

船舶/海洋工程用钢的发展

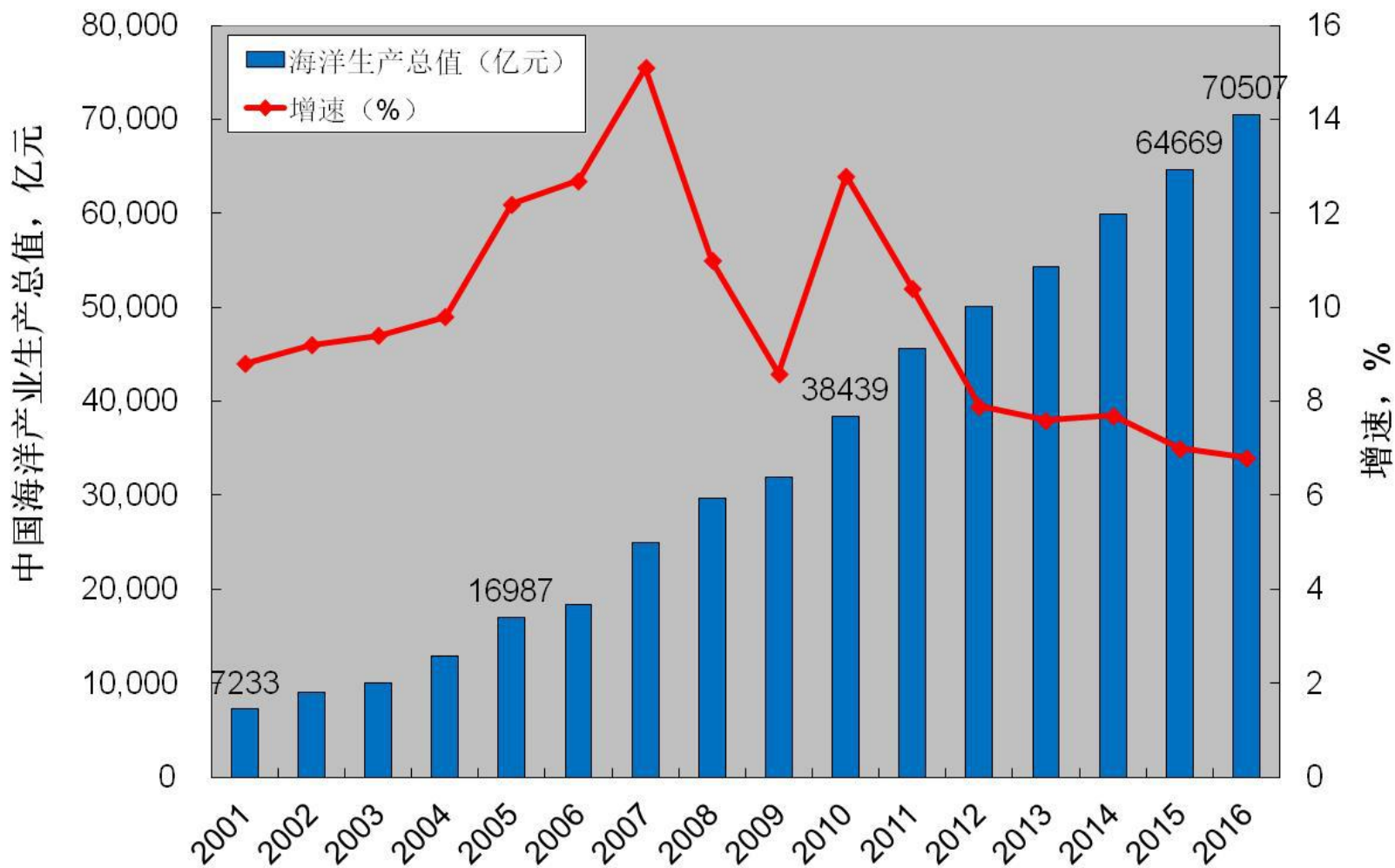
杨才福

钢铁研究总院

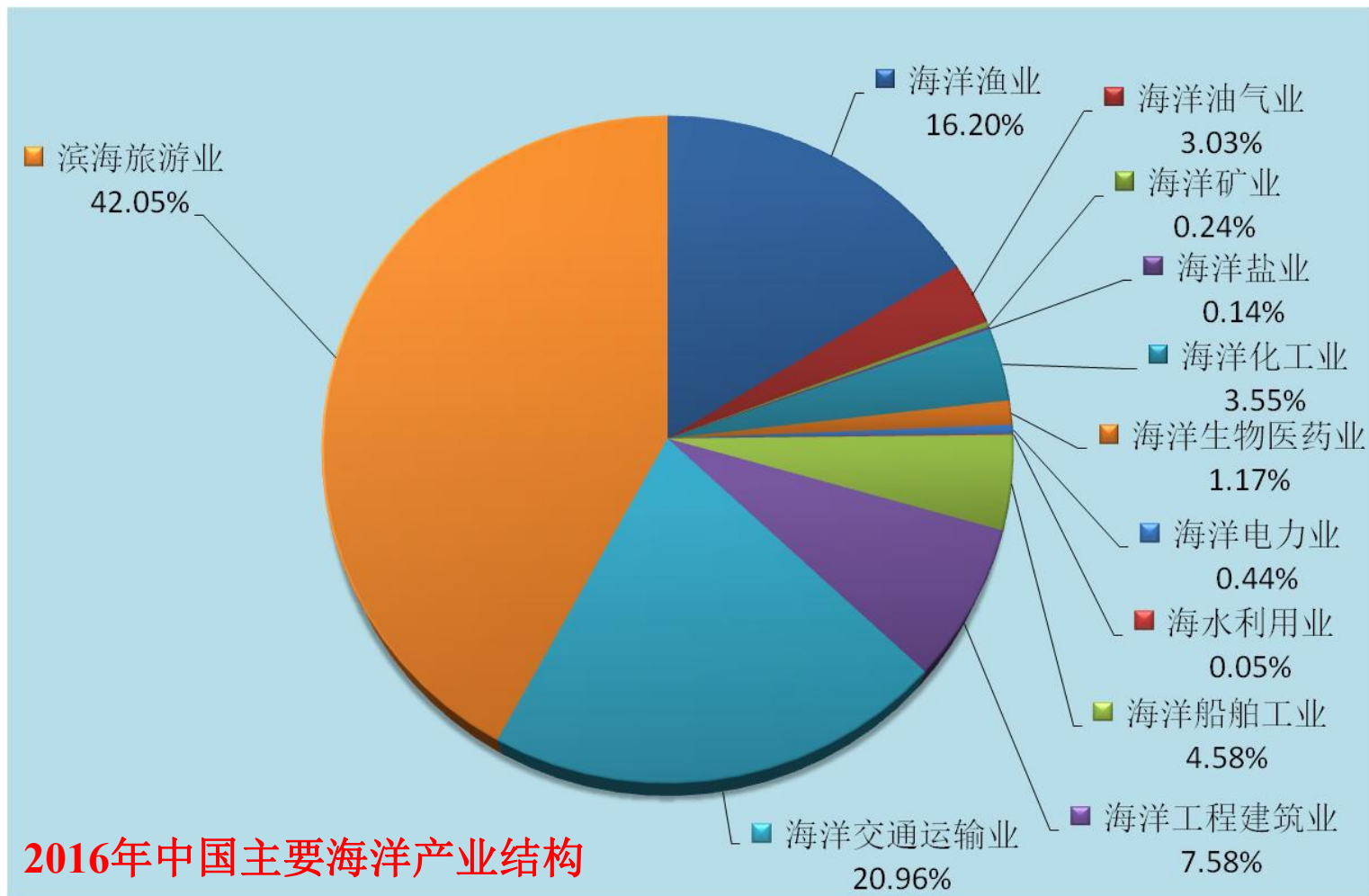
2017-09-24

- 一. 船舶/海洋工程用钢发展需求
- 二. 关键品种技术研究开发
 - 民用船舶用钢
 - 海洋工程用钢
- 三. “十三五”重点工作及发展建议

中国海洋经济的发展

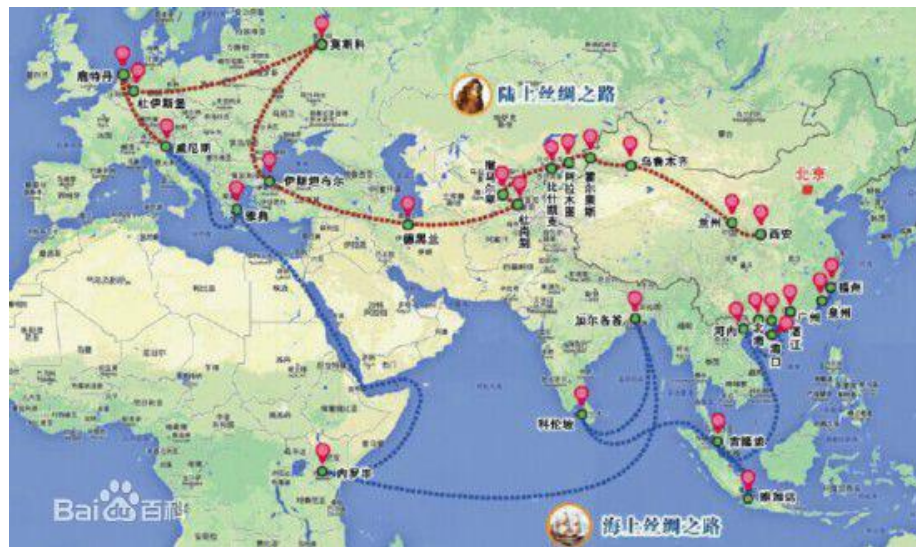


中国主要海洋产业结构



中国海洋经济的发展

- 国家战略
 - 2017-5-4: 《全国海洋经济发展“十三五”规划》
 - “一带一路”规划
 - 中国制造2025：十大领域
 - 航空航天、海洋工程、轨道交通、———

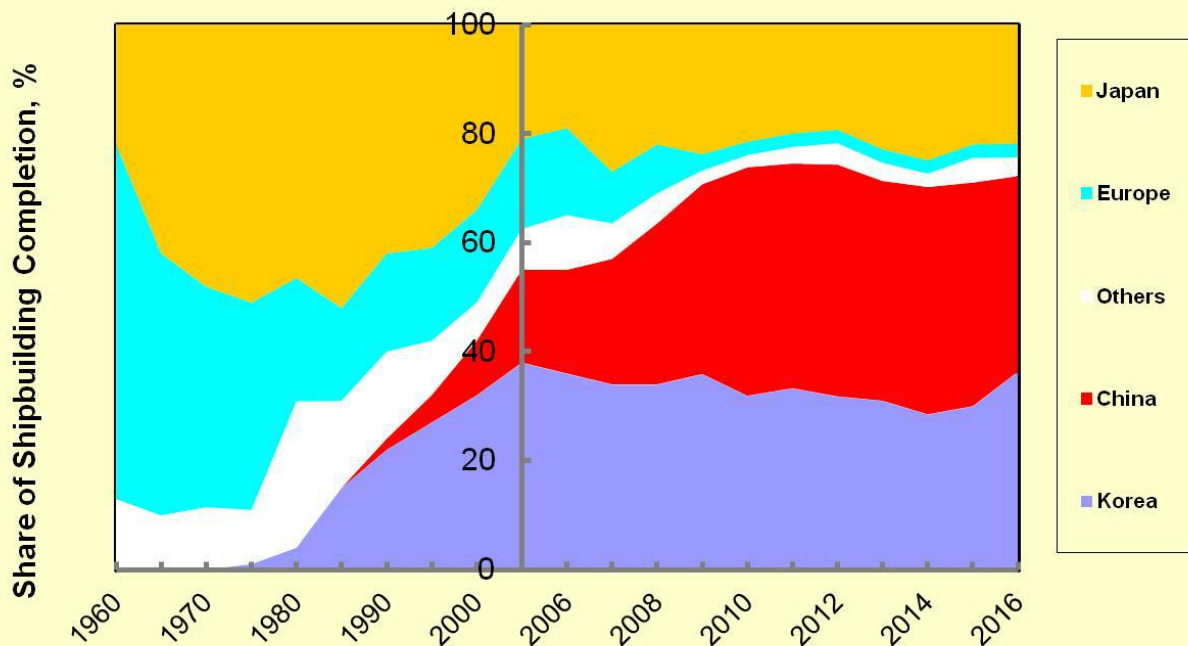


“走向深蓝”的**海洋经济**
是我国经济的“蓝色引擎”

南海是“**海上丝绸之路**”
战略的重点

中国造船业的发展

Market Share of World Shipbuilding Industry



2016年 指标	数量 万吨	份额 %
完工量	3594	35.9
新接 订单	1617	59
手持 订单	9595	43

- 中国船厂已能建造国际航运界几乎所有船型
 - 30万吨超大型油轮（VLCC），大连船厂
 - 30万吨浮式生产储油船（FPSO），外高桥
 - 21000标箱，世界最新一代集装箱船，外高桥
 - 17.4万立方米LNG船，沪东中华
 - 400英尺自升式钻井平台JU2000，大连船厂
 - 已有9座30万吨级造船船坞，并在规划50万吨和100万吨级船坞

