



5000 吨
起重铺管船电气设备原理
与使用维护系列丛书

起重机系统

(第十一分册)

总 主 编 王华胜
本 册 主 编 刘 道
本 册 副 主 编 徐永琦



大连海事大学出版社
DALIAN MARITIME UNIVERSITY PRESS



5000 吨
起重铺管船
与使用维护系列丛书

图例 (1/1) 日新数字升图

起重机系统

(船长一十级：海上救助船)

ISBN 978-7-5676-1582-9

5000 吨起重铺管船电气设备原理与使用维护系列丛书

© 2012 大连海事大学出版社

(第十一分册)

总 主 编 王华胜
本 册 主 编 刘 道
本 册 副 主 编 徐永琦

主任委员：
副主任委员：



大连海事大学出版社
DALIAN MARITIME UNIVERSITY PRESS

© 王华胜 2017

图书在版编目(CIP)数据

起重机系统 / 刘道主编. — 大连 : 大连海事大学出版社, 2017. 10
(5000吨起重铺管船电气设备原理与使用维护系列丛书 / 王华胜总主编 ; 第十一分册)
ISBN 978-7-5632-3562-9

I. ①起… II. ①刘… III. ①起重船—铺管船—甲板
起重机—研究 IV. ①U664.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 254922 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路1号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail:cbs@dmupress.com

大连住友彩色印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2017年10月第1版

2017年10月第1次印刷

幅面尺寸:210 mm × 297 mm

印张:8.5

字数:242千

印数:1~800册

出版人:徐华东

责任编辑:董洪英

责任校对:宋彩霞

封面设计:解瑶瑶

版式设计:解瑶瑶

ISBN 978-7-5632-3562-9 定价:26.00元

总前言

5000吨起重铺管船电气设备原理与使用维护系列丛书

编纂委员会成员

主任委员:王华胜

副主任委员:丁相强

委员:徐永琦 高伟卫 魏福占 刘道
邓赛赛 熊睿 王颢然 李天杰
康存富 王秋天 韩朝珍 陈雪峰
沈培

总前言

随着科学技术发展的日新月异,人类对未知领域的探索范围逐渐加大,大量的深海油气田被发现,可燃冰等新能源被开采利用,这些能源的开采利用极大地促进了深海钻井平台、深海起重船、深海铺管船等一系列高技术深海作业装备的设计、开发及使用。诸如中高压船舶电站系统、大功率电力推进系统、船舶深海动力定位系统、船舶自动化系统、深海铺管作业系统、起重机波浪补偿系统等一系列支撑远洋深海作业的新技术被不断地完善升级并投入使用,对深海海洋工程的发展起到了至关重要的支撑作用。

纵观国内各大高校、研究所及海洋工程配套供应商等,上述设备及关键系统的具体技术细节、设计、生产等尚属空白,大量的关键系统、关键技术仍垄断在国外各大供应商手中。他们对国内的采购设置了重重壁垒,对设备使用中后续的备品、备件采购,故障检修及维护保养等响应不及时,影响了设备工作性能的高效使用和海洋工程领域人才的培养。

随着我国综合国力的增强及造船工业水平的提高,我国对深海工程装备的需求也逐渐加大,先后建造完成了“海洋石油 201”“蓝鲸 1 号”等一系列深海作业装备。为了在该领域积累技术发展经验、加强人才培养,2012 年交通运输部正式立项建造烟台 5000 吨起重铺管船。该船是一艘具有自航能力、无人机舱、DP-3 动力定位、十点锚泊定位、5000 吨全回转起重能力(配置波浪补偿系统)的全球无限航区的作业船舶,同时配置有 S 型双轨铺管系统,可用于对水下沉船、沉物的打捞作业,具有应对突发事件,进行大吨位水下整体打捞、快速清障的能力,可在海上进行大型组块、平台模块、导管架等海洋工程结构物的起重吊装,同时具备平台作业支持、潜水作业支持等多项功能。

该船技术先进,在国内同类型船舶中尚属第一,创造性地应用了业内最新技术、采购了大量的进口先进设备,大部分设备为国内首次使用。编者全程参与了该项目的设计及建造过程,对该项目的设计理念及设计思路等进行了深入研究,对深海海洋工程装备的技术要求等进行了深入了解。在船舶的建造过程中,通过分析研究相关进口设备、系统的文件资料,并与设备服务工程师就技术问题进行了交流,详细地了解了相关海洋工程装备的系统构成、工作原理、功能设置、操作使用、维护保养及常见故障检修等相关内容并编辑成册,为行业中的技术人员提供了一套内容全面、系统、实用的海洋工程装备系列丛书。

