

海浪理論講義

H. Л. 羅烈著

大連工學院水道及港口研究生譯

高等教育出版社



海 浪 理 論 講 義

Н. Я. 罗烈 著

大連工学院水道及港口研究生譯

高 等 教 育 出 版 社

本書是苏联專家技術科學副博士羅烈 (Н. Л. Роле) 副教授 1954 年在大連工學院工作期間，為該院水道及港口研究班授課時所編寫的講義 (“Теория морских волн”)，由該班研究生集體譯出。

本書內容分三個部分：首先在波浪運動方面，對波浪之形成、研究波浪的方法以及近代波浪的理論作了敘述，同時介紹了實用的計算方法與基本公式，並附有例題；其次，敘述了波浪對泥沙運動的作用；最後是關於波浪觀測與一些近代儀器的簡單介紹。因之本書可供作高等學校水道與海港專業的主要教學參考書，亦可供從事筑港工程技術人員和水利工程人員參考之用。

原稿中某些簡略之處，經譯者根據所聽專家課時所記的筆記予以補充，有些地方也由譯者在譯文中附加了“譯者註”。

參加本書翻譯工作的有以下諸同志：任佐皋、何雋陵、李學聰、邱 駒、姜 政、范自明、高世鈺、席與燾、陳國祝、過 達、蔣惠民、顧家龍等十二人。

海 浪 理 論 講 義

H. Л. 羅 烈 著

大連工學院水道及港口研究生譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

京華印書局印刷 新華書店總經售

統一書號 15010·283 開本 850×1168 $1/32$ 印張 6 $5/16$ 字數 149,000

一九五六年十二月北京第一版

一九五六年十二月北京第一次印刷

印數 0001—2,000 定價 (10) 洋 0.95

(內部發行)

目 录

第一章 緒論	7
§ 1. 本課程对筑港工程師的意义	7
§ 2. 波浪的分类	8
§ 3. 波浪的基本要素及其代表符号	9
§ 4. 在學習波浪运动时必须研究的一些問題	10
§ 5. 关于波浪理論發展历史的簡略介紹	11
第二章 水动力学的基本概念	17
§ 6. 研究液体运动的两种方法	17
§ 7. 笛卡尔坐标系中欧拉度数的連續方程式	22
§ 8. 笛卡尔坐标系中拉格郎日变数的連續方程式	24
§ 9. 欧拉的理想液体运动方程式	27
§ 10. 拉格郎日的理想液体运动方程式	29
第三章 关于風成波的一般概念	33
§ 11. 風成波發生的原因	33
§ 12. 風成波扩展的特性	34
§ 13. 影响波浪的因素	36
§ 14. 決定波高和波長的經驗公式	37
§ 15. 海浪要素的一些实測資料	41
第四章 势波(波高很小的波)理論	42
§ 16. 問題的一般提法•基本方程式•边界和初始条件	42
§ 17. 推进波	49
§ 18. 波的干涉(立波)	63
§ 19. 羣波速度	75
§ 20. 波的能量	81
第五章 有限振幅推进波的理論	85
§ 21. 余摆綫波(余波)的理論	85

§ 22. 有限振幅的立波理論.....	114
§ 23. 关于决定破碎波波压力的簡要概念.....	129
§ 24. 关于波浪作用在斜坡結構物上計算的概述.....	135
§ 25. 在計算受波浪作用的防护建筑物时应考慮的問題.....	140
§ 26. 作用在建筑物上之波浪荷載的决定.....	143
第六章 波浪对泥沙运动的作用	161
§ 27. 海中泥沙的基本特性.....	161
§ 28. 悬移質泥沙的运动.....	163
§ 29. 半悬移質和推移質的泥沙运动.....	166
§ 30. 海底流移質泥沙的簡短介紹.....	173
§ 31. 岸蝕理論.....	173
第七章 波浪的觀測和研究.....	186
§ 32. 波浪的野外觀測.....	186
§ 33. 实驗室的波浪研究.....	199
中俄技术名詞对照表	200
中俄人名对照表	202



海 浪 理 論 講 義

H. J. 罗 烈 著
大連工学院水道及港口研究生譯

高 等 教 育 出 版 社

本書是苏联專家技術科學副博士羅烈 (Н. Л. Роле) 副教授 1954 年在大连工学院工作期間，為該院水道及港口研究班授課時所編寫的講義 (“Теория морских волн”)，由該班研究生集體譯出。

