

建筑生与灭

建筑物为何倒下去

马蒂斯·勒维 (Matthys Levy)
马里奥·萨尔瓦多里 (Mario Salvadori)

《纽约时报》畅销图书「每位读者都应该从本书中学习到一些关于灾难的教训」。

How Structures
Fail: Why
Buildings
Fall down



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS



● **马蒂斯·李维 (Matthys Levy)**

资深建筑工程师，从事了长达 50 年的建筑设计工作，曾获得多项荣誉，包括美国建筑师协会荣誉奖。

他现任美国著名结构工程公司——

维德林格联合事务所 (Weidlinger Associates) 负责人，知名工程结构专家。

● **马里奥·萨瓦多里 (Mario Salvadori, 1907—1997)**

出生于意大利。20 世纪 30 年代毕业于罗马大学，获土木工程和数学博士学位。

二战前夕移居美国，曾参与研制原子弹的“曼哈顿”计划。

后长期任教于哥伦比亚大学，担任土木工程及建筑专业教授。

1997 年萨瓦多里荣获美国土木工程学会奖。

萨瓦多里还曾担任维德林格联合事务所顾问、名誉主席。

他撰写有多部颇具影响力的专著，

包括：《建筑生与灭：建筑物如何站起来》、

《建筑生与灭：建筑物为何倒下去》、

《工程设计中的数学方法》、

《建筑结构设计》等。

精品图书推荐:

建筑经典系列:

《华夏意匠—中国古典建筑设计原理分析》

《世界建筑史》

建筑教程、设计辅导系列:

《建筑学教程 1: 设计原理》

《建筑学教程 2: 空间与建筑师》

《建筑: 形式、空间和秩序》

《设计与分析》

《设计思考》

《人的活动与空间设计》

《从学生到建筑师: 建筑执业指南》

建筑文化系列:

《建筑的艺术观》

《室内设计哲学》

《金屋、银屋、茅草屋: 人类营造舒适家居生活简史》

《完美的帕拉迪奥住宅》

《建筑的表情》

建筑技术系列:

《建筑的生与灭: 建筑物如何站起来》

《建筑的生与灭: 建筑物为何倒下去》

《结合模型的设计: 制作与使用建筑设计模型指导》

《设计中的人体尺度》

《认识现代木建筑》

组稿编辑: 刘大馨

责任编辑: 刘大馨

版式设计: 刘大馨

技术设计: 油俊伟

封面设计: 刘晓翔

TU3
53

2007

建筑生与灭：HOW STRUCTURES FAIL 建筑物为何倒下去

WHY BUILDINGS FALL DOWN

作者：马特斯·李维(Matthys Levy)

马里奥·萨瓦多里(Mario Salvadori)

译者：顾天明 吴省斯

审校：陈章洪

WHY BUILDINGS FALL DOWN by Matthys Levy & Mario Salvadori
Copyright © 2002 by Matthys Levy and the Estate of Mario Salvadori
Copyright © 1992 by Matthys Levy and Mario Salvadori
Illustrations copyright © 1992 by Kevin Woest
Chinese translation copyright © 2007 by Tianjin University Press
Published by arrangement with W. W. NORTON & COMPANY, INC.
through Bardon-Chinese Media Agency
All rights reserved

版权合同:天津市版权局著作权合同登记图字第 02-2004-143 号
本书中文简体字版由 W. W. Norton & Company, Inc. 授权天津大学出版社独家出版

