



伊萨， 世界顶尖的 风电设备焊接 合作伙伴

近年来，世界风电产业迅速发展，中国也不例外。目前中国已经超越印度，成为亚洲第一，世界第四的风电大国。作为风电行业焊接与切割解决方案的全面供应商，伊萨将在海外的成功经验引入中国，旨在为中国的风电产业提供最优质的一站式解决方案。

风塔制造领域的竞争力实际等同于优质焊接与切割方案应用的生产力。携手伊萨，您就等于拥有了一位了解您所有挑战的良好合作伙伴，为您提供工程建设、自动化与焊接材料等方面提供唯一的产品与服务来源。

伊萨风电行业专用焊材系列

	标准等级	最小屈服强度(Mp)	最小抗拉强度(Mp)	低温冲击值(°C)	电流极性	气体
埋弧焊丝/焊剂						
OK Autrod 12.32/ OK Flux 10.62	EN 756 S 46 6 FB S3Si SFA/AWS A5.17 F7A8-EH12K	460 400	530 480	-60 -62	AC/DC+	
OK Autrod 12.22/ OK Flux 10.71	EN 756 S 38 4 AB S2Si SFA/AWS A5.17 F7A5-EM12K	380 400	470 480	-40 -46	AC/DC+	
OK Autrod 12.20/ OK Flux 10.72	EN 756 S 38 5 AB S2 SFA/AWS A5.17 F7A8-EM12	380 400	470 480	-50 -62	AC/DC+	
焊条						
OK 48.00	EN ISO 2560-A E 42 4 B 42 H5 SFA/AWS A5.1 E7018	420	510	-40	DC+(-) DC+(-)	
OK 48.08	EN ISO 2560-A E 46 5 1Ni B 32 H5 SFA/AWS A5.5 E7018-G	460 390	530 490	-50	AC/DC+(-) AC/DC+(-)	
OK 21.03	用于切割、刨削、开槽等					
药芯焊丝						
OK Tubrod 15.00	EN ISO 17632-A T 42 3 B C 2 H5 EN ISO 17632-A T 42 3 B M 2 H5 SFA/AWS A5.20 E71T-5C H4 SFA/AWS A5.20 E71T-5M H4	420	530	-30	DC- DC- DC- DC-	M21, C1 M21, C1 M21, C1 M21, C1
金属粉芯焊丝						
OK Tubrod 14.12	EN ISO 17632-A T 42 2 M C 1 H10 EN ISO 17632-A T 42 2 M M 1 H10 SFA/AWS A5.18 E70C-6C SFA/AWS A5.18 E70C-6M	420	510	-29	DC+(-) DC+(-) DC+(-) DC+(-)	M21, C1 M21, C1 M21, C1 M21, C1




立柱的装配



环焊缝的焊接

ESAB公司专为风力发电立柱焊接推出两对双丝串列电弧埋弧焊接法（Tandem-Twin）。

如采用4根2.5mm的焊丝，最高熔敷率38Kg/h，而普通的单弧双丝焊（TwinArc）的熔敷率仅为15 Kg/h。锥体筒身纵缝采用两对双丝串列电弧焊，配用的焊接电源型号相应为LAF1250和TAF1250。

The background of the entire page is a photograph of three wind turbines in a field. The sky is a warm, golden-orange color, suggesting a sunset or sunrise. The turbines are silhouetted against the bright sky. The overall mood is clean, modern, and sustainable.

选择伊萨的理由:

■ 悠久的历史

伊萨涉足风电行业的历史悠久。今天，我们为应对不断增长的需求，向全球约60%的风塔提供伊萨的生产制造技术。我们的业务合作伙伴遍布全球，向包括Vestas、日立及Sif在内的企业提供岸上、海洋或极地地区的风塔、桩基与过渡件的制造服务。

■ 广泛的服务范围

我们提供的服务范围广泛，包括对现有生产设施的改造和绿色植物的交钥匙方案 - 确保生产的每个环节都具有最高的生产力。我们的目标是提升您的焊接与切割生产力，促进生产量的增长。专为风电行业开发的焊剂/焊丝组合能保证优异的焊接质量与力学性能。

■ 贴心的支持与培训

与伊萨合作，就相当于与包括全球所有工厂、销售公司和经销商在内的唯一产品与服务供应商在同一个生产周期内进行合作 - 不论您在何处，不论客户新的生产厂址准备设在何处，我们总能为您提供重要而贴心的售前、售后支持以及培训。

■ 社会责任

伊萨是行业内唯一一家所有操作流程均符合ISO 14001 EHS体系和OHSAS 18001认证的焊接企业。不论您从何处购买伊萨的产品 - 您在整个使用过程中都能最大程度地减少对环境的影响，产品的生产制造过程严格遵照统一的职业与产品健康、安全标准。

