

国外高等院校土木工程专业教材

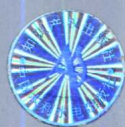
建筑结构原理

[英] 马尔科姆·米莱 著

北京城市节奏科技发展有限公司 中文版策划

童丽萍 陈治业 译

BUILDING STRUCTURES MILLAIS



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



知识产权出版社
www.cnipr.com

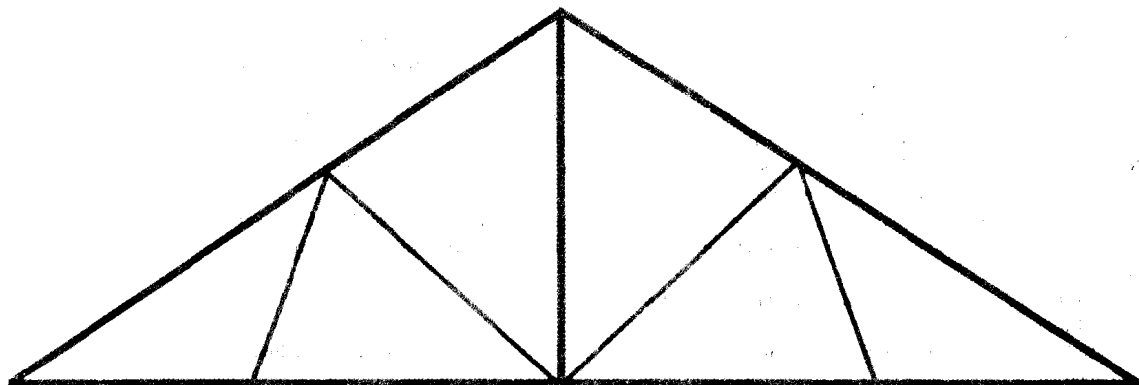
国外高等院校土木工程专业教材

建筑结构原理

[英] 马尔科姆·米莱 著

北京城市节奏科技发展有限公司 中文版策划

童丽萍 陈治业 译



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



知识产权出版社
WWW.CNIPR.COM

内容提要

本书试图通过建立一种概念体系,使任何一种建筑结构原理都能够容易被理解。在由浅入深的探索过程中,建筑结构概念体系是通过生动的描述和简单的图形而非数学概念建立的,因此,复杂的设计过程变得十分清晰。此外,书中运用这些概念体系对6个经典建筑物的结构性能进行了解释和分析。

本书适合高等院校大土木专业、建筑类专业师生作为教材或教辅学习使用,对结构工程师和建筑师均有较强的参考价值。

责任编辑

李 亮

版权登记号: 01-2001-3267

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构原理 / (英)米莱(Millais, M.)著;童丽萍,陈治业译. —北京:中国水利水电出版社:知识产权出版社, 2002

书名原文: Building Structures

国外高等院校土木工程专业教材

ISBN 7-5084-0975-2

I. 建… II. ①米…②童…③陈… III. 建筑结构—理论—高等学校—教材 IV. TU31

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第003886号

Copyright ©1997 by Malcolm Millais

Apart from any fair dealing for the purposes of research or private study, or criticism or review, as permitted under the UK Copyright Designs and Patents Act, 1988, this publication may not be reproduced, stored, or transmitted, in any form or by any means, without the prior permission in writing of the publishers, or in the case of reprographic reproduction only in accordance with the terms of the licences issued by the Copyright Licensing Agency in the UK, or in accordance with the terms of licences issued by the appropriate Reproduction Rights Organization outside the UK. Enquiries concerning reproduction outside the terms stated here should be sent to the publishers at the London address printed on this page.

The publisher makes no representation, express or implied, with regard to the accuracy of the information contained in this book and cannot accept any legal responsibility or liability for any errors or omissions that may be made.

A catalogue record for this book is available from the British Library.

All Rights Reserved.

Authorised translation from English language edition published by SPON, a member of the Taylor & Francis Group.