本系列丛书把背景工程的相关技术呈现给读者,为后续类似系统的设计、建造,相关系统的操作使用及维护保养,相关单位海洋工程设备的人才培养等提供了较为全面的技术理论支撑及经验支持,为国家深海海洋工程领域的技术发展及创新贡献了一份力量。

由于时间仓促,编者水平及资料有限,书中疏漏与错误在所难免,敬请读者批评、指正。

编者

2017.9

本册前言

烟台打捞局 5000 吨起重铺管船为一艘综合全电力驱动、全回转推进的大型多功能海洋工程船舶,为交通运输部重点工程,由 ZPMC 公司负责总承包建造,佳豪设计院负责船舶设计。该船具备 5000 吨固定艏部吊重和 3500 吨全回转吊重能力,主要用于中国沿海,如渤海、黄海、东海、南海等海域的水下沉船、沉物的抢险救助打捞作业,具有应对突发事件、进行大吨位水下物体整体打捞、快速清障等能力。本船安装有 S 形铺管系统,具备 3000 米水深 DP3 铺管能力,同时配有十点锚泊系统,可以进行 150 米以下浅水铺管工作。该船同时入级 CCS 和 ABS 双船级社,为国内首次设计建造的一艘具有多种作业功能要求的海洋工程船舶。

本船起重机系统由 NOV 整体设计,具备 A 字架放倒、波浪补偿等功能。为减少起重机自重,采用全轨道反滚轮设计,省去海洋重型起重机常规配重设计。同时为满足 3500 吨全回转吊重需要,本船配有自动调压载系统,可在大吨位吊重时自动实现船舶调载,保证大吨位吊重时船舶及吊件安全。

本船为交通运输部、烟台打捞局重点工程,全局上下高度重视,集全局之力展开本船监造工作。专门成立了 5000 吨起重铺管船项目部,并细分了多个专业组。编者能参与本船的监造工作,既倍感荣幸,又深感责任重大。监造期间编者认真查阅相关资料、规范,积极与相关公司展开技术交流,对本船起重机系统有了逐渐深入的认知,并总结成册编写了本书,希望对行业内相关技术人员能有所帮助,对本船后期营运期间操作、维护等提供帮助。

本书共分为六章,主要介绍了起重机概况、本船起重机优势、起重系统的设计、副钩系统、主起重机基本操作、自动防横倾系统等。

在本书编写过程中,编者得到了项目部及佳豪设计院、ZPMC 公司起重机部门技术等相关工作人员的有力支持,在此表示感谢。

由于本书编写时间短,也限于编者的水平,编写的内容难免有欠缺之处,还望读者提出宝贵意见,以期将本书完善,为读者提供更多帮助。

编者

2017.9

目 录

第一章 起重机概况	1
第二章 本船起重机优势	6
第三章 5000 t 起重工程船起重系统的设计	18
第一节 系统总体设计	18
3.1.1 供电系统	18
3.1.2 电力原理图简介	20
3.1.3 滑环通道统计	22
3.1.4 控制电路原理	25
3.1.5 起重机电力管理系统	26
第二节 控制系统	27
3.2.1 5000 t 起重工程船概况	27
3.2.2 控制系统方案设计	28
3.2.3 系统控制流程图设计	29
3.2.4 系统总体方案图	32
3.2.5 系统硬件配置	34
第四章 副钩系统(带有波浪补偿功能)	37
第一节 系统功能及控制系统	37
4.1.1 AHC 控制系统说明	37
4.1.2 波浪补偿技术及其在起重机设计中的应用	38
4.1.3 AHC 控制描述	40
4.1.4 单线图	46
4.1.5 AHC 系统输入输出	47
4.1.6 AHC 电气系统组成	47
4.1.7 操作描述	51
第二节 波浪补偿操作说明及系统框图	61
4.2.1 下放重物到海底的操作过程	61
4.2.2 从海底起吊重物的操作过程	61
4.2.3 系统框图	62
第五章 主起重机基本操作	63
第一节 外形结构及舱室布局介绍	63
5.1.1 外形结构	63
5.1.2 机房布置	65
5.1.3 电气房	67
第二节 设备及控制描述	68
5.2.1 辅助设备	68
5.2.2 司机室	69
5.2.3 控制柜	70
5.2.4 基本控制设备	73

