

材料力学史

〔美〕S. P. 铁木生可 著

上海科学技术出版社



71.22104
698

材料力学史

〔美〕S. P. 铁木生可 著
常 振 猷 译

24566/18

上海科学技术出版社



內 容 提 要

本书叙述材料力学从伽利略时代(1564~1642)开始到1950年为止的全面发展过程。作者将这門科学的发展按年代先后分成几个时期,在每一个时期中把一些杰出的科学家和工程师們的主要贡献与他們的简单傳記結合起来一并介绍。其中还包括与材料力学有密切联系的彈性理論和結構理論的部分历史。

本书系作者为学习工程力学的学生們編写的,供他們在学完材料力学和結構理論方面一些必修課程以后,愿作进一步深入研究时参考之用。对于讲授力学和从事科学研究的人們也是一本重要的参考书。

材 料 力 学 史

HISTORY OF STRENGTH OF MATERIALS

原著者 (美) Stephen P. Timoshenko

原出版者 McGraw-Hill Publishing Co. 1953

譯 者 常 振 機

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业許可証出093号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

商务印书館上海厂印刷

开本 787×1092 1/18 印張 21 14/18 字數 429,000

1961年9月第1版 1961年9月第1次印刷

印數 1—4,500

統一書号: 15119·1624

定 价: (十四) 3.00 元

序

本书是根据我二十五年来在工程力学这门课程中对学过材料力学和结构理论的同学們讲授材料力学史的讲稿编写出来的。本书在准备付印期内,照原来的讲稿又加入了許多材料,但对于这一课程的基本性质仍保留不变。我编写本书的主要愿望是想帮助那些学过材料力学的同学們对这一课程能作更深入的研究,并了解一些材料力学的发展历史。为此,我在本书中不打算作出弹性力学的索引,从而对这一课程编出一个完整的文献目录。象这样的目录是可以从现存的一些书籍里面找到的,例如塔德亨特(Todhunter)和庇尔逊(Pearson)合著的“弹性力学与材料力学史”(A History of the Elasticity and Strength of Materials)以及克莱恩(F. Klein)和茂勒(C. Müller)合编的“数学知识百科全书”(Encyklopädie der Mathematischen Wissenschaften)第四卷等等。

我却想仿照圣维南(Saint-Venant)的“简史”(Historique Abrégé)^[1]的先例,在无須进行过分详细的叙述而能给予广大讀者对这门科学发展的主要阶段有一个历史的回顾。要做到这点,我认为在本书中要包括一些本学科中最著名的学者的简史,并且讨论材料力学的发展对各国的工程教育情况以及工业发展上的关系。例如铁道交通的发展以及采用钢铁作为建筑材料都给我们带来和结构物强度有关的許多新问题,同时也对材料力学的发展有很大的影响,这是毋庸置疑的。至于对现代内燃机和轻型飞机结构的发展,当然也具有同样的影响。

讨论材料力学的发展,如果不提到和它相关的一些科学,如弹性理论和结构理论的发展,是不够完善的。由于这些科学的发展与材料力学相互間有着密切关連,所以在本书中必須包括它們的历史中的某些部分。为此,我从弹性理论的历史里面摘引了与材料力学发展有密切关連的部分而略去一切有关该学科純理论和数学上发展的材料。同样,关于结构理论的发展方面,凡只着重于技术上的各部分都没有包括在本书内。

在本书中,我是依照年代的先后来叙述的,而且把这門学科的历史分成几个时

[1] 即圣维南在增订纳维埃(Navier)所著“课程总结”(Résumé des Leçons)一书时加进去的历史介绍。

期。在每个时期中都討論了該时期內材料力学和与它相关学科的发展。但也沒有严格遵守这种次序,在討論个别学者的某些成就时,我觉得把他們的全部著作放在一起介绍是更为适合的,虽然有些著作并不属于所討論的这个时期以內。

在編写本书时,現已出版的一些关于科学历史的书籍对我是有很多帮助的。除了上面讲到的一些书籍以外,我手边还有納維埃 (Navier) 著的“課程总结”(Résumé des Leçons) 第三版,該书由圣維南增訂并包括他本人所著的“簡史”在內,还有他的許多研究报告,这些都是具有很大历史价值的。我也参考了圣維南从克列布希 (Clebsch) 的书中譯出关于彈性力学的譯本,該书本身便包括了早期彈性力学的历史。在傳記里面我觉得下列一些是非常有用的:馬立 (M. Marie) 著“数学与物理科学历史”(Histoire des Sciences Mathématiques et Physiques),魯日曼 (M. Rühlmann) 著“工程力学史”(Geschichte der Technischen Mechanik),英国的一些傳記以及弗兰西斯·阿拉果 (François Arago) 和約瑟夫·伯特朗德 (Joseph Bertrand) 合著的“学会頌詞”(Éloges Académiques) 文集。为了評論較新的著作物,必須查閱用各国文字出版的許多期刊。这就得化去很多的时间,但作者觉得如果他的工作能够节省其他学者对材料力学作历史研究时所費的精力,就完全能够得到补偿了。

我要感謝斯丹福 (Stanford) 大学的一些同事們——感謝尼尔斯 (A. S. Niles) 教授,他对于处理桁架的早期历史和超靜定桁架的馬克斯威尔-摩尔法 (Maxwell-Mohr's method) 这两部分的手稿提出批評;同时感謝楊 (D. H. Young) 教授,在編写手稿时他对我提供了很多积极的建議。我也异常感謝皮沙普 (R. E. D. Bishop) 博士,他将手稿全部审閱了一次并且提出了許多重要的意見,最后还要感謝我們的研究生詹姆士·吉尔 (James Gere),承他給本书核对校样。