本书由 Taylor & Francis 集团的成员 SPON 正式授权中国水利水电出版社和知识产权出版社在中国以简体中文翻译、出版、发行。未经出版者书面许可,不得以任何方式和方法复制、抄袭本书的任何部分,违者皆须承担全部民事责任及刑事责任。本书封面贴有防伪标志,无此标志,不得以任何方式进行销售或从事与之相关的任何活动。

国外高等院校土木工程专业教材

建筑结构原理

[英] 马尔科姆·米莱 著

北京城市节奏科技发展有限公司 中文版策划

童丽萍 陈治业 译

中国水利水电出版社 出版发行 (北京市西城区三里河路6号;电话:010—68331835 68357319)
知识产权出版社 (北京市海淀区蓟门桥西土城路6号;电话:010—62024794)

新华书店经销

北京密云红光印刷厂印刷

开本: 184mm×260mm

2002年5月第一版 2002年5月第一次印刷

定价: 50.00元

ISBN 7-5084-0975-2

TU·84

版权所有 盗版必究

如有印装质量问题,可寄中国水利水电出版社退换
(邮政编码 100044)

前 言

本书主要适用于建筑学、结构和土木工程专业的学生和其他需要了解建筑结构在荷载作用下如何工作的人员。该书阐述了达到这种理解所需要的概念。通过形成一种概念体系使任何一种建筑的结构性能均能予以理解。在探索这种结构体系的过程中，会使复杂的结构设计过程变得脉络清楚。

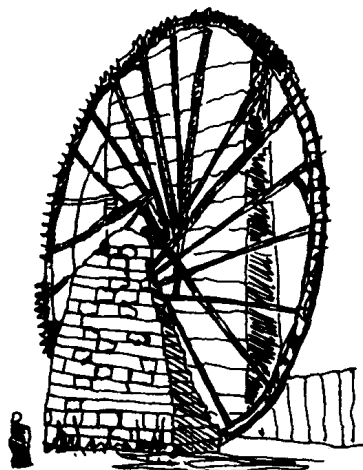
这种概念体系是通过描述和图形来表达的，无需采用任何数学概念。首先应用最简单的结构介绍这些概念，然后逐渐介绍更为复杂的结构以加深对这些概念的理解。在第9章，运用这些概念体系解释某些现有建筑物的结构性能。

尽管大多数人很少考虑结构或结构设计，但他们却处于天然的和设计的结构体的包围之中。他们整日生活在这些结构体中，旅游、吃饭、睡觉等一切活动都离不开结构。在史前时代，人类就已习惯于使用结构了。的确，人、动物和植物本身就是结构。许多动物还建造结构体，如鸟巢、蜘蛛网等。大多数史前人在日常生活中经常使用结构。他们建造各种形式的住房，制造船只、桥梁、武器和器具。每个群体都想为他们的制造物进行不同的设计。尽管我们不知道这种设计过程是如何进行的，但最终都包含着传统设计方法。这些传统设计方法日益定型，成为当时那个群体整个文化的组成部分。

当人们进入文明社会，即逐步演变而不是一成不变的社会时，便要求新型的建筑物，如寺院、仓库、城堡等。随着传统的建筑方法不再适用，需要新的技术和设计工艺。然而这些并非总是成功的。

所有设计过程都要求有一种评估设计方案的方法。在传统体系中不会出现新的问题，所有构筑物的性能均由经验确定了。

显然，早期的土木建设者主要关心新的建筑物，并且对于结构的行为特征似乎比较清楚。然而对于结构性能的技术认识则是缓慢而耗时的。只是到了19世纪，大多数此类知识才被发现。当然，这不会阻止建筑师们建造最惊人的结构体——从金字塔到大教堂，从石弩到水车。



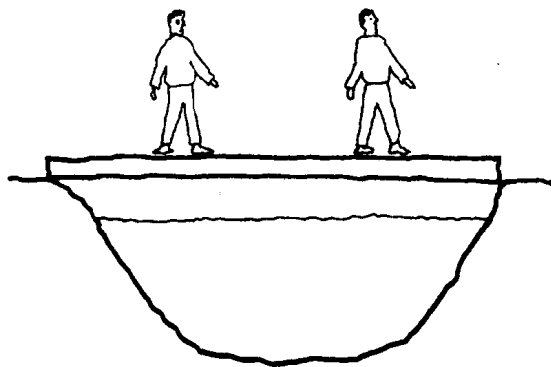
任何结构的成功设计都需要对下列问题给出满意的答案：

- 结构强度够吗？
- 结构刚度够吗？

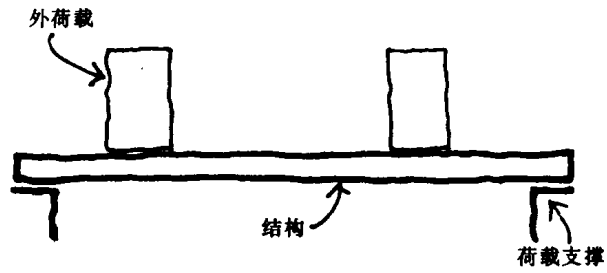
尽管这可能不难说明，但要给出准确的答案却不那么容易。除此而外，在试图回答这两个问题以前，必须先回答下列两个问题：

