

[综述]

中型布缆船的更新代船型初探*

张太佶

(708 研究所 上海 200011)

[关键词] 中型布缆船; 更新代; 特点; 发展趋势

[摘 要] 布缆船和海缆作业设备的发展、我国中型布缆船更新的形势和基本要求以及国外布缆船的技术特点等作了简要的介绍, 并从相关技术的研发动态、趋势等方面指出中型更新代布缆船进入研制日程的必要性, 并探讨了拟建布缆船的若干问题。

[中图分类号] U674.34 [文献标识码] A [文章编号] 1001-9855(2008)02-0001-07

Renovated form of medium cable layer vessel

Zhang Taiji

Keywords: medium cable layer vessel; renovated; characteristics; developing trend

Abstract: With examination of development in cable layer vessel and cable operation equipment, the latest situation and basic requirements of China's medium cable layer vessel and the research trend of relevant technique, this paper points out the necessity of bringing up medium cable layer vessel onto development agenda and the issues on construction of cable layer vessel.

1 概 述

我国“邮电一号”和 200 吨级(载电缆量)中型布缆船, 是上世纪 70~80 年代设计建造的。“邮电一号”于 1976 年交付使用, 参加了我国第一条国际海底电缆线路——中日海缆的敷设。200 吨级布缆船实际上是按“邮电一号”缩小设计的, 共建 4 艘。两型船均由 708 研究所开发设计, 其船型、作业方式及系统、设备、动力装置等基本相同。

在当时, “邮电一号”布缆船技术上还是比较先进的, 具有当时国际上流行的船型: 全贯通作业通道, 首尾均能作业; 装设了艏侧推装置, 操纵性有了较大改善; 设计装设了大直径鼓轮布缆机和履带式直线布缆机、四刀埋设犁等成套海缆作业系统及设备, 可以布放带增音机的海底电缆。200 吨级布缆船的使命任务是沿海及岛屿间海底电缆作业, 线路长不超过 50 km, 不设增音机, 装载量和主尺度较“邮电一号”小很多, 没有装设直线布缆机。



图 1 “邮电一号”布缆船

使用单位认为: 这两型布缆船在我国海缆建设中发挥了很大的作用, 目前主要承担浅海登陆段埋设、海缆维护和检修的任务。

“邮电一号”与 200 吨级布缆船的建成已经过去 20 多年, 在此期间, 通信技术有了突飞猛进地发展, 自从互联网问世到网络时代到来, 原来承载电报电话连接的海底电缆, 历史性地担负了连接网络的

* [收稿日期] 2006-12-19

[作者简介] 张太佶(1939.9-), 男, 汉族, 湖北人, 高级工程师, 主要从事船舶特机研究工作。

重任。电缆技术也起了革命性的变化,光缆已经取代了传统的同轴等电缆。海底光缆线路需求和发展的扩大几乎是爆炸性的:从 1988 年第一条跨洋海底光缆敷设开通,到 2002 年,世界上已建成 100 多万公里海底光缆线路;而海底光缆建设、维修所必需的海缆作业船发展也很快。据劳氏船级社不完全统计,到 2002 年,在使用的布缆船约有 110 余艘,其中 1996 年以后新建的有 42 艘。图 2 可清楚地看出新建布缆船的势头。

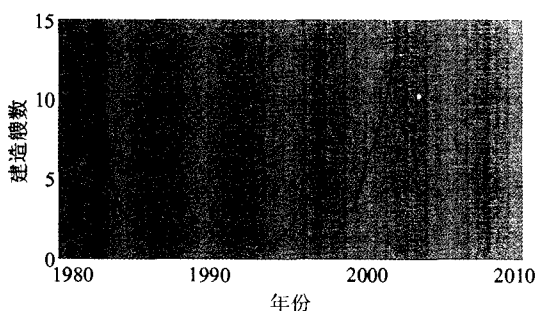


图 2 新建布缆船统计

但是,我国从上世纪 80 年代起,除建造 50 吨级的小型海缆维修船外,再也没有建造过布缆船。而对现有的布缆船,使用部门从现役海缆船的操纵性能、维修性能、埋设深度能力、敷设能力、新设备配套能力、装载量能力、路由调查能力等方面分析,认为现役海缆船已经不能满足海光缆施工及维修的任务。