5.2.5	电源控制设备	89
5.2.6	起重机功能控制装置	90
第三节	基本操作	94
5.3.1	简介	94
5.3.2	人员处理	94
5.3.3	预启动程序	95
5.3.4	启动程序	95
5.3.5	紧急停止	98
5.3.6	关机程序	98
5.3.7	在大风中操作	100
5.3.8	旋转	101
5.3.9	旋转锁	101
5.3.10	变幅	102
5.3.11	主钩和小钩	103
5.3.12	小钩紧急释放	104
5.3.13	A 字架放倒和起升	104
5.3.14	退出限位条件	104
第六章	自动防横倾系统	107
第一节	防横倾系统的压载系统	107
6.1.1	压载舱调载表	107
6.1.2	压载泵	108
6.1.3	系统倾斜检测	108
6.1.4	自动模式选择	108
6.1.5	自动控制系统与硬件设备的接口情况	108
6.1.6	预调载功能	109
第二节	防横倾控制系统	109
6.2.1	供货范围	110
6.2.2	功能描述	110
6.2.3	操作	110
6.2.4	运行模式	110
6.2.5	典型防横倾系统框图	111
6.2.6	系统组成	112
第三节	防横倾控制系统操作	118
6.3.1	操作端的概述	118
6.3.2	控制模式选择	119
6.3.3	报警系统	120
6.3.4	IAS 操作	121
参考文献	123

第一章 | 起重机概况

打捞起重作业是烟台打捞局“德合”轮的主要功能之一,起重机作业的安全性和各机构、结构及操作的可靠性是本船最基本和最重要的要求。起重机型式的选择成为本船设计时重点考虑的问题之一。通过对比目前现存的起重机的型式和应用情况,并综合考虑不同型式的各项优缺点,本船采用了美国 NOV 公司设计的 5000 t 全回转 A 字架式起重机。本船入级 ABS(美国船级社)、CCS(中国船级社)双船级社,本起重机设计、建造需要满足的有关公约、法规和规范(包括但不限于以下法规)如下:

- a. 美国钢结构协会(AISC)建筑用结构钢设计、制造、装配规范。
- b. 所有的建筑用结构钢均应遵守美国材料与试验协会(ASTM)的标准。
- c. 铸钢件应遵守 ASTM-A148。
- d. 机械部件钢应遵守美国钢铁学会(AISI)或美国汽车工程师协会(SAE)标准。
- e. 美国国家电气法规(NEC)。
- f. 电气和电子工程师协会(IEEE)的 IEEE-45。
- g. 美国焊接协会(AWS)钢结构焊接规程 D1.1—2010。
- h. 美国国家标准化组织(ANSI)的 ANSI B30.8。
- i. 起重机设计规范 GB/T 3811—2008(适用时)。
- j. API2C 海上起重机规范(适用时)。
- k. CCS 材料与焊接规范。
- l. 中华人民共和国船舶检验局 1999 起重设备法定检验技术规则。
- m. 国际电工委员会(IEC)的 IEC 60204-32—2008。
- n. ASME 第 V 卷和第 VIII 卷的无损检测焊接(NDT)(适用时)。
- o. 欧洲海洋吊机标准 海上起重机 第二部分 浮式起重机(EN 13852-2)。
- p. CCS 船舶与海上设施起重设备规范(最新版)。

起重机性能指标及参数

1) 起重机概况

(1) 本起重机为固定尾吊 5000 t,全回转吊 3500 t 的大型海洋工程起重机。本起重机主要用于水下沉物、沉船的抢险救捞作业,还能进行海上大型模块的起重吊装作业,同时具备平台作业支持、潜水作业支持等功能。

(2) 本起重机采用全变频驱动及控制。

(3) 本起重机具有全回转功能。

(4) 本起重机配置一套主钩(包括两个 2500 t 山字钩和一个 5000 t 十字钩),一套深水副钩,一套小钩和相应的锁具钩。

(5) 本船 5000 t 起重机采用美国 AMCLYDE 公司的产品。1200 t 副钩采用荷兰 IHC 公司产品。副钩具有 3000 m 深水起吊功能和波浪补偿功能。200 t 小钩具有吊人功能。

(6) 本船配置手动/自动防横倾系统,满足起重机在 3500 t、40 m 的情况下 14 min 回转 90°的要求。

2) 起重机作业条件

(1) 环境温度

最高环境气温: +45 ℃。

最低环境气温: -20 ℃。

(2)海况

固定尾吊: 风速 20 m/s, 横倾 1.5°, 纵倾 1.5°。

全回转吊: 风速 20 m/s, 横倾 3.5°, 纵倾 3.5°。

生存工况: 风速 63 m/s。

注: 固定尾吊工况横倾已包括 1°横摇, 纵倾已包括 0.5°纵摇;

全回转吊工况横倾已包括 1.5°横摇, 纵倾已包括 0.5°纵摇;

限制运动标准: 最大横摇角 2.5°, 最大纵倾角 1.5°。

3) 起重机主要技术参数

(1) 主钩

吊载: 5000 t, 40 m (固定尾吊); 3500 t, 45 m (回转吊)。

最大起升高度: 甲板以上 97 m。

起升速度: 0 ~ 3.53 m/min (带载); 0 ~ 6.11 m/min (空载)。

主钩的外形图如图 1-0-1 所示, 2 个 2500 t 主钩可以串接挂接一个 5000 t 主钩 (2 个 2500 t 山字钩, 同时配备了 1 个 5000 t 十字钩)。

