

海上油气田 SDH 光纤通信网的设计应用

谢金洪, 李小鹏, 高建梅

(海洋石油工程股份有限公司, 天津 300452)

摘要 随着油田生产对于数据传输的速率和可靠性要求的提高,同步数字体系(SDH)光纤通信网在海上油气田得到了广泛应用。从构网形式与自愈环、帧结构与速率两方面介绍了 SDH 这种新型光纤通信网技术,并以 CFD11 项目为实例从系统设计、光纤设计和光端设备设计三方面阐述了设计过程。实践证明 SDH 是一种符合海上油气田应用要求的光纤通信网技术。

关键词 海上油气田;通信;同步数字体系;准同步数字体系;CFD11 油气田

中图分类号 TE54;TN915 **文献标志码** A **文章编号**: 2095-7297(2015)03-0209-06

Design and Application of SDH Fiber Optic Network for Offshore Oil and Gas Field

XIE Jin-hong, LI Xiao-peng, GAO Jian-mei

(Offshore Oil Engineering Co., Ltd., Tianjin 300452, China)

Abstract As the growing needs of data transmission rate and reliability in oil field production, synchronous digital hierarchy (SDH) fiber optic network is applied to offshore oil fields. We introduce such a new fiber optic network technology from two aspects, i. e., network structure and self-healing ring network, and frame structure and transmission rate. The design method, optical fiber design and design of optical terminal equipment are analyzed using the CFD11 project as an example. Through the successful application in the project, we draw a conclusion that the SDH technology is completely applicable to offshore oil and gas fields.

Key words offshore oil and gas field; communication; synchronous digital hierarchy; plesiochronous digital hierarchy; CFD11 oil and gas field

0 引言

光纤通信网应用于油田群内部平台与平台、平台与浮式生产储卸油装置(FPSO)之间的综合数据传输,传统使用准同步数字体系(PDH)技术为传送体系。近年来油田生产的信息化、自动化程度不断提高,要求光纤通信网具有更快的速率和更高的可靠性。在 CFD11 油气田开发项目中,业务传输对光纤通信网提出了新要求:一方面对速率的要求比以往项目都高,综合速率达 320 Mb/s,传输业务有视频数据、局域网数据、中控数据和电话数据;另一方面对可靠性的要求也比以往高,使用环形构网达到链路冗余,当一支路损坏后,自动倒换到另一支路工作。传统的 PDH 传送体系是一种逐级复接的电传送体系,其最高传输速率为 E4 140 Mb/s,无法满足

速率要求。同时在组成环网时,设备需从 2 Mb/s 到 140 Mb/s 逐级复接,构网复杂,设备可靠性难以保证。而同步数字体系(SDH)具有 52 Mb/s~40 Gb/s 的高速率帧结构,同时拥有分插复用器(ADM),能方便地组成自愈环。本文介绍了海上油气田 SDH 光纤通信网的设计,研究 SDH 技术在海上油气田的应用方式,并通过实践检验应用效果。

1 SDH 技术原理

SDH 是由一些网络单元构成的,在光纤上进行同步信息传输、复用、分叉和交叉连接的传送网络^[1]。可以这么形容:SDH 相当于网络中的“软件”,光纤传输网相当于网络中的“硬件”。如图 1 所示,SDH、PDH 和帧中继都是传送网技术,建立于光纤、微波等传输网之上。

收稿日期:2015-04-21

作者简介:谢金洪(1979—),男,工程师,主要从事海洋平台设计。

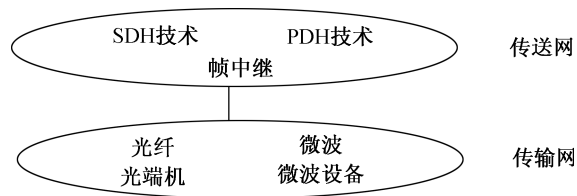


图1 传送网与传输网示意图

Fig. 1 Logical transmitting network and physical transmitting network

同步数字体系的研究最先开始于美国贝尔通信研究所。1986年国际电信协会(ITU-T)在前期研究的基础上开展这方面的标准制定工作,提出了SDH的概念。1988年ITU-T通过了第一批标准,对速率、帧结构、复用方式等基本内容做出了规定^[2]。截至1995年已通过了SDH的16个标准,在构网形式、光接口、设备功能和网络管理等方面予以规范,至此其内容和基本结构已定。随后,在实际应用中不断完善,形成了完整的光纤数字通信标准。