使用部门的意见,反映了我国布缆船的现状与需求的巨大反差,也从另一侧面映衬了近年来国际新建海缆作业船热的原因。现在中型更新代布缆船进入研制日程是非常及时和必要的。

2 有关更新代布缆船船型的若干问题

2.1 新建造海缆作业船的特点、发展趋势

近 10 年来,国外新建造的海缆作业船不少,据不完全统计约 42 艘,从搜集到的船型资料可以看出,新建造海缆作业船有以下特点和发展趋势:

(1) 船舶的装载量较大。

近 10 年建造的海缆作业船, <1 000 dwt 的海缆作业船仅有数艘(见图 3)。

布缆船装载量大是需求所致。较大装载量可使一次布设距离长,减少光缆接头施工,保证光缆布设

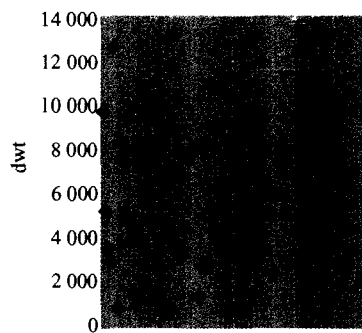


图 3 新建海缆作业船的吨位分布

的质量和缩短海上施工时间。

(2) 出现了不同的电缆装载方式、作业方式及相应的船型,全尾部作业船型成为主流船型。

(3) 动力定位和动力跟踪系统(DP/DT)成为海缆作业船的必备装备。

(4) 适应光缆性能及环境条件变化的新型海缆作业设备,包括电缆通道弯曲半径增大到 1.75 ~ 2 m 和深埋设备(埋深 3 ~ 5 m)。

(5) 控制系统的自动化、数字化。这是随着电子、计算机技术迅速发展而带来的进步和成果,提高了作业的精确性、减轻了人员作业强度。

(6) 电力推进的普遍采用。

2.2 基于作业方式的适用船型

在上世纪 70 ~ 80 年代,布缆船的船型基本是一种。船有大小(从 10 000 dwt 的越洋布缆船“Long Line”号到约 100 dwt 的小布缆船),但基本形式和布局大致相同,可称之为传统布缆船。其特征是:

- 设置电缆舱装载电缆;
- 首尾均为作业区,全船贯通的作业通道;
- 以鼓轮布缆机、轮胎(履带)布缆机为主的海缆收/放系统使海缆在甲板平面上基本平行地入水/上船。

英国 BT(Marine)公司 1991 年建造的布缆船“C. S. sovereign”号是资料上查阅到最新建造的传统布缆船。

以后建造的布缆船,出现了两种新的船型,一种是全尾部作业的传统布缆船。其特征是仍然设置电缆舱,但船首是常规的自航船型式,尾部甲板加上一部分舱内走廊为作业区,与生活区、操船区分隔开来,减少了互相干扰。意大利 Elettra, Spa 公司 2002 年建造的“Pertinacia”号布缆船就是这种船型(见图 4)。