我国第一艘 30 万吨级 超大型原油船

德尔瓦号

30万吨VLCC

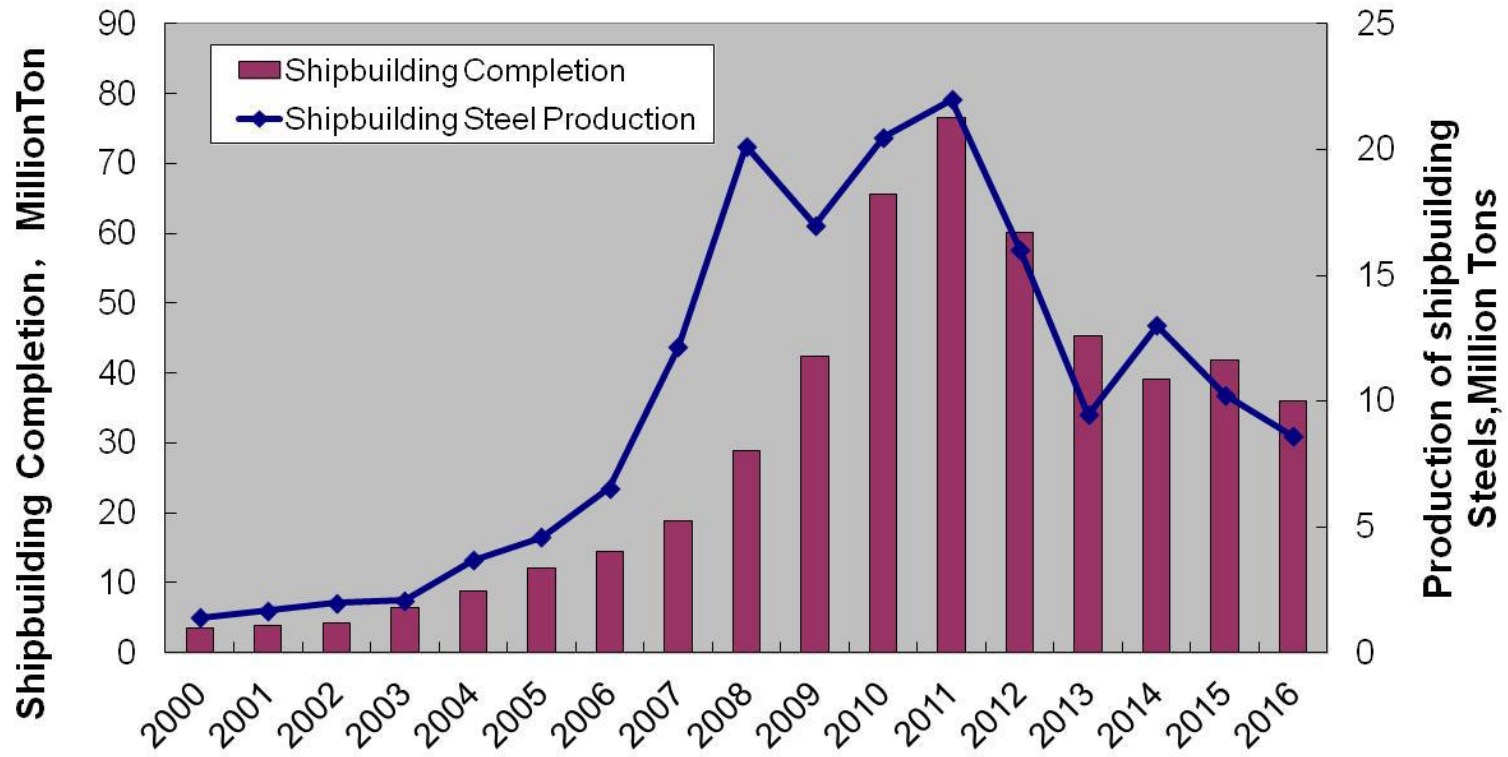


14万立方米LNG船

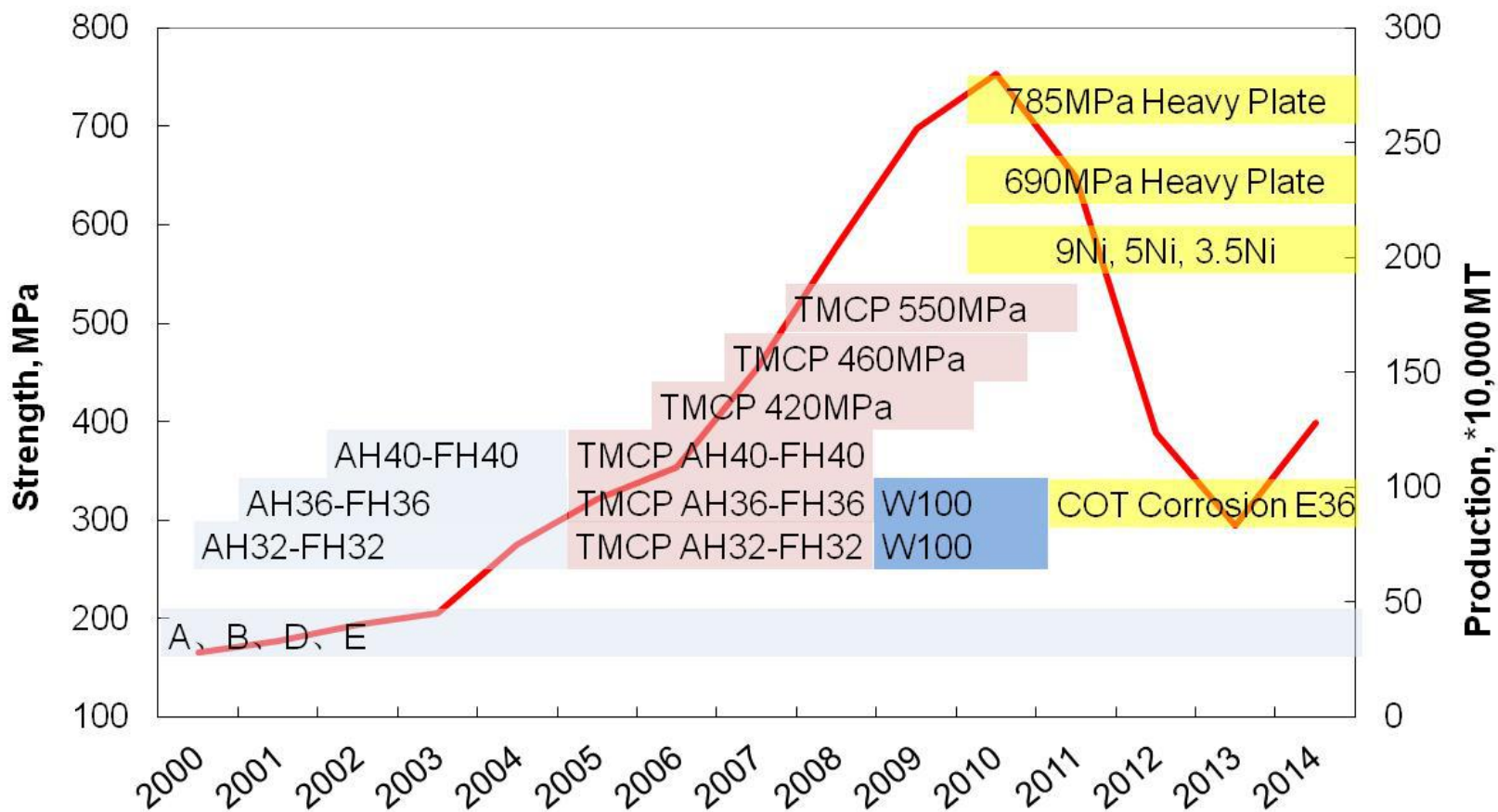


中国造船用钢生产

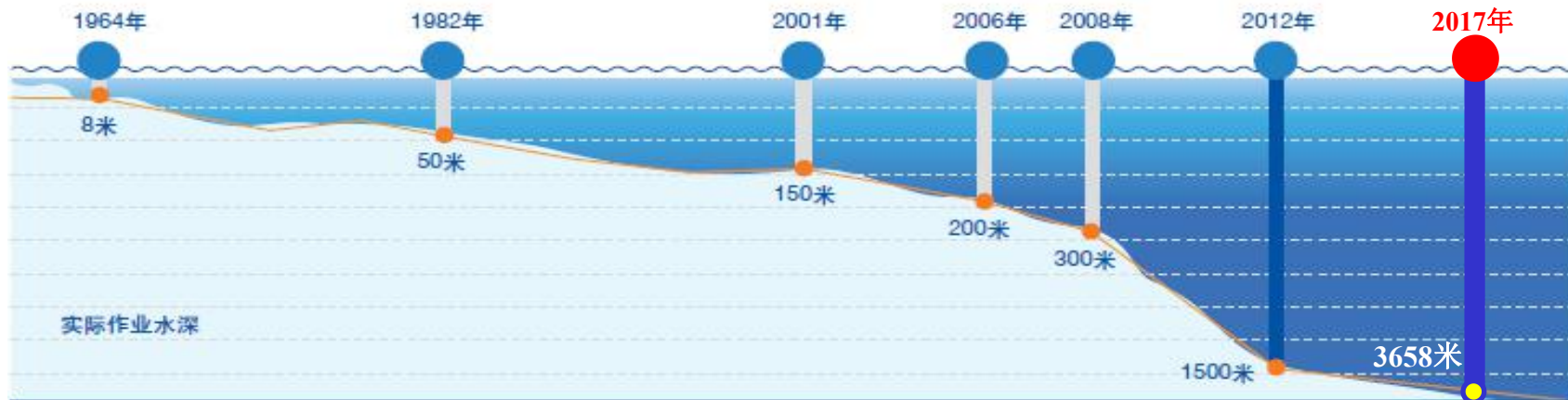
2000-2016 China Shipbuilding Industry and Shipbuilding Steel



Development of Shipbuilding Steels in Anshan-Steel



海洋工程用钢发展需求



蓝鲸一号



海洋石油981



海洋石油720



海洋石油708



海洋石油681/682

蓝鲸一号是全球最先进**第七代**超深水双钻塔半潜式钻井平台，由烟台中集来福士海洋工程有限公司自主设计建造。该平台是目前全球作业水深**（3658米）**、钻井深度最大的半潜式钻井平台，适用于全球深海作业。

海洋工程用钢需求调研

- 结合中国工程院、国家部门机关“十三五”规划的要求，针对“十三五”海洋装备发展重大需求，开展了为期2年的海洋工程用钢的调研活动。
- 先后10多次走访了中国船级社、中国船舶及海工设计院、烟台来福士、蓬莱巨涛、中海油研究总院、海油工程公司、振华港机等单位，获得了详实的第一手技术资料，为后续海洋工程用钢技术开发、市场工作的开展奠定了良好基础。



海洋石油981深水半潜式
钻井平台



- 国内外对比：我国海工用特种钢品种的国产化率不到40%，390-690MPa级高强度关键品种主要依赖进口。

材料类型	国外水平	国内现状
高强厚板	F420-890，厚10-256mm，易焊接	E36-690，10-127mm，E420以上基本进口
高强支撑管	X100等级，最大壁厚80mm	X80等级，最大壁厚30mm，X100全部进口
深海管线	X80等级，最大壁厚44mm	X70，最大壁厚32mm，高强空白
深海隔水管	X80等级，高抗疲劳	空白，全部进口



海洋工程用钢需求、差距与问题

序号	类型	名称	钢材用量 (吨)	典型材料	备注
1	固定式 平台	浅水导管架平台(F-P)	3000	E36	强度低、焊接施工效率差
2		深水导管架平台(BSP)	3000-35000	E36	
4	移动式 平台	自升式平台(Jack-Up)	4000	E/F550	高强度、大厚度 依赖进口
			9500	E/F690	
			11000	E/F690	
5		半潜式平台 (Semi)	30000	E36	工作海深差距大
6		张力腿平台 (TLP)	—		国内空白
7		柱筒式平台 (Spar)	—		国内很少
9		浮式生产储油船 (FPSO)	50000	E36	强度升级
10	油气船 储运船	超大型油轮 (VLCC)	40000	D32	耐腐蚀船舶
11		液化天然气船 (LNG)	30000	E36 9Ni、 InVar	进口
12		化学品船	1000-20000	E36、2205	双相不锈钢

深水导管架平台 (BSP)
自升式平台 (Jack-Up)
半潜式平台 (Semi)
超大型油轮 (VLCC)
液化天然气船 (LNG)
化学品船
海水淡化
钻采输送系统

导管架用钢强度升级
E36→E46, 厚10~120mm

厚板可大线能量焊接
40kJ/cm → 100kJ/cm

高强度、大厚度齿条钢国产化
E\F690, 厚114-256mm

货油舱耐蚀钢
顶板 $\leq 2\text{mm}/25\text{年}$, 底板 $\leq 1\text{mm}/\text{年}$

隔水管
X80级, 壁厚25mm, $\Phi 300-600$, 椭圆度 $\leq 5\text{mm}$

深海管线
X70-X80级, 3000米水深, 壁厚 $\geq 32\text{mm}$

海底集输管
825、625等耐蚀合金及沉淀硬化不锈钢

深海无磁钻铤
P550、15-15HS高氮奥氏体不锈钢

- 一. 船舶/海洋工程用钢发展需求
- 二. 关键品种技术研究开发
 - 民用船舶用钢
 - 海洋工程用钢
- 三. “十三五”重点工作及发展建议

各国船级社船体钢牌号

船级社	船体钢牌号
英国(LR)	A, B, D, E, AH32, DH32, EH32, AH36, DH36, EH36, AH40, DH40, EH40
法国(BV)	A, B, D, E, AH32, DH32, EH32, AH36, DH36, EH36, AH40, DH40, EH40
美国(ABS)	A, B, D, E, DS, CS, AH32, DH32, EH32, AH36, DH36, EH36, AH40, DH40, EhH40
挪威(NV)	A, B, D, E, A27S, D27S, E27S, A32, D32, E32, A36, D36, E36, A40, D40, E40, D420, E420, F420
德国(GL)	A, B, D, E, A32, D32, E32, E32A36, D36, E36, A40, D40, E40
意大利(RI)	A, S, D, SS, E, ERS27, ERSS27, ERE27, ERS36, ERSS36, ERE36
中国(CCS)	A, B, D, E, AH32, DH32, EH32, AH36, DH36, EH36
韩国(KR)	RA, RB, RD, RE, RA32, RD32, RE32, RA36, RD36, RE36, RA46, RD46, RE46
日本(NK)	KA, KB, KD, KE, KA32, KD32, KE32, KA36, KD36, KE36, KA40, KD40, KE40, KA43, KD43, KE43, KA47, KD47, KE47