中国电信从1994年开始在干线上应用SDH光纤通信网,现已广泛应用于省级干线网、省内干线网、市内中继网和接入网。近年来SDH光纤通信网在专网建设中也得到了广泛引用。具体到国内海上油气田,SDH光纤通信网首先应用于CFD11项目,即将在LD、LF13-2、NB35-2项目中推广应用。

1.1 构网与自愈环

ITU-T出于网络建设、组网应用和规范设备的需要,将SDH设备分为四种:终端复用器(TM)、再生中继器(REG)、分插复用器和数字交叉连接器(DXC),如图2所示。由这些设备可构成线形网、环形网、星形网和网状网四种网络。

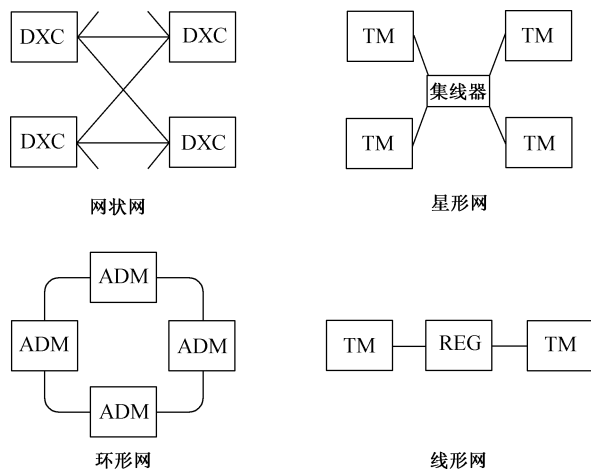


图2 SDH设备和构网形式

Fig. 2 SDH equipment and network structure

自愈环是指采用分插复用器组成,具有链路自愈保护功能的环形网,如图3所示。其原理为采用两根光纤作为链路,其中一根为主用光纤S1,一根为保护光纤P1。发送端C同时将数据分别沿两个方向传输,接收端A选取其中的一路作为有效数据。当环中一光纤断裂或损坏时,接收端将自动倒换接收保护光纤的信号,使业务维持正常,无数据丢失。

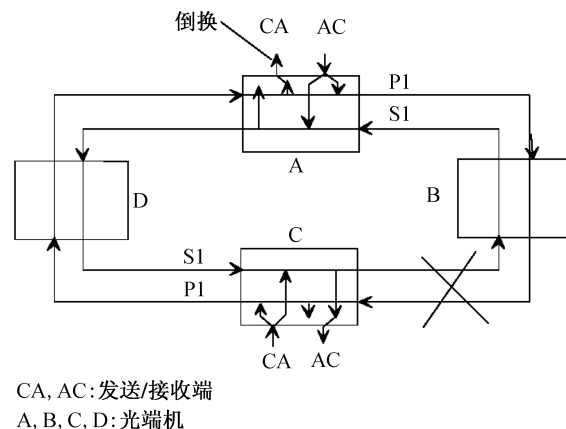
CA, AC:发送/接收端
A, B, C, D:光端机

图3 自愈环原理图

Fig. 3 Schematic diagram of self-healing ring network

1.2 帧结构与速率

SDH传输基本单位为帧,由二进制数据构成。如图4所示,ITU-T对SDH帧结构采用了一种矩形块的方式来描述。对于不同速率的帧, N 级同步传输模块(STM- N)由9行、 $270 \times N$ 列字节组成。整个帧结构可以分为3个区域:开销区、指针区和信息净荷区^[3]。

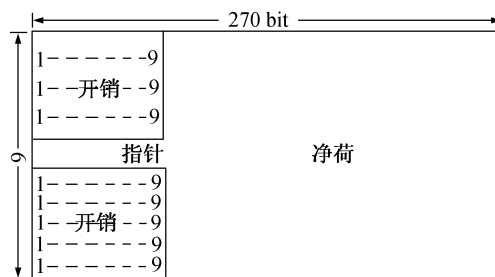


图4 SDH数据帧结构

Fig. 4 Structure of SDH data frame

SDH具有规范化的数据传输速率,以不同帧结构STM- N 进行传输。目前已经规范的 N 值为0、4、16、64、256。STM- N 传输速率均为155 Mb/s的 N 倍,表1列出了SDH规范的标准速率值^[4]。

