

LEONARDO'S MACHINES

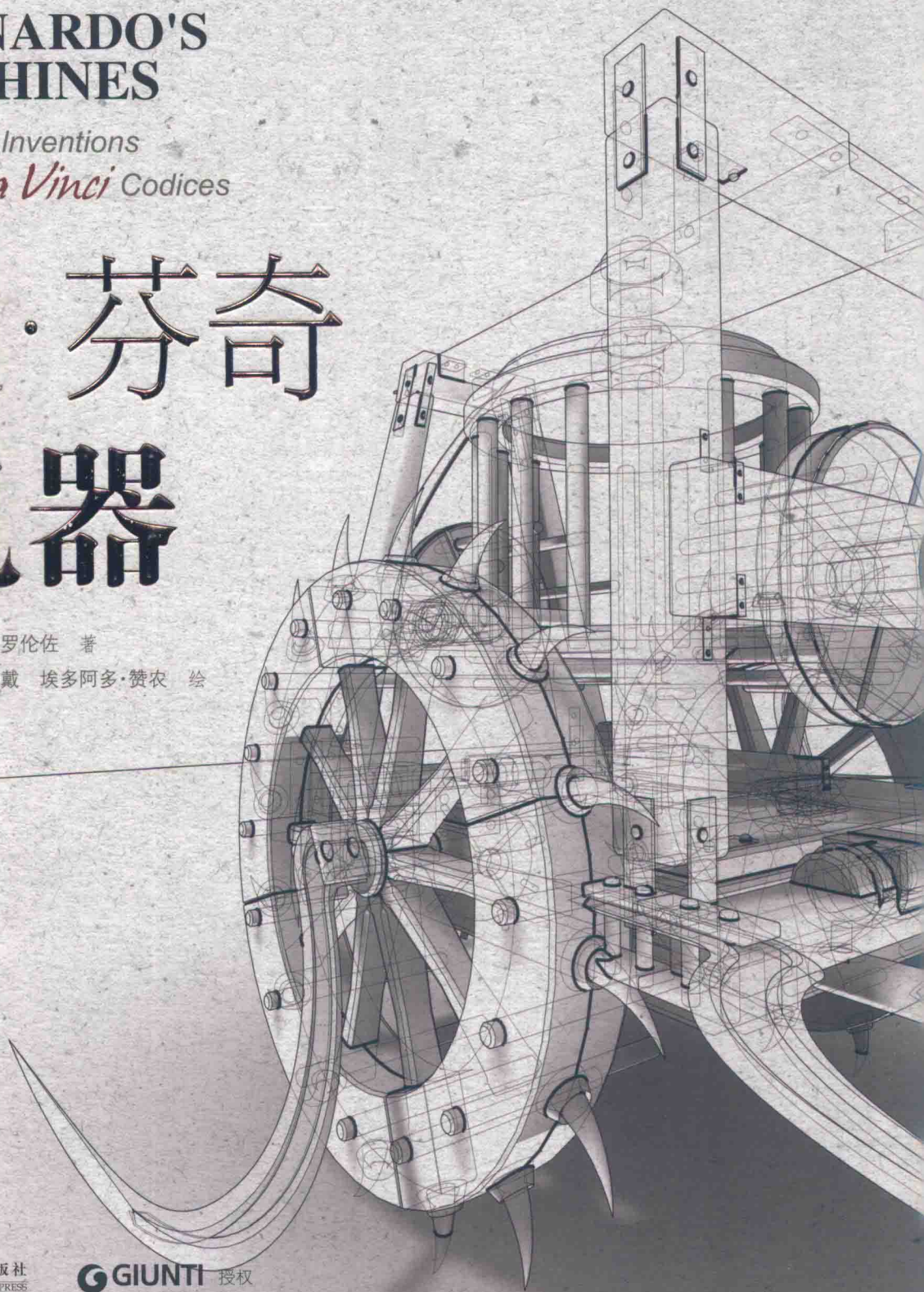
Secrets & Inventions
in the *Da Vinci* Codices