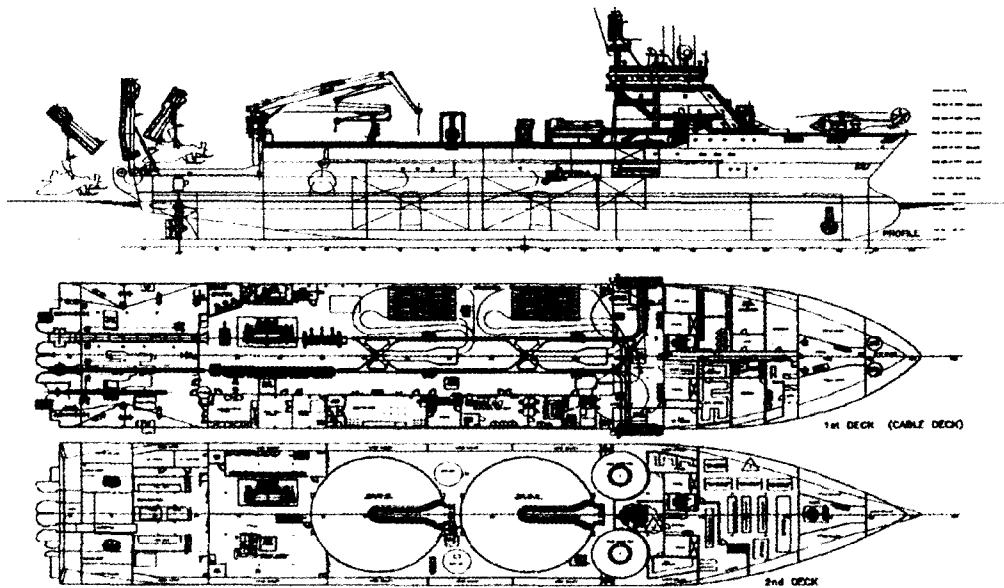


图4 “Pertinacia”布缆船

以敷设、维修通信光缆为主的海缆作业船,基本上是传统式的布缆船,但是随着海上电缆/管线种类的扩大,动力海底电缆、小直径油水管线等都成为布缆船作业的对象。这些管线截面直径及刚度都较大,因此弯曲半径也较大,致使设备重量,在船上的布置,电缆退扭高度都有问题,甚至不可行。因而应运产生了另一种布缆船船型,其特征是:

- 不设电缆(管线)舱,在甲板上安排电缆装载区;
- 作业区以沿海、近距离为主,船速要求不高,因此采用了肥胖型,船宽较大,便于电缆以大直径区域堆放;
- 为满足这种电缆线较大的退扭高度,电缆作

业系统设置轮胎型直线拉缆机,退扭架、电缆通道为主;

- 作业功能以布放、埋设为主;不设置鼓轮布缆机,一般不具备打捞海缆的功能。

荷兰 Van Der Stoel-Cable 公司 1999 年建造的“Sea Spider”号布缆船就是这种甲板装载布缆船船型。该船是为敷设瑞典和波兰之间(海上距离 245 km)的 450 kV 高压动力电缆而设计建造的(5 000 dwt)。从图 5 中可看出,该船中部设置了全船宽的 24 m 直径大圆筒装载电缆,圆筒上方退扭架的高度为甲板面上约 20 m。电缆敷设的线路是经过退扭架的一段大弧线。

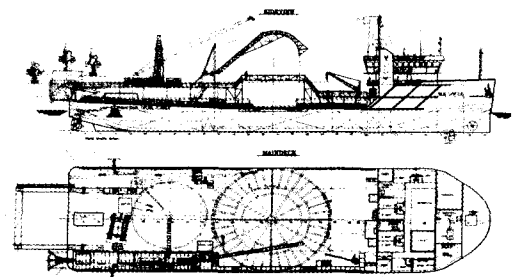


图5 “Sea Spider”号甲板装载型布缆船

中型布缆船更新代的使命任务仍然是敷设、维修、打捞海底通信电缆,因此应选择传统的布缆船船型。但是不应再沿用原布缆船首尾作业的形式,而采用比较先进合理的尾部作业传统布缆船船型。

2.3 布缆船全尾部作业

全尾部作业的总布置是布缆船船型近年来比较大的改进,芬兰 KMY 造船公司 1994 年建造“Asean Restorer”号布缆船时,首次采用了全尾部作业的总布置。

传统型布缆船在首部作业时,船舶总布置和作业操作上都有一些不足:

- 艏艉作业的布置,要求船舶主甲板上设置全船贯通的作业通道,作业时对全船都有影响,贯通走廊对空间的占用也造成总布置的困难;

- 艏部一般较狭小,且有高起的艏脊弧,还要布置必要的锚、系泊设备。作业面积小、操作不便,艏部上浪较艉部大,倾斜的甲板对操作者也不安全;

- 在海况变坏时,海上风浪可能使缆线、中继器和船首撞击造成损坏。因而在维修海区的海况变坏时,船首作业的布缆船经常要放慢或暂停作业;

- 由于作业面处于艏、艉,中间隔着上层建筑,

观察不便,在电子监视尚未普遍采用时,只能靠电话联系,影响作业的指挥和协调;

- 船艏作业的布缆船,通常要装设 3 套电缆机系统:装在船首用于回收的 2 台鼓轮布缆机和装在船尾用于敷设的直线(轮胎或履带)布缆机。而艏部作业的布缆船,电缆机只需装 2 台。

艏部作业布缆船,艏部结构向外突出,装设大直径滑轮,上述船艏作业的布缆船船型的不足都可以克服或改善。

2.4 电缆装载量和主尺度

影响船舶主尺度的因素很多,一般而言最主要的是装载量,对于布缆船,即是海缆装载量。国际上近年建造的布缆船,大多是大型的,船长超过 100 m,载重量超过 3 000 t。这是因为其电缆装载量大,一次装载的敷设路线长所致。国外在 20 世纪 80 年代和 90 年代初建造过一些中小型布缆船,其主要尺度见表 1:

使用部门认为,我国研制的中型布缆船的装载量太小,他们希望新的中型布缆船的电缆装载量以 600 t、1 000 t 为宜。经初步论证,这种装载量的船舶主尺度见表 2。

表 1

	船名	建造年份	载重量(t)	船长(m)	船宽(m)	型深(m)	吃水(m)	船旗国	备 注
1	PETER FABER	1982	1 845	78.36	13.42	6.81	5.01	丹 麦	—
2	PLDT	1984	877	74.25	12.51	7.01	4.51	巴拿马	—
3	BIRYUSA	1986	896	86.1	12.6	6.4	3.1	前苏联	—
4	KEM	1986	896	86.1	12.6	6.4	3.1	前苏联	—
5	ETISALAT	1990	1 417	72.5	13.2	6.5	4.5	阿布德比	电缆 760 t
6	MANTA	1992	1 393	81.37	16.3	7.2	4.9	安迪瓜	—
7	TENEO	1992	1 563	81	14	6.8	5	西班牙	—

表 2

	总 长(m)	垂线间长(m)	型 宽(m)	型 深(m)	吃 水(m)	排水量(t)
1 000 吨级	~94	82.0	16.8	8.6	5.2	~5 000
600 吨级	82.2	72.0	12.6	6.6	4.5	2 500
邮电一号 400 t	71.55	63.0	10.5	5.2	3.6	1 327
原 200 吨级	59.42	52	9.2	4.5	2.8	750

除电缆装载量以外,影响主尺度的另一重要因素是作业设备的配置。现在,新型的功能、性能日益提高的海缆作业设备已得到普遍应用;其所需空间和自重也日见增大,对布缆船主尺度和总布置的要求也就更高了。

2.5 主要性能

2.5.1 系柱推力

布缆船的系柱推力是埋设电缆能力的一个重要标志,系柱推力大,拖拉埋设设备的拉力大,开沟深度深,可应付较硬的土质。按目前使用的经验,系柱推力应按 50 t 或以上进行设计。系柱推力由船舶主推进器提供,近年建造的布缆船较多采用全回转舵桨兼作尾侧推器。舵桨为带导流管的螺旋桨,比相同功率的普通螺旋桨系柱推力大。但航速较大时效率比普通螺旋桨低,也就是同样功率条件下装舵桨的航速要低一些。但是布缆船的航速要求不是很高,用牺牲航速换取系柱推力,还是合理的。

2.5.2 快速性

布缆船的主要工况,敷缆时船速不超过 8 kn,埋设敷缆更慢;捞缆时船速只有 2~4 kn。只有在调遣时船速较高,但也并非必须。所以布缆船的快速性不是很重要的指标。统计世界上在役的 80 余艘布缆船,航速超过 18 kn 的仅为 3 艘越洋敷缆的大船。绝大部分(61 艘)航速在 10~15 kn 之间。因此中型布缆船更新代的航速,可取 14~15 kn 左右。而且这也是由于需要大的系柱推力选用主机后自然达到的航速指标。

2.5.3 稳性

我国的布缆船,虽然以沿海和岛屿间敷设电缆和维修电缆为主,也有可能到离海岸较远的海域作业。抗风能力一般按 CCS《船舶与海上设施法定检验规则》规定远海航区的风压标准校核。

2.5.4 操纵性

现代的布缆船要求按预定航线低速航行及定点保持船位,以满足作业要求,一般都设置动力定位系统以实现上述目标。

2.6 总布置

布缆船总布置的原则是最大程度地满足使用的要求,结合各项性能和装载情况,充分保证船的安全性,改善船员的适居性,在满足有关规范和法规的条件下,要考虑设备维修、保养更换、操作的方便性,达到作业流畅、运作经济、外型美观。

从上述发展趋势和优点来看,新建布缆船应采用尾部作业方式。相应的总布置一般是:尾端设电缆滑轮及门型吊架,电缆舱布置在船的中部,在电缆敷设过程中不会引起较大的纵倾变化。从电缆舱到尾部一般设有 2 条电缆敷设通道,在工作通道上分别装设轮胎式直线电缆机、鼓轮电缆机等专用设备。在工作通道一侧设有检测、试验和接头等工作舱室。在驾驶室后面设有电缆工作监视室,在监视室可直接看到尾部操作情况和电缆通道的工作情况。一般采用长艏楼船型,居住舱室和工作区域尽可能分开。

