

# 气动升力式腾空艇

〔苏〕 Н·И·别拉维 著

戈炳崑 译

刘 馨 等校

国防工业出版社

Экраноплан  
〔苏〕Н·И·别拉维  
Судостроение 1967

\*

气动升力式腾空艇

戈炳崑 译

刘 馨 等校

\*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

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

\*

787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张 5<sup>3</sup>/<sub>8</sub> 112 千字 印数：0,001—2,800 册

1974 年 12 月第一版 1974 年 12 月第一次印刷

统一书号：15034·1401 定价：0.46 元

## 译者的话

为了配合我国社会主义革命和社会主义建设的大好形势和适应广大工人、工程技术和科研人员在“抓革命，促生产，促工作，促战备”中对有关腾空艇方面书籍的需要，我们遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导，按英译本翻译出版了《气动升力式腾空艇》这本书，供大家参考。

为了进一步提高水面船舶的航行速度，人们对空气翼的表面效应原理在造船上的应用进行了长期的系统的研究，最近十五年来有了一定的发展。应用表面效应的高速舰船，是靠贴近水表面飞行的空气翼所产生的升力支持其自身的重量，使船体不再同水面接触，而从水中升起、腾空飞行。尽管它的升力是由翼的空气动力产生的，但我们现在仍然把它当作是一种“船”，并称之为“气动升力式腾空艇”，简称腾空艇。

腾空艇航速高(150公里/时以上)、航迹小、空气动力品质优良(升阻比已超出20~25)、比功率较低(已达到70~80马力/吨)，故经济性比任何现有高速水路运输工具都好；此外，这种腾空艇还具有引人注目的两栖性能以及独特的超低空飞行性能。所以，它作为军用快速水面舰艇或跨洋的水路交通工具，是有其发展前途的。当然，腾空艇在发展中，也遇到某些困难。例如，它在表面效应区内及其区外飞行的稳定性问题尚未得到很好地解决，在风浪中的起飞问题还有待进一步研究。现在，人们正为着解决

这些问题而进行广泛的科学实验和理论研究，并且已取得一些进展。

“一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。”我们应当遵循毛主席的伟大教导，对本书的内容批判地吸收其精华部分。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”，为我国造船事业赶超世界先进水平而努力奋斗。

原著在讲述腾空艇发展过程的一些章节里，曾夸大了某些科学家的个人作用，甚至为反动的科学家树碑立传，对此我们作了适当的删改。

关于书中许多错误的地方，我们已作了必要的改正，由于水平所限，译文中可能还有不妥甚至错误的地方，请广大工农兵读者指正。

# 目 录

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 原 序 .....                               | 6   |
| 第一章 翼贴近表面飞行的空气动力基本特性 .....              | 11  |
| § 1. 飞机空气动力学的某些概念 .....                 | 13  |
| § 2. 翼贴近表面飞行的基本空气动力特性 .....             | 30  |
| § 3. 带各种增升装置的翼贴近表面飞行的空气动力<br>某些特性 ..... | 42  |
| 第二章 腾空艇基本设计特点 .....                     | 58  |
| § 4. 最初设计的腾空艇 .....                     | 62  |
| § 5. 第二次世界大战后国外建造的腾空艇 .....             | 70  |
| § 6. 敖德萨海运工程学院的腾空艇结构设计基本特点 .....        | 95  |
| § 7. 已建成的腾空艇在结构上的某些特性 .....             | 100 |
| § 8. 国外腾空艇航行性及航海性的一些特点 .....            | 117 |
| § 9. 腾空艇的操纵性及稳定性问题 .....                | 128 |
| 第三章 腾空艇的经济效率及其展望 .....                  | 141 |
| § 10. 腾空艇在整个运输工具系统中的地位 .....            | 142 |
| § 11. 腾空艇和气垫艇的某些经济技术特性 .....            | 153 |
| § 12. 腾空艇发展前景的某些问题 .....                | 160 |
| 参考文献 .....                              | 168 |

# 气动升力式腾空艇

〔苏〕 Н·И·别拉维 著

戈炳崑 译

刘 馨 等校

国防工业出版社

Экраноплан  
〔苏〕Н·И·别拉维  
Судостроение 1967

\*

气动升力式腾空艇

戈炳崑 译

刘 馨 等校

\*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

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

\*

787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张 5<sup>3</sup>/<sub>8</sub> 112 千字 印数：0,001—2,800 册