表 1 SDH 网络节点结构的标准速率

Table 1 Standard data transmission speed for SDH network

SDH 等级	STM-0	STM-1	STM-4	STM-16	STM-64	STM-256
标准速率	52 Mb/s	155 Mb/s	622 Mb/s	2.5 Gb/s	10 Gb/s	40 Gb/s

2 设计应用

CFD11 项目一期工程主要设施包括一座井口平台 WHPA、一座集输平台 WGPA、一艘 FPSO 及单点系泊 (SPM) 系统,如图 5 所示。FPSO 与 WGPA 之间距离为 2.54 km,预设两根复合电缆;WGPA 和 WHPA 之间距离为 7.85 km,预设一根复合电缆。光端传输设备布置于报房和中控室内,各点间传输路由略长于平台间距。FPSO-WGPA、WGPA-WHPA、WHPA-FPSO 三路由长度分别为 3.24 km、8.25 km 和 11.49 km。整个 SDH 光纤通信网的设计包括三部分:SDH 系统设计、光纤设计和光端设备设计。

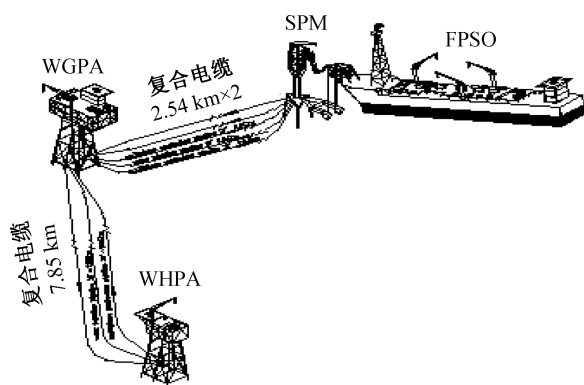


图 5 CFD11 项目构网环境

Fig. 5 SDH network application environment of CFD11 project

2.1 SDH 系统设计

CFD11 项目 SDH 系统使用自愈环构网,物理形式为线形网,逻辑形式为环形网。图 6 为光纤通信网系统示意图。FPSO、WGPA 和 WHPA 三点均使用 ADM 光端设备。SDH 系统分别连接闭路电视 (CCTV) 系统、电话系统、中控系统和局域网系统,为其提供综合数据传输。CCTV 系统以 FPSO 为监视方,对 WGPA 和 WHPA 生产状况进行监视,在 FPSO 上设置两路监视信号与 SDH 系统相连,WGPA 和 WHPA 各设一路监视信号与 SDH 系统相连,每路监视信号包括一路控制信号和一路视频信号。电话系统以 FPSO 为主程控交换,WGPA 和 WHPA 为子程控交换,FPSO 上设置两

路语音传输信号与 SDH 系统相连,WGPA 和 WHPA 各设一路语音传输信号与 SDH 系统相连。中控系统数据传输为 FPSO、WGPA 和 WHPA 三点互传控制数据,三点各设两路冗余信号与 SDH 系统相连。局域网系统以 FPSO、WGPA 和 WHPA 形成一个局域网,经 WGPA 卫星系统接入广域网,三点各设一路信号与 SDH 系统相连。

2.1.1 传输速率

依据各系统传输业务的需要,分别统计 FPSO、WGPA、WHPA 传输速率要求,如表 2 所示。各节点所要求的速率基本一致,其中 FPSO 稍高,为 320 Mb/s。系统选用 STM-4 622 Mb/s 作为其传输速率,满足现有速率的要求,同时预留足够的业务扩展空间。

表 2 FPSO、WGPA 和 WHPA 传输速率要求

Table 2 Data transmission speed requirement of

FPSO/WGPA/WHPA network						Mb/s
系统	视频	视频控制	局域网	中控	电话	总计
FPSO	7×2	1×2	100×1	100×2	2×2	320
WGPA	7×1	1×1	100×1	100×2	2×1	310
WHPA	7×1	1×1	100×1	100×2	2×1	310

2.1.2 工作波长

SDH 系统可采用 1 310 nm 和 1 550 nm 波长传播,1 310 nm 波长适用于 40 km 以内传输,1 550 nm 波长适用于超长距离和波分复用系统。该系统在传输距离 2~12 km 以内,属于短距离传输,采用 1 310 nm 工作波长完全能满足需求。

