

船舶行业节能减排先进适用 技术指南

（第一批）

二〇一二年九月

目 录

第一章 导言	1
1.1 编制目的	1
1.2 适用范围	1
1.3 编制依据	1
第二章 行业资源能源消耗及产排污情况	3
2.1 行业类型划分	3
2.2 能源消耗情况	3
2.3 资源消耗情况	4
2.4 污染物排放情况	4
第三章 行业技术现状	5
3.1 行业技术结构	5
3.2 行业技术水平	9
第四章 节能减排先进适用技术	11
4.1 船舶绿色制造能源节约技术	11
4.1.1 空压站循环冷却水余热回收利用技术	11
4.1.2 电力能源网络管理系统技术	19
4.1.3 动能统筹优化配供技术	21
4.1.4 组立焊接生产线干线节电技术	23
4.1.5 焊接设备生产过程网络化集群监控技术	25
4.1.6 分段涂装车间除湿系统节能技术	29
4.1.7 空压机组运行监控系统技术	32
4.1.8 船舶及海工涂装车间燃气辐射加热系统（CHPT-CRV-HS）技术	35
4.1.9 天然气代替乙炔技术	42
4.1.10 变电所供配电系统谐波治理节电技术	46
4.2 船舶绿色制造资源节约与综合利用技术	48
4.2.1 船舶无余量建造技术	48
4.2.2 “一笔画”切割技术	50
4.2.3 跟踪补涂油漆工艺技术	53
4.2.4 耐高温车间底漆	56
4.2.5 有机溶剂回收利用技术	59
4.2.6 二氧化碳限流接头技术	62
4.2.7 船厂水资源综合利用技术	64
4.2.8 水下等离子切割机水床内废水循环处理装置技术	68

4.2.9 润滑油投油回收再利用技术	73
4.3 船舶绿色制造污染物控制与处理技术	75
4.3.1 等离子切割机除尘器吹风导流装置技术	75
4.3.2 高真空焊接烟尘净化技术	82
4.3.3 修船污油水处理后直接排放技术	86
4.3.4 船舶拆解系统预清理技术	89
4.4 绿色船舶产品能源节约技术	101
4.4.1 AMP 船舶电源系统在大型集装箱运输船上的应用技术	101
4.4.2 超级油轮 (VLCC) 减少压载舱内淤泥堆积技术	103
4.4.3 船舶舵球-舵鳍系统节能技术	104
4.4.4 船舶不对称船尾节能技术	106
4.4.5 船舶组合式水动力附加节能装置技术	109
4.5 绿色船舶产品污染物控制与处理技术	114
4.5.1 L16/24、L23/30 系列船用中速柴油机满足 IMO Tier II 技术	114
第五章 工艺技术优化组合方案	118
5.1 工艺技术组合不对称船尾+水动力附加装置节能技术	118
第六章 节能减排新技术动态	120
6.1 超高压水射流船舶爬壁除锈成套系统技术	120
6.1.1 技术介绍	120
6.1.2 技术试验示范效果	121
6.1.3 技术投资及效益分析	123
6.1.4 技术应用前景分析	124
6.1.5 技术知识产权情况	124
6.2 船舶建造企业中水回用技术	124
6.2.1 技术介绍	124
6.2.2 技术试验示范效果	124
6.2.3 技术投资及效益分析	125
6.2.4 技术应用前景分析	125
6.2.5 技术知识产权情况	125

第一章 导言

船舶和海洋工程装备是水上运输、作业和海洋资源开发以及国家海洋权益保护的重要工具。中国目前是世界造船大国，造船能力已占全球 1/3 以上。船舶行业综合技术性强，能源资源消耗种类多。随着世界范围内绿色经济的兴起，节能减排成为世界各国关注的焦点，绿色造船技术成为船舶行业技术进步的重要方向。所谓绿色造船，是一个综合考虑生产效率和环境影响、资源利用效率的现代造船模式，其目标是使船舶从设计、制造、营运到退役拆解的整个过程中，对环境的负面影响最低，资源耗费最少，实现企业经济效益和社会效益协调优化。

技术节能、结构节能和管理节能是我国工业节能减排的三大主要措施。“十二五”期间，中国船舶行业在推进产业结构和产品结构调整，转变发展方式、实现做优做强过程中，必须贯彻绿色造船方针，加大节能减排技术研发创新和产业化力度，依靠节能减排技术创新及其产业化，提高能源资源利用效率，降低对环境的影响。加强工业企业节能减排管理，要从产品设计、建造与拆解、原材料设备使用、生产工艺等环节和能源效率、污染排放综合平衡，实现船舶产品全生命周期的绿色管理，并降低能源资源消耗在造船成本中的比重，用尽可能少的资源投入和污染排放获得最大的经济效益和社会效益。

1.1 编制目的

为船舶行业企业开展节能减排对标工作提供参考；
为船舶行业企业的技术选择、改造以及技术转让提供信息参考；
为船舶行业节能减排技术推广应用政策提供配套和索引。

1.2 适用范围

适用于企业技术领域的节能减排工作，包括新建项目的技术选择、已建项目的技术改造等。

1.3 编制依据

GB 2588 《设备热效率计算通则》
GB 2589 《综合能耗计算通则》
GB 3484 《企业能量平衡通则》
GB 3485 《评价企业合理用电技术导则》

GB 3486 《评价企业合理用热技术导则》
GB 6422 《企业能耗计量与测试导则》
GB/T 7119 《评价企业合理用水技术导则》
GB/T 13234 《企业节能量计算方法》
GB 15316 《节能监测技术通则》
GB 15587 《工业企业能源管理导则》
GB 16614 《企业能量平衡统计方法》
GB 16615 《企业能量平衡表编制方法》
GB 16616 《企业能源网络图绘制方法》
GB/T 17166 《企业能源审计技术通则》
GB 17167 《用能单位能源计量器具配备和管理通则》

第二章 行业资源能源消耗及产排污情况

2.1 行业类型划分

根据我国船舶工业的实际情况，船舶行业企业类型划分如下：

（1）船舶研究设计企业

主要业务为开展与船舶工业相关的设计和技术研究工作，如船舶总体设计、船舶内燃机设计、船舶制造工艺研究、船厂建设规划研究、船舶技术基础研究等。

（2）船舶总装建造企业

主要业务为开展船舶总体的建造工作，按照订船方的要求和船舶设计单位提供的设计图纸，开展建造工艺设计和船舶总装建造工作，制造出相应的船舶产品。

（3）船舶配套设备生产企业

主要业务为研制生产船舶配备的各种设备，如船用内燃机、螺旋桨、锚链、齿轮箱、曲轴、管系阀门、甲板机械、舱室设备、舾装件、通讯和导航仪器等。

（4）船舶修理企业

主要业务为承担各种船舶使用期间的修理、改装工作。

（5）船舶拆解企业

主要业务为承担船舶报废后的拆解工作，将船舶产品还原为各种材料回收利用。

2.2 能源消耗情况

船舶企业主要能源和耗能工质有：电、天然气、丙烷（丙烯）类切割气、乙炔、氧气、二氧化碳、蒸汽、燃气或燃油、自来水、压缩空气、江（海）水等。其中电能消耗是船厂主要能耗，约占全厂能耗的三分之二强。

船舶企业能耗供应的特点是：

（1）耗能量大。现在一个大型造船厂全年耗能折标煤量约 5~14 万吨左右，是地区的耗能大户；

（2）耗能品种多。除了电、水，一般均有七、八种动能气（汽）体；

（3）用能点分散。厂区大，室内、室外使用点多；

（4）用能随机性强。

由于船厂用能的上述特点，造成能源使用中管理困难。目前不少船厂都不同程度存在着不计成本、敞开供应或者是分摊成本、敞开供应的状况。这对船厂的节能是极为不利的。

2.3 资源消耗情况

船舶工业物耗主要是指对钢材、水、涂料、电缆和焊材等主要造船物质的消耗。由于在船舶产品生产成本构成中，物耗成本约占到总成本 60%~70%，因此相对于能源消耗而言，物耗对造船业的影响更大。在消耗的各类物质中，无论从数量还是从价值量来看，钢材是船舶工业消耗最多的物质。

2.4 污染物排放情况

船舶在制造过程中，污染物产生及排放情况主要为：

（1）废水排放

企业废水排放主要包括生产废水和生活污水，其中生产废水主要是有机加工产生的废乳化液，码头、空压站等处产生的含油废水。

（2）废气排放

企业生产过程中主要产生金属氧化物粉尘、焊接烟尘、漆雾和甲苯、二甲苯等废气污染物。废气污染源主要来自钢材处理车间、分段生产、分段涂装工场。钢材处理车间的钢板预处理流水线、型钢预处理流水线产生金属氧化物粉尘、漆雾、甲苯和二甲苯等，分段生产、大分段船坞装配产生焊接烟尘、漆雾、二甲苯，分段涂装工场产生金属氧化物粉尘、漆雾和二甲苯。

（3）噪声

企业生产过程噪声污染主要来源于空压站、喷砂间、分段涂装间打磨区、钢材预处理流水线、船台及装焊作业场以及其它零星噪声。

（4）固体废物

企业生产过程产生的固体废物主要包括：钢板型材加工、舾装件及总装合拢过程中产生的废钢材，钢板预处理流水线和分段涂装过程中产生的废钢丸、金属氧化物粉尘和废过滤材质，各生产工序和含油废水处理站产生的废油，处理各类废水产生的污泥，以及全厂产生的生活垃圾。

废钢材、废钢丸、金属氧化物粉尘送至钢厂回收利用，危险废物由具备资质的单位进行无害化处理，生活垃圾和其他废弃物委托专业单位进行处理。

第三章 行业技术现状

3.1 行业技术结构

船舶行业节能减排技术包括船舶绿色制造技术、绿色船舶产品技术两大方面。这两大技术下又分别包含能源节约技术、资源节约与综合利用技术、污染物控制与处理技术。见图 3.1。

船舶绿色制造技术体系部分，指船舶建造、维修、拆解的工业生产工序中节能和减排技术，适应船舶制造、修理、配套加工、拆解全过程的节能减排工作要求。

绿色船舶产品技术体系部分，指船舶产品本身的节能和减排技术，适应船舶产品技术性能及客户使用所需的节能减排需求。

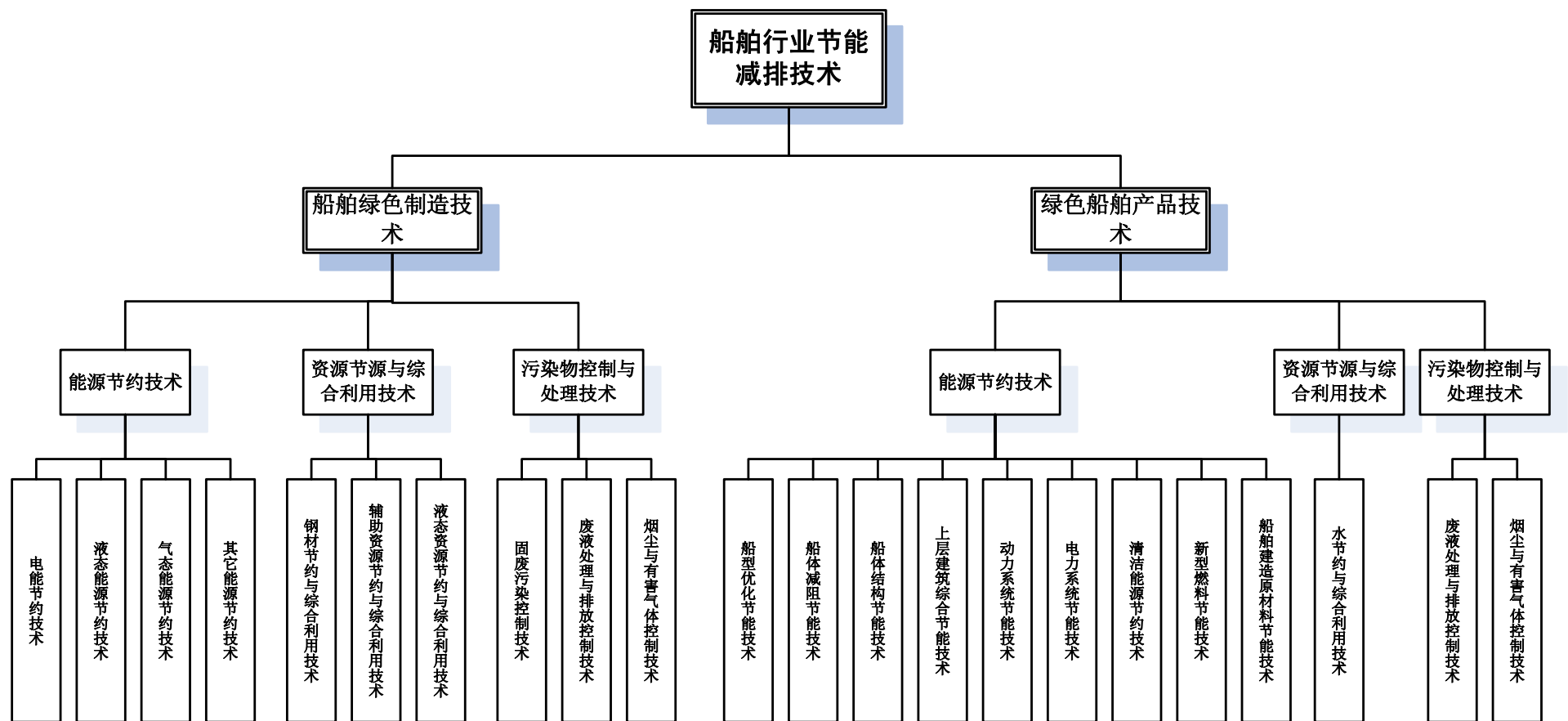


图 3.1 船舶行业节能减排技术体系

船舶企业生产工艺、工序/工段流程包括：

钢材预处理：对船用钢材使用前进行的矫正、除锈和涂底漆工作。船用钢材常因钢厂轧制时压延不均，轧制后冷却收缩不匀或运输、储存过程中其他因素的影响而存在各种变形。为此，板材和型材从钢料堆场取出后，先分别用多辊钢板矫平机和型钢矫直机矫正，以保证船体零件号料、边缘加工和成型加工的平整度和精度需要。矫正后的钢材一般先经抛光除锈，最后喷涂底漆和烘干。这样处理完毕后的钢材即可送去号料。这一工序采用钢材预处理自动流水线，利用传送滚道与钢料堆场的钢料吊运、号料、边缘加工等后续工序的运输线相衔接，以实现船体零件备料和加工的综合机械化和自动化。

放样和套料：船体外形通常是光顺的空间曲面。由设计部门提供的用三向投影线表示的船体外形图，称为型线图，一般按 1:50 或 1:100 的比例绘制。由于缩尺比大，型线的三向光顺性存在一定的误差，故不能按型线图直接进行船体施工，而需要在造船厂的放样台进行 1:1 的实尺放样或者是 1:5、1:10 的比例放样，以光顺型线，取得正确的型值和施工中所需的每个零件的实际形状尺寸与位置，为后续工序提供必要的施工信息。船体放样是船体建造的基础性工序。

船体零件加工：包括边缘加工和成形加工。边缘加工就是按照号料后在钢材上划出的船体零件实际形状，利用剪床或氧乙炔气割、等离子切割进行剪裁。成形加工时利用火工或机械冷压使船体零件达到一定线形要求。

船体装配和焊接：将船体结构的零部件组装成整个船体的过程。普遍采用分段建造方式，分为部件装配焊接、分段装配焊接和船台装配焊接 3 个阶段进行。

①部件装配焊接：又称小合拢，将加工后的钢板或型钢组合成板列、T 型材、肋骨框架或船首尾柱等部件的过程，一般在车间内装焊平台上进行。

②分（总）段装配焊接：又称中合拢，将船体零部件和可以预先安装的各类舾装件组合成平面分段、曲面分段或立体分段，如舱壁、船底、舷侧和上层建筑等分段；或组合成在船长方向横截主船体而成的环形立体分段，称为总段，如船首总段、船尾总段等。

③船体总装：又称搭载，将分（总）段在船坞或船台上按顺序逐个搭载总装成整个船体。船体总装完成后必须对船体进行密闭性试验，然后在尾部进行轴系和舵系对中，安装轴系、螺旋桨和舵等。在完成各项水下工程后准备下水。

船体装配和焊接的工作量，占船体建造总工作量的 75%以上，其中焊接又占一半以上。

船舶下水：将在船坞总装完毕的船舶从陆地移入水域的过程。在船坞内总装的船，只要灌水入坞即能浮起，其下水操作比在船台上利用滑道下水简单和安全得多，一般用于大型、超大型船舶的建造。

船用设备安装：下水后的船靠在码头边上，进行船用设备的完整性安装。

设备调试和试航：设备安装后对其进行调试，全部设备调试完后，对船进行试运行，达到交船标准。

船舶企业生产工艺、工序/工段流程见图 3.2。

图 3.2 是采用流程图的形式描述典型的船舶制造生产工艺过程和污染物情况。通过该生产和排放关系，可以较容易的分析出船舶建造过程节能减排技术的重点分布工序。

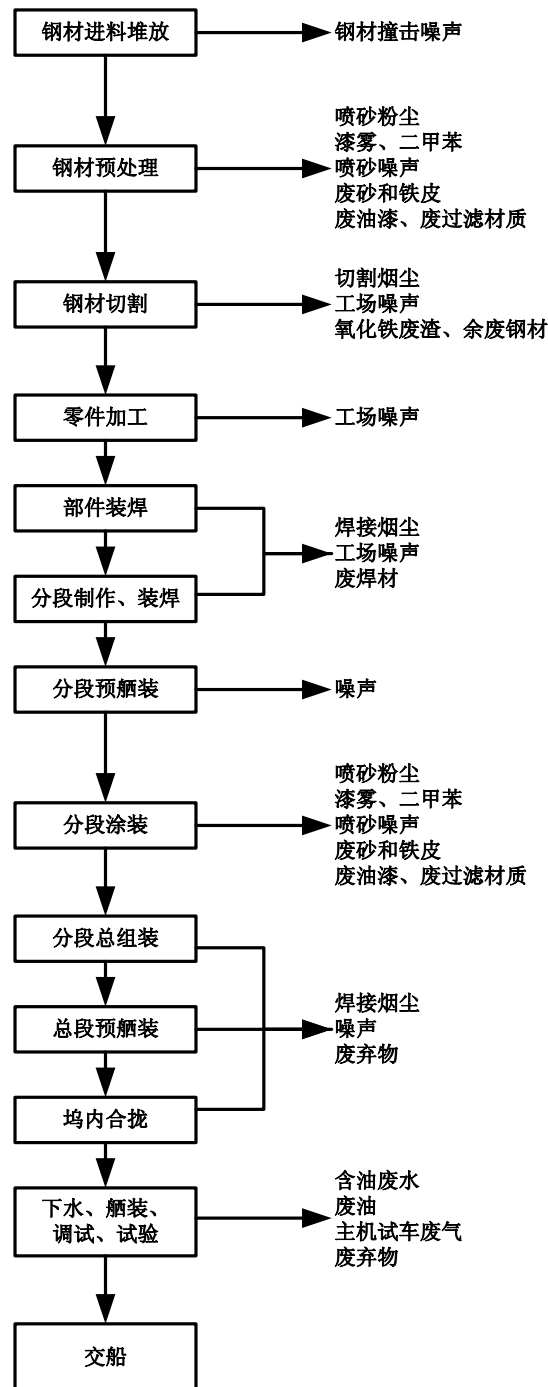


图 3.2 船舶制造生产工艺过程和污染物情况

3.2 行业技术水平

研究适用于我国船舶工业实际情况的节能减排技术，经行业专家评估和筛选，提出适合在行业内推广的节能减排先进适用技术 29 项。其中：船舶绿色制造能源节约技术 10 项，船舶绿色制造资源节约与综合利用技术 9 项，船舶绿色制造污染物控制与处理技术 4 项，绿色船舶产品能源节约技术 5 项，绿色船舶产品污染物控制与处理技术 1 项。其中国内领先技术 6 项，国内先进技术 24 项。

在 29 项节能减排先进适用技术中，处于国际先进水平的技术 6 项，处于国内领先水平的技术 7 项，处于国内先进水平的技术 16 项。

各项技术名称及技术水平如下表。

表 3.1 船舶行业节能减排先进适用技术表

序号	技术名称	技术大类	技术类型	技术水平
1	空压站循环冷却水余热回收利用技术	船舶绿色制造	能源节约技术	国内领先
2	电力能源网络管理系统技术	船舶绿色制造	能源节约技术	国内先进
3	动能统筹优化配供技术	船舶绿色制造	能源节约技术	国内先进
4	组立焊接生产线干线节电系统技术	船舶绿色制造	能源节约技术	国内先进
5	焊接设备生产过程网络化集群监控技术	船舶绿色制造	能源节约技术	国内先进
6	分段涂装车间除湿系统节能技术	船舶绿色制造	能源节约技术	国内先进
7	空压机站运行监控系统技术	船舶绿色制造	能源节约技术	国内先进
8	船舶及海工涂装车间燃气辐射加热系统（CHPT-CRV-HS）技术	船舶绿色制造	能源节约技术	国内领先
9	天然气代替乙炔技术	船舶绿色制造	能源节约技术	国内领先
10	变电所供配电系统谐波治理节电技术	船舶绿色制造	能源节约技术	国内先进
11	船舶无余量建造技术	船舶绿色制造	资源节约与综合利用技	国际先进
12	“一笔画”切割技术	船舶绿色制造	资源节约与综合利用技术	国内领先
13	跟踪补涂油漆工艺技术	船舶绿色制造	资源节约与综合利用技	国内先进
14	耐高温车间底漆	船舶绿色制造	资源节约与综合利用技术	国内领先

序号	技术名称	技术大类	技术类型	技术水平
15	有机溶剂回收利用技术	船舶绿色制造	资源节约与综合利用技术	国际先进
16	二氧化碳气体限流接头技术	船舶绿色制造	资源节约与综合利用技术	国内先进
17	船厂水资源综合利用技术	船舶绿色制造	资源节约与综合利用技术	国内先进
18	水下等离子切割机水床内废水循环处理装置技术	船舶绿色制造	资源节约与综合利用技术	国内先进
19	润滑油投油回收再利用技术	船舶绿色制造	资源节约与综合利用技术	国内先进
20	等离子切割机除尘器吹风导流装置技术	船舶绿色制造	污染物治理技术	国内先进
21	高真空焊接烟尘净化技术	船舶绿色制造	污染物治理技术	国内先进
22	修船污水水处理后直接排放技术	船舶绿色制造	污染物治理技术	国内先进
23	船舶拆解系统预清理技术	船舶绿色制造	污染物治理技术	国内领先
24	AMP 船舶电源系统在大型集装箱运输船上的应用技术	绿色船舶产品	能源节约技术	国内领先
25	超级油轮（VLCC）减少压载舱内淤泥堆积技术	绿色船舶产品	能源节约技术	国际先进
26	船舶舵球-舵鳍系统技术	绿色船舶产品	能源节约技术	国际先进
27	船舶不对称船尾节能技术	绿色船舶产品	能源节约技术	国际先进
28	船舶组合式水动力附加节能装置技术	绿色船舶产品	能源节约技术	国际先进
29	L16/24、L23/30 系列船用中速柴油机满足 IMO Tier II 排放控制技术	绿色船舶产品	污染物治理技术	国内先进

第四章 节能减排先进适用技术

“节能减排先进适用技术”指在当前其未来一定时期内，在工业行业同类技术中处于先进水平，具有较高的资源能源利用效率、污染排放少、经济性好等特点，适应我国工业行业发展以及资源能源条件，成熟可靠，在工业行业内有较大推广潜力的技术。

本《指南》中的船舶行业节能减排先进适用技术是在船舶行业内处于先进水平，节能减排效果显著，适合我国国情和行业发展特点，在“十二五”期间值得支持和大力推广的技术。

根据船舶行业节能减排技术体系框架，划分为船舶绿色制造技术和绿色船舶产品技术，这两类技术下又分别划分为能源节约技术、资源节约与综合利用技术、污染物控制与处理技术三大类。按照该技术分类对行业节能减排先进技术分别介绍，以便为企业进行分类指导。

4.1 船舶绿色制造能源节约技术

4.1.1 空压站循环冷却水余热回收利用技术

4.1.1.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

压缩空气是造船工艺中普遍使用的动力气体，整个造船生产区的室内、室外均有压缩空气的使用点。空压站是造船企业专门用于制造压缩空气的生产部位，空压站循环冷却水余热回收利用技术专门应用于空压站。

（2）技术基本原理

根据厂区的空压机房每天会产生大量废热通过原空压机的冷却塔散发到大气中，将这些余热通过空压机余热回收专用热泵热水机组进行热回收，并通过这种专用热泵提升废热的位能转换成高品质的热能进行加热生活热水。

4.1.1.2 技术发展水平

随着船厂造船量提高，压缩空气的使用也提高很快，我国一些大型船厂的压缩空气消耗总量已经达到 $2500\sim 3000\text{m}^3/\text{min}$ 。相应的电消耗量约为 15000kW 、 18000kW 。成为船厂用电的大户。空压站的电能消耗约占船厂电能消耗的 $30\%\sim 40\%$ 。因此空压站节能在降低船厂能耗方面有重要作用。目前空压机的节

能技术主要为采用变频技术，但离心式空压机的变频技术目前还未成熟，同时大功率电机的变频器价格很高。

空气在压缩过程中会产生大量的热，同时空压机的电机在运行过程中也会产生热量。由于用气量大，目前，大部分船厂所用空压机均为水冷离心机组，空压机的中间冷却器、后冷却器及油冷却器都采用水冷却。冷却水通过冷却塔来散热，这样冷却水中的热量就白白浪费了。

空压机要求冷却水的进水温度低于 35°C ，一般为 32°C 。冷却水的温升小于 10°C 。因此空压机冷却水中的能量属于低品位能源，不能直接进行利用。为了回收这部分余热从而节能降耗，已成为迫切需要解决的问题。高温水源热泵就是近期发展起来的解决这个问题的有效技术。目前，欧洲的热泵理论与技术均已高度发达，这种“一举两得”并且环保的设备在法、德、日、美等发达国家业已广泛使用。近年来，我国北方城市也开始引进推广，现已普及到长江以南城市。但热泵机组在船厂中的应用还不多见。

热泵是根据卡诺循环原理，借助压缩机系统，通过消耗少量高质能（机械能、电能等）或高温位能，通过热力循环，实现低位能向高位能转移的能量利用系统。热泵机组的能量流动是利用其所消耗的能量（如电能）将吸取的全部热能（即电能+吸收的热能）一起排输至高温热源。而其所耗电量的作用是使制冷剂氟里昂压缩至高温高压状态，从而达到吸收低温热源中热能的作用。

由于空压机冷却水的温度较高且稳定地进入蒸发器、二次水被加热过程中大部分时段温度不高，对于机组的运行工况来说，刚好具有很高的蒸发温度和一定时段内较低的冷凝温度——这就是水源热泵机组节能的根本原理。

水源热泵机组的制热流程见图 4.1：从电子膨胀阀①流出的制冷剂进入蒸发器②，吸收了由空压机冷却水③提供的水中的热量而气化成低压低温的蒸气后被压缩机④吸入。压缩机消耗一定的功率将该蒸汽压缩成压力温度很高的蒸气并排入冷凝器⑤。高温高压的制冷剂蒸气将水箱⑥内的水加热后进入末端用水点，同时制冷剂蒸汽因放出潜热而成为相同压力下的饱和液体。制冷剂液体经过膨胀阀①节流降压、温度也同时降低后进入蒸发器。如此周而复始地循环。

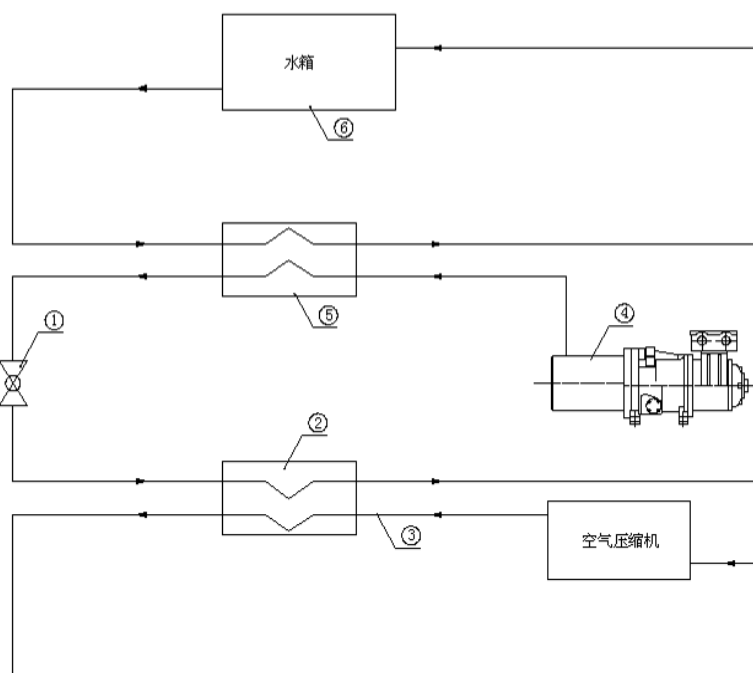
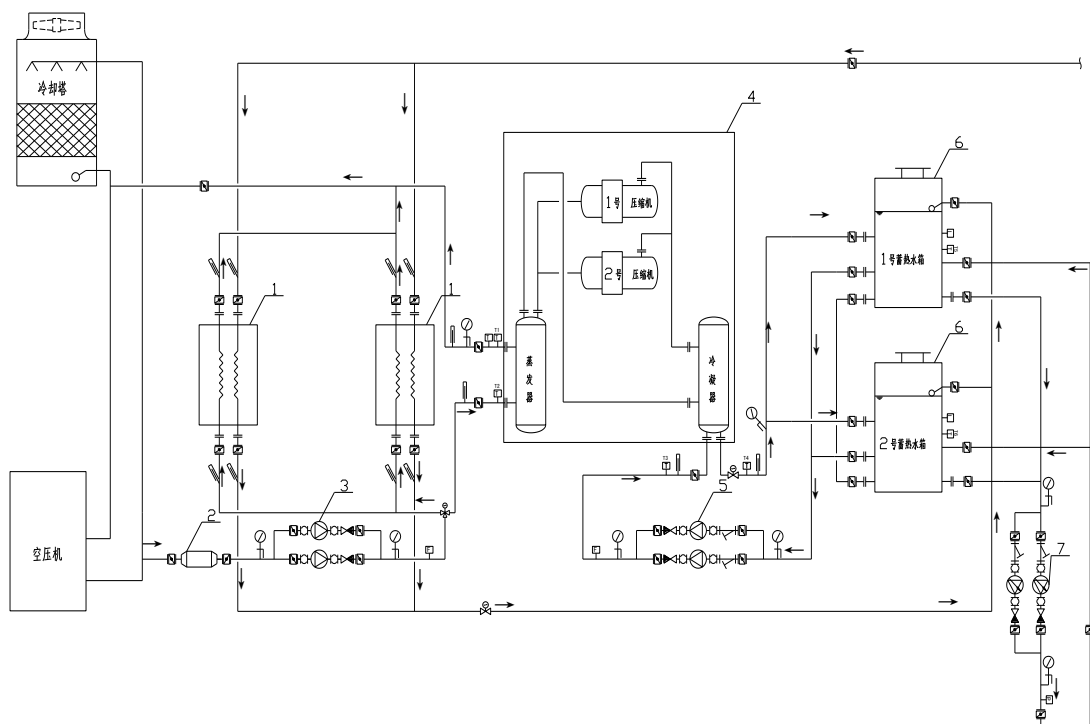


图 4.1 水源热泵机组的制热流程图

工艺流程：机房部分由热泵机组、变频循环泵组、补水装置、卫生热水储备和循环设备以及电器和控制装置组成。末端用水部分由热水输送外循环管网、末端水箱和水箱与用水器具间的变频循环管路组成。



1-板式换热器 2-过滤器 3-一次水循环泵 4-水源热泵机组 5-二次水循环泵 6-一级水箱 7-送水泵

图 4.2 工艺流程图

来自空压机的一小部分循环水（下称“一次水”）进入热泵机组蒸发器，放出热量后，一次水的温度由 T_1 （夏季最高 42°C 、冬季最高 30°C ）降低到约 $t_1=22^{\circ}\text{C}$ 后连同来自冷却塔的水回到空压机。