S. P. 鉄木生可,

斯丹福大学,加利福尼亚

1952年12月

鉄木生可著作在我国已有下列一些譯本:

- (1) 江可宗譯 “鉄氏工程力学”(Engineering Mechanics);
- (2) 王德榮譯 “結構学原理”(Theory of Structures);
- (3) 王德榮譯 “材料力学”(Strength of Materials);
- (4) 徐芝綸等譯 “彈性力学”(Theory of Elasticity);
- (5) 王俊奎譯 “板与薄壳学”(Theory of Plates and Shells)。

02200

目 录

序

緒論	1
----------	---

第一章 十七世紀中的材料力学	7
----------------------	---

1. 加利略	7
2. 加利略在材料力学上的貢獻	10
3. 国立科学院的組織	14
4. 虎克	15
5. 馬里沃特	18

第二章 彈性曲綫	22
----------------	----

6. 数学家伯諾里	22
7. 欧拉	24
8. 欧拉在材料力学上的成就	26
9. 拉格朗日	31

第三章 十八世紀中的材料力学	35
----------------------	----

10. 材料力学在工程上的应用	35
11. 拔侖特	37
12. 庫侖	40
13. 十八世紀中建筑材料力学性能的实验研究	46
14. 十八世紀中的擋土牆理論	51
15. 十八世紀中拱的理論	53

第四章 1800~1833 年間的材料力学	57
-----------------------------	----

16. 法国工业学院	57
17. 納維埃	60
18. 納維埃在材料力学方面的著作	62
19. 1800~1833 年間法国工程师的实验性研究	67
20. 1800~1833 年間拱与悬索桥的理論	70
21. 彭西列特	73
22. 湯姆士·楊	75
23. 1800~1833 年間英国的材料力学	82

24. 欧洲其他著名学者在材料力学上的贡献	84
第五章 数理弹性理论的开端	87
25. 弹性理论中的平衡方程	87
26. 柯西	90
27. 泊松	92
28. 拉梅和克莱佩朗	95
29. 板的理论	99
第六章 1833~1867 年间的材料力学	102
30. 费儿班恩和霍芝肯逊	102
31. 德国工程学校的成长	107
32. 圣维南对梁的弯曲理论的贡献	112
33. 儒拉夫斯基对梁内剪应力的分析	116
34. 连续梁	118
35. 布累塞	121
36. 尹克勒	125
第七章 铁道工程发展时期的材料力学	129
37. 箱形管桥	129
38. 金属疲劳的早期研究	134
39. 沃勒的功绩	137
40. 动载荷	142
41. 冲击	146
42. 早期的桁架理论	148
43. 库尔曼	157
44. 朗肯	162
45. 马克斯威尔在结构理论上的贡献	166
46. 弹性稳定问题压杆公式	171
47. 1833~1867 年间挡土墙和拱的理论	173
第八章 1833~1867 年间的数理弹性理论	178
48. 物理弹性力学与“弹性常数的论战”	178
49. 剑桥大学在弹性力学上的早期成就	183
50. 斯托克斯	186
50a. 圣维南	189
51. 半反求法	193
52. 圣维南的后期成就	197
53. 杜哈美尔和菲里普斯	200
54. 纽曼	203
55. 克希霍夫	208

56. 克列布希	211
57. 克尔文	215
58. 馬克斯威尔	221
第九章 1867~1900 年间的材料力学	228
59. 材料試驗所	228
60. 摩尔的功績	234
61. 应变能与卡斯提安諾定理	238
62. 彈性稳定問題	242
63. 虎勃	247
第十章 1867~1900 年间的結構理論	251
64. 靜定桁架	251
65. 桁架的变位	256
66. 超靜定桁架	261
67. 拱与擋土牆	266
第十一章 1867~1900 年间的彈性理論	271
68. 圣維南的学生們的成就	271
69. 雷萊	276
70. 1867~1900 年間英国的彈性理論	281
71. 1867~1900 年間德国的彈性理論	285
71a. 1867~1900 年間二維問題的解法	290
第十二章 二十世紀中材料力学的进展	293
72. 材料在彈性极限內的性能	294
73. 脆性材料的断裂	296
74. 延性材料的試驗	300
75. 强度理論	305
76. 高溫下金属的蠕变	308
77. 金属的疲劳	312
78. 实验应力分析	318
第十三章 1900~1950 年间的彈性理論	322
79. 克萊恩	322
80. 普兰道尔	324
81. 解彈性問題的近似法	328
82. 彈性的三維問題	332
83. 彈性的二維問題	335
84. 板与壳的弯曲	338
85. 彈性稳定	342

86. 振动与冲击	346
第十四章 1900~1950 年間的結構理論	350
87. 求解超靜定系統的新方法	350
88. 拱与悬索桥	353
89. 鐵路軌道应力	357
90. 船舰結構理論	360
人名索引	365
中英名詞对照	374

緒 論

从古代人类开始建筑房屋的时候起，人們早就觉察到有必要获得有关建筑材料强度的知識，以便作出决定构件安全尺寸的法則。无疑地，埃及人民是有过一些这类經驗法則的，因为沒有这些經驗法則，他們就不可能建立起偉大的紀念碑、庙宇、金字塔以及方尖塔，其中有些还一直留存到現在。希腊人将建筑技术更向前推进。他們发展了靜力学，它是材料力学的基础。阿基米德 (Archimedes, 紀元前