2.1.3 链路计算

链路计算用于判断整个链路的损耗和色散是否满足 SDH 标准光接口要求。链路的色散过大将导致传输的误码率过高,损耗过大或过小则影响光功率接收。ITU-T G.957“SDH 相关设备和系统的接口”对不同光接口的损耗和色散做了相应规定。根据系统工作波长、传输距离和速率选择光接口

S-4.1,其对链路损耗的范围为0~12 dB,最大色散为46 ps/nm。分别计算了FPSO-WGPA、WGPA-WHPA、WHPA-FPSO三条链路的损耗和色散。计算中,链路损耗等于光纤的总损耗加上光纤熔接

损耗,链路色散就是光纤的总色散。单位长度光纤损耗和色散按G. 652光纤取值,分别为0.3~0.4 dB/km和3.5 ps/(nm·km),光纤熔接损耗按0.1 dB估计。

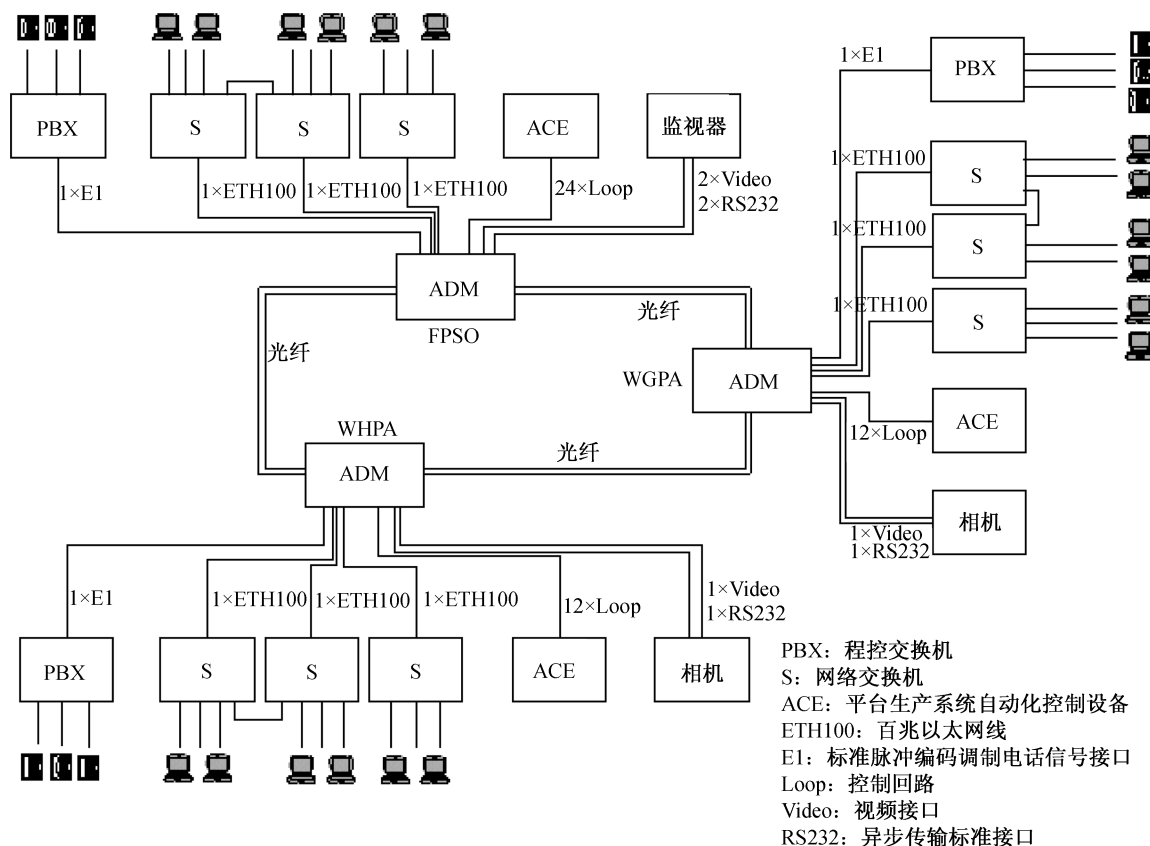


图6 CFD11项目光纤通信网系统图

Fig. 6 Fiber optic telecommunication system diagram of CFD11 project

计算公式为

$$A = L \cdot A_L + N \cdot A_C, \quad (1)$$

$$P = L \cdot P_L, \quad (2)$$

式中: A 为链路的损耗, dB; P 为链路的色散, ps/nm; L 为链路的总长度, km; A_L 为光纤损耗, dB/km; N 为光纤熔接次数; A_C 为光纤熔接损耗, dB; P_L 为光纤色散, ps/(nm·km)。

