效果。一是“沪强气”充分发挥了快速加热、温度均衡、不断火和不回火的优势，加快金属粉末与基体结合的速度，提高了喷涂速度和产生覆层质量。经对喷涂件的破坏性测试，起壳率和剥离率为零，喷涂件表面颜色、质量及冶金结合度均优于传统乙炔气。二是喷涂同样厚度、同样的金属，消耗“沪强气”容量不到乙炔气的65%，大幅度降低了生产成本，实现了安全生产、清洁生产和高效生产。因此上海金属喷涂行业准备全面推广使用“沪强气”。

5. 结语

焊接与切割是我国从制造大国走向制造强国必不可少的金属

加工工序，而焊接与切割使用的气体亦是其中不可或缺的关键之一。经过用户十多年的实际使用证明，无论是使用“沪强气”进行金属切割、气焊还是金属表面喷涂，虽然消耗的氧气相仿，但“沪强气”充分反映出其独特的经济、高效、安全、环保的优良性能。

（1）燃气使用压力的大小是燃气质量和能量的具体体现。切割速度快慢是切割火焰温度渗透力强弱的具体体现。“沪强气”切割后材料的开口与收口无弧角，断面光洁、不变形，不扭曲、不塌边、不粘渣、受热区小，是取得均匀金相组织质量的基础保证。同时，焊接时不会有不良装配和强制装配所存在的隐患。

（2）构件焊接后在消除应力（烘烤）处理中，应使用火焰温度传导快，渗透力强的气体。这也是实现加工件快速切割、割缝狭窄，切割后的材料不变形，不扭曲的关键。

（3）因使用渗透力不强，热量不恒定的气体进行焊接或切

割，常常会导致加工件金相组织被破坏而影响其力学性能，需要进行热处理消除应力。假如应力消除不彻底也会产生隐患，如产品在运行中出现裂纹。一般情况下，人们都会错误地认为，产品质量出现问题是焊接质量如延时裂纹引起的。恰恰相反，很少有人认为这是选择或使用焊割气体不当所造成的后果。

（4）选择合适的可燃气体进行表面金属喷涂，对提高金属火焰喷涂速度和覆层质量十分重要。使用高能量、渗透性强的“沪强气”进行金属喷涂，除了金属粉末与基体结合快且结合强度高，而且耗用气体的成本大幅度降低，生产环境显著改善，安全性亦明显提高。

参考文献：

- [1] 王箴.化工词典[M].北京：化学工业出版社，2000.
- [2] 徐帮学.工业标准气体制备新技术-安全技术实用规范手册.常用化学危险品安全手册[M].北京：中国科技文化出版社，2005.

作者简介：王绕洪、张涛，上海昱风气体制造有限公司；郑志明，中国焊接协会理事、切割分会常务理事，金瑞克焊割工具有限公司。

MW 20170719