船体钢的技术要求

我国船体钢标准 GB712

- 一般强度级别钢板分为A、B、D、E四个质量等级，屈服强度等级均为235MPa

钢材等级	抗拉强度 Rm/MPa	屈服点 ReI/MPa	伸长率 A (%)	试验温度 /°C	冲击吸收功 Akv/J 在下列厚度时/mm					
					≤50		>50-70		>70-100	
		(不小于)			纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向
A	400-520	235	22	20	—	—	34	24	41	27
B				0	27	20	34	24	41	27
D	400-520	235	22	-20	27	20	34	24	41	27
E				-40						

- 传统上，高强度钢板分为2个强度等级和3个质量等级。
 - 其中315MPa级钢板为AH32、DH32、EH32
 - 355MPa级钢板为AH36、DH36、EH36
 - 在最新的GB712-2000中，船体钢强度级别增加了390MPa级，质量等级增加了F级，厚度规格从50mm扩大到100mm

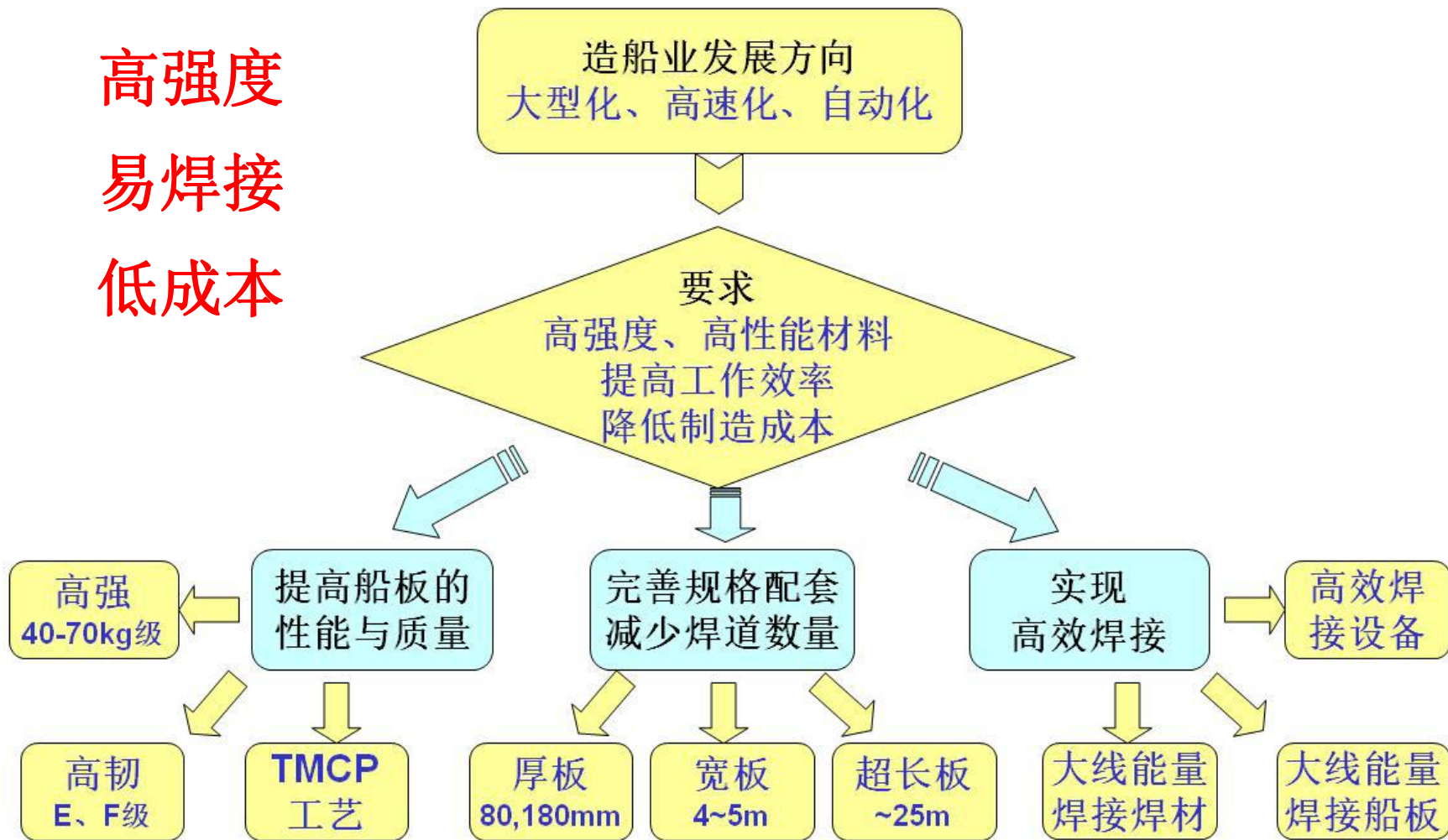
钢材等级	抗拉强度 Rm/MPa	屈服点 ReI/MPa (不小于)	伸长率 A (%)	试验温度 /°C	冲击吸收功 Akv/J 在下列厚度时/mm					
					≤50		>50-70		>70-100	
		纵向	横向		纵向	横向	纵向	横向		
A32	440-570	315	22	0	31	22	28	26	46	31
D32				-20	31	22	38	26	46	31
E32				-40	31	22	—	—	—	—
F32	440-570	315	22	-60	31	22	—	—	—	—
A36	490-630	355	21	0	34	24	41	27	50	34
D36				-20	34	24	41	27	50	34
E36				-40	34	24	—	—	—	—
F36	440-570	355	22	-60	34	24	—	—	—	—
A40	510-660	390	20	0	41	27	—	—	—	—
D40				-20	41	27	—	—	—	—
E40				-40	41	27	—	—	—	—
F40	510-660	390	20	-60	41	27	—	—	—	—

船体结构钢发展方向

高强度

易焊接

低成本



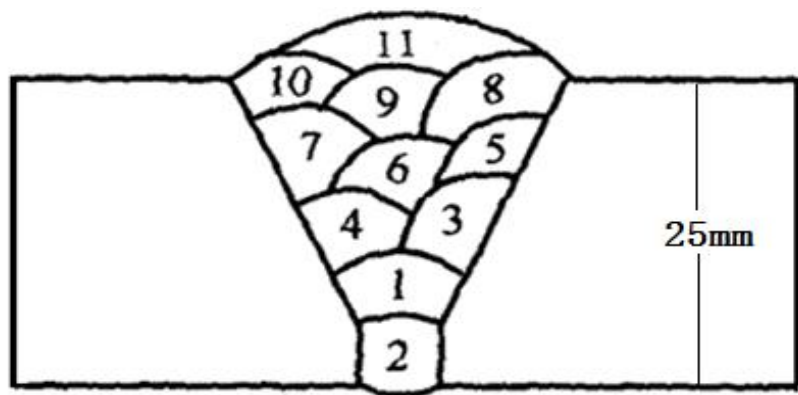
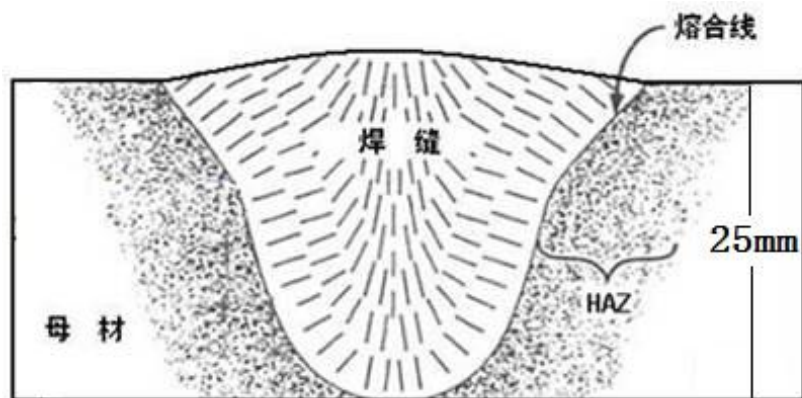
高性能船舶海工用钢研究进展

1. 大线能量焊接船板技术开发 ($>100\text{KJ/cm}$)
2. 耐腐蚀油船(COT)用钢技术开发
3. 油气储运用Ni系低温钢
4. 高强度船用球扁钢
5. 集装箱船用抗裂纹止裂船板研究
6. 复合钢板
 - ◆ 钢—不锈钢；钢—钛



大线能量焊接技术

□ 大线能量焊接示意图

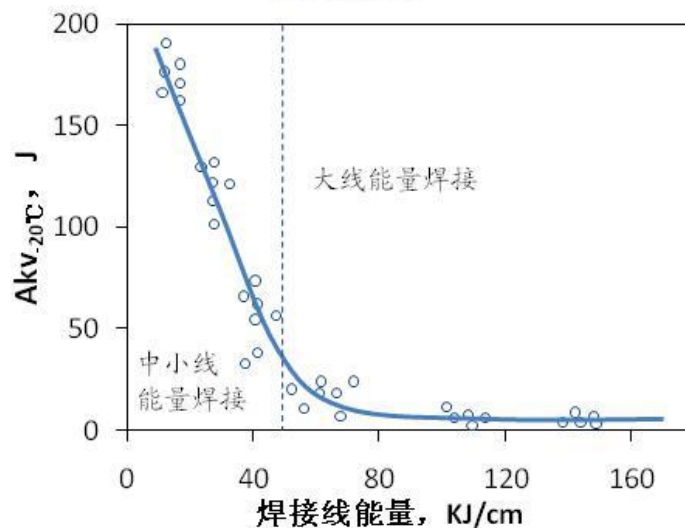
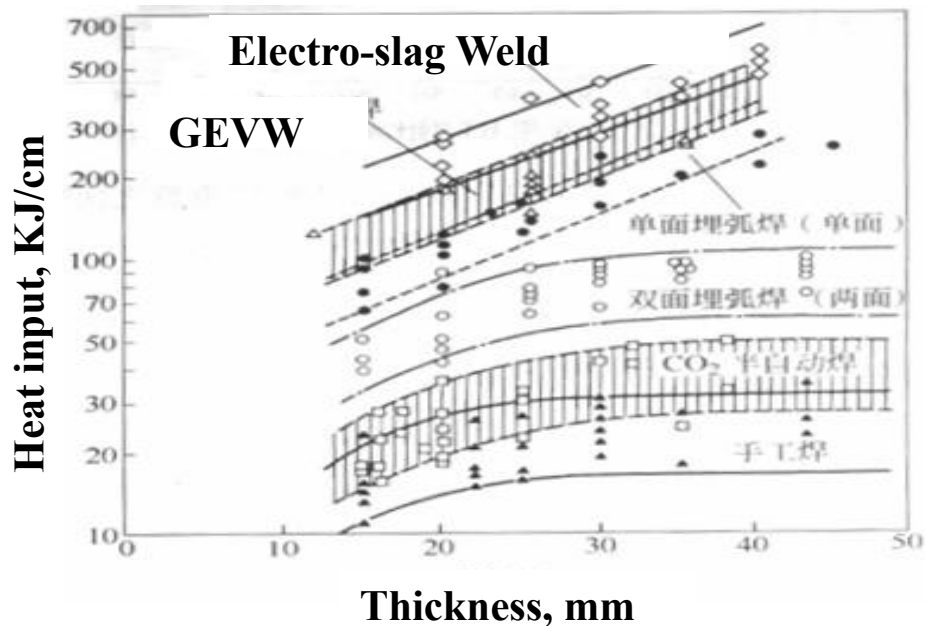
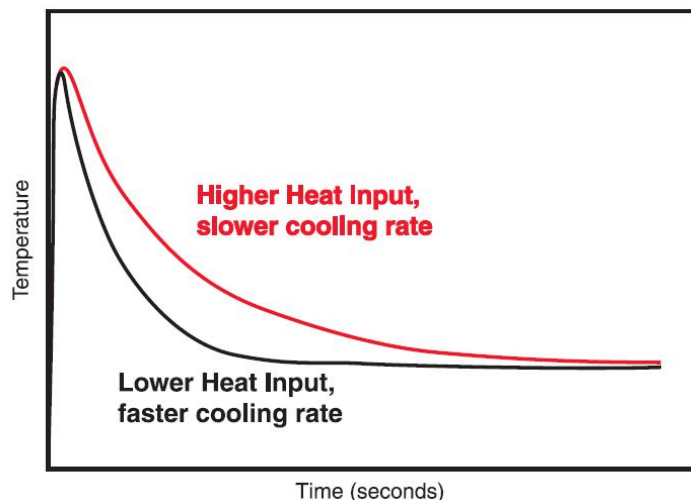


中小热输入焊	大热输入焊
焊接速度慢	焊接速度快
采用多道焊	一次成型
熔敷效率低	熔敷效率高
工件变形大	工件变形小
焊缝质量差	焊缝质量好
效率低，成本高	效率高，成本低