1974 年 12 月第一版 1974 年 12 月第一次印刷

统一书号：15034·1401 定价：0.46 元

## 译 者 的 话

为了配合我国社会主义革命和社会主义建设的大好形势和适应广大工人、工程技术和科研人员在“抓革命，促生产，促工作，促战备”中对有关腾空艇方面书籍的需要，我们遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导，按英译本翻译出版了《气动升力式腾空艇》这本书，供大家参考。

为了进一步提高水面船舶的航行速度，人们对空气翼的表面效应原理在造船上的应用进行了长期的系统的研究，最近十五年来有了一定的发展。应用表面效应的高速舰船，是靠贴近水表面飞行的空气翼所产生的升力支持其自身的重量，使船体不再同水面接触，而从水中升起、腾空飞行。尽管它的升力是由翼的空气动力产生的，但我们现在仍然把它当作是一种“船”，并称之为“气动升力式腾空艇”，简称腾空艇。

腾空艇航速高(150公里/时以上)、航迹小、空气动力品质优良(升阻比已超出20~25)、比功率较低(已达到70~80马力/吨)，故经济性比任何现有高速水路运输工具都好；此外，这种腾空艇还具有引人注目的两栖性能以及独特的超低空飞行性能。所以，它作为军用快速水面舰艇或跨洋的水路交通工具，是有其发展前途的。当然，腾空艇在发展中，也遇到某些困难。例如，它在表面效应区内及其区外飞行的稳定性问题尚未得到很好地解决，在风浪中的起飞问题还有待进一步研究。现在，人们正为着解决

这些问题而进行广泛的科学实验和理论研究，并且已取得一些进展。

“一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。”我们应当遵循毛主席的伟大教导，对本书的内容批判地吸收其精华部分。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”，为我国造船事业赶超世界先进水平而努力奋斗。

原著在讲述腾空艇发展过程的一些章节里，曾夸大了某些科学家的个人作用，甚至为反动的科学家树碑立传，对此我们作了适当的删改。

关于书中许多错误的地方，我们已作了必要的改正，由于水平所限，译文中可能还有不妥甚至错误的地方，请广大工农兵读者指正。

# 目 录

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 原 序 .....                               | 6   |
| 第一章 翼贴近表面飞行的空气动力基本特性 .....              | 11  |
| § 1. 飞机空气动力学的某些概念 .....                 | 13  |
| § 2. 翼贴近表面飞行的基本空气动力特性 .....             | 30  |
| § 3. 带各种增升装置的翼贴近表面飞行的空气动力<br>某些特性 ..... | 42  |
| 第二章 腾空艇基本设计特点 .....                     | 58  |
| § 4. 最初设计的腾空艇 .....                     | 62  |
| § 5. 第二次世界大战后国外建造的腾空艇 .....             | 70  |
| § 6. 敖德萨海运工程学院的腾空艇结构设计基本特点 .....        | 95  |
| § 7. 已建成的腾空艇在结构上的某些特性 .....             | 100 |
| § 8. 国外腾空艇航行性及航海性的一些特点 .....            | 117 |
| § 9. 腾空艇的操纵性及稳定性问题 .....                | 128 |
| 第三章 腾空艇的经济效率及其展望 .....                  | 141 |
| § 10. 腾空艇在整个运输工具系统中的地位 .....            | 142 |
| § 11. 腾空艇和气垫艇的某些经济技术特性 .....            | 153 |
| § 12. 腾空艇发展前景的某些问题 .....                | 160 |
| 参考文献 .....                              | 168 |



## 原 序(节译)

现代造船的发展具有几个显著特点。一个是兴建核动力船舶和成批建造排水量超过 15~20 万吨的巨型油轮已无任何困难。

但是,最有代表性的特点,还是在造船中应用水翼、气垫及表面效应,这些新的航行原理。表面效应使得贴近水(或地)表面飞行的机翼升力增大。而决定应用上述最新航行原理的首要原因,则是想提高船舶的航行速度。

