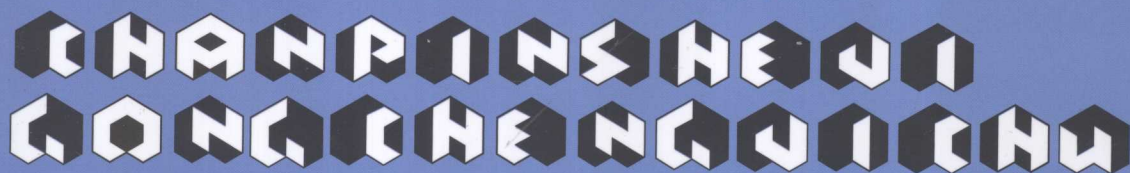


高等学校艺术设计类专业“十二五”规划教材
创意大师产学融合系列丛书
——总主编 刘维亚 张同

创意大师
产学融合

产品设计工程基础



张强 主编



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



一类专业“十二五”规划教材

工学融合系列丛书

— 总主编 刘维亚 张 同

产品设计工程基础



张 强 主编

湖南科技大学图书馆



KD00922192



上海交通大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

产品设计工程基础 / 张强主编. -- 上海: 上海交通大学出版社, 2012

ISBN 978-7-313-07482-9

I. ①产… II. ①张… III. ①工业产品—设计—高等教育—教材 IV. ①TB472

中国版本图书馆CIP数据核字 (2012) 第000516号

责任编辑 孙 侠 陈杉杉

设计总监 赵志勇

美术编辑 吴 笈

产品设计工程基础

张强 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路951号 邮政编码: 200030)

电话: 64071208 出版人: 韩建民

上海瑞时印刷有限公司印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 10.5 字数: 230 千字

2012年2月第1版 2012年2月第1次印刷

ISBN 978-7-313-07482-9/TB 定价: 49.20元

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有质量问题请与印刷厂质量科联系
联系电话: 021-52711066

高等学校艺术设计类专业“十二五”规划教材
创意大师产学融合系列丛书

编审委员会

■ 顾问

- 陈汉民 清华大学美术学院教授
秋山孝 日本多摩美术大学教授
白金男 韩国成均馆大学教授
韩秉华 香港美术家协会副主席
薛文广 同济大学教授
吴静芳 东华大学服装艺术设计学院教授
吴承麟 中国上海会展业协会会长
Jonathan Barratt 伦敦艺术大学中央圣马丁艺术学院教授

■ 主任委员

- 刘维亚 中国包装联合会设计委员会副主任
上海市原创设计大师工作室领衔大师
马新宇 上海工程技术大学艺术设计学院教授
吴国欣 同济大学设计创意学院教授
张 同 复旦大学上海视觉艺术学院教授

■ 委员 (按姓氏笔画排列)

- | | | | | |
|-----|---------------------|-----|--------------------|-----|
| 王如仪 | 王炳南 | 许传宏 | 阴 佳 | 吕金龙 |
| 刘世声 | 刘昭如 | 安晓波 | 江 滨 | 吴飞飞 |
| 李文敏 | 佐井国夫 ^(日) | 沈 杰 | 汪尚麟 | 陈 浩 |
| 陈 健 | 陈原川 | 吴桂香 | 李淑君 | 张 强 |
| 罗 兵 | 林采霖 | 周美玉 | 周智诚 ^(美) | 周雅铭 |
| 胡文安 | 俞 英 | 席 涛 | 聂桂平 | 常利群 |
| 章 翔 | 彭 亚 | 葛艳玲 | 潘惠德 | |

高等学校艺术设计类专业“十二五”规划教材
创意大师产学研融合系列丛书

产品设计工程基础

编写委员会

总主编 刘维亚 张 同

主 编 张 强

副主编 卢 娜 刘翼伟 王 卓

总序

PROLOG

现代艺术设计应大工业生产的需求而诞生，伴随着社会现代化的进程而成长，所以其内涵既具有经典的人文艺术元素，又体现了当代科学、工程技术及市场营销的特质。现代艺术设计的活动，已渗透到人类生活相关的各个角落，粗可列为视觉传达设计、产品设计、空间设计几个大的类别，细则分成视觉识别体系、包装、展示、广告、书装、环境、建筑、公共艺术、室内装饰、工业、影视、服装、舞美、网络、动漫、游戏、会展、数码互动等具体设计形式。现代艺术设计种类与技术随着现代科学材料工程技术的发展仍在日新月异地增生与完善；其形象思维特征又启迪着科学的新发现与技术的新发生。

现代艺术设计是市场目的明确的应用型创意活动。它与纯艺术的根本区别在于：纯艺术是个体内心世界艺术形象的展示，存在价值为唯一性与独特性；设计艺术则是为受众服务的作品，其价值在于被服务群体的认可度。种类庞大的现代艺术设计系列已发展成为策划、设计并实施人类工作、交流、休闲的生存全状态趋向根本合理的软科学。