- 什么是结构？
- 什么是荷载？

对于什么是（工程）结构问题的最普通的回答是沿直线传递荷载的物体。尽管这种回答有一定的道理，我们仍然需要将答案扩展成为荷载从一处传递到另一处、即传递荷载的概念。举一简单例子说明这一点。如果人们想过河，可搭一块木板作为桥。当人们在桥上时，他们的体重（荷载）从不能直接支撑他们的水上的一点传递到能够支撑他们的木板的各点上。



木板的用途是将荷载从外加荷载点传递到支撑点，木板作为一种结构被应用。可以重画该图来显示外荷载（人）、结构（木板）和荷载支撑点（河岸）。通常把荷载支撑称作反作用力。



这种荷载传递功能是所有结构的主要功能，无论是椅子还是福思（Forth）铁路桥。

结构设计的作用是选择能恰当传递荷载的结构。但是，说起来容易做起来难，因为可选择的结构形式和可供使用的材料范围非常广泛，除此而外，证明所选择的结构功能是否正常往往是一个主要任务。

目 录

前 言

第 1 章 荷载和荷载路径.....	1
1.1 永久荷载	1
1.2 可变荷载	8
1.3 偶然荷载.....	10
1.4 荷载概括.....	10
1.5 反作用荷载.....	13
1.6 荷载路径.....	20
第 2 章 内力	29
2.1 柱和梁.....	29
2.2 简单框架.....	36
2.3 板.....	43
2.4 荷载路径.....	44
第 3 章 结构构件特性	49
3.1 结构构件.....	49
3.2 应力与应力分布概念.....	52
3.3 轴向应力.....	58
3.4 弯曲应力.....	61
3.5 剪应力.....	70
3.6 组合应力.....	72
第 4 章 复杂应力概念	77
4.1 主应力.....	77
4.2 梁内剪应力的作用.....	85
4.3 梁截面形状的影响.....	91
4.4 双轴弯曲.....	96
4.5 复合构件和预应力.....	98
4.6 小结	108
第 5 章 结构材料.....	109
5.1 材料性能的种类	109

5.2	结构材料的应用	112
5.3	土壤作为结构材料的特点	114
5.4	非结构效应	123
第 6 章	结构的安全与破坏	127
6.1	安全的基本概念	127
6.2	结构破坏类型	137
6.3	塑性性能	141
6.4	轴向不稳定性	147
6.5	结构理论之间的关系	157
第 7 章	结构的几何形状与性能	162
7.1	结构的几何形状	162
7.2	结构体系的性能	164
7.3	桁架与框架	173
7.4	缆和拱	181
7.5	三维结构	183
7.6	轴向不稳定性的预防	185
第 8 章	简单建筑物的性能	188
8.1	基本结构与承载	188
8.2	结构作用与稳定	196
第 9 章	结构实例	209
9.1	达勒姆大教堂	209
9.2	棕榈宫	218
9.3	萨尔苏埃拉竞技场	228
9.4	法国国家工业与技术展览中心	235
9.5	联邦储备银行	244
9.6	中国银行大厦	252
第 10 章	结构概念	263
10.1	建筑结构	263
10.2	构筑荷载路径	265
10.3	荷载路径的几何形状	269
10.4	整体结构性能	270
10.5	材料与构件的选择	275
10.6	构件连接	280
10.7	结构与建筑构造	287
补充阅读文献		292

第1章 荷载和荷载路径

结构的主要功能是传递荷载，但是在考虑结构的形式之前，首先需要清楚结构必须传递什么荷载。换句话说，需要回答“什么是荷载?”。

荷载根据其来源可分为永久荷载、可变荷载和偶然荷载。永久荷载是由于自然界中结构的存在而形成的荷载；有效荷载是根据结构的功能而产生的荷载；偶然荷载是由于结构的缺陷（或误差）所形成的荷载。