达·芬奇 机器

(意) 多米尼哥·罗伦佐 著

(意) 马里奥·塔戴 埃多阿多·赞农 绘

胡炜 译



DA VINCI
达·芬奇 **机器**
LEONARDO'S
MACHINES

*Secrets & Inventions
in the Da Vinci
Codices*

(意) 多米尼哥·罗伦佐 著

(意) 马里奥·塔戴&埃多阿多·赞农 绘

胡炜 译

 南方日报出版社
NANFANG DAILY PRESS
中国·广州

图书在版编目 (CIP) 数据

达芬奇机器 / (意) 罗伦佐著 ; (意) 塔戴, (意) 赞农绘 ; 胡炜译. —广州 : 南方日报出版社, 2015.4
ISBN 978-7-5491-1220-3

I. ①达… II. ①罗… ②塔… ③赞… ④胡… III. ①科学技术—创造发明—图集 IV. ①N19-64
中国版本图书馆CIP数据核字 (2015) 第033780号

Original Title: "LE MACCHINE DI LEONARDO Segreti e invenzioni nei Codici da Vinci"

Copyright © 2005 by Giunti Editore S.p.A., Firenze-Milano

www.giunti.it

Simplified Chinese Edition © Guangzhou Anno Domini Media Co., Ltd.

Chinese Translation & Guangzhou Anno Domini Media Co., Ltd.

All rights reserved 版权所有 侵权必究



达·芬奇机器

DAFENQI JIQI

作 者 : (意) 多米尼哥·罗伦佐 (Domenico Laurenza)
绘 者 : (意) 马里奥·塔戴&埃多阿多·赞农 (Mario Taddei & Edoardo Zanon)
译 者 : 胡 炜
责任编辑 : 阮清钰
特约编辑 : 蔡 静
装帧设计 : 唐 薇 梁振兴
技术编辑 : 郑占晓

出版发行 : 南方日报出版社 (地址 : 广州市广州大道中289)

经 销 : 全国新华书店

制 作 : ◆广州公元传播有限公司

印 刷 : 佛山市华禹彩印有限公司

规 格 : 787mm × 1092mm 1/16 16印张

版 次 : 2015年4月第1版第1次印刷

书 号 : ISBN 978-7-5491-1220-3

定 价 : 76.00元

如发现印装质量问题, 请致电020-38865309联系调换。



前言

presentation

在过去100年里，达·芬奇设计的那些奇妙的机器引起了人们越来越浓厚的兴趣，甚至令人陶醉痴迷。而关于这些机器的书籍和小册子也多了起来——它们争相向读者保证，能揭示天才设计师那惊人的超时代创举。与此同时，谁都可以办一个“发明家达·芬奇展”，每座历史名城都能开一个所谓的“达·芬奇博物馆”。这些博物馆的展品常常和达·芬奇没什么关系，但是馆长们口气都挺大的，整天在指责所谓“达·芬奇世界”里的骗子。如今，研究达·芬奇的大环境变得越来越热烈，但质量却越来越低劣。这是“达·芬奇过热”带来的“反噬”。丹·布朗（《达·芬奇密码》作者）在达·芬奇的世界里进行了一场异想天开的旅行，他的成功更加刺激了人们的贪婪。

然而，本书却并非“达·芬奇热”的产物。

首先，它把达·芬奇的技术图纸用有效的电脑视觉图表现了出来。图形转换过程中出现的一些变形也是合理的，因为有时候达·芬奇的技术分析方式非常复杂，这些变形有助于人们理解原图中难以理解的意图。如果变形是不可避免的，那么，就应该用更高端的图形模式来“转化”原稿。用通俗易懂的方式来展现和“转化”原稿，也正是达·芬奇本人的追求。塔戴和赞农使这些机械图稿更为完美，更容易理解，也更具有穿透力。在图像的表达力度方面，达·芬奇也做过同样的尝试。从他的手稿中可以看到，他竭力使自己的草图能够表现出对机械和分析过程、思考结果以及创新的概念。事实上，这本图册的独特之处就在于，它完全实现了达·芬奇本人的目标——将这些极为复杂的设备清晰、完整地展现出来，不仅是它们的构造，还包括它们的运作原理。他所借助的绘图手段（俯视图、透视图、爆炸图、运动序列模拟图、力线示意图、以明暗对比的方式来突出接触面等），以前没人想过把它们结合成一个体系，更没有人想过把它们运用于复杂的机械设计。

美丽的达·芬奇机器被赋予了数码语言，摆在本书的书页中，呼之欲出。它反映了达·芬奇展示这些机械的本意和目标。这些“被分解”的机器，可以通过透视图和爆炸图模式，显现出藏于内部的装置，与达·芬奇美妙优雅的手稿交相辉映。虽然它们并非由大师那只无可替代的妙手绘成，但是谈到清晰易懂，这些数码图似乎更胜一筹。