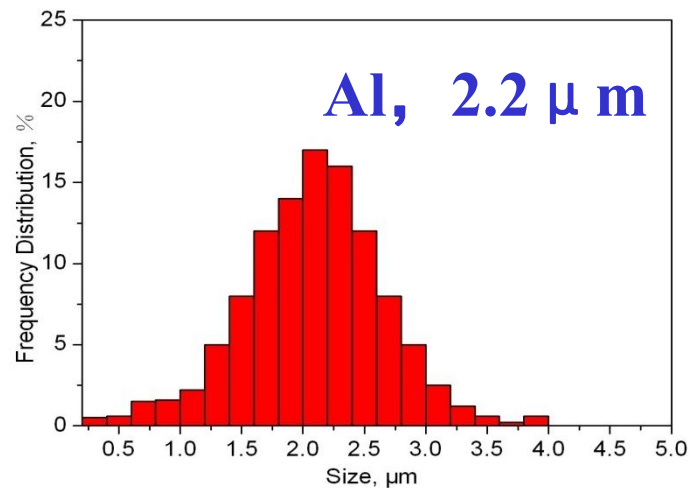
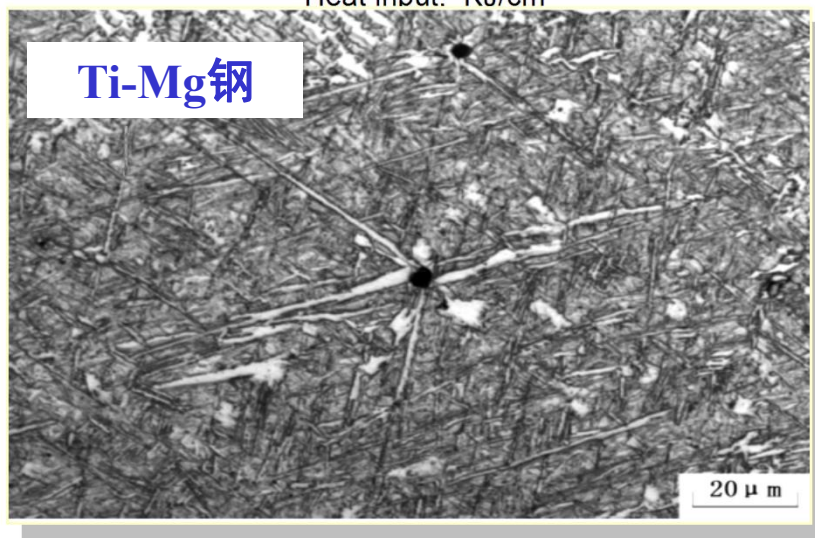
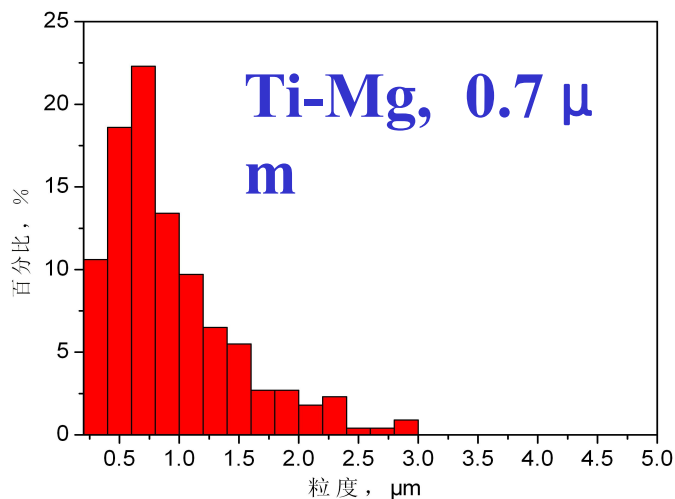
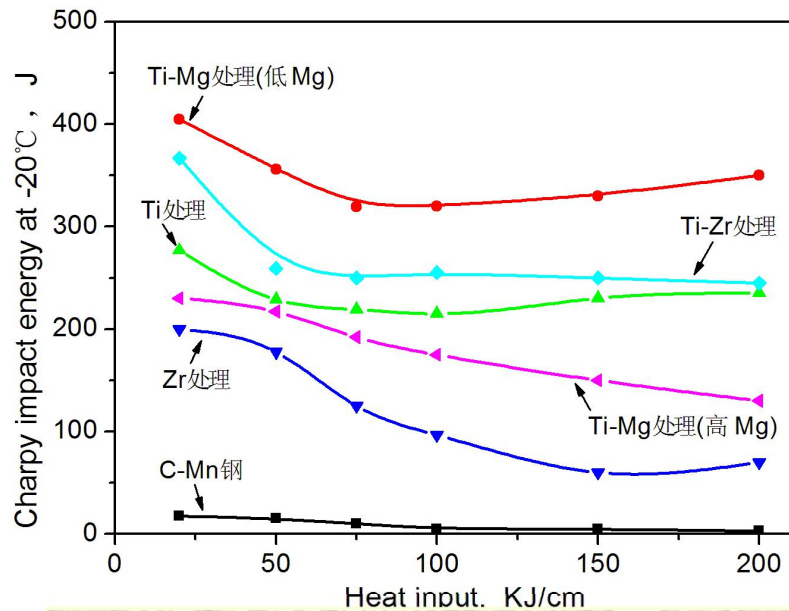
大线能量焊接技术的发展，显著的提高了船舶焊接施工效率、缩短了建造周期、降低了建造成本。

船舶海洋用钢大线能量焊接技术

- ◆ 焊接占 **40%** 制造成本
- ◆ 焊接热输入 **>100kJ/cm**
- ◆ **HAZ** 韧性

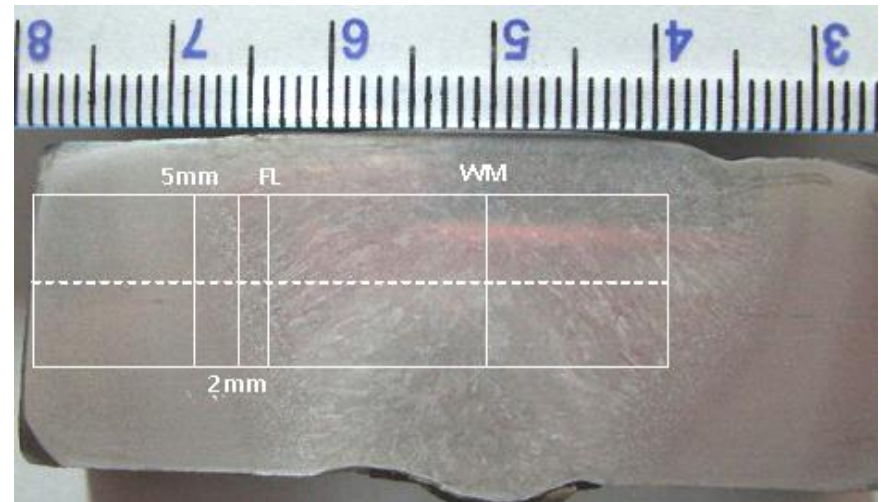
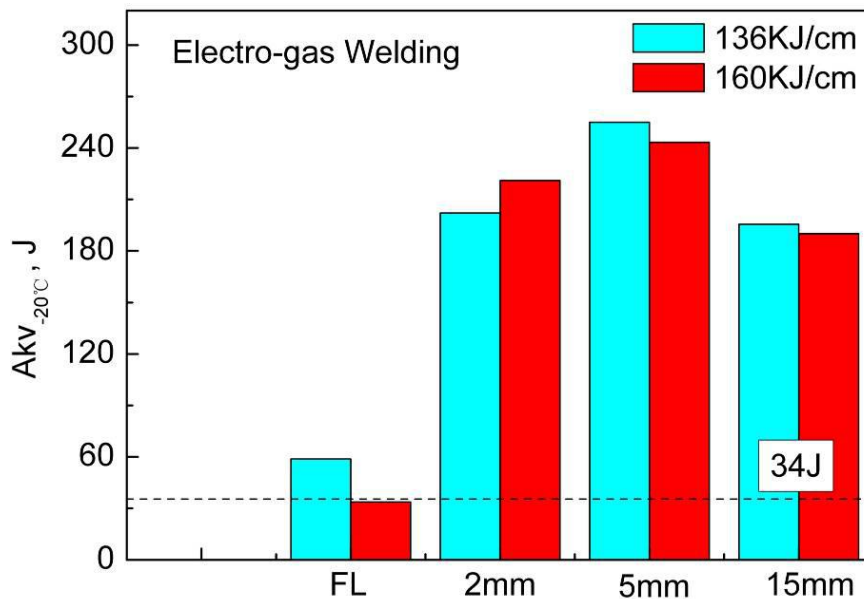


氧化物对HAZ韧性的影响



工业试制大线能量焊接用钢

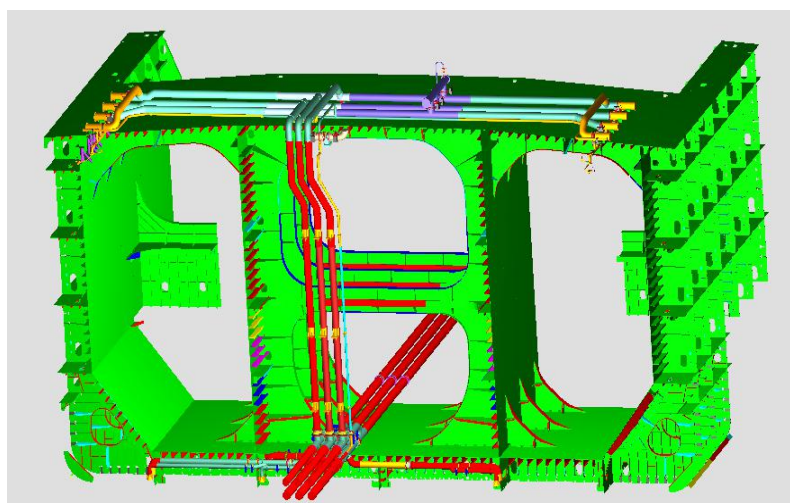
□ D36钢的实际焊接试验 - 气电立焊



D36钢 (20mm) 可以实现最大136KJ/cm的大线能量焊接，接头性能满足韧性指标要求，能够实现一次焊接成型。

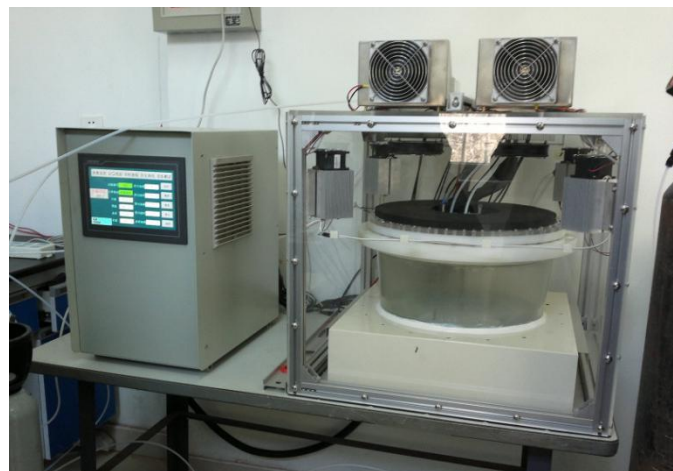
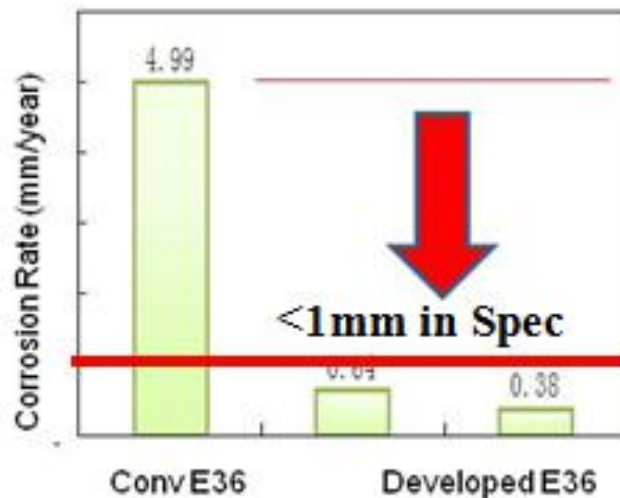
耐腐蚀油轮用钢开发

- 国际海事组织（IMO）
规范升级的要求
 - 油轮建造规范
 - 涂层保护标准
 - 耐腐蚀钢（日本）
 - 2010年5月MSC第87次会议批准执行
 - 新规范2014年1月1日执行



耐腐蚀油轮用钢开发过程

- 日本1999年启动，2010年IMO国际标准确定
- 中国，5年完成开发工作
 - 2010年内部立项，突破**核心技术**，完成钢板试制
 - 2011年立项，实现焊接**材料配套**，申报专利
 - 2012年建成**检测设备、方法**，船级社**规范**建立，等考核系统
 - 2013年完成型钢、钢管配套，10月开始**示范**船建造
 - 2014年完成实船建造，10月17日示范船下水



船级社规范和实船建造

- “三会一社”组织模式
- 政、产、学、研、检、用
- 与中国船级社CCS合作，制定我国耐蚀钢油轮用钢入级规范
- 2012年工信部示范项目
 - 中外运长航
 - 5万吨级油轮（2014-9-17下水）
 - 研究、设计、钢厂、造船、船东、CCS