图书在版编目(CIP)数据

建筑生与灭:建筑物为何倒下去/(美)萨瓦多里(Salvadori, M.)
著;顾天明译. —天津:天津大学出版社, 2007. 4

ISBN 978-7-5618-2235-7

I. 建... II. ①萨... ②顾... III. 建筑结构 - 结构设计 - 普及读物 IV. TU3-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 157879 号

出版发行 天津大学出版社

出版人 杨欢

地址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网址 www.tjup.com

短信网址 发送“天大”至 916088

印刷 北京佳信达艺术印刷有限公司

经销 全国各地新华书店

开本 170mm × 230mm

印张 20

字数 350 千

版次 2007 年 4 月第 1 版

印次 2007 年 4 月第 1 次

印数 1 - 4 000

定价 40.00 元

目录

译序

序

致谢

导言

01. 结构首度失败的案例	13
02. 34街奇景	19
03. 万神殿会永远屹立不摇吗?	27
04. 由于缺少赘余力	51
05. 砰然巨响	71
06. 天摇地动的一日	85
07. 奔驰的马驹	103
08. 金属疲劳	115
09. 通往永恒之路	127

10. 大地之母脆弱的一面	141
11. 哭泣之谷	153
12. 纸牌之屋	165
13. 结构皮肤病学	175
14. 老死	197
15. 美国史上最严重的建筑物灾难	211
16. 政策性破坏	221
17. 法律的结构	233
18. 自天而降的恐怖	249
19. 结论：我们能否防患于未然？	259
附录	
附录 A 荷载	269
附录 B 应力与应变	279
附录 C 结构材料	283
附录 D 结构体系	287

译序

这本书是写给普通人看的，深入浅出的解释不但一般读者看得懂，专业人士——建筑师、结构师、土壤地质学家、土木工程师、建筑施工人员等，只要与建筑行业有关的人员也会得益良多。投资者、银行家及房地产经纪人员也会从中获得一些宝贵的知识。

作者编辑本书，像是在讲述一些有关建筑的历史故事：从古至今一些伟大的建筑物，一座座是如何建造起来的，其中有些什么困难及一些有趣的故事。看完了本书，使人不但懂得欣赏建筑物的美与壮观，更了解它骨子里的神奇现象，也能了解它是怎样产生、怎么站起来的。

作者于1992年出版《建筑生与灭：建筑物如何站起来》一书后，把书送给他92岁的岳母作为生日礼物，岳母说了一句话：“这件礼物真好，但是我更想了解的是建筑物是怎么倒掉的。”再加上许多读者的回馈，因而在两年后又有了第二本书《建筑生与灭：建筑物为何倒下去》的出版。书中内容有很多都是大家知道的轰动事件，如密苏里州堪萨斯的凯悦饭店室内天桥垮塌、波士顿汉考克大楼帷幕墙的玻璃满天飞舞、芝加哥亚美大楼的大理石板剥落，其中的真正原因都是花了几个月、几年的时间调查才找出来的。往往是一两件小东西引发了大灾祸：螺栓固定不当，大理石薄了四分之一英寸，小小的焊锡渣子……就是这类原因惹出了天大的乱子，听起来有趣、神奇，但是后果极为严重，也值得所有从事建筑施工工作的人多警惕、多了解、多谨慎。

这两本书显示出作者终身从事结构设计、教育、研究的渊博知识及丰富的现场和实际工作经验。我们读过本书之后，深深为书中内容感动，谨加以翻译，献给爱好建筑的读者们。

顾天明 吴省斯

序

对我而言，这似乎是一种无法避免的趋势——《建筑生与灭：建筑物如何站起来》（*Why Buildings Stand Up*）完成后，接着在一些好友的推波助澜，尤其是一位挚友爱德温·鲍伯（Edwin Barber）的鼓励之下，写下了另外一本书，称之为《建筑生与灭：建筑物为何倒下去》（*Why Buildings Fall Down*）——还能有更好的名称吗？

长期以来，我一直努力放弃使用专业的术语，改以通俗的语言来解释结构知识，这是一件简单但令人兴奋的事情。现在由于这本书的另外一位作者，同时也是一位结构大师——马特斯·李维的热心投入而最终得以实现。李维热情地接受了我的合作邀请，与我共同完成了本书。