除了把达·芬奇的原图大胆地用三维图像表达出来之外，本书所选择的机械也没有重复那几部老套的“名作”。传统的达·芬奇书籍有一个共通点：它们执着地描述着有限的几部机器，以至于形成了一种套路，用来渲染达·芬奇是一个超越时代的天才。这些机器包括飞行器、潜水艇、直升机、装甲坦克车、汽车以及最近成为热门话题的“自动车”。

然而，在这本书里，我们的视野拓宽了。塔戴和赞农非常仔细地检视了达·芬奇的手稿，而罗伦佐则用客观的语言对手稿进行了阐述。因此，本书为读者提供了一些市面上相关书籍里没有的东西。读者可以发现一些新的设备，它们不见得多么超前，也不见得多么惊人，但是却能告诉你，达·芬奇曾经尝试过解决什么问题，又是如何利用才华解决了这些难题，并将它们运用于实践之中。

即便是展现大家所熟知的发明，本书的插图也非常客观，并且罕见地从技术层面进行了分析。例如，飞行器里面的部分机械，以及所谓的“汽车”的研究等，书中都提供了大量的例图。而这些例图都是根据历史手稿，以精确的数码形式再现的。

在有关飞行器的这个章节中，多米尼哥·罗伦佐的文字介绍起到了重要作用，手稿、呼之欲出的数码图和文字资料相得益彰。这些文字不仅提供了手稿的背景资料，还清晰地讲述了绘制的年代和目的，并且将它和同时期的达·芬奇手稿进行了横向对比。塔戴和赞农的数码图则将达·芬奇原本神秘的素描转换成透视图，不仅清

晰地展现了运行机制，还提供了运行顺序图。由于运用了三维效果，读者就像看到模型在运转一样。

参照所谓的“汽车”手稿，把达·芬奇笔下复杂的线条转换成能看懂的图画，这本身就是一项“不可能完成”的任务。“汽车”是一个大胆的创新，每个细节都要很精确。大师凭借惊人的洞察力，展现了如何将弹簧马达的能量转化为动力的复杂过程。卡罗·佩德雷蒂对原稿进行了长期的研究，而马克·罗斯海姆则运用机械学原理，终于对这个设计做出了合理的诠释。在这里，塔戴和赞农不仅清晰地展示了“汽车”的结构，同时解析了达·芬奇1478年构思的“可操控车”原理。他们确信，这个大胆的设施是为文艺复兴时期的皇室节日设计的，为的是让参加庆典的人感觉耳目一新。

感谢塔戴、赞农和佛罗伦萨科学历史博物馆的合作，同时感谢坎比亚诺信用合作银行的鼎力支持，我们才能将达·芬奇的“汽车”做成真正的、可以开动的模型，并带着这个模型进行了一场极为成功的世界巡回展（见：<http://brunelleschi.imss.fi.it/automobile>）。在本书内关于达·芬奇“汽车”的章节中，塔戴和赞农细致地运用了一种极为生动的图像模式。由于这种模式的运用，即使读者不是机械结构的专家，也能看懂设计的复杂过程和巧妙的机械方案。罗伦佐简练的介绍和描述，加上塔戴和赞农的精致数码图像，最终使达·芬奇的设计变得可信、可懂。绘制这些图像的目的，不仅是为了提供三维的画面，同时也是为了谨慎细致地将机械进行结构分解，把不同的部件拆分开来，使每一件都清晰地展现在读者面前。读者就像拿到了一套真正的模型，可以在脑海中拼接和拆卸。

这种表达方式不仅精美、清晰，我们必须强调的是，它体现了达·芬奇当年的渴望。达·芬奇认为，绘制一台机器，就是要把

它分解到最细致的零件，对其进行精确地“解构”，从而体现出它的全局和细节。因此，达·芬奇采用了前所未有的绘图方式。他的机器手稿，绝非仅仅是一个让人摸不着头脑的“雕塑”。他的目的是有效地解释机械的运作方式——通过对静态构件的展现，来阐述构件之间的动能转换。我们必须指出，达·芬奇的绘画方法之所以超越时代，正是因为他设计的机器几乎是“运动”着的，并且这种绘画方法最终驱动了动画和电脑动画的诞生。而运用这些手段对达·芬奇原稿进行升华，也符合他本人的意志。达·芬奇的画结合了科技想象，人们需要运用新的绘画概念去理解。这种新概念必须整合知识、通俗易懂，不仅能展现机械的外观，同时要能展现它的运作原理和内部构造。达·芬奇之所以伟大，在于他在机械概念上的创新，而不是因为他发明了某件神奇的机器。他是第一个把机械绘图当作分析和研究工具的人，在他之前，机械绘图只能够达到展示外观的效果。GIUNTI出版的这本图册可以帮助我们了解达·芬奇对现代机械文明的巨大贡献：运用严格的绘画法则，他创造出了一种精准的视觉语言。

