

3000年

建筑 世界

[英] 比尔·阿迪斯 著 程玉玲 译

王其钧 审定

Building :
3000 Years of
Design
Engineering
and
Construction

设计
工程及
建造

 中国图书出版社
CHINA FACTORIAL PRESS

3000年

建筑世界

[英] 比尔·阿迪斯 著 程玉玲 译

王其钧 审定

Building :
3000 Years of
Design
Engineering
and
Constrction

设计
工程及
建造

图书在版编目(CIP)数据

世界建筑 3000 年：设计、工程及建造 / (英) 比尔·阿迪斯著；程玉玲译. -- 北京：中国画报出版社，2019.9
ISBN 978-7-5146-1762-7

I. ①建… II. ①比… ②程… III. ①建筑史-世界-图集 IV. ①TU-091

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第136823号

3,000 Years of Design, Engineering and Construction © 2009 Phaidon Press Limited.
This Edition published by China Pictorial Press Co. Ltd under licence from Phaidon Press Limited, Roper's Wharf, All Saints Street, London, N1 9PA, UK. © 2016 Phaidon Press Limited.
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of Phaidon Press.

北京市版权登记局著作权合同登记号：01-2016-0293

世界建筑3000年：设计、工程及建造

[英] 比尔·阿迪斯 著 程玉玲 译

出品人：于九涛
策划编辑：赵清清
责任编辑：李媛
责任印制：焦洋

出版发行：中国画报出版社
地址：中国北京市海淀区车公庄西路33号 邮编：100046
发行部：010-68469781 010-68414683（传真）
总编室兼传真：010-88417359 版权部：010-88417359

开本：16开（710mm×1000mm）
印张：40
字数：800千字
版次：2019年10月第1版 2019年10月第1次印刷
印刷：北京汇瑞嘉合文化发展有限公司
书号：ISBN 978-7-5146-1762-7
定价：498.00元



| | |
|-----|-------------------------------|
| 6 | 简介 |
| 9 | 第1章 上古时期的建筑与工程 公元前1000—500年 |
| 61 | 第2章 中世纪时期 500—1400年 |
| 113 | 第3章 文艺复兴时期 1400—1630年 |
| 175 | 第4章 全球贸易时期和理性与启蒙时期 1630—1750年 |
| 233 | 第5章 工程学成为一门专业的时期 1750—1800年 |
| 289 | 第6章 理论与实践融合期 1800—1860年 |
| 365 | 第7章 现代建筑的诞生期 1860—1920年 |
| 447 | 第8章 建筑学的工程时期 1920—1960年 |
| 535 | 第9章 电脑与绿色建筑期 1960年至今 |
| 610 | 后记 |
| 612 | 术语表 |
| 616 | 附录1 “目标和手段”，奥韦·阿鲁普 |
| 620 | 附录2 铁及铁合金 |
| 621 | 附录3 混凝土及钢筋混凝土 |
| 626 | 尾注 |
| 630 | 参考书目 |
| 636 | 图片来源 |

3000年

建筑 世界

[英] 比尔·阿迪斯 著 程玉玲 译

王其钧 审定

Building:

3000 Years of

Design

Engineering

and

Construction

设计
工程及
建造

图书在版编目(CIP)数据

世界建筑3000年：设计、工程及建造 / (英) 比尔·阿迪斯著；程玉玲译. -- 北京：中国画报出版社，2019.9
ISBN 978-7-5146-1762-7

I. ①建… II. ①比… ②程… III. ①建筑史-世界-图集 IV. ①TU-091

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第136823号

3,000 Years of Design, Engineering and Construction © 2009 Phaidon Press Limited.

This Edition published by China Pictorial Press Co. Ltd under licence from Phaidon Press Limited, Regent's Wharf, All Saints Street, London, N1 9PA, UK, © 2016 Phaidon Press Limited.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of Phaidon Press.