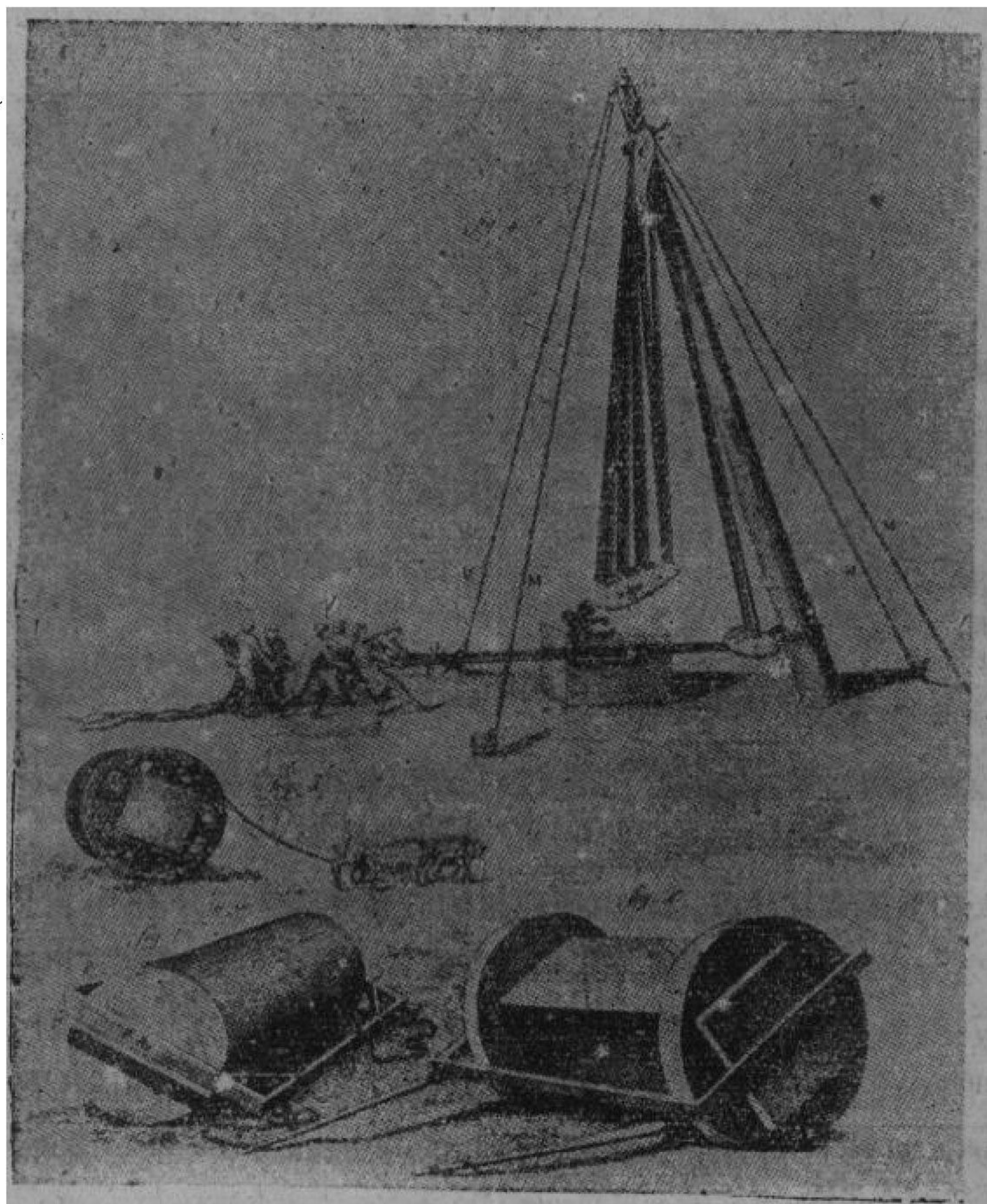


图 1~4 上面是羅馬人所用的起重机具的形状
下面是希腊人搬运柱子的方法

287~212)作出杠杆平衡条件的严格証明,并且概述了物体重心的求法。他把他的理論应用到各种起重机具的构造上。图1~3所示便是希腊人用来搬运依芬修斯(Ephesus)的底安納(Diana)神庙的柱子和下楣(Architraves)的方法。

羅馬人是偉大的建筑师。他們不仅有些紀念碑和庙宇,而且还有道路、桥梁和堡垒一直保留到如今。从菲特卢菲斯(Vitruvius)^[1]——他是奥古斯丁(Augustus)王朝羅馬的一个著名建筑工程师——的著作里,我們了解到一些这种建筑物的营造方法。在該书里叙述了这些建筑物所用的建筑材料和构造形式。图4中表示羅馬人用来举起笨重石块的一种起重机。羅馬人經常在建筑物中采用拱形。图5表示法国南部著名的迦德(Pont du Gard)拱桥。这个桥到現在还在使用。羅馬时代的拱和現代的拱就其各部分尺寸比較^[2]起来,現代的拱已輕巧多了。当时的羅馬人还没有应力分析的便利方法。他們不知道怎样选择适当的形式,一貫只采用着跨度比較小的半圓拱。

