大厚度不锈钢和铝的等离子水下水射流切割技术

发茵特科技（上海）有限公司　（上海　201203）　孟祥胜

以前，对于企业不锈钢和铝的切割均使用干式切割，为了使切割表面不至于出现氧化皮，而使用H35（气体组成为氢气35%、氩气65%）作为切割气体，同时使用干式除尘的方法处理烟气，这个过程中，仍无法处理切割中所产生的噪声、空气中所含有的金属颗粒及切割中产生的光辐射等对操作工和周边工作人员的影响及损害，同时给企业也带了一个重大的安全隐患（H35为易燃易爆气体）。

1. 等离子水下水射流切割的优势

随着中国制造业的产业升级，对大厚度不锈钢的数控切割需求愈来愈多。过去等离子切割大多是针对碳钢和不锈钢薄板和中厚度板，以干式切割为主。但不锈钢和铝包含镍等多种重金属，采用干式切割，切割过程产生镍等重金属氧化物剧毒气体，而且切割噪声异常刺耳，切割边缘氧化皮产生严重，需要进行二次加工，不仅造成二次能源浪费，对工人身体的危害也较大。根据低碳环保与绿色切割的需要，切割不锈钢和铝一定要设法消除剧毒气体、消除噪声、污染和防止氧化，避免二次加工和二次能源浪费。采用水下水射流切割技术，是目前最经济、最有效的不锈钢切割解决办法。

2. 等离子水下水射流切割关键装置

使用等离子水下切割，一定涉及到两个核心技术和装置：一是空气幕（Air Curtain），如图1所示；另一是水射流切割（Water Injection Cutting）或称水幕切割，如图2所示。空气幕装置是在水下切割时使用，其工作原理是通过将空气经过割炬屏蔽的外圈形成空气帘，在割枪与钢板间把水吹开，使割炬的切割嘴部分在水下形成空气幕罩着一个小的干式切割环境，其作用是在水下切割时，减少水对等离子弧的影响，减少等离子功率和切割速度的损失，从而提高切割速度，降低烟气、粉尘、辐射和噪声的污染。

图1　空气幕装置

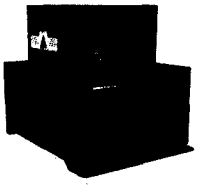


图2　水射流装置

水射流（水幕）装置不仅可与空气幕配套使用在水下切割，也可以单独使用于水上切割。其工作原理是使用水经过压力泵的作用直接用于割枪内部（在保护气体管内流出），以高压水消音器的方式把水喷射出来，减少噪声，在割枪与钢板间把空气隔绝，防止氧化。在等离子切割时，水产生气化，吸附烟气和粉尘。其作用是以高压水作为保护气，压缩等离子弧防止扩散，防止切割表面氧化，保证切割面垂直和上下表面质量。同时，因为水能够帮助降低切割后的表面温度，使不锈钢及铝的变形系数降低。因为使用水作为保护气，替代了H35（氩氢气体），有效降低了切割成本及气体的危险性。

3. 等离子水下水射流切割方法

不锈钢和铝的等离子切割方法有以下几种（见图3）。

（1）干式/水面切割　采用空气/空气作为切割气/保护气，切割成本最低，切割表面严重氧化，需要机械处理后方能使用和焊接；采用氮气/ 氮气切割，切割成本上升，焊接性能提高；但以上两种方式最大问题是切割表面产生氧化物，噪声污染严重，同时产生具有很大的光污染及零件的热变形以及粉尘和金属颗粒等带来对人体的伤害等问题。采

切割方式	使用气体 保护气体/切割气体	切割品质	切割成本	切割问题
水上/干式切割方式 板材	1.空气/空气	低	低	1.切割面粗糙、成黑色 2.烟尘(干式除尘只能够达到75%)
	2.氮气/氮气	中	中	3.光辐射(污染) 4.粉尘、颗粒对人体的伤害 5.变形(不锈钢和铝的变形系数比碳钢要大)
	3.氮气/H_{35}	高	高	3.H_{35}易燃易爆
	*.H_2O/氮气	高	中低	
水面切割方式 板材	1.空气/空气	低	低	1.切割面粗糙、成黑色 2.烟尘(下部水吸收，而上部无法全部处理)
	2.氮气/氮气	中	中	3.光辐射(污染) 4.上部产生的粉尘、颗粒对人体的伤害 5.变形(不锈钢和铝的变形系数比碳钢要大)
	3.氮气/H_{35}(-X)	高	高	会造成水气爆
	*.H_2O/氮气	高	中低	
水下切割方式 板材	1.空气/空气	低	低	1.切割面粗糙、成黑色 2.切割因为水的影响而出现速度及切割厚度下降
	2.氮气/氮气	中	中	
	3.氮气/氮气+ACA	中	中	切割面粗糙、成黑色
	*H_2O/氮气+ACA	高	中低	