北京市版权登记局著作权合同登记号：01-2016-0293

世界建筑3000年：设计、工程及建造

[英] 比尔·阿迪斯 著 程玉玲 译

出品人：于九涛
策划编辑：赵清清
责任编辑：李 媛
责任印制：焦 洋

出版发行：中国画报出版社

地 址：中国北京市海淀区车公庄西路33号 邮编：100048

发行部：010-68469781 010-68414683 (传真)

总编室兼传真：010-88417359 版权部：010-88417359

开 本：16 开 (710mm×1000mm)

印 张：40

字 数：800千字

版 次：2019年10月第1版 2019年10月第1次印刷

印 刷：北京汇瑞嘉合文化发展有限公司

书 号：ISBN 978-7-5146-1762-7

定 价：498.00元

3000年

建筑世界

比尔·阿迪斯

| | |
|-----|-------------------------------|
| 6 | 简介 |
| 9 | 第1章 上古时期的建筑与工程 公元前1000—500年 |
| 61 | 第2章 中世纪时期 500—1400年 |
| 113 | 第3章 文艺复兴时期 1400—1630年 |
| 175 | 第4章 全球贸易时期和理性与启蒙时期 1630—1750年 |
| 233 | 第5章 工程学成为一门专业的时期 1750—1800年 |
| 289 | 第6章 理论与实践融合期 1800—1860年 |
| 365 | 第7章 现代建筑的诞生期 1860—1920年 |
| 447 | 第8章 建筑学的工程时期 1920—1960年 |
| 535 | 第9章 电脑与绿色建筑期 1960年至今 |
| 610 | 后记 |
| 612 | 术语表 |
| 616 | 附录1 “目标和手段”，奥韦·阿鲁普 |
| 620 | 附录2 铁及铁合金 |
| 621 | 附录3 混凝土及钢筋混凝土 |
| 626 | 尾注 |
| 630 | 参考书目 |
| 636 | 图片来源 |

简介

本书追溯了现今工程师在建筑设计时所运用的知识及设计技巧的根源所在。建筑工程学与“建筑学”并非同一种单一学科，但是为了方便起见，我将这些内容均归入“建筑工程学”名下。说英语的工程师不会称自己为建筑工程师，而是根据自己所在专业，称自己为结构工程师、建筑设备工程师、声学工程师等。

建筑工程设计的本质在于施工前规划建筑施工的能力。同时还需要了解建筑竣工后如何运行，比如如何处理重力、风、地基的地震荷载；如何处理保温、通风、采光，以便打造舒适的室内环境；声音如何反射，如何吸音，以便实现良好的室内声学效果等。

建筑工程在设计时需要预测建成后的效果，所以工程师必须对建筑设计方案能切实根据计划实施拥有足够的信心，这也是工程师需掌握的一项最重要的技能。如果拟建建筑有现成建筑作为参考，则不成问题。但是建筑设计与汽车生产线不同，许多建筑，尤其是大型建筑在诸多方面都有其独特性。建筑工程学历史上，曾将工程师在施工前是否具备这样的信心作为重点进行研究。现在，工程师通常通过电脑生成的能体现各个方面建筑性能的数学模型，来构建这份信心。这些模型有效地存储了工程师数百年来积累的建筑及

材料方面的技术和经验。过去，工程师进行设计时只能凭借个人经验、书本上的工程学和科学知识、按实际大小或一定比例制作模型来试验结果。

规划建筑施工时，工程师还需掌握的另一项重要技能是沟通能力，这不仅仅是为了获取开发者或业主的首要许可，也是为了向施工人员提供指南。依据设计进行施工，有效地实现设计、施工相融合，也是工程师的用意所在。为此目的而采用图纸及比例模型，可追溯到古埃及时代，但直到文艺复兴时期，人们才掌握了在纸面上表现出复杂的三维立体造型的能力；而我们当今使用的正射投影在 18 世纪后期才崭露头角。

纵观历史，建筑设计师的设计通常已经不单考虑功能性需求，他们对结构设计也有高度要求。无论业主是掌控着罗马市民的罗马大帝，还是信奉神灵的宗教领袖，或者是为了彰显其庞大财富的贵族或商人，他们所期待的建成效果都是一致的——比之前的建筑更大、更好。因此，人们常常向建筑工程师提出创新的要求。然而，创新存在风险。第一位建造 20 米跨度的砌体拱券或穹顶的人是在未知领域探险，第二位则不是了。所以，工程师的另一项技能要求便是管理风险，这些风险时常伴随在首次开展作业的过程中。这也给工程师提出了一个问题：如何在不舍弃创新的

