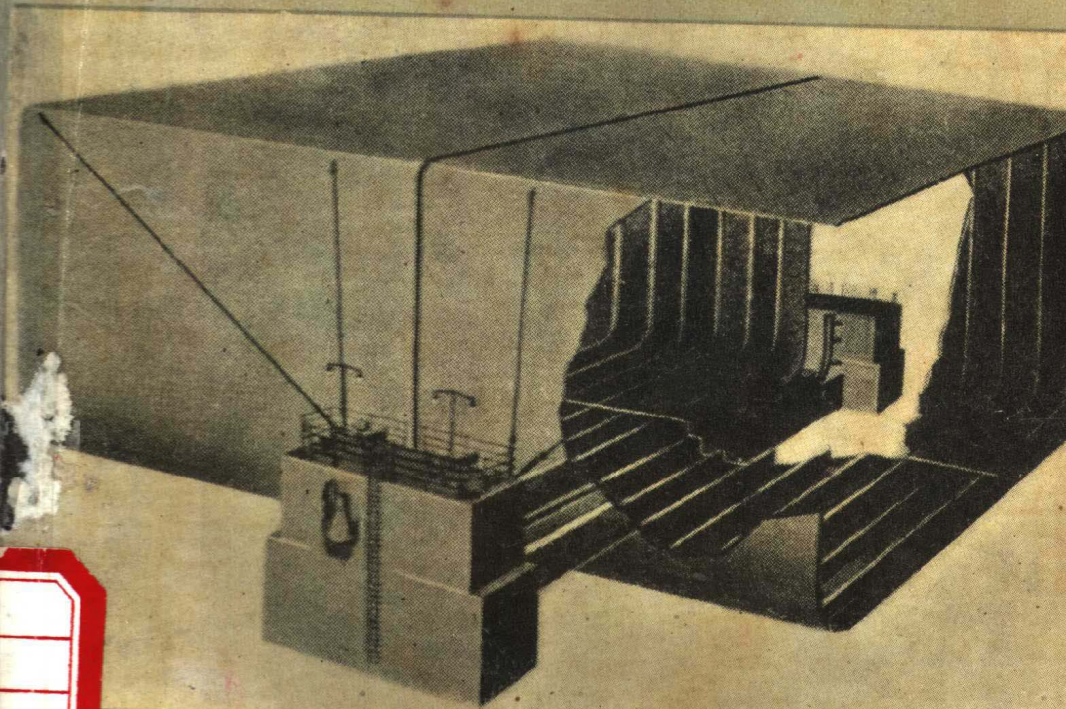


兩段法造船工艺



第六机械工业部第十一研究所

两段法造船工艺

〔苏〕С.Ш.杜尔马希金 等 著

第六机械工业部第十一研究所

1975

ПОСТРОЙКА СУДОВ ИЗ ЧАСТЕЙ,
РАЗДЕЛЬНО СПУЩЕННЫХ
НА ВОДУ

С.Ш.ДУРМАШКИН, Н.И.ЛОВЗОВ,
М.Л.ФУКЕЛЬМАН, В.Н.МАМЧЕНКО,
Л.Т.ФЕДОРОВ, Э.Г.БАРСУКОВ

Издательство "Судостроение"

Ленинград 1974

两段法造船工艺

〔苏〕С.Ш.杜尔马希金 等 著

江南造船厂技术情报组、船体车间技革组 译
第六机械工业部第十一研究所编辑出版组

第六机械工业部第十一研究所出版

江苏省太仓印刷厂 1975 年 8 月印刷

译者序

为了配合当前我国造船工业抓革命、促生产的大好形势，并适应广大造船工人、科研技术人员在打造船工业翻身仗中，对造船工艺书籍的需要，我们遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导，翻译出版了《两段法造船工艺》一书，供大家参考。

最近十多年来，在世界造船工业中，船舶迅速向大型化方向发展，使国外船厂原有的船台或船坞已难以适应建造大吨位船舶的需要。为利用原有的、尺度较小的船台或船坞，来建造常规方法所不能建造的大型船舶，不少国家曾探索过各种新的造船途径，其中之一就是采用两段法造船工艺——亦即先将整艘船舶划分为艏、艉两段船体分别在船台上（或船坞内）建成后下水，而后再在水上或船坞内进行大合拢。