中国船级社

原油油船货油舱 耐腐蚀钢材检验指南

2013



国产货油舱耐蚀钢实船应用考核



▼首次实船服役勘验结果：

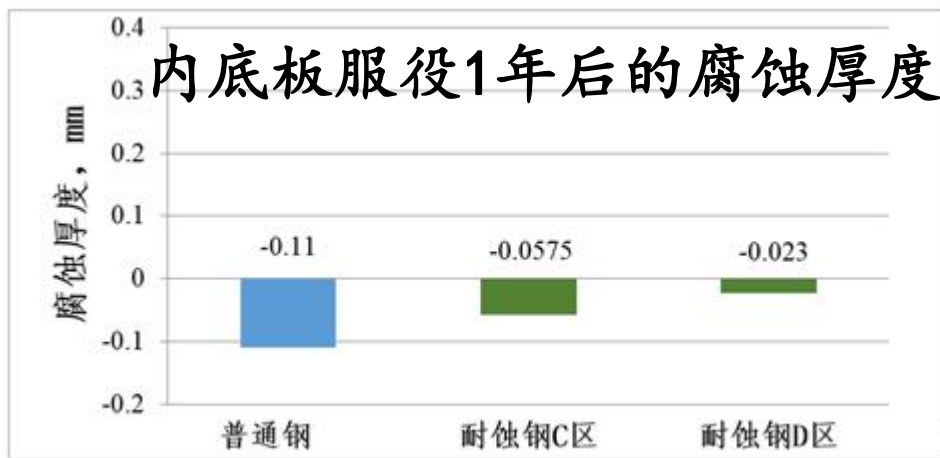
上甲板服役1年后的宏观形貌



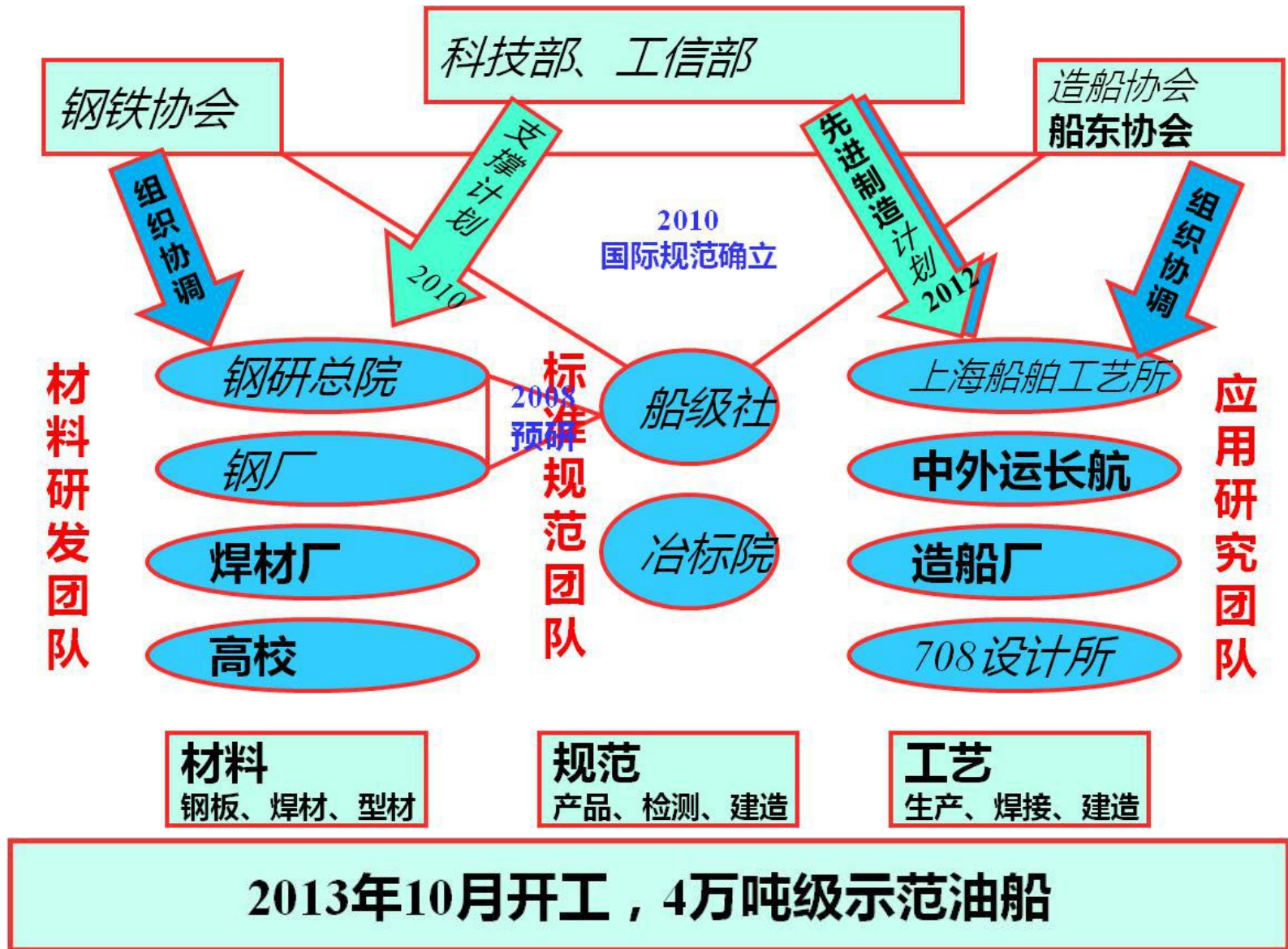
- 首艘示范油轮：“大庆435号”
- 载重量：38800t（7个货油舱）
- 下水时间：2014年9月17日
- 服役跟踪计划表：

位置	跟踪周期	时间节点
上甲板、内底板、 型材、管路、实船 焊接接头	1年	2015年8月
	2.5年	2017年2月
	5年	2019年8月
主甲板观察孔挂片 焊接接头挂片	2.5年取样	2017年2月

内底板服役1年后的腐蚀厚度

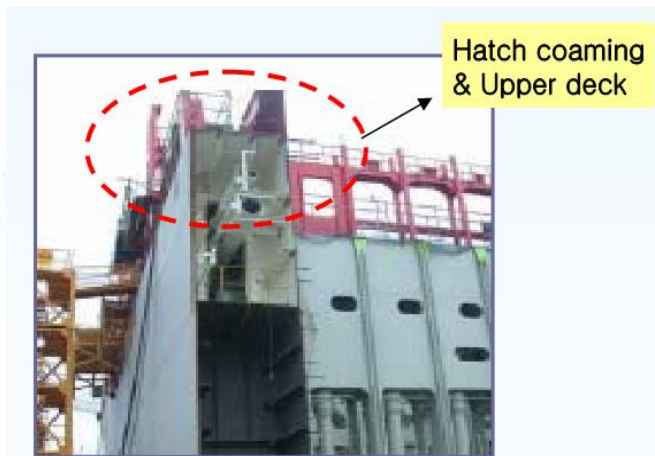
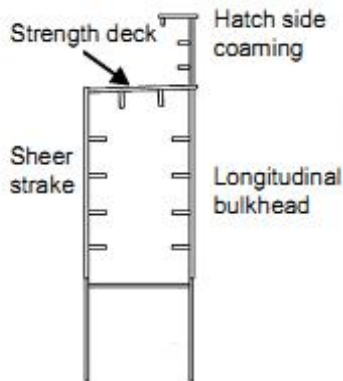
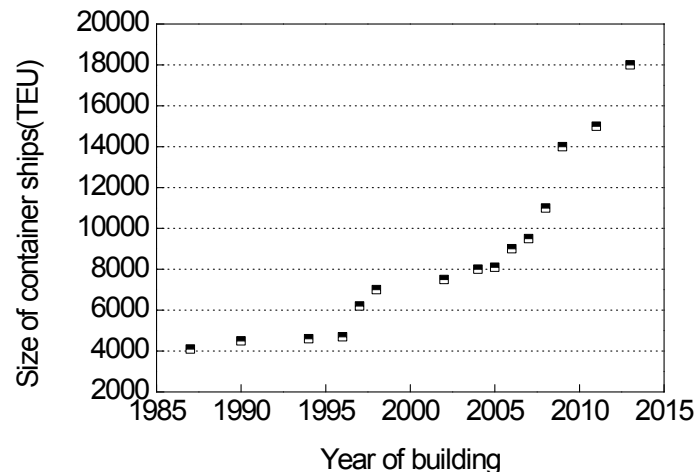


“政 - 产 - 学 - 研 - 检 - 用” 结合 - 实例：大型油船用耐蚀钢项目



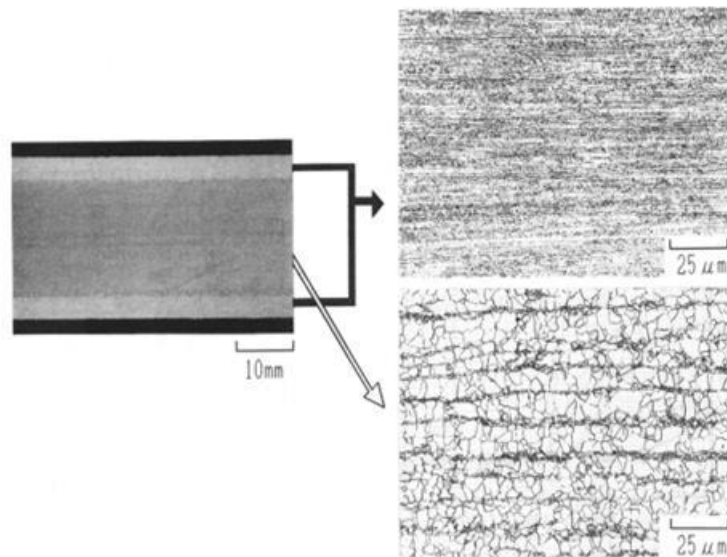
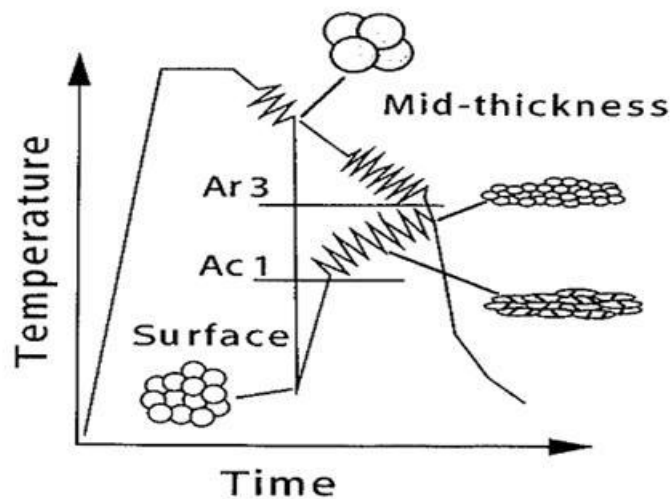
大型集装箱船用止裂钢板

- 集装箱船大型化：
 - 18000TUE, 94.3%是>10000TUE
- 甲板和上甲板的舱口围板：高强度厚板，抗裂纹止裂性能
- 三菱重工公司建造的“MOL Comfort”号，（8000TEU），2013年6月27日，在印度洋遭遇事故断成两截



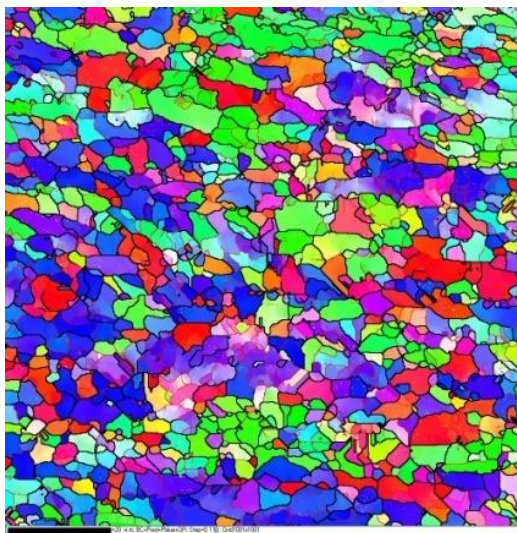
- 为了提高大型集装箱船特厚钢板的止裂性能，从2007年开始，日本NK船级社联合造船厂、钢铁公司、高校和研究机构，发布了《脆性裂纹止裂设计指南》。
- 为了评估钢板的止裂性能，随同发布脆性裂纹止裂韧性Kca测试方法
- 国际船级社协会(IACS) 2013年1月发布UR W31 《Application of YP47 steel plates》，将Kca标准测试写入YP47钢验收要求
- 同时发布的还有UR S33 《Requirement for use of extremely thick steel plates》，于2014年1月实施、基本完全采用了NK船级社的《脆性裂纹止裂设计指南》里Kca 的测试方法和要求。
- 目前该Kca测试方法已经被CCS、GL、ABS和DNV等各大船级社采用。
- 世界各国从2013年后开发，加快了集装箱船用止裂钢的研发进程。

- 提高止裂性能途径
 - 表层超细化
- 返温轧制工艺
 - 在轧制过程中间中引入加速冷却，使钢板表层温度降到 Ac_1 以下，控制返红温度进入 $Ac_1 \sim Ac_3$ 之间，然后进行控制轧制使表层的晶粒得到细化

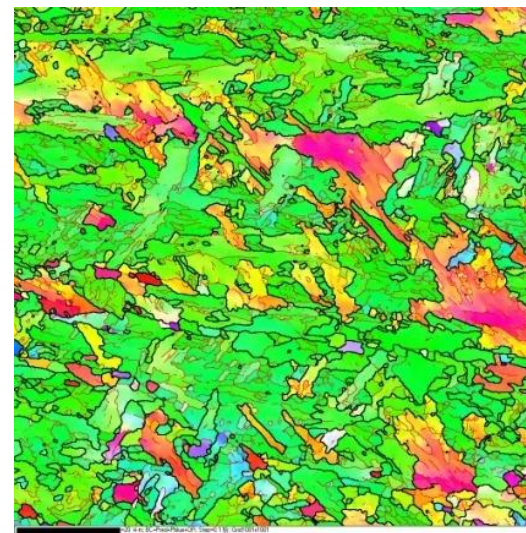
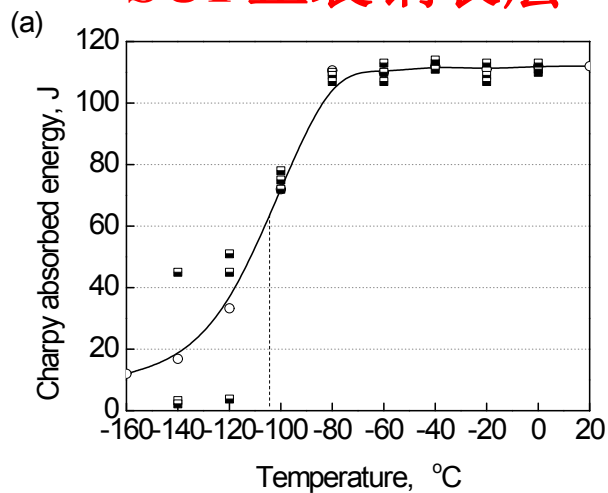


