

船舶坞修先进方法

〔苏〕Г.Н.费恩凯尔 著

桂宝康 陈鹤鸣 译

桂宝康 校

国防工业出版社

船舶坞修先进方法

〔苏〕Г. Н. 费恩凯尔 著

桂宝康 陈鹤鸣 译

桂宝康 校



国防工业出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍船舶修造厂（主要以渔轮修理厂为例）在船体清理除锈、螺旋桨-舵装置拆装、船体修理及其他船坞作业的生产和机械化，以及船坞小气候的改善和解决坞修某些新问题等方面的经验。并且还探讨了对船体除锈等级的现代要求以及有关除锈作业的检验问题。同时，书中还着重介绍了电子计算机、经济数学方法和工序流程图在解决坞修作业计划和施工问题中的应用。

本书供修船、造船、航运、水产部门技术人员、管理人员、工人参考。

ПРОГРЕССИВНЫЕ МЕТОДЫ ДОКОВОГО РЕМОНТА СУДОВ

Г. Н. Финкель

Издательство «Пищевая промышленность» 1978

船舶坞修先进方法

〔苏〕Г. Н. 费恩凯尔 著

桂宝康 陈鹤鸣 译

桂宝康 校

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

850×1168 $1/32$ 印张 8 208 千字

1985年1月第一版 1985年1月第一次印刷 印数：0,001—1,400册

统一书号：15034·2742 定价：1.00元

序 言

每艘船舶在其整个使用期间，都要定期进行坞修。随着船舶数量的大量增加，以及其主要尺度的增大，船舶坞修问题也就具有重要的实际意义。

尚在不久之前，苏联渔业部各修船厂所配备的升船设施，主要是一些举力为 400、600 和 2500 吨的小型浮船坞，以供横向滑道升举小型船舶之用。但在第八和第九个五年计划期间，情况则发生了显著的变化，目前各渔轮修理厂已拥有为数众多的 4500、6000、8500、12000 和 27000 吨级中型和大型浮船坞。

在升船设施方面的这一根本变化，原则上也要求对船舶坞修问题另作考虑。以往为小型船坞和滑道所适用的坞修组织方法和船坞作业机械化设施，目前对于大、中型船舶的坞修已不太适用。同时，鉴于各修造船厂现在都拥有若干座相当大型的船坞，这使船坞的有效利用问题也趋于复杂化，因而就有必要对船舶坞修组织作以相应的改变，而且人们对于船舶坞修的观点也要有所改变。在低温或较高的气温下，或者在风雨天气的情况下，从事船坞作业是一项复杂而又繁重的劳动。因此，在科学技术不断发展的条件下，应进一步对船坞作业实现机械化和自动化，并在船坞内创造小气候区以改善劳动条件。在苏联许多修造船厂内，对于坞修问题已愈益予以重视。在船坞机械化设施和小气候装置的科研、设计、试制和推广应用方面，曾采取了一系列组织措施，并投入了大量资金。在修造船厂内已组建了船坞车间和工段，采用电子计算机来编制坞修计划，并推广应用了工序流程图。

苏联渔业部最大的修船企业之一——穆尔曼斯克船厂，在全面考虑改善船舶坞修组织问题方面，可以作为一个范例。在许多修造船厂中，对于船坞作业进一步实现机械化和在船坞内创造小

气候条件这一方面，也都迈出了重要的一步。在一系列浮船坞内，还配备了通用式坞墩、螺旋桨和舵叶的拆装专用设备、移动式（包括自行式）脚手架，以及用于船坞两端的固定式防风装置。目前，还在进一步研制和购置供船体水下部分除锈用的除锈机、自动除锈装置和高压水除锈装置，并开始在船坞内装备雨雪遮蔽装置和供暖设备。

实践表明，解决上述问题是一项极为复杂而艰巨的任务。在坞修组织方面，必须考虑到各种不同的、但又常相矛盾的因素；而在船坞作业机械化和小气候条件的实施方面，则是技术上的一大困难。