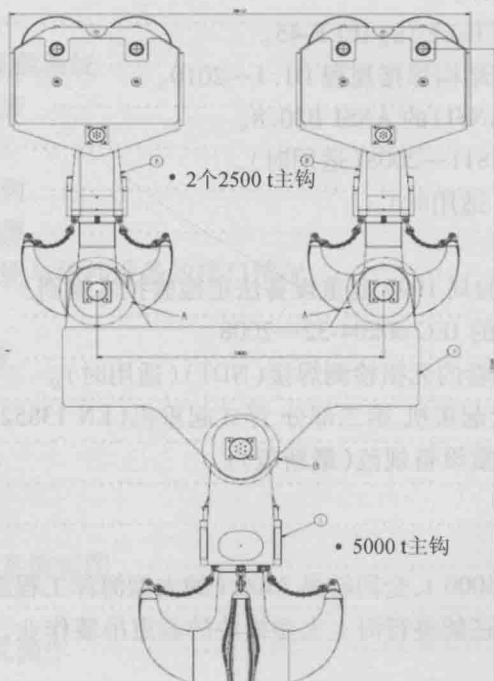


图 1-0-1 主钩的外形图

(2) 副钩

起重能力: 1200 t (4 倍率); 600 t (2 倍率); 300 t (单倍率)。各种倍率下钩头滑轮组的连接形式如图 1-0-2 所示。

波浪补偿能力: 波浪补偿装置采用被动补偿和主动补偿方式, 单绳时补偿行程 ± 4 m。最大补偿速度: 主动 180 m/min, 被动 200 m/min。

最大起升高度: 甲板以上 102 m。

最大下水深度: 水下 3000 m (单倍率); 1500 m (2 倍率); 750 m (4 倍率)。

起升速度:0~10 m/min (带载);0~20 m/min (空载) (4倍率)。

0~20 m/min (带载);0~40 m/min (空载) (2倍率)。

0~40 m/min (带载);0~80 m/min (空载) (单倍率)。

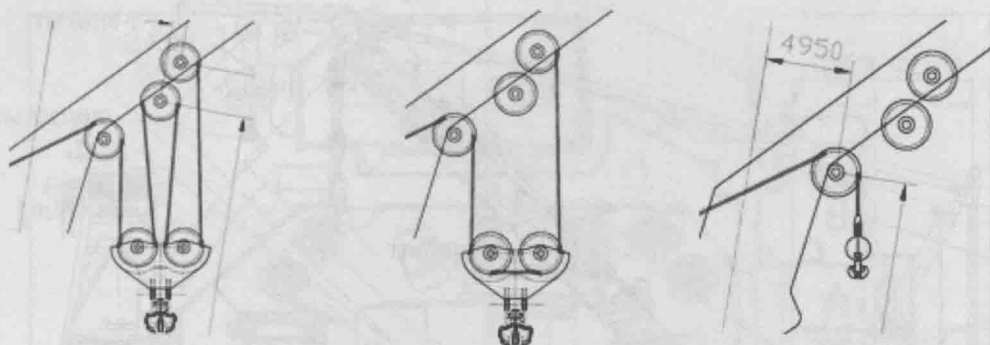


图 1-0-2 钩头滑轮组的连接图

(3)小钩

吊载:200 t(具有吊人功能)。

起升速度:0~38 m/min (带载);0~75 m/min (空载)。

(4)辅助绞车

深水副钩附带液压缸式主、被动补偿系统,补偿距离 $> \pm 4$ m。

40 t 稳货牵引绞车2个 ZPMC 供货(一层外侧)

30 t 主钩稳钩绞车2个 ZPMC 供货(一层中间)

45 t 主钩用索具钩2个 ZPMC 供货(二层)

30 t 副钩用索具钩1个 ZPMC 供货(臂架上)

10 t 小钩用索具钩1个 ZPMC 供货(臂架上)

(5)钢丝绳参数

起重机钢丝绳规格见表 1-0-1 所示,主钩有2个滚筒,小钩有1个滚筒,变幅绞车有1个卷筒,8个辅助绞车有自己的卷筒用于存储钢丝绳。

表 1-0-1 起重机钢丝绳规格表

类别	直径(mm)	数量(根)	长度(m)
主钩钢丝	60	2	3940
副钩钢丝	118	1	2360
小钩钢丝	60	1	590
变幅钢丝	60	2	3170
变幅连接绳	60	1	55
主钩索具	38	2	375
副钩索具	44	1	280
小钩索具	26	1	300
主钩稳钩	38	2	250
主钩稳货	44	2	150

