

SHUILU LIANGXI CHELIANG YUANLI YU SHEJI



水陆两栖车辆原理与设计

杨楚泉 编著

国防工业出版社

<http://www.ndip.com.cn>

水陆两栖车辆原理与设计

杨楚泉 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

水陆两栖车辆原理与设计/杨楚泉编著. —北京:国防工业出版社, 2003.4

ISBN 7-118-03094-5

I. 水... II. 杨... III. ①水陆两用车—理论②水陆两用车—设计 IV. U469.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 008095 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 8 $\frac{1}{2}$ 215 千字

2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月北京第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:23.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

序

目前我国尚无系统论述两栖车辆原理、设计方法的专著。在高等院校传统车辆专业的教材中,虽也涉及两栖车辆的部分内容,但只是介绍些较基本的概念而已。而且这些内容对从事两栖车辆研究、设计的工程技术人员来讲,深感难以满足实际工作需要。

本书作者曾是我国第一代水陆坦克总体设计的负责人,在长期从事两栖车辆的研究和设计工作中,取得过丰硕成果,并积累了宝贵的实践经验。为加速我国两栖车辆的发展,弥补装甲车辆专业教材建设上的不足,作者在研究、积累大量国内外相关文献、资料的基础上,融合了作者多年的心血,编著了这本《水陆两栖车辆原理与设计》。

本书简述了国内外两栖车辆的发展史,并着重分析了美国和苏联两栖车辆的发展历程,肯定了两栖车辆在未来战争中不可忽视的地位和作用,系统地论述了两栖车辆的水上性能、原理及设计方法。

本书的编写,主要以车辆专业的工程技术人员掌握两栖车辆的水上性能、原理和 design 方法为目的,思路清晰,可读性好,对从事两栖车辆研究和设计的工程技术人员具有十分有价值的指导作用。本书的出版,无疑也是对装甲车辆专业建设上的一项贡献。



前 言

水陆两栖车辆(简称两栖车辆)是一种既具有机动、灵活的陆上性能,又具有快速、隐蔽的水上性能的两用车辆。除此之外,这种车辆在水、陆交界处还具有一种独特的通过性能,那就是入水和出水登陆的能力。正是由于车辆具备了这种通过性能,因而能够在没有工兵架桥作业的条件下,连续通过江河、水网和湖泊等特殊地形;实施近海抢滩登陆等,承担陆上车辆难以胜任的战斗任务。

众所周知,水障碍是阻碍部队前进、战场上经常遇到的一种对车辆性能的发挥具有严重影响的障碍,在现代战争条件下,要取得一个战役和战斗的胜利,在某种程度上取决于突然性和军事装备能否迅速克服水障碍。为此,世界各国都很重视两栖车辆装备的发展与运用。苏联一贯重视陆军机动性的不断提高,早在 20 世纪 50 年代,其陆军就已基本实现摩托化和机械化,并发展了一系列履带式 and 轮式两栖车辆,如水陆坦克、步兵战车、伞兵战车。装甲输送车等。进入 20 世纪 70 年代以后,陆军装备中 20t 以下的轻型战斗车辆已基本实现了两栖化。在此期间,美国也在历次的局部战争中积累了丰富的两栖作战经验,逐渐形成了比较完整的两栖作战理论,因而不断改进和发展了一系列专门用于沿海登陆作战的两栖车辆。

两栖车辆设计中的一个重要问题是怎样根据使用部门的需要去兼顾陆上行驶与水上行驶之间相互矛盾的要求,一般来说,它的陆上和水上行驶性能总不如单纯在陆上使用的车辆和水上使用的船。因为陆上车辆所固有的矛盾在这里仍然存在,而且还要在陆上机动性和灵活性允许的范围之内,实现水上船舶所具有的性能。显然,这并不是两种专业(车辆专业和船舶专业)的简单交叉

和折衷。从它的入水和出水的通过性来看,这是陆上车辆和船舶都不具备的独特性能。此外,由于两栖车辆的体形小,纵向与横向的摇摆周期都比较小,而且承受波浪冲击的面积也小,因而它比一般船舶能承受更大波浪的扰动。正因为具备了这些独特的性能,使得它能够在两栖作战中发挥无比的威力。