佛罗伦萨科学历史博物馆馆长
帕奥罗·格鲁兹

简介

Introduction

今天，达·芬奇留下的只有他的画作。即使他设计的机器曾经存在过，而今也无一幸存。从设计到施工的过程中，达·芬奇肯定使用过三维模型，而这些模型同样没有遗留下来。他的部分绘画作品也遭遇了类似的命运，如油画《安吉里之战》，留存后世的只有无数草图，最终的作品却消失在历史之中。

然而，假如时光保留下来的只有那些机器，我们的损失将更加巨大。他的许多设计仍然处于构思阶段，绘画则是它们最理想和完整的载体。对于过去的许多发明家来说，能了解机械图的本质含义、机械的运作目的和方式、零件之间的关系就已经足够了。

达·芬奇画草图有两个目的，其中“设计机器”并不是最重要的。对他来说，更重要的是掌握绘图形式背后的意义：机械设计理论以及如何运用图像把这些理论表达出来。达·芬奇设计的许多机器，包括最壮观的那些，都只不过是他图像研究的试验品，都是他运用图像来表达理论的尝试。例如，《巴黎手稿B》80r（与飞行器同组）上绘制的所谓“飞船”，是达·芬奇人体潜能系列研究的巅峰之作。与其说它是一个飞行器的设计稿，不如说它是一种构想，如何使人调动全身所有部位的能量。从这个角度来看，人们就不难解释为什么达·芬奇的许多设计看起来都像是痴人说梦，很难被付诸实践。事实上，这些机器的实际大小、形状和规格，都可能和设计稿上的不一样。

在15世纪以前，“工程师”这个概念依旧很不明确——他们仍然被归为工匠阶层。绘画对知识的价值，直到15世纪才被广泛认可。罗伯托·瓦初里奥（Roberto Valturio，1405—1475）在《军事艺术》一书中，就利用绘图重塑了大量的古代战争机械，后来这些图片便成了研究文献学的工具。佛朗契斯科·迪·乔吉奥（1439—1501）则清晰地阐明，机械绘图是知识表达的工具，是技师和工程师们的一种表达方式。除此之外，他还强调了在机械制造过程

中，使用三维模型的重要性。他写道：“用绘图来表现所有细节是很困难的，因为各种不同形状的零件要分别绘画，然后叠加在一起，这几乎是不可能画出来的。因此，应该把所有零件都做成模型。”（《论建筑》，*Treatise on Architecture*）。

很明显，达·芬奇打破了乔吉奥所说的这种局限性。虽然达·芬奇在所有研究中（机械、绘画、解剖）都使用模型，但他似乎把重点放在了绘图上，因为他明白绘图在设计和认知方面的价值。瓦萨里在《艺苑名人传》中阐述了绘画的本质，并引用了一句古希腊名言：“熟练的画家只需窥得一斑，就能画出全局；得见雄狮雕塑的一爪，即能雕出全狮。”瓦萨里认为，这句话表现了画家们的思维能力。在他看来，虽然绘画是通过体力达成的，但是它实质上是一项脑力工作：“经过认知，画家的头脑里形成了某种概念和判断，并且用手，通过绘画的方式把它表达出来。”这句话无疑为绘画艺术和绘画行为下了一个崇高的定义。而绘画作为达·芬奇最擅长的表达形式，被他运用到艺术、科学和技术领域。想要了解达·芬奇画作的知识价值，就必须了解达·芬奇的绘画概念，然后带着这个概念来欣赏他的作品。众所周知，他发明了晕涂法（一种绘画技巧），区别于用线条和鲜明的界限来圈住画作中的人物。事实上，从光学角度来说，人的肉眼是看不见尖锐的线条的；而从哲学的角度看，达·芬奇认为不可能绝对真实地界定出任何一个表面和物体的外部边缘。他写道：“一个物体的外部边缘根本就不属于这个物体本身，因为一个物体结束，另一个物体即出现……因此这些边缘事实上是不存在的。”每个物体都被空气包裹，因此从该理论角度来看，它们的外部极限是不存在的。如果物品没有外部极限，这就意味着达·芬奇在绘画的时候清楚地知道，他不是尽可能地描绘现实，而是在“重塑”现实，抽取现实的神髓。在绘画中模仿现实，就不能够看见画笔的笔触；一幅绘画中的机器，则应该属于思维和抽象的范畴——从他设计的“真实度”判断，这种想法值得思考。