由于改进船舶坞修施工的很多问题，促使每一修造船厂尽力地根据各自的特殊条件，自行予以解决。如坞修生产组织、船坞作业机械化装置的选择，以及坞内劳动条件的改善等问题的解决，其情况亦然。因此，对于苏联渔业部和其他部门的各修造船厂在以前解决坞修具体问题方面所取得的经验加以总结和分析，是有重大的意义的。

目 录

第一章 船舶坞修计划的拟定	1
§ 1 渔轮坞修所要完成的任务	1
§ 2 渔轮修理厂的升船设施	8
§ 3 船坞专业化、船舶单艘入坞和成组入坞	15
§ 4 船坞利用率准则	23
§ 5 渔轮坞修特征和单位工作量	29
§ 6 船舶入坞进度计划	34
§ 7 电子计算机在船舶入坞进度表编制方面的应用	38
第二章 船舶坞修组织和管理	45
§ 8 修造船厂对船舶坞修的准备、入坞之前的修理阶段	45
§ 9 船舶在坞内的检查和勘验	48
§ 10 入坞船舶的施工组织	60
§ 11 船舶坞修分两个阶段的施工	65
§ 12 工序流程图在坞修中的应用	69
§ 13 坞修船舶上的人力分配计算	76
§ 14 修造船厂的船坞车间和工段	82
§ 15 坞修管理、对缩短船坞周期的奖励	94
第三章 船体除锈油漆作业机械化	101
§ 16 对船体水下部分的除锈等级要求	101
§ 17 船体机械式除锈装置	106
§ 18 船体在坞内的高压水除锈	117
§ 19 船体在坞内的水喷砂、喷丸和抛丸除锈法	126
§ 20 船体在坞内的除锈作业综合机械化	134
§ 21 船体水下清理法	142
§ 22 船体在坞内的油漆作业机械化	144
第四章 排墩、进坞和船体修理安装作业机械化	150
§ 23 排墩作业机械化	150

§ 24	进坞作业机械化	159
§ 25	船坞脚手架	166
§ 26	船体修理作业机械化	171
§ 27	螺旋桨-舵装置和船底舷侧附件的修理作业机械化	178
第五章	船坞小气候条件的创造	188
§ 28	任务的提出	188
§ 29	对浮船坞小气候条件的研究	192
§ 30	浮船坞的防风装置	211
§ 31	船坞的雨雪遮蔽装置	227
§ 32	坞内空间的供暖	235
参考文献		246

第一章 船舶坞修计划的拟定

§ 1 渔轮坞修所要完成的任务

船舶进坞是为了清除船体水下部分的海洋附生物和完成除锈防腐作业，检验水下部分的船体和装置，并消除其腐蚀损坏的缺陷，亦即进行检修和完成改装工程。

船体水下部分附生物的清理和防污 船舶在停泊期间，其水下部分的船体会附生一层海生物。海生物的附生密度则与很多外界因素有关。在热带海洋区内海生物的附生密度最大，而在寒冷的两极海洋区则最小（见图 1～图 4）^{〔48〕}。

在船体交变水线区所附生的是绿色海藻，而在水线以下的则多半是藤壶、贻贝和其他海洋附生物。在船体中部和艏部所附生的海生物更为浓密。当船舶在热带水域区长期停泊后，每平方米面积所附生的海生物可重达 30 公斤或更多。

船体附生海生物后，主要不良后果是增大船体入水表面的粗糙度和航行摩擦阻力，从而降低船舶航行速度，增大航次时间和燃料耗量。当船体上存在大量海生物后，船舶航速要降低 2～3 节或更多（见图 5）。根据国外资料，甚至在船体上附生少量海藻时，航速也会有明显的降低。舷孔、双层底间管接头和管路出口的格栅上附生海生物后，会使系统和动力装置的工作情况恶化。回声测深仪和渔群探测器存在海生物时，将使其读数产生畸变。而当螺旋桨桨叶上丛生大量海生物时，则会增大空泡现象并降低其效率。船体水下部分附生海生物的另一不良后果，是会破坏船体油漆涂层，从而在受损部位形成腐蚀坑。