本書內容分三個部分：首先在波浪運動方面，對波浪之形成、研究波浪的方法以及近代波浪的理論作了敘述，同時介紹了實用的計算方法與基本公式，並附有例題；其次，敘述了波浪對泥沙運動的作用；最後是關於波浪觀測與一些近代儀器的簡單介紹。因之本書可供作高等學校水道與海港專業的主要教學參考書，亦可供從事筑港工程技術人員和水利工程人員參考之用。

原稿中某些簡略之處，經譯者根據听專家課時所記的筆記予以補充，有些地方也由譯者在譯文中附加了“譯者註”。

參加本書翻譯工作的有以下諸同志：任佐皋、何雋陵、李學聰、邱 駒、姜 政、范自明、高世鈺、席與燾、陳國祝、過 達、蔣惠民、顧家龍等十二人。

海 浪 理 論 講 義

H. Л. 羅 烈 著

大连工学院水道及港口研究生譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇五四號)

京華印書局印刷 新華書店總經售

統一書號 15010·283 開本 850×1168 $1/32$ 印張 6 $5/16$ 字數 149,000

一九五六年十二月北京第一版

一九五六年十二月北京第一次印刷

印數 0001—2,000 定價 (10) 羊 0.95

(內部發行)

序

这本“海浪理論”是已故苏联專家 H. Л. 罗烈同志的遺著。这本遺著对我們来講是帶有創造性的，在它以前国内是未曾有过这样系統完整的教材的。在他写这一册講义的时候，曾花費了巨大的劳动。他丰富、系統、严整、清晰地表达了这一門新的科学——“海浪理論”的成就。这样先进的理論对“水道港口”事業的教学，科学研究工作，以及有关国家的經濟建設，都具有極其重大的意义。

H. Л. 罗烈專家永远离开了我們。但是这本輝煌的著作是永远流傳在爱好这門科学的人們中間、同时，借着它会引起我們对这位热心辛勤帮助我們的苏联專家 H. Л. 罗烈同志致無限的崇敬与感念。

侯穆堂 于大連工学院

1956, 7, 20.



目 录

第一章 緒論	7
§ 1. 本課程对筑港工程師的意义	7
§ 2. 波浪的分类	8
§ 3. 波浪的基本要素及其代表符号	9
§ 4. 在學習波浪运动时必须研究的一些問題	10
§ 5. 关于波浪理論發展历史的簡略介紹	11
第二章 水动力学的基本概念	17
§ 6. 研究液体运动的两种方法	17
§ 7. 笛卡尔坐标系中欧拉度数的連續方程式	22
§ 8. 笛卡尔坐标系中拉格郎日变数的連續方程式	24
§ 9. 欧拉的理想液体运动方程式	27
§ 10. 拉格郎日的理想液体运动方程式	29
第三章 关于風成波的一般概念	33
§ 11. 風成波發生的原因	33
§ 12. 風成波扩展的特性	34
§ 13. 影响波浪的因素	36
§ 14. 決定波高和波長的經驗公式	37
§ 15. 海浪要素的一些实測資料	41
第四章 势波(波高很小的波)理論	42
§ 16. 問題的一般提法•基本方程式•边界和初始条件	42
§ 17. 推进波	49
§ 18. 波的干涉(立波)	63
§ 19. 羣波速度	75
§ 20. 波的能量	81
第五章 有限振幅推进波的理論	85
§ 21. 余摆綫波(余波)的理論	85

§ 22. 有限振幅的立波理論.....	114
§ 23. 关于决定破碎波波压力的簡要概念.....	129
§ 24. 关于波浪作用在斜坡結構物上計算的概述.....	135
§ 25. 在計算受波浪作用的防护建筑物时应考慮的問題.....	140
§ 26. 作用在建筑物上之波浪荷載的决定.....	143
第六章 波浪对泥沙运动的作用	161
§ 27. 海中泥沙的基本特性.....	161
§ 28. 悬移質泥沙的运动.....	163
§ 29. 半悬移質和推移質的泥沙运动.....	166
§ 30. 海底流移質泥沙的簡短介紹.....	173
§ 31. 岸蝕理論.....	173
第七章 波浪的觀測和研究.....	186
§ 32. 波浪的野外觀測.....	186
§ 33. 实驗室的波浪研究.....	199
中俄技术名詞对照表	200
中俄人名对照表	202