他与我在设计与教学的时间经验上累计已超过 85 年，对结构失败案例的调查经验也共达 60 年。这样的工作经验，将帮助我们减少广大读者对建筑知识懵懵懂懂的惧怕，并带领读者作一番有趣的且前所未有的建筑导览，以清楚了解巨大的建筑物为什么能够站立，而又为什么在某些偶然的情况下倒塌了。

马里奥·萨瓦多里

致谢

本书能够顺利出版，需要我们对以下的朋友表示感谢。

我们的亲密挚友，曾给予我们鼓励的诺顿出版社的编辑艾德温·F.巴伯 (Edwin F. Barber)。

文字处理专家迈迪·海波纳 (Mindy Hepner)，在他的帮助下本书得以按时交稿。

善解人意的评论家朱丽·休伯利·李维 (Julie Hubley Levy)，她是我们热情可爱的支持者。

维德林格工程公司 (Weidlinger Associates) 的资料管理员兰顿·普雷尔 (Landon Prieur)，他为我们提供了大量的珍贵信息资料。

卡罗尔·B.萨瓦多里 (Carol B.Salvadori) 将书中的意大利文内容准确翻译成英语。

维德林格工程公司的秘书埃里卡·沃格特 (Erica Vogt) 和米德格·埃斯特曼 (Midge Esterman)，他们负责将本书的内容组织在一起。

导言

从前世界上有七大奇观，但如今唯一幸存的，是靠近埃及开罗的胡夫金字塔，其他六个奇观都已崩塌了。

人类创造的人工环境终将毁灭。但是从人类短暂的生命来看，总觉得建筑物可以永垂不朽，当它们居然倒下时，人类就显得惊讶不已，并感到万分关切。我们的诧异，是由于我们观看建筑物时是以它们的外观来判断，愈老的建筑物看起来愈美，愈新的反而愈丑，这正好与观看人的面貌时相反。但是这种看法既粗浅又造成了误导，比较正确的应该是把建筑比喻成人的身体。

建筑物孕育于设计阶段，建造过程就像出生，完工后就像活着，老旧了会走向死亡，或者碰上意外而亡。它的呼吸是透过嘴一样的窗户，以及如肺一般的空调系统；它的流体（液体与气体的总称）透过静、动脉般的管线循环，并把资讯经由神经系统似的电线传到各处。建筑物通过它头脑似的反馈系统对内部及外部条件的改变做出反应。它由外墙的皮肤保护，由柱、梁、楼板等骨骼系统支撑，用基础的双脚来站立。像大多数人体一样，建筑物有一定的生命周期，然后死亡。

一栋建筑物的意外死亡起源于骨架，亦即**结构**的破坏。这本书的读者想了解建筑物为什么倒塌，期望我们能对结构破坏做出解释，但这就如同一个医生认为健康是件正常的事，而生病是一种特例，从疾病中医生得到大部分知识；同样地，一位工程师认为建筑物能够站立起来是件很平常的事，而倒下去便是不正常的，是一种特例，显然工程师就可从破坏中学到很多知识，而一般读者也能因此了解为何建筑物几乎都能站起来。但这可不是一件容易解释清楚的事，因为建筑物有着各种不同的用途，并呈现出各式各样的风貌，它们由不同的材料构成，以抵抗不同的外力及荷载。如此的复杂，这要如何让一个一窍不通的门外汉也能了解结构的作用呢？

不过还好，现在你不必是一个专家也能了解结构的特性，只要能够经由一些平常的物理直觉就能懂得，而不必精通物理学与数学。因为不管是什么样的结构体系——钢结构办公大楼或教堂的圆顶；不管用的结构材料是什么——钢、木材、钢筋、混凝土或石头；不管所作用的外力为何——由于重力、风力、地震、温度变化或土壤的不均匀沉陷，这些结构构件对于外力的反应只是推或拉而已。