大型集装箱船用止裂钢板

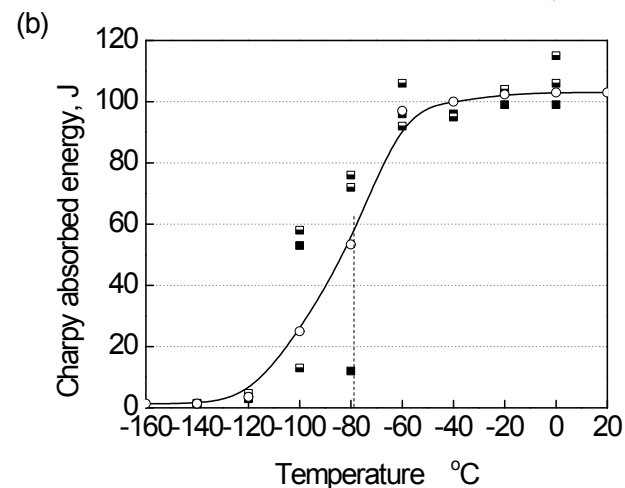
- SUF钢表层(112)[110]，取向密度4.8
- TMCP钢表层(110)[001]，取向密度24.6（强烈的高斯织构），不利于表面韧化的改善
- SUF钢的韧脆转化温度比TMCP钢低20°C左右
- 通过**SUF**工艺，获得兼具表面的超细晶和高韧性以及整体良好强韧匹配的止裂钢板。



SUF止裂钢表层

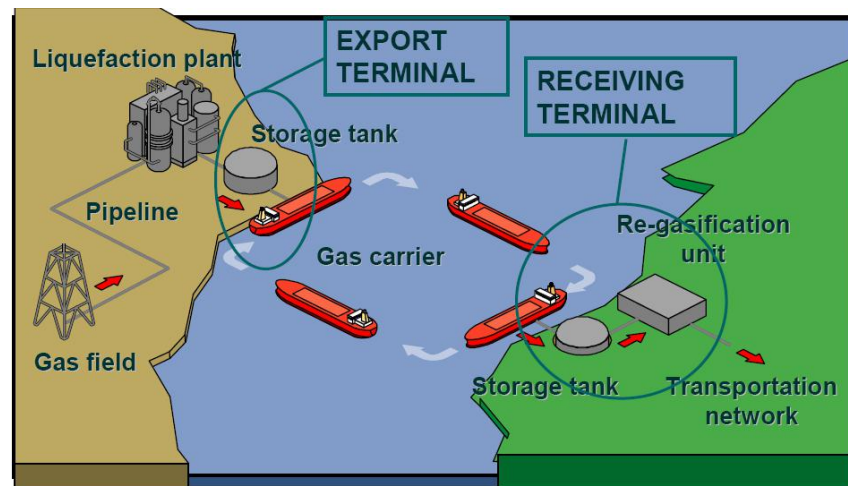


TMCP止裂钢表层



LNG, LEG, LPG用5Ni、9Ni钢

- 我国LNG工业的发展对9%Ni低温钢提出了迫切需求
- LNG工业规划：9%Ni钢需求数十万吨，实现国产化意义重大，巨大的社会、经济效益
- 国产化5Ni、9Ni钢板已用于我国LPG、LEG、LNG项目的建设。



- 一. 船舶/海洋工程用钢发展需求
- 二. 关键品种技术研究开发
 - 舰船用钢
 - 民用船舶用钢
 - 海洋工程用钢
- 三. “十三五”重点工作及发展建议

海洋工程用钢的特点

海工产品附加值高。钢材成本占总造价（成本）的比例较小，“关心质量”优于“关心价格”；

项 目	项目总价	钢材重量	钢料占总价百分比
JU2000E自升式平台	1.9 ~ 2亿美元	12000吨	约20%
Pandion EXD 半潜式平台	5.7亿美元	24295吨	5% ~ 7%
Gusto MSCP10000 钻井船	约5.5亿美元	17135吨	3% ~ 5%
VLCC油船	约1亿美元	约4万吨	35% ~ 40%

海洋工程用钢的特点

— 高强度、大规格

- (256mm厚钢板)

— 易焊接、高效率

- (大线能量焊接)

— 高耐蚀、低成本

- (耐海洋腐蚀)



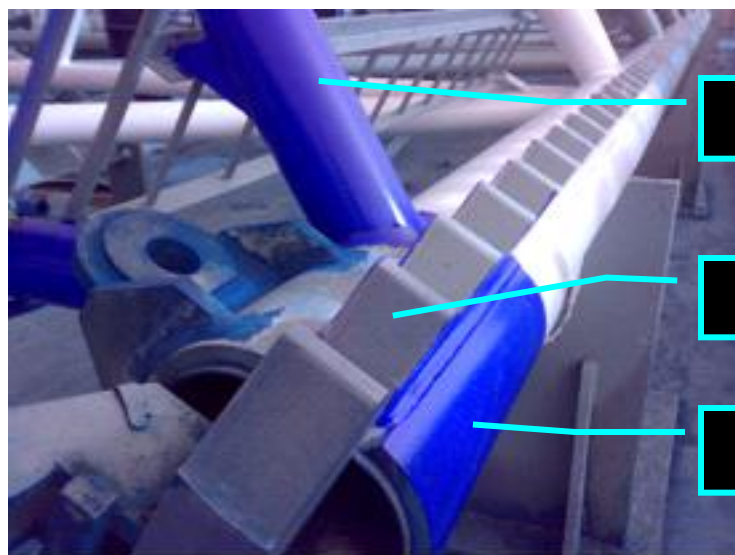
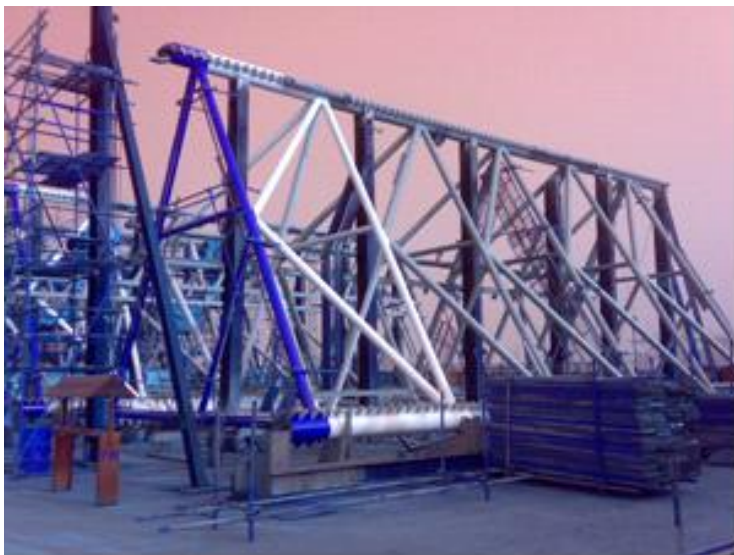
各国石油平台用高强度钢

标准体系	钢号	厚度	热处理	拉伸性能			冲击性能	
				Re _l /R _p (Mpa)	R _m (Mpa)	A (%)	温度℃	A _{kv} (J)
ASTM	A36	≤64		≥250	400-550	≥23		
	A537B	≤64	调质	≥415	550-690	≥22		
	A572	≤50		≥345	≥450	≥21		
	A678	≤64	调质	≥414	550-690	≥22		
	A514	≤100	调质	≥690	760-895	≥18		
BS4360	50D	≤64	正火	≥340	510-610			
JIS3160	SM41C	≤50	热轧	≥235	400-510	≥22	0	≥27
	SM50C	≤50	热轧或正火	≥314	490-610	≥21	0	≥47
DIN17100	St52-3	≤50		≥340	510-610		-20	≥27
DIN17102	StE460	≤50	调质	≥460	560-730	≥17	-20	≥35
	StE690	≤50	调质	≥690			-20	≥40
新日铁	WELTEN60	≤50	调质	≥460	600-720	≥20	-10	≥34
	WELTEN70	≤75	调质	≥630	700-850	≥17	-20	≥28
	WELTEN70C	≤50	调质	≥610	680-830	≥17	-20	≥28
	WELTEN80	≤100	调质	≥680	780-930	≥16	-15	≥26
	WELTEN80C	≤50	调质	≥700	800-950	≥16	-20	≥26

海洋工程用钢重大技术需求

(1) 高强度、大规格

产品	典型规格 (mm)	屈服强度 (MPa)	每平台需求量 (吨)	生产现状
齿条钢	127, 150, 180, 210, 259	≥690	1000-2000	150mm以上全面进口
弦板	25, 50, 85	≥690	300-1000	全面进口
支撑管	(273~406)X(17~60)	≥550 ≥690	700-1500	690MPa全面进口
配套焊材	手工焊、埋弧焊	等强	60-150	全面进口



支撑管

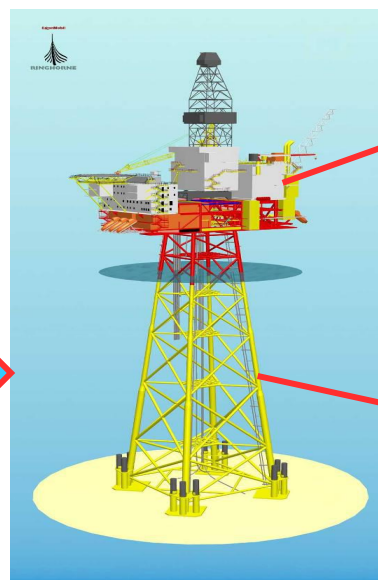
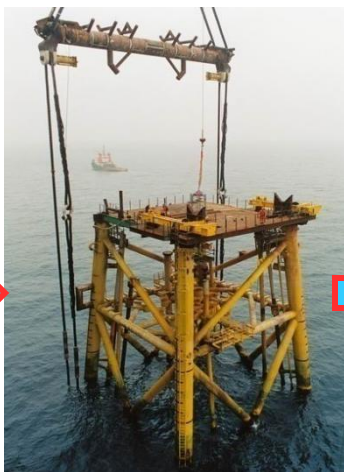
齿条板

弦板

海洋工程用钢重大技术需求

(2) 易焊接、高效率

- 导管架平台是目前使用最多的采油平台；
- 世界最大的导管架平台单重超过40000吨，使用水深超过460米。
- 导管架平台用钢厚度普遍在60-80mm，最大130mm，焊接占到建造总工时的40%、总成本的50%。仅焊接一个节点就需要2-3月。
- 平台钢厚板实现100-200kJ/cm以上大线能量焊接，可成倍提高焊接效率，并降低制造成本，意义十分重大。



上部模块

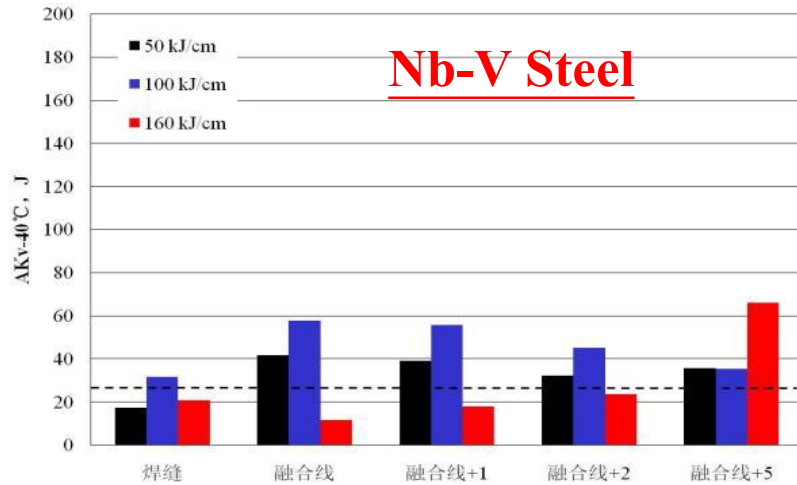
导管架

大线能量焊接海洋工程用 厚板工业试验

	C	Si	Mn	P	S	Als	Ni	Cu	Ti	V	Nb	N	Ceq
N	0.16	0.16	1.60	0.012	0.003	0.027	0.34	--	0.008	0.043	0.036	0.004	0.46
H-1	0.147	0.28	1.55	0.009	0.001	0.036	0.005	--	0.011	0.074	--	0.009	0.42
H-2	0.132	0.32	1.48	0.009	0.002	0.035	0.24	0.25	0.012	0.050	--	0.009	0.43

Mechanical Properties							
	t mm	Rm, MPa	Rp0.2, MPa	A, %	Z, %	KV (-40°C)	Bend
N	60	545	381	28	75	169	good
H-1	50	534	372	34	78	181	
H-2	50	523	362	35	80	207	
Spec.		490-630	≥355	≥21		≥27	