第一章 緒論

§ 1. 本課程对筑港工程師的意義

波動現象存在于自然界中是各种各样的。在本課程中，我們仅研究波浪沿液体表面傳播的問題，并且該波浪是在風力作用下，發生在自由水面上。

水質点振动运动的發生和傳播叫做波浪。波浪發生在各种不同的水面上，而不管这些水面的起源、大小、地域如何。例如：海洋、湖泊或水庫等。波浪的起源、大小、等級也是各种各样的。

波浪現象在国民經濟的許多部門中有着重大的意义，特别是对于造船業、航运業的建筑及經營管理方面。

为了正确地計算船体局部的和整体的坚固性、可浮性、稳定性及各种受波浪作用的工程建筑物的强度，必須研究波浪运动。

如果对港区內的波浪情况沒有相当的認識，要合理地設計和建造基本的港工建筑物（即防波堤、突堤及通向海港和湖港的航道），是不可能的。如果主要强風方向計算得不正确，就会把港的口門佈置錯誤，因而不能防止港內水面的波动。当波浪的大小計算得不正确时，防护建筑物就会被建造得不够坚固，因而当暴風浪时使它們遭到損坏（例如：阿尔及利亞的摩斯达夫防波堤在1934年2月2—3日的暴風时遭到破坏，其計算波高 $2h=5.0$ 公尺，而实际觀察波高 $2h=9.0$ 公尺）。

在海港和湖港的技术管理上，波浪妨碍了停泊处的作業，特别是妨碍了轉运、裝卸作業及船只的入港、出港。

波浪引起防护建筑物的破坏，引起入港航道的淤积，使潛深工

作中斷。波浪在某種情況下導致岸的生長，但在另一種情況下則使岸受到沖毀。在被沖刷的沿岸地區內的各種建築物因此損毀，使國家經濟遭受嚴重的損失。

在海岸遭到劇烈的沖刷的條件下，必須建造各種型式的護岸建築物，因此，需要巨大的投資及日後為使該建築物保持正常工作所需的修理費用。

由上所述，顯然可見波浪運動理論的巨大意義，特別是對於那些必須設計、建築和管理港工建築物的筑港工程師。

§ 2. 波浪的分類

在液體中發生和傳播的波浪可分類如下：

1. 按(主要的)作用力可分：

- a) 重力波(重力)；
- б) 表面張力波(表面張力)；
- в) 潮汐波；
- г) 摩擦波。

2. 按(直接的)發生原因可分：

- a) 地震波；
- б) 風成波；
- в) 航行波。

3. 按冲击力作用的連續性可分：

- a) 強迫波(受到連續干擾力的作用)；
- б) 自由波(在慣性力的作用下)。

4. 按液體波動時質點移動的性質可分：

- a) 推進波(前進波)——質點沿着封閉的軌道運動；
- б) 移動波——質點除了沿着封閉的軌道運動外，還有前進的移動；

- Б)立波——二組波浪重合的結果。
5. 按在液体里波动傳播的深度可分：
- а)表面波；
 - б)內波。
6. 按波动傳播的性質可分：
- а)二向波(平面的)；
 - б)三向波(立体的)。
7. 按波浪的几何尺寸可分：
- а)短波；
 - б)長波。
8. 按波浪的重复性可分：
- а)單波(洪水波)；
 - б)周期波(風成波)。

§ 3. 波浪的基本要素及其代表符号

当研究波浪現象时,首先必須了解波浪的基本要素,建立正确的術語,并給以一定的符号代表它們。

在研究二向波时,我們称：

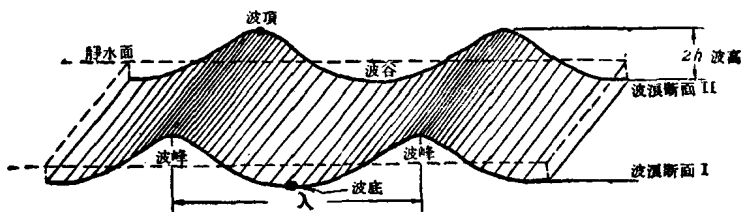


圖 1

波峯——在靜水面以上的波浪部分。

波谷——在靜水面以下的波浪部分。

波頂——波峯的最高点。

波底——波谷的最低点。

波高——波頂与波底間的垂直距离。

波長——二相鄰波頂間的水平距离。

波浪之陡度——波高与半波長之比。

波浪之周期——二前后相鄰之波頂經過同一准綫所間隔之時間。

推进波之移动速度——波長对波浪周期之比值。

波浪中綫——等分波高之水平綫，此綫通常在靜水面以上。

在以后的敘述里面，我們將遵守下列代表符号：

波長—— $\lambda(L)$;