因此，必须定期清除船体水下部分的海洋附生物，这是船舶坞修过程中各项重要而又必需完成的作业之一。为使船舶在坞修

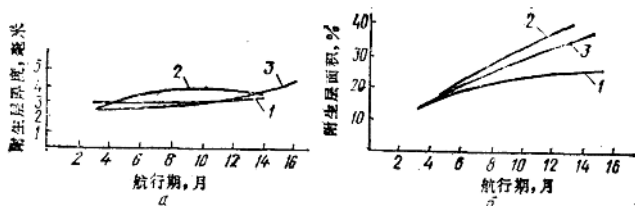


图1 美洲沿岸海区海生物在船体上的附生密度曲线

a—附生层厚度增长曲线; b—附生层面积增大曲线;

1—北美洲; 2—南美洲; 3—中美洲。

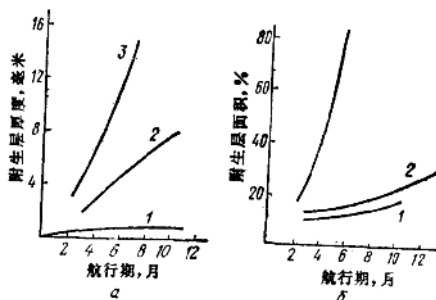


图2 非洲沿岸海区海生物在船体上的附生密度曲线

a—附生层厚度增长曲线; b—附生层面积增大曲线;

1—喀麦隆; 2—刚果; 3—象牙海岸。

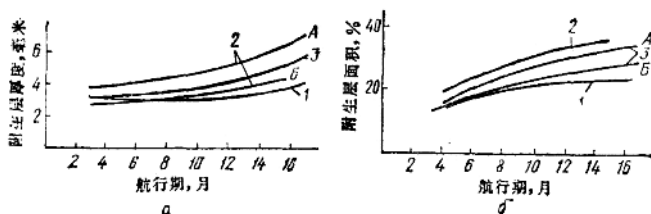


图3 印度洋航区海生物在船体上的附生密度曲线

a—附生层厚度增长曲线; b—附生层面积增大曲线;

1—西印度; 2—东印度; 3—远东; A—温暖季节; B—寒冷季节。

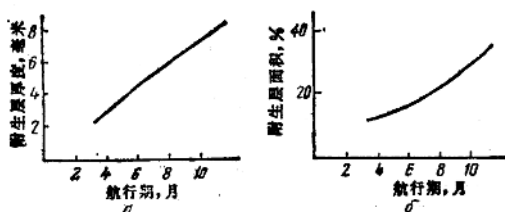


图4 地中海航区海生物在船体上的附生密度曲线

a—附生物厚度增长曲线；b—附生层面积增大曲线。

间隔期内的营运过程中不致附生海生物，在船体水下部分可涂以某些对海生物产生毒性的防污漆，如含有铜、汞、锌、砷、锡、铅等化合物和有机化合物的油漆。但因防污漆中含有对钢材产生强烈腐蚀作用的元素，因此，只能涂刷在防锈漆涂层之上。在遵守油漆操作规程的情况下，在船体上涂以防污漆后，可保证船舶在坞修间隔期内不致滋生海生物。然而，实际上由于船舶在修理和营运中的不利条件，常会使防污漆的保护性能有所恶化。此类不利条件有：船舶经过坞修后停泊在淡水中（如果船厂位于河口，而船舶在计划修理竣工之前在河水中停泊较久）；船舶在冰间航行，使油漆涂层受到磨损；油漆涂层由于气候恶劣未曾干透，以及其他违反操作工艺等情况，船舶坞修间隔期延长。