世界上的现代艺术设计教育不足百年，在我国的历史则更短。其中一个时期，教育背景的产业、市场、工程技术还处于不成熟状态，造成了本专业从培养计划、教材、教法上存在着重工艺轻设计、重艺术轻应用、重理论轻实践、重课堂轻市场的情况，难以培养出产业需求的现代设计人才。这种矛盾随着现代经济的发展日益尖锐，从而在创意产业发达的沿海设计类高校中掀起了教育改革的热潮。观上海交通大学出版社推出的这套教材，惊喜地发现它已跻身于这场改革的行列。首先，系列教材的作者既有高校资深专业教师，又有创意产业一线的著名设计师，以及科研单位的研究人员，产、学、研强强联手，三重角色结合，为教材铸造了不同凡响的创意灵魂。第二，实现了理论与案例相结合的内容特色。这是在教材形式上从高校象牙塔走向市场的可贵一步。第三，大部分教材加强了实践环节比重，从而彰显了学科应用型的性质。本人还注意到编著者的队伍中有国际上著名的专家，内容上也有意嫁接了国际上优秀教材的精髓，实在可喜可贺！对这套教材在教学使用后产生的优良评价，我充满信心。

清华大学美术学院教授

陈汉民

2011年2月20日

前言

FOREWORD

想要在日趋激烈的国际竞争中赢得发展的主动权，其根本还要靠科技，基础仍在于教育，关键则在于人才，由此可见“强国必须强教”。教育是一个国家现在和未来昌盛强大的基础。当前是全球经济信息化的发展时期，我们不是缺人员而是缺人才，培养人才的三个关键为“教材”、“教师”、“教法”，因而我们需要大力推动教育内涵式的发展，树立育人为本的理念。为此，上海交通大学出版社组织相关专业的专家、学者共同编写“高等学校艺术设计类专业‘十二五’规划教材·创意大师产学研融合系列丛书”，丛书共分六大类，包括专业基础、平面设计、包装设计、产品设计、环境艺术设计及会展设计，首期推出近50种。本套教材十分重视如何运用创新的思维方式去激发艺术灵感；利用新的解决手段去实现设计目标；对教育培养艺术创意设计人才的教材形式进行探索。

本套教材从不同的艺术设计专业角度，分类别册进行编著，使专业知识细化且深化，并以启发性教育的方法和实际需求为出发点，运用国内外成功的设计案例进行剖析，采用图文并茂的形式，描述创作过程。就艺术设计而言，它具有跨学科的特点，并受到其他门类学科思维的影响，如社会潮流、对纯艺术的追求、建筑风格的演变、新潮学术理论等多元文化的交融；新科学产生的三维的互联网信息结构、多媒体中动态音像处理；新材料和新技术涌现，不断变化的制作工具介入等，在这次编写的教材范例中均有所反映。

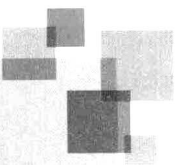
艺术设计的过程是集成创新的过程，只有创新精神和创新努力，才能使设计具有差异性，从而带来艺术设计活力；使学习者在国际化的概念中参与体会民族文化的精神，在复杂的设计中悟到清晰的规律。本套教材特别邀请高校资深的专业教师、创意设计一线的专家及国内外著名的专家、学者参与编写，目的在于提升教材质量水平，使其具有产学研相结合、国内外相结合、理论与案例相结合的三结合特色。

本套教材可以帮助学习者明晰自己应当做什么样的设计？为谁而设计？使他们在从设计到实现的过程中，培养良好的艺术素质、独特的创新能力及一流的设计技巧，成为集文化、美学、人际、市场、技术、传播等综合优势为一身的人才，使之学到的知识能融入社会、融入市场、融入生活，从而更好地为社会服务。

中国包装联合会设计委员会副主任
上海市原创设计大师工作室领衔大师



2011年3月



自序

PROLOG

艺术设计中的产品设计属工业设计学科领域。

工业革命后,工业设计萌生发展,至今已有百年历史了。站在物质与精神两个文明的结合点上,工业设计对近代社会文明发展做出了特殊的贡献。进入工业社会以来,工业设计定位于现代服务业,已上升为经济发展、产业结构调整的国家策略,是中国由“中国制造”向“中国创造”转变的重要手段之一。同时也是企业新产品开发、品牌形象树立和可持续发展的重要生产力。