1.1 永久荷载

地球表面的所有结构都必须抵抗重力。重力作用于物体，并通过物体指向地球中心（见图 1.1）。

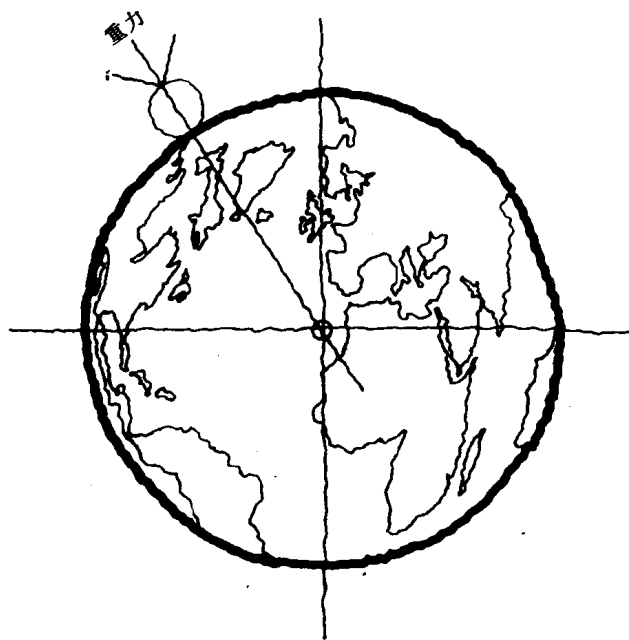


图 1.1

然而，在局部范围内，可以认为这些力是垂直的（见图 1.2）。

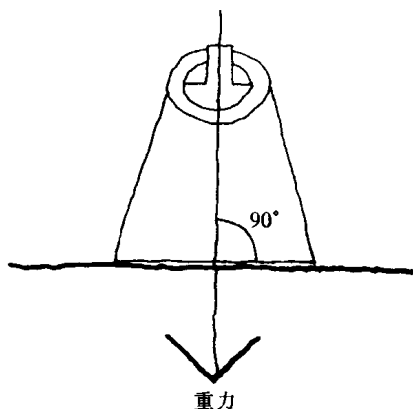


图 1.2

因此，永久荷载的第一来源是重力荷载。回到第一个实例，木板搭在河上，意味着木板必须将它自身的重量，通常称为自重，传递到支撑点（见图 1.3）。

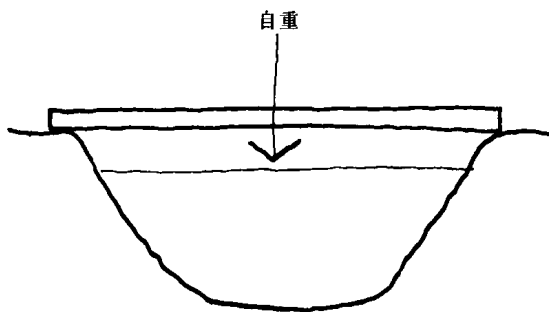


图 1.3

由于地球表面大气压从一处向另一处经常不断的变化，空气在地球表面流动便形成风。地球表面上建造的所有结构都必须抵抗风力。在地表附近，可认为风是沿着地面流动的。但正如飞行员所知道的，对于整个大气层来说并非如此。

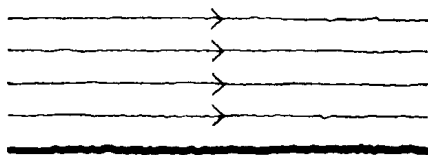


图 1.4

如果一个障碍物放在风穿过的地方，它就会改变风的流动模式。这就是为什么风筝和飞机会飞，船会航行。如果这个物体像一座建筑物被固定在地球表面，风就必须从这个障碍物的旁边和上方吹过。

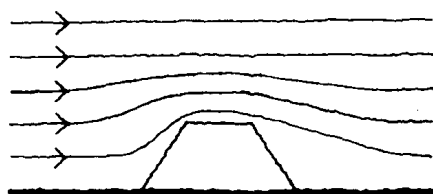


图 1.5

风如何从固定物体的旁边和上方吹过取决于风速和物体的形状。这些是空气动力学这门复杂学科所考虑的基本问题，但是风流动模式的改变总是在干扰物体上形成力。重要的是要注意将风流动模式的改变等同于力或风荷载，这是一种明智的作法，其目的在于阐明风的作用效应。