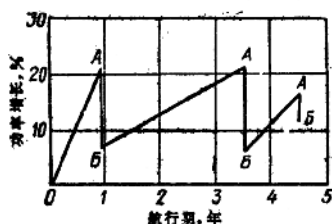


图5 1.8万吨油轮因附生海生物而使消耗功率增大的曲线图

A—坞修间隔期之后的最大值；B—经过坞修之后的最小值。

根据苏联和国外的船舶坞修实践表明，为防止海生物在船体上的附生所采取的一些防污措施，不论现有的方法还是正在拟议的方法，在目前都还不能使船舶坞修间隔期效有大幅度的提

高，而在这一期效内船体上又不致出现大量的海洋附生物。因此，目前对于一些在坞修间隔期效上主要受防污效率所决定的船舶来说，还缺少能大幅度延长这一期效的基础。对船体采用水下清理方法，在解决船体防污和选择坞修间隔期效这一问题上，同样也不能收到显著的效果。近几年来，水下清理技术设施虽然获得了很大的发展，而且在船舶航次间隔期间，能对船体水下部分所附生的海生物进行清理，然而，船舶经过水下清理后，海生物的附生密度仍较坞修后为高。其原因是船体上的防污漆在清理时会随同海生物一起脱落，因而经过短期航行后，船舶的阻力又将重行增大。但水下清理的这一不良后果，也可设法加以消除，方法是水下重行涂上一层防污漆。目前，国外正在对水下油漆进行研究，但这一复杂的问题还远不能获得完满解决。

不久前，在挪威开始了一项很有意义且大有前途的研究工作：用复活防污漆的方法对船体进行长效防污处理。此一防污方法的实质是：船体水下部分在入坞时，涂上一层厚达 250 微米的防污漆厚膜，其表面层在浸析出毒物后，定期用水下清理方法加以清理。对无毒性表层是否需要清理，这可用相应的色素颜料掺入涂料厚膜中，以便根据膜色的变化进行检查决定。据称，当经过仔细涂刷的底漆和防锈漆具有高度可靠性的条件下，此种防污漆的有效期可长达五年。

船体水下部分的防腐 渔轮的艰难营运条件（如冰间航行，或在腐蚀作用较强的暖洋中航行，渔轮滑道为拖网所磨损），常促使其船体产生极为强烈的腐蚀。例如，采集船底部钢板的腐蚀速度每年为 0.1~0.2 毫米，而交变水线区列板的腐蚀速度每年可达 0.25~0.3 毫米（图 6 和图 7）^{〔32〕}。

船舶经过一段时期的营运，由于腐蚀作用，可使船体的个别钢板减薄到最低允许限度，必须予以更换。例如，中型渔轮经过十六年营运后，其中大部分船舶的船体外板，主要是交变水线区和艏部的板，需要进行局部换新达 50~60 米²。