流经热泵机组膨胀阀的液态制冷剂 R134a（ $T_o=17^{\circ}\text{C}$ ， $P\leq 521\text{ kPa}$ ）进入蒸发器后与 $30\sim 42^{\circ}\text{C}$ 的一次水进行热交换。依据传热学原理，热量通过由高温向低温方向的传递而实现了放热与吸热的平衡。即一次水因放出显热温度由 T_1 降到 t_1 ，制冷剂 R134a 因吸收气化潜热而由液态变成相同压力和温度下的气态。需要调节的是：必须保证 R134a 系统的蒸发温度 T_o 在 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 之间， T_o 偏低制热量减少工作效率低、 T_o 过高影响冷媒压缩机的正常运转；而一次水的温度因冬夏差异使所需水量也有差异，所以需要自动控制装置适时调节。

制冷剂 R134a 气体进入螺杆式冷媒压缩机，由于压缩腔容积的连续改变，被压缩后的 R134a 气体的表压力由 521 kPa 升高到 1682 kPa ，相应地，其饱和温度由 17°C 提高到 60°C ，加上压缩机自身产生的热量也进入了 R134a 气体，使得包含过热热量后的实际排气温度不低于 90°C 。

高温气体进入热泵机组的冷凝器。与被一次水预先加热的自来水（下称“二次水”）进行热交换。随着热交换的连续进行，一级水箱内的水逐渐升温，最后维持在 $55\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。同时气态制冷剂 R134a 因放出气化潜热而由气态变成相同压力和温度下的液态。

每个机房各配备 2 个一级保温水箱，一级水箱与各个浴室之间的送水管道均为循环回路并且由变频水泵输送，确保各浴室任何时间补充的都是热水。

整个系统由微电脑自动控制，实现无人值守操作。其中控制操作台可就近安装在机房，也可以安装在附近的空压站控制室内。显示器提供良好的动态图形化人机操作界面，控制和保护功能如下：

控制功能：

- A.自动或手动控制方式转换；
- B.被加热水出水温度设置或修改；
- C.加载/卸载温度设置或修改；
- D.时钟启停控制。

显示功能：

投入压缩机的台数和压缩机的调节容量；

热源水进/出水温度；

被加热水的进/出水温度；

压缩机启动和运行时间。

当前或历史故障的记录，包括故障发生的时间和故障属性代号。

保护功能：
过载保护；
缺相保护；
电压过低保护；
电压过高保护；
蒸发器和冷凝器断水保护；
蒸发器水低温保护；
蜂鸣器和红灯闪烁方式的故障报警；
紧急停车按钮。

当机房的一级水箱水温 $T_2 < 55^\circ\text{C}$ 时，热泵机组的 2 台冷媒压缩机同时以 100% 容量运转；当 $T_2 = 55^\circ\text{C}$ 时，1 台压缩机停止、另 1 台压缩机以 100% 容量运转； $T_2 = 57^\circ\text{C}$ 时，1 台压缩机以 75% 容量运转；当 $T_2 = 60^\circ\text{C}$ 或冷凝压力达到 1682 kPa 全部停止。在这个过程中，由于制热容量逐渐减少，一次水的流量在自动控制装置的调控下也会相应减少，以保证机组正常安全运行。

由于水源热泵技术利用空压机冷却水作为空调机组的制热源（或生活热水的热源），所以其具有以下优点：

（1）属可再生能源利用技术

水源热泵是利用了空压机冷却水所储藏的热能作为热源，进行能量转换的供暖空调系统和生活热水系统。其利用的为冷却水的废热，因此是清洁的可再生能源的一种技术。

（2）高效节能

水源热泵机组可利用的冷却水温度冬季 32°C ，水体温度比环境空气温度高，所以热泵循环的蒸发温度提高，能效比电提高，效率提高。至少为燃气锅炉的节能 30%。

（3）运行稳定可靠

冷却水的温度在冬季也相对稳定，是很好的热泵热源，水体温度较恒定的特性，使得热泵机组运行更可靠、稳定，也保证了系统的高效性和经济性。

（4）环境效益显著

水源热泵使用电能，电能本身为一种清洁的能源，所以节能的设备本身的污染就小。水源热泵机组的运行没有任何污染，没有燃烧，没有排烟，也没有废弃物，不需要堆放燃料废物的场地，且不用远距离输送热量。

（5）一机多用，应用范围广

如果同时考虑海水源热泵或江水源热泵，则水源热泵系统可供暖、空调和供生活热水，一机多用，一套系统可以替换原来的锅炉加空调的两套装置或系统。

特别是对于同时有供热和供冷要求的建筑物，水源热泵有着明显的优点。不仅节省了大量能源，而且用一套设备可以同时满足供热和供冷的要求，减少了设备的初投资。

(6) 自动运行

水源热泵机组由于工况稳定，所以可以设计简单的系统，部件较少，机组运行简单可靠，维护费用低；自动控制程度高，使用寿命长可达到 15 年以上。

因此使用水源热泵可以降低噪音，减少温室气体的排放，使建筑外立面整齐、美观。冬天不需要锅炉供暖，减少锅炉对空气的污染，降低住户的使用成本。

4.1.1.3 技术适用条件

只要存在工业余热或废热，热量的载体可以是液态，也可以是气态，都可以经过热量交换、热载体转换并经热泵装置控制其上限或下限温度，最大限度地实现余热或废热的回收利用。

高温水源热泵是高温热泵的一类，它利用各种工业废水中的余热来制取 40℃-60℃ 热水，可以直接用于供暖和制取生活热水。

水源热泵的适用的原则是：水量充足、水温适当、水质良好、供水稳定，而空压站正好能满足这几个条件。

(1) 大型船厂的空压机冷却水量都较大，按 1 台 200m³/min 离心式压缩机来说，冷却水量为 108~120t/h。按空压机冷却水温升 8℃ 计算。可以提供的热量约为 1000kW~1120kW。

(2) 空压机冷却水出水温度温为 40℃，对于采暖与生活热水尤其合适。

(3) 空压机（尤其是离心式空压机）冷却水都采用软化水，水质良好。

4.1.1.4 实施建设内容

(1) 关键工艺设备

空压站水源热泵的采暖系统组成如图 4.3:

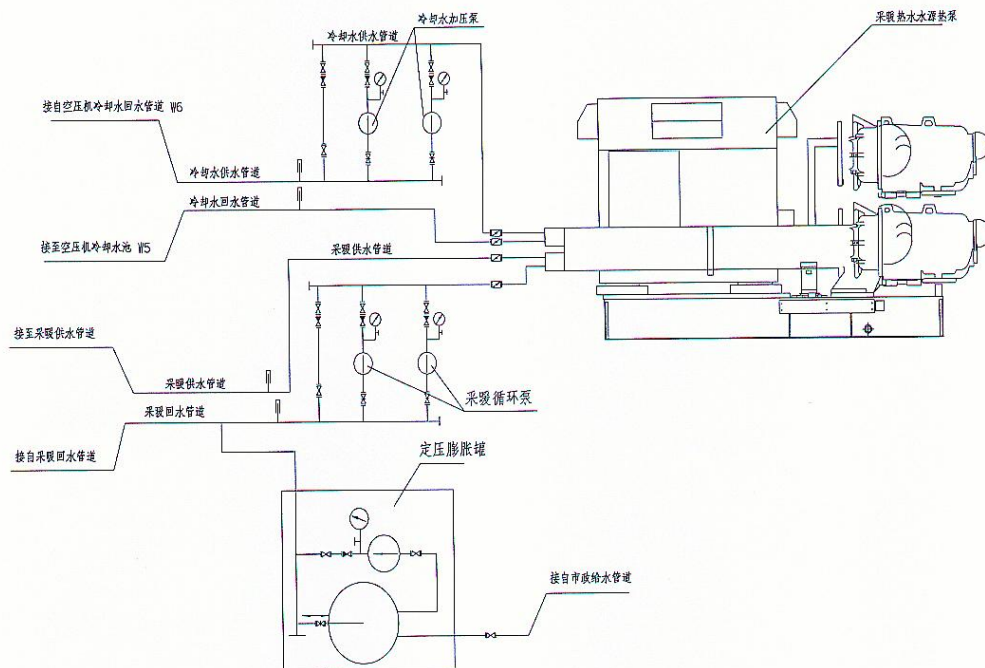


图 4.3 空压站水源热泵的采暖系统组成

空压站水源热泵的生活热水系统组成如图 4.4:

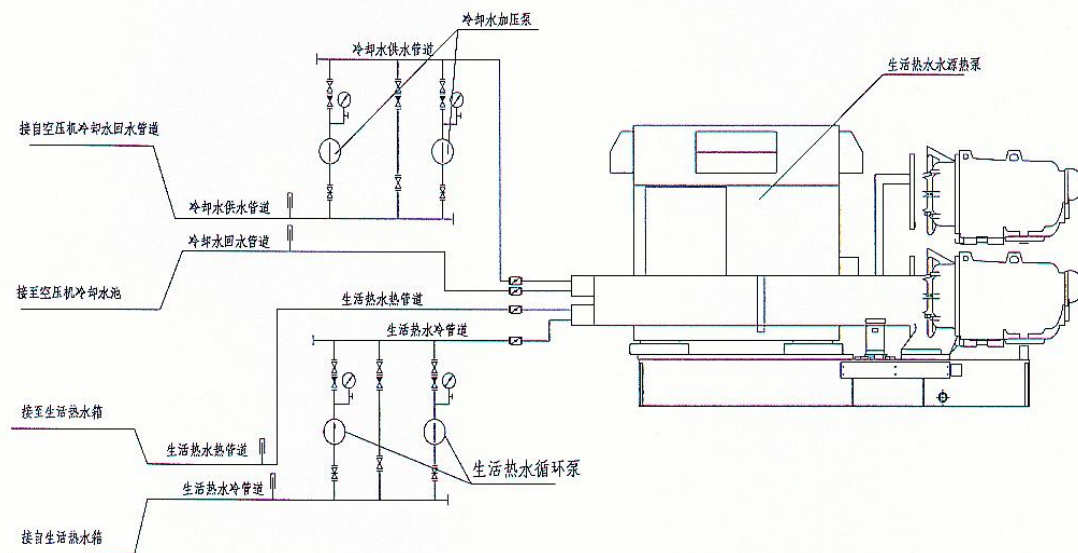


图 4.4 空压站水源热泵的生活热水系统组成

(2) 主要技术指标

该技术应用后，主要针对余热的综合利用，对于原企业生产并无影响，对于原企业生产的所有指标均无改变。

4.1.1.5 节能减排效果

一般普通水源热泵采暖的能效比（cop 值，约等于输出功率/输入电功率）在 4-5 之间。按能效比为 4 对水源热泵能耗与燃气锅炉能耗进行分析：

假如工厂需要的能量为 1000kW（输出功率），运行时间为 1000 小时，则水源热泵耗电量为 250Kw、天然气锅炉（假如锅炉功率为 92%，天然气发热量为 9310kcal）的天然气消耗量为 100m³/h，它们的能耗比较见下面两表：

表 4.1 水源热泵能耗与燃气锅炉能耗对比（电按当量热值折标煤系数）

名称	单位	年消耗量（×10 ³ ）	折标煤系数	折标煤（吨）
水源热泵	kW h	250	0.404	101
燃气锅炉	m ³	100	1.33	133

表 4.2 水源热泵能耗与燃气锅炉能耗对比（电按等价热值折标煤系数）

名称	单位	年消耗量（×10 ³ ）	折标煤系数	折标煤（吨）
水源热泵	kW h	250	0.1229	31
燃气锅炉	m ³	100	1.33	133

从上表可以看出，按当量热值计算，燃气锅炉的折标煤量比水源热泵高 30%，按等价热值计算燃气锅炉的折标煤量为水源热泵的 4 倍。而上表假定水源热泵的能效比为 4，是按进水温度为 15℃时得出的数据，当进水温度提高时，能效比会更高，节能效果更明显。

因此，船厂用水源热泵代替燃气锅炉，生产生活热水与采暖热水有较好的节能效果。但由于水源热泵的出水温度与锅炉相比较低，设计采暖方案时，不能采用散热片形式，而应采用风机盘管。

4.1.1.6 成本效益分析

以上海外高桥造船有限公司实施的“1#空压站废热回收再利用”项目为例，实施该技术投资成本约为 100 万元，购置如下设备：

涉及的主要设备	数量	规格
热泵热水机组	3 台	TSWHF-280J
热源侧循环泵	3 台	TD65-22/2； L=38m ³ ； H=25m； 4kw
加热侧供水泵	3 台	TD80-30/2； L=45m ³ ； H=30m； 5.5kw
热水供水泵	3 台	TD80-20/2； L=50m ³ ； H=25m； 4kw
保温水箱	1 台	100 吨

运行成本约为 28.8 万/年，与使用蒸汽相比，每年节约 241 吨标准煤，节约

费用 28.8 万元/年，投资回收期为 3 年。

4.1.1.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业内广泛推广应用。

4.1.1.8 技术知识产权情况

本技术无专利，主要的技术拥有企业包括上海外高桥造船有限公司等。

4.1.2 电力能源网络管理系统技术

4.1.2.1 技术介绍

(1) 技术应用工艺节点

该技术主要用于船舶企业的电力站房中，用于节省企业整体的电能消耗，遍布于造船的全过程。

(2) 技术基本原理

运用网络技术，通过远程操作对各用电点进行实时监控和 MD 的调整，采用移峰填谷调控，提高终端用电效率和优化用电方式。

4.1.2.2 技术发展水平

电力能源管理系统能够实时监控全厂动态实时负荷和最大需量，并且能够在不影响企业生产的前提下通过一定的控制手段进行适当的负荷调整，以降低最大需量值及其基本电费的支出成本。通过提高终端用电效率和优化用电方式，在完成同样用电功能的同时减少电量消耗和电力需求，达到节约能源和精细化管理。但是该项技术实施过程中需要注意生产协调、管理流程等原因，避免系统运行不稳定。

4.1.2.3 技术适用条件

适用于大型工矿企业，用电大户。船舶建造企业变配电站众多，负载非常大，而由于下属二级站房没有配备管理系统，造成下属数据无法采集，各生产区域用电情况只能通过人工去现场看，用电管理落后。采用电力能源管理系统，可以对下属各用电点进行实时监控。为企业内部电力负荷平衡提供技术支持，也可为进一步采取降耗措施提供决策依据；通过对整个电力网络的全局性把握，对避峰让电工作提供科学的决策依据，通过远程操作，实施 MD 的调整，加强对企业生产单耗的考核，增强企业整体的竞争力；采用移峰填谷调控，加强 MD 的管理，每

年可以节约用电。

4.1.2.4 实施建设内容

(1) 关键工艺设备

①建立一个具备 3 遥功能，即遥测（远程自动采集数据）、遥信（可通过监测相关信息）、遥控（对重要的电气柜远程控制开关）功能的数据采集及能控中心系统。

②系统能够实时监控全厂动态实时负荷和最大需量，并且能够在不影响企业生产的前提下通过一定的控制手段进行适当的负荷调整，以降低最大需量值及其基本电费的支出成本。

③通过提供负荷、电量、需量、成本等多形式多角度的的系统分析工具，加强全局能源优化调度，获得整体受益，并为进一步采取降耗管理措施和技术措施提供决策依据。

④通过提高终端用电效率和优化用电方式，在完成同样用电功能的同时减少电量消耗和电力需求，达到节约能源和精细化管理。

⑤实现以现代化管理思想为指导，采用科学配套的现代管理方法和手段建立系统高效的节能管理体系，并在生产经营实践中不断优化，使公司能源管理实现系统化、科学化、高效化，实现低成本电力服务。

(2) 主要技术指标

该技术应用后，对于原企业生产并无影响，对于原企业生产的所有指标均无改变。

4.1.2.5 节能减排效果

根据 2006 年的上海外高桥造船有限公司全年的用电情况，在完成电力能源管理系统以后，如果实现其各项功能，预计在最大需量上全年可节约电量 230 万度，折合标准煤为 280 吨左右，相对节电量为 2.23%。

4.1.2.6 成本效益分析

以上海外高桥造船有限公司实施的“电力能源管理系统”项目为例，年用电量 1 亿度规模的造船企业，实施该技术投资成本约为 99 万元，购置如下设备：

涉及的主要设备	数量	规格
数据服务器	1 台	Dell PowerEdge 2950
现场数据采集控制器	6 台	HYEMS S2.1

多功能电度表	34 只	Clou DSSD/DTSD
--------	------	----------------

运行成本极低，每年节约标准煤 280 吨左右，节约电费 179 万元左右，投资回收期为 0.55 年。

4.1.2.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业内广泛推广应用。

4.1.2.8 技术知识产权情况

本技术无专利，主要的技术拥有企业包括上海外高桥造船有限公司等。

4.1.3 动能统筹优化配供技术

4.1.3.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

该技术应用于船舶企业动能统筹优化配供的全过程，以技术手段为依托，实行动能集中监控调配，通过先进的管理理念和手段达到节能降耗的目的。

（2）技术基本原理

利用成熟先进的自动控制及自动化技术，结合管理手段的创新，通过技术与管理的紧密结合，使动能合理配供、物尽其用。

在动能配供的源头安装压力，流量，温度等监控设备，时刻把握动能的供应状况；在动能配供的中间环节，安装电动调节阀，以管道压力为目标参数，人工或自动调节阀门的开度，基本达到动能的按需配供，避免浪费；在动能配供的末端安装的压力变送器采集使用点的压力，确保动能的保质保量供给；同时可根据源头与末端的压力对比，查找管路的瓶颈，以发现管道有无泄漏情况的发生。

4.1.3.2 技术发展水平

企业通过建立动能调度中心，使用先进的集中监控系统，实时监控各站房、变电站、及主干管线动能供给的情况，集中管理，做到合理分配能源，使能源的利用率达到最大化、最优化。数据采集系统的建设充分运用数字化信息处理技术、网络通信技术和工业控制技术，使调度中心采集系统的处理过程、处理参数、计量、管理等系统的运行实现数字化、网络化，通过网络将底层数据稳定可靠的传送到调度中心，使公司的生产与经营管理具有更高的效率和效益，达到显著提高生产资源优化配置水平的目的。

（1）制定动能使用申请制度，供需结合，统一管理

以往动能的申请是以生产任务为主进行考虑，申请的合理性、可行性不强。例如某一区域有生产任务，就直接联系有关站房；完工后，有时没有及时通知站房进行关闭，导致用能浪费。本着安全供能、安全生产的原则，企业规定禁止私自乱拉乱接动能实施及违反动能管理要求的操作。目前，通过建立动能调度中心，可达到供能方式统筹分配、统一调度，一改以往的“随用随供，不用也供”的粗放式供能模式，实现了动能管理的科学化、精细化管理，使“申请—使用—监督”的动能使用科学管理模式有效实施，将节能降耗、降本增益工作落到实处。

（2）控制供能参数，提高供能品质，节能增效

电能为造船企业的主要能源，占企业外购动能费用的 70%以上，而空压站耗电占企业总用电量的 30%左右，因此空压机节能潜力较大。

一般动力压缩机压力每升高 0.1Mpa，能耗约增加 6%。企业过去经常是由现有的一个压缩空气系统，供给不同的压力需求，没有采取分压设计，压力就高设置，这样就可能会增加能耗，通过管网输送压缩空气到各个用气点，由于有长管道和众多的支路，会导致压力损失、脉动和泄漏，浪费了大量的压缩空气和能量，这是当下众多企业压缩空气系统能量浪费较大的原因。

可以采取的措施包括：

- ①根据不同的压力需求，压缩空气站采用分压设计。
- ②站房压缩机组气量调节控制。
- ③压缩空气管网合理分布。

压缩空气通过多点供风、分压供风，可以有效减少输送环节的浪费。首先将需要供应压缩空气的区域按照使用部门进行划分，并明确使用责任，再将空压站按照区域和旧的管系分布，分别布置于几个重点区域的中心，压缩空气就近供给，减少管损，几个重点区域之间使用调度管进行连接，形成供风的环网结构，增加了供风方式的灵活性和经济性，形成以第二空压站为主要供风点，装机容量最大，主供船台、平台等总装区域，其余空压站对第二空压站形成一个有效补充格局。造船企业码头岸线长，成狭长型分布，为避免低压管管系长带来的管损，在出口管处再分多条总管，分别为主要生产总装区域、分段装焊内场和平台区域，在空压站满足一般压缩空气使用前提下，利用调度管向其他空压站进行压缩空气气量补充。中压管主要为满足涂装工场喷丸工作要求；低压管主要为满足区域一般工作要求。而后又在中、低压管之间安装调度管及电动调节阀，实现站内风量转换，这样就能使压缩空气的供应方式转换灵活高效。

4.1.3.3 技术适用条件

该技术适用于各类型制造业企业，尤其适用于动能供应种类多、供应范围广

的大型制造业企业。

4.1.3.4 实施建设内容

- (1) 关键工艺设备
传感器、TCP/IP 网络、计算机、组态软件。
- (2) 主要技术指标
该技术应用后，对过去企业中不合理的用能情况进行重新规划使用，对生产并无影响，对于过去企业生产的所有指标均无改变。

4.1.3.5 节能减排效果

以沪东中华造船（集团）有限公司为例，通过 3 年的实际使用，仅通过对压缩空气的合理优化配供，有效节约了空压机的用电费用，第一年节约效果最好，达到 889.224 万元。

4.1.3.6 成本效益分析

以沪东中华造船（集团）有限公司实施的“船企动能科学管理技术”项目为例，实施该技术投资成本约为 300 万元，购置如下设备：

涉及的主要设备	数量	规格
监控软件	若干	Wonderware Intouch
各类信号变送器及网络设备	若干	—
监控大屏及电脑	若干	视丽莱，联想

运行成本约为 10 万/年，与未使用技术相比，第一年节约费用 889.224 万元，节电量约 831 万 kW h，投资回收期为 0.34 年，走出了一条低投入高产出的经济节约型的发展之路。

4.1.3.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业内广泛应用，此外，在动能消耗量大的装备制造及钢铁行业中具备极大的应用推广价值。

4.1.3.8 技术知识产权情况

本技术无专利，主要的技术拥有企业包括沪东中华造船（集团）有限公司等。

4.1.4 组立焊接生产线干线节电技术

4.1.4.1 技术介绍

(1) 技术应用工艺节点

该技术应用于船舶建造企业曲面生产阶段。

(2) 技术基本原理

节电技术的基本原理就是抑制瞬流，尽可能的减少瞬流对用电设备的干扰，在用电量基本不变的前提下，提高用电设备的使用效率，从而达到一种整体节电的效果。

4.1.4.2 技术发展水平

国内在动力节电技术大多保持在第二代技术，节电效果不能很好的量化，产品安全性不过关。国外节电技术主要以美国节电技术领先，已经应用和研发的节电技术为第三代和第四代。节电器节电技术先进、产品安全性好，免维护。

4.1.4.3 技术适用条件

适用于产生大量谐波的生产区域。曲面中心主要生产设备为电焊机，在设备投入使用的情况下，通过专业仪器对电网进行测试，发现电源质量产生了很大的变化。通过对电压波形分析，发现电压波形的顶部受瞬流的影响产生了畸变；通过对电流波形分析，发现负载极不平衡；通过对谐波波形分析，发现谐波畸变率高达 6.8%~14.5%左右；通过对瞬流的分析，发现平均达到 74900 次/小时，上述情况会使使用设备工作效率下降、寿命减短，同时也使电网功率因数下降，能源浪费。

4.1.4.4 实施建设内容

(1) 关键工艺设备

涉及的主要设备	数量	规格
xxx 节电器	5 台	Pyramid9000
xxx 节电器	17 台	Pyramid9500
xxx 节电器	4 只	Superior A2

(2) 主要技术指标

该技术应用后，对于原企业生产并无影响，对于原企业生产的所有指标均无改变。

4.1.4.5 节能减排效果

在整体实施干线节电器节电技术后，可以抑制瞬流、峰值电压钳位、清洁电源；降低电网的功率损耗、增加电网输电能力、提高设备利用率；降低用电设备（电机）的能耗，改善运行条件；提高电源质量、使线路电压损失下降；保护设备、延长设备使用寿命、减少维修费用；减少用户电费支出。曲面中心车间的整体电源质量明显改善，经测试节电率达到 8%以上。

4.1.4.6 成本效益分析

以上海外高桥造船有限公司实施的“曲面中心车间干线节电系统”项目为例，年用电量 420 万度的曲面车间实施该技术：

投资成本约为 85 万元；

运行成本约为 0；

以 2007 年曲面中心用电量 420 万 kWh，电费单价 0.77 元/度计算，年节电量=420 万×8%=33.6 万 kWh，年节电费用=33.6×0.77=25.87 万元；

投资回收期约 3 年。同时，由于电能质量的提高，延长了电器设备的使用寿命。

4.1.4.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业内广泛应用。

4.1.4.8 技术知识产权情况

本技术无专利，主要的技术拥有企业包括上海外高桥造船有限公司等。

4.1.5 焊接设备生产过程网络化集群监控技术

4.1.5.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

船舶焊接技术是船舶制造的主要关键技术之一，在船体建造过程中，焊接工时约占船体建造总工时的 30%~40%，焊接质量是评价造船质量的一项重要指标，焊接作业效率直接影响到造船周期和船舶建造成本。该技术应用于造船企业焊接工作从部件装焊至平面分段（曲面分段）环节中，适用于各技术阶段的焊接设备的监控与管理。

（2）技术基本原理

该技术由焊接设备电信号采集与处理、zigBee 无线通信模块和现场服务器三部分组成。基本原理：系统采用基于无线通信技术、计算机网络技术对焊接过程

及焊接设备的状态进行网络化集群监控和信息处理及管理。

4.1.5.2 技术发展水平

目前，在船舶制造焊接领域，普遍存在以下问题：

（1）焊接设备数量多，生产区域分散、面积大，管理人员难以掌握焊接设备的实时状态，在设备调度和分配上造成管理困难；

（2）部分焊接操作人员的不良习惯，易造成部分焊接设备无生产任务却长时间处于开机状态，焊接设备利用率低造成能源浪费严重；

（3）焊接过程电弧线能量的大小对于焊缝质量好坏具有重要影响，焊接人员有时为提高焊接速度而采取超出预设的焊接规范操作，对于这种情况管理人员往往难以察觉，而且严重影响了焊缝的焊接质量。

因此，为提高船舶产品的焊接质量、节约能源、提高对设备的科学管理，有必要建立一套焊接设备与生产过程网络化集群的监控监测系统。由于船舶焊接所处的环境通常比较恶劣通讯信号易受干扰，所以，通信技术是该系统所需解决的一项关键技术。

目前，在焊接电源群组化监测领域，已提出基于串口技术、CAN 总线和以太网技术的有线通信方案，但其存在节点数目有限、不易改装升级、布线困难、实施成本高等缺点。而基于无线通信技术进行焊接电源群组化监测的报道也相对较少。

采用该技术的系统由焊接设备电信号采集与处理、ZigBee 无线通信模块和现场服务器三部分组成。

（1）焊接设备电信采集与处理：采用霍尔电流传感器、电压传感器和 A/D 转换器件将焊接过程的电流、电压信号转换成数字信号后送入 AVR 公司生产的 Atmega8 单片机，单片机通过信号值判断焊接电源状态，经过数字滤波后向外发送焊接电流值和电压值；对于关键工位的焊接工艺规范要求，生产技术管理人员可通过现场服务器人机界面设定，由本网络管理系统完成在线监测，当焊接过程严重超出预设范围后给予报警；

（2）ZigBee 无线通信模块：单片机将计算得到的焊接电流值和电压值通过 ZigBee 模块并经无线通信网络传输至现场服务器；

（3）现场服务器：通过服务器端人机界面设定，实时监测联网的焊接电源状态，当焊接过程超出预设范围后给予报警，并可在局域网内部访问服务器硬盘数据，提供对焊接电源历史工作信息的查询。现场服务器将所有焊接设备的电流、电压值列入关系数据库，同时提供当前非工作状态的电源清单，有助于实现现场调度的快速响应能力，同时相关技术人员通过访问现场服务器可以动态掌握设备

当前状态。现场服务器统计各焊机的累计工作时间和设备状态（维修记录）、查询及打印报表，以此作为焊机更新淘汰的依据，精确到每台焊机，避免了以设备购置批次为单位进行更新所带来的不必要损失，降低了生产成本。

通过企业内部局域网可访问现场服务器，实现远程监测和查询焊接设备工作情况，提供设备状态查询、工作分布查询、待机分布查询和午间情况查询，并可输出相应车间生产指标报表，有助于焊接设备的远程集群式网络化管理。

本项目是对群组化焊接设备及生产过程的在线管理，用于群组化设备及生产管理领域，对于焊接设备众多的船舶制造企业具有良好的适应性。本系统可汇总焊接设备的工作时间、待机时间等众多参数，可完成参数超标报警、待机时间报警等实时响应功能，并形成相关数据统计报表，可使企业的生产管理和设备管理人员的管理水平提升到新的高度。

4.1.5.3 技术适用条件

运行条件要求：具备群控设备监控系统的计算机软件、建立包括焊接设备状态现场监测、焊接过程动态分析的综合自动化无线网络平台。

4.1.5.4 实施建设内容

（1）关键工艺设备

检测模块、传感器、单片机、射频发生器、计算机和 HP458562-AAI 网络服务器一套。

系统将检测模块嵌入焊接电源内部。焊接电源通上电后，检测模块从焊机主接触器获取 220V 交流电，并将转换成直流电，以提供给传感器、单片机、射频发生器的元器件电源。采用内置式霍尔电流传感器和霍尔电压传感器将焊接过程的电流、电压转换为 0~5V 的电压信号，送入系统单片机的模数转换通道，以设定的采样频率转换成数字信号，经单片机处理后以设定的发送频率将采集的电流、电压信号和设备状态信息送入射频发生芯片，接收装置收到数据后送入现场服务器，在服务器中建立相应数据库；现场服务器采用以太网与企业管理人员计算机相连，以便企业管理人员登陆现场服务器进行设备监测，数据库还可以提供检索查询和进行报表打印，以便分析。

（2）主要技术指标

该技术应用后，仅监控设备产生一定的电能消耗，但相对于焊接设备的节能量而言微乎其微，对于过去企业生产并无影响，对于原企业生产的所有指标均无改变。

4.1.5.5 节能减排效果

焊接生产过程在线监测对于提高企业生产能力及形象、降低生产能耗、节约产品成本具有显著作用，具体效益包括以下几方面：

设备管理：焊接生产管理中，对焊机往往以设备购置批次为依据进行设备的报废和更新。而现实情况下即使是同批次购置的焊接设备由于使用的情况不同，部分焊接设备报废时的实际使用时间远低于报废标准，造成一定程度的设备浪费，增加了生产成本。例如：一批共 200 台焊机，单价为 0.8 万/台，更换时有 20%的焊机未达到使用寿命，平均还有 25%的工作寿命，以此计算一次就可以节省 8 万元（ $200 \text{ 台} \times 20\% \times 25\% \times 0.8 \text{ 万元} = 8 \text{ 万元}$ ）。

节能量：在实际生产过程中，焊接电源无故待机是能源浪费的主要原因之一。按照常规焊接过程中如停止焊接时间超过 30 分钟，焊工应关闭焊机，但由于设备分布区域广、数量多，车间在现场管理中难以做到精确量化。以企业 LNG 车间的 154 台施威焊接电源为例，采用本系统前的连续待机时间为 142 小时/日，该系统建立后，为车间管理人员提供了第一手信息，车间通过加强对待机设备的管理后，设备的连续待机时间下降到 2.5 小时/日。以焊机待机能力节能能耗 200W 为例，仅 LNG 车间的施威焊接电源就节约电能约 900kW h/日。

质量控制：焊接过程电弧线能量对于焊缝质量存在重要影响，焊工有时为提高焊接速度而采取超出预设的焊接规范进行操作，对于这种情况管理人员往往难以察觉，而且严重影响了焊接接头的质量，造成潜在质量风险。采用本系统后，可实时监测车间内所有焊接设备的工作电流和电压，并对超出工艺参数的焊接过程进行实时报警，有效避免焊接超规现象的发生、同时也可有效降低潜在的质量事故。

4.1.5.6 成本效益分析

以沪东中华造船（集团）有限公司实施的“焊接设备与生产过程网络化集群监控系统及装备”项目为例，实施该技术投资成本约为 75 万元，购置如下设备：

涉及的主要设备	数量	规格
采集模块、通信模块	各 352 个	—
服务器、单片机	各 1 台	—
显示器	2 台	—

根据在公司分段制造部 LNG 装焊车间的使用情况，以规模为一个集群 500 台电焊机计，人机比例 1:3 计，空开率降低一半以上，每月减少空耗电 3135.7kWh 以上（仅日班）。对焊接设备管理和焊接工艺纪律提供了有效监控手段，有利于实现实时监督、数字化造船和精细化管理。