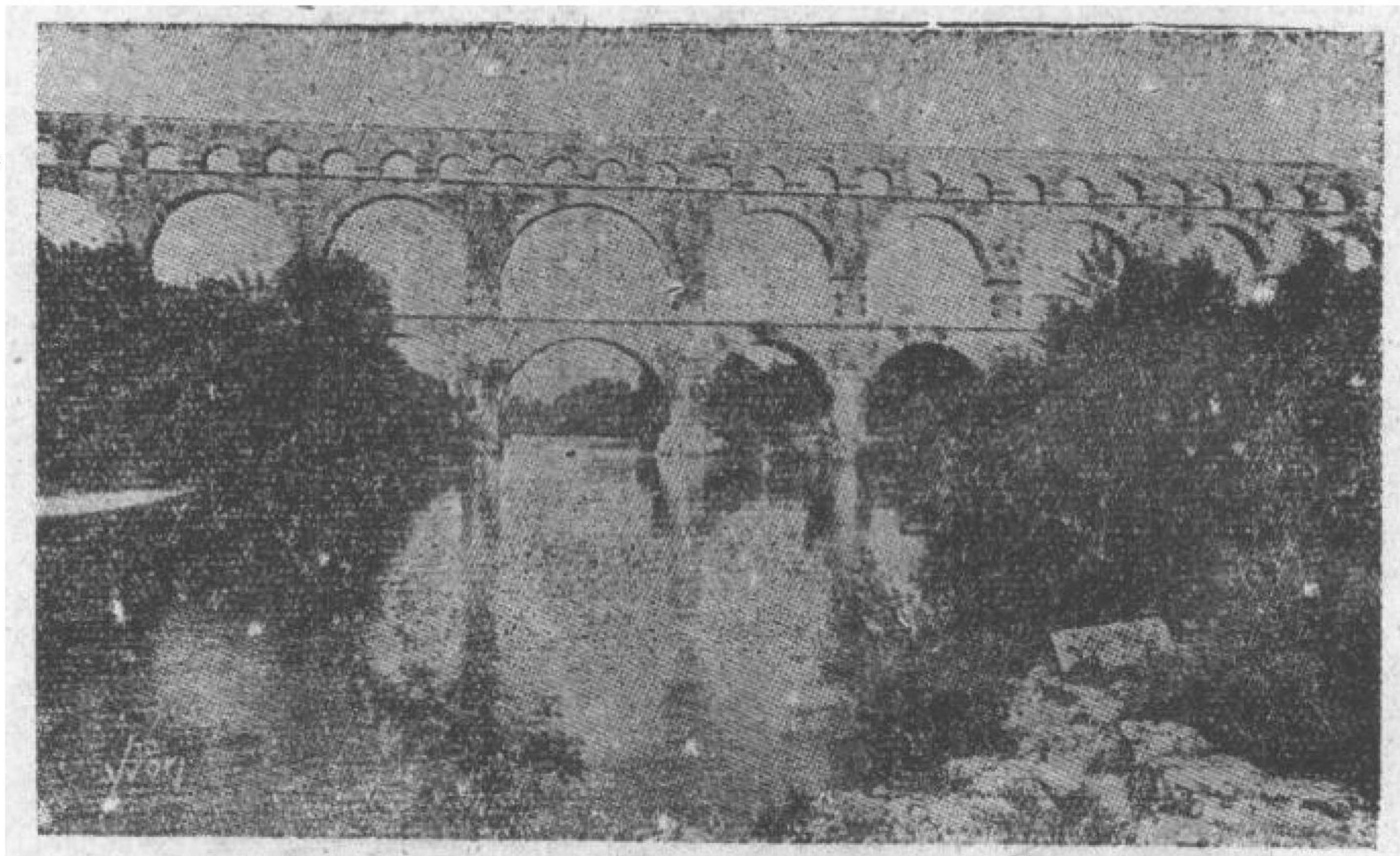


图 5 著名的迦德拱桥

希腊人和羅馬人在建筑工程中所积累的許多知識大部分在中古时代都已失傳,直到文艺复兴时期才开始恢复起来。当著名的意大利建筑师方坦納(Fontana, 1543~1607)受教皇雪克斯特斯第五(Sixtus V)的命令建立起梵蒂岡(Vatican)的方尖塔时(图6),这一工程引起了欧洲工程界广泛的注意。可是我們知道在此儿

[1] 菲特卢菲斯(Vitruvius)著:“建筑学”(Architecture)由德彪尔(De Bioul)譯成法文,于1316年在布魯塞尔(Brussels)出版。

[2] 关于这一比較,可參看列吉尔(A. Leger)所著:“羅馬宮殿的偉大成就”(Les Travaux Publics aux temps des Romains)第136頁,1875,巴黎。