4) 起重机布局

(1) 整体外形

该起重机在甲板上, 设备主要由筒体、吊臂、A 字架、辅助设备等组成, 其外形图如图 1-0-3 所示。

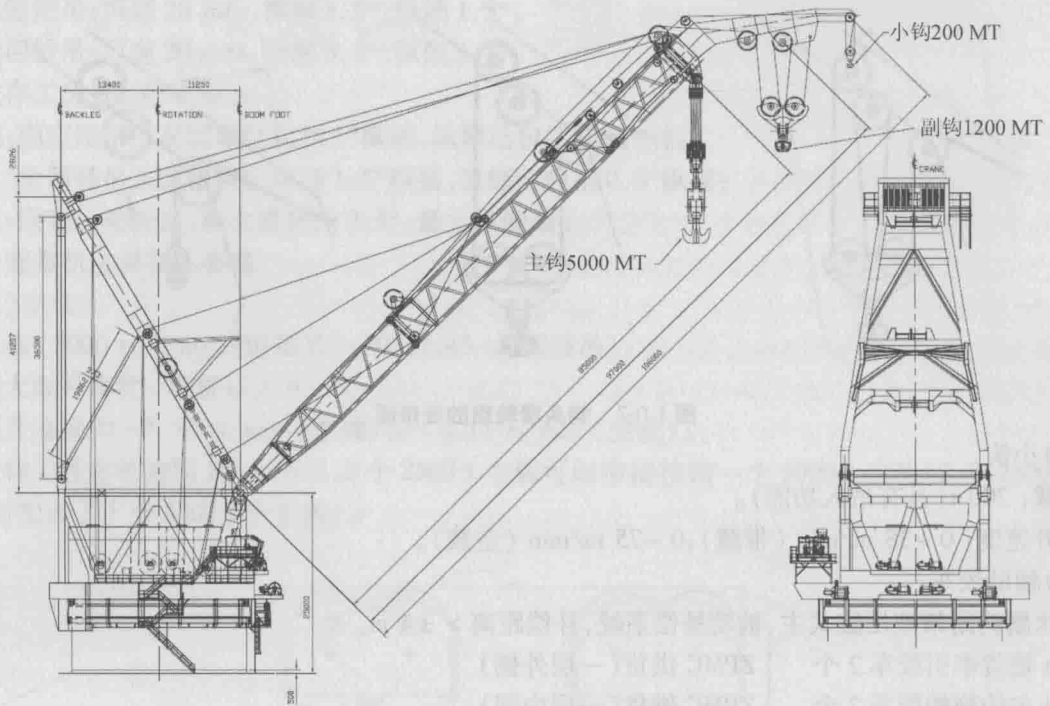


图 1-0-3 整体外形图

(2) 钩头外形

该起重机配置主钩、副钩、小钩等钩头配置, 具有不同的功能, 其外形如图 1-0-4 所示。

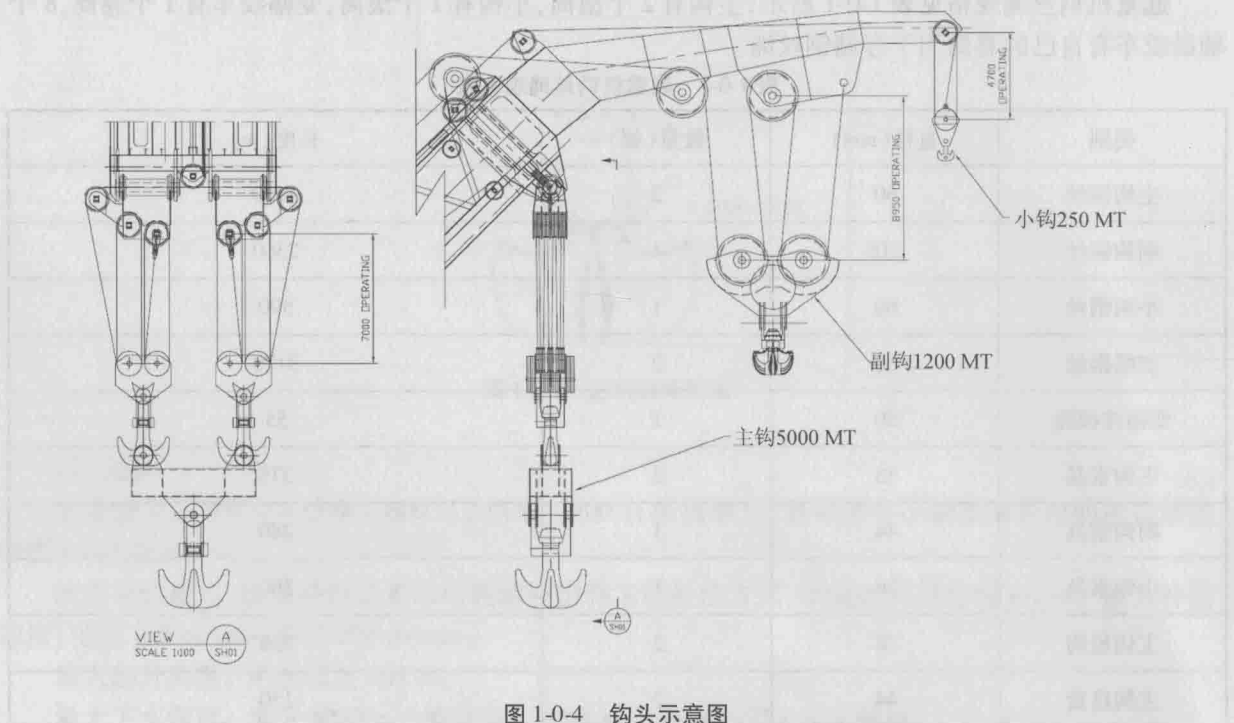