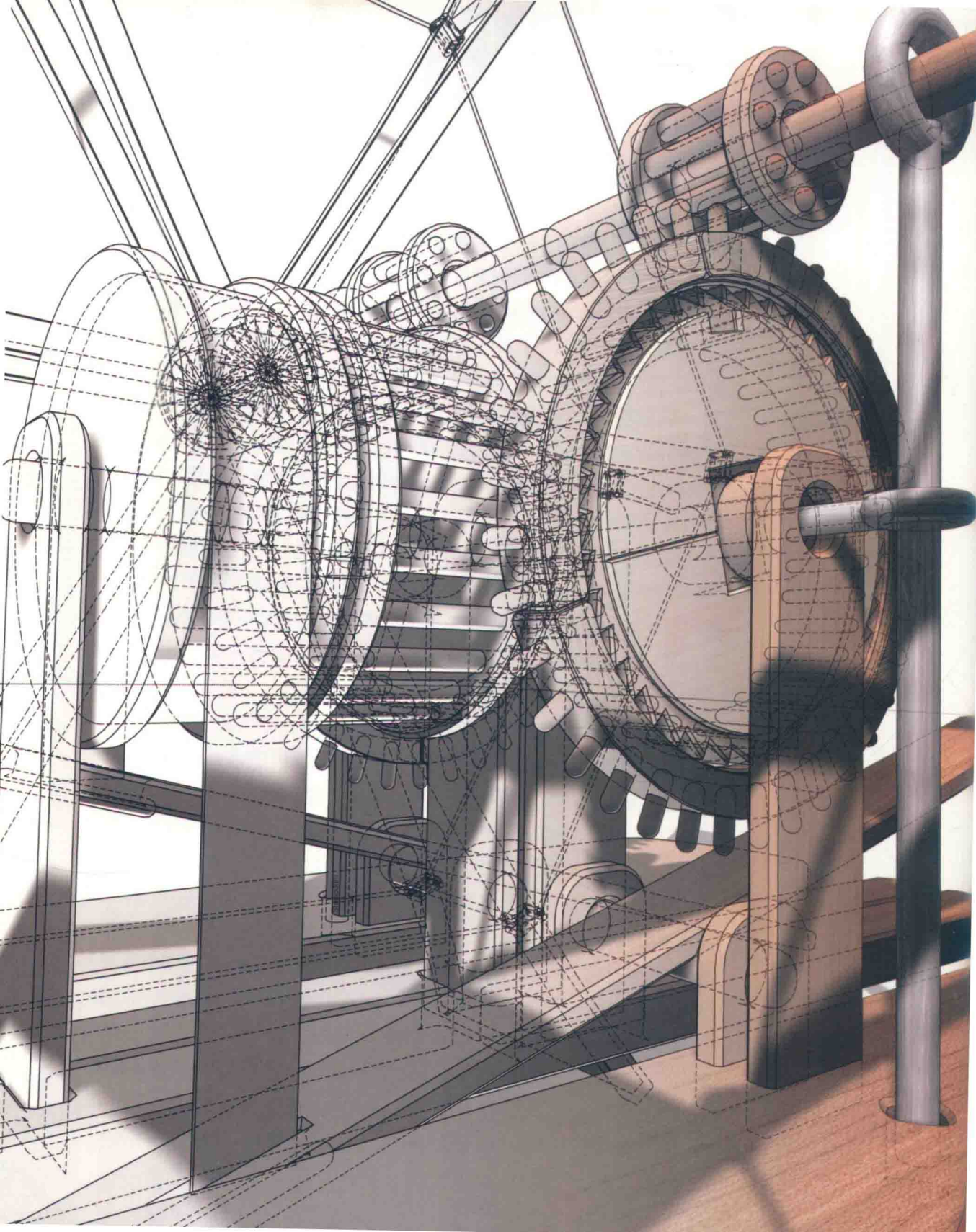
公元1513—1516年，达·芬奇应罗马教皇利奥十世邀请旅居罗马。教皇的弟弟朱里亚诺·德·美第奇请来一位技师给他当助手。这位仁兄常常索要额外的报酬，喜欢四处游荡，很少待在作坊里。最麻烦的是，他总是把大师