焊接接头低温韧性

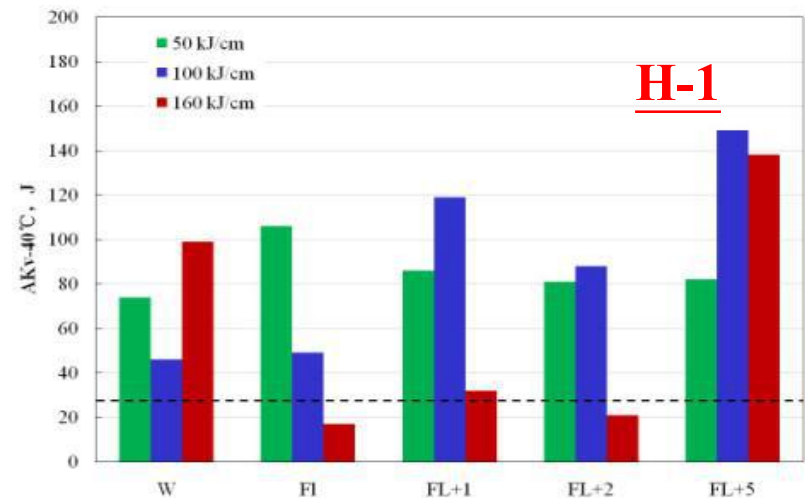
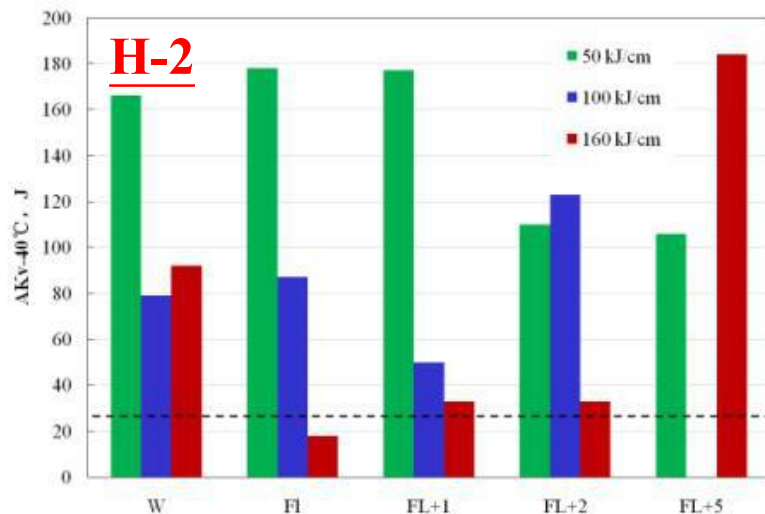


➤ Nb-V Steel: **< 50kJ/cm**

➤ V-Ti-N:

➤ ~**100kJ/cm** for toughness request at -40°C

➤ ~**160kJ/cm** for toughness request at -20°C



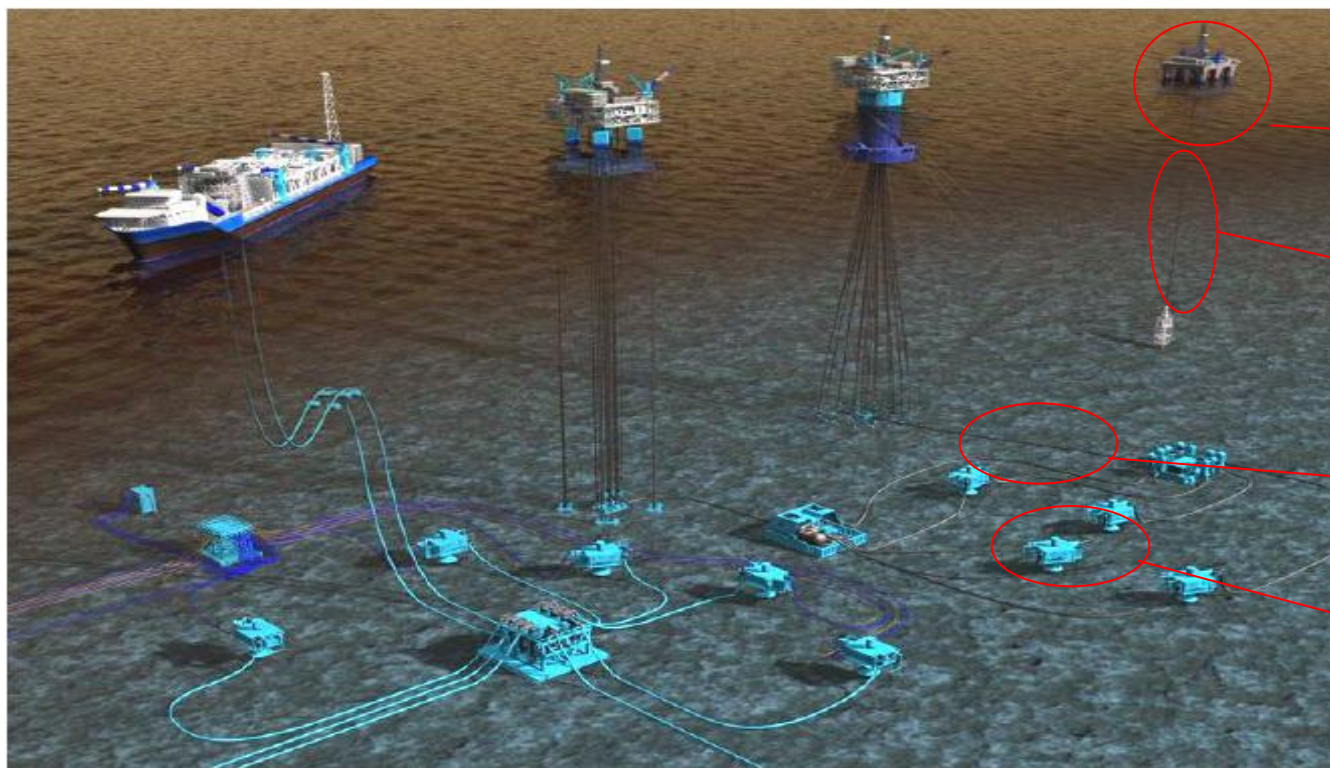
海洋工程用钢重大技术需求

(3) 高耐蚀、低成本

- 海洋腐蚀环境特别是近海岸腐蚀环境极为恶劣
 - 钢在海岸的腐蚀比沙漠中大400倍以上，在距离海岸24米时比距离海岸240米的腐蚀快12倍；
- 南海因其高湿热、强辐射、高Cl⁻环境腐蚀性更强，装备维护十分困难，成本很高。
 - 16年大气暴露试验，碳素钢在南海万宁的腐蚀速率是武汉的20倍、青岛的5倍；
 - 现有耐候钢在南海均出现腐蚀速率先低后高， n 值大于1的异常现象。

深海油气开发关键材料

深水油气田开发装备示意图



深水油气田

浮式结构物

深水立管

深水海底管线

水下生产设施

1、品种—耐蚀性能优秀的低合金高强钢和超高强度钢

- ✓ 海洋环境对钢的腐蚀情况非常复杂，目前还没有一个低合金钢号能全面达到海洋环境的要求。
- ✓ 目前国外工业生产的低合金耐海水腐蚀用钢按成份系列可分为：Ni-Cu-P系、Cr-Nb系、Cr-Cu系、Cr-Al系、Cr-Cu-Si系、Cr-Cu-Al系、Cr-Cu-Mo系、Cr-Cu-P系、Cr-Al-Mo系等，试验钢号近200种，其中10Cr2MoAlRE、08PVRE、09MnCuPTi、10MnPNbRE、10NiCuAs、10CrMoAl等已通过鉴定，但除了少数用户因个别工程需要订货外，尚未推广开来，应用少，产量也少，多用在钢板桩、海水冷凝器、输海水管线、管桩、船坞闸门等方面，尚未涉及大型的固定式和移动式海洋结构物。

2、品种—海洋平台用高性能特殊钢

➤按照平台应用部位不同分为三类：

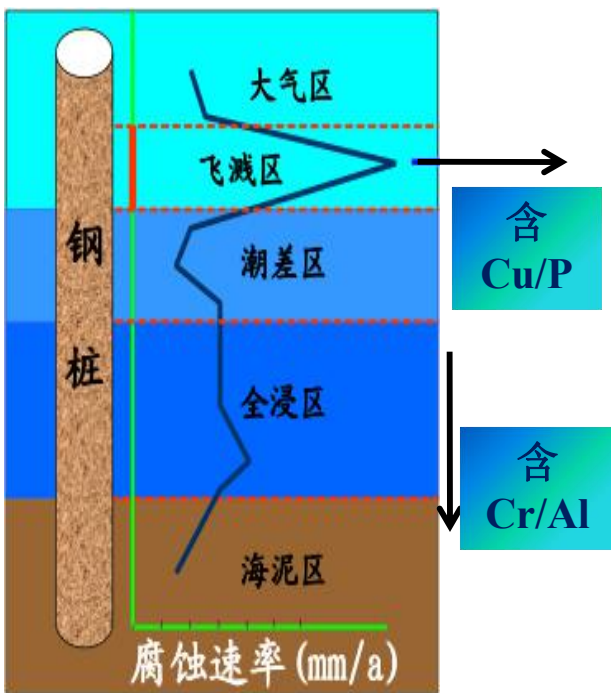
- 平台上方部分关键部件（超级奥氏体不锈钢、超级双相不锈钢、高强度不锈钢）；
- 平台下方管系、泵阀等（镍基耐蚀合金、双相不锈钢）；
- 平台井下钻采部件（高强度奥氏体不锈钢、沉淀硬化不锈钢）。

➤ 目前国内海洋平台所需关键特殊钢部件、材料基本为全部进口：

- 国外研发历史悠久，材料形成系列，更新换代频率高，国内研发处于起步初级阶段，缺乏系统研究；特钢企业只能生产有限品种的个别规格，无工程化应用；产品的批次稳定性不够。

材料类型	目前代表厂商	典型商业牌号
超级奥氏体不锈钢	Outokumpu、ATI、YAKIN	254、654、AL6XN、NAS354
(铁) 镍基耐蚀合金	SMC、ATI、YAKIN	825、625、NAS625
高强奥氏体不锈钢	Bohler、Carpenter	P550、15-15HS
双相不锈钢	Sandvik、ATI	SAF2507、AL2003

3、腐蚀--海洋耐蚀钢的研发起步阶段



指 标	国 外	国 内
系列化方面	形成系列化耐海水腐蚀钢	未形成系列化产品
深海耐蚀钢	技术成熟	95%依赖进口
高强、高韧、耐浪涌、耐海洋环境腐蚀和长寿命用高性能低合金耐蚀钢	技术垄断	几乎空白
系统腐蚀实验及研究	如美国、日本自上世纪30年代以来，积累了大量腐蚀数据	缺乏系统的腐蚀数据

- 一. 船舶/海洋工程用钢发展需求
- 二. 关键品种技术研究开发
 - 民用船舶用钢
 - 海洋工程用钢
- 三. “十三五”重点工作及发展建议

国家科技体制改革（十三五）

中央财政科技计划（专项、基金等）布局



国家自然科学基金



国家科技重大专项



国家重点研发计划



技术创新引导专项（基金）



基地和人才专项

国家“十三五”规划

- 国家发改委、工信部、科技部
 - **国家重点研发计划**：科技部“十三五”重点专项（2016年启动）
 - “重点基础材料和新材料”专项（2016—2020）：6个方向，其中“钢铁材料技术提升与产业升级”的5项任务之一
 - **高强度大规格易焊接船舶与海洋工程用钢**
- **新材料专项：高端装备关键材料及军工新材料**
- 国防科工局“十三五”规划
- 海军舰船材料“十三五”规划

- 项目1：高强度、大规格、易焊接海洋工程用钢及应用

- 目标：形成我国具有自主知识产权的海洋工程用钢品种体系、生产体系、应用配套体系、检测及服役性能评价体系；形成3个以上具有世界先进水平的海洋工程用钢研发、生产、应用示范基地。

- 具体内容

1. 典型海洋环境下海工用钢耐腐蚀与强韧化机理研究
2. 海洋工程用钢低成本、大规格、耐腐蚀的关键技术及配套材料研究
3. 高强韧特厚板及无缝管生产工艺技术及品种开发
4. 可大线能量焊接平台用钢及配套焊接材料生产工艺技术及品种开发
5. 应用技术、标准规范及示范工程考核

• 项目2：极寒与超低温环境船舶用钢及应用

— **目标：**建立极寒与超低温环境船舶用钢品种体系、生产体系、检测应用评价体系和标准规范体系，超大型集装箱船用止裂厚板和液化石油气船用高强韧性厚板生产应用达到千吨级，建设世界一流的船舶用钢研发、生产、应用基地。