ESAB公司SAW技术 是为Q7北海风厂生风机桩群、转接段的关键所在。

Q7是荷兰北海地区最大的离岸风力发电厂，也是贯彻荷兰政府推行的到2002年风力发电达2750MW的可再生能源新政策计划的重要过程。

Sif Group bv主要承担基础桩群和转接段的制造。

Q7项目

位于荷兰大陆架的Q7海上风电场已经开始建造，离岸Ijmuiden大约23km。在某种程度上其独特性在于它是世界上第一个离岸如此之远（过去：19-24m）的风电场。

这也是为什么其业主Econcern和Eneco能源公司共同投资选择Vestas V80-2MW风力涡轮技术。该项目共有60台风力涡轮，总发电能力达到120MW。

在“京都议定书”框架下，荷兰政府同意降低温室气体排放的要求，2008-2012年期间降低6%，相当于1990年的水平。Q7项目每年将减少225,000吨CO₂的排放量。

Van Oord是一家国际疏浚和海事承包商，负责风力发电厂的安装工作；海上安装施工与2007年5月开始。



图1 单基桩打桩，桩长50或54m，水深19-24m。来源：Q7海上风场



图2 单基桩上的转接段定位，高出海平面15m

基础风机桩长54m、直径4m、重320吨，一半长度要打进海床。转接段重115吨，要高出海平面15m，采用浮动式起重机，一个特殊设计的驳船把它安装到基础上（图1和图2）。

桅杆（105吨），风力涡轮（65吨）由Vestas公司制造并水运到Ijmuiden现场。Sea Energy另外一种专用的海洋工程船同时把两座风机塔和两台风机涡轮运到Q7现场安装。

为了把风机涡轮相互间的干扰降低到最低程度，技术协议中心必须规定风机涡轮之间的最小距离是转子（5x80）直径的5倍。Q7工程风机涡轮安装距离间隔550m。Van Oord公司在项目中期也负责吧一套重520吨变电站安装在Q7中间的一个装机商。整个Q7项目计划将在2008年3月投入于运营。

Sif Group bv

Sif Group bv位于荷兰的Roermond地区，是一家专门从事大型海洋石油天然气钢管结构、海上风力发电基础设施、港口机械、压力容器壳体及锥形筒等制造的公司。公司在细晶粒高强结构钢的焊接、热处理、无损检测及破坏性试验拥有丰富的经验。Sif Group bv位于Mass河畔，拥有自己的码头，并且直接通往一些大的战略港口，比如，Rotterdam和Antwerp港，这使他们能把任何尺寸和重量的钢结构（最大可达800吨）通过自己的运输船队进行运输。展望离岸风厂的蓬勃的建设，Sif Group bv公司投资的专门用来生产基础桩基的基地和生产线目前仍在继续运行。该投资策略是成功的，通过该公司所参与的各个西欧离岸风电场项目的印象深刻的名单就可以判断。超过80%的海洋风力发电场的钢结构基础都由Sif Group bv公司承担制造，其中包括丹麦的Horns Rev项目（目前世界第二大风力发电场）和Q7项目。

Sif Group bv通过了ISO9001:2000质量管理体系认证，全国贯彻EN-ISO3834-2焊接质量要求。另外还取得如下国际认证：

- 钢管结构：API Spec.2B
- 压力容器部分：ASME U钢印，ASME U2钢印，ASME S钢印，PED9/23
- 动态载荷钢结构：DIN 18800-7E级别-ü钢印。



图3 单基桩制钢管环缝和纵缝的制造

尺寸，材料等级和机械性能要求

Q7项目包括61根单基桩和转接段（起重60根用作风力发电场、另外1根用作变电站建设用）的制造，这两部分均为钢管结构，单基桩为圆筒结构而转接段为锥形结构。图3为单基桩制造现场。主要焊接接头，钢管的环峰和纵缝外形清晰可见。筒段长为33.5m，直径为4m，并且筒段间的纵缝呈180°交叉分布。单基桩所有筒段的壁厚变化范围为45mm-86mm。不同壁厚筒段采用1:5倒角平滑过渡进行焊接。

表1为不同厚度的材料牌号和夏比缺口冲击试验要求，既有转接段（包括法兰）也有单基桩结构。转接段设计温度为-10°（>LAT），单基桩设计温度0°（<LAT），但是低温冲击试验最低温度为-50°，满足不同壁厚的转接段制造技术要求。钢管结构施工遵守GL规范IV-2：海洋风能转换系统规范-1999的认证规定。

Sif单基桩和转接段制造

Sif制造生产线首先从坡口火焰切割或机加工开始，紧接着筒段冷卷。利用两台卷板机，Sif Group bv卷板机可对厚度为20150mm，直径为0.68m，板幅宽度为4.2m的筒段进行冷卷（图4）。筒段冷卷要按相应步骤进行，以保证筒段的尺寸和圆度以及为高效焊接所需的直度。