这一新的造船方法在一定条件下，较之通常所采用的造船工艺具有显著的优点：不仅可解决船台（船坞）长度不足的问题，而且还可作为扩大造船能力和缩短造船周期的一种手段，因此，在很多国家内获得了广泛的应用。

本书总结了世界造船工业在两段法造船工艺方面所积累的经验，并就有关的一些主要理论、设计和工艺问题作了探讨；此外，还介绍了两段船体在水上合拢过程中的压载计算方法，和装配焊接时所须采取的技术设施。除钢质海船外，书中还对内河船舶和钢筋水泥船的水上大合拢工艺，作了阐述。本书系一实用性质的书籍，书中列举了不少有关国外船舶大合拢的实例和具体数据，因此，有其一定的参考价值。

“对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针

也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。”我们应当遵照毛主席的这一伟大教导，对本书内容批判地吸收，去其糟粕，吸收其精华。我们要破除迷信，解放思想，自力更生，发奋图强，“打破洋框框，走自己工业发展道路”，为使我国造船事业赶超世界先进水平而努力奋斗。

本书系按1974年版俄文本全文翻译，只是对其中有宣传性的词句和段落，以及明显的错误，作了适当删节和校正。但由于我们对马列著作和毛主席著作学习不够，以及受专业水平所限，译文中必然还存在很多错误和不妥之处，希望大家提出批评指正。

1975.6

目 录

译者序

概 论	(1)
-----	-------

第一章 两段造船法的发展和船体大合拢方法的分类	(4)
-------------------------	-------

§ 1 两段造船法的发展简史	(4)
----------------	-------

§ 2 两段造船法的应用合理性	(8)
-----------------	-------

§ 3 船体大合拢方法的分类及其主要特点	(13)
----------------------	--------

第二章 大接头沿船长方向的位置选择	(19)
-------------------	--------

§ 4 大接头最佳位置的选择准则	(19)
------------------	--------

§ 5 大接头处于不同位置时船体合拢吃水的一般 变化规律	(23)
---------------------------------	--------

§ 6 两段船体的平龙骨最小合拢吃水剖面计算方 法	(48)
------------------------------	--------

§ 7 接头区的结构布置	(53)
--------------	--------

第三章 两段船体分别建造和下水特点	(56)
-------------------	--------

§ 8 两段船体在船台上的几种建造方法及其合拢 前的准备	(56)
---------------------------------	--------

§ 9 大接头在合拢前的准备	(60)
----------------	--------

§ 10 大接头配合找正和两段船体相互位置的检查	(64)
--------------------------	--------

§ 11 两段船体下水特点	(71)
---------------	--------

第四章 两段船体在合拢前的初始压载	(79)
-------------------	--------

第五章 两段船体的拉拢和大接头的定位	(103)
--------------------	---------

§ 12 两段船体的拉拢、找正和定位装置	(103)
----------------------	---------

§ 13	两段船体的定位和拉拢、大接头的装配·····	(111)
第六章	水下接头部位的密封方法 ·····	(118)
§ 14	浮箱合拢法及浮箱结构型式 ·····	(118)
§ 15	浮移式浮箱 ·····	(122)
§ 16	非浮移式浮箱 ·····	(137)
§ 17	不用浮箱的合拢法、缚装式水密装置的类型···	(142)
§ 18	单用型缚装式水密装置 ·····	(143)
§ 19	多用型缚装式水密装置 ·····	(156)
§ 20	非拆卸式水密装置 ·····	(177)
§ 21	水密装置的基本设计要求 ·····	(184)
第七章	两段船体在合拢状态下的卸荷压载 ·····	(196)
第八章	船体大接头焊接工艺 ·····	(214)
§ 22	大接头水上焊接方法的选择 ·····	(214)
§ 23	船用钢材和焊接材料 ·····	(220)
§ 24	水下接缝施行氩弧焊过程的冶金和热物理 基础 ·····	(223)
§ 25	大接头边缘的焊接准备工作 ·····	(238)
§ 26	船体大接头水下接缝在水上的单面焊双面 成形焊接工艺 ·····	(241)
§ 27	在水上施焊的船体焊接接头的机械性能 ·····	(253)
§ 28	纵向构架嵌补段与外板之间在水上施焊的 焊接接头的承载能力 ·····	(258)
§ 29	大接头的焊接质量检查 ·····	(267)
§ 30	水上焊接特点对船体变形和应力的影响 ·····	(272)
§ 31	水上焊接对油漆层的热破坏和船体外板的 电蚀破坏 ·····	(276)
第九章	内河船舶水上大合拢特点 ·····	(283)
§ 32	大合拢条件及方法 ·····	(283)