具体的计算结果,对于FPSO-WGPA链路, A 为1.3~1.7 dB, P 为12 ps/nm;对于WGPA-WHPA链路, A 为2.8~3.7 dB, P 为29 ps/nm;对于WHPA-FPSO链路, A 为4.1~5.3 dB, P 为41 ps/nm。计算结果表明,三条链路的损耗和色散均满足光接口要求。

2.2 光纤设计

光纤链路上使用两种光纤,一种为海底光纤,复

合于复合电缆之中;另一种为海上光纤,铺设于平台和FPSO上。在导光特性上对两种光纤的要求是一致的,均应满足SDH系统的要求。在物理特性上,海底光纤应符合海底复合电缆环境要求,海上光纤应符合平台和FPSO的环境要求。

2.2.1 导光特性

ITU-T规定SDH系统可使用G. 652、G. 653、G. 654、G. 655四种光纤,每种光纤对应一种传输特性。G. 652光纤是现在使用最广泛的光纤,是1310 nm性能最佳光纤,工艺成熟,成本相对较低,适用于40 km以内^[4]。根据CFD11项目的要求,选用G. 652光纤完全能满足,其主要参数如表3所示。其中光纤的模场直径为光束在光纤中的传输直径,要求与光端机发射光束直径相匹配;光纤色散为光束多路径传输而引起的波形畸变,用于限制数据

传输的误码率;光纤损耗限制光纤不因光功率过大或过小导致光端机无法接收。

表 3 光纤导光特性

Table 3 Transmission parameters of the optical fiber				
标准	模场直径/ μm	光纤色散/ $(\text{ps} \cdot \text{nm}^{-1} \cdot \text{km}^{-1})$	光纤损耗/ $(\text{dB} \cdot \text{km}^{-1})$	工作波长/ nm
G. 652	8.6~9.5	≤ 3.5	0.3~0.4	1 310

2.2.2 海底光纤物理特性

海底光纤复合于海底复合电缆中,设计时应该充分考虑海缆施工、熔接和工作环境,使其在极限环境下不被破坏,在恶劣环境下能正常工作。根据海缆规格和施工方式,规定海底光纤物理特性,如表 4 所示。海底光纤的最大外径要求与海缆的结构相匹配,不影响电缆和光纤的性能;最大抗拉性防止光纤在施工时由于敷设拉力过大而导致损坏;工作温度要求光纤在电缆应急时刻产生的温度下能正常传输;生存温度要求光纤能承受海底电缆发生短路时所产生的温度。

表 4 海底光纤物理特性

Table 4 Physical parameters of the subsea optical fiber				
参数	最大外径/ mm	最大抗拉性/ kN	工作温度/ $^{\circ}\text{C}$	生存温度/ $^{\circ}\text{C}$
要求	10	10	0~90	0~130

2.2.3 海上光纤物理特性

海上光缆的物理参数应满足电缆总规格书中

对室外电缆的总体要求,并且符合表 5 中的参数要求。

表 5 海上光纤物理特性

Table 5 Physical parameters of the platform optical fiber		
参数	最大外径/ mm	最大抗拉性/ kN
要求	10	2

2.3 光端设备设计

光纤系统选用速率等级为 STM-4 的 ADM 分插复用器,工作波长为 1 310 nm,传输距离为 2~12 km。光端设备设计包括光接口和数据接口的设计。

2.3.1 光接口特性

光端设备的光接口是指光端机与光纤的接口。本系统所选用的光接口为 S-4.1,参数选择如表 6 所示。发射功率、灵敏度和过载点为光端机的功率特性,与光纤链路的功率损耗相匹配;均方根谱宽表示光束发射的能量集中程度,要求与光纤参数相匹配;消光比是类似于功率/噪声比的一个参数,其值越大代表光传输效果越好。