2.7 推进系统的讨论

2.7.1 推进工况

布缆船承担的海缆作业功能及对主推进和动力定位的要求见表 3。

表 3 各种工况的推进要求

	工作内容	要求船的性能	主推进系统	动力定位	负荷工况
1	运输海缆	正常航行	满负荷运转	不工作	自由航行
2	按预定路由敷设	按预定航线低速拖航	满负荷运转	工作	动力定位布缆
3	检测发现故障	按预定航线低速航行或保持船位	低负荷运转	工作	动力定位检测
4	海上排除故障	保持船位	低负荷运转	工作	动力定位修缆
5	打捞旧、坏电缆	按预定航线低速航行	低负荷运转	工作	动力定位布(捞)缆
6	深海敷设	按预定航线低速航行	低负荷运转	工作	动力定位布缆
7	敷设路由调查	按预定航线低速航行	低负荷运转	工作	机动航行、进出港

上述各种工作中以按预定路由敷设电缆时主推进及动力定位的负荷最大。船低速航行,但要求为埋设犁提供拖力,主推进满负荷运转;为保持预定航线,动力定位也可能满负荷工作。

2.7.2 推进系统估算

根据要求,布缆船动力系统可按三种工况估算:

- 按最高航速需要估算,主要估算主推进功率;
- 按拖力要求估算,也是估算主推进功率,并与前者比较,取其大者;
- 按动力定位系统要求的估算,主要估算侧推功率,进而为电站容量提供数据。

动力定位系统作业的风、浪、流环境条件对系统容量影响很大。在动力定位系统计算中,取最恶劣情况:风、浪、流同方向作用。显而易见,当风、浪、流处于船舶横向时船舶受力最大,系统保持船位或维持设定航线航行最困难。定点的接头等作业不一定必须保持船向,可以避开横向作用;但定向航行时有可能遇到风、浪、流横向联合作用,此时动力定位推力器所需功率最大,通常也是按此情况估算。

在环境条件中,流速对船舶阻力影响最大,阻力与流速平方成正比。国外布缆船和其他船只,动力定位系统的流速指标多数在 1.5 kn 左右,“Sea Spider”布缆船在近海敷缆时的流速要求为 2.6 kn (1.3 m/s) 为最高。我国建设的海底光缆,有许多穿越海峡、冲刷潭、水道,流很急。最大流速为 3~4 kn。所以使用部门提出作业海域的流速为 3 kn,这使推力器装机功率过大。以 600 t 级布缆船的估算数值为例,风力(6 级风)估算值 4.66 t,波(波高 3 m)漂力估算值 23.5 t,流(3 kn)力估算值 33.46 t。艏、艮侧推功率各为 1 867 kW。这不仅使侧推推进器及其驱动原动机体积较为庞大,也对电站提出了大功率要求。所以动力定位的流速条件应仔细论证。

2.7.3 推进器型式分析

布缆船要求系柱推力大,而且需要低速航行及动力定位,因此主推进器选用导流管推进器比较合适。因为导管桨的系柱推力比普通桨大,能满足低速航行及动力定位要求,采用全回转导管调距桨直接推进或全回转导管定距桨电力推进可以达到要求。这样主推进器可以兼作尾侧推,省去尾侧推及舵系。动力定位推进通常需要设置首侧推及尾侧推

装置,而且艏、艮侧推的桨均应可调节,以便控制不同的推力要求。柴油机直推进时应选用调距桨,控制螺距角来控制推力,如果采用电力推进,则艏艮侧推可采用定距桨,用控制侧推电动机速度,达到控制推力的要求。