前提下，创建必要的信心呢？

意大利文艺复兴时期的工程师、建筑设计师菲利波·伯鲁乃列斯基（Filippo Brunelleschi）深深领悟了这一难题。1420年，为寻求设计师给佛罗伦萨大教堂设计砖砌穹顶，曾举办过一次竞标，该穹顶必须比公元1世纪罗马万神殿（Pantheon）及之后建造的任何建筑的穹顶都要大。伯鲁乃列斯基的想法是：建造穹顶时，无须在大教堂内部设立大体量构件支撑结构。文艺复兴历史学家瓦萨里（Vasari）描述了伯鲁乃列斯基当时是如何提出该方案的。伯鲁乃列斯基的想法史无前例，遭到了当时人们的怀疑，甚至招来了敌意。评审组多次要求伯鲁乃列斯基告知如何实现这一想法，但均遭到拒绝。他表示如果公开后，其他人便会窃用他的想法。最终，为了证实这一点，他要求携带一枚鸡蛋进入房间，并向其他参赛者提出了一项挑战：谁能让鸡蛋在一块平整的大理石上站立起来，谁才有资格建造穹顶。所有人屡试屡败。最后，伯鲁乃列斯基将鸡蛋在大理石上轻轻磕了一下，碾平了一端，便轻松地让鸡蛋站立了起来。其他人纷纷抱怨，如果早知道可以打破蛋壳，他们也会这样做的。伯鲁乃列斯基回答道：“如果我公开了我的计划，你们也会用我的方法建造穹顶。”最终，他赢得了这场竞标，得到了这份工作。

本书聚焦于已建成的建筑工程的多种设计方法，主要探讨的是大型建筑，因为通常是规模越大的建筑越能带来更大的挑战。目前，对于建筑营造历史这一领域的研究未能像对建筑学的历史那样透彻，而且也被土木工程历史方面的许多名著所忽视。而本书则尽可能地探讨了建筑设计师所用的设计方法及流程。这些对于设计工程师而言，正如理论与假设对科学家的意义一样。科学、历史和哲学是业已确立的学术科目，而设计规则和流程的发展却并未受到广大作者的关注——尽管它们是工程师的工作核心。

尽管我并未全面涉及建筑材料、施工方法或工程科学的发展，但是论及建筑工程设计发展时，我也会谈及这些主题。这些主题在很多书籍中已有详细介绍，本书已将其中最优秀的部分列入参考文献当中。同样，我还冒险涉足了工程学其他分支的历史，这些学科亦对建筑工程学的发展有着显著意义。

建筑工程学的发展，同其他技术分支的发展一样，也常见于三千年来各个时期最为繁荣昌盛的国度。我着手的是现代建筑工程设计的起源，所以并不是基于古文明国度，而是主要基于欧洲的科学及技术。本书对于其他文化的科学与技术探讨很少，例如中国、印度、中东阿拉伯文化等。

本书首先重点讨论古埃及和古希腊的地中海东部区域，随后讨论罗马帝国。从中世纪后期至19世纪中期，发展的重心聚集在法国、德国、意大利、英国。17世纪早期，基于科学认识的现代工程学方法在这些国家开始萌芽，1850年左右趋向成熟。

19世纪中期起，大量欧洲人横跨大西洋，他们掌握着建筑工程方面的专业知识，从美国蓬勃发展的商业繁荣中获益，并促进了高层建筑的发展。美国很多地区处于极端的天气环境下，这也提高了美国工程师在室内建筑方面的设计造诣。20世纪初期开始，随着交通及通信条件不断改善，设计师克服了自然壁垒，欧美地区的建筑工程呈齐头并进的发展态势。如果对这两种文化加以区分的话，欧洲建筑师趋向于探索过程的创新，这基本上是出于他们自身的原因；而美洲工程师的创新目的在于获取商业利益。近几十年来，日本及远东地区的其他国家在大幅开发起源于西方国家的诸多理念方面取得了巨大成功。这些文化特征意味着，虽然20世纪的建筑工程方面大量的创新起源于欧洲，但是这些创新主要在欧洲以外的地区实现了巨大的商业效益。