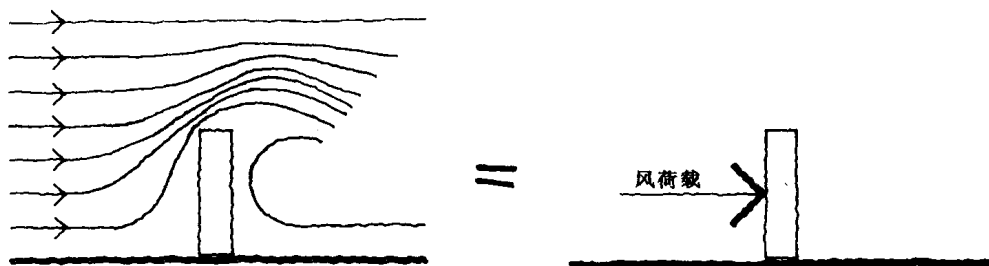


图 1.6

这种情况可以通过在水流动时手持一个平面物体而轻易地感觉到。这就是为什么小船和人能在水上滑动。

尽管风在建筑物四周的流动模式是复杂（非常复杂）的，但风流动的变换所产生的荷载与建筑物的表面明显成直角。

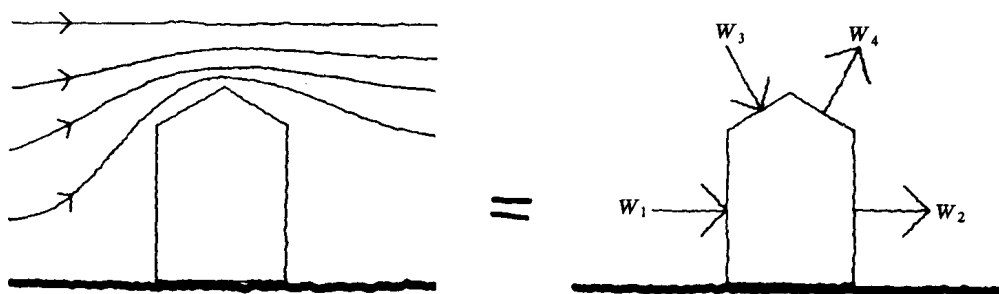


图 1.7

因此，对于图 1.7 所示的坡屋顶建筑，风流动的变换将形成四种荷载。墙上的荷载为 W_1 和 W_2 ，与墙成直角，屋顶斜面的荷载为 W_3 和 W_4 ，与屋顶斜面成直角。这些就是风荷载。

就建筑物和它们的支撑结构而言，重力和风荷载是它们必须要抵抗的两种永久荷载。

结构可能还不得不承担其他的永久荷载。这些荷载包括土压力或水压力、地震作用、温度变化和地层运动。

人们常常需要改变地面的局部形状来修建建筑物，那么该建筑物的某些部分和它的结构可能会承受土压力。这是因为在天然地面上已经发现了一个处于静止的形状（当然不超过地质年代）。因此正如风流动产生力一样，地面改变也将产生力。如果干沙垒成一堆，各边都有最大的斜坡。