一般来说，筒段特别是单基桩，必须保证环峰焊接之后的挺直度。SAW焊缝占所有焊缝的90%以上。整个制造过程严格按照一定的工艺流程、工件同一车间内，最小范围的搬运是高效、连续生产的有力保障。生产车间的布局也是采用SAW高效生产的一个重要因素。

接头的准备工序对于所有焊缝基本一致，只有半窄间隙坡口深度根据板厚做相应调整。Sif Group bv所有大型钢管制造工艺同石油天然气工业中的抽油装置、导管架腿柱等部件相似。焊缝质量重复性好，缩短了制造过程的启动周期，进一步确保了生产过程中产品质量的可预见性。半窄间隙坡口采用铣削加工，坡口尺寸加工精确、光滑无毛刺，焊后接头质量超过背面专门进行清根处理的焊缝。而且，焊缝根部及根部缺陷很容易去除，接头形貌如图5所示。

当然窄间隙焊具有焊缝体积小，因而每条焊缝生产周期短，节省了大量焊材。半窄间隙坡口倒角设计13°，避免了焊接过程中，由于焊缝收缩导致多丝SAW机头和坡口壁相碰撞。

埋弧焊SAW

另外一个不变因素是焊丝/焊剂搭配，Sif Group bv通常采用ESAB公司的OK Autrod12.32焊丝和高效碱性焊剂（EN760:SA FB 155 AC H5）于高强钢（EN756S3Si）配合使用。

表1 材料等级、厚度及冲击韧性要求

应用	厚度	结构类别	材料等级	试验温度	需要的冲击值
转接段筒 Td=-10°C	T≤45	基本	S355J2G3-EN10025	-30°C	34J av.(L) 24J av.(T)
	45 < T ≤ 50	基本	S355NL-EN10113-2	-30°C	34J av.(L) 24J av.(T)
	50 < T ≤ 57	基本	S355NL-EN10113-2	-50°C	34J av.(L) 24J av.(T)
单基桩圆筒 Td=0°C	T≤50	基本	S355NL-EN10113-2	-20°C	34J av.(L) 24J av.(T)
	50 < T ≤ 86	基本	S355JNL-EN10113-2	-40°C	34J av.(L) 24J av.(T)
法兰无缝锻件		特殊	S355NL+Z35-EN10113-2	-40°C	40J av.(L) 30J av.(T)



图4 制造单基桩制钢管第一步，卷板

上述焊接材料搭配，在-60°C条件下具有良好的低温冲击韧性，是Sif Group bv公司SAW多丝焊的一个理想选择。实质是具有良好的脱渣性，在接头第一道焊缝中，绝大多数都是能自动脱渣。

为满足Sif Group bv公司一些特殊技术要求，专门定制了无镀膜OK Autrod12.32筒装焊丝，重量分为350kg和700kg两种（见图6）。这些焊丝盘均打印上彩色编码，同现场一些其他性能的焊丝分开，并且采用保护膜包装确保焊丝盘上的焊丝回收利用。焊丝盘上的焊丝缠绕方向筒多丝埋弧焊系统一致，方便送丝。为了满足海洋工程技术要求，OK Autrod12.32焊丝关于化学成分和表面状态等性能指标受限程度极高。

采用专门的生产线来制造风机涡轮基座，包括多丝埋弧焊工作站，绝大多数采用的都是ESAB公司焊接配件，以及多台高暂载率的LAF/TAF焊接电源。有时ESAB和Sif Group bv公司更新一些现有工作站的操作机，完善一些自动化设备。最近一项应用实例是针对用户设计提出的，专门用于焊接钢管结构内部加强环的SAW装置。

用作大型钢管焊接的高效封口焊机如图8所示，操作焊工能够控制多丝埋弧焊工作站完成多个大直径环缝的焊接了，焊接熔敷效率十分高。这套SAW焊接专机装配了PLC控制器和视觉传感器，用来监控整个焊接过程，确保持续、高效、高质量的焊接。操作焊工手动启动焊接过程，系统自动完成全部焊接工艺流程，包括不同焊枪自动定位。同时，操作焊工可以随时根据需要进行手动控制。

图7是采用这种方式进行焊接之后的无缺陷接头宏观外形。Q7项目70mm厚板材工艺评定焊缝低温（-50°C）冲击韧性结果见表2。

ESAB公司专为Sif Group bv窄间隙焊缝生产的送丝机、焊接电源LAF1250、TAF1250令客户十分满意。整套焊接设备运行2年来，满负荷工作，基本未出现任何问题，且维修很少。