船体钢板的腐蚀也会引起钢板上疲劳裂纹的出现。此外，船

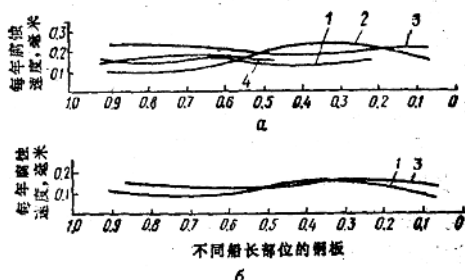


图6 采集船船体钢板的腐蚀速度曲线

a —交变水线区列板, b —船底外板;
1—大型冷藏渔轮, 2—捕鲸船, 3—中型冷藏渔轮, 4—中型拖网渔轮。

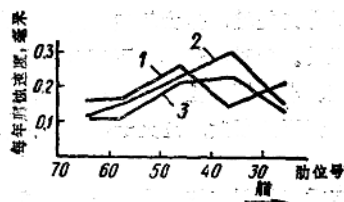


图7 捕鲸船交变水线区列板的
腐蚀速度曲线

1、2、3—同一小队中各艘船舶的腐蚀速度曲线。

体钢板的腐蚀还会使船体表面变得粗糙, 而即使经过坞修后, 但在很大程度上仍然保持这一状况。由此将会增加船舶阻力和降低航速。

渔轮水下部分的防腐方法可有两种: 一是在船体上涂刷油漆, 借以延缓腐蚀过程的进展; 二是在其水下部分安装防蚀护屏或不溶解阳极的保护装置。此两种方法必须在船舶进坞时方能采用。在船舶水下部分涂刷防锈漆之前, 应先清除海洋附生物、铁锈和老的漆层。护屏保护装置, 则可按其腐蚀程度而在船坞内加以更换。现代的船舶保护措施, 是采用高纯度金属和合金制成的护屏

以与船体上涂刷油漆相结合的方法，来减慢船体的腐蚀速度。由于这两种保护措施必须定期重复进行，因而就决定了坞修的规律性和节奏。

水下部分船体和装置的检验 对入坞船舶的水下部分进行检验的目的，是确定船舶在规定的坞修间隔期限内能否再继续营运。检验的范围，取决于船舶的技术状况、船龄、营运条件以及其它因素。在一般情况下，检验的范围只限于船体、螺旋桨-舵装置和舷外附件。检验方法有：外观检查、船体外板实际厚度的测量、船体变形的测量、螺旋桨-舵装置的间隙和零件尺寸的测量（包括预先拆卸）。当船体水下部分的某一装置或部件，根据检验结果其营运可靠性在规定期限内不能得到保证时，则应予以修理或更换。

船体水下部分的检验，作为船舶入级检验的一个组成部分，是有其特殊意义的。此时，船体水下部分的所有装置和部件，都得进行外观检查、非破坏性检验、测量，以及强度试验和水密试验。船舶检验所保证的期效，应大于船舶防污和防腐条件所决定的坞修间隔期效。

随着船体防污和防腐措施效果的提高，某些船舶的坞修间隔期，可根据螺旋桨-舵装置，以及其它腐蚀速度很快或故障率较高的部件（例如，在冰间航行时）的检验期限，加以确定。而对某些船舶来说，当其水下装置和部件的使用寿命较长时，则此类船舶的坞修间隔期可延长到接近于船舶入级检验这一期限。

船体水下部分的修理 船体、螺旋桨-舵装置以及船底舷侧附件，在船舶每次坞修时，几乎都要进行修理。船舶必须入坞修理的原因，通常是由于船体水下装置和部件的自然蚀损或发生意外事故所致。在后一情况下，必须排除事故所造成的后果，因此这也是船舶入坞的主要原因，而且要求早在坞修间隔期未滿之前就得入坞施工。当船舶不是由于意外事故而入坞修理时，则在很大程度上是属于预防性修理，其目的是保证船舶在下一坞修间隔期限内能可靠地营运。

船舶坞修时的修理工程范围，可在船舶入坞后，对其水下部分的船体进行检验，并根据现行标准文件对腐蚀的和损坏的部件进行仔细勘验之后，方能加以确定。

船体水下部分的改装工程 此项工程包括：必须在水线以下施工的船体尺度方面的改装，例如嵌接一段新的艏部船体，以将船舶接长；安装球鼻艏；安装新的渔群探测器和航海仪器（经常遇到的工程），等等。

船体水下部分的改装工程与修理工程的区别是：修理工程多半是在船舶入坞后方能确定施工要求，而改装工程则早在入坞之前就已明确。这样就有可能为改装工程拟定出最合理的施工工艺，并最大限度地利用时间。