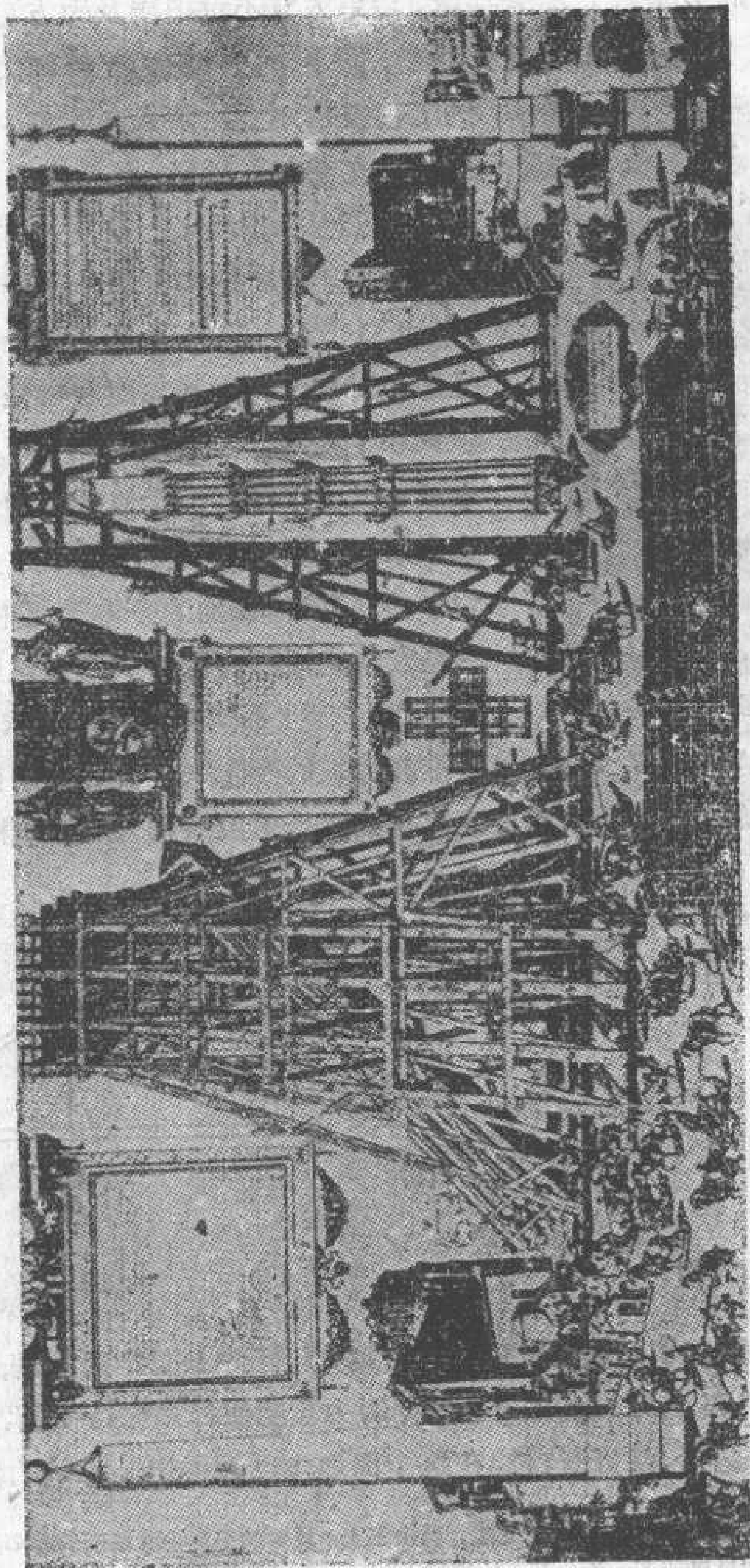


图 6 梵蒂冈方尖塔的建立

千年以前,埃及人从仙恩(Syene)的石坑凿取石料經由尼罗河上运来石料后已經建造起好几个这样的方尖塔了。老实說,羅馬人只不过把埃及的方尖塔从其旧址运到羅馬將它們建立起来而已。这样看来,似乎十六世紀的工程师們对于这种艰巨的工程技术不会比前人高明多少。



图 7 里奧納多·达·芬奇

在文艺复兴时期,科学事业有了轉机。在建筑和工程上出現了一些技术首要人物。在那个时期內,里奧納多·达·芬奇(Leonardo da Vinci, 1452~1519)是最杰出的一个。他不仅是那个时期的艺术家,而且也是一位偉大的科学家和工程师。他沒有写书,可是在他的筆記本里面发现了許多关于他对科学上各个部門中偉大发明的資料^[1]。里奧納多·达·芬奇对于力学特具兴趣,在他的一本筆記中,曾写道:“力学是数学的乐园,因为我們在这里获得了数学的果实”。达·芬奇应用力矩法求得图 8a 及 8b