§ 33	合拢装置与水密罩结构	(288)
第 十 章	大接头在水上的清理和油漆方法	(295)
第十一章	船体合拢时的应力状态测量	(301)
§ 34	接头区的变形测量程序	(302)
§ 35	大接头水上和水下接缝依次焊接时船体 应力状态的测定	(306)
§ 36	整个大接头周边同时焊接时船体应力状 态的测定	(314)
第十二章	钢筋水泥船的水上合拢建造法	(316)
§ 37	钢筋水泥船的水上合拢特点	(316)
§ 38	钢筋水泥浮船坞水上合拢的主要方式	(318)
§ 39	船体合拢区的密封	(321)
§ 40	大接头的制作施工	(327)
第十三章	船体大合拢的生产组织、安全技术与技术- 经济指标	(332)
§ 41	水上大合拢的生产组织与安全技术	(332)
§ 42	两段造船法的技术-经济指标	(342)
参考资料		(345)

概 论

大致自五十年代中期起，而特别是近十年来，在世界造船工业中建造愈益大型化的运输船舶——首先是油轮和散装货船——业已形成一种发展趋势。

现代造船工业的这一发展趋势，在未来一段时期内也应认为是很稳定的，这是因为随着船舶吨位的增大，其在建造和运营方面的经济性会有所提高（每一载重吨的建造成本和运营费用将降低）。在各类船舶中，尤以油轮吨位的增大更为迅速：自1940年到1960年，最大的油轮由3万增加到10万载重吨，而自1960年到1970年，则由10万增加到30万载重吨级以上。

自第一艘10万载重吨级油轮（日本，“Univers Appolon”号）建成后仅仅十年时间，到1969年就有151艘10万载重吨级以上的油轮投入航行，而且在上述十年的末期阶段所建造的一些大型船舶中，有很大一部分是20万吨级以上的油轮、10万吨级以上的干货船和多用途货船（矿砂运输船、重货船、矿砂-石油运输船和其他多用途船舶）。目前，一些经过改建的船厂和新建的船厂已在着手建造50万载重吨级油轮。

苏联造船工业同样也在转向建造大型船舶，其中已开始建造的有15万吨级“克里米亚”型油轮。

为要完成大吨位船舶的建造任务，在很多国家内曾对不少大、中型船厂进行了大量的、投资较多的改建工程。然而，老厂的改造和新厂的兴建，还不能克服船台、船坞和下水设备在尺度和承载能力上，跟新造船舶的吨位增长不相适应的这一情况。

各个国家在进行老厂改造和新厂兴建的同时，还曾大力探索过新的造船方法，以便利用原有的船台、船坞在不作大量改造的

情况下，能建造一类在重量和尺度上远远超过其最大建造能力的大型船舶。

因此之故，在最近十年到十五年来，造船工业又发展了一种新的建造大型船舶的方法：将船体分成艏、艉两段分别建成后进行下水，而后再在坞内或水上加以合拢。这一方法以下将称之为两段造船法。

这一属于岛式建造法中一种特殊形式的造船新工艺，由于能在长度不够的船台上（船坞内）建造出大型船舶，故在苏联、西德、日本、美国、荷兰、法国、意大利、波兰、南斯拉夫，以及其他等国家内获得了相当广泛的应用。

两段法造船的实质是：先在船台上（船坞内）装配一段工作量最大的船体——通常是设有机舱的艉段船体。而在该段船体下水后，再进行舾装作业；在某些情况下，还可对所装的机械设备进行系泊试验。这时，在该一空闲船台上就可建造第二段船体，有时则可推延一段时间，而在另一船台上进行建造。当第二段船体下水后，则可在坞内或水上跟前一段船体进行合拢。

在国外，采用两段法造船工艺，有时纯粹是从经济角度出发，即使船台（船坞）有可能容纳整艘船舶时亦加以采用。当采用这一造船工艺时，由于能减少在制品的积压量，缩小配套材料和制件所必需的堆放场地，以及可使劳动力的分配更为均衡，这样，就能达到缩短船台周期和改善造船生产组织的目的。

