

绪 论

一、早期的海上交通研究

海上交通的历史很悠久，远比铁路和空中交通早，也许比道路交通还要早，原始社会的人类就曾用原始形式的船——独木舟和筏渡过河流和海峡。然而，从系统地研究交通的历史来看，海上交通研究却落后于道路、铁路和空中交通。其主要原因也许是由于海上交通的范围相对之大和海上交通工具的数目相对之少，使得一切交通的共性问题——交通效率和交通安全（反过来说 是交通堵塞和交通事故）在海上交通方式上反映得不太突出。

自 18 世纪工业革命起，世界各国经济大规模发展。国内水运量和国际贸易的扩大导致海上交通量的增长和船舶的大型化、快速化。海上交通繁忙景象的另一面就是海上交通事故不断发生且损失日益惨重。1912 年 4 月英国大西洋游船“Titanic”号在处女航中与冰山相撞而沉没，造成全船 1 500 余人死于非命 使全世界航运界大为震惊。海上交通研究一开始就将注意力集中在海上交通安全上，直至今日这一重点仍未转移。

概括地说，早期的海上交通研究主要反映在两方面：其一，研究制定海上避碰规则，避免或减少船舶之间的碰撞事故；其二，推荐与指定海上交通路线，减少或避免船舶之间或船与航海障碍物（冰山、水雷、礁石和沉船等）的碰撞。1840 年伦敦引航公会就将陆地道路上靠右行走的习惯做法纳入汽船航行规则，要求汽船在狭水道中靠右行驶。1854 年法国货船“Vesta”号在雾中撞沉美国邮船“Arctic”号 造成 300 余名旅客和船员丧生，激发一位美国人首次提出船舶在大海上分隔东西向行驶的建议。海上避碰和船舶定线是早期海上交通研究的两大课题，目前仍然是海上交通研究

的主要课题。

二、系统研究海上交通的开端

第二次世界大战结束以后，特别是在 20 世纪 50 年代 世界各国经济逐渐复苏并随即迅速发展。海上运输的发展是经济发展和贸易扩大的必然结果。船舶数目猛增，船舶尺度因装载原油、谷物和矿砂等大宗货物而大幅度增加，速度更快的新型专用船舶诸如集装箱船、滚装船陆续投入营运。海上交通出现船舶密度高、会遇率和事故率增加、事故损失等情况，因船舶大型化而导致的货损、船损和油污损失大得惊人。最早引起人们关注的海上交通繁忙、事故频发区域是英吉利海峡和多佛尔海峡，据统计，当时该处发生的碰撞事故约占全世界碰撞事故数总数的一半。在 1956 年西班牙的 Garcia-Frias 首先提出现代的通航分隔制的建议以后，法国的 Robichon 和 Oudet 分别于 1958 年和 1959 年提出在多佛尔海峡实行通航分隔制。1960 年比利时的 Poll 第一次对多佛尔海峡的交通做了系统的分析，得到的结果是：多佛尔海峡交通流量为每天 800~1 000 艘，其中 60% 是过境船舶。1961 年英国、法国和德国的航海学会成立第一个通航分隔工作小组，以多佛尔海峡的通航分隔制为主题开始对海上交通进行系统的调查研究。荷兰的 Wepster 也积极参与该项研究。1976 年世界上第一个通航分隔制在多佛尔海峡实行，改善了交通流，减少了碰撞事故，这是现代海上交通系统研究获得极大成功的范例。

与此同时，以海运为基础的日本经济在 20 世纪 60 年代也得到迅速发展，日本水域船舶密度大，小船多，海上船舶碰撞事故也相应增多，促使人们加强对海上交通实况的调查研究。^{[1][65]} 日本的山口等人于 1963 年率先对海上交通情况进行实际调查。随后，藤井、丰田和榊等也成立了海上交通调查小组，采用目测和雷达摄影等方法调查观测。为协调和加强该项研究工作，日本于 1976 年成立了海上交通工程学研究组。

与此同时，世界主要海运国家都在本国附近水域进行海上交通研究，但研究工作最系统、最广泛、最深入且取得较大成果的当数西欧和日本。比较起来，西欧的海上交通研究偏重专题和实用，日本的海上交通研究偏重系统性和理论。前者的研究成果被推广到全世界并较快获得实际效益；后者的研究成果丰富了海上交通学科的内容和研究方法，并具有较大的理论意义。