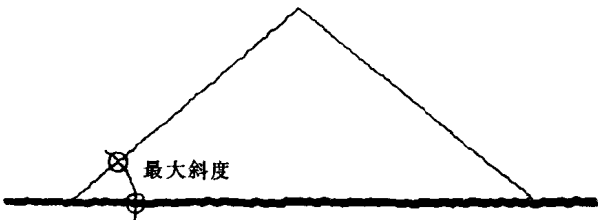


图 1.8

沙堆内部发生的情况是复杂的，且随着水的增加而更加复杂（这就是为什么能形成沙丘）。但是如果需要垂直面的沙堆，就需要力来维持沙堆的非自然形状。

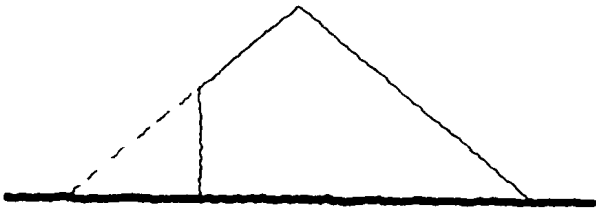


图 1.9

这通常是靠修筑一面（挡土）墙来实现的。因为沙堆欲返回到自然形状，见图 1.10 中虚线所示，墙必须抵挡住虚线上方的沙子。



图 1.10

这便产生了墙上的荷载。对于有地下室的建筑物或建造在斜面地基上的建筑物，就会出现这种情况。

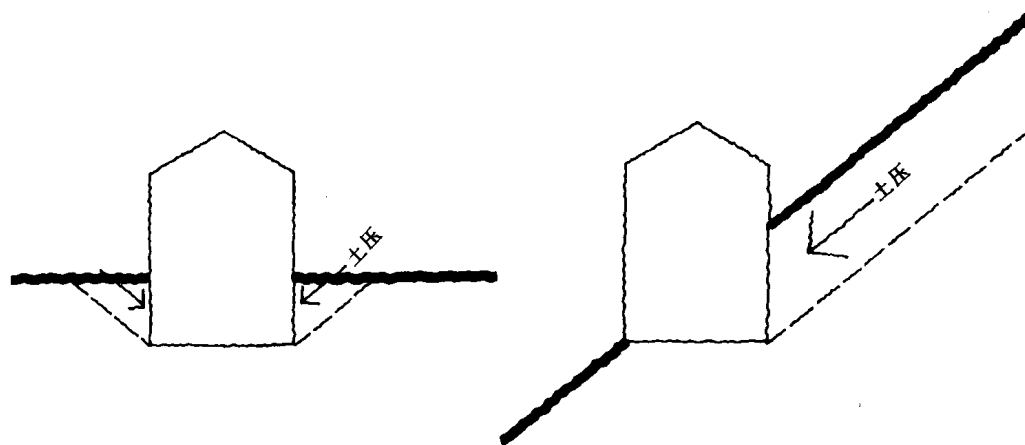


图 1.11

在这些情况下，结构不得不抵抗来自土压的永久荷载。

在地球表面以下，根据当地的地质条件和气候条件，在某些土层会含水。水的顶层叫地下水位。地下水位可处在地面、沼泽、泥炭地和沙滩上，或者沙漠下面的数米深处。如果建筑物的定位穿越了天然地下水位，非天然的地下水位就会出现在建筑物的四周和下方。

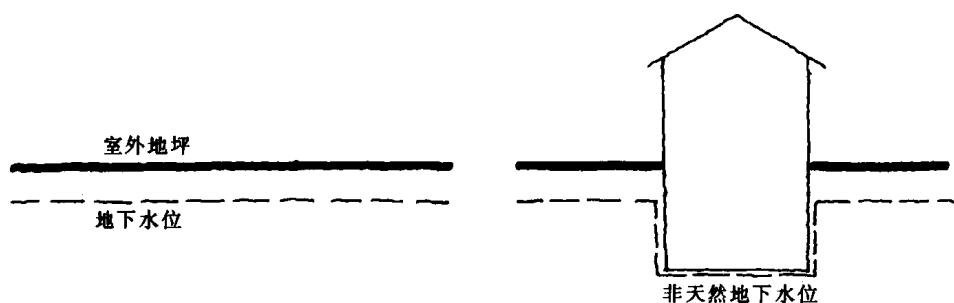


图 1.12

水压力不仅在墙上形成荷载，而且在楼板处形成向上的荷载。建筑物便有了向上漂浮的趋势。

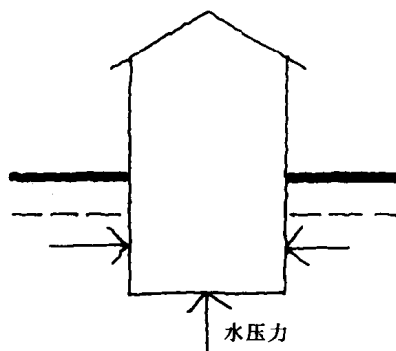


图 1.13

因此结构不得不抵抗由于水压力产生的永久荷载。

地球表面的基本形状在大多数建筑物的使用周期内可看作是相同的，但由于气候或地质条件的变化也会有少量变化。当建筑物坐落在地面上时，局部的变化将会迫使结构形状改变，因为建筑物几乎无法抵挡地球形状的改变。尤其当局部形状的变化不均匀时就有可能产生荷载。如果结构上确有荷载形成，则形成的原因是不明显的。例如，假设跨越河流的木板桥在河当中有一个支撑。