2.8 动力系统的讨论

现代布缆船的动力系统,一般有两种方案,一是常规动力方案,另一种是电动动力方案。所谓常规动力方案,是指主推进用柴油机直接驱动可调桨或舵桨;侧推、作业设备、轮机设备、生活设备等由主电站供电,电动机驱动。它的优点是方案成熟,设计、建造、使用的经验较多,研制风险较小。其缺点是主机动力低负荷运转时柴油机工作状态很差,而布缆船主机动力低负荷运转情况很普遍,如深海埋设电缆作业,由于深海不需深埋电缆,不需要拖埋设犁,而敷缆速度仅 2~6 kn,主机必定在低负荷下工作。当然这也可以采用其他的配置如轴带发电机来弥补,但由于布缆船航行/作业负荷变化大,又会带来一些技术难题;总布置比较困难(除主机外,较大容量的电站使机舱面积很大),特别是装载量低的小布缆船,矛盾更突出。

电动动力方案是指船舶设置统一电站,全船设备的驱动均为动力,包括主推进器。这是一种新的先进的动力系统。随着电力电子器件及计算机技术的发展,在近一、二十年中,国际上已掀起了一股采用电力推进的潮流,约有二、三百艘各种类型船舶已在运行。电力推进的优点有:调速性能优异且效率高,总体布置优化,动力装置功率转移灵活方便利用率高,操纵灵活、反应迅速、动力定位效果好。从总布置角度考虑,电力推进方案机舱位置比较灵活,可以安排在艏后,或艏前,或机舱分置艏后和艏前,较小船舶也能布置。从布缆船的工况特点来看,电动动力方案更为适合。最近国外新建的 11 艘布缆船,尽管主尺度都较大,从总布置上考虑采用常规推进的动力系统应该没有什么问题,但都无一例外地采用了电力推进的动力系统,可见其趋势。它的缺点是系统初投资较大,设计、建造、使用经验较少,研制风险较大。

2.9 海缆作业系统配置方案讨论

根据我国海缆通信部门多年使用和改进的经验,他们已经对我国沿海敷设、维修海缆所用设备及

其性能指标有了比较完整的想法。值此中型布缆船更新的时机,提出主要海缆作业设备及其性能要求是有基础的。其中部分设备已能自行研制并有产品,也有设备需研制。但正如布缆船更新一样,这也

是必须做的事。600 吨级布缆船的海缆作业系统配置和主要作业设备的性能指标见表 4。1 000 吨级布缆船的作业系统要求更高,主要设备考虑引进,并且还需配置 ROV 海缆维修系统。

表 4

No.	设备名称	主要性能指标	研制情况
1	轮胎布缆机系统	布放速度:8 kn 布放水深:覆盖我国领海 牵引力:2 吨/组(4 对)	已研制出产品
2	鼓轮布缆机系统	最大拉力:30 t(0 ~ 1 kn) 收缆速度:0 ~ 2 kn 放缆速度:0 ~ 6 kn 鼓轮直径:≥3.5 m	已研制出 20 t 拉力, 直径:2.5 m 的产品
3	犁式海缆埋设系统 含埋设犁、信号电缆 及信号电缆绞车	适用水深:≤200 m 埋设深度:1 ~ 2.5 m 埋设速度:≤4 kn 牵引力:≤40 t	已研制出埋设深度 1 ~ 1.8 m 的产品
4	水喷式海缆埋设系统 含埋设机机体、脐带电缆及脐 带电缆绞车、电缆测力计机	适用水深:100 m 埋设深度:3 m(最大,软泥)	已研制出埋设深度 1.5 m,2.5 m 的产品
5	综合控制系统 含控制和操作装置	主要海缆作业设备的集控 和机旁控制	已研制出埋设系统的综合 控制系统产品
6	船尾 A 型吊架 带拖吊转换装置、吊钩横移机构	作业海况:6 级风,3 m 浪 安全起重负荷:~25 t	待研制
7	拖缆绞车 带拖缆测力计长装置	牵引力:≥50 t 拖缆速度:10/5 m/min	改进设计试制设备

3 我国更新代中型布缆船的船型基本要求

从上述国际发展趋势、我国通信事业发展的需求,结合我国沿海海缆作业的特点,可以描绘出更新代中型布缆船的船型基本要求。

- 更新代中型布缆船应该是具有 20 世纪末的、

- 现代化的新型全尾部作业布缆船;
- 配备有成套现代海缆作业设备,能胜任我国今后 15 ~ 20 年的通信海缆建设和维修任务;
 - 海缆装载量在 600 ~ 1 000 t 之间,能承担我国领海内所有海缆的建设和维修任务;
 - 舰船平台安全、高效,具备先进的动力系统和动力定位系统;具有适居的生活设施,使船员能以充沛的精力在艰苦的环境中完成任务。≈