图5 半窄间隙SAW用于焊接纵缝和环缝接头



图6 为用户设计的额定锤形焊丝OK Autrod12.32



图7 板厚70mm典型焊缝横截面宏观外形

表2 图5中板厚70mm焊后接头的焊缝金属-50°C低温冲击韧性值

		Cv冲击功[J]			平均值
1st V型接头, SAW双面焊	表面2mm	111	94	90	98J
2nd U型接头, SAW三层焊	表面2mm	110	102	104	105J
	根部5mm	112	154	150	139J

Sif Group bv近年来参与的一些风力发电场项目

1994年荷兰Medemblik风电场	4根单基桩 $\Phi 3,500 \times 35 \times 28.000\text{mm}$	重量346吨
2002年丹麦Horns Rev风电场	80根单基桩 $\Phi 4,000 \times 50 \times 58.000\text{mm}$	重量11,080吨
	80根单基桩 $\Phi 4,240 \times 35 \times 15.000\text{mm}$	重量5,325吨
2003年英国North Hoyle风电场	30根单基桩 $\Phi 4,000 \times 30:70 \times 58.000\text{mm}$	重量8,508吨
	30根转接段 $\Phi 4,200 \times 35 \times 12.300\text{mm}$	重量1,150吨
2004年爱尔兰Arklow风电场	7根单基桩 $\Phi 5,000 \times 50 \times 45.000\text{mm}$	重量1,931吨
	7根转接段 $\Phi 5,390 \times 45 \times 15.150\text{mm}$	重量929吨
2004年英国Kentish风电场	30根单基桩 $\Phi 4,300 \times 50 \times 37.000\text{mm}$	重量5,013吨
	30根转接段 $\Phi 4,540 \times 35 \times 12.050\text{mm}$	重量1,823吨
2005年英国Barrow风电场	30根单基桩 $\Phi 4,750 \times 45:75 \times 51.000\text{mm}$	重量11,320吨
	30根转接段 $\Phi 5,100 \times 55 \times 21.600\text{mm}$	重量3,460吨
2006年英国Burbo风电场	30根单基桩 $\Phi 4,700 \times 45:75 \times 37.000\text{mm}$	重量5,307吨
	30根转接段 $\Phi 5,390 \times 45:67 \times 22.350\text{mm}$	重量3,994吨
2006年英国Beatrice风电场	2套中心管,支腿和装套筒	重量832吨
	8根钢管桩 $\Phi 1,869 \times 60/80 \times 42.500\text{mm}$	重量935吨
2006年德国Multibrud风电场 海洋用风电机组三角架	1根主柱 $\Phi 6,000 \times 35:75 \times 26.000\text{mm}$	重量203吨
	3个桩导板 $\Phi 2,900 \times 40:65 \times 9,000\text{mm}$	重量102吨
2006年荷兰Q7风电场	61根单基桩 $\Phi 4,000 \times 35:79 \times 54.000\text{mm}$	重量18,700吨
	61根转接段 $\Phi 4,200 \times 35:57 \times 19.000\text{mm}$	重量5,340吨
2007年英国Lynn 和Inner Dowsing风电站	54根单基桩 $\Phi 4,740 \times 50:75 \times 36.000\text{mm}$	重量12,100吨
	54根单基桩 $\Phi 5,100 \times 46:67 \times 22.050\text{mm}$	重量9,100吨

风能应用前景光明

Sif Group bv及时投入新型焊接技术和生产装备,已经在西欧海上风力发电市场占有率有一席之地,同时也为该类新型清洁能源的推广做出了巨大贡献。文末项目清单中罗列了公司今年来大型风力发电项目的杰出合作伙伴。随着更多新的风力发电场的开工建设,市场前景将会更加光明。ESAB公司将成为您技术的最佳合作伙伴,并能够根据用户反馈,满足不同客户需求。



图8 焊接环缝门架上的焊接操作工

世界焊接切割技术和系统的领先者



伊萨的焊接切割技术一直处于行业最前沿。在一百多年不断改进产品和工艺的过程中，我们经营的每一项业务都面临着技术发展的挑战。

质量和环境标准

我们一贯注重质量和环境。伊萨全球范围内的所有制造工厂都已通过环境管理体系新ISO 14001标准，世界上只有少数几家跨国公司能够满足此条件。

在伊萨，质量是一个永恒的过程，它在我们全球所有的生产线和工厂里都处于核心地位。

通过跨国生产、当地代表机构和独立的代理商网络，伊萨将优质的产品和无与伦比的材料和工艺方面的专业技术与经验带给世界各地的客户。

如您需要了解更多关于伊萨的信息，请联系我们或登陆伊萨网站：

www.esab.com.cn

ESAB 全球销售与技术支持中心



伊萨焊接切割器材（上海）有限公司
ESAB Welding and Cutting Products (Shanghai) Co Ltd.
产品咨询热线 800 820 8115
电话（021）2326 3000
传真（021）6566 6622
网址 www.esab.com.cn
电子邮箱 Welding@esab.cn