4.1.5.7 技术应用情况

目前，除沪东中华造船（集团）有限公司外，已经在上海汽轮机厂、江南造船集团、上海电气电站设备有限公司汽轮机厂应用，预计“十二五”期间，可在船舶行业内广泛应用。

4.1.5.8 技术知识产权情况

本技已申请国家专利，并已受理。

专利名称：群组化焊接设备动态监控系统。

专利申请号：201010191688.8

4.1.6 分段涂装车间除湿系统节能技术

4.1.6.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

该技术主要应用于船舶建造企业的分段涂装车间内空气的除湿，使车间内空气湿度降至 75%RH 以下，满足喷涂时对空气湿度的要求。

（2）技术基本原理

优化除湿设备的加热方式，主要是对除湿机转轮的再生加热方式进行优化设计，采用再生热泵机组替代电加热对再生空气进行加热。同时为保证设备在不同气候条件和不同季节都能提供足够除湿能力，再生系统采用封闭循环方式，保证热量不向外排放，能量得到最大限度的利用。

节能的基本原理就是利用经过转轮后的再生风的余热并使其循环使用，具体原理见图 4.5，图中回收冷凝器用来加热再生进风，回收蒸发器用来回收再生出风余热。

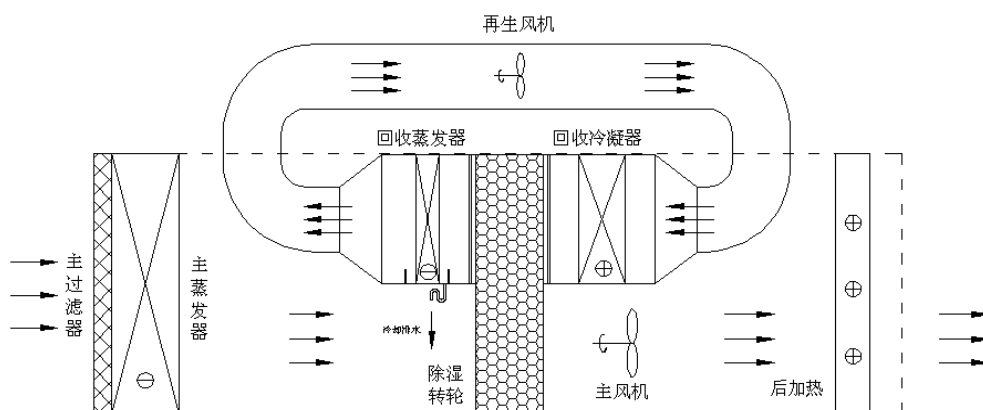


图 4.5 分段涂装车间除湿机工作原理说明

4.1.6.2 技术发展水平

目前常规除湿机转轮的再生加热方式如图 4.6 所示。

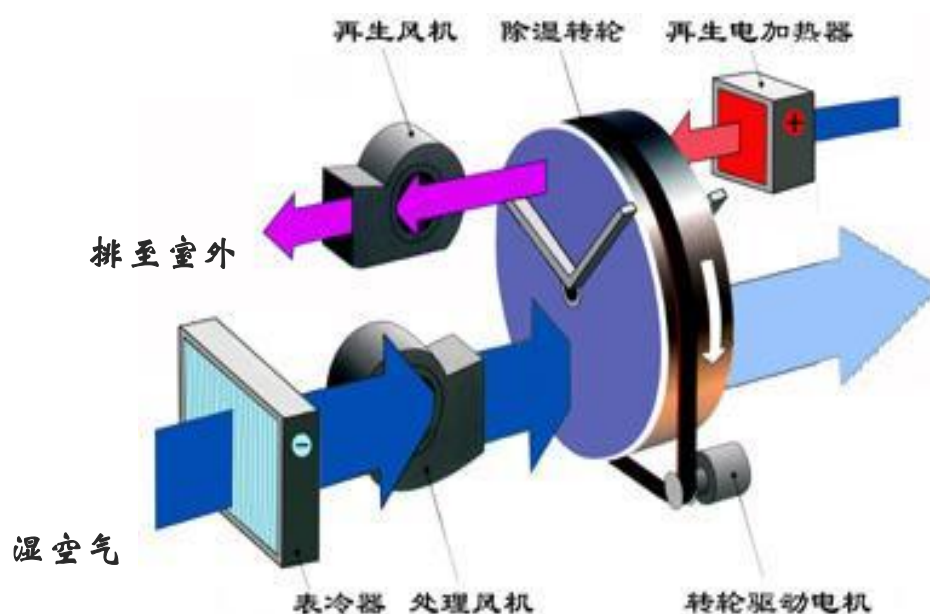


图 4.6 常规除湿机转轮的再生加热方式

除湿机能量消耗主要由两部分组成：一部分是对进入新风进行处理（降温、除湿和加热）；第二部分是除湿转轮的再生加热（通过高温热风除去硅胶转轮上的吸附水分）。

除湿耗电量最大的部分为：再生加热、后加热和压缩机部分。三部分运行功率相关不大，主要看运行时间。在一年中，再生加热运行时间最长，除去冬季一段时间，均需运行；压缩机在不同地区有差异，但一般在 5—6 个月；后加热只在冬季使用。因此，改造再生加热方式，减少再生加热功率是节能效果最明显的。节能除湿机除节能外还具有以下优点：

- ①由于再生系统封闭，再生温度稳定，不随天气变化，除湿性能稳定；
- ②由于再生空气是循环流动，不吸入环境空气，系统内保质洁净，保养周期和设备寿命大大延长；
- ③再生系统采用最新环保 R410A 介质，不但符合国家环保要求，同时也满足欧洲环保要求；
- ④再生系统可采用变频控制，节能效果还能进一步提高。

4.1.6.3 技术适用条件

该技术适用于船厂分段涂装车间，室外空气通过除湿机处理后，将一定温度

的干燥空气送入车间内，降低车间内空气的湿度。

4.1.6.4 实施建设内容

(1) 关键工艺设备

该技术所应用的主要工艺设备为热泵再生节能除湿机。

(2) 主要技术指标

该技术应用后，对于原企业生产并无影响，对于原企业生产的所有指标均无改变，能耗降低。

4.1.6.5 节能减排效果

以单台风量 18000m³/h 除湿机运行情况进行分析，节能效果见下表：

项目	季节	常规除湿机 kW	节能除湿机 kW	节能 kW
再生加热功率	夏季	60-80	15	45~65
	过渡季节	80-110	15	65~95
	冬季	60-110	15	45~95
压缩机功率	夏季	80~110	80~110	0
	过渡季节	60~90	60~90	0
	冬季	0	0	0
后加热功率	夏季	0	0	0
	过渡季节	0~40	0~40	0
	冬季	100~150	100~150	0
设备总运行功率	夏季	230~260	185~195	45~65
	过渡季节	190~290	130~200	65~95
	冬季	190~280	140~195	45~95
装机容量		400kW	300kW	
设备价格		40 万元	46 万元	

以夏季使用 80 天、春秋季使用 60 天、冬季使用 60 天，一天使用 8 小时计，单台节能除湿机全年共节能 81600~132800 kW h，平均节能约 107200kW.hr。

4.1.6.6 成本效益分析

以典型涂装车间 2 喷 4 涂为例，车间尺寸为 48×30×12m，常规每间工作间需配备 18000m³/h 除湿机 2 台，共计 12 台。采用常规除湿机 40 万元/台，节能

除湿机 46 万元/台，12 台节能除湿机投资共增加 72 万元。采用节能除湿机 1 年共节能 1286400 kW h，电费按 0.7 元/kW h 计，1 年共节约成本 90.048 万元，10 个月即可收回增加的设备投资。

从以上看采用节能除湿机不但节能效果显著，设备装机功率也大大减少。

4.1.6.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业内广泛应用。

4.1.6.8 技术知识产权情况

本技术无专利，主要的技术拥有企业包括中船第九设计研究院工程有限公司等。

4.1.7 空压机站运行监控系统技术

4.1.7.1 技术介绍

(1) 技术应用工艺节点

压缩空气是造船工艺中普遍使用的动力气体，整个造船生产区的室内、室外均有压缩空气的使用点。空压站是造船企业专门用于制造压缩空气的生产部位。

(2) 技术基本原理

安装空压站监控系统，并采取一系列管理措施加强对空压机运行的监控。

4.1.7.2 技术发展水平

压缩空气是船舶建造过程中主要的动力源之一，造船企业必须建立空压站，以满足大量压缩空气的需求。空压站是船舶建造企业主要的耗能设备，每月的耗电量约占总耗电量的 50%左右。为了提高空压机设备的使用效率，在保证生产用气正常供应和空压机设备正常运行的前提下，大幅降低空压机及其辅助设备的电力消耗，安装空压站监控系统，并采取一系列管理措施加强对空压机运行的监控。

通过配置电脑并安装空压站监控系统，通过该系统可以实时了解空压机、冷冻干燥机、冷却塔和冷却水泵等设备的开启台数、运行数据和故障报警显示等信息，以及空压站各气体输出管道的出口压力、瞬间和累积流量等数据。通过这套系统，该部门管理人员可以及时了解空压机运行状况，根据实际生产的需求，向站房管理人员发送调控空压机运行数量和加、卸载的指令。另外，要求服务商将两个空压站的运行数据设置为互相传送，使双方都能了解对方的运行情况。

4.1.7.3 技术适用条件

该技术的应用适用于安装多台空压机的大型生产企业，空压机自身需配备 PLC 控制器，具备调节功能，对外界条件要求为需要具有局域网支持。

4.1.7.4 实施建设内容

(1) 关键工艺设备

该技术的应用需要配置计算机设备、计算机监控程序软件。

(2) 主要技术指标

该技术应用后，对于原企业生产并无影响，对于原企业生产的所有指标均无改变。

4.1.7.5 节能减排效果

以江南造船（集团）有限责任公司实施的“空压机运行监控系统”项目为例，空压站监控系统投入使用后，管理人员通过一段时间的观察和摸索，逐步掌握了在不同生产需求下的空压机运行规律，分别于 2009 年 9 月、12 月和 2010 年 6 月，编制和下发“关于进一步加强空压机调控的意见”，督促空压站管理人员严格执行，实时提高空压机运转效率；午休时间内和生产部门未申请用气时，关闭供气管道阀门和部分辅助用电设备（如冷却水塔、循环水泵等），减少压缩气体空耗，尽最大努力避免电力出现浪费现象。空压机耗电量与公司万元增加值的对比值见图 4.7、4.8 和 4.9。

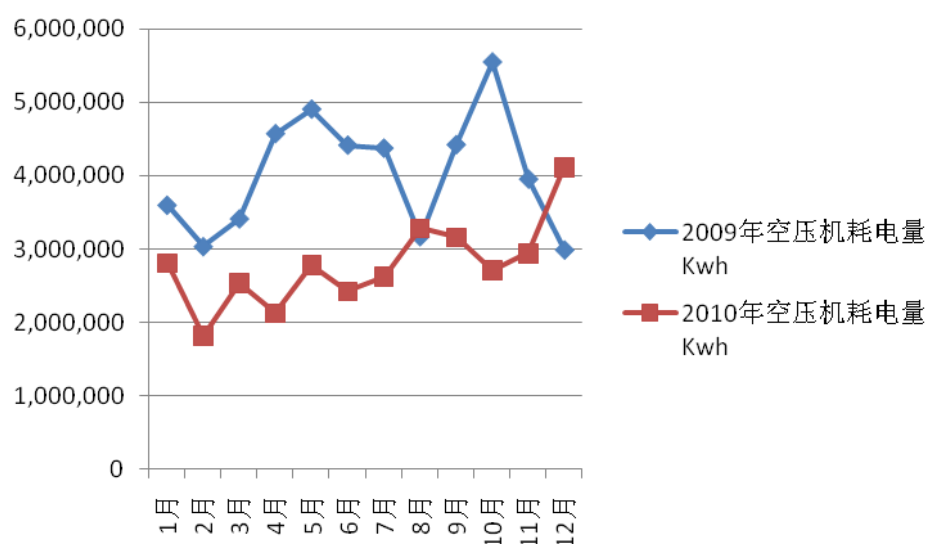


图 4.7 空压机耗电量对比

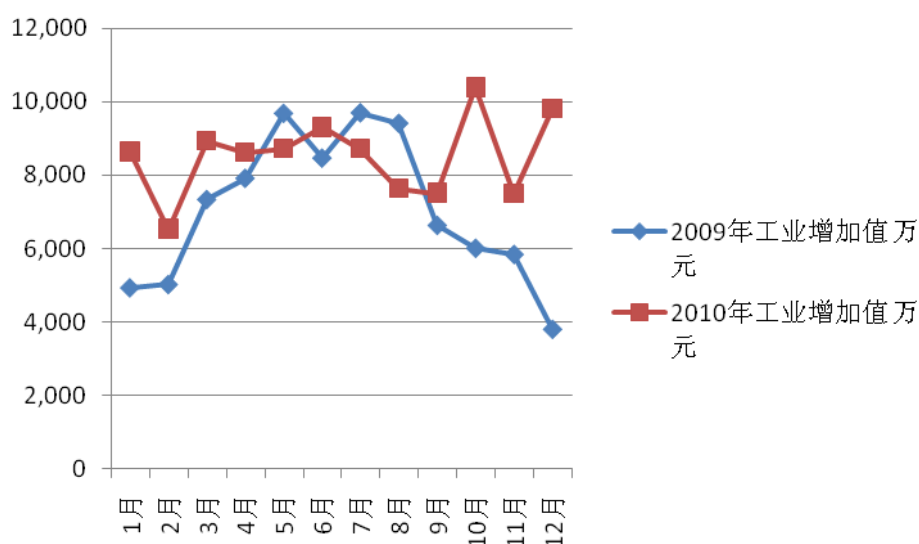


图 4.8 公司万元增加值对比

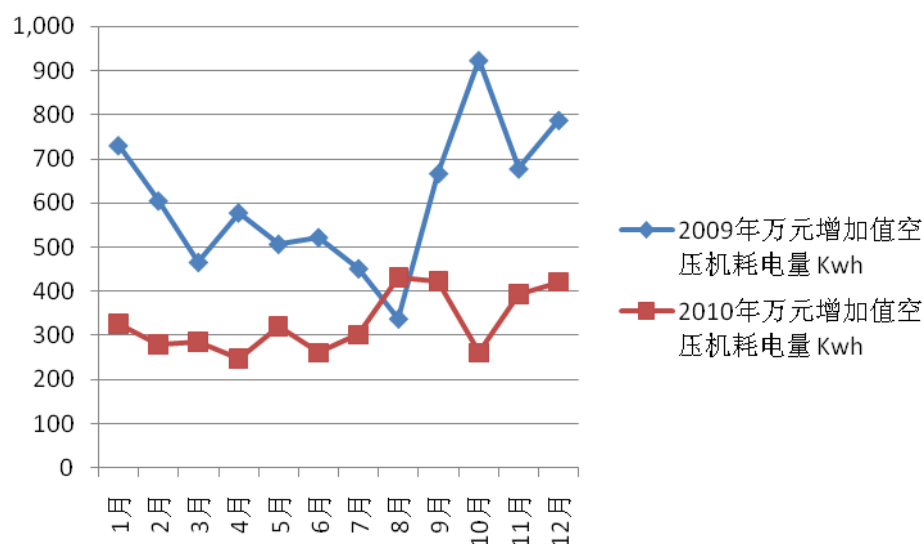


图 4.9 万元增加值单位耗电量对比

4.1.7.6 成本效益分析

以江南造船（集团）有限责任公司实施的“空压机运行监控系统”项目为例，进行调控管理后，2010 年的空压机耗电量与 2009 年同期相比，年节约 2000 吨标准煤（当量值），平均每月节约电量约 140 kW h，平均每月节约费用 100 万元，效果良好。

4.1.7.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业内广泛应用。

4.1.7.8 技术知识产权情况

本技术无专利，主要的技术拥有企业包括江南造船（集团）有限责任公司等。

4.1.8 船舶及海工涂装车间燃气辐射加热系统（CHPT-CRV-HS）技术

4.1.8.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

该技术主要应用于我国北方地区造船企业分段喷涂中对产品分段加热工序中。

（2）技术基本原理

CHPT-CRV-HS 系统是一种低强度电磁波（波长 1-20 μ ）辐射加热系统，将燃气内含热能，通过热能发生、辐射、反射装置，转换为辐射热能；通过热辐射直接对分段加热，使分段首先接受热能之后，通过热传导使分段温度达到均衡，有效满足分段涂装工艺的温度要求；并因其与环境温度的差异，释放出热量，通过热对流，使整个涂装间环境温度加热，改善工人工作条件。其特点是快速升温、均衡加热、缩短干燥固化时间、提高涂装生产效率。可实现：节能 50%；减排 75%；缩短干燥固化时间降低涂装加热成本 50%；显著提高涂装生产效率。

4.1.8.2 技术发展水平

（1）技术概况

CHPT-CRV-HS 是特别为船舶分段工艺研发的专项技术。分段喷涂是船舶制造中的一项关键工艺，在我国北方，冬季寒冷，分段温度很低，不能达到喷漆的最低温度要求，并且油漆固化的时间与分段的表面温度有极大的关系，所以如何解决分段涂装过程中对分段的加热是我国船舶制造企业的一项难题。

CHPT-CRV-HS 技术有效的解决了这一难题，相比于传统的蒸汽加热，本技术直接对分段加热，可以大幅度缩短油漆固化时间，提高生产效率，降低能源消耗，减少温室气体和有害气体的排放。

CHPT-CRV-HS 应用于船舶喷涂工艺中的 5 项技术创新：

①理论应用的创新：旧式传统蒸汽加热应用的是依据经典热力学理论；CHPT-CRV-HS 技术是依据量子力学理论。后者在理论上，对前者是一种变革性创新。

②技术实践的创新：旧式传统蒸汽加热，是通过对流技术实现的；CHPT-CRV-HS 技术，是通过热辐射过程实现的。旧式传统蒸汽加热的热能传递方式，是热对流的“1 次方”线性传递；而 CHPT-CRV-HS 技术的热能传递方式，

是遵循“4 次方”非线性规律。“4 次方”热辐射的热能传递方式，在高大建筑空间中，具有更强劲、更高效的热能传递能力。

热辐射 4 次方定律（斯蒂芬-波尔茨曼定律）揭示了黑体辐射能力与其表面温度的关系：

$$\left. \begin{aligned} E_b &= \int_0^\Lambda E_{b\Lambda} d\Lambda \\ E_{b\Lambda} &= \frac{c_1 \Lambda^{-5}}{e^{\frac{c_2}{\Lambda T}} - 1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow E_b = \sigma_0 T^4 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

式中： σ_0 ——黑体的辐射常数， $5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$

C_0 ——黑体的辐射系数， $5.67 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$ 。

基于 4 次方定律的原理，采用辐射加热技术对涂装工艺加热，是对传统蒸汽加热（基于 1 次方原理）涂装加热技术，在理论基础层面上的技术创新。

③节能方式的创新：采暖节能是一个老课题，以往历年只是在计量和管理方式方面，挖潜节能；CHPT-CRV-HS 技术，则是从技术变革的根本层面上，进行节能方式的根本变革。

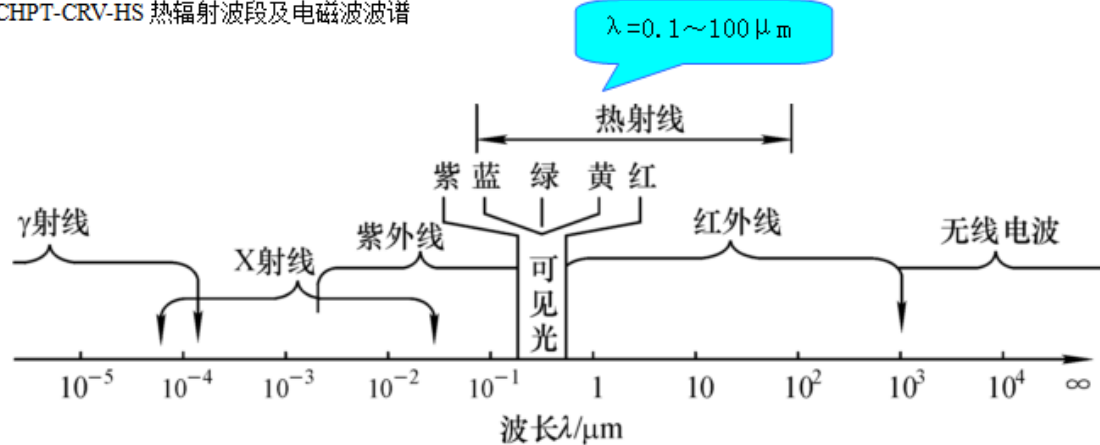
④减排方式的创新：新型热辐射采暖方式，比较旧式传统蒸汽加热对流方式，具有更为高端的理论基础技术措施，减排首先“减食”，釜底抽薪，从根本上实现大幅度节能；再通过数字控制器等更精确技术管理手段，实现减排的效果。

（2）技术原理

CHPT-CRV-HS 系统是一种低强度电磁波辐射加热采暖系统，将燃气通过热能发生器、辐射管转换为辐射能，通过热辐射、热传导及热对流方式对物体进行加热，使物体接受热量并释放出热量。

现代量子理论证实，世界上一切物质都是由各种带电粒子组成的；任何自身高于热力学温度 0K（绝对 0 度，相当于-273C°）的物质内部，带电粒子都处在不停的运动（转动、振动、玄动）状态；带电粒子的运动产生电磁波，通过物质表面不停地向外发射，即称之为辐射。

CHPT-CRV-HS 热辐射波段及电磁波波谱



热射线包括:可见光, 部分紫外线, 部分红外线。
CHPT-CRV-HS 辐射线只包括: λ 为 1–20 μm 的波段, 不包括可见光及紫外线波段。

图 4.10 CHPT-CRV-HS 热辐射波段及电磁波波谱

热辐射是指能够产生热效应的辐射过程, 这段电磁波通常被称为热能辐射波 (也称热射线), 波长范围是 0.1~100 μm 。这个波长范围包括全部可见光、部分紫外线、部分红外线。

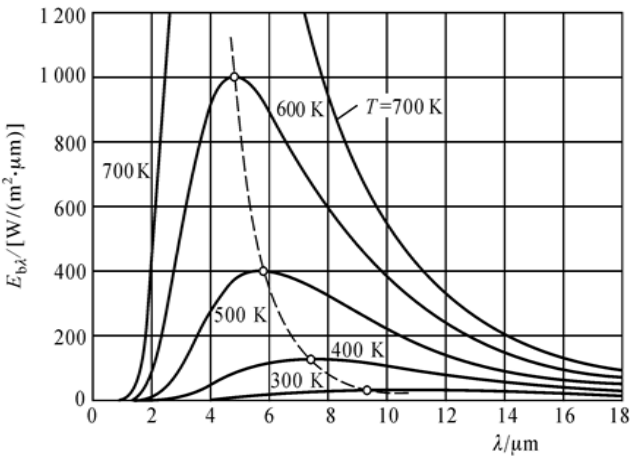


图 4.11 CHPT-CRV-HS 技术的热辐射波的辐射力、温度及覆盖波段示意说明

热能辐射波几乎全部落在 0.1~100 μm 范围内; 而 CHPT-CRV-HS 技术则只产生和传递 1~20 μm 的热能波。

CHPT-CRV-HS 技术, 其实质是, 只产生和发射波长为 1~20 μm 的电磁波 (热能辐射波的一部分)。热辐射发射体在 450~70C °温度内所发射的热射线, 基本上都落在这一段波长范围内, 既不发光 (因为可见光波长 0.38~0.76 μm), 更不产生紫外线 (因为紫外线波长小于 0.38 μm), 只产生热。参见图 4.11 中, 波长峰值联系两侧的区间。

实验证明 (参见图 4.12), 在温度 130C ° (相当于热力学温度 400K) 以下时,

位于波长 1~20 μm 内光谱辐射和吸收特性变化不大(钢铁及表中所列物质的发射率暨吸收率都在 0.7~0.8 左右)。

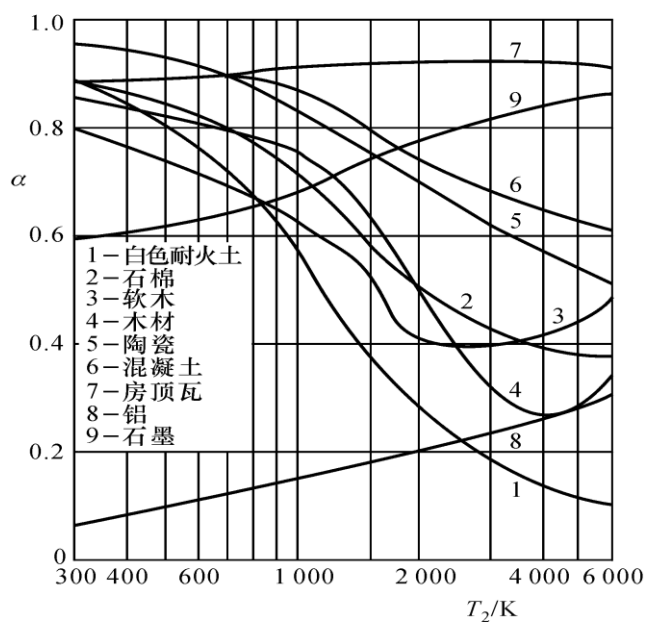


图 4.12 几种物质的内光谱辐射和吸收特性

4.1.8.3 技术适用条件

涂装车间进行辐射加热技术改造后，应设计有较高的通风换气装置，降低涂装工场中二甲苯的排放，其它遵循原有的设计要求，不改变原设计的技术要求。

企业应具备天然气或工业丙烷气供给能力，并能提供 CHPT-CRV-HS 系统使用的压力、流量；天然气或工业丙烷气的热值应符合国家标准。

应用 CHPT-CRV-HS 系统进行节能技术改造后，涂装生产作业，应按照原设计的通风换气等安全规程作业。

4.1.8.4 实施建设内容

- (1) 关键工艺设备

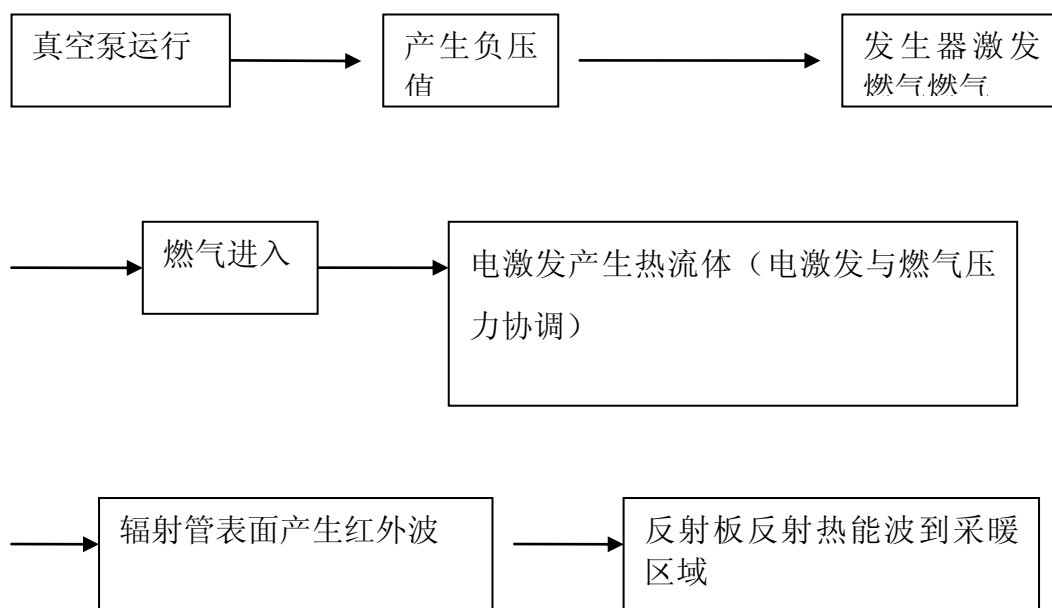


图 4.13 CHPT-CRV-HS 加热系统运行流程

4.1.8.5 节能减排效果

新技术能耗：69.94 吨标煤/年

相对节能量：原使用蒸汽加热，耗能 433.2 吨标煤/年；新技术改造后，耗能 69.94 吨标煤/年，每年节能 83.8%

相对减排量：原使用蒸汽加热，二氧化碳排放 1178 吨/年；新技术改造后，二氧化碳排放 190.23 吨/年，减排 83.8%

4.1.8.6 成本效益分析

以上青岛北海船舶重工有限责任公司实施的“船舶及海工喷涂场所燃气辐射加热系统”项目为例：

总投资：1 个面积约 1400m² 的喷涂间，采用 CHPT-CRV-HS 技术，项目总投资 145 万元（未考虑专利技术使用费）。

项目达产年指标：蒸汽费用按 170 元/吨计算，工业丙烷气按 14 元/m³ 计算，年运行费用：28.52 万元/年。

节能效果：每年产生净效益 52.06 万元/年。

投资回收期：2.78 年。

4.1.8.7 技术应用情况

2007 年，青岛北海船舶重工，开始论证辐射加热技术在涂装加热工艺中的应用；2008 年实际应用于其三喷六涂的 6 个涂装间的分段加热，取得成功。这是我国第一例，在船舶喷涂工艺中使用辐射加热技术成果。

2009 年青岛北船重工，再次在其下属合资企业的船舶管子生产等舾装件涂装工场 4 个涂装间中，进行实用测试，再次成功，节能减排效果明显，生产效率得到提高。

2010 年 3 月，中国船舶重工集团有限公司在青岛船舶重工现场，召开总结暨鉴定会，确认 CBPT-CRV-HS 为国内首创、国际领先的科技成果，并上报国家，申报为国防科技成果（船重科鉴字（2010）第 003 号）。

大连船舶重工集团公司有关部门，2008 年起一直在跟踪掌握 CHPT-CRV-HS 技术在国内的应用发展情况。经过反复思考和论证，慎重决定于 2010 年冬季，在其三喷八涂的 1 号涂装间，进行科学实用测试。该项技术实用测试证明：CHPT-CRV-HS 技术，不仅在新建涂装工场（例如青岛北船重工）、而且在已建成的涂装间（例如大连船舶集团）进行技术改造，也能取得明显的节能减排效果，并且同时，大幅提高涂装工艺的生产效率。经大连船舶重工实用成功的这项技术改造成果，在我国船舶行业进行涂装间技术改造，具有广阔前景。

“十二五”预计推广比例：根据该项技术在青岛和大连船舶企业实际应用发展趋势和专家鉴定结论，预测该技术在 2015 年底的技术普及率可达到 80%。

4.1.8.8 技术知识产权情况

中华人民共和国国家知识产权局于 2010 年 3 月 31 日，核准“船舶及海工喷涂场所燃气辐射加热系统”（CHPT-CRV-HS），为我国实用新型专利知识产权技术（专利号 ZL 2009 2 0279068.2）。产权所有人为青岛北海船舶重工有限责任公司。这项国家级中国自主知识产权技术的诞生，标志着我国船舶喷涂工场的加热技术，将发生根本性技术变革。这将推动我国船舶制造行业在生产、制造、使用、保养、维护、维修等各个环节，实现加热采暖技术的智能化、现代化。

这项具有中国自主知识产权的技术推广应用，在船舶制造行业，尤其针对喷涂工艺加热，缩短环氧漆等船舶用漆的干燥固化时间，将起到优异效果。在船舶全行业推广过程中，可实现节约能源 50%以上；减少排放 75%以上；提高涂装加热生产效率 50%以上，进而缩短交船期；同时在减少蒸汽锅炉用水、进而减少城市用水及相应水污染方面，也将取得巨大的经济效益和明显的社会效益。

4.1.9 天然气代替乙炔技术

4.1.9.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

该技术应用于船舶建造、修理和拆解企业的钢材切割、火工矫形（俗称水火弯板）、钢板打孔三种工艺。能够覆盖船舶行业各类型企业，具有较好的通用性。

（2）技术基本原理

根据天然气与乙炔性能的比较，天然气比乙炔轻，易散发，爆炸范围小，安全性好，但热值低，切割速度慢。为满足船厂使用要求，通过加入添加剂制成混合天然气，其在氧气中的火焰温度提升到 3300℃以上，低能耗、低成本、绿色环保无污染、安全性能高、操作简单，其优势足以代替乙炔技术。