自人类文明的早期，政治经济气候——战争

与和平，已经成为工程发展的风向标。直至 18 世纪，“工程师”一词指的是军事工程师，其工作不仅包括制造武器，还包括设计与建造土方工程、防御工程、军事建筑，以及给水工程，甚至包括改变河道。这个时期的工程师大多数时间都在建造军事项目。在和平时代，工程师的工作重心则通常放在市政或宗教工程上。对于古罗马时期许多市政建筑能够问世，我们要感谢罗马的和平，罗马帝国相对稳定的时期持续了两三个世纪。由伯鲁乃列斯基设计穹顶的佛罗伦萨大教堂是文艺复兴时期意大利诸多建筑中的一个，这段时期的建筑营造停滞了很多年，因为当时人们忙于重建城墙等防御设施，以保护都城免受邻邦愈演愈烈的侵扰威胁。很多古庙、中世纪大教堂、文艺复兴时期宫殿的设计师，都是通过设计建造防御设施或战争武器，而习得技术、获取收入。罗马工程师维特鲁威（Vitruvius）、文艺复兴工程师小桑迦洛（San Gallo）、列奥纳多·达·芬奇（Leonardo da Vinci）便是很好的例子。

几千年来在很多不同区域，对于工程师的术语定义有很大难度。约 1450 年前，用“工程师”“建筑师”表述设计师是不符合当时的实际情况的。在希腊语和拉丁语中，“工程师”的现代概念有多种表述方式。古希腊词汇“architekton”并不是我们现在所指的“建筑师”，更确切的译法应该是“建造者”，甚至是“施工经理”。我所用的“建筑设计师”是为了尽量减少词义混淆，当然也不完全符合当下的情形，且不能说明就有这样的职业，但是它表达了我所指的意思。

对时间的表述从来让作者们困扰不已。我查阅了各类标准出版书籍，比如巴尼斯特·弗莱彻尔（Sir Banister Fletcher）的《建筑史》（*A History of Architecture*），以及各个时期专业作家的著作，发现专家们各持己见，对同一建筑的时间表述往往不一致——一项设计可能比竣工早 1 年到 100 年。我想尽力避免一些简单错误，但是大部分建

筑的起源复杂，且学者们总是在重写历史。建筑及其理念的来源问题同样也具有高度主观性。科学方面的伟大理念，例如力学、温度，通常需要大量人士经过数十年甚至更久的时间开发。同样，所有大型建筑通常需要大班人马参与设计，这些人很多都自始至终地投入其中。事实上，要具体找出一个建筑的创作源泉是不可能的，即使今天也是这样。所以，我把精力放在所取得的成果上，而非取得成果的具体某个人上。

漫步在工程学历史的发展道路上，我常常惊讶地发现：前辈们具有相当高超的技术和独创性，某些早期的建筑在我以及很多人看来都可与近期建筑或者新建筑相媲美。从而，我的目标便是歌颂著名人士的成就（很遗憾，20 世纪以前妇女在工程学历史上很少露面），与大家共同分享我在学习建筑工程学历史的过程中感受到的疑惑、震撼与谦逊。