三、海上交通工程学的确立

随着海上交通系统研究的深入开展，各国都不约而同地借用（道路 交通工程的研究方法和手段来研究海上交通（道路 交通工程这门学科是由汽车工业首先发展起来的，20世纪30年代创立于美国，随后，西欧和日本也对这门学科进行研究。交通流理论、交通模拟和控制 in 道路交通研究中比较成熟。日本较早地认识到道路交通和海上交通的共同性质，首先将海上交通研究归纳为一门学科，并命名为海上交通工程。1971年由藤井等在世界航运界中最有影响的英国皇家航海学会学术刊物《航海杂志》上发表了题为“海上交通工程”的综述论文，同年在日本出版了世界上第一本海上交通工程专著《序说海上交通工学》，介绍了日本的海上交通研究成果。海上交通的国际性必然导致或需要国际上的海上交通研究方法、内容和成果的相互交流。1972年5月英国皇家航海学会和英国皇家造船师学会在伦敦联合主办第一次国际海上交通工程学术会议。西欧各国与日本的学者相互交流了20世纪60年代以来各自从事海上交通研究的成果，并以这次国际会议正式宣告海上交通工程这一新兴学科的客观存在。正如该会议论文集的第一篇综述论文“海上交通工程介绍”的第一段文字所述：“海上交通工程是一个较新的课题；甚至许多与船舶设计和操作有关的人员似乎还不知道它的存在。举行这第一次海上交通工程会议，表明了它确实存在。再从各论文作者和其他与会者来自全世界范围来看，它还有国际性。”^[2]

在此之后，西欧和日本的海上交通研究进一步广泛深入开展，其研究成果有力地促进了船舶交通动态管理的加强和船舶交通管理系统（VTMS 或 VTS）的迅速建立。1981 年日本藤井弥平、卷岛勉和原洁合著的《海上交通工学》系统地反映了日本 20 世纪 70 年代海上交通研究的成果，较为完整地勾画出海上交通工程学的的内容体系。在西欧，虽无海上交通工程的专著出版，但在航海学术刊物上刊登了大量海上交通研究的学术论文。因此，可以认为海上交通工程这门新学科是在 20 世纪 70 年代确立的。当然，这门新学科发展尚未成熟，不能与（道路）交通工程这门成熟的学科等同相论。

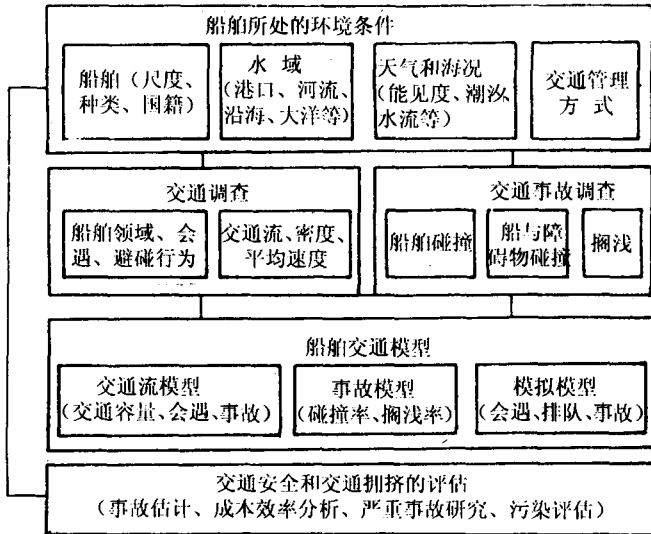
四、海上交通工程的定义、内容和研究方法

什么是海上交通工程？尚无举世公认的定义。海上交通工程的内容或范围组成部分如何？各国学者对此认识也不相同。由于海上交通涉及方方面面，而从事海上交通研究的人员出身、经历和职业不同，具体研究的课题、思路和方法也不同，故认识不一致是可以预料的。归纳各种认识可以获得以下几个共同点：

- (1) 海上交通工程是工程科学的一个分支；
- (2) 海上交通工程的研究对象是海上交通；
- (3) 海上交通工程的研究方法基本上借鉴于（道路）交通工程；
- (4) 海上交通工程的研究目的主要是增进交通安全（减少交通事故）和提高交通效率（防止交通阻塞）。