所示的那些問題的正确解。他应用虚位移原理的概念来分析各种用在起重机具上的滑輪和杠杆系統。似乎达·芬奇已經有了拱产生出橫推力的正确概念。在他的

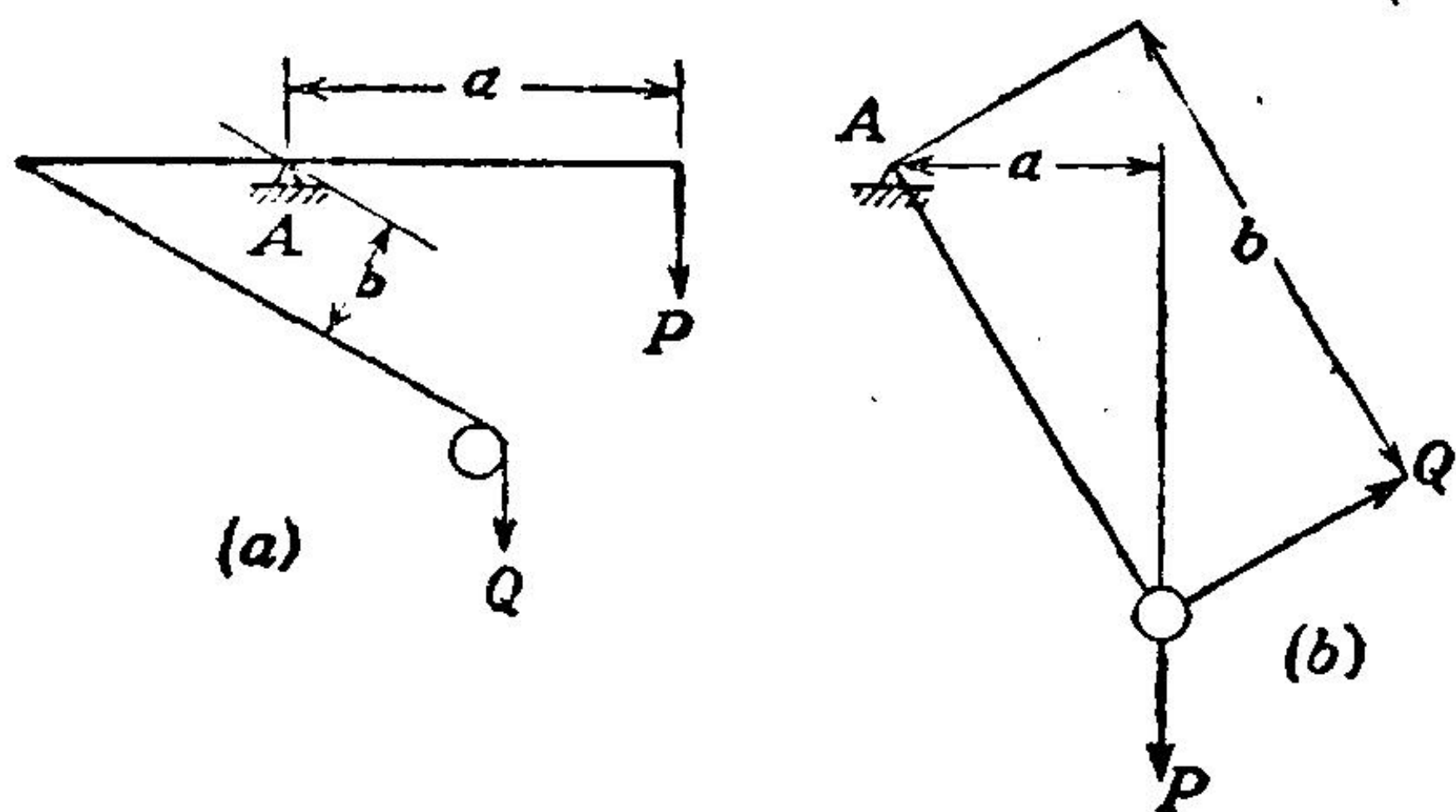


图 8

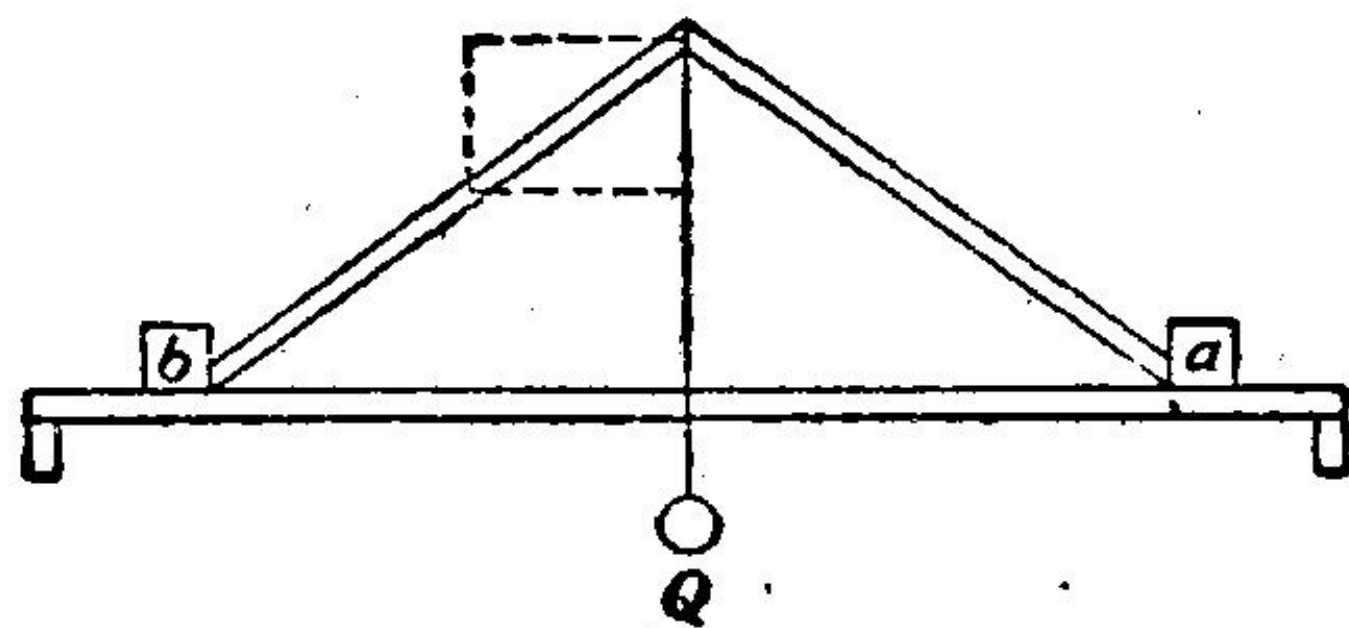


图 9

手稿里面,有一張繪出了两根杆件的草图(图 9),杆件上面作用着垂直荷重 Q ,并且提出一个問題:“在 a 及 b 处要加上怎样的力才能使杆系保持平衡?”由草图 中所画的虚綫平行四边形,就可断言他在这个問題上已經得出了正确的答案。

[1] 里奧納多·达·芬奇的傳記刊載在英国百科全书上。从他的手稿中所摘引的許多敘述可在麦克喀第(E. Mc Curdy)所著“里奧納多·达·芬奇的筆記本”(Leonardo da Vinci's Note-books)中看到。也可参看派生斯(W. B. Parsons)著:“文艺复兴时期中的工程师和工程”(Engineers and Engineering in the Renaissance), 1939。本文所繪的图 10 及所引說明都是从后述书中摘来的。

里奧納多·達·芬奇用實驗來研究結構材料的強度。在他的筆記“各種不同長度鐵絲的強度試驗”中，他畫出如图 10 所示的草圖，並且附注了如下的一段話：“這個試驗的目的是要求出一根鐵絲所能負擔的荷重。將長度為 2 布拉西亞 (Braccia^[1]) 的一根鐵絲，一端連結於能堅固地承重的物件上，他端吊住一只籃子或其他類似的容器，經過一只漏斗端部的小孔將細砂倒入籃中。另外裝上一只彈簧，使在鐵絲斷裂時立刻把小孔塞住。因為籃子掉下來的距離很短，所以掉下時不致翻轉過來。將砂子重量和鐵絲斷裂的位置都記錄下來。這樣重複地試驗若干次以校核其結果。然後再用照先前一半長度的鐵絲來試驗，將所能增加的荷重記錄下來；以後又用四分之一長度的鐵絲來試，依此類推。每次都記下極限強度和斷裂的位置來^[2]”。