图 1-0-4 钩头示意图

(3) 机房布置图

机房主要有 8 个旋转电机、2 个主钩辊筒、1 个小钩辊筒、1 个变幅辊筒等, 简要布置图如图 1-0-5 所示。

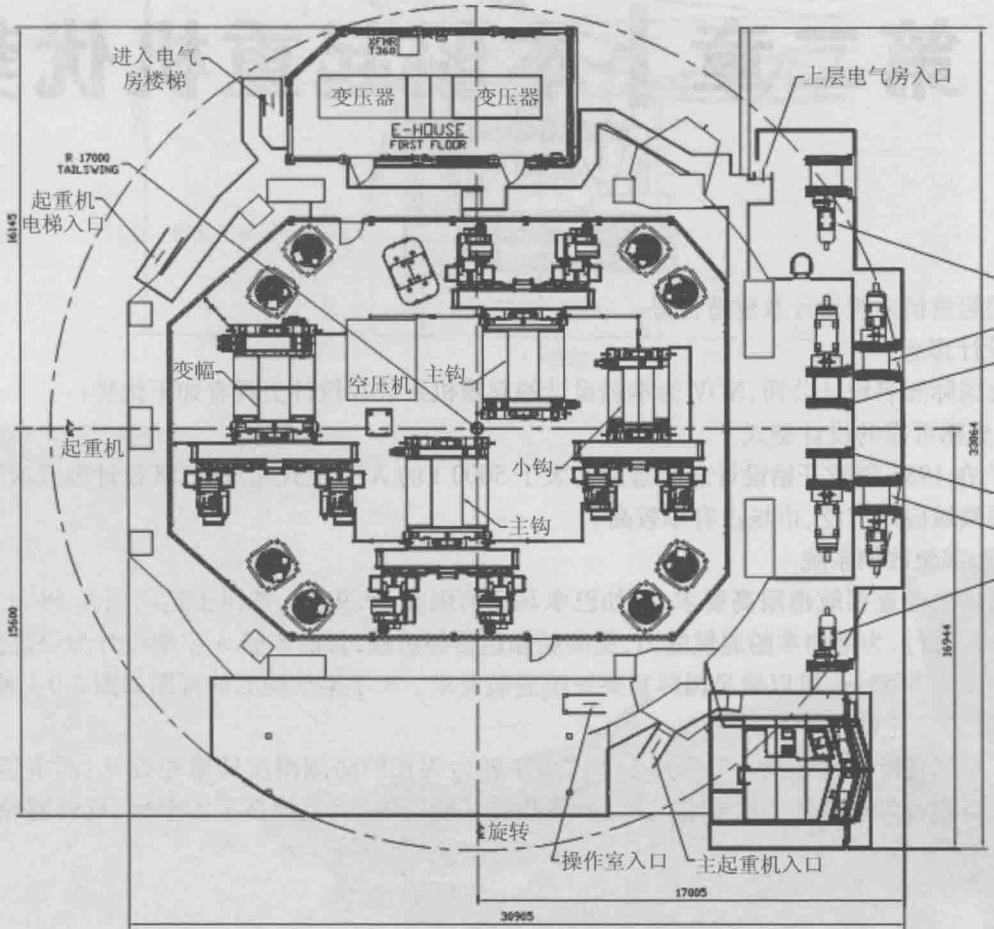


图 1-0-5 机房布置图

第二章 | 本船起重机优势 |

本船起重机系统设计及建造优势

1) 设计理念

作为国际知名设计公司,NOV 为本船设计的起重机系统在设计上具有如下优势:

(1) 成熟可靠的设计型式

NOV 在 1986 年就开始设计总起重能力大于 5000 t 的 A 字架式起重机,其设计型式成熟可靠,在海洋工程领域应用广泛,市场占有率较高。

(2) A 字架放倒系统

根据世界各重要航道限高要求,例如巴拿马运河限高 57.91 m,苏伊士运河限高 68 m,考虑本船为无限航区航行,为增加本船通航能力,提高船舶运营经济性,目前本船 A 字架设计为可放倒系统,最小通航高度约为 53 m,可以满足国际重要航道通航要求。A 字架放倒后的视图如图 2-0-1 所示。

(3) 反转辊轮设计

国际全回转海洋起重机大多采用 1/2 或 1/4 转台周长的防倾覆反转辊轮设计,而本船起重机的设计出于对设备可靠性的严格要求,设计为满圈的反转辊轮,大大提高了安全性,反转辊轮视图如图 2-0-2 所示。

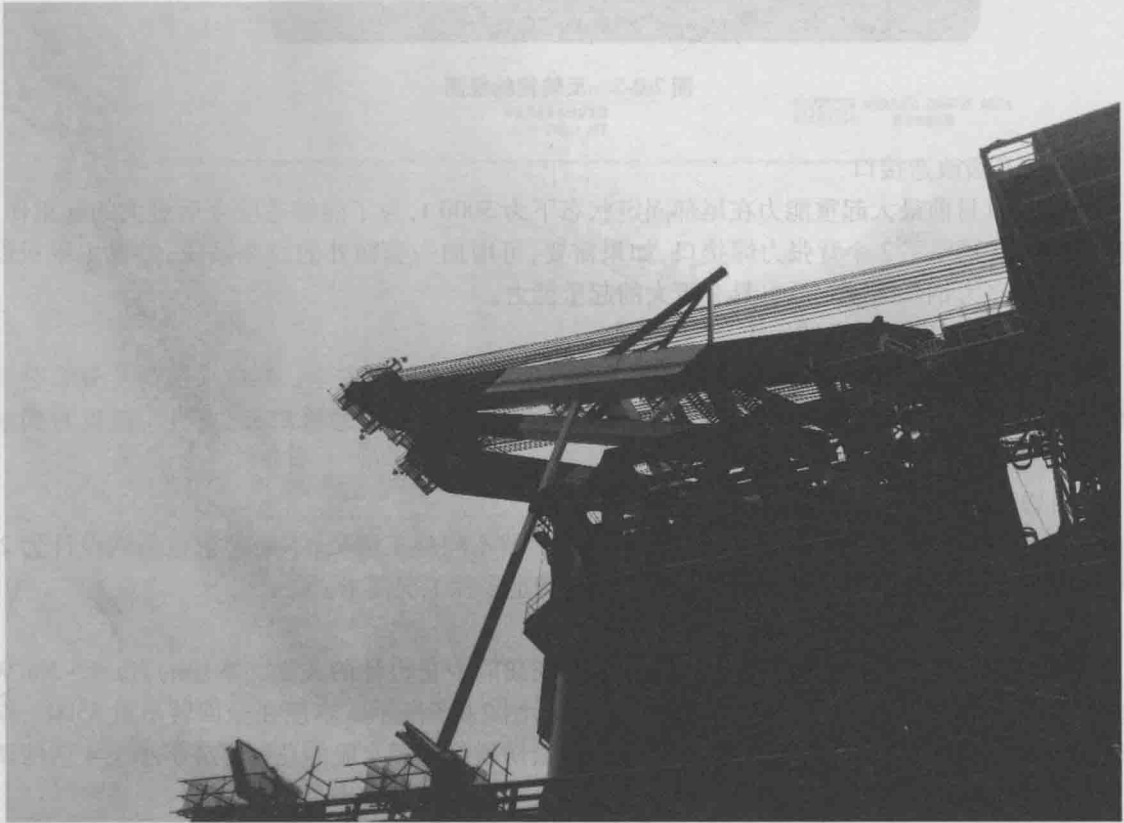
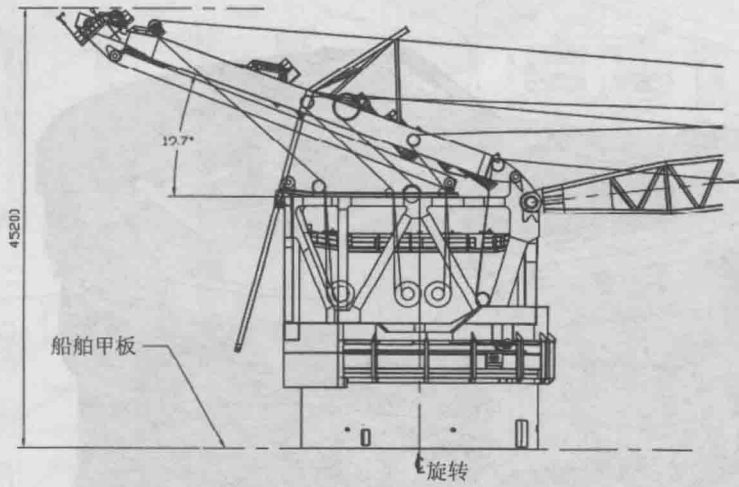