4.1.9.2 技术发展水平

目前传统工业切割主要由乙炔、丙烷、液化石油气处于主导地位。但是这些都存在着缺陷：易燃易爆、安全系数低、生产过程耗能耗电、污染环境、生产成本高等，使其无法满足环保、节能、安全、低碳、循环经济发展的需要。

例如，乙炔是船厂传统的切割燃料气体，它的火焰温度高，比空气轻，在船舱中使用相对安全，适合船厂使用。但乙炔具有致命的缺陷：

（1）高能耗。乙炔来源于电石，电石是用石灰石加焦炭，在电炉中高温熔

化反应而来，1 吨电石要消耗 3000 kW h 电和 0.5t 焦炭，4kg 电石才能产生 1m³ 乙炔气，生产乙炔的能耗代价高，等价热值约为 243672kJ/ m³。

(2) 高污染。电石生产过程中，石灰石和焦炭的破碎、运输、加料等粉尘危害，散发 H₂S、CO、SO₂ 等致癌气体，电石渣（1 吨电石产生 3.5 吨电石渣）和大量污水危害。

(3) 高危险。乙炔是极易燃烧、爆炸的危险气体。它的爆炸范围相当宽。它在空气中的爆炸极限是 2.5%~80%。在氧气中的爆炸极限是 0.8%~93%。

综上所述，船厂对于乙炔是既离不开，又千方百计寻找其代用品。

随着国家西气东输工程的完成，天然气在更多领域得到应用。在工业燃气领域中，天然气沸点比较低（-160℃），不受环境温度的影响，不存在气化问题，是理想的替代品。天然气（加添加剂）代替乙炔作为船厂切割燃气，在许多大中小型船厂已经实施。天然气是种无色无味、透明的可燃气体，其主要成分是甲烷。

类别	密度 kg/ m ³	低发热 值 kJ/ m ³	燃烧所需氧 气比 (m ³ / m ³)	爆炸极限		与氧气混合 火焰温度 (℃)
				空气中	氧气中	
天然气	0.6154-0.6156	37681	1: 2	5.2~13.8		1850
乙炔	1.17	52963	1: 2.5	2.8~80	2.8~93	3350

切割用燃气的反应方程及说明：

2C₂H₂（乙炔）+5O₂=点燃=4CO₂+2H₂O

C₃H₈（丙烷）+5O₂=点燃=3CO₂+4H₂O

CH₄（甲烷）+2O₂=点燃=CO₂+2H₂O

从以上可以看出，一个乙炔分子需要 2.5 个氧气分子，一个丙烷分子需要 5 个氧气分子，而一个甲烷（天然气主要成分）分子只需要 2 个氧气分子。因此，在理想条件下，天然气比丙烷节省 30%氧气，比乙炔节省 15%氧气。

天然气热值比较低，在氧气中的火焰温度仅为 2500℃，不能满足金属切割要求，针对天然气热值低、火焰温度低、效率小、燃烧速度慢、不能完全符合船厂使用要求。通过以下对策予以解决：

- (1) 增加添加剂。添加剂的功能是改变火焰的频率和波长，使大多数热量被加热金属吸收，同时抑制火焰的外辐射能量，使火焰集中，从而提高火焰温度达到 3315℃左右。除此之外，它还必须与主天然气互相完全溶解、不游离、不分层，充分混合与溶解。
- (2) 改进割炬。天然气与乙炔是二种气体，采用乙炔割炬必然达不到预期效果。通过大量试验证明：烧咀孔径必须与钢板厚度相适应，针对不同厚度钢板

达到音速以上（一般马赫数 $Ma=2$ 或以上）。通过上述割炬改进，预热时间大大缩短，切割速度明显加快。

该技术具有如下优点：

- （1）切割面上缘不烧塌，熔化量小；切割面下缘黏性熔渣少，易于清除；
- （2）切割面的氧化皮容易剥落，切割面的粗糙度相对较低；
- （3）切割厚板钢时，不塌边、后劲足，切口表面光洁、棱角整齐，精度高；
- （4）切割时工件受热面积小，不影响工件的焊接和其他功能；
- （5）气割效果不爆渣、不飞溅、不死火；
- （6）减少二氧化碳排放量 30%；
- （7）无毒性，对人体健康无害，由于比重比空气轻，发生泄露时对人体无直接伤害；
- （8）燃烧后，火焰为蓝色，不冒黑烟和灰尘，不积碳，不污染环境，符合国际环保要求；
- （9）使用时不回火，非明火不能点燃，不分解爆炸。比空气轻，一旦发生泄漏，极易随风飘散，不积累在低洼角落处，不容易造成安全隐患。

4.1.9.3 技术适用条件

本技术适用于具有天然气资源（地区供应站、城市管道或储罐）的船舶行业造、修、拆企业。

4.1.9.4 实施建设内容

（1）关键工艺设备

应用该技术需要投入的工艺设备为天然气的供应设备，天然气的供应方式主要包括：

- ①压缩天然气瓶装供应；
- ②城市管道天然气供应；
- ③液化天然气低温储罐供应。

天然气供应方式的选择主要是根据气源情况决定，最为理想的是市政管道天然气供应，其设备简单，投资少，节约能源。见下表：

涉及的主要设备	规 格
天然气瓶装供应	每瓶 10kg，每 10 瓶一个集束箱，通过汇流排减压供应。
城市管道供应	城市管道中压天然气通过减压、加添加剂、计量等工艺流程供应。
低温储罐供应	低温液态储罐

(2) 主要技术指标

该技术应用后，对于原企业生产并无影响，对于原企业生产的所有指标均无改变。改良后的天然气与其他产品的性能比较：

燃气名称	燃烧温度	爆炸范围	相对毒性	碰撞敏感性	垂直打孔预热	打穿时间
乙炔	3100	2.5-81	高	高	预热时间 20 秒	打穿时间 22 秒
丙烷	2800	2.37-9.5	中	低	预热时间 35 秒	打穿时间 38 秒
天然气	3300	5.3-15	低	低	预热时间 9 秒	打穿时间 13 秒

(注：40mm 的冷钢板垂直打孔预热、打穿时间)

4.1.9.5 节能减排效果

船厂切割气体主要用于钢材切割、火工矫形（俗称水火弯板）、钢板打孔三种工艺。针对船厂的这三种生产工艺，在沪东中华造船集团进行的天然气与乙炔对比试验显示，以天然气（加添加剂）代替乙炔后：

- 切割速度加快约 17.6%，劳动生产率提高；
- 天然气切割的切口表面硬度和含碳量均比乙炔切割低，对金属的性能影响小，同时，成型光洁、无塌边和挂渣现象，切割质量提高；
- 节能效果明显，可降低船厂综合能耗约 9%；
- 具有一定的经济效益，成本下降约 13%；
- 同时，天然气是清洁能源，可以消除切割过程对环境的污染。

以切割厚度 25mm 的船用钢板上 $2.4 \times 8 = 19.2\text{m}$ 为例，天然气代替乙炔切割节能效果如下：

切割方式	燃气		氧气		总能耗折标煤量 (kg)
	耗量 (kg)	折标煤量 (kg)	耗量 (kg)	折标煤量 (kg)	
天然气+添加剂+氧气	0.4	0.789	4.8	1.343	2.132
乙炔+氧气	0.5	3.553	4.2	1.175	4.728

说明：1) 该表折标煤系数采用节能计算中的等价热值折标煤系数。乙炔 $1.17\text{kg}/\text{m}^3$ ，天然气 $1.214\text{kg}/\text{m}^3$ ，氧气 $0.4\text{kg}/\text{m}^3$ 。

2) 气体密度：乙炔 $1.17\text{kg}/\text{m}^3$, $0.6156\text{kg}/\text{m}^3$, $1.43\text{kg}/\text{m}^3$ 。

如以某大型船厂每年用于切割的乙炔 1215 吨计算，则年节约能耗折算标煤

量:

$$1215 \times 1000 / 0.5 \times (4.728 - 2.132) = 6308.28 \times 103 \text{kg} = 6308 \text{ 吨}。$$

4.1.9.6 成本效益分析

乙炔价格约为 17.5 元/ m³，天然气加添加剂后为 8.5 元/ m³，氧气为 0.85 元/ m³。以切割厚度 25mm 的船用钢板上 2.4×8=19.2m 为例：

切割方式	燃气		氧气		总成本 (元)
	耗量 (kg)	成本 (元)	耗量 (kg)	成本 (元)	
天然气+ 添加剂+ 氧气	0.4	5.52	4.8	4.08	9.6
乙炔+氧 气	0.5	7.48	4.2	3.57	11.05

如以某大型船厂每年用于切割的乙炔 1215 吨计算，每年节约成本：

$$1215 \times 1000 / 0.5 \times 1.45 = 352.35 \text{ 万元}。$$

4.1.9.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业内具有天然气资源的地区广泛应用。

4.1.9.8 技术知识产权情况

本技术无专利，主要的技术拥有企业包括上海外高桥造船有限公司、大连中远船务工程有限公司、江阴市夏港长江拆船厂等。

4.1.10 变电所供配电系统谐波治理节电技术

4.1.10.1 技术介绍

(1) 技术应用工艺节点

该技术应用于船舶建造、修理企业的变电所，直接影响对象是企业内电网连接范围内所有用电设施和设备，因而覆盖在整个造船修船周期中。

(2) 技术基本原理

船舶建造企业电焊、金属加工、起重等设备由于频繁开关、负荷变化、设备感性负载等在电网中产生大量谐波。同时电容无功补偿器的投入也增大了电网中的谐波含量。对某船厂供应船台用电的变电所实测结果显示，现有电容补偿柜的投入造成谐波明显的放大，电压畸变率 3.0%~4.0%放大至 4.6%~5.4%，电流畸变

率 5%放大至 17.5%。为此，在变电所实施谐波治理，采取跟踪补偿技术，安装滤波节能设备，以削弱谐波，提高电能质量，减少变压器及线路损耗，从而节约用电。

4.1.10.2 技术发展水平

因为船舶企业用电设备种类众多，有各式电焊机、吊机、空压机、切割机，以及各种车床、机加工设备。生产用电随生产规模扩大增长，电网承担的负荷越来越大。用电设备及用电情况的上述特点，降低了配电网中的电能质量，增大了变压器、线路的损耗。在变电所实施节电系统改造，安装节能滤波设备，旨在削弱谐波，提高电能质量，达到降低能耗的目的。

项目实施后，带来效益是削弱谐波含量，使其达到国家对电网谐波含量的标准，提高电能质量，保证用电的安全性、可靠性、稳定性；谐波含量的减少也可减少供电线路的电能损耗，设备的电能损耗，延长设备的寿命，带来经济效益。

4.1.10.3 技术适用条件

该技术适用于船舶建造、修理等耗电设备较多的企业，应用技术实质在于安装有源或无源电力滤波器，适合供电区域焊机、吊机等感性设备较多，谐波含量较大，波形畸变率较大的变电所。

4.1.10.4 实施建设内容

(1) 关键工艺设备

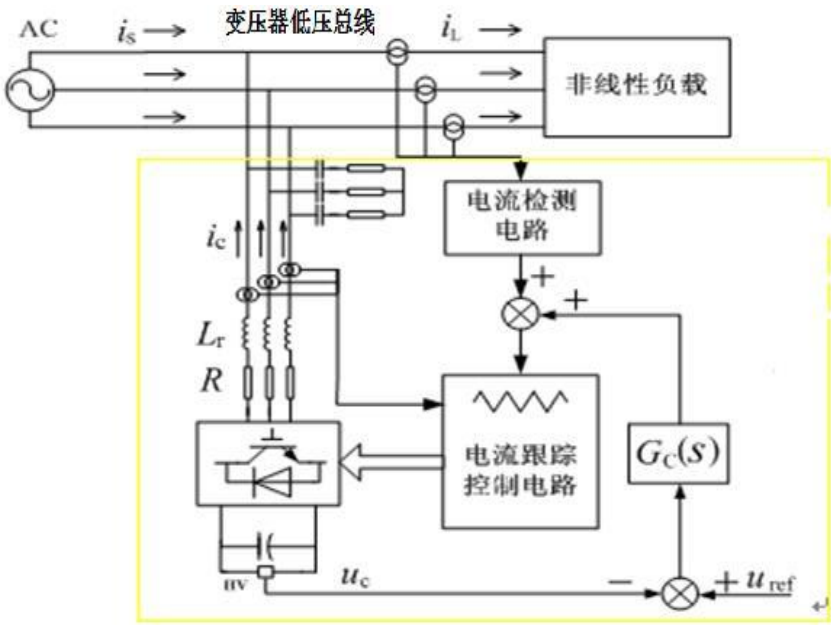


图 4.15 设备原理图

应用该技术需配置电力滤波器成套设备，相应电缆及传感器等。

(2) 主要技术指标

该技术应用后，对于原企业生产并无影响，对于原企业生产的所有指标均无改变。

4.1.10.5 节能减排效果

以广州文冲船厂有限公司实施的“变电所节电系统节能滤波”技术为例，节能效益估算如下：

3#、5#、20#变电所低压配电室的平均负荷(综合考虑白天、夜间和节假日)分别为 350kW、150kW、600kW，节电率按照合同承诺的 5%计算，年节约电度约为： $(350+150+600) \times 24 \times 365 \times 5\% = 481800 \text{ kW h}$

年节约标准煤则为： $481800 \times 1.229/10000 = 59.2$ 吨标准煤。

4.1.10.6 成本效益分析

以广州文冲船厂有限公司实施的“变电所节电系统节能滤波”技术为例，平局滤除谐波含量 67%，三个变电所谐波含量均下降到 12%以下，提高电能质量：节电率在 5%以上，减少电费开支约 35 万/年；延长变压器、线路的寿命，减少维护保养费用。

4.1.10.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业内广泛应用。

4.1.10.8 技术知识产权情况

该技术无专利，来源于德国 NobiPower、ECOSaver 两大系列节电产品的制造技术。

4.2 船舶绿色制造资源节约与综合利用技术

4.2.1 船舶无余量建造技术

4.2.1.1 技术介绍

(1) 技术应用工艺节点

该技术用于船舶产品建造过程中的设计阶段。

(2) 技术基本原理

①生产设计初期对船体结构详细检查后计算出合理的加工补偿量和反变形量，预先将补偿量和反变形量输入到数字船体模型中，在数控切割数据中直接体现补偿量和反变形量；制定合理的、科学的制造工艺；严格控制加工、焊接、装配等各道工序的制造精度；消除船舶实际建造过程（小组、组立、搭载等阶段）的现场二次切割作业，实现无余量造船，减少对原材料的消耗，降低对环境的污染。

②在前期设计阶段，充分考虑套料的要求，改善部材形状；利用专业钢材套料软件（TRIBON），优化套料结果；优化生产节点和制造工艺；根据切实需要采购钢材，提高钢材利用率、减少原材料的消耗。

4.2.1.2 技术发展水平

该技术运用所产生的优点有：

①减少现场二次切割工作量，节约工时，缩短造船周期，减少原材料消耗，减少污染；

②改善部材形状，提高钢材利用率。节约钢材，降本增效。

补偿量的确定是整个过程的重点，加放的恰当与否直接关系到船体精度控制的成败，这是该技术运用的关键技术点。

4.2.1.3 技术适用条件

船厂需要具备成熟、严格的管理体制；构建各项施工建造工艺的数据库，并设计制定与船厂实际施工建造工艺相匹配的设计基准；对各个船型需具备固定的工艺原则。

4.2.1.4 实施建设内容

（1）关键工艺设备

主要应用的工艺设备如下：

涉及的主要设备	数量	规格
TRIBON 工作站	64	DELL 台式电脑
NC 等离子切割机	15	小池酸素
NC 激光切割机	2	田中

（2）主要技术指标

该技术应用后，可提高造船企业钢材利用率；缩短船舶建造周期。

4.2.1.5 节能减排效果

通过套料优化, 有效提高钢材利用率。(5.5 万载重吨散货船达到 91.0%; 20.5 万载重吨散货船达到 92.0%; 5,000 车位汽车运输船达到 89.6%; 6,200 车位汽车运输船达到 88.5%; 超大型矿砂运输船达到 93%; 13, 000 标箱集装箱船达到 89.5%。)

通过无余量造船, 缩短船舶建造周期, 提高劳动生产效率。(5.8 万载重吨散货船船坞内建造周期最少可缩短至 16 个工作日。)

4.2.1.6 成本效益分析

以南通中远川崎船舶工程有限公司实施的“船舶无余量建造技术”项目为例, 该技术属于技术革新, 船厂在初期投入一定成本后, 后期无运行成本增加。从这项技术投入运行以来, 仅优化套料, 合计已节约钢材成本 4000 多万元。

4.2.1.7 技术应用情况

国内其他船厂对该项技术也在积极地研究开发中。作为一项国际先进的造船技术, 在日后的造船生产中一定能得到更广泛的应用。预计“十二五”期间, 可在船舶行业内广泛应用。

4.2.1.8 技术知识产权情况

本技术无专利, 主要的技术拥有企业包括南通中远川崎船舶工程有限公司等。

4.2.2 “一笔画”切割技术

4.2.2.1 技术介绍

(1) 技术应用工艺节点

“一笔画”是一种连续切割的方法。

(2) 技术基本原理

“一笔画”切割方法是将钢板上所有零件的外轮廓和内孔统一规划协调, 选取最合理的切割路径, 改变传统切割方式以单个零件为切割主体的方式, 实现从开始到结束的“一笔画”切割。

4.2.2.2 技术发展水平

(1) 技术概况

十年前, 大连机车厂有一位工程师花了三个月时间, 用人工的方法将切割指

令改编为“一笔画”的切割指令，在生产上得到很大的效益。但是这种人工的做法仅适用于这种零件较少且多年不改变的情况。

造船行业中，零件不仅数量多，同时也在不断变化，所以依靠人工来写切割指令的方法是行不通的。唯一的办法是做一个计算机软件。这是一项困难且工作量很大的工作。传统的方法是按套料文件上零件出现的先后顺序，以及线段在零件上出现的先后顺序来进行切割的。一般是先把所有划线划完再进行边界线的切割。由于零件生成时不能合理安排划线的先后顺序，因此空走距离较长。针对这一情况我们开发了“一笔画”的软件。

“一笔画”切割工艺的应用已有十年时间，在使用中不断提高和改进，现已完善可靠。但是切割机及其使用方法的差异很大，所以对每个新用户都要编写一个输入、输出数据转换程序。并且要有一段磨合的时间，以便修改程序消除因差异而引起的错误。

（2）技术原理

“一笔画”的工艺算法

①内孔及划线的算法

内孔优化问题在数学上与旅游问题等价，划线优化问题与货郎担问题类似。精确的算法是穷举法，该算法很费时。软件中用的是我们自己研制的近似方法，速度很快，而且能够满足日常生产用的要求。

②构造过渡线的算法

这是“一笔画”问题的难点和关键，从文献中找不到相关的资料，我们采用的是图论的方法去做的。将一张板上的每个零件看成一个结点，过渡线看成一条连结结点的弧。于是一张板就是一个图。因为要“一笔画”，这图应是连通的图且不能有圈，于是它是一棵树。为了保证切割质量和消除热应力的影响，还要规定这些弧满足若干规定。

首先构造出这棵树，找出树上最左下方的叶子，从这叶子按逆时针或顺时针（与切割方向相同）方向遍历这棵树，最终得到“一笔画”的路径。

而过渡线的式样关系到切割质量和切割时停火的几率，需要认真研究。我们采用的是延长线四边形过渡，适合角点和平边，质量好，停火几率小，不要求较大的零件间距。下图为添加了四边形过渡延长线的切割结果。

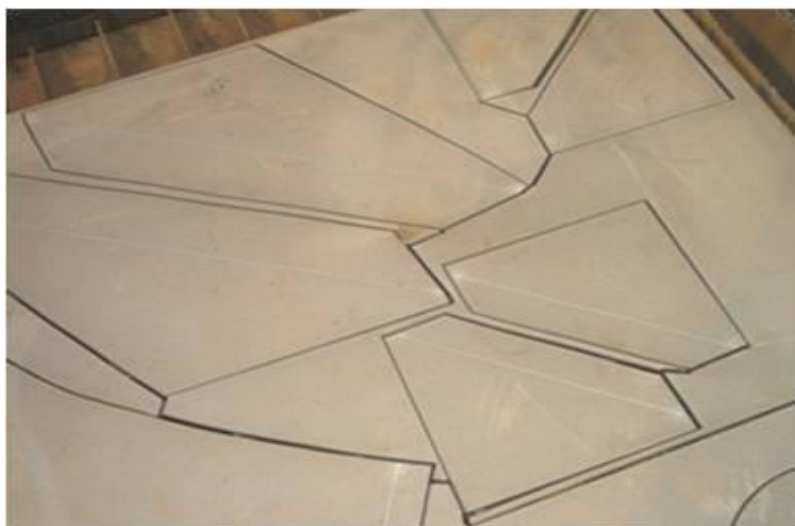


图 4.16 “一笔画”切割路径图

③零件、内孔相互包含算法

孔内和孔外零件不能一笔切割，但内孔与它内部的零件可以一笔切割，因此需要判别零件与内孔、零件与零件是否互相包含。

④过桥线算法

这是一个程序问题。我们按照老工人的经验长宽比大于 6 就加过桥线。

⑤零件上下界算法

因为要分清两个零件的几何关系，需要这个算法。

4.2.2.3 技术适用条件

目前，“一笔画”切割主要针对的是等离子切割机，因其切割速度较快，热变形较小，而火焰切割机由于变形量难以精确控制故暂时不推荐采用此种切割方式。

“一笔画”切割是针对切割代码的优化，故和所采用何种船舶设计软件没有直接联系，无需改变设计人员的设计步骤和方法。但是一笔画切割方式对设计人员提出了一定的要求，即零件的切割方向要一致以及套料时零件之间排放的间隙不能过小。

4.2.2.4 实施建设内容

(1) 关键工艺设备

该技术实施的主要工艺设备为“一笔画”切割软件和配套专用计算机。

(2) 主要技术指标

该技术应用后，通过减少切割点火次数，可以减少喷嘴电极消耗约 30%，切

割时间减少约 25%。

4.2.2.5 节能减排效果

相对节能量：切割时间平均减少约 25%，减少喷嘴电极消耗约 30%。

相对减排量：点火次数减少约 90%，大幅减少因点火产生的烟雾排放。

4.2.2.6 成本效益分析

以某船厂的 114500 吨散货船来计算，共计 207 个分段，5515 张钢板（钢板重量 15995.24 吨）数切切割指令进行优化，主要取得以下成果：

（1）共减少点火次数 33164 次，同优化前比减少 68.2%，大大提高了割嘴电极的使用寿命，可减少电极消耗 30%，约 480 个，按电极价格 25 美元/个计，可节省 12000 美元，约合人民币 81600 元。

（2）减少空走和划线长度 $169697+56259=225956$ （米），同优化前比减少 31.9%。按空走速度 12 米/分钟计算，可节省工作时间 314 小时。每人工按人民币 45 元/小时计算，可节省约合人民币 14122.3 元。

该厂投资 6 万元/台切割机，一共 6 台，总计投入 36 万元，每年每台切割机节约成本约 10 万元，不到一年即可收回投资。

4.2.2.7 技术应用情况

“一笔画”切割工艺的应用已有十年时间，在使用中不断提高和改进，现已完善可靠。但是切割机及其使用方法的差异很大，所以对每个新用户都要编写一个输入、输出数据转换程序。并且要有一段磨合的时间，以便修改程序消除因差异而引起的错误。它又是一种新的工艺，需要有一个适应和掌握的时间，需要工人和技术人员共同努力才能做好。

4.2.2.8 技术知识产权情况

本技术无专利，主要的技术拥有企业包括上海船舶工艺研究所、大连船厂、上海船厂、广西桂江船厂、天津中交博迈科船厂等。

4.2.3 跟踪补涂油漆工艺技术

4.2.3.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

该技术适用于钢材由预处理流水线施工车间底漆之后，至分段二次表面处理

前，车间底破损区域进行表面清理后修补的工艺过程。

（2）技术基本原理

扫砂跟踪补涂工艺：钢材经预处理喷涂车间底漆后，至分段二次表面处理前，对车间底漆破损区域进行跟踪补涂。保证分段在制造中一直处于无锈状态。在二次表面处理时，对完好的车间底漆区域采用扫砂处理。

货舱施工工艺：散货船货舱从分段到船坞搭载整舱修补时，将舱壁破损与污染较严重的舷侧区域单分出来，分段阶段仅施工一度底漆。

4.2.3.2 技术发展水平

推行扫砂、跟踪补漆工艺：

优势：减少二次表面处理工作；

劣势：分段建造时，施工人员增加一道工序。

散货船货舱施工工艺：

优势：减少船坞阶段工作量；

劣势：分段阶段施工时，货舱需分出两类区域。

4.2.3.3 技术适用条件

“扫砂跟踪补漆工艺”适用于钢质新船建造；“货舱施工工艺”适用于钢质新散货船建造。

4.2.3.4 实施建设内容

（1）关键工艺设备



图 4.17 未实施跟踪补漆



图 4.18 实施跟踪补漆



图 4.19 实施货舱施工工艺

(2) 主要技术指标

该技术应用后，对于原企业生产并无影响，对于原企业生产的所有指标均无改变。

4.2.3.5 节能减排效果

推行扫砂、跟踪补漆工艺：以一条 17.7 万吨散货船计算，表面处理面积约为 33 万平方米，若按冲砂房 2500 平方米/6 小时，四间冲砂房同时施工，冲砂需 33 天，扫砂较冲砂可缩短一半时间，仅 16 天，节约动能约 96 万元（动能费 6 万元/天）；钢丸/砂约 36 万元（每吨 4000 元，约 90 吨），除去消耗的油漆材料 6 万元及管理、人工费用约 25 万元（按跟踪补漆占全船面积 5%，共计 16500 平方米，人工 1.5 元/平方米）。每船可节约 101 万元，降低能耗 50%。

散货船货舱施工工艺：可节约 4000 升油漆，约 2 万美元（按每升油漆 5 美元计算）。

4.2.3.6 成本效益分析

以上海外高桥造船有限公司实施的“跟踪补涂油漆工艺技术”项目为例,实施该技术运行成本约为 31 万元/船。

推行扫砂、跟踪补漆工艺每年可降低成本 101 万元/船。

4.2.3.7 技术应用情况

预计“十二五”期间,可在船舶行业内广泛应用。

4.2.3.8 技术知识产权情况

本技术无专利,主要的技术拥有企业包括上海外高桥造船有限公司等。

4.2.4 耐高温车间底漆

4.2.4.1 技术介绍

(1) 技术应用工艺节点

该技术主要以用于我国造船企业预处理线及分段喷涂工序。

(2) 技术基本原理

研制的耐高温车间底漆属于车间底漆的一种,车间底漆又称保养底漆、预处理底漆。车间底漆应用于在船舶建造过程中,为了提高船舶建造质量和除锈效率,对进厂的钢材用自动化流水线抛丸除锈后,立即喷涂一层干膜厚度为 20 μm 左右的防锈底漆,用作生产上的临时保护。

4.2.4.2 技术发展水平

(1) 技术概况

上海船舶工艺研究所承担的国防基础科研项目《耐高温车间底漆研究》,研究周期是 2003 年 1 月至 2005 年 12 月,获得的成果是达到相关技术指标的耐高温车间底漆样品,已于 2006 年 7 月通过了国防科工委科技与质量司组织的专家验收。

研制的耐高温车间底漆属于车间底漆的一种,车间底漆又称保养底漆、预处理底漆。车间底漆应用于在船舶建造过程中,为了提高船舶建造质量和除锈效率,对进厂的钢材用自动化流水线抛丸除锈后,立即喷涂一层干膜厚度为 20 μm 左右的防锈底漆,用作生产上的临时保护。

2008 年,上海船舶工艺研究所与江苏省靖江合作单位联合建立了耐高温车间底漆生产车间,配备了完备的生产设施,具备规模生产能力。但目前产品品种

单一，且成本较普通车间底漆高出约 30%左右，

影响了产品在船厂大规模推广应用，因此，有必要开展耐高温车间底漆产品系列化试验研究，降低成本，根据各船厂造船模式的变化，研究开发系列产品，满足不同用户的要求；通过系列化试验研究，形成系列化产品，完成与多种品牌船舶涂料的相容配套试验，为实现耐高温车间底漆产业化提供技术基础。

（2）技术原理

上海船舶工艺研究所采用国产原料,自主研发成功的耐高温车间底漆 E06-11 在原有的无机锌车间底漆的基础上,采用耐热树脂对正硅酸乙酯进行改性,采用部分防锈颜料与锌粉共用,降低底漆中的锌粉含量和提高其耐热性。耐高温车间底漆比传统的无机锌车间底漆耐热性能大大提高,符合我国目前的造船模式，能在现有的钢板预处理流水线上应用,施工性能优良,漆膜不影响钢材的焊接、切割质量,户外曝晒防锈性能优良,特别在耐高温性能上优于现有的国外同类产品。

4.2.4.3 技术适用条件

耐高温车间底漆与普通无机锌车间底漆相比，耐热性能显著提高，同时在耐高温性能上也优于现有的国外同类产品。因此，分段二次表面清理仅局限于在车间底漆破损区域进行 Sa2.5 级的表面清理，不需要 100%打砂，与传统的无机锌车间底漆相比，可以降低分段二次表面清理工作量，但前题是要严格控制钢板抛丸预处理质量，即一次除锈达到相关的粗糙度和清洁度要求。

4.2.4.4 实施建设内容

主要技术指标：

通过耐高温车间底漆的推广应用，使实际应用达到如下技术指标：

耐热性

漆膜厚度 18~25 μm ，2 级；

600℃热影响区大于 3 个月；

800℃热影响区大于 2.5 个月；

其评级方法按 GB/T 6747-1986《船用车间底漆通用技术条件》的规定。

耐候性（在海洋性气候中生锈），漆膜厚度 18~25 μm ，未受热区域大于 6 个月，2 级：

- ☐ 涂料干燥时间，5min（25 $\pm$ 1℃）
- ☐ 涂料不影响焊接与切割性能
- ☐ 不影响焊接与切割后机械性能

4.2.4.5 节能减排效果

建造一艘 74 500 DWT 散货船,采用耐高温车间底漆取代普通车间底漆总计可节约成本 40.6 万元(喷砂设备易损件、易耗材料、磨料、劳防用品、设备折旧等成本均未计入),另外还可减少三分之一左右的喷砂车间设备投入。

4.2.4.6 成本效益分析

因为耐高温车间底漆可以降低二次除锈工作量,节省工时 20%~30%,加快建成建造速度,而且可以保证建成建造质量,完全可以使用耐高温车间底漆替代普通车间底漆,此举如能成功,将产生十分可观的经济效益。

目前,我国船厂涂装工时消耗平均水平约为 0.85 h/m^2 ,二次除锈工作量占涂装工时的 50%以上,工时下降 30%即为 0.127 h/m^2 。以一艘 74 500 DWT 散货船为例,涂装总面积 23 万 m^2 ,使用耐高温车间底漆量为 2.1 万升,相比较于普通车间底漆,可节约成本费用计算如下:

若使用耐高温车间底漆可减少 2.9 万工时的工作量,以工时费用 20 元/小时计,即减少费用 58 万元,扣除耐高温车间底漆价格稍高因素(目前市场上耐高温车间底漆售价为 28 元/升左右,普通车间底漆售价为 22 元/升左右),二次除锈费用减少达 45.4 万元;

另外,可节约二次除锈压缩空气 2764800 m^3 ;节约用电 81000 kW,折合人民币 9.7 万元。

同时,节约钢丸、钢砂投入 170 吨,折合 6.8 万元。

综合以上数据,建造一艘 74 500 DWT 散货船,采用耐高温车间底漆取代普通车间底漆总计可节约成本 61.9 万元(喷砂设备易损件、易耗材料、磨料、劳防用品、设备折旧等成本均未计入),另外还可减少三分之一左右的喷砂车间设备投入。

因此,推广性能好且适应我国国情的过程耐高温车间底漆,不仅可为我国船舶工业的发展做出贡献,而且将会产生巨大的经济效益和社会效益。

4.2.4.7 技术应用情况

上海船舶工艺研究所从 2003 年开始开展耐高温车间底漆的研究,现已获得了成功。研制的产品性价比优异,并在保养周期上比国外同类产品超出 3 个月,符合我国目前的造船模式,通过了中国船级社上海分社的焊接、切割性能认可,中国船舶工业船舶涂料厦门检测站的户外暴晒 18 个月的性能认可,通过了 431 厂在线喷涂、焊割、户外 10 个月的工厂试验,并成功地在骨干船厂得到验证,能在现有的钢板预处理流水线上应用,施工性能优良。漆膜不影响钢材的焊接、切割质量,户外曝晒防锈性能优良,特别在耐高温性能上优于现有的国外同类产品。