全书共分八章,第一章主要介绍两栖车辆的作用、分类与发展简史。分析认为:二次世界大战以后,历次局部战争的演变证实,两栖作战在现代战争中的地位、作用和重要性有了显著的提高,尤其是两栖作战的次数更加频繁,装备发展的数量和品种日益增多,其中美国和苏联使用和正在发展中的两栖车辆装备具有代表性,是当今世界两栖车辆的发展趋势。其中第二章、第三章浮性、稳性,以及第七章的抗沉性部分属于静力学内容。第四章、第五章、第六章快速性、操纵性和摇摆,以及第七章的通过性部分属于动力学内容。第四章除简要介绍各种推进装置以外,重点放在最有应用前景的喷水推进装置上。尽管近年来已经普遍采用更加合理的推进理论 K_1 法,但作者依然按照多年实践过的 K_2 法计算表格编写,只是列出了推荐采用的 K_1 法计算公式和计算步骤,留给读者作为进一步实践的机会。在第六章中,作者根据刚体绕定轴转动的角动量原理,给出了火炮横向和纵向射击时的倾角计算方法,与陆上车辆在空气中摇摆的不同点在于,必须考虑周围水的附加质量和附加惯性矩问题。在第七章涉及的通过性内容中,作者把车辆入水归结为“满足一定角度情况下必须浮起的不沉性条件”。而把出水归结为:“除满足不沉性条件之外,还必须满足第二个条件即附着条件,才能顺利完成出水过程。”的结论。第八章是水障碍特性及克服水障碍的使用原则,这一内容安排是考虑到设计者难于获得车辆的实际使用机会,力求使之通过阅读使用规则,去体验“怎样才能使车辆更加完美”的感受。

本书是作者 40 余年从事两栖车辆总体设计、研究,并不断跟踪国外发展所积累的科研成果。国内至今尚没有正式出版过有关两栖车辆原理与设计方面的书藉,因此,作者在编写中掌握的原则

是以丰富的船舶理论为基础,积极吸收国外两栖车辆的先进技术和经验,以为车辆专业人员掌握水上性能设计为主,尽可能做到内容具体与实用。

在本书的编写过程中,得到了陈鹏飞院长,朱鸿慈高级工程师和居乃鹄高级工程师的热情支持与帮助,在此深表谢意。

由于作者水平所限,书中缺点和错误在所难免,恳请专家和读者批评指正。

作 者

目 录

主要符号表	1
第一章 两栖车辆概论	5
§ 1.1 两栖车辆的作用与发展	5
1.1.1 两栖车辆的作用与分类	5
1.1.2 两栖车辆的发展简况	9
§ 1.2 车体的几何形状	19
1.2.1 车体线型图	19
1.2.2 车体的尺度比与丰满系数	22
第二章 浮 性	25
§ 2.1 质量和重心位置的计算	29
§ 2.2 正浮状态下排水体积和浮心坐标的计算	31
§ 2.3 纵倾状态下排水体积和浮心坐标的计算	42
§ 2.4 浮力储备	43
第三章 稳 性	45
§ 3.1 初稳性	45
§ 3.2 大倾角稳性	54
3.2.1 静稳性曲线图的计算	55
3.2.2 静稳性曲线的特性	62
§ 3.3 动稳性	65
§ 3.4 车辆稳性的评定	69
3.4.1 静稳性曲线和动稳性曲线的具体应用	69
3.4.2 改变车辆的载荷对静稳性的影响	72
3.4.3 进入车体内的水对车辆稳性的影响	74
第四章 快速性	76

§ 4.1 阻力	78
4.1.1 阻力特性及航态对阻力特性的影响	78
4.1.2 阻力成分及车辆结构对阻力的影响	84
4.1.3 外界条件对阻力及快速性的影响	95
§ 4.2 推进	103
4.2.1 履带推进装置	103
4.2.2 轮胎推进装置	105
4.2.3 螺旋桨推进器	107
4.2.4 喷水推进器	118
4.2.5 推进系统设计	134
4.2.6 两栖车辆的航行性能试验	148
第五章 操纵性	164
§ 5.1 航向稳定性	165
§ 5.2 回转性	172
5.2.1 回转	172
5.2.2 车辆回转的主要特征参数	173
5.2.3 回转过程分析	173
5.2.4 影响车辆回转性的因素	175
§ 5.3 车辆的惯性特性	179
5.3.1 启动惯性	179
5.3.2 停车惯性	181
5.3.3 车辆减速	182
第六章 摇 摆	183
§ 6.1 车辆在静水中的横摇	184
§ 6.2 车辆在波浪中的横摇	187
6.2.1 车辆在波浪中的摇摆	187
6.2.2 风浪的特点	188
6.2.3 车辆在波浪中的横摇	196
§ 6.3 两栖战斗车辆在水上射击时的倾角计算	202
第七章 抗沉性与通过性	208