的设计信息透露给外人，这给达·芬奇三年的罗马生活添了不少烦恼。为了解决这个问题，达·芬奇给朱里亚诺写了一张相当狡黠的便条：“此人要求把原来的木质模型做成铁的，以便带回德国。我拒绝了。我告诉他，如果他想做，我就给他画出机器的宽度、长度、大小和形状。因此，我们的关系变坏了。”（《图谱抄本》671r）这段话非常重要——如果解读得当，能使我们获得一些有趣的信息。助手要求达·芬奇提供一些机器的木质模型，以便用铁来制作一套。达·芬奇拒绝提供模型，而是提供了绘有机器“长度、宽度、大小和形状”的手稿。手稿很可能是透视图或者多视角视图，以便提供机器制作的信息。但是，由于达·芬奇信不过他，提供手稿的做法则别有深意。助手之所以索要三维模型，是因为他懂得如何依照模型仿造。而解读比例图就没那么容易了，他可能需要大师的帮助。假如他拿到的是图纸，达·芬奇就能够避免泄露太多的设计秘密。由此看来，大师之所以偏爱绘图，也许还有另外一层原因：它比三维模型复杂许多，解读它需要特殊的理论知识（例如构件之间的大小比例）。图纸的使用把现代工程师和传统工匠区分了开来。通过绘图，工程师认为自己除了有灵巧的双手，还有一个聪明的头脑。

通过研究，达·芬奇的许多机器已经被制作成三维模型，在各地博物馆展出。人们在重塑的过程中，必须考虑到这些机器的本质，也就是它的实用价值。事实上，大部分研究只关注它们的实用价值，而忽略了这些手稿背后的知识层面——也就是它们最重要的一面。试问，有没有可能在展现这些机器的同时，也突出原始图像的重要性呢？

塔戴和赞农在书中以三维模型的方式展示机器，以便凸显出它们在机械方面的重要性。同时，他们运用了大量的视觉效果（多视角视图、爆炸图、箭头等）来强调达·芬奇的绘画细节。每部机器的介绍文字都有意强调了这两个方面。随着达·芬奇各种发明、展览和相关书籍的日益增多，帕奥罗·格鲁兹馆长最近提到要搞一场“哥白尼式的革命”：把达·芬奇的绘画放在核心位置，模型则应该扮演次要的角色。在不损害机械意义的基础上，本书的目的，也正是想尝试这样一场“革命”。

多米尼哥·罗伦佐



简介

Introduction

左图
明轮船的技术细节，
使用踏板动力。（见
本书第125页）

介绍达·芬奇机器的新书？作为人类历史上最著名的科学家，他真的需要一本新书来展示他的发明吗？人们对他的机器已经耳熟能详，市面上相关的书籍更是多如牛毛。

然而，达·芬奇的科技遗产是人类无穷无尽的灵感宝藏，这位科学家的毕生之作，几乎是不可能完全被人类所把握的。即便是最有名的机器、最精心重现的模型、最权威的展品，背后仍然隐藏着等待人们发现的秘密。即使是今天，这些文艺复兴时期的机器，仍然会让研究它们的人感到惊奇。不论是谁，包括我们自己，甚至达·芬奇本人，都意识到他设计的项目是不可能被完全实现的。在编写本书的过程中，每当我们认为已经完全正确地解读了机械的运作，另一页手稿上的某句话或者某个速写总能让我们清楚认识到，还有别的解决途径可以采取、新的概念需要理清、新的发展方向需要考虑。当我们确信明白了某部机器的结构和功能时，最后一秒钟发现的某个小细节往往能推翻前面所有的研究成果。在研究所谓的“汽车”时，就发生了类似的情况。而对这部机器的研究已经困扰了学者们长达一个世纪之久，其中包括达·芬奇专家西门萨（Semenza）和卡尼斯垂尼（Canestrini）。在佛罗伦萨科学历史博物馆的协助下，我们开始着手研究这部机器。大家很快发现，如果严格地按照达·芬奇绘制的线条来制作模型，所有部件都能精确地组装在一起——这让参与工作的每个人都觉得惊讶和着迷。也许，以往的学者们并没有意识到要这样做。必须承认，在2004年之前的许多博物馆展品，都没能表现达·芬奇本人的意图，最关键的是，这些机器无法运作。而我们的研究则有着坚实的基础：一方面，我们依靠马克·罗斯海姆的正确诠释；另一方面，帕奥罗·格鲁兹、卡罗·佩德雷蒂等专家给我们提出了许多宝贵的建议，使我们最终能准确地做出参考模型，并完成机器的最后组装工作。也许这部机器并不美观，但是却能够完美地运行。当时，研究工作已经接近尾声，费奥伦蒂尼工作坊正在