图 2-0-1 A 字架放倒后的视图

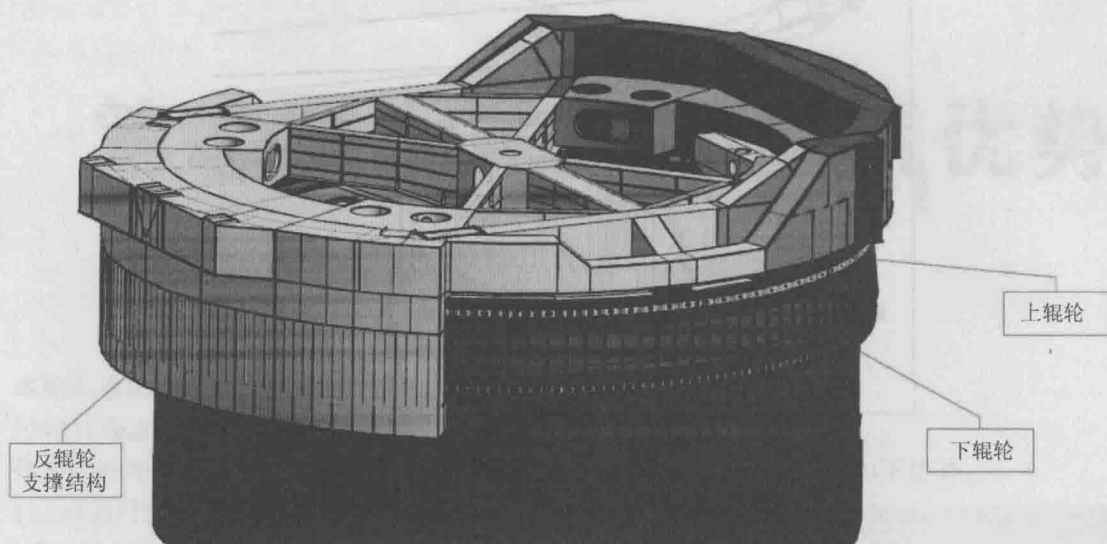


图 2-0-2 反转轱轮视图

(4) 预留升级改造接口

本船起重机目前最大起重能力在尾部固定状态下为 5000 t, 为了能够适应今后更大的起重作业, A 字架在设计时预留了 2 个背张力绳接口, 如果需要, 可增加一套额外的绞车系统, 并在主甲板设计位置将 2 个背张力钢丝绳固定后可具有更大的起重能力。

(5) IHC 波浪补偿系统设计优化

本船起重机副钩带有波浪补偿功能, 以保证海底吊装、水下施工安全。系统采用荷兰 IHC 公司产品, 可在起重机司机室实现波浪补偿功能控制, 且预留 ROV 视频信号接口, 起重机司机可看到水下 ROV 工作情况。

(6) 吊钩设计

为了适应救助打捞、码头大件吊装、海洋起重工程的不同施工需要, 本船起重机吊钩设计为 2 个 2500 t 山字钩, 同时配备了 1 个 5000 t 十字钩, 可以满足多种工况需求。

(7) 压载水及防横倾系统

回转起重作业时具备与起重能力相匹配的横向调载能力是设计的关键。本船的 No. 4 ~ No. 9 边压载舱为防横倾压载水舱, 压载水及防横倾系统图如图 2-0-3 所示。本船在全回转吊重 3500 t 作业时, 需要向反方向调拨的水量约为 5210 m^3 , 按此计算, 防横倾压载水舱的总舱容应不小于 4 倍的调载水量, 即不小于 20840 m^3 。

由于本船在大多数时候并不总是在最大工况作业, 同时也为降低调载泵的功率配置。在设计方案中, No. 4 ~ No. 9 边压载舱均被分割成上、下两个独立的舱室, 并按每对舱设置 2 只调载泵的配置, 结合各舱舱容, 共配置了 12 只 $1200 \text{ m}^3/\text{h}$ 的调载泵 (用于底部边压载舱, 单舱调拨水量约 540 m^3) 和 12 只 $800 \text{ m}^3/\text{h}$ 的调载泵 (用于顶部边压载舱, 单舱调拨水量约 350 m^3)。实际调载速度为 $24000 \text{ m}^3/\text{h}$, 调载时间约 13.5 min, 满足设计要求。