根据对渔轮坞修过程中的任务所作的简要探讨，可以得出如下结论：坞修任务最为重要的一点是保证渔船队的安全营运，并达到较高的经济指标。

船舶坞修跟其他形式的修理之间的主要不同点，是施工时船舶必须进坞，或用其他升船设施抬举出水，因而船舶在整个坞修期间都得停止营运。众所周知，船舶内部和船体水上部分的技术工程和修理作业，近年来已无需在其完全停止营运的状态下施工（例如可在装卸货期间，甚至在转移捕捞作业区的过程中施工）。船舶入坞修理，除了因停止营运所造成的经济损失外，还要支付包括船坞使用费在内的船舶坞修费用。由于船坞和其他升船设施是修造船厂中造价最为昂贵的建筑，因此船坞收费率就很高，大型船坞的收费率一般每昼夜为1~2千卢布。这一情况也就要求船舶坞修所完成的工程，不论从施工时间还是从施工场地方面来说，都能高度加以集中。此时，纯粹的修理工程，在坞修过程中应能与技术维护性工作（如船体的除锈和油漆）相结合。但这样也会使坞修工程的组织趋于复杂化。

船舶坞修的上述特点，在很大程度上也决定其在渔轮技术维修制中的地位。如果在其他形式的厂修方面，目前有增大修理间隔期的这一客观实际趋势存在，则对坞修来说，在解决这一问题

时，必须采取极大的审慎和保守态度。因为船舶不论采用何种修理制，坞修在一定阶段内仍然是该一修理制中极为必要的组成部分，因而，对于这一明显的事实也无需特别加以论述。

对渔业船队当前的发展时期来说，随着修理间隔期的增大，目前还存在着如下一种趋势：在所修船舶上昼夜劳动生产率有所提高，而修理周期则有所缩短。在坞修方面，这一问题也亟待解决，因为解决后同样可以提高船坞利用的经济效果。而目前在任一修造船厂的固定资产中，船坞的基金回收率则仍是最低的。

渔轮修理尽管有其特点，但与其他形式的修理仍有着密切的关系，而且也只能是渔业船队总的技术维修制中的一个分体系。

船舶如不进坞，则就无法完成任一项大小修理任务。其原因是不论进行何种修理，必须对主动力装置加以维修，而为要对主动力装置作最后提交，船舶就必须先行入坞，以便检验和修理螺旋桨、艄轴和艄管装置，而且在船舶作测速航行试验之前，需清除海生物。

如果船舶入坞是属于该船总的厂修项目中的一项，则船舶入坞时间就不能在厂修总周期范围内随意加以选择。例如，为保证轴系达到所允许的找中精度，有可能要求对主机进行移位，这样在此情况下，船舶就不能改在厂修结束阶段入坞。同样，在完成船体修理工程时，如果附带有船舶内部装修工程，例如，需要更换舱室的绝缘和壁板时，其情况亦然。在完成渔群探测器或航海仪器的换新改装工程时，船舶入坞期一般应取决于该类仪器的到厂日期。对于上述种种情况，在拟定船舶坞修计划和组织船坞作业施工时，必须加以考虑。

§ 2 渔轮修理厂的升船设施

在渔轮修理厂内，常设有各种类型的升船设施；然而诚如序言中所指出，在苏联渔业部系统内，主要的升船设施都是浮船坞。此类浮船坞的尺度、坞体材料和基本结构可谓多种多样。就尺度和举力而言，苏联渔业部所拥有的浮船坞可分为三类：小型——

长度为 50~55 米，举力达 1000 吨；中型——长度在 150 米以内，举力达 8500 吨；大型——长度达 200 米，举力为 27000 吨。随着渔轮尺度的增大，今后也必然会出现更大型的浮船坞。

所有小型和大型浮船坞大都为金属结构，大部分中型浮船坞也都是金属结构，与此同时，中型浮船坞还有采用钢筋混凝土或混合结构的。小型浮船坞为分段式结构，各分段之间则作刚性连接；钢质的中型浮船坞和大部分大型浮船坞为浮箱式结构，但也有整体结构的（图 8）。浮箱式浮船坞按其构造原理为自坞式；而在苏联渔业部所拥有的分段式浮船坞的结构中也考虑了自坞的可能性。