波高—— $2h$;

水深—— H ;

波浪之周期—— τ ;

推进波之傳播速度—— C ;

水質点沿軌跡运动的速度—— v ;

質点之全速度—— u ;

波浪中綫和靜水面間之距离—— $\zeta_0(h_0)$

采用坐标軸 x 和 z :(特別另行規定者例外。)

坐标軸 x 水平地放在靜水面上;

坐标軸 z 垂直向下。

波浪表面的垂直坐标—— ζ

§ 4. 在學習波浪运动时必须研究的一些問題

在研究海浪时，我們碰見一系列的問題，主要的問題有：

1. 水面上波浪發生的原因;
2. 波浪發生、發展和消灭的特性;
3. 建立影响波浪要素的各个因素間的关系;

4. 建立波浪运动的規律——尋求在波浪要素和波浪移动速度間的数学关系; 研究个别水質点在不同水深中的速度和軌跡; 尋求液体波动时內部压力分布的規律; 研究波浪破坏的原因和特性;

5. 研究在自然界中如何从岸上或从船上观察和测量波浪各个要素的方法;

6. 波浪現象的模型定律和方法, 及为此而采用的仪器設備;

7. 波浪对建筑物和岸边的作用。

§ 5. 关于波浪理論發展历史的簡略介紹

研究波浪現象通常有三种方法:

1. 理論方法: 是决定波浪各要素間的数学关系, 并在物理学和力学的一般定律的基础上决定各質点运动規律的数学关系;

2. 在自然界中直接观察的方法;

3. 实验方法: 按較自然界为小的比例, 在实验室中用人工产生波浪現象, 并采用專門的測量仪器来研究它。

显然, 只有完全利用这三种方法, 才能够全面地說明波浪現象。

但是, 直到二十世紀初期仅仅理論方法發展起来了, 很多数学家从事波浪理論的研究, 并且大大的發展了这一科学部門。他們研究的是理想液体, 采用的波高为無限小并作了其他的假設。

这些假設把波浪現象理想化了, 和实际所观察的波浪并不十分符合, 是不能够相信它是符合于实际液体中的波浪現象。

波浪現象的理論研究、实地观察和在人为的波浪条件下进行的实验研究, 是波浪理論逐步發展的几个历史阶段; 这些理論建立了波浪要素、液体深度、波速的大小方向以及液体內任何一点压力之間的关系。

我們在上面談到的研究波浪运动的理論方法，因其不是建筑在研究波浪实际情况的基础上，致使理論和实际观察的波浪現象有根本的差別而發生錯誤，这些理論未获采用且被遺忘了。

在較后阶段中，理論的研究是以观察和实验为基础，又到实践中去校对。由于理論和实践結合的結果，产生了新的波浪运动理論，这新理論能够近似地符合实际問題。

在这里不再叙述研究波浪理論的历史，而来談談在計算实践中所采用的一些著作。

由于船只摆动的問題，俄罗斯科学院院士伯努利研究了波浪运动。

按伯努利的研究，波浪表面决定于方程式：

$$Z = 2hs \sin \frac{2\pi t}{\tau} \sin \frac{2\pi x}{\lambda}. \quad (1)$$

这說明了波浪表面是一正弦曲綫的形狀。

他認為液体之質点只沿着固定的垂直綫作上下的振动，在假設液体是不能被压缩时，这种解釋是与液体連續性条件相抵触的。

拉伯拉斯于專心研究波浪表面为正弦曲綫后，考虑了振幅是随着深度的增加而減小，他得到液体質点运动的軌跡为橢圓形以及由波長决定波浪周期的关系。

拉格郎日解决了推进波的問題，在其著作中他采用速度为未知量，这些速度在直角坐标軸上之投影为 u, v 与 w ，同时把某函数（是 x, y, z 的函数）对于 x, y 与 z 的偏导数用来代替 u, v, w 各值，此函数在現時称为速度势函数。

拉格郎日曾証明：当运动是从靜止状态开始或者当运动之原来速度甚小而可以忽略速度之平方和乘积时，这个势是存在的，此时作用外力本身就具有势。

拉格郎日还得到明渠中波的傳播公式：