两段法造船工艺的发展，曾使国外一些船厂在建造大型船舶时的内外协作关系上，出现了一种新的形式。例如，艏艉两段船体分别在一个国家内的不同船厂中建造（特别在日本和西班牙较多采用这一形式），有时甚至在不同的国家内分别进行建造（如1972年，瑞典在采用此法建造一艘15万载重吨的散装货船时，其艏部船体则由葡萄牙制造）。在一定条件下，这种分工协作的方法，可以加速船舶的建造进度。

然而，两段法造船的主要优点，还不在于能为造船生产组织

的有所改善而创造一定的条件（因为在很多场合下，当与传统的整体建造方法相比较时，这些条件常为两段法造船的不足之处所限制），而在于此法能在原有的船台上建造一类在尺度上远较船台为大的船舶。

目前，国外在两段法造船方面——不论是坞内合拢，还是水上合拢，都积累有大量的经验。

第一章

两段造船法的发展和 船体大合拢方法的分类

§ 1 两段造船法的发展简史

在造船工业中开始采用两段法造船之前，在修船中早已有过两段大合拢的事例。1933～1934年期间，苏联塞瓦斯托波尔海军船厂曾首先采用过坞内大合拢的方法，来修理断裂成两段的万吨级“哈里柯夫”号轮。在苏联卫国战争期间，也曾多次在船坞内对水面舰船的艏艉段受损船体进行过换新和合拢。

在战后期间，世界上有不少造船国家的很多船厂，曾将需要改装的船体割成两段，并接上新的嵌补段，从而积累了不少有关在船坞内改装船体的经验。由此便形成了两段船体在船坞内合拢的现代造船工艺。国外，由分别下水的两段船体在船坞内进行合拢的方法所建成的大型船舶，可列举如下（按建造年月）：

——1953年英国约翰·克朗父子公司建造了一艘2.3万载重吨油轮“隆德费勒”号，和一艘1.85万载重吨干货船“安德沃”号〔103〕；

——1959年英国奥斯汀·匹克斯吉尔公司建造了两艘载重量各为4.6万吨的散装货船“幸福龙”号和“西格纳”号〔104〕；

——1959年意大利阿普安尼亚造船厂建造了一艘1.2万载重吨干货船“维什瓦·乌莎”号〔78〕；

——1964年日本石川岛播磨重工业公司建造了一艘1.6万载重吨干货船“新寺丸”〔58〕；

——1965年日本三菱重工业公司建造了一艘9万载重吨油轮“龙丸”〔85〕；

——1965年日本日立造船公司建造了一艘11.95万载重吨油轮“座眉丸”〔101〕；

——1968年日本三井造船公司建造了一艘7.8万载重吨油轮“高尾山丸”〔109〕；

——1967年日本三菱重工业公司建造了一艘9万载重吨油轮“大西洋之王”号和一艘21万载重吨油轮“永川丸”〔111〕；

——1967年波兰巴黎公社造船厂建造了一艘2.3万载重吨货船“兹温尼哥尔特”号〔79, 80〕；

——1968年日本三菱重工业公司建造了一艘12.9万载重吨油轮“加里福尼亚·杰梯”号〔110〕；

——1968年西德威塞尔造船公司建造了一艘1.5万载重吨客货船“施塔瓦尔达”号〔98〕；

——1971年西德布隆·富斯公司建造了一艘14.6万载重吨干货船“维达尔”号〔106〕。

不言而喻，上述船舶尚未能包括所有用两段法在船坞内合拢的全部船只，况且其中还有很多船舶是批量建造的。

两段船体在水上进行合拢，这对两段法造船工艺有了进一步的发展。这种在水上大合拢的两段造船法，目前已为许多国家的验船机构所认可，其中包括苏联船舶登记局、日本海事协会、英国劳氏船级社、美国船级社等。在苏联，这一方法已用于建造外板厚度达30毫米的船舶。水上大合拢法，可以克服坞内大合拢时须要建造和长期占用费用昂贵的船坞这一最大缺点。而且，在坞内将两段船体拉拢时，必须同时使浮动的一段船体坐落在龙骨墩上，这一工程在技术上较之水上大合拢更为复杂，工作量也更大。