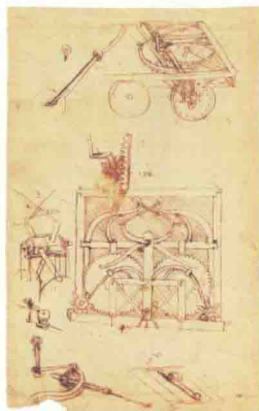
给用于巡回展览的模型做最后一道工序。我们在观察手稿的时候，偶然发现页边上的一幅小图：它画的应该是一个刹车！这是一个令人难忘的时刻。这幅小图被隐藏在一幅速写的下面，它证明，即使是手稿中的几根线条，也能为整部机器带来新的元素。达·芬奇的“汽车”并不是现代的运输工具，而是一种戏剧道具。它本身应该是一个更复杂、更大的项目，因为它的动作可以预先设定，并且能够完成一些剧场特效。这个小细节还揭示了机器的操作方式，操作员躲在侧翼，用绳索操控。他可以松开刹车，让机器自动地滑到观众面前。

在这本书的编写过程中，我们对每一部机器都做出了超过50种假设。每一种假设我们都会以客观的态度来对待，并且期待有新的细节被发现，带来新的启发。但我们认识到，即使是达·芬奇最著名的设计，也没有完全被人们所理解。而这本书里绘制的机械，也仅仅是从我们研究过的资料中得出的结论。想要确定机器的用途，深入地了解它们，并且把它们再现出来，一年时间是远远不够的。虽然电脑绘图在科技界并不陌生，但是我们认为，要重现大师的想法，就必须使用创新的方式。我们用于绘制图像的工具并不特殊，也就是大家常见的制作商业游戏和电影特效的软件。这本书的创新之处在于，我们用这些技巧创造出一套新的视觉语言。它不是一次划时代的革命，但称得上是一座桥梁，能够连接古代文明与现代世界，连接博物馆和游戏机室，最终把达·芬奇的书稿和迷恋电脑游戏的年轻人连接在一起。我们经常遐想，达·芬奇会用多媒体和现代设计工具做些什么？也许达·芬奇和电脑游戏之间，并没有那么大的距离。他的一些项目，包括运河上的起重机、凿铍机、平转桥等等，绘图风格非常直接简练，使人不禁为之着迷。他曾经在《温莎手稿》19071r中写道：“哦，诗人，用什么样的文字，才能像绘画一样，如此完美地表达整体形象？”

一旦数码模型完工，我们便会把它放在原图上比对。我们常常

图 1

《图谱抄本》812r，
偶然发现页边上的一幅小图。



惊讶地发现，部件之间贴合十分紧密。对于那些不用铅笔，而使用无
形工具的画家来说，这一点十分重要。每当此时，我们会意识到自己
在正确的道路上探索，我们用于解析机械运作的工具也是正确的——
几乎可以肯定，达·芬奇如果活到今天，也会做出同样的选择。通过
利用电脑和数码技术，我们逐渐向他的设计方向摸索，而我们表现出的
第三个维度，在他设计的时候，肯定也存在于他的脑海之中。正因为
这样，我们用他的名字给自己的网站命名：www.leonardo3.net。这
本书从视觉上“讲述了”达·芬奇发明的30多种机械，其中一部分从
未被发表过。事实上，在这本书编写过程中，参考的手稿远远超过了
书中看到的部分，因为要正确理解一部机器的原理，必须借助大量的
原始文件，同时对达·芬奇所有的作品有一定的了解。