比尔·阿迪斯

第1章

上古时期的 建筑与工程

公元前1000
—500年

人物与事件

材料与技术

约公元前1500年，庙宇和皇宫开始使用大型柱、梁

约公元前1500年，中国开始使用大型中空的青铜铸件

公元前1400年，据目前了解，出现第一个砖拱（0.8米跨度），位于美索不达米亚乌尔城

约公元前1200年，开始进入铁器时代

知识与学习

设计方法

约公元前1000年，几何学设计方法开始用于建筑中

设计工具： 图纸、计算

约公元前1000年或更早，埃及、希腊、罗马开始应用平面图、立面图、缩比模型

约公元前1000年或更早，中国、印度、中东以及地中海周边国家开始使用算盘

约公元前1000年或更早，出现应用尺子、圆规的几何学计算

建筑

约公元前1780年，巴比伦《汉谟拉比法典》（*Code of King Hammurabi of Babylon*）中出现建筑法

约公元前1600年，迈诺斯（*Minos*）、克诺索斯（*Knossos*）、克里特（*Crete*）国王王宫

约公元前1300年，埃及卡尔纳克阿蒙神庙（*Temple of Amun*）

1700

1600

1500

1400

1300

1200

1100

1000

900

800

| | | |
|--|---|--|
| 约公元前720—前320年，古希腊时代 | 约公元前320—前100年，希腊化时代 | 约10—75年，亚历山大海伦（Heron，工程师） |
| 约公元前725—前700年，《荷马的伊利亚特》（Homer's Iliad） | 公元前300年，欧几里得（Euclid，几何学家） | 79年，维苏威火山爆发，埋葬了赫库兰尼姆和庞贝 |
| 约公元前640—前546年，泰利斯（Thales，几何学家） | | 55—130年，阿波罗乌罗斯（Apollodorus of Damascus，工程师） |
| 约公元前582—前507年，毕达哥拉斯（Pythagoras，几何学家、科学家） | 约公元前287—前212年，阿基米德（Archimedes，工程师、物理学家） | 395年，罗马帝国分裂为东西两部分 |
| | 约公元前280—前220年，拜占庭菲隆（Philon，工程师） | |
| | 约公元前285—前222年，亚历山大西比乌斯（Ctesibius，工程师） | 410年，罗马帝国被侵占 |
| 约公元前429—前347年，柏拉图（Plato，哲学家） | 约公元前80—前25年，维特鲁威（工程师） | |
| 约公元前428—前347年，阿尔库塔斯（Archytas，首部力学教材的作者） | 公元前27年，奥古斯都（Augustus）称罗马皇帝 | |
| 约公元前720年，据目前了解，出现第一个砖砌筒形拱顶，位于亚述 | | 约公元前150—50年，砌石拱导沟渠开始用于罗马给水系统 |
| | | 约公元前100年，开始采用木屋顶桁架 |
| 约公元前500年，开始采用反应弯曲力矩的石梁 | | 约公元前100年，建筑开始使用砖石砌拱 |
| | | 约公元前100年，开始使用砖石砌穹顶 |
| | | 约公元前100年，开始使用玻璃窗 |
| | | 约公元前80年，开始通过管道系统进行中央供暖（热炕系统） |
| | | 约公元前50年，建筑开始广泛使用水硬水泥和锻铁 |
| | | 约公元70年，赫库兰尼姆浴室采用双层玻璃 |
| | | 约公元80年，据目前了解，出现最早通过温室效应进行建筑取暖的实例 |
| 约公元前600年，开始出现数学及科学方面的书籍 | | 约公元前25年，维特鲁威的《建筑十书》（关于建筑、军事工程的书籍）问世 |
| 约公元前400年，开始出现机械学及工程学方面的书籍 | | |
| 约公元前500年，毕达哥拉斯发展了声学科学 | | |
| | 公元前290年，托勒密·索特（Ptolemy Soter）创立了埃及亚历山大“博物馆”（大学） | |
| | 约公元前230—646年，西比乌斯（Ctesibius）创立了埃及亚历山大工程学校 | |
| 约公元前450年，武器及建筑设计开始使用数字设计法 | | |
| 公元前500年或更早，出现分数计算 | | |
| 约公元前700年，赫拉、奥林匹亚、希腊神庙（首座大型多立克式神庙） | | 约72—80年，意大利罗马的弗拉维剧场（Flavian Amphitheater）或称罗马圆形大剧场 |
| 约公元前600—前270年，世界七大奇迹（不包括金字塔） | | 约104—109年，罗马图拉真浴场（Baths of Trajan） |
| 约公元前447—前438年，希腊雅典帕特农神庙 | | 约112—113年，罗马图拉真柱（Trajan's Column） |
| | 约公元前200年，楼岛（Insulae，罗马公寓式建筑） | 约118—126年，罗马万神殿 |
| | | 约126—127年，北非艾德里安浴场（Baths of Hadrian） |
| | | 211—216年，罗马卡拉卡拉浴场（Baths of Caracalla） |
| | | 约298—306年，罗马戴克里先浴场（Baths of Diocletian） |
| | | 308—325年，罗马马克森提斯/君士坦丁大教堂 |