英国运输和道路研究所所长 Silverleaf 在第一次国际海上交通工程学术会议上按照道路交通工程的定义归纳了海上交通工程的定义：海上交通工程是海上交通的研究及其研究成果在改善航行设施和交通管制上的应用，其目的是使海上运输安全与高效。

日本电子航法研究所所长藤井弥平认为，海上交通工程是以交通调查的结果为基础，进而对船舶行为的总体即海上交通做出定量的表述。他认为船舶交通研究的范围如下：



藤井等合著的《海上交通工学》一书的内容包括海上交通要素、交通调查、海上交通事故、海上交通的避让操纵、航路计划和海上交通管理等。^[3]

美国海岸警卫队 Price 海军中将将海上交通工程的组成部分归纳为船舶的操纵能力，现有的及规划的港口、航道和岸上设施的使用 港口、航道、岸上设施的布置和设计三个方面。^[4]

海上交通工程的研究方法可以概括为：调查—分析—应用—再调查。海上交通工程的基础是海上交通实况调查和海上交通事故调查。接着采用统计、分析和模拟方法研究处理调查所得资料和数据，发现存在的交通问题并找出解决这些问题的方法。随后将研究成果应用于交通控制和管理中去，以便改善海上交通。在此基础上再进行调查以检验所采取措施的实际效果和发现新的问题，进入下一个循环。实质上，这和其他学科一样，都是人们在不断变化的自然中反复认识自然、改造自然的循环过程，海上交通

的规模、水平、安全、效率由此一步步地发展和提高。

五、船舶交通管理系统 的研究

船舶交通的存在必然导致船舶交通管理的产生与发展。我国的船舶交通管理可以追溯到公元前 6 世纪隋朝修建大运河时建立的交通管理法规系统。然而，传统的船舶交通管理主要是静态的管理，即运用交通规则从宏观上管理船舶交通。动态的船舶交通管理也存在，如采用灯号、旗号和音响信号等手段控制船舶交通，但局限性很大。

船舶无线电通信技术的发展使海上船舶的动态管理发展到一个新阶段。正如荷兰学者 Wepster 认为：几百年来船舶在海上随意地驶来驶去，很少有相互影响，管理和控制只在上几代海员心中那种“海上自由”可解释成“上帝老大 船长老二”但自从发明无线电通信以来，那种日子一去不复返了；船东可以通过电报调度和管理船舶。现代雷达技术、通信技术和计算机技术的迅猛发展，加上海上交通研究的丰硕成果，使得现代船舶交通的动态管理进入到更高级的阶段。

从 1948 年英国在利物浦墨西（Mersey）港建立世界上第一个配备港口监测雷达站的船舶交通管理系统以来，世界各主要港口、水道和沿海船舶交通密集区域已建成各种类型的船舶交通管理系统 300 多个。这些系统大都配备先进的岸基监测雷达、通信设备、计算机数据处理设备、信息传输和显示设备。根据交通管理法规的规定，现代的船舶交通管理系统与现代的声光交通控制设备相结合，对船舶交通从宏观上和微观上实施有效的动态管理，为船舶交通服务，有力地增进了交通安全，并提高了交通效率，对防止船舶污染海域也发挥了重要作用。

为了在国际上统一船舶交通管理的原则和做法，1985 年国际海事组织第 14 次大会通过了第 578 号决议《船舶交通服务 VTS 指南》。这份重要文件为世界各国实施船舶交通服务和建立船舶

交通管理系统提供了有益的指导和科学的标准。1997年该组织又通过了新的《船舶交通服务(VTS)指南》更新并取代了1983年的指南。

船舶交通管理是海上交通研究的重要课题，也是海上交通工程的重要组成部分。为了实施全面有效的船舶交通管理，就必须进行海上交通的各方面研究；而进行海上交通研究的目的也主要是为了加强和改善船舶交通管理。在世界各航运国家中，“船舶交通服务(系统)”一词要比“海上交通工程”一词更广为人知。