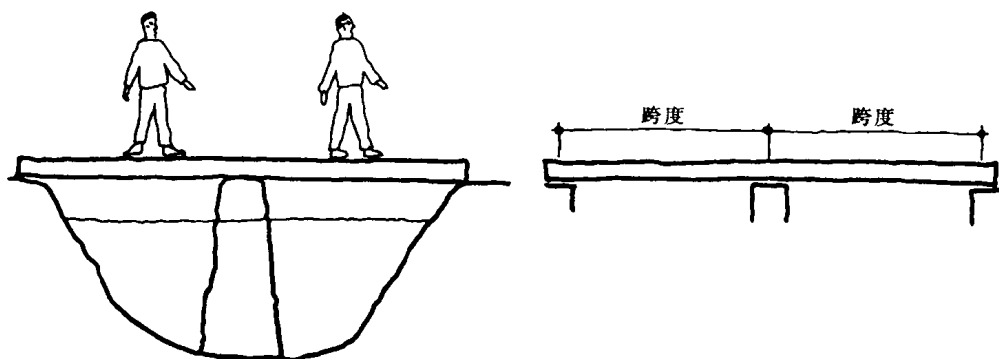


图 1.14

如果这个中心支撑往河床下沉，下沉程度取决于固定方式，则支撑会将木板向下拉（加荷载）或根本不再作为支撑。



图 1.15

由此可见，地层运动能改变结构的承载性能，因此必须考虑间接地给结构施加荷载。

使结构承力的另一种地层运动形式是地震。地震是由突然的地壳内部运动导致的。造成某一地区地壳的震动，地面将上下前后摆动，这给结构体系一种冲击。



图 1.16

一般情况下，垂直运动小于水平运动。在地震期间，建筑物在地面上运动就如同一个人无助地站在滑冰板上。



图 1.17

在这种情况下，荷载的位置和类型也是不明显的，但就建筑物和人来说，荷载产生的效果如同基础（脚）不动而在水平方向上被前后推动一样。

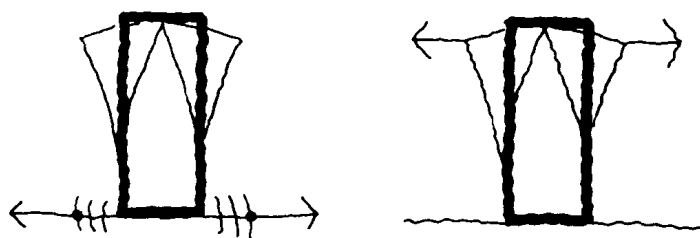


图 1.18

因此，地震形成水平荷载，在一定程度上类似于风荷载。

最后一种永久荷载是由于结构误差所造成。所有结构材料都有热胀冷缩的特性。因为结构体常常接触外界气候，从炎热夏天的白天到寒冷冬天的夜晚其温度变化无常，在某种情况下便会产生荷载。