在造船工业中，首先采用水上大合拢方法，大致是在1958～

1959 年期间。当时，西德荷瓦兹造船厂、德意志造船厂和霍立纳乌造船厂，曾在较小的平台上分别建造了三座举力为 1.9 万吨、2 万吨和 2.6 万吨的大型浮船坞。1.9 万吨和 2 万吨浮船坞，其坞体由两个总段焊接而成，而 2.6 万吨浮船坞则由六段坞体焊接而成。1964 年，加拿大维克斯公司承造了一座由九段坞体组成的、举力为 2.5 万吨的浮船坞〔77〕。同年，西德荷瓦兹造船厂，又根据已有经验，建造了一座由三段坞体组成的、举力为 5.2 万吨的浮船坞，以供 13.5 万载重吨级船舶进坞之用〔96〕。

由 1965 年起，首先在日本，随后在苏联、荷兰、波兰和南斯拉夫开始采用水上大合拢工艺建造运输船舶。其他国家也有偶尔采用这一造船方法的：其中在 1965 年，西班牙造船公司的一家船厂，曾以此法建造了一艘 2.17 万载重吨干货船“奥连达尔·恩伏依”号，其艏段船体长 34 米，在单独建造后与主船体进行了合拢〔90〕。在该船建造过程中，既采用了坞内合拢法，也采用了水上合拢法：即先在船坞内对由两家船厂分别建造的中段和艉段船体进行合拢，然后在水上再接上艏段船体。

在 1965～1966 年，日本日立造船公司的一家船厂，曾采用水上合拢方法建造了一艘 14.3 万载重吨油轮“贝尔吉别克”号〔87〕。此外，川崎重工业公司所属的一些造船厂，也曾采用同一方法建成了多艘油轮。

在 1966～1967 年，日本三菱重工业公司又将上述方法的应用范围加以扩大，在水上完成了同型油轮“奥林匹克骑手”号和“奥林匹克跑手”号的接长工程——将船体割成两段，并嵌接上一段新的船体〔72，89〕，从而使油轮的载重量由 4 万吨增加到 5.9 万吨；“杰多罗总统”号油轮经过改装后，其载重量也由 3.5 万吨增加到 5.2 万吨〔94〕。同样，在载重量为 5 万吨的油轮“莫斯克里夫”号上，也曾采用这一方法在水上修复了受损的船底。

上述工程曾在极短的周期内完成，其中，“奥林匹克跑手”号油轮的水上接长工程，计有两个大接头须要切割、合拢和焊接，每

一大接头的施工周期各为 15 天。该轮为完成大接头的焊接工作而在坞内停留的总周期，曾缩短为 10 天。

在 1967 年，基尔·荷瓦兹造船公司的加尔登船厂，曾对 19.1 万载重吨油轮“伊莎·马来西亚”号的艏段船体在水上进行了合拢〔97〕。该油轮系在长度不足以容纳整艘船体的船坞内建成。随后，该厂在建造以十艘为一批的 22.5 万载重吨油轮时，对艏段船体也采用了这一水上大合拢工艺。

1970 年，三菱重工业公司广岛造船厂采用类似的艏段水上合拢方法，建造了一艘 11.6 万载重吨散装货船“筑后丸”，日立造船公司因岛造船厂则建造了一艘 12.75 万载重吨油轮“海上北極星”号；而在这些船厂中，并无一座船台能容纳上述尺度的船舶〔86，105〕。

1968 年起，荷兰船坞与造船公司采用水上大合拢方法，在阿姆斯特丹造船厂批量建造了 21 万载重吨级的“美拉尼亚”型油轮，以及 22.5 万载重吨级油轮“布列塔尼”号〔83，100〕。波兰格丁尼亚巴黎公社造船厂自 1969 年起，在建造 2 万载重吨级 B72 型油轮时，开始转为采用水上大合拢造船工艺〔81〕，从而使每艘船舶在船坞内的占用周期约缩短 10 天。南斯拉夫乌拉尼克造船厂也在采用这种方法，建造载重量达 22 万吨的船舶〔104〕。

据称，南非共和国巴伦斯造船造机公司已采用水上合拢法，建造载重量达 7.5 万吨的船舶〔107〕。

石川岛播磨重工业公司计划在知多的一座新船坞内，同时建造两段大型船体，然后在水上进行合拢〔112〕。哥特维根公司的阿伦达尔船厂，则打算采用水上大合拢工艺，建造 40 万载重吨级油轮〔108〕。

虽然，在公开资料中，未曾提到在其他国家内采用水上大合拢方法来造船的具体实例，但有资料报导：美国、英国、法国、挪威等一些造船工业发达的国家，已掌握了有关这一建造方法的专利〔41~48，50〕。此外，英国、法国、波兰、东德和西班牙