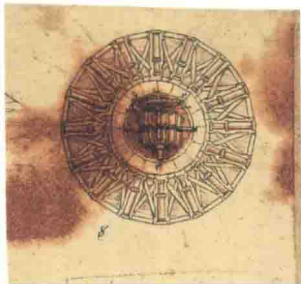
在此，我们希望感谢塞尔吉奥·琼蒂、帕奥罗·格鲁兹、卡罗·佩
德雷蒂和克劳迪奥·佩斯西奥先生，感谢他们对这本书的信心；同时，
也感谢所有和我们共同努力，为本书做出贡献的人：菲利斯·曼西诺、
加百列·佩尔尼、贾科莫·吉安内拉、克里斯蒂娜·卡拉莫里以及米歇
拉·巴尔德萨利。

马里奥·塔戴
埃多阿多·赞农

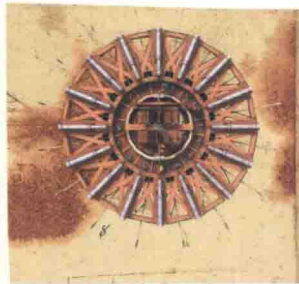
图2和图3

达·芬奇绘制的CA 1r
手稿以及叠加在上面的
三维齐射炮模型。

2



3



001 飞行器 *Flying Machines*



机械翼运作原理

《图谱抄本》1051v
1480—1485 年

使机械翼往复或环绕运动的装置。在这页手稿中，绘制了许多类似的装置。它们是理解达·芬奇飞行器运作原理的关键。

- 第 7 页 -

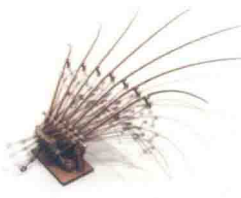


蜻蜓翼

《艾仕本罕手稿 I》10v
约 1487 年

这张手稿原本是《巴黎手稿》的第一页，而《巴黎手稿》基本上是达·芬奇用于研究飞行器的。据推测，这位芬奇镇的天才是受到了大自然的启发，才开始研究飞行。他观察的对象包括昆虫和蜻蜓。

- 第 11 页 -



扑翼

《巴黎手稿 B》88v
1487—1489 年

这是一台处于试验阶段的机器，用于验证人是否具备足够的力量来扇动翅膀。这台机器可能还有一个用途，即测试在强烈运动的状态下，机械翼会有什么样的反应。

- 第 15 页 -



螺旋桨

《巴黎手稿 B》83v
约 1489 年

人们通常认为，这个装置是现代直升机的前身。它之所以有趣，并非因为它是一个全新的机械方案，而是因为达·芬奇用它在水中做了模拟实验。达·芬奇认为，空气只是一种更稀薄的液体，而机器可以像拧螺丝那样，旋转着向上推进。因此，把这部机器称为“直升机”是不合适的，“螺旋桨”则是一个更贴切的名称。

- 第 23 页 -

002 战争机械 War Machines

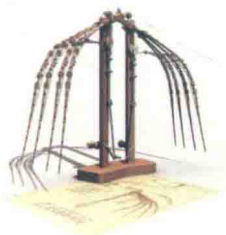


飞行器

《巴黎手稿B》74v
1488—1489年

完整的飞行器研究：在研究了许多设备之后，达·芬奇开始着手做各种不同的飞行器。这幅图很明显展现了飞行员的位置和操作系统，以便让飞行器升空。

- 第31页 -



机械翼

《图谱抄本》844r
1493—1495年

用于研究机翼拍打的小模型。机器本身相当复杂，因为整部机器靠手柄的转动提供能量，而把它转化为往复的线性动作需要不少的部件。这只机械翼无论从构造上还是从动作上，都忠实地模仿了自然飞行。翼尖的弯曲动作和翼根不同。

- 第39页 -



石弩炮

《图谱抄本》32r
约1482年

在达·芬奇设计的众多武器当中，相当一部分和大炮有关。这些石弩炮的特点是，炮击手在开火以前，不需要移动整个炮身就可以进行瞄准。事实上，炮筒可以左右、上下转动，以便瞄准不同的目标。整个武器外围则有木质的箱子保护。

- 第55页 -



多筒机枪

《图谱抄本》157r
约1482年

这种机枪的射击强度非常大。枪筒填满弹药之后，能够扫射相当大的范围。因为炮架很容易移动，机枪就能轻易地瞄准目标。而炮火的高度可以通过炮架后面的手柄调节。

- 第61页 -