§ 7.1 抗沉性	208
7.1.1 浮力储备对抗沉性的影响	210
7.1.2 排水工具及其对抗沉性的影响	211
7.1.3 车体破损的排除	215
§ 7.2 通过性	219
7.2.1 车辆入水	221
7.2.2 车辆出水	224
7.2.3 两栖车辆入水与出水的特殊性问题	227
第八章 水障碍特性及克服水障碍的使用原则	230
§ 8.1 水障碍的简要特性	230
8.1.1 河流	230
8.1.2 湖泊与水库	233
§ 8.2 水障碍结冰情况	233
§ 8.3 水障碍的勘查与标定	234
8.3.1 水障碍的勘查	234
8.3.2 水障碍的标定	236
§ 8.4 克服水障碍前的车辆准备	238
§ 8.5 车辆入水、克服浅滩和出水	239
8.5.1 车辆入水	239
8.5.2 克服浅滩	242
8.5.3 车辆出水	243
§ 8.6 车辆水上航行规则	245
8.6.1 在河流中航行	245
8.6.2 在波浪中航行	247
8.6.3 在具有浮冰和结冰情况下的水上航行	249
§ 8.7 牵引故障车辆和拖救车辆上岸	250
§ 8.8 利用水陆运输车使器材和人员渡河	252
§ 8.9 通过水障碍以后的车辆技术保养	253
参考文献	255

主要符号表

A	面积
A_M	中横剖面面积
A_S	横剖面面积
A_W	水线面面积
B	车体宽;浮心
r_0	横稳心半径
R_0	纵稳心半径
F	干舷;漂心
G	重心
h_0	横稳性高
H_0	纵稳性高
l	恢复力臂;静稳性臂
I	惯性矩
I_L	水线面面积对通过漂心的纵向惯性矩
I_T	水线面面积对中线的横向惯性矩
Z_B	浮心垂向坐标
Z_G	重心垂向坐标
Z_M	横稳心垂向坐标
Z_{ML}	纵稳心垂向坐标
H	车体高;水头;扬程;波高
L	车体长
L_{WL}	水线长

l_d	动稳性臂
l_f	风倾力臂
l_q	最小倾覆力臂
M	横稳心
M_f	风倾力矩
M_H	横倾力矩
M_L	纵稳心
M_q	最小倾覆力矩
M_R	横向恢复力矩
M_{RL}	纵向恢复力矩
M_T	纵倾力矩
T	吃水
T_A	尾吃水
T_F	首吃水
T_φ	横摇周期
W	质量
ρ	质量密度
γ	重度
WL	水线
x_B	浮心纵向坐标
x_F	漂心纵向坐标
x_G	重心纵向坐标
y_B	浮心横向坐标
y_G	重心横向坐标
D	排水量,螺旋桨直径
θ	纵倾角;拖曳角度
φ	横倾角
φ_d	动横倾角

φ_E	进水角
φ_O	最大横摇角
φ_V	稳性消失角
V	排水体积
Φ	中站面(中横剖面)
Q	浮力;流量
P	推力
R	阻力
v_0	航速
η_m	传动效率
η_D	推进效率
η_T	总效率(推进系数)
η_O	水泵效率
η_C	喷水推进的管道系统效率
K_e	推力系数
K_2	扭矩系数
λ	相对进程;波长
N_p	发动机功率
N_e	发动机有效功率
v_j	喷口流速
v_A	进速
Fr	弗劳德数
Fr_v	体积弗劳德数
Fr_h	水深弗劳德数
$k = \frac{v_i}{v_o}$	速比
α	波面角;水线面系数;边界层对进流的影响系数
β	漂角;中横剖面系数;边界层对来流动能的影响系数
δ	方形系数

ω	伴流系数
t	推力减额系数;时间
v_P	河水流速
C	波速
τ	波浪周期
D_T	战术直径
l_1	纵距
l_2	正横距
l_3	反横距
f	阻力系数
R_f	行驶阻力;摩擦阻力
R_i	上坡阻力
R_j	惯性阻力

第一章 两栖车辆概论

§ 1.1 两栖车辆的作用与发展

由于两栖车辆具有“水上快速而隐蔽、陆上机动而灵活、以及在水陆交界处所具有的独特通行性能”等特点,因而无论在民用交通运输方面,还是在军事上都显示出它的相当重要性。在国外民用方面已经使用的领域有:木材运输机械;石油和煤气管道的铺设;地质勘查;船只停泊卸货等等。在旅游、打猎、捕鱼等方面也有用两栖车辆作为陆上和水上通行运输工具的。尤其在军事上,两栖战斗车辆以其“隐蔽性好,突击性强,能在天气不好、波浪较大情况下登陆和下水”的独特威力,显示了其重要的军事价值。在战争史上,突然袭击、出奇致胜的登陆战例,不胜枚举。当前,世界各国都很重视两栖车辆的装备与发展,除专门发展用于登陆作战的车辆以外,在现代战争条件下的各种用途的轻型战斗车辆,大部分都已具备两栖性能。本书把两栖车辆在军事上的用途作为主要内容,民用车辆也可以参考使用。