为了交流和反映海上交通研究特别是船舶交通管理方面的研究成果，国际上已召开了一系列学术研讨会，即：

- | | | |
|-------|--------|-----------------------|
| 1972年 | 英国伦敦 | 第一届国际海上交通工程学术会议 |
| 1976年 | 荷兰海牙 | 第二届国际海上交通系统学术会议 |
| 1978年 | 英国利物浦 | 第三届国际船舶交通服务(VTS)学术研讨会 |
| 1981年 | 德国不来梅 | 第四届国际船舶交通服务(VTS)学术研讨会 |
| 1984年 | 法国马赛 | 第五届国际船舶交通服务(VTS)学术研讨会 |
| 1988年 | 瑞典哥德堡 | 第六届国际船舶交通服务(VTS)学术研讨会 |
| 1992年 | 加拿大温哥华 | 第七届国际船舶交通服务(VTS)学术研讨会 |
| 1998年 | 德国汉堡 | 第八届国际船舶交通服务(VTS)学术研讨会 |
| 2000年 | 新加坡 | 第九届国际船舶交通服务(VTS)学术研讨会 |
| 2002年 | 澳大利亚悉尼 | 第十届国际船舶交通服务(VTS)学术研讨会 |

2004年 中国香港 第十一届国际船舶交通服务(VTS)学术研讨会

1983~1986年,西欧13个国家联合进行了世界上规模和投资最大的海上交通科研项目(COST301),对西欧海域船舶交通及船舶交通管理系统进行了全面深入的研究,其研究成果对世界各国船舶交通管理系统的规划、论证和建设产生了重大影响。

六、我国的海上交通工程研究与实践

我国的船舶交通研究有悠久的历史,以京杭运河来说,它北起北京,南至杭州,全长约1800 km,其长度相当于苏伊士运河的10倍,相当于巴拿马运河的22倍,是世界上最长的运河,也是最古老的运河之一,犹如一条沟通我国南北的水运大动脉。该运河的建设、维护、通航、管理凝结着我国劳动人民的智慧。到了近代,有关船舶交通的研究和实践主要是港口与航海的规划、设计和交通管理,如航道、旋回水域、锚地等交通水域的规划和设计,船舶交通规则制定和实施等。船舶交通运输与国家的经济发展水平密切相关。清末至新中国建立初期,我国的经济水平远远低于西方发达国家,在船舶交通研究的深度、广度和手段上落后于西欧各国及日本等。20世纪80年代我国改革开放后,情况逐渐发生了变化。随着经济的迅速发展,船舶交通日益繁忙起来,为了解决船舶交通安全方面的问题,有关机构和人员开展了对船舶交通的深入研究,特别是美国、日本等一些国家的船舶交通研究成果传入我国后,人们开始研究和应用国外船舶交通管理新技术、新方法和新理论,如船舶交通危险评估、船舶交通计算机模拟、船舶定线制、船舶报告制、船舶交通管理系统等。

1974年初,上海海运局首次提出我国第一个分道通航制方案,即《黄海、中南部雾季4~7月定线分道通航办法》并在局内试行。1978年,交通部制定并实行了《交通部运输船舶在北方沿海定线分道航行办法》,在黄海北部和渤海湾设立了5条总长

625 n mile 的分道推荐航线，其中包括成山头水域分道通航制。1992年，考虑到分道通航制过长带来的问题和北方分道推荐航线未设边界等情况，废除了这些分道推荐航线，而在成山头水域建立并实施了《成山头水域定线规定》（试行），根据国际海事组织（IMO）的标准设立了警戒区、分道通航制和沿岸通航带，使该水域以往碰撞事故多发的情况明显好转。另外，在长江口、珠江口青州水道及长江中、下游部分航段也先后实施了分道通航制。

长期以来，船舶交通危险评价在国际上一直没有被很好解决。我国海上交通工程技术人员在这方面进行了大量的研究，在船舶交通管理领域提出了评价交通安全的安全指数法，运用船舶交通模拟技术进行交通工程项目论证中的危险评价研究，在船舶和海上平台风险评价的理论和实践方面取得了很多成果。