上海船舶工艺研究所承担的国防基础科研项目《耐高温车间底漆研究》，研究周期是 2003 年 1 月至 2005 年 12 月，获得的成果是达到相关技术指标的耐高温车间底漆样品，已于 2006 年 7 月通过了国防科工委科技与质量司组织的专家验收。

经上海科学技术情报研究所查新，本项目属国内首创、在海洋耐候性指标上达到国际先进水平。

4.2.4.8 技术知识产权情况

本技术无专利，主要的技术拥有企业为上海船舶工艺研究所。

4.2.5 有机溶剂回收利用技术

4.2.5.1 技术介绍

(1) 技术应用工艺节点

本技术可用于回收生产过程中产生的各种废有机溶剂，如苯类、酮类、醇类、氯化溶剂、脂类和混合溶剂香蕉水、天那水等。

(2) 技术基本原理

利用加热蒸馏的原理，均匀加热清洗喷枪的脏溶剂（以导热油为媒体），使其达到沸点并气化后，通过冷却系统，回收得到清洁溶剂，由于采用物理回收技术（加热蒸馏），不影响原溶剂技术特性，达到重复利用的目的。（处理流程见图 4.20）

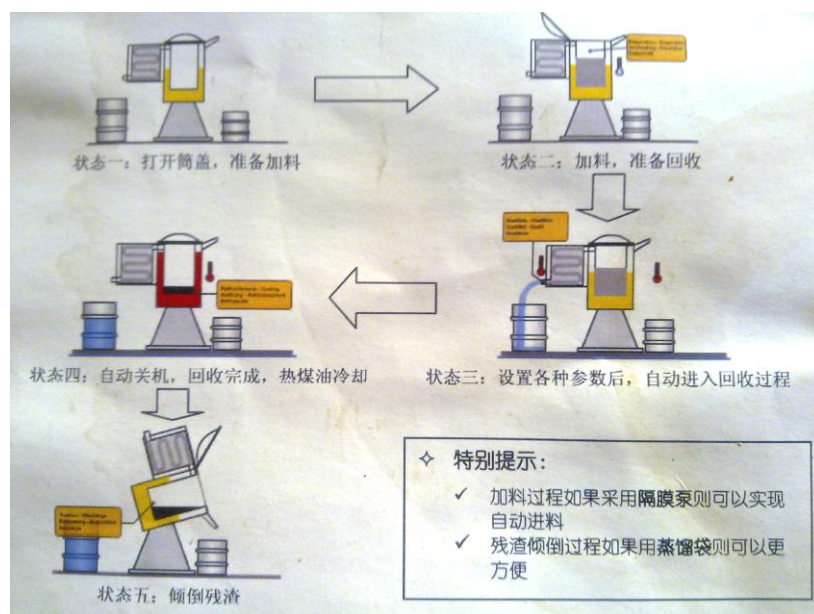


图 4.20 有机溶剂回收利用过程

4.2.5.2 技术发展水平

配备一台 JT-100 防爆溶剂回收机，并对设备安装地点进行改造，配置防爆排风扇、防爆灯等，配备专职操作人员进行操作。



图 4.21 防爆溶剂回收机

技术实施后溶剂回收利用工艺流程见下图：

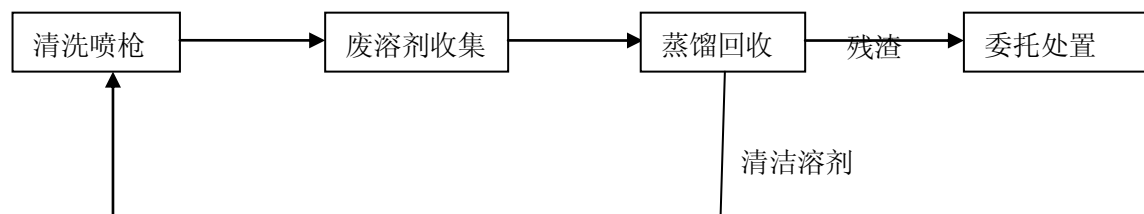


图 4.22 有机溶剂回收工艺流程

4.2.5.3 技术适用条件

该技术所使用溶剂回收机必须安装在开放、通风及视线良好的地方。通风可以是自然通风，也可使用排风系统。场地所使用电气设备均需采用防爆型。设备四个面必须离墙 50 厘米以上，有利于确保通风机散热的效果。

4.2.5.4 实施建设内容

(1) 关键工艺设备

主要配备的设备包括溶剂回收机等。

(2) 主要技术指标

本技术溶剂回收效率达 95%，在实际运用中，视废液中有机溶剂含量，一般

能达到 50~85%的有效回收。

4.2.5.5 节能减排效果

此项技术应用后能大幅度削减危险废物（废溶剂）的产生量，仅需将回收后产生的部分杂质、残渣（危险废物）进行委托处置即可。

4.2.5.6 成本效益分析

以目前使用的 JT-100 为例进行分析，年满负荷运行 2000 小时（250 工作日×8 小时）进行测算：

费用：

设备采购价格 10 万元左右。

场地及配置防爆排风系统及照明系统 1 万元左右。

每年更换一次导热油（每使用 1000 小时左右更换二次，每次 3000 元左右），费用约为 0.6 万元。

年运行 2000 小时×6（kW）设备功率×1 元（每 kW h 电价）=1.2 万元

操作员工资（以每月 2000 元计算），2.4 万元。

以上为设备采购及一年满负荷运行费用合计约 15.2 万元左右。

收益：

以目前废溶剂情况来看，回收率为 50%左右（废溶剂中含有其他杂质，残渣等），每次投料 100 升，设备运行 4 小时，产出清洁溶剂 50 升左右。以年均运行 2000 小时计算（500 个工作循环），投料 50000 升，约能产生 25000 升清洁溶剂以供使用。目前溶剂价格约为 18 元/升（我公司均价），以此价格计算，12500 升溶剂价值 45 万元。

满负荷运行，投资回收期为 4 个月左右。

注：此设备每两年需生产商对其性能检测一次，费用约为 1 万元。

4.2.5.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业内广泛推广应用。

4.2.5.8 技术知识产权情况

本技术无专利，溶剂回收中使用的 JT-100 溶剂回收机采购自上海洁天机械有限公司，此系列数控防爆溶剂回收机由该公司借鉴国外先进技术，自主研发，国内处于领先水平，并通过国家级防爆认证。

4.2.6 二氧化碳限流接头技术

4.2.6.1 技术介绍

(1) 技术应用工艺节点

本技术应用于造船企业所有焊接工序中配备二氧化碳气体保护焊的工位。

(2) 技术基本原理

根据焊接工艺要求，控制二氧化碳每个工位接头最高流量。在稳定压力下，工位接头孔径大小确定流量大小，可根据管道压力设计出合理的工位接头孔径。压力管道设计压力宜低不宜高，可减少不必要的跑、冒、漏。

4.2.6.2 技术发展水平

近几年管道二氧化碳气体保护焊在船舶工业广泛应用，使焊接工作效率大幅提升。原来的手工电弧焊逐步减少，二氧化碳气体保护焊大幅增加，如某中型船厂从 09 年初 500 多台二氧化碳焊机增加到今年初有 1200 多台，相应二氧化碳气体也从 09 年初的 200 吨左右每月上升到 500-600 吨每月。在应用本技术前，生产现场二氧化碳使用的 25L/min 流量计大部分调节至钢珠冲顶（大于 30L/min）现象。

造成这种现象的主要原因在于：

(1) 二氧化碳焊接流量大一点，对焊接质量没有负面影响，一般使用者都将流量调到大于流量计最高读数，且不做调节。

(2) 现用流量计最高读数 25L/min，部分使用者认为超出 25L/min 达到最大流量时 30L/min，但实际最大流量>50L/min。

(3) 流量计本身最高读数 25L/min，但大于 25L/min 时没有读数，且流量>50L/min。

(4) 流量计本身没有读数部分的上限范围太大，>30L/min 部分多余流量容易给使用者造成浪费行为（主要原因一）。

(5) 从流量计通过胶管到达焊枪有 20-50 米的距离，这段胶管容易产生漏气，部分流量计出气调节至钢珠冲顶（远大于 30L/min）现象还不能满足焊接要求，从管理上常教育员工一定要扎好胶管。

本技术采取的措施包括：

(1) 根据焊接工艺要求，将流量计本身没有读数部分的上限范围束小，最高流量限制 30L/min。一方面可以控制超出 30 L/min 部分的浪费，一方面可以控制漏气（使用过程中如果由于胶管漏气而达不到焊接工艺要求由使用者自觉扎好否则将无法烧焊）。即设计限流接头安装在在流量计出气口。

(2) 选定管道压力：

由于部分车间二氧化碳管道安装较早，距离气站达 1800 米，管径较小，不宜降低压力使用，按照目前 0.35MPa 管道使用压力设计限流接头。

(3) 调查表显示部分小于 30L/min 的员工有调节流量表，流量表保留，并继续教育员工勤调节。

二氧化碳限流接头采用规范化设计：

(1) 接头安装在二氧化碳流量表出气口。

(2) 接头限制流量为最高流量 30L/min，安装后流量表可根据焊接规范在 0-30 L/min 之间调控。

(3) 如果流量表最高流量达不到 30L/min，接头后胶管可能漏气，必须及时维修、扎好胶管。

(4) 过滤网主要作用是防止接头出气口堵塞，严禁拆除过滤网使用。

4.2.6.3 技术适用条件

适用于管道压力 0.35MPa 的二氧化碳管道供气型造船企业。

4.2.6.4 实施建设内容

(1) 关键工艺设备

在船舶企业的二氧化碳焊机应用二氧化碳限流接头，无其它特殊设备要求。

(2) 主要技术指标

该技术应用后，对于原企业生产并无影响，对于原企业生产的所有指标均无改变。

4.2.6.5 节能减排效果

以广州中船黄埔造船有限公司研制采用的“二氧化碳限流接头”项目为例，在未采用该技术前：

2010 年 4、5 月二氧化碳用量平均 596 吨，按二氧化碳限流接头一般限流系数 25.8%测算，预测月节约二氧化碳气体用量为 153.768 吨。

在采用该技术后：

2010 年 6 月二氧化碳实际用量为 427 吨，二氧化碳实际节约量达 169 吨/月。

4.2.6.6 成本效益分析

以广州中船黄埔造船有限公司研制采用的“二氧化碳限流接头”项目为例，已知二氧化碳焊机 1200 台，接头 25 元/个，可得回收投资成本需要时间。

$$\begin{aligned} & (1200 \text{ 台焊接} \times 25 \text{ 元/个}) \div [(169 \text{ 吨} \times 1200 \text{ 元/吨}) \div 30 \text{ 天}] \\ & = 3 \text{ 万元} \div (20.3 \text{ 万元} \div 30 \text{ 天}) \end{aligned}$$

=4.44 天

≈5 天

5 天可回收投资成本。

按每月节约 169 吨二氧化碳计算，年节约 169 吨×12=2028 吨。

年节约动能费用，二氧化碳 1200 元/吨×1845.215 吨=2433600 元。

4.2.6.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业内广泛应用。

4.2.6.8 技术知识产权情况

本技术无专利，主要的技术拥有企业包括中船黄埔造船有限公司等。

4.2.7 船厂水资源综合利用技术

4.2.7.1 技术介绍

(1) 技术应用工艺节点

本技术应用于造船企业所有涉及用水的环节。

(2) 技术基本原理

本技术基于船厂水资源利用现状，提出适用于船厂水资源循环利用的主要途径和船厂污水、雨水及海水循环利用体系及技术方法；提出利用简单处理的天然水源或再生水源替代淡水作为船舶压载用水，达到节约物耗的技术方法；根据船舶建造企业的污水处理特点，介绍应用污水深度处理中水回用装置的方法。

4.2.7.2 技术发展水平

我国船舶工业处于快速增时期，用水量持续增长，而我国又是一个水资源严重缺乏的国家，相比国外知名船厂水资源循环利用情况，我国船厂水资源利用率低，这将制约船厂的可持续发展。通过调研国内船舶工业生产设施及工艺流程，基于船厂水资源利用现状，提出适用于船厂水资源循环利用的主要途径和船厂污水、雨水及船舱压载水循环利用体系及技术方法，以及污水深度处理中水回用装置的应用方法，为国内船厂实现水资源综合利用提供技术参考和借鉴。

(1) 船厂水资源循环利用主要途径及技术方法

船厂循环用水种类主要包括厂区杂用水、工业用水、冷却水、洗涤用水、锅炉用水、环境用水、船舱压载水四大类。根据厂区不同部门的生产和生活用水要求，同一循环用水种类可采用不同的回用途径。

①水资源循环利用主要方式

- a.污水处理再生回用;
- b.雨水收集净化利用;
- c.海水淡化。

②水资源循环利用主要技术

主要物理处理技术包括：紫外线消毒技术、沉淀技术、气浮技术和隔油池技术;

主要化学处理技术包括：化学混凝技术、氯消毒技术和氧化还原技术;

主要物化处理技术包括：过滤技术、澄清技术、膜分离技术、活性炭吸附技术、离子交换技术;

主要生物处理技术包括：传统活性污泥法技术、生物膜法技术、生物脱氮除磷技术、氧化沟技术、SBR 技术、膜生物反应器技术;

主要生态处理技术包括：人工湿地技术、土地处理技术、稳定塘技术。

应根据船厂内不同的循环用水种类和回用水水质要求进行选用。

③水资源循环利用的措施

船舶企业的水资源综合利用是促进船舶工业可持续发展、贯彻国家节能减排政策的重要方向。在综合分析我国船厂行业特点和水资源再生利用新技术的基础上，提出了船厂水资源循环利用的建议和主要措施:

- a.充分利用船厂污水资源，建立和完善水资源再生利用系统;
- b.完善雨水收集利用系统，实现雨水资源化利用;
- c.采用蒸馏法海水淡化技术和反渗透法等海水淡化技术。

(2) 船厂压载水使用及供水技术

船舶压载水供应系统是船厂供水系统中十分重要的一个部分，需求量巨大，一般船厂的压载水耗量可以占到船厂总用水量的 1/3 以上，是船厂水资源的消耗大户。本技术利用简单处理的天然水源或再生水源替代淡水作为船舶压载用水，达到节约物耗的目的。

现代船只的主要特征是船体巨大、容量多、载重量高，导致了压载水的需求量也十分惊人，根据国际海事组织统计，全球船舶压舱水转运总量年均接近 100 亿 m^3 。一般而言，船舶的压载水量约为自身载重吨位的 20%~30%左右，极端可达 60%以上。船只建造过程中，由于压载水的用途不同，其各阶段的使用量往往有很大变化。对于修船厂而言，由于待修船只的船型、内部结构、损坏程度的千差万别，其压载水的需求亦有很大不同。

总的来说，船厂压载水使用分布的主要特点为：需求总量巨大，加注点主要集中在船坞、码头等水工设施，但使用中呈现明显的脉冲性。

压载水的水质标准尚无国际或国家级标准，目前，对水质的要求主要集中在两方面：水体的含砂量及浊度指标；水中的细菌、生物含量的指标。

压载水系统的水压需求与对应船只的型高、吃水、压载水舱的布置形式及几何尺度均有直接关联，在系统设计前应注意收集有关船型参数，以便推算压力需求。

船厂压载水对水源的要求为“供应充足、可靠，水质优良、稳定，供水成本低廉”，目前，可供选择的水源主要有三类：达到饮用水标准的淡水，水质达到压载水要求的天然水源，水质达到压载水要求的再生水源。

压载水水源选择的一般顺序为：市政供应的非饮用水水源、自行取用并处理的天然水源、自行深度处理的再生水源、市政供应的饮用水水源选择时还应充分考虑初期投资与运行成本的平衡，处理难度与出水水质要求的平衡，供水规模与压载水使用量的平衡等因素，尤其应重视工程的经济性。

江水作为最常见的船厂杂用水源，具有“水源充足、取用便捷、处理成本低、无腐蚀性”等优点，是替代市政自来水作为船厂压载水的理想水源。

以江水为水源的压载水供应系统设计应以占地小、效率高、运行成本低为原则。

江水源压载水系统设计中应考虑：取水设施、处理工艺、混凝剂及混合工艺、絮凝工艺、沉淀工艺、过滤工艺、调蓄装置和供水系统。

（3）船厂应用技术应用污水深度处理中水回用装置技术

该技术以成熟产品为依托，应用于船舶建造企业的污水处理，可对船厂生产和生活污水深度处理。该装置以混凝—沉淀—过滤工艺为基础，集布水、混凝、沉淀、过滤、集水、排泥、反冲洗七个过程于一体，形成组装化、模块化产品。增设穿孔配水管、小斜板和斜管沉淀；利用虹吸原理，实现自动反冲洗，达到污水深度处理回用的目的。

应用该装置技术后，使船舶建造企业污水具有不同的回用用途：

①厂区杂用水

经过装置处理后，用于清扫、消防、冲厕、绿化等用途，水质达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2005）要求。

②工业用水

经过装置处理后，用于气密试验、火工校正、空压站，水质达到《城市污水再生利用 工业用水水质》（GB/T 19923-2005）要求。

③船舶压载水

经过装置处理后，达到《国际船舶压载水及沉积物控制和管理公约》要求。

该设备具有布水+混凝+沉淀+过滤+集水+排泥+反洗的功能，处理能力为

30m³/h。

加入药剂的原水经配水组件进入小斜管反应区。充分絮凝后进入斜管沉淀区，污泥则沿斜管倾斜方向滑落至污泥区。沉淀后的清水通过配水斗经 U 型管进入过滤区，经过石英砂滤层自上而下过滤，贮存在清水室。滤后水经杀菌消毒即可使用。

该装置具有穿过配水管均匀布水，小斜板强化絮凝效果，斜管高效沉淀，采用虹吸冲洗，实现自动稳定运行，利用静水压实现自动排泥等特点。

4.2.7.3 技术适用条件

- (1) 适用于船厂的雨水生态调蓄系统的建设；
- (2) 适用于船厂废水水质特点的人工湿地的植物选择、培育与保育；
- (3) 适用于船厂水资源循环利用工程的设计及建设；
- (4) 适用于具有水量充沛、处理成本低廉水源的造船企业。

本技术适合所有造船企业的处理水水质特点、经济上可行、满足回用体系水质要求的深度处理技术。

4.2.7.4 实施建设内容

- (1) 关键工艺设备

关键工艺设备包括水处理机组、供水泵组、SWA-30 型船厂污水深度处理中水回用装置等。

- (2) 主要技术指标

该技术应用后，对于原企业生产并无影响，对于原企业生产的所有指标均无改变。

4.2.7.5 节能减排效果

将使船厂原本大部分直接排放水体的废水和部分雨水资源得到循环利用，降低造船过程中的新鲜水用量。为解决目前国内造船企业的水资源高效综合利用提供技术支撑和依据，为中国船舶工业的稳定和可持续发展提供保障，使中国造船工业在水资源循环利用方面达到和赶超世界先进水平，对全国船厂的水资源循环利用起到促进作用。

以国内某大型船厂为例，在采用压载水使用技术后，全年压载水消耗量约为 1000000m³（原水源为自来水）。采用处理江水压载系统后，全年减少自来水消耗量 1000000m³。

采用 SWA-30 型船厂污水深度处理中水回用装置后，该装置出水能够达到以下指标：

项目名称	进水值	出水值	城市杂用水	循环冷却补充水
色度（度）	20	2.83	≤30	/
浊度（NTU）	4	0.41	≤5	≤5
溶解性总固体（mg/L）	700	499	≤1000	≤1000
SS（mg/L）	50	6.8	/	/
COD _{Cr} （mg/L）	40	17.2	/	≤60
BOD ₅ （mg/L）	10	0.9	≤10	≤10
NH ₃ -N（mg/L）	1.0	0.18	≤10	/
铁（mg/L）	0.2	0.069	≤0.3	≤0.3
总磷（mg/L）	0.8	0.115	/	≤1
总大肠杆菌（MPN/L）	1610	<3	≤3	≤2000

本装置作为中水处理的新产品，在技术上更加成熟可靠，在结构上更加合理优化，在运行上更加稳定简便。能提高造船企业水资源利用水平，降低对自然水的依赖程度，符合“绿色造船”的发展方向，助推造船企业实施循环经济。

4.2.7.6 成本效益分析

本技术投入使用后，直接减少造船企业相应的新鲜水消耗用量。

4.2.7.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业内广泛应用。

4.2.7.8 技术知识产权情况

采用水资源综合利用技术无专利，SWA-30 型船厂污水深度处理中水回用装置已获“实用新型专利”（200920069082 x），主要的技术拥有企业包括中船第九设计研究院工程有限公司等。

4.2.8 水下等离子切割机水床内废水循环处理装置技术

4.2.8.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

本技术主要应用于造船企业平板切割处理流水线作业。

(2) 技术基本原理

一体化超声波膜生物反应器 (LC.CMBR30) 是在 MBR 技术的基础上, 首创性地与超声波清洗技术相结合, 利用超声波清洗技术对 MBR 的膜组件进行在线清洗, 减少膜的反冲洗频率和清洗药剂的用量, 从而大大延长了膜组件的寿命, 并降低运行成本的废水处理工艺。是一门以物理、超声波电子、机械、生物化学、膜分离技术、微电脑及自动化仪表及材料学为基础的高科技组合技术。核心技术: ①超声波催化氧化及在线动态清洗技术; ②集成漂悬膜分离技术。

4.2.8.2 技术发展水平

本装置主要针对水下等离子切割机水床内的切割冷却水, 切割冷却水是在钢板的电焊及切割过程中用于冷却钢板的自来水, 由于钢板表层具有部分镀层, 在钢板受热过程中会产生大量的重金属离子遗留在污水中。另外, 由于钢板表层具有少量的油类, 故切割过后会在水中产生部分 COD 及 BOD 污染。切割冷却水共有三个冷却水池, 每池面积约为 12 m×7m, 池底设有气囊, 用于鼓气换水。一般 2~3 天循环一次, 各池独立工作, 单独进水出水, 主要污染物为铁离子和锌离子, 未经处理直接排入市政管网, 对环境造成了一定的污染并浪费水资源。

现采用一体化超声波膜生物反应器 (LC. CMBR 30) 对以上生产废水进行有效治理, 出水同时满足工业循环冷却水处理设计规范 (GB50050-2007) 及循环冷却水用再生水水质标准 (HG/T 3923-2007) 之要求, 出水锌离子浓度应低于 0.3mg/L。出水回用到切割冷却当中, 节约水资源。从 2009 年 10 月竣工运行至今近一年的时间里, 系统自动化运行正常, 出水澄清, 水质稳定达标, 真正做到了中水回用, 节能减排的目的。

(1) CMBR 工艺简介

CMBR 即膜分离技术和循环载体生物膜法 (生化技术)、低频超声波在线清洗技术和高频超声波超临界氧化自由基空化降解技术完美结合在一起的污水高效处理专利技术。

超声波在线检测与清洗膜组件一体机 专利号: ZL200510013257.1

超声波膜反应器 专利号: ZL 200420028956.4

超声波膜生物反应器 (The Ultrasonic Membrane Bio-Reactors 简称 CMBR), 该技术及装置是将超声波强化清洗及气穴超临界氧化技术与膜生物反应技术有机结合而开发的一种创新型超声波高级膜生化污水处理新工艺。该创新技术是针对国内外近年来开发的常规膜生物反应器技术 (即常规 Membrane Bio—Reactirs, 简称 MBR) 在实际污水处理应用中存在的瓶颈和缺陷问题, 以致难以推广而专

门开发的一种创新型污水再生回用技术及装置；CMBR 技术解决了常规 MBR 工程应用中起关键作用的分离膜（超滤或微滤膜）容易被胶体物、溶解性微生物产物堵塞，使出水通量不稳定且随时间不断减小，在 MBR 运行中膜污染严重（主要是产生浓差极化现象和滤饼层、大分子溶解物污染），膜堵塞后加药清洗费用高，分离膜组堵塞失效后导致分离膜更换频繁，膜更换费用高，系统维护麻烦，系统运行耗能大成本高的难题。

（2）CMBR 工艺原理

超声波对有机污染物的去除基于以下几方面：

A、空化理论

超声波对有机物废水的处理不是直接的声波作用，因为超声在液体中波长为 $10 \sim 0.015\text{cm}$ （相当于 15kHz 至 10MHz ），远远大于分子的尺寸，而是和液体中产生的空化气。足够强度的超声波通过液体时，当声波负压半周期的声压幅值超过液体内部静压强时，存在于液体中的微小气泡（空化核）就会迅速增大，在相继而来的声波正压相中气泡又绝热压缩而崩灭，在崩灭瞬间产生极短暂的强压力脉冲，气泡周围微小空间形成热点，并伴有强大的冲击波和时速达 400km/h 的射流。这就为有机物的处理创造了一个极端的物理环境。

B、自由基、超临界氧化理论

在空化作用产生的高温、高压下，废水水分子裂解产生自由基： $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H} + \text{OH}$ 自由基由于含有未配对电子，所以其性质活泼，很容易进一步反应变成为稳定分子。自由基可在空化气泡周围界面重新组合、或与气相中挥发性溶质反应、或在气泡界面区、甚至在本体溶液与可溶性溶质反应，形成最终产物。自由基可用电子自旋共振（ESR）谱法检测。

在含有聚合物的多相体系中，由于空化泡崩灭时的强大的流体力学剪切力和空化泡内核发生超临界氧化，会使内核大分子主链上碳键产生断裂，产生自由基引发各种反应。

同时声波的机械效应（传声媒质的质点振动、加速度及声压等力学量）和热效应（声波转化而成）对废水有机物的处理贡献也不容忽视，有时甚至主要是这些效应。

C、超声波对废水混凝具有促进作用

因为当超声波通过废水有微小絮体颗粒的流体介质时，其中的颗粒开始与介质一起振动，但由于大小不同的粒子具有不同的振动速度，颗粒将相互碰撞、粘合，体积和重量均增大。然后，由于粒子变大已不能随超声振动，只能作无规则的运动，继续碰撞、粘合、变大，最后沉淀下来。由于超声波的废水高效絮凝作用，将比一般的废水絮凝效果好，对废水污染物的去除率高。

超声波膜生物反应器废水处理工艺新技术是一门以物理、超声波电子、机械、生物化学、膜分离技术、微电脑及自动化仪表及材料学为基础的高科技组合技术。超声波作用于废水会产生下面七种理化效应：①机械效应；②热效应；③溶氧及空化清洗效应；④热解消化和自由基氧化效应；⑤声流促使粒子移动效应；⑥生化反应加速传质效应；⑦加速污泥絮凝沉淀触变效应。

（3）CMBR 的应用范围

- ①普通有机生活污水行业：如小区、酒店、医院、城镇生活污水、中水回用；
- ②COD 值高的高难度工业废水行业：如医药制药废水、垃圾渗透液、印染废水、乳化油废水、屠宰废水、食品酿造废水；
- ③特性多变工业废水：如石油化工生产废水、造纸废水、船舶码头油污水、清洗酸碱废水、涂装电镀废水等的废水处理。

（4）CMBR 的技术特点

①出水水质稳定，在膜过滤下，膜可拦截细菌等微生物，分离效果远优于传统沉淀池、污泥浓缩及砂滤、碳滤池等处理单元，出水水质稳定，出水不含悬浮物和微生物，悬浮物和浊度接近于零。

②利用超声波清洗技术对 MBR 的膜组件进行在线清洗，大大提高了膜过滤的剪切强度和防止膜吸附污染，持久维持膜通量，减少反冲洗频率和清洗药剂的用量，延长了膜组件的寿命；通过超声波聚焦提高了氧的溶解利用率。

③可根据不同的进水水质水量及出水标准灵活选用不同的膜组件和数量。

④在生物自解下污泥量少，可单独控制 HRT 和 SRT，反应器在高容积负荷、低污泥负荷、高泥龄之运转下，生活污水可以实现基本无剩余污泥排放，降低了剩余污泥处理的费用。

⑤装置一体化，安装方便：工艺流程简单，结构紧凑，省去了二沉池、砂滤、碳滤池、污泥浓缩池、消毒池等处理单元，高容积负荷下，停留时间短，占地面积小。

⑥操作运行费用低，可实现自动化控制，便于管理，维护方便。

⑦适用于对于旧污水处理厂改造，仅需增设 CMBR 膜组和超声波设备。

⑧对温度变化的适应能力强。

4.2.8.3 技术适用条件

污水进入 CMBR 系统的技术指标

温度：10~45℃

PH 值：2~12

COD_{Cr}≤1500mg/L（工业废水）

处理污水的容积负荷指标：COD 容积负荷： $\geq 0.8\text{kg COD}/(\text{m}^3 \text{d})$
处理能力：1.25 立方米/小时

4.2.8.4 实施建设内容

(1) 关键工艺设备

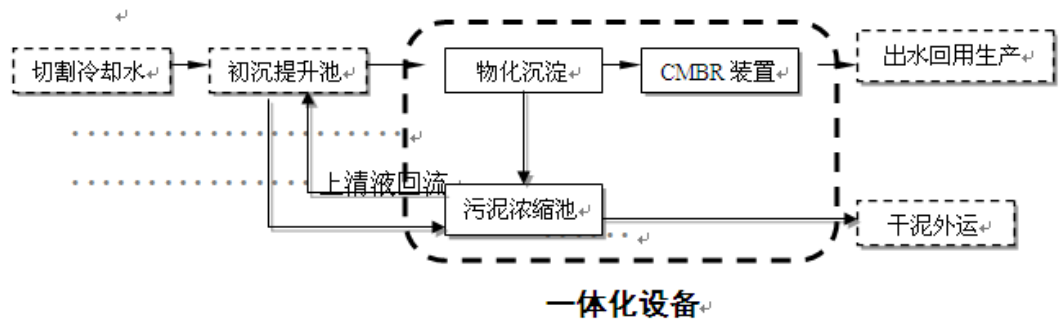


图 4.23 水下等离子切割机水床内废水循环处理装置工作流程

结构配置组成包括：

该设备是一台全自动处理切割废水的一体化设备，主要由化学处理单元，液体输送系统，膜处理系统，超声波扫描机构，超声波在线清洗装置，以及各种传感器和自动控制系统组成。

设备内胆全部由 sus304 不锈钢焊接而成，厚度为 2mm，A3 方通焊接成骨架，作全面防锈处理。外面封板为 sus201 不锈钢，厚度为 1.5mm。

化学处理单元，由空气搅拌，蠕动泵加药。PH 调节由 PH 仪表监测；

液体输送全部为 sus304 不锈钢泵；

膜处理系统，采用欧梅塞尔 FLEXELL-20 膜组件 3 套，并且具有曝气装置，具有自动抽吸和反冲洗装置，具有抽吸压力和反冲洗压力监测。

超声波扫描机构扫描顺畅，速度可以调整，轨道为不锈钢。

超声波发生器，工作稳定，有功率指示，超声波换能装置为不锈钢轨 sus304 制造。

电气控制，所有元件使用品牌产品，整体可靠。

(2) 主要技术指标

污水主要污染物去除效率指标：

COD_{Cr} 去除率：70%~90% BOD₅ 去除率：75%~95%

NH₃-N 去除率：70%~95% SS 去除率：85%~95%

4.2.8.5 节能减排效果

以广州广船国际股份有限公司实施的“水下等离子切割机水床内废水循环处理装置”项目为例，减少用水量约 9125 吨/年，减少污水排放量 9125 吨/年，主要污染物削减：COD_{Cr}：1.8 吨/年，ss：1.0 吨/年，总铁：0.025 吨/年，总锌：0.001 吨/年。（污染物削减根据广州市环科院监测报告计算）。

本项目水下等离子切割机水床内废水循环处理装置投入使用后无大修记录，系统运作正常，自动化程度高，原未经处理排入市政管网的废水经一体化超声波膜反应器（LC. CMBR 30）处理后同时满足工业循环冷却水处理设计规范

（GB50050-2007）及循环冷却水用再生水水质标准（HG/T 3923-2007）之要求，出水回用于切割冷却工艺用水，出水水质稳定达标，达到中水回用的目的，减少废水排放，节约水资源，主要污染物得到削减，实现经济效益与环境效益双赢。