1.1.1 两栖车辆的作用与分类

众所周知,水障碍阻碍部队前进,这是经常会遇到的,也是影响最为严重的一种障碍。在现代战争条件下,要取得一个战役和战斗的胜利,在某种程度上取决于突然性和军事装备能否迅速克服水障碍。

水障碍在实际战场上的分布密度通常总是多种多样的,有的战场虽然有不少天然的和人工的障碍物,但这些障碍物如果彼此之间的分布距离很大,就不会影响部队的快速行军。但对于有些

障碍来说,如大量的山脉、湖泊、河流和水库等等,就会严重地影响部队的军事行动。水障碍可以用不同的方法来克服,如各种形式的架桥、潜渡或浮渡等。

架桥是军事技术中能迅速通过水障碍的有效的方法,而且在严密组织的情况下,往往能保证大量部队和装备的通过。但是,架桥的准备工作是需要一定时间来保证的,而准备时间又与采用的架桥方式和施工所需要的物资等有关。尤其值得注意的是,架桥作业通常只能在对岸也被我方占领的情况下才能进行。而且当架桥作业一旦开始实施,还必须有现代化的手段保证桥梁处于正常工作状态,显然这又是一项艰巨而复杂的任务,因为检查与维护桥梁往往是在敌人火力威胁之下进行的,因此在实施架桥作业的同时,必须相应采取防空、伪装等一系列综合性防护措施。

克服水障碍的第二种方法是采用车辆自身的涉渡或潜渡。这种方法同样需要有一定的技术安全保障的时间。能否实施涉渡或潜渡不仅取决于车辆本身的技术状态,而且还取决于水障碍的水深、底部土质和水流速度。目前,各种类型车辆装备的涉水深度在(0.6~1.2)m范围内,而且其涉水深度还随水流速度的增加而有所降低。岸边的水深及底部土质对涉渡的可能性有很大影响,尤其是轮式车辆更是如此。因此,只有当水不深、岸边和底部土质坚硬,水流速度不大的水障碍才能组织车辆涉渡。某些主战坦克用潜渡方法能通过大约5m深的水障碍。当然,用潜渡方法通过水障碍是需要更长的准备时间的,对潜渡地点的要求和选择也更加严格,车辆在水下的行驶则需要查明底部土质、水流速度和有无障碍物阻挡等。

克服水障碍的第三种方法是,运用两栖车辆的自身浮渡通过水障碍。坦克和机械化部队运用这种方法,只需要很短的准备时间或不需要准备时间,就能在广阔的战线上,无论任何时间、任何气候条件强行通过水障碍,这是非常有价值的一种方法。特别是在大的水障碍地区,运用不同类型的两栖车辆实施强渡,是当前最为安全有效,也是最为省力的一种方法。因此,目前人们把不需要

进行长时间技术准备的、依靠自身浮渡通过水障碍的轮式或履带式车辆统一称作两栖车辆。

鉴于军事上使用的两栖车辆种类较多,用途各异,其分类一般采用如下几种不同方法:

1. 按水上推进的方式分类

(1) 履带推进

利用陆上行驶所用履带,通过划水产生推力以推进车辆的水上行驶。初期使用的是“部分浸水”的履带推进装置,以后发展为“全部浸水”,但上支回程履带被遮住。由于水上和陆上共用一个推进装置,因此结构非常简单,所以采用履带推进的车辆很多。但其缺点是,推进效率低,获得较高航速所需发动机功率较大,转向及倒车性能较差。

(2) 轮胎推进

利用陆上行驶所用轮胎的转动推进车辆的水上行驶,因此结构非常简单。它的致命弱点是航速不高。

(3) 螺旋桨推进

螺旋桨是由若干桨叶(2叶~6叶)组成,桨叶固定在桨毂上,通过螺旋桨的旋转产生推力,从而推动车辆在水上行驶。转向一般采用航舵,或改变螺旋桨的旋转方向来实现。这种推进方式的效率较高,工作可靠,但螺旋桨暴露在车外,容易损坏。

(4) 喷水推进

利用喷水装置产生的水的动量变化,形成车辆在水上行驶的推力。喷水推进装置由吸水管、泵及喷水管等部件组成。吸水管从自由水流中取水,经管道供给泵,泵的叶轮将发动机的能量传递给水,再通过喷口将水从车后排出。喷水推进具有防护性好;可以在不改变叶轮运转方向的情况下倒车和转向,转向半径小;浅水性能好等优点。因此采用喷水推进方式是现代两栖车辆的最佳选择。但喷水推进只有在高速时才能获得较高效率,因此两栖车辆采用喷水推进时,其效率低于螺旋桨推进,这是它的不足之处。