2.3.2 数据接口

数据接口设计需考虑光端设备业务接口的物理和电气性能。以各业务系统的设计为依据,参照 G. 703“分级数字接口物理电气特性”,对数据接口形式给出表 7 所示规定。

表 6 光接口特性

Table 6 Parameters of the optical ports		
发射接口特性		
平均发射功率/ dBm	最大均方根谱宽/ nm	最小消光比/ dB
-8~-15	4	8.2
接收接口特性		
最差灵敏度/ dBm	最小过载点/ dBm	
-23	-8	

表 7 数据接口形式

Table 7 Specification of the data ports					
系统	视频	视频控制	局域网	中控	电话
电气性能	NTSC, PAL	RS485	RS232	RS232	E1
物理性能	BNC	RJ-45	RJ-45	RJ-45	BNC

3 结 语

在 CFD11 项目中, SDH 技术实现了我国海上油气田的首次应用。在项目施工阶段, 现场调试人员反馈信息证明 SDH 光纤通信网传输速率完全满足要求, 最高速率达 622 Mb/s, 同时具有快速的链路保护倒换, 倒换时间小于 3 ms。

SDH 技术在 CFD11 项目的应用表明: (1) SDH 技术具有统一形式的帧结构, 提供了高速率的数据传输; (2) 利用分插复用器能灵活地组成自愈环, 提高了网络的可靠性; (3) 能提供语音、数据和视频等综合业务传输; (4) 提供标准的光接口, 简化了光纤通信网的设计过程; (5) SDH 帧结构中有大

量开销字节, 提供了很强的运行、管理、维护功能。

基于 CFD11 项目的成功运用, SDH 技术随后在其他项目中得到了推广, 并逐步成为海上油气田光纤通信网设计的首选方式。

参 考 文 献

- [1] 纪越峰. 现代通信技术[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2002.
- [2] 何守才. 电信技术实用大典[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- [3] 马建炬. SDH 设备数据串口的应用[R]. 华为技术有限公司, 2003.
- [4] 韦乐平. SDH 及其新技术应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001.
- [5] Couch L W. Digital and Analog Communication Systems [M]. Boca Raton: CRC Press, 2003.

• 书 讯 •

船舶原理(下)

盛振邦 刘应中 主编
上海交通大学出版社出版
定价: ¥43.00

内容简介:

本书下册第三篇船舶推进以螺旋桨推进为主。除阐述螺旋桨的基本原理、几何特征、水动力性能、船体与螺旋桨的相互影响、空泡现象及桨叶强度外, 着重讨论螺旋桨的图谱设计及船、机、桨的配合问题, 关于螺旋桨的理论设计方法及螺旋桨的激振力等问题也作必要的介绍, 此外还概略介绍了普通螺旋桨以外的特种推进装置。第四篇船舶操纵主要从船舶操纵运动的基本方程出发, 分析船舶操纵的相关概念、操纵性衡准和试验方法, 着重介绍舵的水动力性能和舵的设计问题。第五篇船舶耐波性主要讨论船舶在风浪中的摇荡运动, 因此首先从海浪的特点出发, 阐述不规则波浪的统计分析和谱分析的基本理论, 讨论波浪与船舶运动之间的响应关系, 侧重于船舶在横浪中的横摇与顶浪中的纵摇与垂荡。提供了必要的实用成果、设计资料和理论计算方法。同时还介绍了船舶设计中有关耐波性的考虑和实船试验的分析方法。

目 录

第三篇	船舶推进
第1章	概述
第2章	螺旋桨几何特征
第3章	螺旋桨基础理论
第4章	螺旋桨模型的敞水试验
第5章	螺旋桨与船体相互作用
第6章	螺旋桨的空泡现象
第7章	螺旋桨的强度校核
第8章	螺旋桨图谱设计
第9章	实船推进性能
第10章	特种推进器
第11章	螺旋桨理论设计基础

第12章	螺旋桨激振力
第四篇	船舶操纵
第1章	绪论
第2章	船舶操纵
第3章	舵的设计
第五篇	船舶耐波性
第1章	耐波性概述
第2章	海浪与统计分析
第3章	船舶横摇
第4章	船舶纵摇和垂荡
第5章	船舶的耐波性设计和实船试验



船舶与海洋工程专业规划教材

船舶原理(下)