我国的船舶交通管理系统（VTS）建设始于20世纪70年代中期，至1997年底沿海有9个港口建立了VTS，4个长江下游港口建立了VTS，共设36个雷达站、11个VTS中心，总投资4.1亿元。VTS技术和管理人员达到220人。VTS在维护国家主权、提高港口声誉、减少交通事故和改善交通管理手段方面效果显著。到2002年底，我国主要港口和重要通航水域已建成VTS 20个，雷达站50个，其数量居世界前列。由于VTS覆盖面大、反应及时和高智能监控能力强，因此推进了海事管理模式由粗放型向集约型转变。

大连海事大学自行研制的航海模拟器在人员培训和交通工程项目论证方面得到了应用，取得了良好的效果。

自20世纪80年代中期开始，船舶交通工程学作为一门课程进入了航海技术专业和航政管理专业的课堂。20世纪90年代以来，一批反映近年来船舶交通工程学研究成果的论文、著作和教材相继出版，具有较高的学术价值和应用前景。

第一章 海上交通要素

第一节 海上交通的概念

一、海上交通的定义

交通 (Traffic) 一词是指人与交通工具的运动, 如人在路上行走、车在道路或铁路上行驶、船在水上航行、飞行器在空中飞行等。交通一词有别于运输 (Transport) 一词。运输一词是指人与物的输送, 如人将物或交通工具将人和物从一个地方运送到另一个地方。然而, 人们常用交通运输 (Transportation) 一词泛指人与交通工具的运动和人与物的输送。就运动和输送的路线与空间而言, 它包括道路、铁路、水上、空中和管道五种交通运输方式。由于海上 (或水上) 的交通 (或交通运输) 工具是船舶, 因此人们将船舶在海上的运动称为海上交通 (Marine traffic) 或船舶交通 (Vessel traffic)。这两个词含义相同。

作为海上交通工程学的研究对象或船舶交通管理中的管理对象来说, 海上交通或船舶交通有其确定的含义。荷兰从事海上交通研究的著名学者 Wepster 曾将海上交通定义为“指定区域内单艘船运动的组合 (Combination of individual ship movement in a specified area)”。^[5]

这定义被西欧十几个海运国家的海上交通工程专家、学者普遍接受, 故西欧十几个国家共同完成的重大海上交通科研项目 (COST301) 主报告第一卷 (概念和定义) 中指出: “海上交通可被认为是给定海域 (或空间) 内发生的, 使用这一空间的所有船舶

的运动。”日本著名海上交通工程学者藤井则认为：“船舶行为的总体（Ship behaviours as a mass）就是船舶交通。”^[3]

分析上述两种定义差异，Wepster 的定义似乎是从海上交通的宏观特征考虑的，而藤井的定义似乎是从海上交通的微观细节考虑的，因为 Wepster 曾致力于多佛尔海峡的交通流和船舶定线制的研究，而藤井对船舶避碰行为的研究颇有建树，在国际上首先提出船舶领域的概念与模型。

综括世界各国海上交通工程学者的研究内容与成果，将海上交通或船舶交通定义为“指定区域内船舶运动的组合与船舶行为的总体”似乎更为确切些。

鉴于国内一些人对海上交通工程这门学科尚不太了解，故需要强调指出：船舶交通不是指运动的船舶，而是指船舶的运动；船舶交通不是指某一艘船舶的运动或行为，而是指某一区域内所有船舶的运动或单艘船舶运动的组合或船舶行为的总体。因此，所谓船舶交通管理，就海上交通工程学意义上来说，管理对象不是船舶而是交通。

二、海上交通的分类

海上交通在交通方式和交通空间上与道路交通等其他交通有所不同，相对来说要复杂些。因此，在研究某一给定区域的海上交通时，要将整个海上交通划分成不同的类别进行研究。由于不同类型区域的海上交通都有其各自的特点，故需要在研究中区别对待。概括地说，按水域类型分，有港口船舶交通、水道船舶交通和沿海船舶交通等。因为港口是水上交通的枢纽，所以应优先考虑港口船舶交通，即在研究上更为重视。船舶交通管理首先实施于港口，如英国利物浦港是世界上第一个建立船舶交通管理系统（引进港口雷达站和船一岸无线电话系统）的水域。