举例说明这种情况。假设一个结构有两部分组成，中间用一个链杆连接。

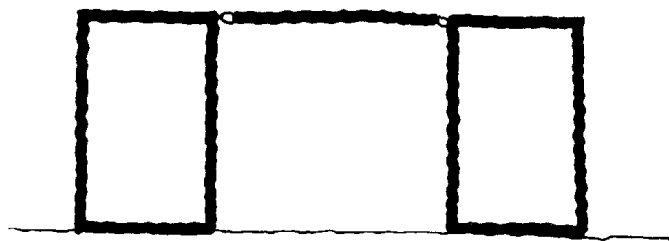


图 1.19

随着温度的变化，链杆会膨胀和收缩。因为它连接着两端的结构，它将在两端结构上产生推力和拉力。

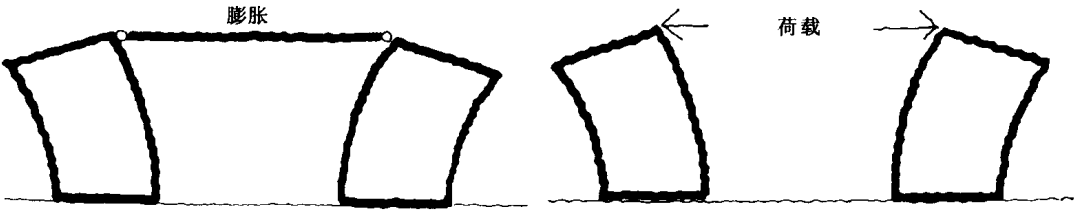


图 1.20

因此地层运动和温度变化都可以称为间接荷载。为了避免承受这些荷载，在桥墩顶部常常运用滑动支撑体系。在大型桥梁上常可以看到这些滑动支撑体系。

一个成功的结构必须在它的整个使用周期内抵抗某些或全部永久荷载作用。总而言之，这些永久荷载是不可避免的，它们是结构存在的有机组成。

1.2 可变荷载

可变荷载与永久荷载不同，因为永久荷载不能避免而必须承受，可变荷载则是那些需要的荷载。这些荷载之所以有用，是因为建筑物或者结构是为了了一定的用途而建造的。

对于木板桥来说，它是为了人过河而建造的。如果它不能达到这个目的，它就没有用，因此前面的图可以重画以显示永久荷载和可变荷载。

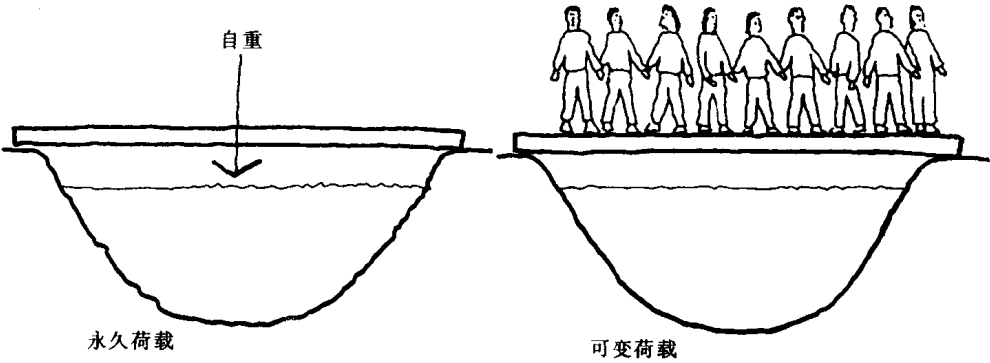


图 1.21

可变荷载量可以因桥上某一时刻所允许的人数和是否允许人们带他们的宠物大象而定。实际工程中往往将可变荷载定为可能出现的最大荷载。实际上，可变荷载是桥面上站满人而不允许出现大象。

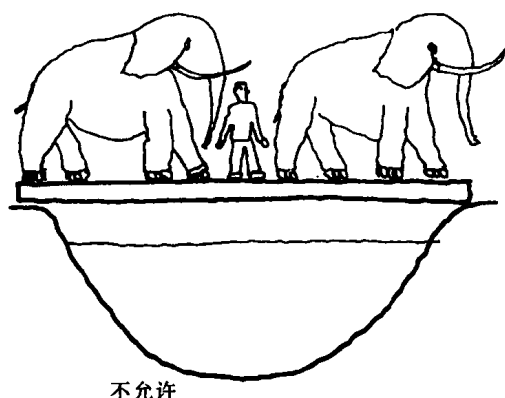


图 1.22

因此，与永久荷载不同，可变荷载是有选择的。当然，如果使用桥的人都有大象（或汽车），将可变荷载设计为站满人或大象的桥也是合情合理的。

由于重力作用于人和大象，这种可变荷载的作用方向将指向地球中心或局部垂直。

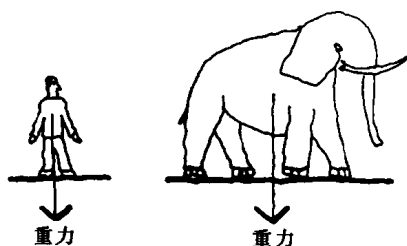


图 1.23

与永久荷载不同，可变荷载依建筑物的用途不同而千变万化，从火车到睡梦中的人，无所不有。

尽管大多数可变荷载都是垂直方向的，但有时也会出现水平方向的。比如储藏沙子、粮食或水，这些物体构成了可变土压荷载或水压荷载。

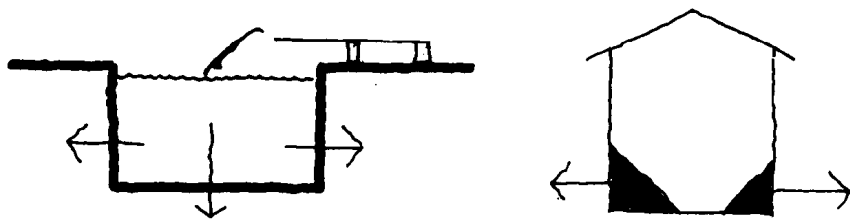


图 1.24

同样，与地震作用非常相似，安放在建筑物中的机械系统往往使建筑物产生侧向振动，从而形成另一种可变水平荷载。