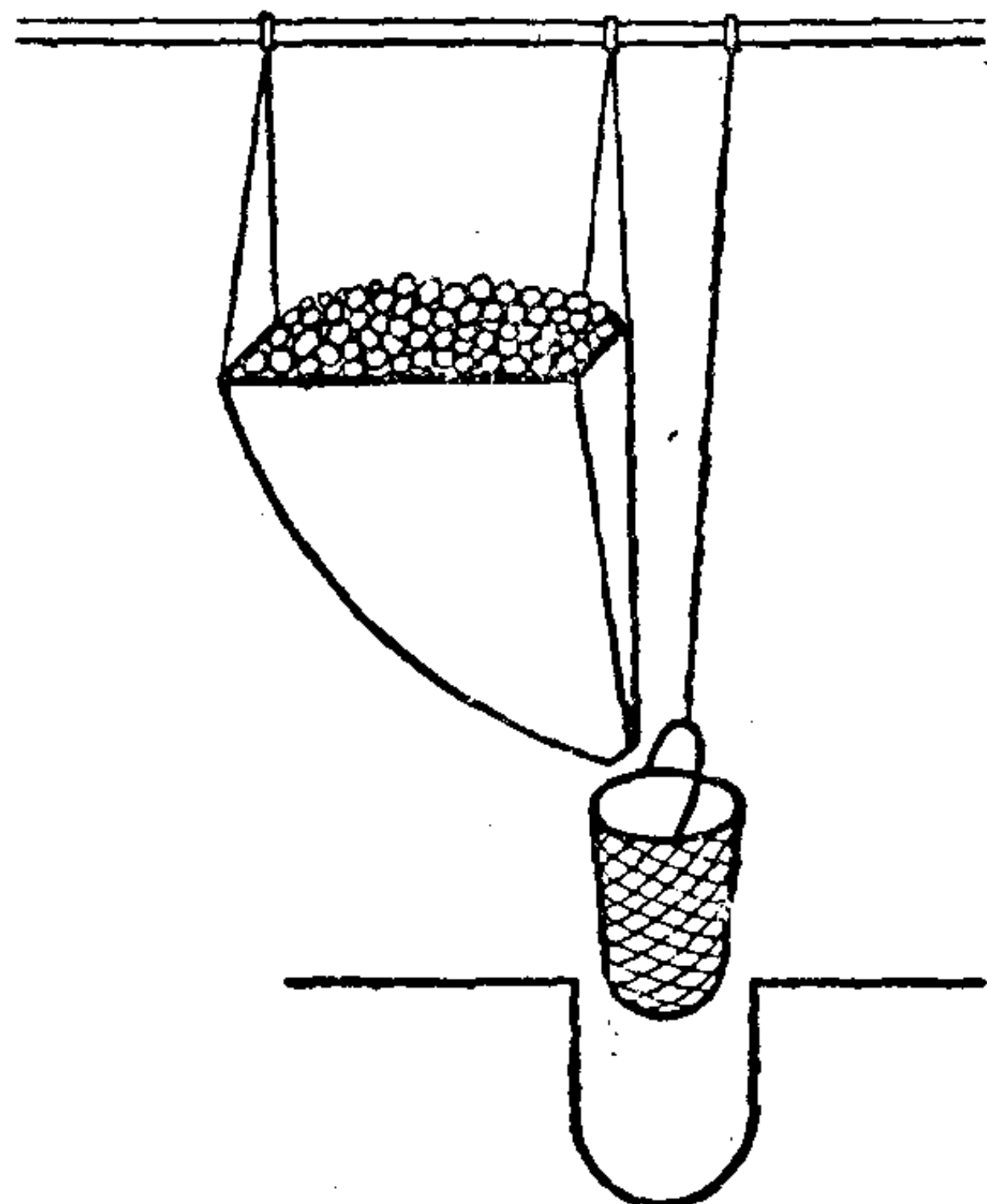


图 10 里奧納多·達·芬奇設計的鐵絲受拉試驗

里奧納多·達·芬奇也研究過梁的強度，並且提出一個普遍性原理如下：“任何被支承而能自由彎曲的物件，如果截面和材料都均勻，則距支點最遠處，其彎曲也最大”。他建議要做一系列的試驗，開始用一根兩端支承而能負擔一定荷重的梁，然後繼續用一些長度較大而寬度相同和高度相同的梁作試驗，記下所能負擔的荷重。他的結論是兩端支承的梁的強度與其長度成反比而與其寬度成正比。他還研究過一端固定他端自由的梁，並說明：“如果一根長為 2 布拉西亞的梁能負擔 100 里布列 (Libbre^[3])，則另一根長 1 布拉西亞的梁便能負擔 200 里布列。短梁較長梁短若干倍，它能負擔的荷重較長梁所能負擔的荷重也會大若干倍”。至於梁的高度對梁的強度的影響，在他的筆記中卻沒有明確的說明。

顯然，里奧納多·達·芬奇也做過一些關於柱的強度的研究。他說明柱（壓杆）的強度是和其長度成反比而與其橫截面的某些高寬比成正比。

以上所簡略討論到的里奧納多·達·芬奇的成就就可以表明他也許是最先試圖用靜力學來求作用在某些構件上的力的人，同時也是最先用實驗來決定結構材料強

[1] 意大利長度單位。

[2] 見 (Parsons) 著：“文藝復興時期中的工程師和工程” (Engineers and Engineering in the Renaissance), 第 72 頁。