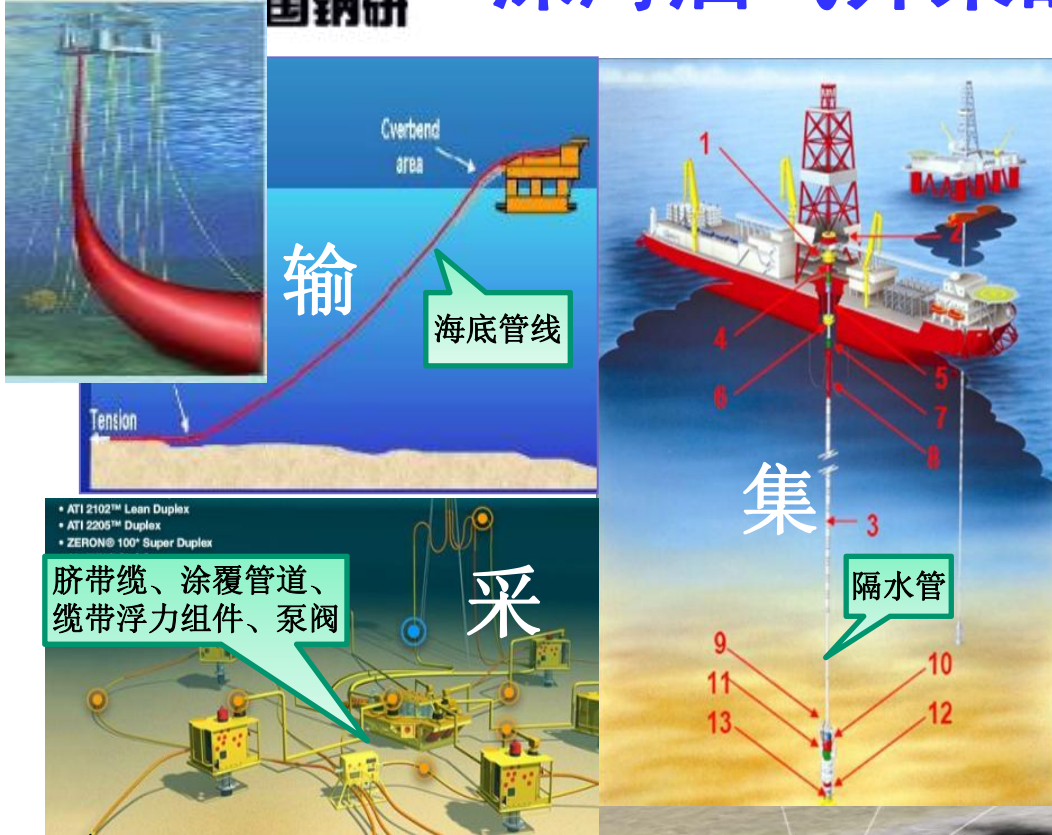
— 具体内容

1. 高强低温船板钢脆断行为及止裂控制原理研究
2. 低温及止裂船板低成本、高韧性控制技术及配套材料研究
3. 极地船舶、LPG船用钢及LNG船用殷瓦钢生产工艺技术及品种开发
4. 集装箱船用止裂厚板生产工艺技术及品种开发
5. 应用技术、标准规范及示范工程考核

- **海工特种钢**：包括深海平台用**高强钢**、钻采**隔水管**以及输送用**海底管线**等；
- **深海装备用特种合金**：包括深海油气钻采用**无磁不锈钢**，采集用**超级不锈钢**、**耐蚀合金**及**钛合金**等
- 主要用于深海资源钻、采、集、输关键部件的制造



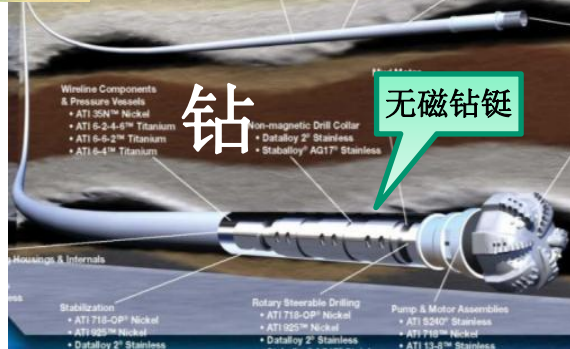
深海油气开采的关键装备受制于人



- 深海资源的开采高度依赖于海工装备。
- 海洋石油装备制造目前的竞争格局为“**欧美设计、亚洲制造**”，我国海洋装备制造水平与新加坡和韩国有较大差距，是装备制造的第二梯队
- 我国海工装备的核心技术只掌握了约20%
- 海洋工程的“**脊梁**”和“**心脏**”——**钻、采、集、输系统关键部件全部依赖进口**，在海洋资源开发中完全受制于人。



制造海工装备
“脊梁”的**特种钢**和“心脏”的**特种合金**匮乏



高端装备用 特种钢及合金 海工用钢

任务 目标

工装备用特种钢及合金系列品种，关键性能指标型进口产品；
工装备用特种钢及合金工业规模生产，完成船级建装备达到国外同类产品水平；
1000米以下深海资源钻、采、集、输关键部件实现进口

重点 内容

开展海工特种钢及合金国产化研发和关键性能研究，部见工业规模试制；
海工特种钢及合金工业化全流程生产，研究关键工艺和研制海洋工程关键生产装备，推进标准规范和示范工
开展典型海工特种合金部件的检测评价关键技术研究，部件的综合性能研究、应用性能研究及建造工艺研究

标志性 成果

2010：开发出海工特种钢及合金系列品种，包括：F690厚板及配厚材、X100支撑管、大壁厚深海管线、深海隔水管、7Mo超级不锈钢、PREN \geq 50的耐蚀合金、海洋钛合金及钛-钢复合管；
2015：海工特种钢板、管材在1-2个典型深海项目中实现批量示范应用；海洋钛合金实现初步应用
2030：深海钻、采、集、输关键部件成功应用于南海油气开采；海洋钛合金实现规模应用。



海洋工程用钢产业战略联盟

- **联盟成员单位，31家**

1. **用户行业：**中海油、中石油、中石化
2. **海工制造企业：**中船工业、中船重工、海油工程、中集、巨涛
3. **钢铁行业：**鞍钢、舞阳、宝钢、武钢、首钢、湘钢、马钢、南钢、天管、兴澄特钢、太钢等
4. **科研、高校：**钢研院、金属所、北科大、东大
5. **应用研究：**725所、611所、管材所
6. **设计单位：**中海油研究总院、中石化工程设计公司
7. **标准规范：**中国船级社、冶金标准院
8. **行业协会和学会：**中钢协、中船协、造船学会

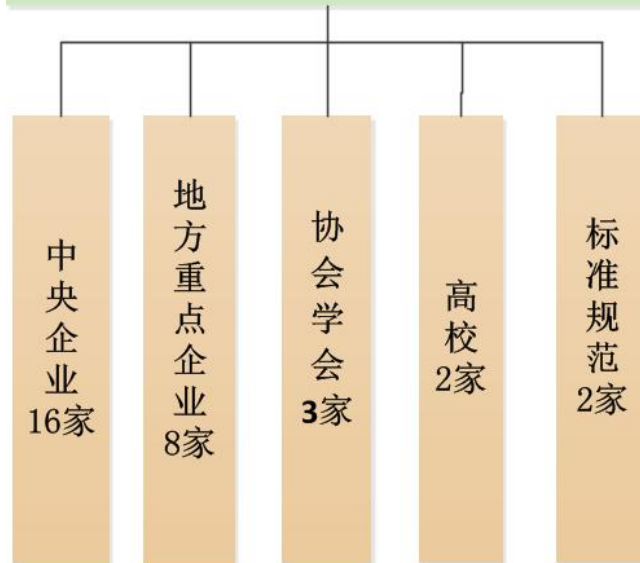
- **跨行业合作平台：政-产-学-研-检-用**

- **2014年6月14日，联盟成立大会**

- 钢铁研究总院：联盟理事长、秘书处



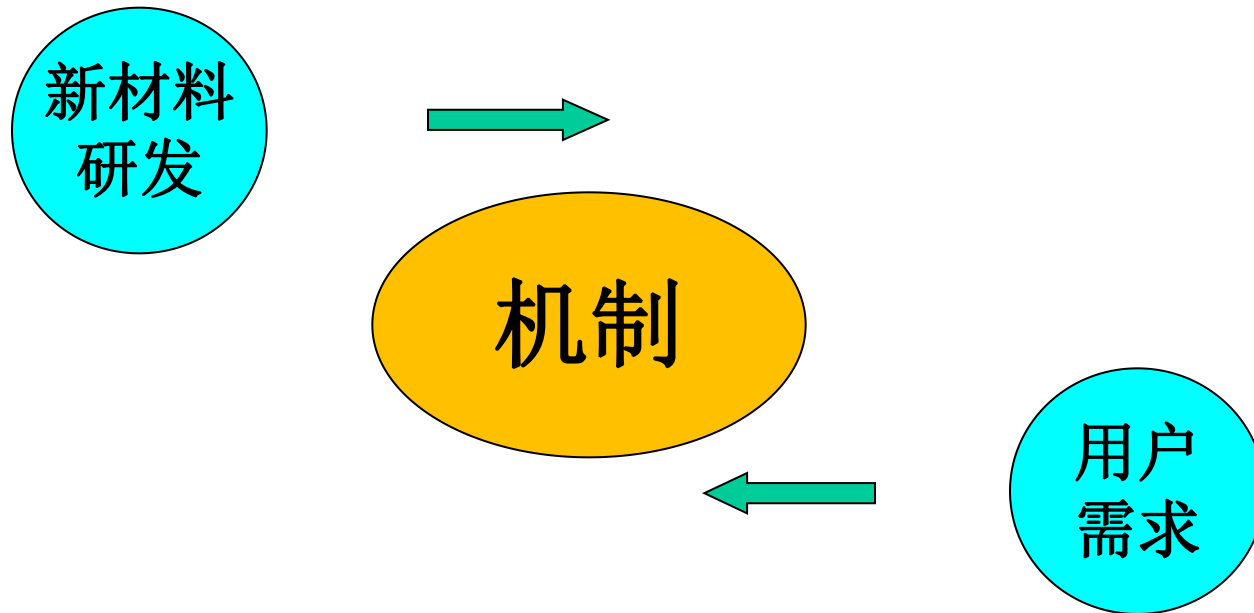
海洋工程用钢产业战略联盟 31家



◆ 推进新材料研发应用运行机制建设

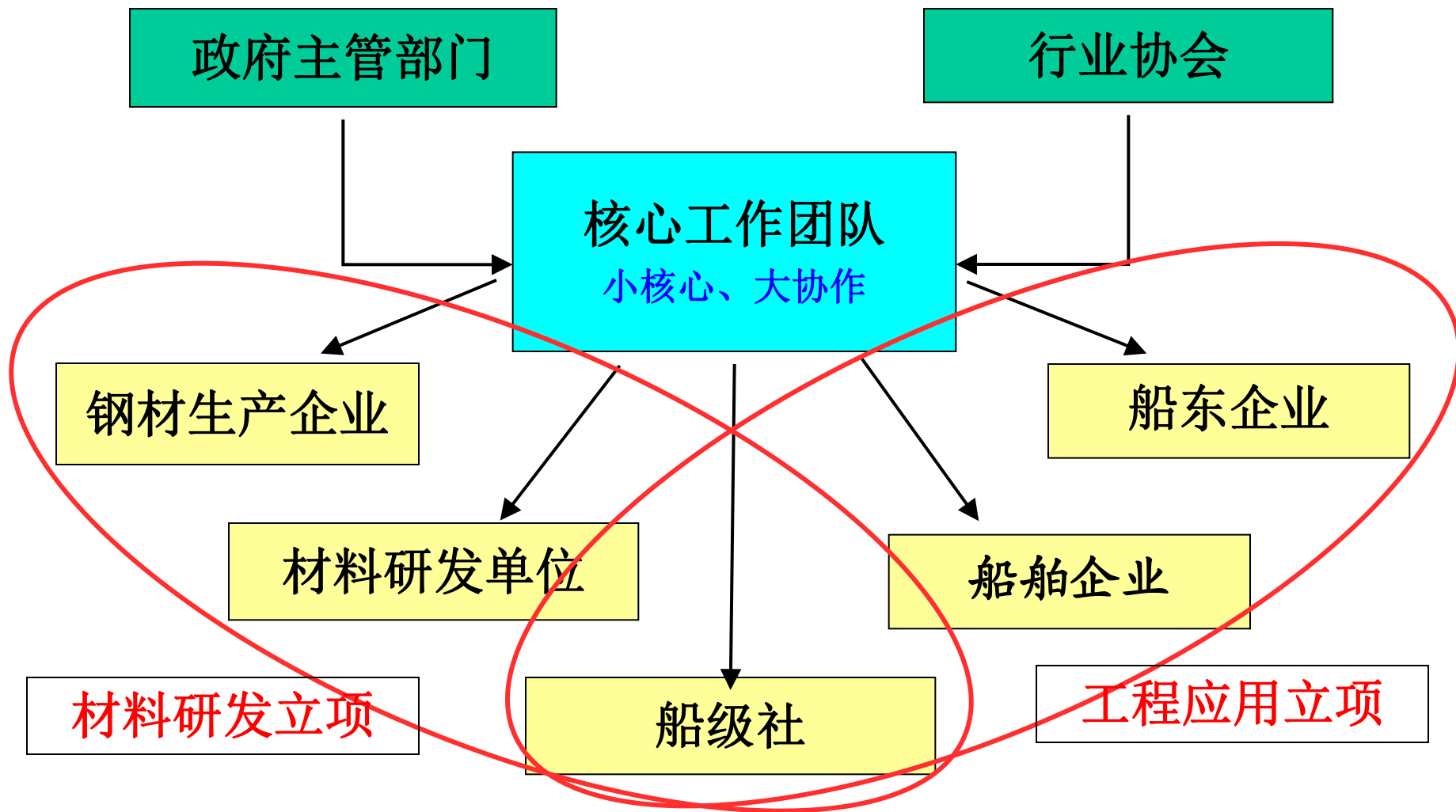
◆ 现有机制的主要问题

- **转化机制**— 产学研用脱节，新材料从研发到规模应用周期漫长，产业衔接不到位，成果转化率底；
 - 新材料成果转化率：美国50%以上，中国10-15%。



- **推进新材料研发应用运行机制建设**
 - 形成以工程需求为牵引、“产－学－研－检－用”相结合的跨行业技术创新体系，形成具有自主知识产权、产品与应用相配套的海洋工程用钢体系及核心技术群；
 - 在国家政策与资金引导下建立以企业为主体、全产业链合作的、市场化、多元化的投融资模式和利益共享机制。

协调机制的建立——政产学研检用



- 国家新材料产业发展领导小组：2016-12-23
 - 聚焦新材料产业发展重点
 - 建设新材料创新中心
 - 四个平台建设
 - 新材料生产应用示范平台
 - 新材料测试评价平台
 - 新材料参数库平台
 - 资源共享平台
 - 系列配套政策上的支持

谢谢!

欢迎批评指正!