早在应用表面效应的有利影响来创制一种特殊的飞艇——腾空艇的想法出现以前,好些国家便开始了系统地研究地面效应现象,其目的是进一步改善飞机起飞和降落的性能。飞机在起飞和降落时,空气动力学工作者和飞行员在他们各自的工作中会碰到强烈的地面效应现象,该地面效应现象是以弹性气垫形式出现在机翼与地面之间的。航空技术文献中曾对此现象作过大量的叙述。也有人尝试过利用表面效应的有利影响,例如,在 1932 年,德国飞行员试飞《多尼尔 Do-X》号重型飞艇时,便利用水面效应使这艘飞艇横渡过(德国的)北海。

但是,表面效应也会引起飞机事故,这在 Б·А·乌沙科夫的文章中<sup>(1)</sup>已经总结过。飞机事故是由于极大的过载而产生的,这时发动机功率仅足以使飞机利用表面效应贴近地面飞行。在飞机爬升至地面效应区外以后,机翼气动品质急剧下降,结果发动机输出功率不足,于是飞机被

迫坠落。这种现象正是二十年代的《格雷特三翼》式重型飞机坠毁和英国《燕子》号飞机着陆性能低劣的原因之一。

我们知道，任何运输工具的改进，总是把速度的提高作为最重要的技术指标之一。所以，各国的许多设计者现在都在努力解决提高运输工具的航行速度问题，那是很自然的事。

大家也知道，水路运输发展最慢。事实上是最近15~20年以来，航空运输的速度提高了3~4倍，火车的速度提高了1.5~2倍，而水路运输的速度只提高了20~25%。因此，近年来，水上运输在客运方面已经大大地丧失了它的重要地位。

远洋交通运输的情景就更令人吃惊，横越大西洋的远程航空班机客运量，现在竟占了总客运量的80%以上，可是在15~20年以前，航空运输只占很小的比例。

为什么水路运输这样落后呢？主要的原因是：欲使普通（排水量）船舶达到一定的航速，则所需用的功率随着速度的增加而迅速增大（该功率可能与速度的三次方、四次方甚至更高次方成正比）。而陆地运输和航空运输在这方面就比船舶优越得多。

那么用什么方法能提高船舶航行的速度呢？

最根本的途径是将船体从水中抬起到比水具有更大易流性的空气中，即使它在密度几乎为水的 $1/800$ 的空气中运行。

我们早就知道将船从水中抬起从而减少其阻力有下列方法：水动力滑行面、水翼、气垫及表面效应。

尽管很早就发现了减少高速船水阻力的上述四种方法，但是，其中只有水动力滑行面方法在造船中得到了日

益广泛的应用。至于发展高速船的其它途径，直到二十世纪四十年代，才仅有了几艘水翼试验艇和对于气垫艇所做的某些令人鼓舞的试验结果，以及几艘腾空试验艇的建造。

在二十世纪五十年代，有些国家在建造高速滑行艇的同时，也开始了建造水翼艇。现在，苏联、瑞士、意大利及其它国家正在成批生产水翼艇。

气垫艇的发展业已获得相当大的成就，有几个国家，特别是英国已取得了一些重要成果，如英国已成批生产 SR-N5 型和 SR-N6 型气垫艇，并在几条定期航线上用于客运。

就“掌握”利用表面效应的有利影响来发展高速船舶的这一途径来看，情况就完全不同了。尽管这种方法应当视为提高船舶航速最基本的方法，但是，由最近发表的报告来看，它还没有超出研究和试制小型试验艇模的阶段。近三十年以来，芬兰、美国、瑞典和日本总计建造了几百艘腾空试验艇。

虽然建造这样的艇有不少困难，但是，外国的腾空艇研制者仍然认为，未来的腾空艇作为远程高速船舶，它的航速和运费可以同航空运输在内的所有运输工具相竞争。

另一方面，即使对腾空艇经济效率的分析已得出令人可喜的研究结果，也决不能误认为腾空艇将来会代替其它各种运输工具。不过，在我们评定腾空艇发展的前景时，不要忘记，它的发展还刚刚开始，目前，我们只考察了它最初阶段的发展情况。正如在 A·Э·莫扎依斯基、莱特兄弟和 A·法曼设计的第一架飞机问世时，还不能够预见到以后会出现图-114 和伊尔-62 这样现代化的飞机一样。目前是很难由小型腾空艇推断出未来的跨洋腾空艇的设计