一旦透过本书的发现之旅，了解整个结构的特性模式之后，你会了解就像我们在善尽社会责任一般，建筑物总是尽力地不让自己倒下来。

渴望了解建筑物为何屹立不倒的读者，可以参考本书的附录，我们以简单的语言来解释结构的基本原理，而完全没有使用数学与物理学的名词。

建筑生与灭：建筑物为何倒下去

WHY BUILDINGS FALL DOWN

HOW STRUCTURES FAIL

结构首度失败的案例

“温故而知新。”

——孔子

根据《旧约圣经》的记载，地球上最早的定居者——古老的巴比伦人，只使用一种语言。借助考古学家、古生物学家及遗传学家的通力合作，语言学家已能重建 150~200 个属于当时巴比伦原始社会使用语言的单字，这种语言是人类十万年历史中最早的语言。它具有一个很重要的意义——单一民族、单一语言。但这些人类的祖先并不知足，出于野心，他们想要建造一座城市，具有直通天庭的高塔，上帝被人类的傲慢自大所触怒，乃变乱他们的口音，使他们彼此语言不通，从而单一语言变成了多种语言。建设计划遇到了阻碍，高塔也因而倒塌，冒犯上帝的人们从此散居各处。该塔也因此被称为“巴比塔（Babel，从希伯来文 *babal*（混杂）一词而来）”，是上帝创造了地球上的各种语言。

这宗结构上首次的倒塌案例，或许可归结于上帝的旨意。今天的工程师们并不同意这种解释，其实这只是一个简单的道理——即使最简单的石造建筑物也会因为重量超过负荷而压垮。虽然神话中所传说的高塔并没有达到这种高度，但地震来时仍会倒塌，因为地震力与建筑物的重量以及高度的平方成正比。

世界七大奇观中，目前仅有埃及的胡夫金字塔幸存，那么其他六个到底发生了什么事？巴比伦的空中花园因被弃置而毁坏。而完成于公元前280年埃及托勒密二世时代的亚历山大灯塔，是由当时的建筑师奈德斯（Sostratus Cnidus）建造的高达350英尺（约107米）的高塔，但在13世纪的大地震中崩塌了。公元前352年，希腊哈利卡纳苏斯（Halicarnassus）的摩索拉斯陵墓（Mausoleum）位于今天的土耳其，是为了纪念卡里亚的摩索拉斯王（Mausolus of Caria）而建，被14世纪的一场地震毁坏。后来这里成了圣约翰骑士（Knights of St. John）建造城堡时的采石场。1856年查理斯·纽顿（Charles Newton）爵士在当地发现了一些石雕，便把它们从哈利卡纳苏斯运到了伦敦的大英博物馆。建于公元前550年的希腊以弗所（Ephesus，今土耳其境内）的阿提米斯神庙（Temple of Artemis），于公元前4世纪烧毁，虽经3个世纪的重建，最终又于公元362年哥特人横扫以弗所时被摧毁了。另外，伟大的希腊阿波罗神像及雅典娜的奥林匹亚山上的宙斯之神宙斯的雕像，都是由公元前435年的著名雕塑家菲狄亚斯（Phidias）设计建造，但在入侵者的不断蹂躏以及盗采者对宙斯像金饰物的偷盗下，也惨遭破坏。唯有埃及的金字塔，历经5000年而屹立不动。但并非所有的金字塔都如此幸运，就美达姆（Meidum）金字塔来说，外层约25万吨的石灰石后来都脱落了，看起来就好像沙海中出现的一座三层石造建筑物^{图1.1}。

建造埃及金字塔，主要是为了解决四个问题，这对于当时的中央集权社会来说至关重要。但这四个问题本质上并不相同——第一个是精神层面的问题，即是为了解开死亡之谜；在政治层面上，是要确立法老王的无上神力；在社会层面上，则是因尼罗河洪水滋养了土地，庞大的农民队伍却无事可做，建造金字塔可使用大量的人力；在科学层面上，则可利用高大的金字塔来观察星象。