[3] 意大利重量單位。

度的人。可是,这些重要的倡导一直被埋沒在他的筆記里,而在十五及十六世紀的工程师們却和羅馬时代一样繼續地仅凭經驗和武断来决定构件的尺寸。

最早嘗試用解析法来求构件的安全尺寸是在十七世紀才开始的。加利略(Galileo)的名著“两种新的科学”(Two New Sciences)^[1]表明了作者使这种方法用之于应力分析能得出合理結果所作的努力。这才表述了材料力学这門科学的开端。

[1] 見亨利·克卢(Henry Crew)和阿尔芳索·德·薩尔威阿(Alfonso de Salvio)的英譯本, 1988, 紐約。

第一章

十七世紀中的材料力学^[1]

1. 加利略 (Galileo, 1564~1642)

加利略出生于意大利的比薩 (Pisa)^[2], 他是佛罗伦泰 (Florentine) 貴族家庭的后裔。在靠近佛罗倫薩 (Florence) 的法侖布拉薩 (Vallombrosa) 修道院, 他受了拉丁語、希腊語与邏輯学的預备教育。1581 年他被送入比薩大学讀医科。但不久, 数学課程引起了他的兴趣, 他便投入全部精力以研究欧几里德 (Euclid) 及阿基米德的著作。他似乎通过卡丹 (Cardan) 的著作^[3], 才熟悉了里奧納多·达·芬奇在力学上的发现的。1585 年, 加利略因經濟困难而休学, 沒有得到学位就回到佛罗倫薩的老家。在那里, 他私人講授数学和力学, 同时繼續他自己的科学研究。1586 年, 他制成一架比重秤来測量各种物質的密度, 同时完成了求固体重心的研究^[4]。这一工作使他聞名于世, 而在 1589 年中, 那时他还只 25 岁半, 就被聘为比薩大学的数学教授。



图 11 加利略

他在比薩的这段时期 (1589~1592) 繼續研究数学和力学; 做出了著名的落体实验。在这

[1] 关于十七世紀和十八世紀間材料力学的历史在吉拉德 (P. S. Girard) 所著: “固体抗力分析的論著” (Traité Analytique de la résistance des Solides) 1798 年巴黎出版該书的序言中有詳細討論。

[2] 見法海 (J. J. Fahie) 著: “加利略的一生和他的貢獻” (Galileo, His Life and Work), 1903, 紐約。并參看左尔特·德·哈散依 (Zsolt de Harsanyi) 所著小說“觀星的人” (The Star-gazer) 由 (P. Tabor) 譯成英文, 1939, 紐約。

[3] 見 (P. Duhem) 所著: “靜力学初步” (Les Origines de la Statique) 第 39 頁, 1905, 巴黎。Cardan (1501~1576), 在他的几本数学著作中討論到力学。他介紹这門科学和达·芬奇极为相似, 一般認為卡丹的学說是接近于达·芬奇的手稿和筆記的。

[4] 用“平衡重” (La Bilancetta) 为标题在 1586 年发表。

些实验的基础上,于1590年就写出“論重力”(De Motu Gravium)这篇論文。这篇論文即为我们現在所熟悉的动力学的开端。此著作的主要結論是:(1)一切物体从同一高度落下所需的时间相同;(2)落下时,末速与时间成正比;(3)落下距离与时间平方成正比。这些結論完全与亚里士多德(Aristotle)的力学学說不符,但加利略却一点不躊躇而敢于根据这些論点和亚里士多德学派的代表們爭辯。这使得他們对这位年青的加利略发生恶感,最后加利略只好离开比薩,又回到佛罗倫薩老家去。在这段困难时期里,有些朋友帮他找得拔都(Padua)大学教授的职务。那时官方的聘书上曾有下列一段語句^[1]:“由于拔都大学前任数学教授木列替(Signor Moletti)去世,遺缺已久,因該职务极为重要,故认为須暫緩决定任何人选,以留待适当而有才能者递补。茲已覓得加利略教授,彼在比薩講学时負有盛名,在同儕中首屈一指。彼現有意即来該校講授此項課程,应予任命”。

1592年12月7日,加利略开始了他的新任务,他的講演,不独是由于学識淵博,而且由于語言流利和詞句优美因而博得了崇高的贊誉。到拔都的头一年,他是异常活跃的。他的講演极为聞名,使得欧洲其他国家的学生都跑到拔都来听他講課,終于要一間能容納两千学生的大教室作为他講課之用。1594年他写出著名的力学論文“力学”(Della Scienza Meccanica)。这篇論文中所有各种靜力学的问题都是用虛位移原理来論述的。这篇論文以手抄本的形式流傳很广。大約在此同时,关联到造船方面的一些問題,他又从事于材料力学的研究。不久天文学引起了加利略的注意。这是大家都知道的,当他在拔都的头一年,他还是按照当时的风气采用托勒玫系^[2](Ptolemaic,为第二世紀时埃及天文学家,譯者注)来进行講授的。但是早在1597年他写給克卜勒(Keppler,德国数学兼天文学家1571~1630,譯者注)的信中,就說过:“多少年前,我便改信了哥白尼(Copernicus,波兰天文学家,1473~1543,首創地动說的人,譯者注)的見解。用他的理論來說明許多在相反的假說下完全不能解釋的現象已經得到成功”。1609年有一个傳說傳到拔都說是有人发明了一架望远鏡,加利略凭着这个不充分的消息制造成功了他自己的一架,放大率为32倍。利用这架仪器,他作出許多卓著的天文学上的发现。他指出銀河是由較小的星所組成,还描述了月球上多山的征象,并且在1610年1月第一次看見了木星的卫星。这个最新的发现对于以后的天文发展起了很大的作用,因为这个系統的运动肉眼可以見到,这就成为有助于哥白尼理論的一个强有力的論据。所有这些发现使加利略出了名。他以“特任的哲学家兼数学家”的身份被推荐到杜斯

[1] 見法海的著作,第35頁。

[2] Ptolemaic system。