图 3

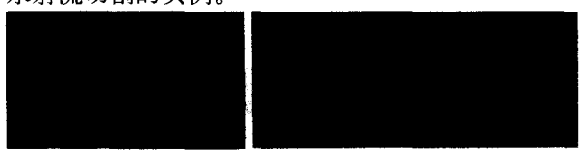
用氮气/ H35切割（常用的一种干式切割不锈钢的方式），切割质量最好，但切割成本最高，同时因为H35为易燃易爆气体而必需经过消防等特殊的验收等安全认证。对于在板材下面存在有水时候，因为H35中含有氢气，会造成氢气在水中累积，遇到明火后产生迅速燃烧爆炸的问题。故而干式和水面都无法满足低碳环保，绿色切割的要求。

（2）水下切割 方法一，美国伊萨公司提供的PT－36精细坡口割炬，可以做干式切割、水下切割和坡口切割，不用更换割炬。直接把割枪放入水下进行切割，只需将切割台换为水箱。这种方法的优点是投入成本最低，且切割气/保护气与干式切割相同，还是氮气/氮气，就可实现不锈钢的水下切割，有效减少辐射、有毒气体和烟气污染，冷却零件，减少热变形。缺点是等离子弧直接与水接触，随时受到水流的影响，切割质量无法保证，因此，这种方法主要应用于不锈钢薄板切割，对表面垂直度和粗糙度要求不高。不锈钢的氧化问题没有解决，切割表面氧化变黑。同时，由于水会带走等离子弧的能量，降低了切割速度和穿孔能力。

方法二，在割枪上安装空气幕（Air Curtain）装置，实现水下切割。空气幕的功能是使水和离子弧分离，形成干式切割环境，减少水对离子弧的影响，从而提高了水下切割的切割速度、穿孔能力和切割质量，有效解决了噪声、污染问题。缺点是切割表面氧化变黑问题仍然没有解决。

方法三，在割枪上安装空气幕和水射流装置（WIC），采用氮气/H_2O，氮气作为起弧和切割气，水作为保护气。这是到目前为止切割不锈钢最好的方法，其优势非常明显：①有效降低了切割成本，因为氮气成本远低于H35成本，水的成本又低于N_2的成本（水为经过软化处理的自来水即可）。②由于使用WIC/ACA水射流和空气幕进行水下切割，切割表面氧化区明显改变，有效防止切割面氧化。③噪声明显降低。④有毒气体污染、烟气、粉尘污染明显降低。⑤切割品质明显提高，切割面非常垂直，上下边缘光滑平整。

图4a是50mm不锈钢水下水射流切割和水上干式切割的对比，采用了伊萨EPP－601/PT－36电源，水射流和空气幕（WIC/ACA）装置，切割表面平整光洁，上边缘角非常垂直，热影响氧化区几乎没有。水上干式切割采用伊萨EPP－600A，N_2/H35/N_2，切割边缘热影响区明显，需采用机械加工方式把氧化区去掉。图4b是100mm不锈钢水下水射流切割的实例。



(a) (b)

图 4

需要指出，水下切割时，等离子功率因受到水流的影响而有明显的降低，一般技术表格中的切割数据大多是水上干式切割情况下的穿孔和切割数据，水下切割时，数据平均要打一半折扣。比如360～450A的等离子电源，都可以在干式条件切割40mm不锈钢，但是在水下切割时，由于水吸收了等离子的功率，降低了切割速度和穿孔厚度，实际切割能力只有20mm。要在水下切割40mm以上的不锈钢，就必须使用600A及以上的电源，例如伊萨EPP－601等离子电源，在干式切割或水上切割条件下，不锈钢穿孔切割厚度达到70～75mm，水下水射流切割不锈钢，穿孔切割能力达到50mm。

4. 结语

低碳环保、绿色切割、高效切割、高精度切割、高操作性切割及高集成化切割，是“十二五”期间中国十大核心制造业产业——建筑、机械、船舶、铁道、冶金、石化、水电、家用电器、锅炉压力容器和集装箱产业（都是以钢材为主要原材料）在切割焊接生产流程的发展方向。由于等离子切割生产效率是传统火焰切割生产效率的4倍，因此，等离子切割将快速普及，逐步替代火焰切割。同时，水下切割，特别是水下水射流切割，与干式气体切割相比，运营成本更低，切割质量好，更加低碳环保，是未来绿色切割的发展方向。MW （20120223）