然而，重要的水道和沿海水域的船舶交通也一直是人们研究的重点，如英吉利海峡和东京湾等。研究港口船舶交通时，人们在

往将进口船舶交通与出口船舶交通分别加以研究。特别是统计港口交通量（进出口船舶数）及研究水道船舶交通时，人们又往往分别研究过往交通（Through traffic 和穿越交通 Cross traffic）前者也称为主交通（Main traffic），因为水道主要为来往或经过的船舶利用。同时，人们在研究水道船舶交通时，又分别研究航道（或分道通航制的通航分道）内的船舶交通和航道（或沿岸通航区）外的船舶交通，前者有时也称为主交通。在研究沿海水域的船舶交通时，人们还常常以大多数船舶的运动方向分类，分别研究东行交通与西行交通（如直布罗陀海峡等）或北上交通与南下交通（如我国成山头附近水域等）。

一般来说，无论在何种类型水域研究船舶交通时，都常常将机动船交通、大船交通、运输船交通等区别于非机动船交通、小船交通、渔船及其他船交通而重点加以研究。在西北欧水域，为着重考虑防止船舶发生交通事故而污染海洋环境，还常常专门研究油船和其他运载危险品的船舶的交通。需要指出的是，尽管人们以各种方式分类研究海上交通，但对各类海上交通来说，却都保持船舶运动的组合或船舶行为的总体这一基本属性。

此外，在研究海上交通时还必须注意到不同种类船舶运动方式或使用水域形式的不同。船舶运动的普遍方式或大部分船舶的运动方式是以既定航向与航速按计划航线或习惯航法通过某一水域，这是运输船舶（占船舶总数的大部分或绝大部分）主要的运动方式。

然而，从事捕鱼、作业的船舶的运动方式大都是在某一水域（渔区）内逗留 其航向、航速和航线 或航法 经常变化而无明显的规律。工程作业船舶和港作拖轮等的运动方式也因其工作性质而各具特点，在研究海上交通时，不可忽视这些船舶的交通特性或行为方式，在实施船舶交通管理时尤其要加以注意。

在研究某一水域的船舶交通时，常常注意到船舶交通的成分

即交通构成 Traffic composition)。交通构成一般是从船舶尺度(船长、吃水、总吨位)和船舶种类(货船、油船、客船、渔船等)来考虑的,有时也考虑船舶操纵特性、船舶国籍等。对交通构成进行调查研究与分析,是为了更好地认识和掌握船舶交通的特性和船舶行为的规律。从原理上说,这也是船舶交通的一种分类方式。

第二节 船舶与驾驶人员特性

海上交通工程学研究船舶交通的具体方法是把船舶、驾驶人员、海上交通环境三者统一在一个交通系统中,探索各自的内在规律性及其相互作用,以达到海上交通安全通畅。船舶是海上交通工具,是由人(包括船长、驾驶员、引航员等)操纵的,故船舶的运动或行为不能不受到船舶本身特性和驾驶人员特性的强烈影响。因此,在研究海上交通时,要考虑到船舶和驾驶人员这两个因素在船舶交通特征与规律上所起的作用。

一、船舶特性

作为海上交通工具的船舶,有许多特性。海上交通工程学者关心的是与船舶运动和和行为密切相关的特性,例如,船舶尺度与速度、旋回圈和冲程等动态特性。

1. 船舶尺度

船舶尺度表明船舶的大小。为了解、掌握不同大小船舶的交通实况与船舶行为以及事故状况,在海上交通研究中一般要按船舶尺度的大小将船舶分类。船舶总吨位和船舶长度(简称船长)通常被作为分类的量。但各国的分类并不相同。例如,我国交通部《船舶交通事故统计规则》将船舶分为 11 个等级;日本海上交通工程学者将船舶分为 7 个等级;英国海上交通研究人员将船舶分为 7 个等级,见表 1-2-1。

表 1-2-1 船舶大小的分级

中 国 (从船舶交通事故统计考虑)	日 本 (从船舶交通调查考虑)	英 国 (从船舶危险系数考虑)
①20 总吨以下	①20 总吨以下	①500 总吨以下
②20~200 总吨	②20~100 总吨	②500~2 999 总吨
③200~300 总吨	③100~500 总吨	③3 000~9 999 总吨
④300~500 总吨	④500~3 000 总吨	④10 000~29 999 总吨
⑤500~1 000 总吨	⑤3 000~20 000 总吨	⑤30 000~59 999 总吨
⑥1 000~1 500 总吨	⑥20 000~100 000 总吨	⑥60 000~1 000 000 总吨
⑦1 500~3 000 总吨	⑦100 000 总吨以上	⑦1 000 000 总吨以上
⑧3 000~5 000 总吨		
⑨5 000~10 000 总吨		
⑩10 000~20 000 总吨		
⑪20 000 总吨以上		