方案来。

应当指出，本书所要讨论的腾空艇，现在还没有什么通用的分类方法，而且在这一新领域中尚无统一的术语。恐怕，人们连腾空艇被归入飞行器而不认为是船舶这一点都要争执不休。腾空艇基本上毕竟是被设计成在空气中运行的，这将在书中讲到，其中有的不是被设计成从水中起飞，也不是一直在水中航行的。

考虑到腾空艇的上述特性，下面讲到腾空艇时，将经常使用“艇”这一泛指的名称，至于这么叫是否确切，留给最好的裁判员——时间去作鉴定吧。

这本书在讲解上，尤其是关于表面效应空气动力学原理这部分内容，并不力求保持科学上的严密性，这与本书的目的是相符的。

## 第一章 翼贴近表面飞行的空气动力基本特性

在航空发展的最初年代，许多研究者就已经开始研究了在地面附近飞行的机翼空气动力特性。而当人们确信地面效应对机翼空气动力特性的影响很复杂而不能单用理论方法予以解决时，在二十世纪三十年代，便把理论与实验结合起来进行研究。在第二次世界大战后，出现了起飞和降落特性不好的喷气式飞机，为了改进这些飞机起飞和降落的性能，致使研究表面效应的空气动力学发展起来。随着喷气飞行技术的发展，特别是随着有增升作用的水表面效应被用于创制各种腾空艇的发展，使国外近年来对表面效应的空气动力学研究日益增多了。其中大部份是试验报告，而在腾空试验艇建造者的著作中，还公布了一些已建成的腾空艇试验数据。

腾空艇的特点之一，就是它可具有极其多变的运动方式——陆地上行驶、水上漂浮和滑行以及空中飞翔。腾空艇具有的运动方式如此多变，那么，单是由于作用在该艇上的力的变化规律互不相同，就使研究它的试验足够复杂。而研究由一种运动方式变到另一种运动方式的过渡过程，就更加复杂。与此有关的是，甚至同样的艇与艇的单独部件(翼、起飞系统、操纵机构等)，其上述特性的试验研究方法，也是极为不同的。

风洞试验现在被广泛用于研究翼贴近表面运动的空气

动力特性。用一块固定不动的板模拟地面，或是用对称布置的第二块翼(或整个艇模)模拟，这就是所谓的映象法，映象法的提出者是 L·普朗特。也有人曾试着用可移动表面模拟地面。表面效应问题，还采用在水池中拖曳艇模的方法加以研究。

1963 年，H·韦兰为了研究腾空艇的稳定性，提出了在导轨上弹射起飞的模型试验方法。在该试验中，导轨上用人工造出阵风，而由装在导轨底部的波型齿板架模拟海浪，以便研究腾空艇在复杂的水文气象条件下的稳定性问题。英国的科林公司还成功地用无线电操纵模型研究了腾空艇的稳定性与操纵性。

借助特殊装备的汽艇拖曳模型进行研究，也是国外经常使用的试验方法(洛克希德飞机公司，见图 1)。

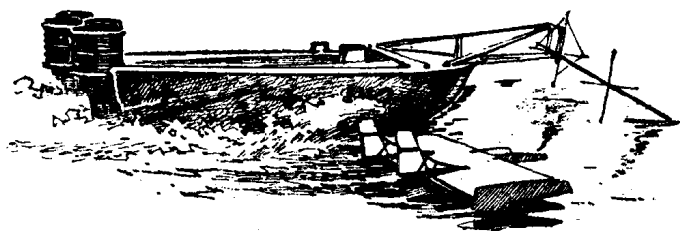


图 1 借助拖艇试验腾空艇模型(洛克希德飞机公司)

一些人(如韦兰)认为，诸如适航性、稳定性、操纵性及起飞装置效率等这些非常重要的腾空艇特性，用粗略的模型试验方法加以研究不够准确，只有利用有人驾驶的自航艇模才是可靠的。国外建造这类腾空艇仅有下列两个实例。一只是在 1963 年建造的自航艇模《小型韦兰飞艇》，另