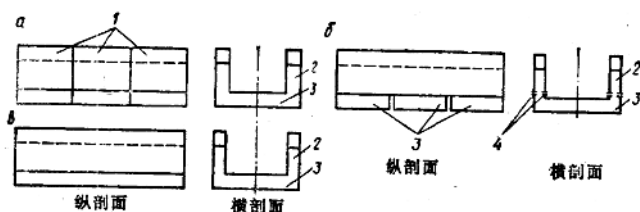


图 8 浮船坞结构示意图

a—分段式结构；b—浮箱式结构；c—整体式结构；

1—坞体分段；2—坞墙；3—浮箱；4—浮箱与坞墙的可卸连接结构。

根据苏联渔业部系统对升船设施的使用经验表明，采取浮船坞作为主要升船设施的方针是完全正确的。从浮船坞的机动性，以及其能在专业化船厂中成批建造的可能性和国外所获得的收效来说，都能保证升船设施在边远港口中修船能力的迅速增长。

与滑道相比，在浮船坞内可以将各种沿坞墙内壁而移动的悬挂式装置，与一些能在坞底船台甲板上移动的机械装置相结合使用的方法，使坞修作业具有较为良好的机械化条件。在浮船坞内，关于船坞工人的防风问题，以及整个劳动条件的改善问题，都可简单地予以解决。对浮船坞施加压载，可以在船体大修时为保证船舶的强度创造必要的条件。

浮船坞较之其他升船设施所具有的最大优点，首先是由金属

材料制成，而且如上所述可以采用分段结构（分段式和浮箱式浮船坞）。这样，在作尺度方面的改装，亦即增大坞底船台甲板的长度和宽度，增加坞墙的高度和举力时，所需的投资费用和施工时间就比较少。上述情况，从升船设施无形中陈旧过时较之机械磨损要快几倍的这一角度来说，尤为重要（首先是因为升船设施的使用期效，至少比所要维修的船舶的使用期效大一倍）。近年来，很多供中型渔轮和其他小型船舶进行坞修的升船设施，普遍存在着无形中陈旧的情况。此类升船设施包括滑道和一些举力为400吨和600吨的三段式浮船坞。某些滑道，例如孟加拉斯克修船厂，由于取消了大多数中型渔轮的修理业务，而改修大型冷藏渔轮，因此厂内的滑道已废弃多年不用。其它如滨海修船厂和穆尔曼斯克造船厂的滑道，其利用率也一直很低。滑道在尺度上的改造原则上也是可行的，例如河运部所属的一些船厂，就曾多次对滑道进行过改建。然而，在大多数情况下，滑道的改造可能性会受到很大的限制，而且改造工程本身的工作量也与新建工程相当。因为在滑道改建时，为了扩大或增加水平和倾斜滑道部分的承重能力，需要完成很多复杂的水利和建筑工程，更换或增添必需的机械设备（如移船小车、绞车和链索等）。由于上述原因，在渔业部系统内，对一些无形中陈旧过时的小型滑道的改造，看来未必有多大的合理性。

而对小型浮船坞的改造，则完全是另一种情况。目前，已有若干小型浮船坞进行了坞体接长的改装工程。而且对此类浮船坞在尺度上的增大、坞墙的加高，以及将两座坞体拼接成一体等较为复杂的改装方案，也从实施的可能性这一角度进行了论证。

为保证“巴伦支海”型渔轮的坞修得以施工，曾对举力为400吨和600吨的浮船坞的成双拼接，以及船台甲板的加宽和坞墙的增高改装工程，进行了设计前的研究，并以此证实了上述改装的可能性。该项研究表明，为保证这一问题的解决，对此类浮船坞在尺度方面的改装工程可有几种方案。从纯工艺角度来说，船台甲板的宽度和坞墙的高度，可在坞底的纵中剖面处加装一段嵌