海上交通研究以海上交通调查为基础。根据调查所获得的船舶尺度数据进行统计分析，可获得船舶尺度中各量之间的数学关系。据日本海上交通研究报告报道，航道中船舶尺度的频率分布近似为对数高斯分布。藤井根据日本船名录统计分析了 500 总吨以上船舶的船舶尺度各量之间的数学关系，得到的简化关系式如下：^[3]

$$\begin{aligned}
 \text{总吨位 (总吨)} & \quad GT = L^3/250 \\
 \text{满载吃水 (m)} & \quad D_f = 0.07L \\
 \text{型宽 (m)} & \quad B_m = 0.16L \\
 \text{型深 (m)} & \quad D_m = 0.08L
 \end{aligned}$$

式中： L ——船长(垂线间长)

为了比较同一水域不同时期的船舶交通状况或同一时期不同水域的船舶交通状况，在海上交通研究中，往往选择某一尺度范围的船舶作为“标准船”进行换算。

换算系数大都以船长或船舶总吨位为基础。换算系数是采用定量和定性考虑相结合的方式确定的。因此，换算的结果不是“等于”而只是“相当于”。日本海上交通工程学者通常采用的船舶换算系数见表 1-2-2。^[3]我国在采用“安全指数法”评估海上交通安全时提出的船舶换算系数见表 1-2-3。

表 1-2-2 日本的船舶换算系数

船舶总吨位 (总吨)	20 以下	20~ 100	100~ 500	500~ 3 000	3 000~ 20 000	20 000~ 100 000	100 000 以上
船长(L) 换算系数	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	4	6

表 1-2-3 中国的船舶换算系数

船舶 总吨位 (总吨)	100 } 以下 499	100 } 499 2 999	500 } 2 999 5 999	3 000 } 5 999 9 999	6 000 } 9 999 14 999	10 000 } 14 999 19 999	15 000 } 19 999 29 999	20 000 } 29 999 39 999	30 000 } 39 999 59 999	40 000 } 59 999 60 000 以上	
船长 (m)	30 m } 以下	30 } 50 50	50 } 90 90	90 } 115 115	115 } 135 135	135 } 155 155	155 } 170 170	170 } 195 195	195 } 215 215	215 } 246 246 以上	
换算 系数	0.25	0.5	1	1.18	1.41	1.7	2.0	2.25	2.5	3.0	4.0

2. 船舶速度

在航海学上，船舶速度应有船速 Speed through the water)和航速 Speed made good)严格之区分。前者指船舶在无风、无流的静水中单位时间内航行的距离，即对水速度；后者指船舶在风、流和波浪影响下单位时间内实际航行的距离，即对地速度。在海上交通调查中，测定和统计分析的速度是航速。

在船舶日志或其他船舶登记表格上查到的船舶速度是船舶的额定船速。额定船速是在可以忽略水深影响的深水中，并在船舶主机额定功率与额定转速条件下，船舶所能达到的静水中的船速，它是船舶最大船速。在船舶实际航行操纵中，船舶为确保长期安全航行，需留有适当的主机功率储备，故实际采用船速要小于额定

船速。在海上航行时采用 90% 额定功率与 96% ~ 97% 额定转速所对应的速度称为海上速度 (Sea speed)。在港内航行或在狭水道、渔船密集水域以及雾航时, 采用海上常用主机转速 70% ~ 80% 所对应的速度称为港内船速 (Harbour speed) 或操纵速度。无论是海上船速还是港内船速, 前进或后退的速度都是分档的, 即前进 (后退) 三、前进 (后退) 二、前进 (后退) 一、微速前进等。

船舶在航行中, 除受到水文气象自然条件影响而具有的速度与上述各类船速的标准数值不相等外, 船舶还会因航行安全、潮水等原因采取不同程度的低于各类船速标准数值的速度。此外, 港章、水道航行规则等为保证交通安全常常对船舶在港口或水道内的最大船速加以限制, 故船舶实际航行速度并不是其最大船速。