等国家，在这一方面也都各有独创的专利〔36~40, 49〕。

在苏联，因有建设大吨位运输船队和渔船队的庞大计划，因此，采用水上大合拢工艺也有其重大意义。目前，在苏联国内，一些船厂已掌握了不少有关两段船体在水上大合拢的造船经验。

在科学研究机构、中央设计院跟有关工厂的共同研究和实施之下，在1968~1969年，建造了三种定型设计的船舶：1.6万载重吨油轮“凯尔契”号，1.2万载重吨油轮“尼基福尔·罗果夫”号〔6, 23, 24〕和2700载重吨货船“БЛКМ”号〔10, 13, 14, 17, 35, 63〕，并在这一基础上创造了苏联的水上大合拢造船法，其中还包括一系列独创的技术设施。1970~1971年，在建造1.5万吨举力浮船坞时，这一方法曾顺利地付诸应用。该浮船坞先在大型浮船坞内，由六个单独建造的分段装配成两个坞体总段，然后再在水上合拢成完整的坞体。

苏联的一些船厂采用水上大合拢造船工艺，都是因为船台长度不足，或下水设备的承载能力和尺度不能适应所造船舶的要求所致。在采用水上大合拢造船法时，船厂在未曾充实新的生产能力之前，就可建造一类在尺度和重量上超过船台和下水设备最大建造能力约一倍的船舶，从而在生产和经营方面能获得极大的经济效果。

§ 2 两段造船法的应用合理性

两段造船法主要适应于在原有的小型船台上，建造较为大型的船舶，但这并不是说，任何小型船台都能采用两段造船法来建造大型船舶，因为所造船舶不仅要受船台长度所限制，而且还受船台宽度所限制。在这一方面，最有可能采用两段造船法的是一些拥有水平船台的造船厂，因为水平船台在宽度方向较之倾斜船台所受的限制要小，因而可建造一类在整体长度上要超过船台长度的大型船舶。而且，这些船台无须经过大量改造，就可过渡到

采用两段法造船。不言而喻，能用两段造船法进行建造的船舶，其尺度不仅取决于船台的大小，而且也取决于下水设备能否适应两段船体分别下水的技术要求。

原有船台为适应两段法造船的需要而进行改造时，主要问题就是船台的宽度不足。因此，某些造船企业在采用这一新的造船工艺时，便将船厂内两座相邻的船台合并为一座拓宽的半船台。这样，在建造油轮时，即可大大提高造船生产能力〔85，92〕。众所周知，例如在三菱公司的横滨船厂和长崎船厂、川崎重工业公司的神户船厂、荷兰船坞与造船公司的阿姆斯特丹船厂、南斯拉夫的乌拉尼克船厂，以及其他很多船厂，都进行了船台合并的改造工程。

显然，如果所造船舶的长度超过船台（或船坞）的长度，但型宽不超过船台（船坞）宽度时，则船台可以不加改造，就能采用两段法造船工艺。此时，用两段法建造的船舶，其最大长度可为船台（船坞）的二倍长度，但每段船体的长度则不应超过船台（船坞）的全长。然而，对于船台（船坞）和船舶的实际比例 L/B 来说，船舶的最大长度要远小于船台（船坞）的二倍长度。

若 $(L/B)_c$ 取最大值 ≈ 8 ， $(L/B)_{CT}$ 取最小值 ≈ 5 （“c”表示船舶，“CT”表示船台），则用两段法建造的船舶，其最大长度为 $(L_c)_{\max} \approx \frac{8}{5} L_{CT} \approx 1.6 L_{CT}$ ，即在 L/B 比值最小的船台上（或坞内）所能建造的两段船体，对于 L/B 比值较大的船舶来说，其最大总长实际上不超过船台（船坞）的 1.5 倍长度。

近来出现了一些 L/B 比值为 3.5 ~ 4 的半船台和宽坞，在此类船台船坞内，可用两段法建造一类在长度上超过船台（船坞）二倍长度的船舶。

当船舶的 L/B 最大值和船台的 L/B 最小值两者之间的差值较小，即 $(L/B)_c$ 的上限值多半为 ≈ 7.3 ， $(L/B)_{CT}$ 的下限值多半为 ≈ 5.8 时，则在该船台上用两段法所能建造的船舶，其最大长度将减少到船台的 1.2 倍长度。同样，也有船台（船坞）和船舶