4.2.8.6 成本效益分析

以广州广船国际股份有限公司实施的“水下等离子切割机水床内废水循环处理装置”项目为例，

单位废水电费：1.2 元/吨废水

单位废水药剂费：0.5 元/吨废水

合计运行费用：1.7 元/吨废水，即 51 元/天

回用水节省成本：54.9 元/天（按水价 1.83 元/吨计）

节省排污费：63 元/天（排污费按 2.1 元/吨计）

则产生经济效益：63+54.9-51=66.9 元/天，即：24418.5 元/年

经测算，节约用水量 9125 吨/年

4.2.8.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业内广泛应用。

4.2.8.8 技术知识产权情况

部分关键技术已申请专利：

超声波在线检测与清洗膜组件一体机 专利号：ZL200510013257.1

超声波膜反应器 专利号：ZL 200420028956.4

4.2.9 润滑油投油回收再利用技术

4.2.9.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

该技术应用于船舶建造企业船舶产品验收时的投油清洗，因此该技术处于船舶制造流程的检验验收阶段。

(2) 技术基本原理

把投油后的润滑油进行统一回收，利用 3R 过滤技术进行过滤，达到再利用标准。

4.2.9.2 技术发展水平

目前，按照船舶建造企业生产工艺要求，必须对每艘船只的主机机内及滑油管路系统进行投油，对管路进行清洁，投油的润滑油含有杂质，不能再重复利用，产生大量废油，投油消耗量较大，如 29.7 万吨超级油轮（VLCC）的主机投油量 40 吨、17.7 万吨好望角型散货船的主机投油量 18 吨，年均产生废油 250 吨以上。

为了节约能源，减少污染，实施对主机投油产生的滑油进行过滤回收的节能节约项目，可以实现降本增效，达到绿色造船的目的。

该技术的主要工艺流程如下：

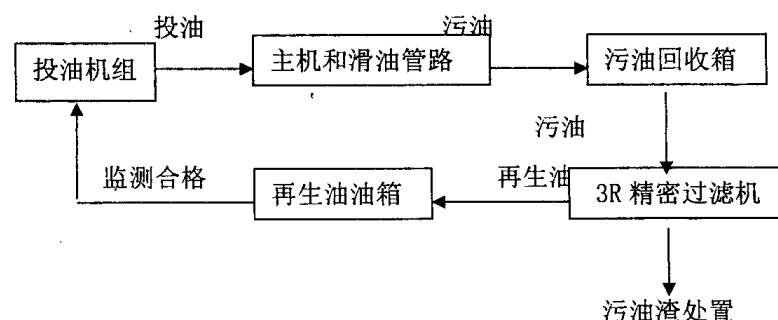


图 4.24 润滑油投油回收再利用技术工艺流程图

(1) 由生产部门负责在投油完成后，及时将污油按不同的规格牌号灌入专用污油回收箱，在回收油箱上做好标记并分别封存至专用放置区域，存放区域满足防水防晒通风的要求。

(2) 公司委托外单位对生产过程产生的不洁滑油利用 3R 精密过滤设备进行过滤、处理，达到再利用标准，相关部门配合污油过滤和再生油的入库，并按环保要求做好残渣处置工作。

(3) 将处理后的再生油进行取样，委托专业机构对其理化指标进行鉴定，指标合格后，下一次投油时再按工艺要求使用。

4.2.9.3 技术适用条件

该技术应用于船舶建造企业船舶产品验收时的投油清洗，适用于各类船舶，适用于各类船舶建造企业。

4.2.9.4 实施建设内容

（1）关键工艺设备

该技术实施大关键设备包括：

①3R 精密过滤机

②油箱

为配合润滑油的过滤回收，需配置污油回收箱和再生油箱。

（2）主要技术指标

该技术应用后，主要针对废油进行回收，对于原企业生产并无影响，对于原企业生产的所有指标均无改变。

4.2.9.5 节能减排效果

废油的回收率可达到 85%以上，减少废油的排放。

4.2.9.6 成本效益分析

以上海外高桥造船有限公司实施的“润滑油投油回收再利用技术”项目为例，投资费用 180 万元，运行费用 50 万元（含废油出售价），再利用的润滑油半年即可收回成本。

4.2.9.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业内广泛应用。

4.2.9.8 技术知识产权情况

本技术无专利，技术来源为引进日本 3R 技术，主要的技术拥有企业包括上海海外高桥造船有限公司等。

4.3 船舶绿色制造污染物控制与处理技术

4.3.1 等离子切割机除尘器吹风导流装置技术

4.3.1.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

等离子切割机是一种热切割设备，其工作原理以氧气等气体做为等离子弧工作气体，以高温高速的等离子弧为热源，将被切割的金属局部熔化并同时用高速气流将已熔化的金属吹走形成切缝，不仅切割速度快、切缝狭窄、切口平整、

热影响区小,工件变形小、操作简单,而且具有显著的节能效果。现广泛应用于各工业领域,是造船企业钢材加工必不可少的切割设备。

等离子切割机在进行钢材切割时会产生大量对人体有害的切割烟尘,大大超过国家相关标准。虽然等离子切割机都有配套的除尘系统,但效果一般,除尘效率仅为 60%左右,仍有大量烟尘污染车间空气,危害作业人员身体健康。随着加工工件数量、厚度的增加,产生更多的烟尘,造成环境污染。

(2) 技术基本原理

干式/半干式等离子切割机除尘器吹风导流技术是根据流体力学的原理,运用吹风装置送风形成风道,再利用导流板将会有切割烟尘的气流进一步汇集,导流入除尘器内,从而减少切割烟尘的逸散量。

4.3.1.2 技术发展水平

上海船厂船舶有限公司某半干湿等离子切割机,品牌: ESBA, 功率: 600A, 使用氧气作为等离子弧工作气体。切割平台总尺寸为 30m×8m (长×宽), 分为左右两侧, 每侧均为 30m×3.6m (长×宽), 切割平台上半部分为格栅, 下半部分为水槽。格栅主要起架空工件, 并利用格栅空档作为引风风道, 水槽注水主要起提高风压、并利用水消除部分切割烟尘的作用。

原有除尘系统采取侧吸式橡皮板密封中负压除尘方法(切割机纵向矩形截面风道,风道上平铺橡皮板,橡皮板绕过吸尘口,起密封作用。烟尘通过固定于切割机左右侧端架上的吸尘口进入风道,风道内的烟尘再进入与其相连的除尘器经净化后排放), 配套使用型号为 800900 的 KAMPER 除尘器, 采用 18 个表面覆盖有聚四氟乙烯薄膜的阻燃型小孔滤筒进行除尘,风量为 9000m³/h (见图 4.25)。

其主要工作原理是使用除尘系统引风机通过在切割平台左、右侧(位于加工面下侧方)的除尘管道吸风口将切割过程中产生的切割烟尘经加工平台预设的横向架空工件格栅(格栅与格栅之间的空档形成一个通风风道)吸入除尘器内部进行除尘处理后排放。

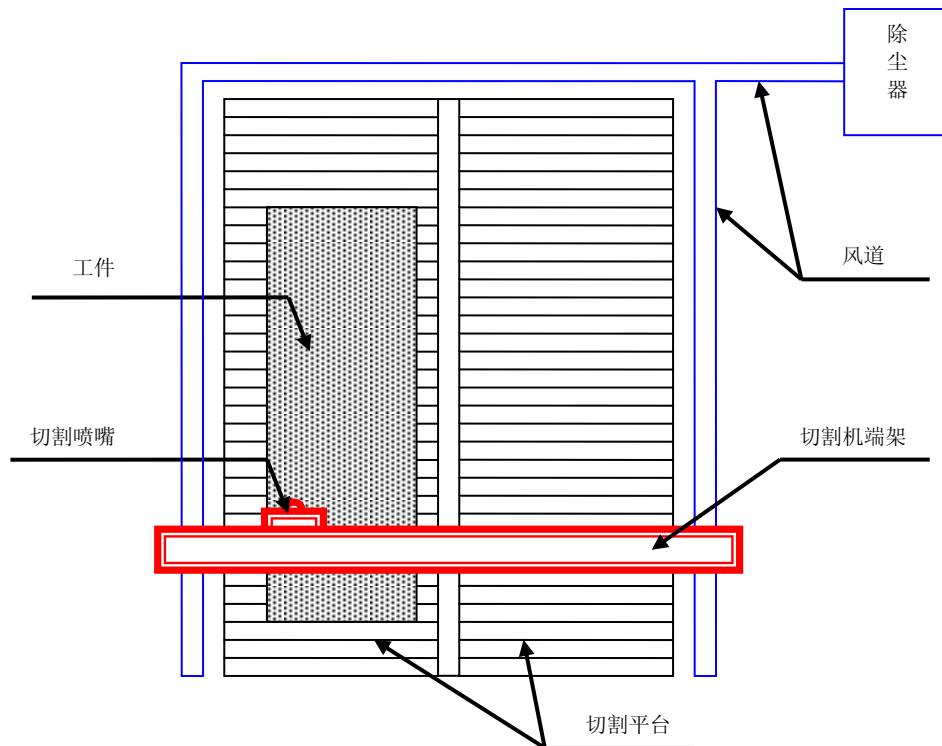


图 4.25 等离子切割机俯视图

但此除尘系统存在着以下几个问题：

(1) 等离子切割机作业时，高速气流沿工件割口是一种向下的定向运动，部分切割烟尘随高速气流接触平台下水槽时沉入水下，一部分随气流沿格栅间的通风风道向吸风口运动，而另一部分烟尘接触水面时有一个反弹趋势，由向下运动转化为向上运动，从而向上溢流（见图 4.26）。

(2) 等离子切割机加工的工件大小有别，不可能覆盖整个切割平台，而格栅又是敞开式的，在除尘系统将切割粉尘由工件下方格栅处引至吸风口过程中遇无工件覆盖的位置（一般是靠近切割平台边缘），切割粉尘会向侧上方逸散（见图 4.26）。

(3) 据相关资料显示，等离子切割机跨距超过 6 米，当切割喷嘴距离吸风口较远作业时（靠近平台中央附近区域）风的吸力势必会较大损失，吸力不足导致烟尘溢出。实际情况也是如此，在作业平台中央区域作业时有大量烟尘逸散。

(4) 等离子切割机除尘系统有两个吸风口，分别位于加工平台左侧和右侧，但等离子切割机切割时一般都是偏向一边的，启动除尘系统后另一侧未进行切割作业的吸风口也在进行吸风，造成风量分散，使整个风道吸力降低。

由于以上不足，导致等离子切割机在作业时产生大量切割烟尘弥漫至车间内，影响作业区域空气，污染环境。

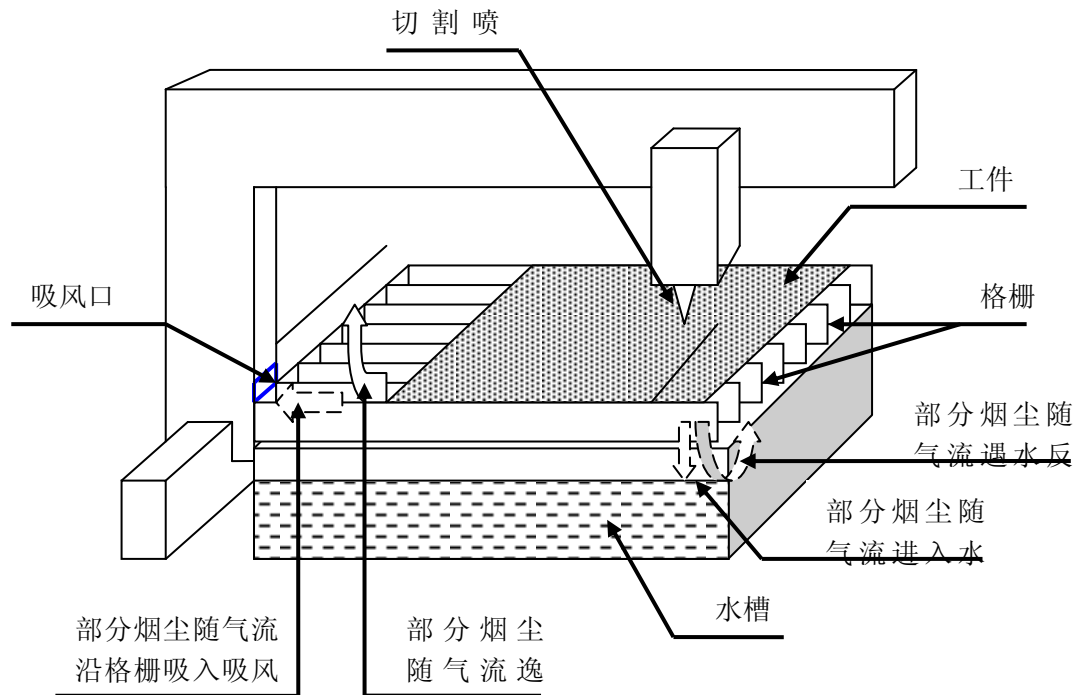


图 4.26 等离子切割机切割时气流运动图（一半平台）

为此上海船厂针对此台等离子切割机实际情况，做了如下改进：

- （1）将平台进行改造，中心部位去除格栅，安装吹风装置。
- （2）在切割机端架中间位置安装一个冷风助力吹风装置（位于切割平台正中间），随切割机端架移动与切割喷嘴保持平行位置，采用压缩空气作为助力气源，水平吹风，使切割平台的格栅通道内的气流作横向定位，减少烟尘随气流反弹量，并且帮助吸风口的吸力进行助力，也解决了吸风量衰减的问题（见图 4.27）。
- （3）在加工平台左右侧边临近除尘装置吸风口位置各设置一块宽约 400mm 的挡风边板，提高真空度，保证其气流在格栅下水槽上的引风通道横向运动至吸风口时凝聚风力，减少逸散量，形成导流。（见图 4.28）
- （4）在除尘装置引风管道分叉处安装一套换向电磁阀，在使用一侧平台作业时，关闭另一侧风道，聚集风量，保持风压（见图 4.29）。
- （5）考虑到作业时产生的切割烟尘和板材厚度有一定关系（板材越厚产生的切割烟尘越多），对吹风装置安装一套调节阀门，并按板材厚度实时调节吹风量的大小，以保证除尘系统的除尘效率。



图 4.27 冷风助力吹风装置

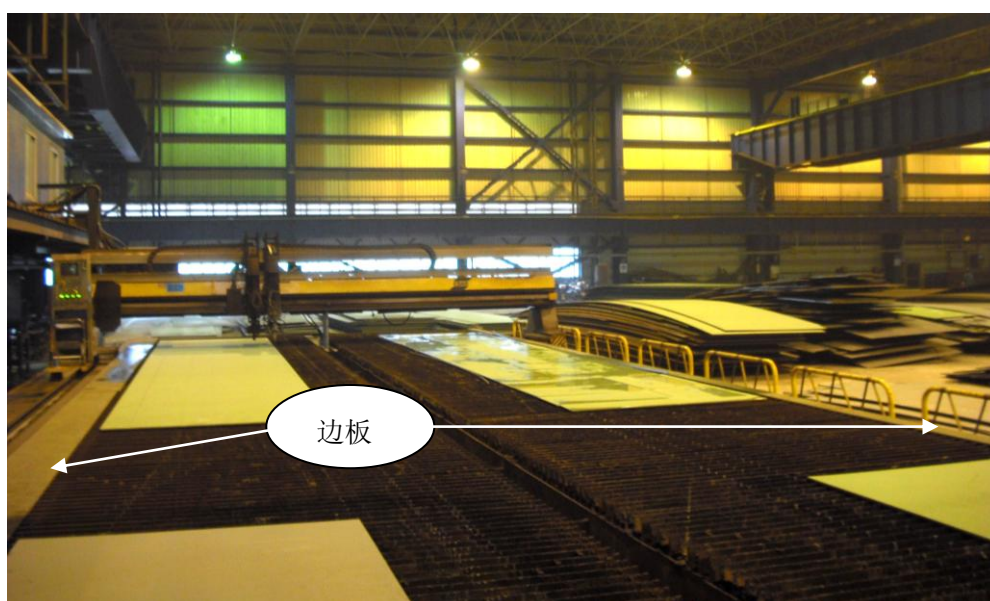


图 4.28 挡风边板

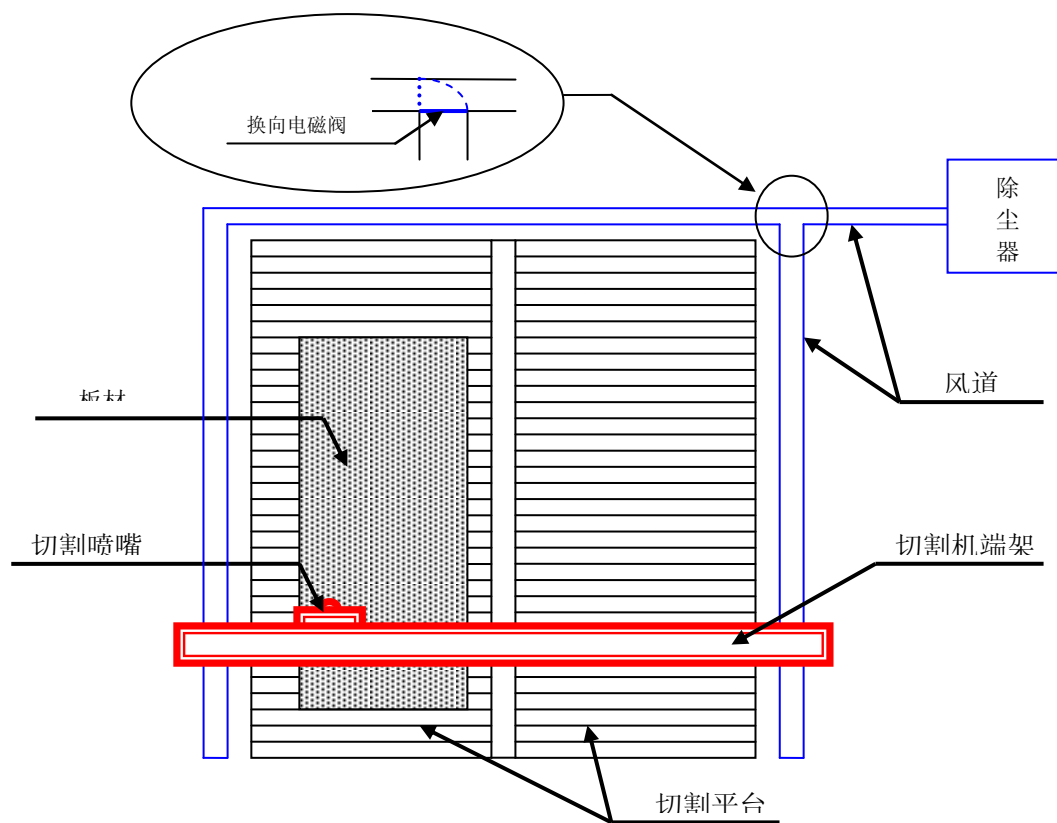


图 4.29 换向电磁阀位置图

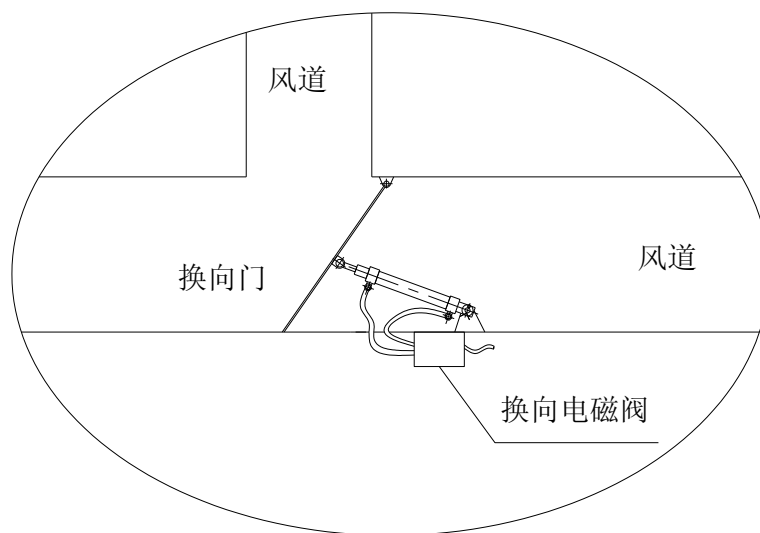


图 4.30 换向电磁阀安装图

4.3.1.3 技术适用条件

本技术适用于除尘系统为侧吸式除尘器的干式/半干式等离子切割机，需压缩空气作为助力气源。

4.3.1.4 实施建设内容

主要改进施工包括安装冷风助力吹风装置、挡风板、电磁阀等。

4.3.1.5 节能减排效果

经此项技术改造后等离子切割机烟尘弥漫现象大为好转，等离子切割机作业时目测切割机周围基本未见烟尘弥散。对比监测情况：监测日车间温度 10 度，车间内 6 台等离子切割机有 5 台正在进行切割作业，其中被测 3#等离子切割机已作业 2 小时，切割板材厚度为 20mm，监测点设置于切割喷嘴前上方 70cm 左右，切割机四周外 1 米高度 1.2 米各设一监测点（环境），对比助力导流装置开启和关闭两种时态下的切割烟尘浓度，监测结果如下：

	监测地点	未启动助力导流系统	启动助力导流系统
切割烟尘浓度 (mg/m ³)	切割喷嘴前上方 70cm 左右	60~65	2.0~2.5
	等离子切割机周围 (环境)	3~15	0.5~1.5



图 4.31 未开启吹风助力装置焊接现场



图 4.32 开启吹风助力装置焊接现场

由上可见，本技术较好地解决了等离子切割机切割烟尘逸散的问题，很大程度上保证了作业区域空气清洁度，具有良好的环境效益。

4.3.1.6 成本效益分析

等离子切割机烟尘逸散污染问题是困扰钢材切割加工中普遍存在的一个难题。为解决此问题，某设计单位现场勘查后出具方案，拟采取在切割平台中央增加一套除尘系统，预计费用为 35 万元左右（此方案不仅投入大，且运行费用高，需每年更换滤筒、电能消耗等）。而上海船厂船舶有限公司采取的吹风导流技术，设备硬件投入仅需 3~5 万元（包括切割平台改造、导流边板采用生产余料制作），运行过程中也仅需普通压缩空气作为助力源，大大节约了运行费用。

4.3.1.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业内广泛应用。

4.3.1.8 技术知识产权情况

本技术无专利，主要的技术拥有企业包括上海船厂船舶有限公司等。

4.3.2 高真空焊接烟尘净化技术

4.3.2.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

高真空焊接烟尘净化技术适用于重工行业装焊车间以下工位：

- ①手工焊；
- ②半自动 CO₂ 保护焊；
- ③机器人自动焊接；
- ④T 型材焊接流水线；
- ⑤平面分段流水线；

（2）技术基本原理

高真空焊烟净化技术利用高压风机产生的巨大负压，在焊烟产生初期，尚未完全扩散至室内时，第一时刻进行捕捉，捕捉的焊烟经过高真空软管进入袋式除尘器单元，经过滤净化后可室内排放；除尘器滤袋上捕集的焊接烟尘经反吹后收集于灰桶中。该技术克服了传统通风除尘技术造价高、能耗大、烟尘捕捉效率低、易造成冬季室内热量散失等缺点，是一种高效、节能型焊接烟尘净化系统。

4.3.2.2 技术发展水平



图 4.33 高真空焊烟净化系统

高真空焊接烟尘净化系统的设计以“不影响焊机运行、不影响焊工操作、不影响焊接治理”为根本原则，以“从生产出发，为生产服务”为理念，具有普通焊烟治理技术所不具备的优越性：

（1）高真空管道系统、占地面积小，不增加额外土建费用，投资小，能耗低，特别使用于车间改造工程。

（2）系统以小风量高负压对焊烟进行捕捉，运行功率低，节省风量和能源。

（3）采用高真空除尘软管，适合船厂车间生产环境；耐高温，可排静电；管径小，质量轻，可与焊机供电送丝管线捆绑，不增加焊工操作负荷。

（4）系统的高真空吸口以最佳方式与焊机固定，直接捕捉焊枪附近产生的焊烟，捕捉效率达到 95%，大大减轻了焊接烟尘对车间空气的污染。

（5）焊烟捕捉端与焊接系统通过合理设计融为一体，捕捉系统可随焊机自动移动，不影响焊接操作，不阻挡焊工视线，不增加焊工操作负荷，不妨碍工件转移。

（6）系统过滤单元对焊烟过滤效率大于 99%，滤后气体清洁，可直接室内排放，不会对车间内采暖通风产生任何压力。

（7）每套系统可根据车间实际工位情况设置高真空吸口，工位发生转移时可方便对其进行拆装调整。

（8）控制系统可自动关闭停止运行焊接工位所对应的高真空吸口，同时风机通过变频调整风量，减少了风量的浪费，降低了能源消耗。

（9）高真空吸口位置经过优化设计和中试试验认证，将不会引起二氧化碳保护焊时保护气体的额外损耗，严格保证焊接质量不受影响。

（10）技术开发针对性强，特别适用于船厂装焊车间的半自动焊、自动焊工位。

4.3.2.3 技术适用条件

高真空焊接烟尘净化系统的设计以“不影响焊机运行、不影响焊工操作、不影响焊接治理”为根本原则，对实施场地无特殊要求。

4.3.2.4 实施建设内容

（1）关键工艺设备

主要配备的设备包括购置高真空焊烟净化系统。

（2）主要技术指标

该技术应用后，主要针对船舶建造企业的焊接生产现场进行烟尘排放的治理，使工作现场的烟尘排放得到有效改善。

4.3.2.5 节能减排效果

以大连船舶重工集团有限公司一工场部件装焊工场焊烟治理工程现场对比照片显示减排效果：

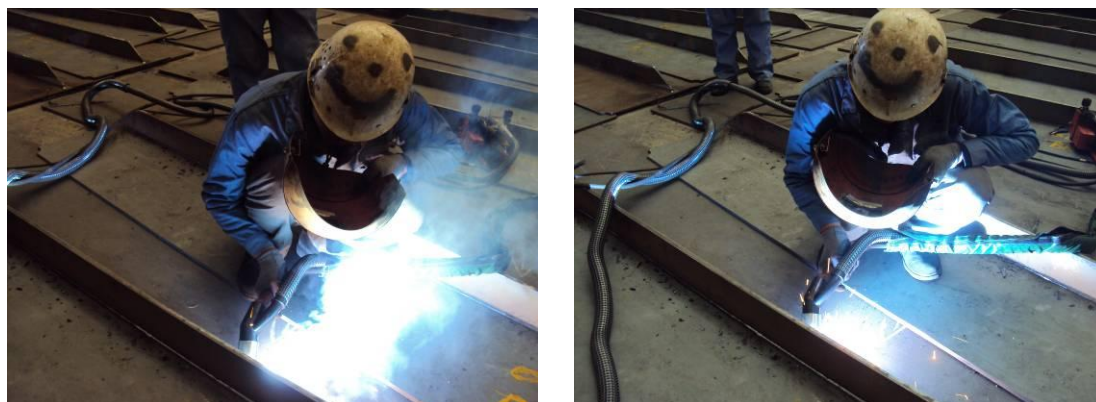


图 4.34 高真空焊烟净化系统运行效果对比（手工焊）



图 4.35 高真空焊烟净化系统运行效果对比（小车焊）

4.3.2.6 成本效益分析

（1）经济效益预测

该技术投资估算为 40 万元/万吨钢材加工量，运行成本 4 万元/万吨钢材加工量。作为污染物控制与处理技术，其效益主要体现在社会效益和环境效益上，经济效益不明显。

（2）项目实施后的社会效益和环境效益

在焊接作业时产生大量焊接烟尘，焊烟中含金属氧化物粉尘、CO、Mn、O₃等有害物质。由于焊烟粒径很小，绝大部分金属氧化物粉尘为可吸入粉尘（即可直接进入肺泡的粉尘），当操作工人长期在通风不良和没有防护措施的环境中进行作业时，易患低热、电焊尘肺等职业病，严重危害操作工人身体健康。该技术在焊烟产生初期，尚未完全扩散至室内时，在第一时刻捕捉，是焊烟治理效率最

高，运行功率较低，最有成效的方法之一，为焊接作业创造一个健康的工作环境。

作为船厂装焊车间局部焊烟净化装置核心技术的高真空焊接烟尘净化技术，真正实现了源头捕捉的污染控制模式，是局部焊烟净化技术领域的突破，从根本上解决了船厂装焊车间焊烟治理的难题。焊接烟尘的源头控制和高效净化给船厂车间带来了清洁的工作环境，彻底改变了以往装焊车间焊烟积聚能见度低的面貌，使车间生产更加安全；最为重要的是该技术真正将焊接工人从焊烟污染中解放出来，对于焊接工人，不再受焊烟污染的危害，保障了职业健康安全，提高了工作效率；对于企业，解决了焊烟引起的尘肺等职业病及其带来的财务、健康保险支付问题。该项技术的推广应用体现了“绿色造船”的理念，达到了船厂节能减排和清洁生产的目标。

4.3.2.7 技术应用情况

高真空焊接烟尘净化技术目前已应用于上海外高桥造船有限公司 T 排流水线及大连船舶重工集团有限公司一工场分段装焊工场焊烟治理。该技术的应用范围涵盖了制造行业主要焊接工位，所以其潜在市场巨大，有很好的应用前景。

4.3.2.8 技术知识产权情况

该技术已获得国家实用新型专利，专利号：ZL201020133600.2。

4.3.3 修船污污水处理后直接排放技术

4.3.3.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

本技术应用在船舶修理企业。修理船舶产生的大量含油污水厂内直接处理，代替原来由具有船舶污染物接收资质的单位接收处理的方式，减少处理环节，提高处理效率，降低处理成本。

（2）技术基本原理

采用生物氧化+膜处理技术对含油污水进行处理，本技术的原理为：污水水在三级贮水池进行初步分离，然后通过油水分离罐、除油罐、气浮机后，进入调节罐进行生物氧化，再经过 UF 膜技术处理后达标排放。

技术原理图如下：

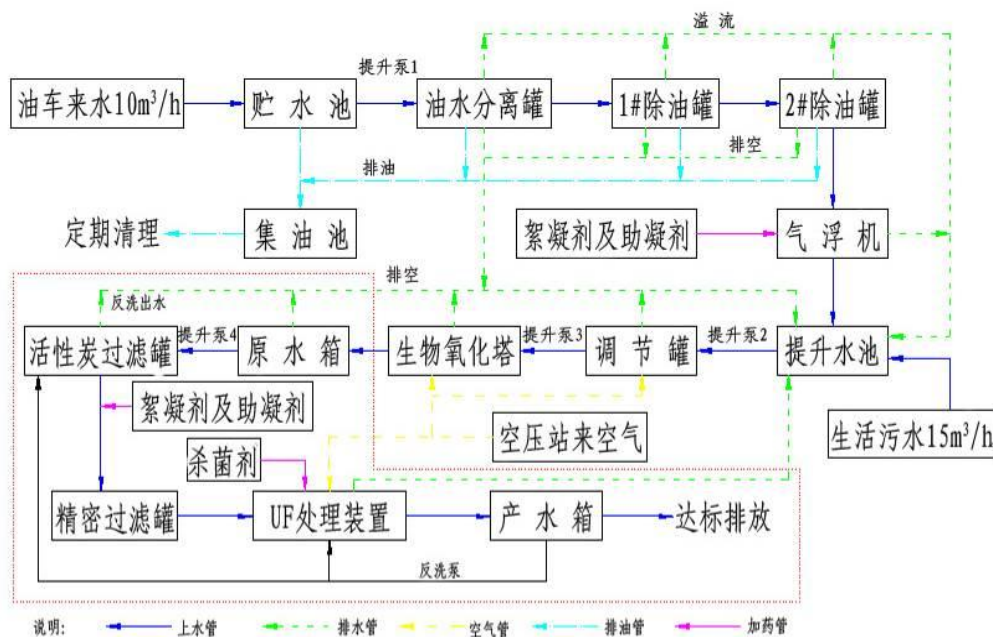


图 4.36 修船陆域污污水处理后工艺原理图

4.3.3.2 技术发展水平

(1) 技术概况

修船产生的污油水主要包含以下几种：

①油舱压载水。油舱压载有两种，油轮货舱压载和燃油舱压载。油轮货油舱在卸货后，一般存有一定量的残油，如果用货油舱压载时，一般在货舱中注入 25~60%油轮载重量的压载水。