在交通工程学中, 人们常用“特性时间”即交通工具长度与速度的比值 L/v 表征交通工具的交通特性。就海上交通工程学来说, 船舶的特性时间是船舶行驶过相当于本船船长的距离所需的时间, 特性时间越长, 船舶操纵就越困难, 在实施分道航行时, 可把特性时间相差很大的各类船舶分隔开来。

3. 船舶的冲程和旋回

道路交通工程学重视对汽车制动性能 (制动距离) 的研究, 因为它是车辆安全行驶的重要保证。在海上交通工程学上, 与之相应的是船舶的惯性性能 (冲程)。由于车轮与地面阻力要大大地小于水与船体表面阻力, 加上船舶质量远远大于汽车的质量, 故测定和掌握好船舶在各级速度、各种装载下主机停车和主机倒车时的冲程, 对于防止船舶碰撞等海上交通事故来说是至关重要的。海上交通工程学者在研究船舶领域 (如水道中同向行驶船舶的前后间安全距离) 就要很好地考虑船舶冲程的大小。

船舶在海上特别是在船舶密集水域中航行时常常会与其他船舶相遇, 为避免船舶碰撞而采取的主要措施是改变航向 (转向避让操纵)。因此, 船舶的旋回性能 (旋回圈及其要素) 是海上交通工程

学者研究船舶行为（主要是避碰行为）考虑的重要因素之一。船舶在水道中弯曲处行驶及在转弯进出码头区口门操纵时的航迹往往受到船舶旋回性能的约束。

据日本海上交通工程学者的调查统计，不同吨位大小的船舶的船舶尺度和动态特性的参数（平均值）见表 1-2-4。^[3]

表 1-2-4 船舶特性参数（平均值）

总吨	垂直线间长 (m)	全长 (m)	型宽 (m)	型深 (m)	满载吃水 (m)	海上航速 (kn)	特性时间 (s)	进距 (m)	旋回时间 (90°) (s)	旋回直径 (m)	旋回时间 (180°) (s)	紧急倒车	
												冲程 (m)	时间 (s)
500 000	520	545	82	44	36	17.1	59	1 600	250	1 600	560	10 000	2 000
300 000	440	462	70	37	29	16.8	51	1 400	230	1 400	480	8 000	1 600
200 000	360	378	61	34	25	16.5	42	1 200	190	1 200	400	6 000	1 360
100 000	305	320	48	26	19	16.2	36	1 000	160	1 000	340	4 500	980
50 000	240	252	37	19	14.5	15.6	30	770	135	790	270	3 100	660
30 000	210	222	30	16.2	12.0	15.9	25.7	660	120	710	230	2 000	430
20 000	180	190	26.5	14.0	10.7	15.1	23.2	600	100	630	210	1 400	360
10 000	143	150	21.1	11.7	8.5	16.4	17.0	520	85	630	180	1 200	280
5 000	113	120	16.0	9.3	7.4	13.2	16.7	360	66	390	133	990	230
3 000	92	100	15.0	7.7	6.4	12.4	14.5	300	64	330	128	850	240
2 000	82	89	12.6	6.5	5.5	12.2	13.1	260	55	280	110	700	230
1 000	62	68	10.6	5.5	4.8	11.5	10.5	210	48	220	93	660	220
500	49	54	8.8	4.2	3.7	10.9	8.8	140	37	150	80	460	180
300	39	43	7.5	3.6	3.2	9.3	8.1	120	32	130	63	265	98
200	30	33	6.5	3.1	2.8	8.9	6.6	85	27	95	53	130	58
100	25.0	27.5	5.5	2.4	2.1	8.2	6.0	75	23	77	42	85	47
50	19.7	21.7	4.6	1.8	1.6	7.7	5.0	60	20	60	40	80	45
30	16.3	17.9	4.2	1.7	1.5	7.2	4.4	50	17	50	35	65	30
20	14.4	15.8	3.7	1.5	1.3	6.9	4.1	42	16	45	32	55	25
10	10.8	12.0	3.2	1.2	1.6	6.3	3.4	33	13	34	28	44	21
5	8.2	9.0	2.6	0.9	0.7	6.0	2.7	25	11	25	23	33	18