700 600 500 400 300 200 100 BC 0 100 AD 200 300 400 500

| | |
|----|---------------------------|
| 13 | 希腊时期前的建筑与工程 |
| 16 | 古希腊时期的工程与建筑 |
| 21 | 古典时期的数学、科学、工程学 |
| 25 | 古希腊时期的工程师 |
| 27 | 罗马时期的工程与建筑 |
| 28 | 马卡斯·维特鲁威·波利奥 |
| 30 | 维特鲁威谈希腊设计流程 |
| 31 | 维特鲁威谈环境设计 |
| 33 | 维特鲁威谈声学与剧院设计 |
| 34 | 罗马工程遗产 |
| 40 | 罗马公寓式建筑：楼岛 |
| 43 | 罗马供暖设计与环境设计 |
| 44 | 罗马帝国的“宏伟工程” |
| 46 | 弗拉维剧场或称罗马圆形大剧场（约 72—80 年） |
| 48 | 阿波罗多罗斯及图拉真皇帝与哈德良皇帝的“宏伟工程” |
| 49 | 图拉真广场与市场（约 98—112 年） |
| 49 | 图拉真柱（约 112—113 年） |
| 49 | 图拉真浴场（约 104—109 年） |
| 51 | 万神殿（约 118—126 年） |
| 55 | 卡拉卡拉浴场（211—216 年） |
| 60 | 晚期罗马拱顶结构 |

上古时期的建筑与工程

公元前1000—500年

希腊时期前的建筑与工程

以往，施工通常使用一两个人就可以搬运的木材、泥砖、小石子。后来人们开始应用大型石材，此时用“工程”描述建筑设计、施工更为适宜。搬运大型石材，将其放置在适当位置要求相当高的技术。古埃及时期，约公元前2500年，人们采集搬运了230万块石头（每块重约2.5吨^①）在吉萨建造基奥普斯（Cheops）大金字塔（又称胡夫金字塔），如何完成这一巨大工程成为人们不断思索的问题。当时建造时，并未使用升降机吊起石块，人们通过坡道及各类楔子、杠杆滚动石块，大大减少了所需力度，一个人即可操作移动一个大石块。约在同期的英国，人们将20吨左右的石块吊至6米高建造巨石阵。约公元前1500年，埃及工程师甚至可以采集、搬运并将有三块石材的方尖碑提升到位，每块石材重达450吨。后来其中一块（人们称为梵蒂冈的方尖碑）从埃及被移走，在罗马重新竖立，移动重建也是工程领域的一大壮举（见第3章）。

众所周知，建造大型石材结构的建筑需要高深的机械知识，而测量、估算的技巧同样相当重要。施工时，人们需要通过这些技巧加工形状相宜的石材，并在现场进行平面定位，其间很有可能涉及太阳与天文星座。比如金字塔，设计者需

要规划内部各个房间和通道的形状及布局，施工时，也需要相当高深的几何学知识及熟练的三维立体测量技术。此外，切实的规划、管理能力也必不可少，用以组织、指挥、激励十几万名工人在20年间完成如此巨大的工程。有了这些技术知识，古代工程师便可在开工前对大型项目进行规划——用现代的话讲，就是进行设计。所以，建筑工程学的历史可以说是工程师规划或设计建筑的历史，是工程师逐步准确地预测未来的历史。

据人们所知，约公元前450年，受希腊文明的影响，地中海东部地区出现了结合数学、工程科学的按照先后程序设计的实例。数学及大型建筑与城市设计的艺术也由印度、中东地区引入欧洲。事实上，最早的建筑艺术书面实例出现于约公元前1780年的巴比伦的《汉谟拉比法典》。³ 该法典由巴比伦首位统治者汉谟拉比（公元前1792—前1750年在位）制定，覆盖了社会的各个方面，例如，具体的建筑法律阐述了专业分工理念及此类工作需要具备的特殊技能等。

这一时代保存最完好的遗迹位于地中海的克里特岛。当时处于米诺斯人昌盛的时期，在公元前1800年至公元前1600年发展到了顶峰。建于克诺索斯的米诺斯王宫，规模虽然并不庞大，但其为皇家成员提供的舒适度在当时却是首屈一指²