②油船洗舱水。由于各种原因，油舱需进行清洗。如船舶进坞检修，需对油舱进行清洗，货油舱换装另一种油料而需要清洗等。

③机舱含油舱底水。舱底水的产量受诸多因素影响，如船舶的吨位的大小、新旧、主付机的功率、管系的装配工艺、艏轴的密封、设备的维修保养、船舶航区和航行时间等等。

针对修船产生在清舱清油作业产生的含油污水，下船后运输到厂区内污污水处理站直接处理，达到污水综合排放标准，产生的废油由专业单位接收处理，减少废弃物的排放。

(2) 技术原理

本技术对污油水在三级贮水池进行初步分离，在经过油水分离罐、除油罐、气浮机后，进入调节罐进行生物氧化，再经过 UF 膜技术处理后达标排放。

4.3.3.3 技术适用条件

本技术的实施对外在技术条件无特别要求。

4.3.3.4 实施建设内容

(1) 关键工艺设备

实施本技术主要应用的工艺装备包括油水分离罐、氧化塔、除油罐、气浮机、UF 处理装置、过滤罐、调节罐等。部分重要设备如下图：



图 4.37 分离罐及氧化塔



图 4.38 UF 膜处理装置



图 4.39 气浮机

（2）主要技术指标

该技术应用后，对于原企业生产并无影响，对于原企业生产的所有指标均无改变。

4.3.3.5 节能减排效果

以大连中远船务工程有限公司为例，修船项目每年排放约 3 万吨污油水，经厂内污油水处理装置处理后直接达标排放，在此过程中产生的废油由专业单位免费接收处理。

4.3.3.6 成本效益分析

以大连中远船务工程有限公司为例：

每年修理船舶产生 3 万吨污油水，如由具有船舶污染物接收资质的单位接收处理费用为 300 万元。实施该技术投资成本约为 400 万，处理站年运行成本约为 60 万，废油由专业单位免费接收处理。不到两年即可收回投资。

4.3.3.7 技术应用情况

目前大多数污水由具有船舶污染物接收资质的单位接收。预计“十二五”期间，此技术可在船舶行业内广泛应用。

4.3.3.8 技术知识产权情况

本技术无专利，主要的技术使用企业包括大连中远船务工程有限公司等。

4.3.4 船舶拆解系统预清理技术

4.3.4.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

船舶拆解的基本工序是：预清理——切割——起重——二次切割——运输。

所谓预清理，就是在对船舶进行动火切割前，对船上的有毒有害物质进行预先处理，使船舶的整个拆解过程中对环境和对工人健康的影响降至最低。因此，我们将船舶拆解的预清理归纳定义为拆船行业节能减排的关键、领先技术。

（2）技术基本原理

尽管拆解一条报废船舶，废弃物比例不高，但是这些材料如在拆解时不正确处置，可能会对周边环境和工人健康产生损害。

预清理主要对船上以下物质进行清理：石棉拆除，废油处理，氟利昂、含有

PCB 的电缆线、船上固体垃圾等。经过预清洁，基本上可以把船上有毒有害物质危害降至最低，有效的降低健康、安全和环境污染风险。

4.3.4.2 技术发展水平

船舶拆解是一种减少船舶废弃后对环境污染,对建造船舶的金属资源进行回收循环再利用的资源环保型产业,被国际社会称为船舶再循环工业,属于循环经济范畴,又被称为“无烟冶金工业”。通过船舶拆解所得金属资源与通过矿砂炼钢所得金属资源更节约资源，降低排放。

拆船业对于保护海洋、河流环境，防止污染，乃至促进造船、航运业的可持续发展，都具有重要意义和作用。

一条报废船舶的拆解，可得到 90%左右的金属资源和约 1%的有色金属资源及 5%左右的可利用设备，其余为废弃物。如何对这些废弃物的处置，减少其对环境的影响，以最小的环境代价得到更多的金属资源，是拆船业节能减排的关键所在。

国际组织对船舶拆解的安全环保和工人健康非常重视，国际海事组织于 2009 年在香港召开的大会上，通过了拆船香港公约，作为主要拆船国家的中国，在拆船的安全环保方面是走在世界主要拆船国家前列的，早在 1999 年就有国内企业开展国际合作，由船东提供预清理费用，试点对船舶拆解前进行预清理，取得了良好效果，目前这项技术已经在国内多家企业展开。

拆解前预清理工作就是在船舶动火切割前，尽可能的清理船上的有害物质、易燃易爆物等，使拆解后物质对外界环境造成的影响最小。预清理主要包括：清理舱里零散物品、清理舱室家具、清理石棉废物等绝缘隔热材料、清理电缆、清理多氯联苯废物、清理制冷剂、清理残油和油污水、清理危险化学品、清理船上垃圾。

预清理技术的基本程序：

（1）准备阶段：

①首先要对预清理的技术工人进行安全、技术培训。

②对专业预清理工人配备劳保用品，如：一次性防护服、手套、面罩、专用工作鞋、人工呼吸装置等。

③预清理之前，对照船舶《危险废物清单》，对船上石棉等危险废物存在的位置、数量进行熟悉、统计，并做好标示，便于清理。

（2）清理零散物品

清理舱里零散物品、舱室家具、厨房等：移走沙发、桌椅、电气、日常用品等可移动的物品；拆卸柜子、床等固定的物品并移走；拆除房间四周的装饰板和

顶板；清除防火和隔热材料，并装袋移走；拆除地板并移走；全面清扫，并将垃圾装袋移走。



图 4.40 拆除舱室家具



图 4.41 舱室垃圾分类清理

（3）石棉拆除

先找出船上所有含石棉物品的区域，并用醒目的标识做好记号。拆除前，在拆解区域树立好警示标志，禁止非工作人员进入，并由经过培训的专业石棉拆除工人穿戴好合格的防护用品后，进入石棉拆解区域。先在拆解石棉的区域进行密闭处理，并在石棉区域洒水，防止石棉粉尘的扩散，接着进行石棉的拆除，每层在拆卸期间，除将石棉湿润之外，拆除石棉全部要冷拆，拆除下来的石棉立即装入特定的双层袋子中进行密封。石棉管制区内残留的石棉小碎块要及时收拾清理干净，并用专用吸尘器进行吸附，减少石棉粉尘的扩散，等石棉达到一定数量后送至当地环保部门指定的填埋场进行填埋处理。对于拆除石棉，有如下注意事项：

①拆解石棉的现场，配备专职监管人员，对违规操作者，及时指导纠正。

②拆卸时要采用湿润方式，以免产生粉尘，拆解下来的石棉、玻璃纤维等保温材料要用密封塑料袋包装，统一收集到工厂内专用仓库存放。集中由专用的密封运输车运送到当地环保部门指定的填埋场填埋。

③石棉拆解场地禁止他人进入。

④石棉拆解场地还应用水冲洗，确保拆船工人不受二次污染。

⑤石棉拆解工人下班前应到专用浴室冲洗，换上干净衣服才能回家，以免把石棉粉尘带回家。



图 4.42 标示石棉区域



图 4.43 密闭处理石棉拆解区域



图 4.44 对石棉进行冷拆解



图 4.45 用专用吸尘器吸附石棉碎块



图 4.46 双层袋密封拆解后的石棉



图 4.47 石棉填埋处理

（4）电缆线处理

电缆绝缘物可能含有一些重金属或聚氯联苯（PCB）等有害物质，在燃烧时将释放出来。拆除电缆线采用手工冷拆的方法，杜绝直接高温切割或燃烧。所有电缆线全部进行冷拆除，用钢剪从根部尽可能长地剪断。对于拆解下来的电线电缆，严禁用火烧的方法进行处理，要求用剥线机将其机械剥离，获得铜等可利用有色金属。分离出的导线绝缘蒙皮能利用的进行综合利用，制成码头周围的护舷，不能利用的送至焚烧炉进行高温焚烧处理。



图 4.48 对船用电缆进行冷拆除



图 4.49 剥线机剥离电缆金属



图 4.50 剥离导线制成码头护舷

(5) 氟里昂处理

由专门处理氟里昂的人员登船，用专用接收设备把氟里昂抽至氟里昂瓶中。收集后的氟里昂转移到岸上后，由专门资质电器维修单位进行回收利用。



图 4.51 将氟里昂抽至氟里昂瓶



图 4.52 氟里昂回收再利用

（6）废油处理

船上的剩油通过收集、回收到油料储存桶里供直接利用。残油、油污水等含油污染物，则委托有资质的专业清油队负责收集处理。专业清油队将残油、油污水收集到油污水接收船，残油经重新提炼使用，油污水通过油水分离器进行处理，使水中油含量达 10ppm 以下，符合国家环保标准排放。油泥、含油废物收集后送砖窑厂进行高温焚烧处理。

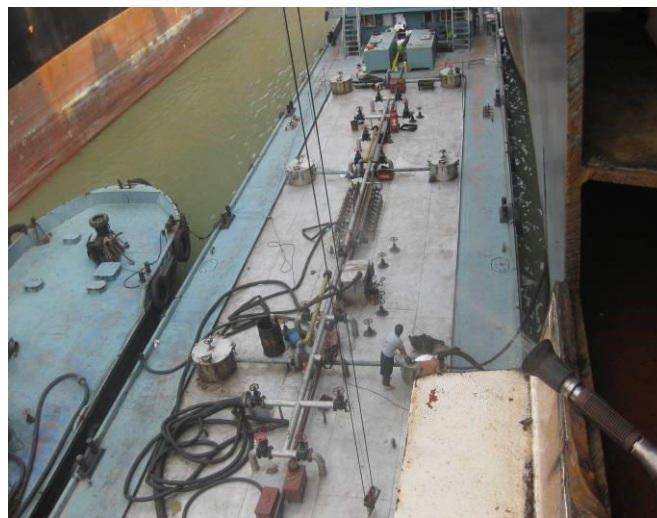


图 4.53 油污水接收船收集残油和油污水



图 4.56 处理船上压力容器瓶



图 4.57 焚烧炉高温焚烧处理

4.3.4.3 技术适用条件

该技术适用于任何待拆解的船舶，需要船舶拆解企业配备相应的拆解工具和专用场地、工人劳保用品及后期处理装置，对拆解工人进行培训。有实力的企业才能开展此项技术，主要原因是前期设备投入较大，运行费用不低，但没有经济效益的回报，只有环境效益和工人健康、安全方面的回报，体现在社会价值方面。

4.3.4.4 实施建设内容

(1) 关键工艺设备

对于实施该技术，需要企业船舶拆解企业配备舱里零散物品堆料仓、石棉冲洗车、石棉吸收泵、石棉施工人员洗浴室、电缆剥皮机、氟里昂抽吸装置、围油栏、吸油泵、污水处理站、焚烧炉等。



图 4.58 石棉冲洗车



图 4.59 石棉施工人员浴室



图 4.60 围油栏



图 4.61 污水处理站



图 4.62 焚烧炉

(2) 主要技术指标

降低了船上污染物对环境和工人健康的影响，使各项废弃物得到有效处置。

4.3.4.5 节能减排效果

经过预清理，基本上可以把被拆船舶有毒有害物质危害降至最低，有效降低健康、安全和环境污染风险。基本实现以最小的环境代价，获取了最优质的金属资源。

4.3.4.6 成本效益分析

实施本技术需要在船舶拆解企业建设时一次性投入设备，对降低环境污染，实现绿色拆解具有决定性的作用，投入成本视企业大小而定，一般情况对于一个年拆解量为 30 万轻吨的中型企业前期设备投入需要 400~500 万元人民币，而取得的回报是社会价值，对环境的保护和工人健康的保护。运行费用为每吨 15~20 元人民币，包括资金利息、对员工的培训费、工人劳保用品费用和人工工资等。

4.3.4.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业拆解企业内广泛应用。预计推广比例为 20%，主要取决于企业是否有预清理资金的来源。

4.3.4.8 技术知识产权情况

本技术无专利，主要的技术拥有企业包括江阴市夏港长江拆船厂等。

4.4 绿色船舶产品能源节约技术

4.4.1 AMP 船舶电源系统在大型集装箱运输船上的应用技术

4.4.1.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

该技术是应用于船舶产品本身的减排技术，属于绿色产品技术。

（2）技术基本原理

船舶主要由船用柴油机和柴油驱动发电机提供动力，使用的燃料主要是重质柴油，在燃烧过程中，会排放出大量的有害气体（氮氧化物，硫氧化物，二氧化碳等），污染环境。

对于大型集装箱船，在停靠港口装卸货物时（尤其是带冷藏集装箱的情况下），电力需求非常大。船上安装 AMP（Alternative Maritime Power）系统后，在挂靠码头时连接港口大功率岸电，可以完全满足船舶的需求，替代船上柴油发电机组的使用。避免了柴油发电机组运行产生的废气排放，减小了对港口环境的影响。

4.4.1.2 技术发展水平

该技术运用过程的优势是：能够有效地实现减排，减少对港口的环境污染。

劣势：应用该技术船东先期投入相应增加，同时还需要港口配套建设大功率 AMP 岸电供应系统。

4.4.1.3 技术适用条件

该技术仅对配置了 AMP 岸电接口的港口适用。对于船舶靠岸的港口，在设置了大功率 AMP 岸电接口的前提下，船舶靠岸后可以立即关闭船上的发电机，利用船上的 AMP 连接到岸电接口，确保船舶的电力需求。

4.4.1.4 实施建设内容

（1）关键工艺设备

在港口设置 AMP 系统岸电接口，在船上设置 AMP 系统，含 AMP 系统接受屏，AMP 系统岸电联接屏，电缆卷筒等部分。

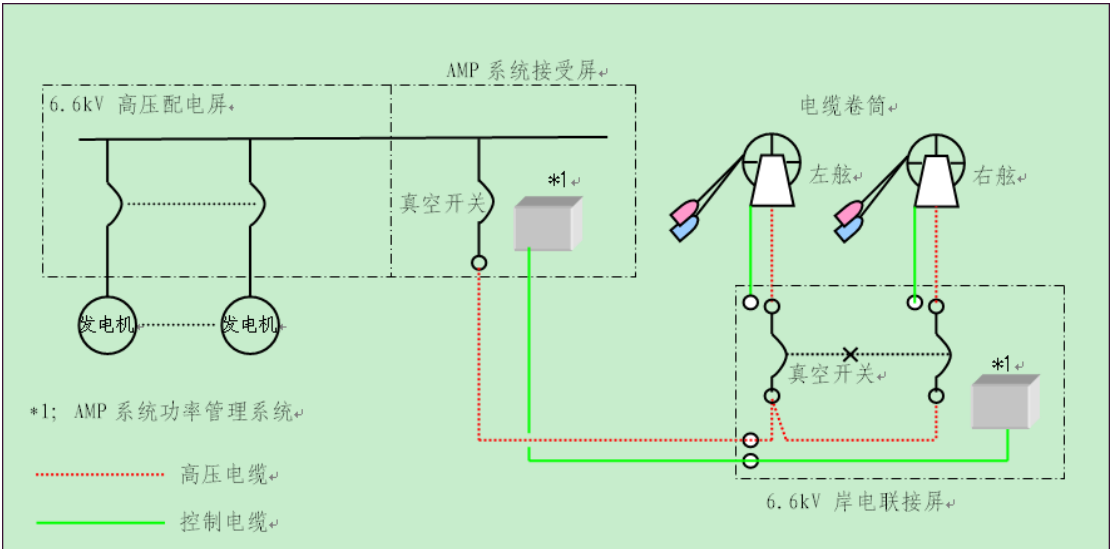


图 4.63 AMP 系统组成图

（2）主要技术指标

该技术应用后，在船舶靠港时，船舶 AMP 系统接入岸电电源后，可以关闭船上的柴油发电机组，利用岸电电源就可以满足船舶的电力需求，消除了柴油发电机组产生的废气排放，对船舶本身的设备运行没有影响。

4.4.1.5 节能减排效果

该技术减少了柴油发电机组产生的废气排放，减小了对港口环境的影响。

4.4.1.6 成本效益分析

应用该技术的船舶产品，在运营过程中减少自身能耗和废气排放，具有较好

的经济效益和社会效益。

4.4.1.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业内广泛推广应用。

4.4.1.8 技术知识产权情况

该技术无专利，主要的技术拥有企业包括南通中远川崎船舶工程有限公司等。

4.4.2 超级油轮（VLCC）减少压载舱内淤泥堆积技术

4.4.2.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

该技术是应用于船舶产品本身的技术，属于绿色产品技术。

（2）技术基本原理

运输中国进口原油的超大型油轮（VLCC），有约一半在长江口区域的港口卸货。此区域港口的海水淤泥含量极高。VLCC 在卸下原油的同时，要把当地富含淤泥的近 10 万吨的海水注入船上的压载舱。一个航次压载舱内就会积淀下几十甚至数百吨的淤泥。这对船舶的航行安全，对港口的生态安全都将带来极大的隐患。

本技术通过优化 VLCC 航行工况及压载舱的布置，减少船舶航行过程中压载舱海水的注入/排出量，有效减少海水中的淤泥在压载舱内的堆积；同时通过优化船体结构的形式，利用船舶航行的动能，将部分淤泥排出；另外配备必要的冲洗设备，用于完全清洗压载舱内的淤泥，从而提高产品清洁度和运营性能。

4.4.2.2 技术发展水平

该技术通过对压载舱的划分改造及变更布置来减小淤泥的吸入和堆积，船型变更较小，实用性很强，得到船东的认可和好评。

4.4.2.3 技术适用条件

该技术适用于大型远洋油轮。

4.4.2.4 实施建设内容

（1）关键工艺设备

应用该技术需要在 VLCC 上设置专门的港口压载舱，以满足航行的要求。

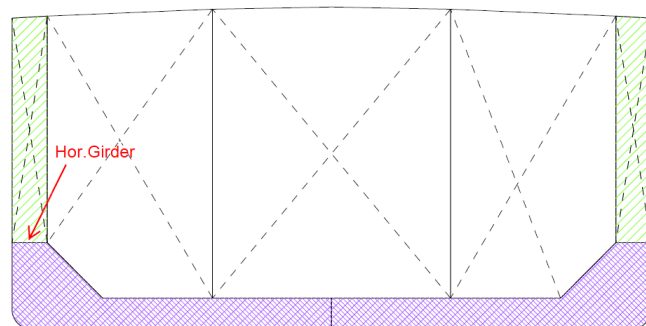


图 4.64 压载舱的布置图

（2）主要技术指标

该技术应用后，船舶将减少淤泥的堆积，有助于降低船舶航行的能耗，提高船舶的航行安全；同时大为降低对港口环境的影响。

4.4.2.5 节能减排效果

本技术应用后，每艘 VLCC 年均可减少淤泥堆积量约 1600 吨，减少压载水的注入/排放量约 40 万吨，从而大大减少了船舶携带压载水航行对海洋的污染，并切实提高了船舶航行安全性能，减少船舶电力、燃油的消耗。

4.4.2.6 成本效益分析

应用该技术主要在于对船舶结构的设计和载况的优化。能改善大型远洋油轮压载舱中淤泥堆积的现象，提高了船舶运力，降低船舶营运成本；同时极大的提高船舶航行安全性能。

4.4.2.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶行业内广泛推广应用。

4.4.2.8 技术知识产权情况

本技术 2010 年申请国家专利，专利号为 201020286270.0，专利持有方为南通中远川崎船舶工程有限公司。

4.4.3 船舶舵球-舵鳍系统节能技术

4.4.3.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

该技术属于应用于船舶产品设计，在船舶总体设计环节应用。也可作为在航船舶技术改造用。

（2）技术基本原理

舵球舵鳍系统由安装在螺旋桨正后方舵上的流线形回转体和切面为机翼型的鳍组成。

舵鳍把螺旋桨尾流中损失的部分旋转流能量转化为推进功；舵球则减少或消除螺旋桨毂涡从而减少其粘性阻力。

4.4.3.2 技术发展水平

船模试验研究和实船使用证明，在相同航速的条件下采用舵球舵鳍系统平均可节省主机功率 4%~7%。

4.4.3.3 技术适用条件

该技术用于各种螺旋桨推进的船舶，新建和在航船舶改造均适用。

4.4.3.4 实施建设内容

（1）关键工艺设备

该技术主要装置由安装在螺旋桨正后方舵上的流线形回转体和切面为机翼型的鳍组成。工艺设备与船体的建造相同。

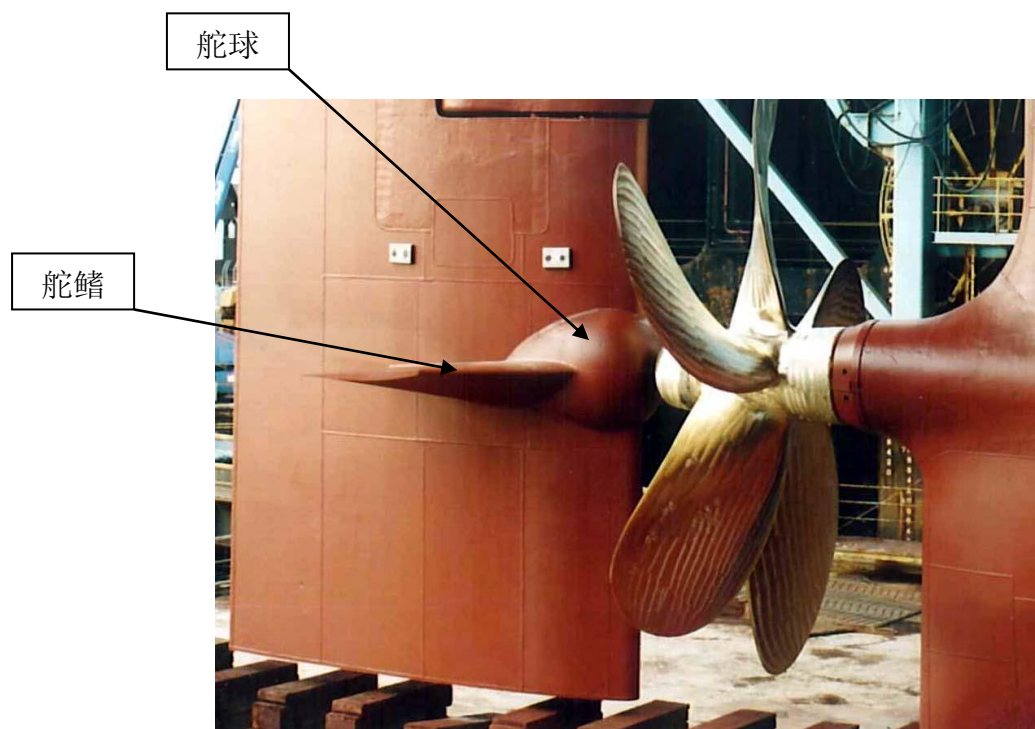


图 4.65 舵球舵鳍系统示意图

（2）主要技术指标

该技术应用后，有助于提高船舶推进效率，对船舶的运营具有较好的节能效果。

4.4.3.5 节能减排效果

该技术应用后，在相同航速的条件下平均可节省主机功率 4%~7%，节能减排效果显著。

4.4.3.6 成本效益分析

应用该技术主要在于对船舶结构的设计与制造，增加的配件极少，一次性投资一年以内便可通过航运节油加以回收，船舶越大，回收周期越短。而且使用安全可靠、维修保养方便，没有两次污染和排放。

4.4.3.7 技术应用情况

目前在航船平均船龄 11.5 年。预计“十二五”期间，可在船舶航运行业内广泛应用，国家层面专项政策扶持的力度越大，推广面也就越大，最大可达 30%。

4.4.3.8 技术知识产权情况

本技术中国船舶工业集团第七〇八研究所于 1986 年获得专利，专利号 86108092.0，同时本技术国外也有专利，技术拥有企业还有南通中远川崎船舶工程有限公司等。

4.4.4 船舶不对称船尾节能技术

4.4.4.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

该技术属于应用于船舶产品的设计技术，在船舶总体设计环节应用。

（2）技术基本原理

应用尾柱 S 形不对称船尾、尾柱偏移型不对称船尾、桨轴偏移型船尾等技术，有效降低船舶航行的能耗。

4.4.4.2 技术发展水平

船舶线型设计采用尾柱 S 形不对称船尾、尾柱偏移型不对称船尾、桨轴偏移型船尾等技术，可以达到减少船舶能耗的目的，日本 1989 年建造的一艘 230000t

矿砂船采用桨轴偏移型船尾，节省功率 3-9%。

我国尾柱偏移型不对称尾和联邦德国尾柱 S 形不对称尾的比较：

满压载平均节能效果比较（%，模型试验结果）

VS	15	16	17	18	19	20	21
尾柱偏移	8.9	8.3	8.0	7.9	8.2	7.8	7.5
尾柱 S 形	8.2	7.6	8.1	8.5	8.3	8.2	7.8

我国尾柱偏移型不对称尾和日本桨轴偏移船尾的比较（%，模型试验结果）

船型	尾柱偏移			桨轴偏移		
	满载	压载	平均	满载	压载	平均
150000 油船	5.4	6.3	5.85	1.8	9.8	5.8
60000 油船	5.6	6.4	6.0	5.4	6.3	5.85

4.4.4.3 技术适用条件

该技术适用于任何常规类型的水面船舶，对外界环境无任何要求，对船舶自身航行无任何影响。

4.4.4.4 实施建设内容

（1）关键工艺设备

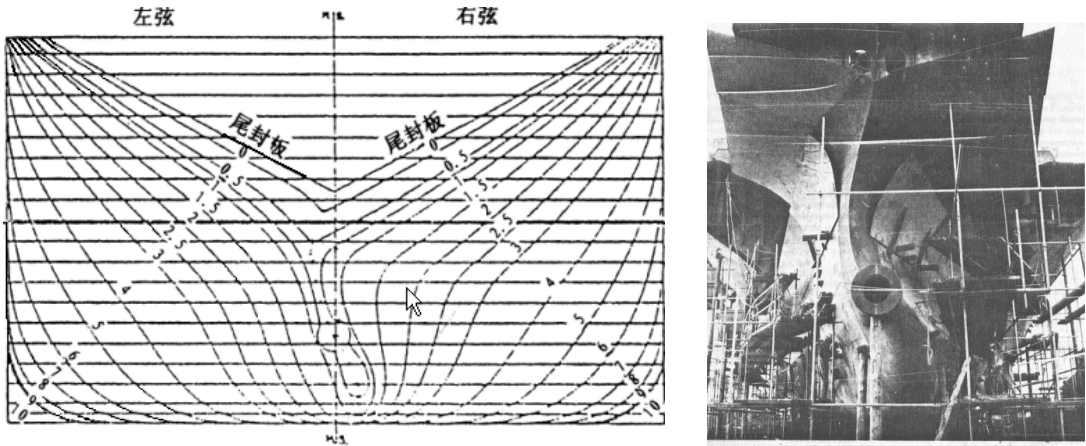


图 4.66 联邦德国的尾柱 S 形不对称船尾

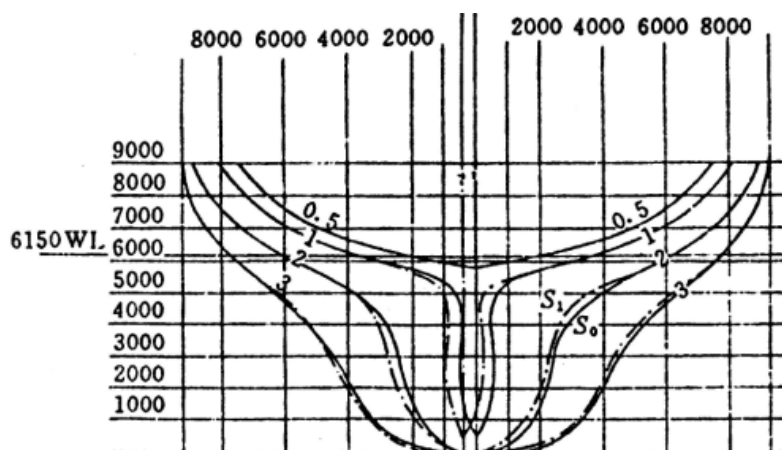
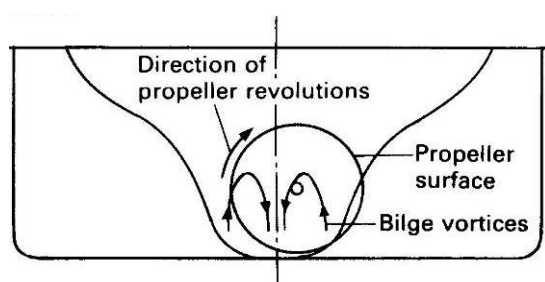


图 4.67 我国尾柱偏移型不对称船尾



Conventional hull form

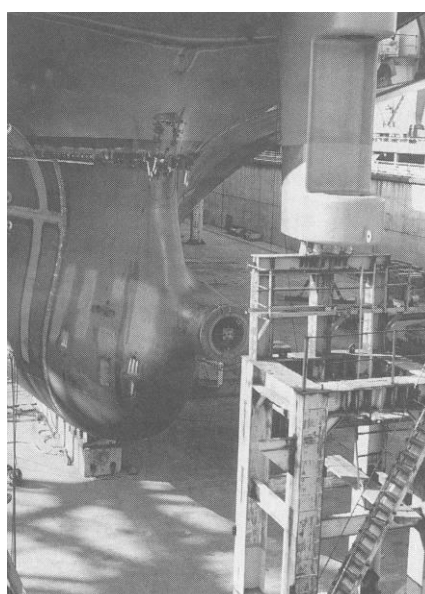
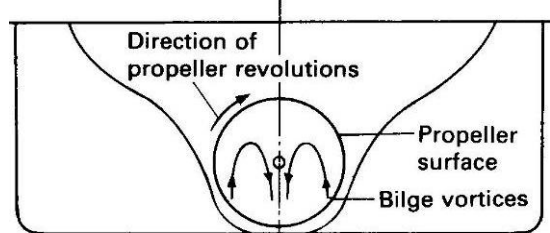


图 4.68 日本桨轴偏移形船尾

（2）主要技术指标

该技术应用后，在相同航速的条件下每艘船平均可节省主机功率 4%~10%。

4.4.4.5 节能减排效果

该技术实施后，能够有效改变船舶水动力特性，或在主机功率相同前提下，航速更高；或在航速相同前提下，节省燃油。都在较大程度上达到节省能源、减少 CO₂ 排放的效果。

4.4.4.6 成本效益分析

在多年的国内外船舶市场竞争中，通过不断改进研究设计，使船舶综合水动力节能技术逐步固化成熟，这些技术都经过了大量船模试验研究和实船使用的验证，取得了量化的研究成果。该技术的实施由船舶总体设计单位进行相关设计，完成每艘船舶设计的最终产品提供船厂建造，仅以较少的设计经费和建造成本取得船舶运营节能效果的显著提升，如联邦德国一艘尾柱 S 形不对称船尾集装箱船设计航速 18 节时节能效果达到 9.9%，具有较高的成本效益。

4.4.4.7 技术应用情况

预计“十二五”期间，可在船舶航运行业内推广应用。国家层面专项政策扶持力度越大，在新建船舶中的推广面也就越大。预计最大可达在建船的 30%。

4.4.4.8 技术知识产权情况

本技术中的尾柱偏移型不对称船尾于 1990 年由中国船舶工业集团第七〇八研究所申请专利，专利号 90202617.8。

4.4.5 船舶组合式水动力附加节能装置技术

4.4.5.1 技术介绍

（1）技术应用工艺节点

该技术属于应用于船舶产品的设计技术，在船舶总体设计环节应用。也可作为在航船舶技术改造用。

（2）技术基本原理

针对各种船舶尾部的外形特点，采用导流罩（舵球）、补偿导管、桨前整流鳍、L 形整流导管、对称整流隔板、不对称尾鳍（不对称整流隔板）、桨帽鳍、助推尾轴架和舵附推力鳍（舵鳍）等中的两种或多种技术形成组合式水动力附加

节能装置，可减少或消除船尾的水流分离现象，促使更多的水进入螺旋桨盘面，并使进入桨盘面的水流预旋，切面机翼型的装置还会产生附加推力。实现节能最大化。

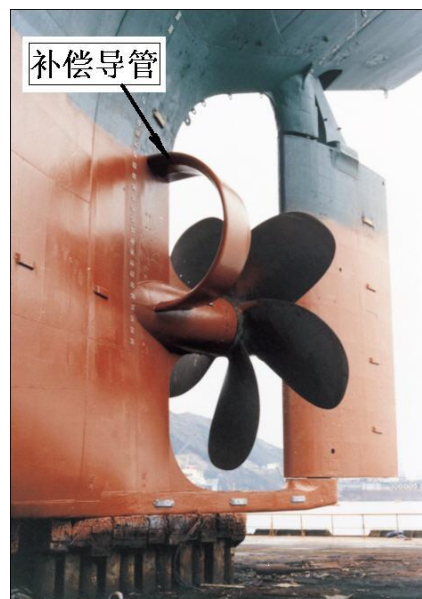


图 4.69 补偿导管

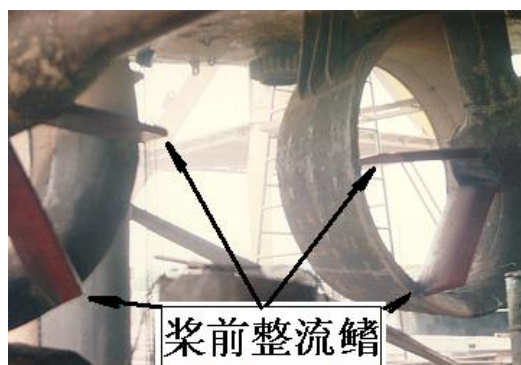


图 4.70 桨前整流鳍

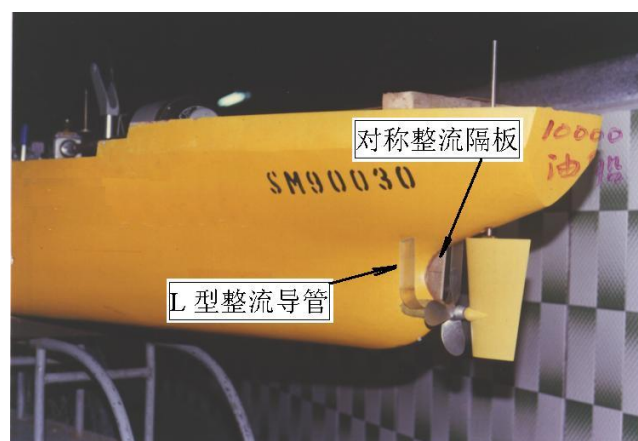


图 4.71 L 型整流导管和对称整流隔板



图 4.72 长 C 型整流导管



图 4.73 桨帽鳍

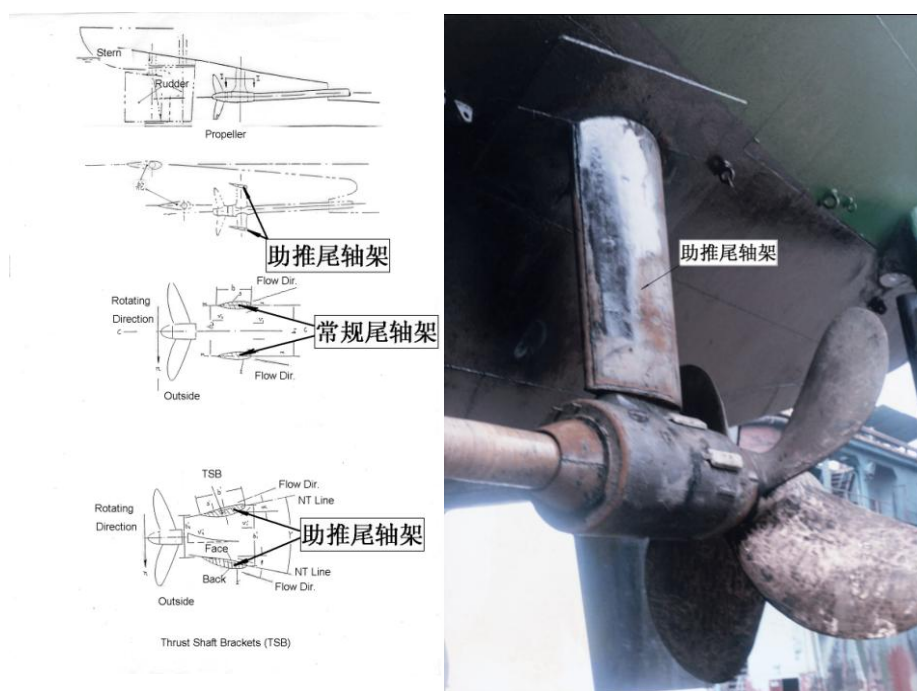


图 4.74 助推尾轴架

4.4.5.2 技术发展水平

根据在福建省轮船总公司新造的 1000 吨沿海货船模型上进行系列试验研究,采用导流罩+左舷补偿导管+右舷桨前整流鳍组合装置在设计航速时功率可减少的效果:

节能措施	设计航速 9.8 kn 时所需轴功率减少
导流罩	2.6%
+左舷补偿导管	8.2%
+右舷桨前整流鳍	11.3%

此外,采用导流罩+左舷补偿导管+右舷整流导管+不对称尾鳍(不对称整流隔板)的组合方式也是一种有效的节能设计方式。广州海运局新造的 35000t 油船上加装了设计航速时节能效果为 11.6%的导流罩、左舷补偿导管、右舷 L 型整流导管和不对称尾鳍(不对称整流隔板)组合节能装置。实船试航达到船模试验预报的航速。这批姐妹船由于加装了节能效果为 2.5%的不对称整流隔板,进港低速航行的航向稳定性能明显优于该局以前建造的 35000 吨散货船。

采用导流罩+左舷补偿导管+右舷整流导管+不对称尾鳍(不对称整流隔板)组合装置在设计航速时功率减少的效果:

节能措施	设计航速 14.5 kn 时所需轴功率减少
导流罩	2.0%
+左舷补偿导管	6.3%
+右舷整流导管	9.1%
+不对称尾鳍	11.6%

4.4.5.3 技术适用条件

该组合式技术适用于任何常规类型的水面船舶，对外界环境无任何要求，对船舶自身航行无任何影响。

4.4.5.4 实施建设内容

(1) 关键工艺设备

导流罩+左舷补偿导管+右舷桨前整流鳍装置的结构组成如下：

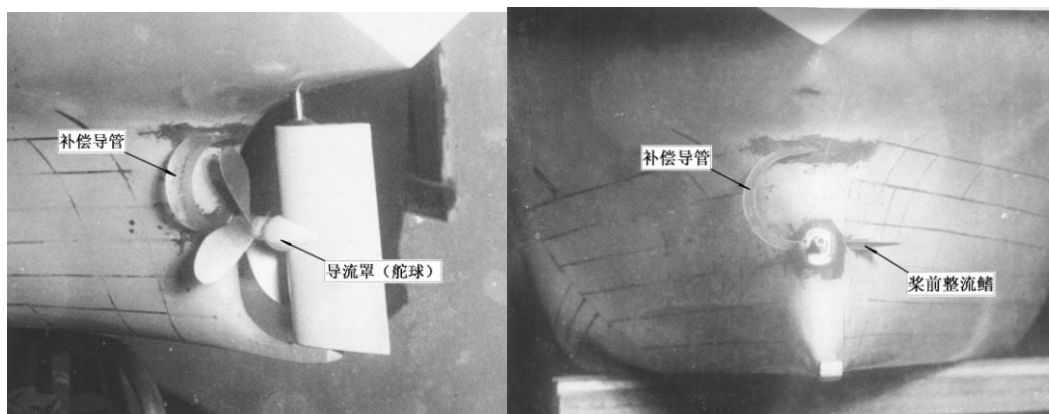


图 4.75 导流罩+左舷补偿导管+右舷桨前整流鳍装置

导流罩+左舷补偿导管+右舷整流导管+不对称尾鳍的结构组成如下：

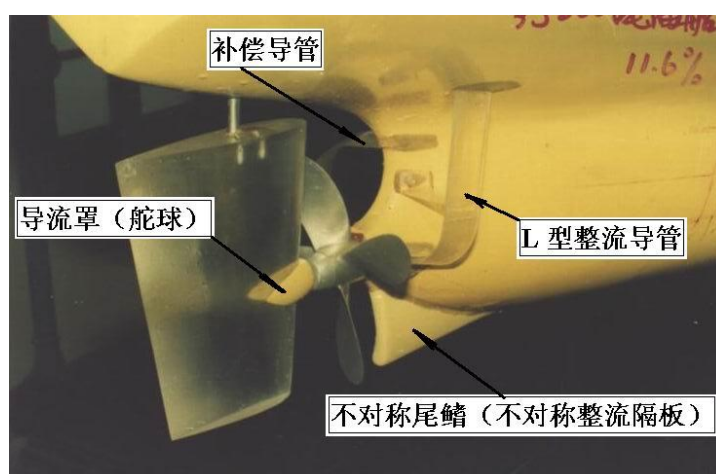


图 4.76 导流罩+左舷补偿导管+右舷 L 型整流导管+不对称尾鳍

(2) 主要技术指标

该组合式技术应用后,对降低船舶航行阻力、提高推进效率具有明显的效果,最高可达到 11.6%的节能效果。船模试验表明补偿导管等节能装置可减少螺旋桨诱导的激振力 20%~25%,大量实船加装后的营运实践证实了模型试验预报的结果。

4.4.5.5 节能减排效果

该组合式技术实施后,能够有效改变船舶水动力特性,在主机功率相同前提下,航速更高;或航速相同的前提下,每艘船平均节省燃油 4%~8%。都在较大程度上达到节省能源、减少 CO₂ 排放的效果。

4.4.5.6 成本效益分析

在多年的国内外船舶市场竞争中,通过不断改进研究设计,使船舶综合水动力节能技术逐步固化成熟,这些技术都经过了大量船模试验研究和实船使用的验证,取得了量化的研究成果。该技术的实施由船舶总体设计单位进行相关设计,完成每艘船舶设计的最终产品提供船厂建造,仅以较少的设计经费和建造成本取得船舶运营节能效果的显著提升,具有较高的成本效益。

4.4.5.7 技术应用情况

目前在航船平均船龄 11.5 年。预计“十二五”期间,可在船舶航运行业内广泛推广应用,国家层面专项政策扶持的力度越大,推广面也就越大,最大可达 40%。

4.4.5.8 技术知识产权情况

本技术已申请多项专利,专利号: 87204866.7 (船用螺旋桨简易补偿导管), 87216893.X (船用补偿导管导流罩组合节能装置), 89222094.5 (整流隔板), 90215533.4 (收缩流道式轴支架), 90223236.3 (一种节能的桨前整流鳍), 92230731.8 (一种防渔网节能装置), 94239233.7 (带适进流鳍板的螺旋桨桨帽), 94206493.3 (一种桨前整流导管), 02137529.1 (一种叶轮装置), 拥有方为中国船舶工业集团第七〇八研究所。

4.5 绿色船舶产品污染物控制与处理技术

4.5.1 L16/24、L23/30 系列船用中速柴油机满足 IMO Tier II 技术

4.5.1.1 技术介绍

(1) 技术应用工艺节点

该技术适用于满足 IMO Tier I 的 L16/24、L23/30 系列机型的排放改进，可以使 NO_x 排放在此基础上降低 20% 以上，满足 IMO Tier II 要求；此外，该技术可以向其他机型的排放控制技术研究进行推广应用和借鉴。

(2) 技术基本原理

根据柴油机内 NO_x 的生成机理，船用柴油机排放控制的基本方法可以分为三个类别，分别是机内净化、与燃料相关的预处理以及对排气的后处理：预处理是通过燃料除氮以减少因燃料含氮而生成的 NO_x，以及使用代用燃料改善燃烧过程以减少排放物的生成量；机内净化是通过在燃烧过程中抑制 NO_x 的生成条件以减少其生成量；后处理是通过对已经生成的 NO_x 进行尾气净化处理以减少机外排放。各类方法的主要技术措施如图 4.77 所示。

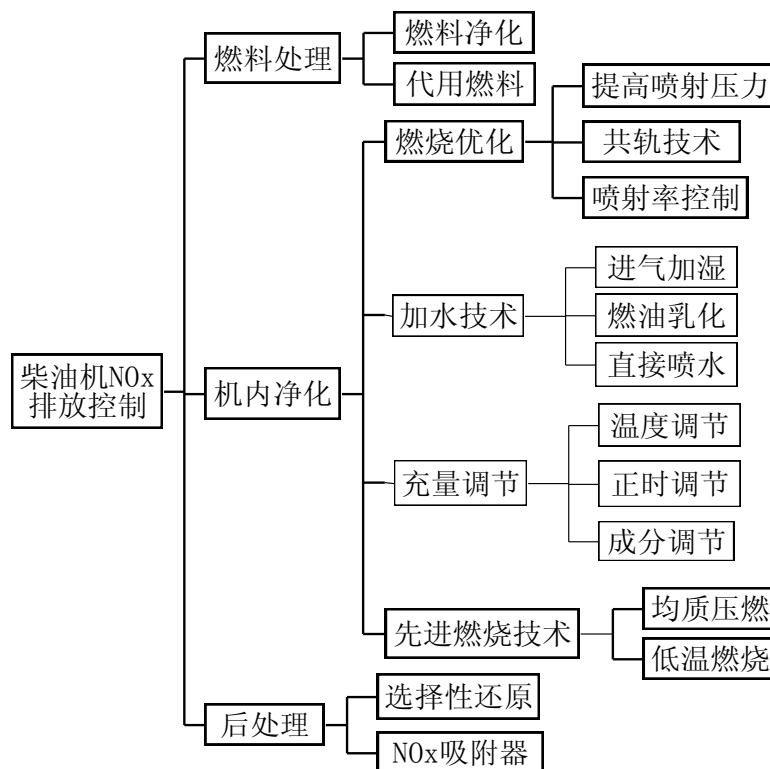


图 4.77 柴油机 NO_x 排放控制措施的分类

由于燃料 NO_x 量相对很小，而后处理技术成本昂贵，因此在 IMO 排放法规 Tier I 及 Tier II 阶段，机内净化措施占船用柴油机 NO_x 排放控制技术的主导地位。结合 L16/24、L23/30 系列柴油机的具体结构，主要通过从以下几方面进行分析、研究：

(1) 燃烧过程分析

进排气过程影响缸内流场的形成，进而影响混合气质量的好坏，喷油规律、喷油定时等影响燃烧效果等，这些都是影响排放的重要因素，因此燃烧过程分析

技术是研究排放技术的关键。燃烧过程分析技术，就是主要研究进排气过程、喷油过程等对于燃烧过程的影响，进而探索这些因素与排放之间的关系，有针对性的改进柴油机有关系统、部件等设计。

柴油机缸内燃烧过程直接决定 NO_x 的生成量，因而对燃烧进行优化是 NO_x 机内净化的基本方法。柴油机的燃烧是非常复杂的过程，受到诸如喷油正时、气门正时、燃烧室形状、压缩比、涡流比、湍流状况、喷油压力、充量温度和压力、燃烧温度和压力等多个参数的影响，燃烧过程优化就是以降低 NO_x 排放为目的寻求这些参数的最优匹配。

（2）增压中冷

增压中冷技术，可以增加进气量，降低进气温度，使燃料燃烧充分，在增加功率的同时降低柴油机油耗和排放。增压中冷技术已经广泛应用，研究增压器、中冷器的结构特征和空气流动特性，分析对燃烧排放的影响。

（3）燃烧室结构分析

燃烧室由气缸盖、活塞和缸套组成，是燃料燃烧的场所。燃烧室的结构，影响缸内气流流动和流场特征，影响燃料和空气混合，进而影响燃烧排放效果。

4.5.1.2 技术发展水平

随着排放法规的日益严格，国外各大船舶柴油机研发、生产机构和生产公司纷纷开展燃烧与排放控制技术研究。主要采用机内、机外废气再循环技术(EGR)；优化柴油机结构参数和运行参数；采用湿法降低 NO_x 技术；添加燃油添加剂；以及最近的电控共轨喷油技术等。

我国船用柴油机经历了引进、自行研制、再引进国产化、消化吸收和提高的过程，在船用柴油机排放技术控制方面也取得了长足的发展。通过对 L16/24、L23/30 柴油机排放控制技术研究，掌握了相关关键技术，使该两种机型在国内率先通过了多家船级社的排放试验认可，技术水平国内先进。同时，也为下一阶段 Tier III 排放控制技术研究积累了坚实的技术基础。

4.5.1.3 技术适用条件

该技术适用于远洋船舶船用中速柴油机的排放改进，可以使柴油机排放尾气中的 NO_x 含量有效降低，满足 IMO Tier II 要求。

4.5.1.4 实施建设内容

（1）关键工艺设备。

该技术所应用的主要工艺设备为船用中速柴油机。

（2）主要技术指标。

该技术应用后，有效的降低了柴油机污染物的排放，可使 NO_x 排放在 IMO Tier I 的基础上降低 20%以上，很好的满足足 IMO Tier II 要求。

4.5.1.5 节能减排效果

以 L16/24 及 L23/30 柴油机为列，每千瓦小时减少氮氧化物排放量对比如下：

排放 机型	氮氧化物排放量 (g / Kw h)		减少排放 (%)	备注
	Tier I	Tier II		
L16/24	10.75	8.22	23.53	2011 年该机型所有产品试车减少 6.75 吨氮氧化物排放
L23/30H	9.14	8.68	5	2011 年该机型所有产品试车减少 3.16 吨氮氧化物排放

4.5.1.6 成本效益分析

该技术以较少的投入，对 L16/24、L23/30 等系列中速柴油机进行燃烧、喷油、进排气等系统进行技术优化改进，达到减少生产过程中试车和装船运行后减少氮氧化物的排放，使镇江中船设备有限公司生产的国产船用中速柴油机满足 IMO Tier II 排放标准要求。

4.5.1.7 技术应用情况

目前，该排放控制技术已经在镇江中船设备有限公司尚未满足 IMO Tier II 要求的其他机型上进行了推广应用。在“十二五”期间，该技术可在国产船用柴油机进行广泛应用。

4.5.1.8 技术知识产权情况

本技术无专利，主要的技术拥有企业包括镇江中船设备有限公司等单位。

第五章 工艺技术优化组合方案

在第三章、第四章的工艺和技术分析的基础上，从生产全流程优化角度，综合考虑生产技术、资源能源综合利用技术和末端治理技术间的配套关系，提出代表未来船舶行业节能减排技术进步方向的先进工艺技术组合方案，为新建企业技术路线选择或现有企业技术改造提供指导。

5.1 工艺技术组合不对称船尾+水动力附加装置节能技术

5.1.1 工艺技术组合方案

该技术组合在绿色船舶产品节能减排技术4不对称船尾节能技术和技术5组合式水动力附加节能装置技术的基础上，组合成新的节能减排技术。

(1) 不对称船尾+补偿导管+导轮技术方案：

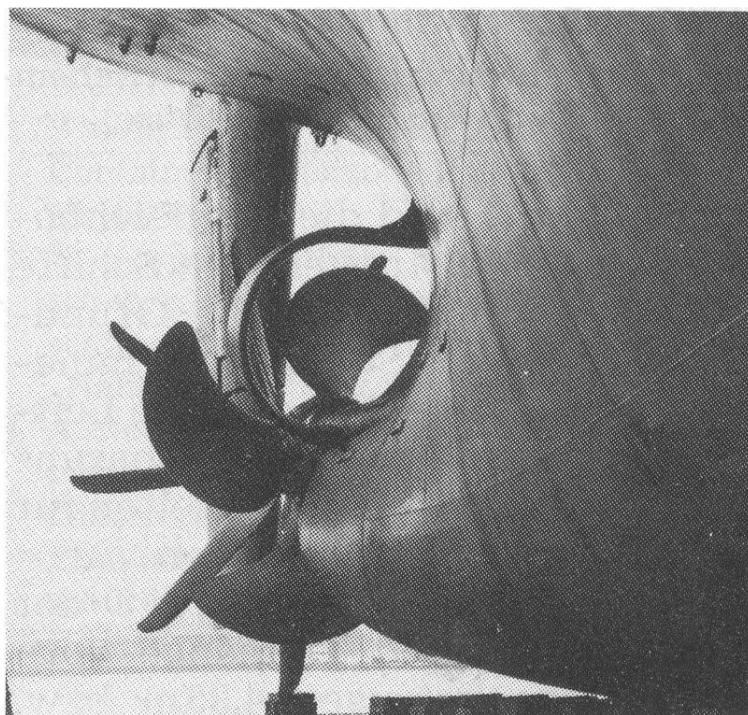


图 5.1 不对称船尾+补偿导管+导轮技术方案

(2) 导轮+桨前整流鳍技术方案：



图 5.2 导轮+桨前整流鳍技术方案

(3) 不对称船尾+补偿导管技术方案:

伴流测量显示尾柱偏移型不对称船尾不会发生大片高伴流区的现象。

5.1.2 可实现的节能减排水平

(1) 不对称船尾+补偿导管+导轮技术

实船试航节能效果 11.1%~17.9%

(2) 导轮+桨前整流鳍技术

实船试航节能效果 9%~18%

(3) 不对称船尾+补偿导管技术

实船试航节能效果 10%~14 %

5.1.3 技术经济分析

不对称尾效果最好的为尾柱 S 型和尾柱偏移型。对方形系数 C_B 大于 0.78 的船尾柱偏移型优于尾柱 S 型；对中小 C_B 船，满载尾柱 S 型优，压载尾柱偏移型优，平均效果相同。

激振试验表明，尾柱 S 型减少螺旋桨引起的激振力 8%~25%，而尾柱偏移型还可减少 7%~20%。

操纵性试验表明，不对称尾对操纵性能影响不大，小舵角时航向稳定性稍差。

5.1.4 工程实例

中国船舶工业集团第七〇八研究所已对 15 型船（双桨 2 型）进行 S、C、尾柱偏移、尾柱偏移+倾斜、桨轴偏移型不对称尾研究，其中 9 型与补偿导管组合。

第六章 节能减排新技术动态

随着国家对船舶行业节能、减排、降耗工作的日益重视，新的节能技术和节能设备将不断出现，这将为船舶行业的节能工作效能提供有力的技术支持，也为行业的能源使用效率达到或接近国际先进水平提供了基本保障。

本章介绍国内船舶行业节能减排方面的新技术动态，包括处于研发阶段、尚未进行生产实践的技术。

6.1 超高压水射流船舶爬壁除锈成套系统技术

6.1.1 技术介绍

随着国家对修造船行业环保要求的逐步提高，目前修造船过程中广泛使用铜矿砂对船舶进行除锈的方法，由于过程中产生大量的粉尘和噪声污染，对施工人员身心健康和周边环境造成了很大的危害；另外由于近年冶炼技术的不断提高，冶金企业为提高产铜率对铜矿砂进行综合利用导致了铜矿砂资源的供给紧张，而且综合利用后的铜矿砂由于颗粒小、锐度差，硬度低等原因，造成了单位耗砂量大幅上升，所有这些因素都导致了打砂成本的快速上升，所以用铜矿砂除锈的方法已经不适应修造船发展的需要。超高压纯水射流的船舶除锈除漆技术能很好的解决铜矿砂除锈出现的污染和费用高涨的问题，目前该技术研究已经基本成熟，具备实际应用的条件。

国际上的水射流技术最早始于 19 世纪中叶，主要用于冲蚀土壤和开采金矿，后逐步应用到其他采矿业，到 20 世纪 60 年代，射流技术的研究已经确立了其实用性的地位，20 世纪后，高压水射流设备试验和工业应用，较为广泛地应用于采矿、清洗和采油等工业领域。随着先进测试和研究手段的进步，射流技术机理的研究和分析为该项技术的突破奠定了基础。到 21 世纪以后，水射流喷射技术已经成为了一门独立的综合性学科，结合机电一体化技术的发展，水射流研究已经进入了一个崭新的时代。

在船舶除锈方面，美国的 Flow 公司、德国的 Hammelmann 公司、中国的意美通洁公司和合肥通用机械研究所等先后将超高压射流技术应用于船舶除锈，开发了成套设备，也已经有了较为成功的案例，但是多少还存在着安全性、经济性和实用性方面的问题。

船舶除锈技术的未来发展趋势：水射流技术是主流，在此基础上着力研究开发高性能的成套设备，完善爬壁除锈执行机构，引入混合除锈理论，加强射流除锈机理研究，提高除锈质量的检测手段，优化喷头等关键零部件。

6.1.2 技术试验示范效果

(1) 产品名称：超高压水射流船舶爬壁除锈成套系统

(2) 产品外观：



图 6.1 系统外观



图 6.2 系统组成

(3) 产品功能：

①超高压水射流除锈成套系统及其控制

由三柱塞超高压水液压泵组及其电控系统、真空抽吸分系统、超高压水射流喷嘴等组成，采用变频控制流量经节流喷嘴液阻产生超高压，并通过气控卸荷阀

控制卸荷降压，由真空抽吸分系统收集除锈废水。系统压力达到 250MPa，最大流量 40L/min。

②遥控爬壁除锈机器人

包括履带式永磁间隙吸附式爬壁机构、双摇杆式机器人速度遥控、气动马达驱动行走和除锈清洗盘旋转及其控制。机器人吸附力达 10kN，行走速度 0~8m/min。

③超高压水射流喷嘴与除锈除漆

工作压力 180MPa~250MPa，流量 20L/min~40L/min，除锈除漆厚度达 400 μ m 以上。除锈能力约为 0.5m²/min~1.5m²/min。

(4) 应用领域：

①船舶壳体除锈除漆；

②其他大型钢铁结构物表面除锈除漆；

拓展应用：

①机场跑道除胶等应用；

②大型海岸及近海工程水下基础养护（混凝土破碎）应用等

(5) 产品优势：

超高压水射流技术在表面除锈除漆、超高压清洗、跑道除胶、超高压水射流切割等技术领域具有广阔的应用前景。超高压水射流船舶爬壁除锈成套系统不仅在船舶修造维护方面具有高效、清洁环保、质量好等带来的巨大经济效益，而且在其他超高压水射流应用领域具有很好的市场前景。

(6) 实际使用案例：



图 6.3 除漆实例



图 6.4 除锈除漆表面（180MPa、220MPa）

6.1.3 技术投资及效益分析

根据船舶除锈工作需求，基于超高压纯水射流技术的研究现状和发展趋势，提出基于该技术的船舶除锈除漆的新思路，在对超高压纯水射流除锈除漆的除锈机理、工作原理、工艺流程等充分掌握和试验室结果满意的基础上，对有关指标提出要求，制作适用于现场是试验机组，进行实船试验，对实船试验的除锈除漆效果、经济性、操控性、安全性等进行分析评估，有针对性的提出对试验机的优化方案，优化后重复进行现场试验，达到预想的目标后，进行产品的制造和推广。

预定的目标为：该装置的除锈和除漆的效果要达到 Sa2.5 级，并满足不同工况和不同要求下的生产需求，如满打、点打、扫打等工况，船舶特殊部位的要求等。综合经济性方面要优于传统铜矿砂除锈的方法，操作便利、灵活，设备易于维护，安全性方面对操作人员的人身无伤害的隐患。

经济技术指标：

费用 \ 除锈方法	普通干喷砂	超高压水射流	备注
人工费/（元/h）	5	5	按每 8 小时 40 元
设备折旧/（元/h）	22.2	66.7	5 年折旧（18000h 计）
维修费/（元/h）	1.2	1.2	1 万/年
耗油/（元/h）	172（空压机）	236.5（高压泵和真空泵）	空压机耗油 40L/h
水/（元/h）		1.69	正常工业用水 1.3 元/m ³
砂嘴（元/h）	0.6		500h，每个 300 元
水嘴（元/h）		1	500h，每个 500 元
密封件/（元/h）	1	2	500h，每套 1000 元
易耗品/（元/h）	2	3	管路/500 小时更换
铜矿砂/（元/h）	487.5		干砂 1.875t/h(4 把枪，75kg/ m ² ），铜矿砂 260

			元/t
以上费用合计/（元/h）	691.5	317	
除锈效率/（m ² /h）	25	50	
除锈费用/（元/m ² ）	27.7	6.34	
除锈质量	Sa2.5	Sa2.5	

6.1.4 技术应用前景分析

超高压水射流技术在表面除锈除漆、超高压清洗、跑道除胶、超高压水射流切割等技术领域具有广阔的应用前景。超高压水射流船舶爬壁除锈成套系统不仅在船舶修造维护方面具有高效、清洁环保、质量好等带来的巨大经济效益，而且在其他超高压水射流应用领域具有很好的市场前景。

实验室样机的工作压力 180MPa~250MPa，流量 20L/min~40L/min，除锈除漆厚度达 400μm 以上。除锈效率约为 0.5m²/min~1.5m²/min。从效率看，一般为 8~10 倍于人工喷砂（单枪）。生产实际中，减少了以往诸多生产准备的环节，如铜矿砂的采购、运输、存储、装填、回收、吊运等物流环节，减少了脚手架或高架车的使用，减少了人员的投入从而直接降低了成本，没有粉尘和噪音的污染，水电比较容易获得，提高了生产的便利性。按中等规模的修船企业来看，需要配备 5 台左右的设备，该装置特别对处于市区等居住人群密集地区的修造船企业减少环保纠纷和治理投入具有非常大的社会意义。

6.1.5 技术知识产权情况

该技术已经申请专利。

6.2 船舶建造企业中水回用技术

6.2.1 技术介绍

通过建设中水回用项目，对企业现有污水处理站已处理的废水进行深度再处理，水质达标后用于公司内厕所冲洗、绿化浇灌、空压站冷却水补充及压载用水等，通过该项目的实施，可确保公司废水总量减排 20%以上，并间接减少企业的自来水用量。

6.2.2 技术试验示范效果

该中水回用项目需要对厂级污水处理站进行内部设备改造并在原厂级污水处理站西侧新建一座中水净化站，改造后的厂区污水处理及回用系统流程图如下

所示：

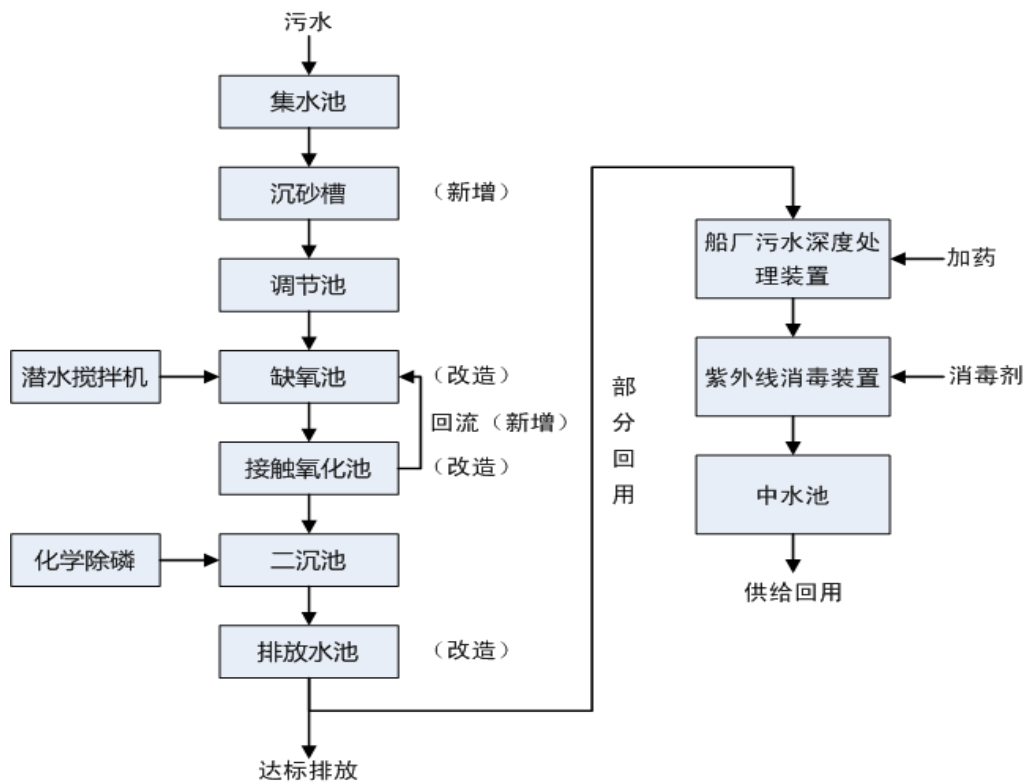


图 6.5 中水回用改造方案及工艺流程

6.2.3 技术投资及效益分析

中水回用项目计划周期为一年左右。一期工程新增建筑面积 928 平方米，建设项目总投资为 2484 万元，预计项目实施后废水排放总量控制在 37 万吨/年，减排量达到 35 万吨/年（废水总产生量为 72 万吨/年），达到废水总量减排 20% 的规划目标。

6.2.4 技术应用前景分析

该技术充分结合船舶建造企业实际需求和技术特点，在我国船舶行业具有较好的应用前景。

6.2.5 技术知识产权情况

该技术尚未申请专利。