2010年国家工业和信息化部等部委联合下发了《促进工业设计发展的若干指导意见》,标志着我国工业设计发展进入了一个新地阶段。

工业设计专业要求学生不仅能够创造出新的概念,也需要一定的数理规范和机械、力学等工程理论知识使新的想法及理念顺利的实现。

“产品设计工程基础”是艺术设计专业产品设计方向的重要工程基础课,本书以严谨的工程概念为基本内核,结合工业设计专业学生所需的知识结构,综合阐述数理、材料、机械、电子、能源等工程基础知识,同时介绍工程各学科门类的新成果、新成就,尽可能地将经典知识与当代前沿结合起来,以构建本专业学生系统完备的工程知识体系,形成对学生设计创新能力有利的工程学支撑。

本书具有如下特点:

1. 根据学生的特点,深入浅出地介绍工程基础知识。
2. 每章设有拓展训练题目及简要实现步骤,保证理论和实际相互结合。
3. 总结任课教师多年授课经验,内容安排上简洁明了,以图文并茂的形式说明理论。

本书可作为产品造型设计、家具设计、展示设计、文化产品等专业(方向)教材,也可作其他相关设计专业师生、工程技术人员的参考书。

编者
2011年8月

内容介绍

本书围绕艺术类产品设计专业知识体系的内涵，全面系统地阐述了产品设计类专业工程基础知识。内容涉及数理、材料、力学、机械、电子、能源、空气动力和机器人八个方面的工程知识概念和原理，为学生从事专业的学习和展开设计工作打下相对完备的工程基础。

本书以大量的图例介绍相关知识的实际应用，深入浅出地将理论知识与各个学科门类的新成果、新成就结合起来，增强了教材的生动性与实用性，并配有电子教案，增加了本课程的可读性和互动性。

作者介绍

张 强

1982年，获沈阳航空航天大学学士学位；2000年，获法国贡比涅技术大学硕士学位；其论文《辽宁省文化创意产业发展问题研究》获辽宁省第十一届哲学社会科学成果奖一等奖；2003年，其作品《“紫外线风淋通道”系列抗击非典医疗器械造型设计》获辽宁省科学技术奖二等奖；2005年，《装备制造业虚拟展示设计》获辽宁省优秀新产品三等奖；2010年，其作品《公益产品创新设计》获辽宁省优秀新产品三等奖。

目录

contents

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	第一章	直觉抑或理性——设计与数理	1
		第一节 和谐美的源头——比例	1
		第二节 空间的入口——立体几何与多面体	14
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	第二章	百变材料	23
		第一节 无处不在——万能的金属	23
		第二节 天赐的木材	36
		第三节 固液转化——灵动的玻璃	46
		第四节 无孔不入——神通的塑料	55
		第五节 高成低就——奇幻的陶瓷	66
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	第三章	内力与外力——机械本质	75
		第一节 力的存在和作用	75
		第二节 材料力学的基本认知	77
		第三节 应力和应力集中	81
		第四节 巧用杆件	82
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	第四章	巧妙的设计——认识机械	87
		第一节 智慧的结晶——多样的机器	87
		第二节 灵动的“舞蹈”——机械的运动	91

目录

contents

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	第五章	隐形的利器——电控技术	97
		第一节 电学基础	97
		第二节 开关与开关电路	100
		第三节 利用继电器的控制	101
		第四节 控制电子学	105
		第五节 传感器	108
		第六节 控制系统	109
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	第六章	直上云霄——空气动力学与 工业设计	113
		第一节 插上飞翔的翅膀——初识 空气动力学	113
		第二节 以未来与速度的名义—— 流线型设计	121
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	第七章	思源——初识能源	127
		第一节 结识能源	127
		第二节 一次能源	128
		第三节 能的转换及应用	135
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	第八章	终极创造——机器人	141
		第一节 机器人构成要素	141
		第二节 机器人的感觉器官	149
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	参考文献		156



第一章

直觉抑或理性——设计与数理

训练目的 使学生了解设计与数理的现象及其本质关系，并初步学习在设计过程中借助这些方法，为设计提供较好的视觉一致性。

参考课时 共12课时。

第一节 和谐美的源头——比例

比例，指数量之间的对比关系，或指一种事物在整体中所占的分量，还是技术制图中的一般规定术语，是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。在数学中，比例是一个总体中各个部分的数量占总体数量的比重，用于以反映总体的构成或者结构。

一、设计中常用的比例

（一）黄金分割比例

纵观历史，在人造环境和自然界中都有记载人类对各种黄金分割比例的审美偏好，这同时是全人类跨历史、跨文化的共同审美偏好。公元前20世纪到前16世纪的史前巨石柱就记载了关于

1 : 0.618比例的黄金矩形的运用。公元前5世纪古希腊的文献、艺术品和建筑均有印记。文艺复兴时期的艺术家和建筑家们也研究、记载，并把黄金分割用于雕刻、绘画和建筑这些非凡的作品中。除了人造物品，黄金分割也是自然界生物生命的构成方式，例如人体的各种比例，植物、动物及昆虫的各种构成方式。

出于对黄金分割的好奇，19世纪后期，德国的一位心理学家古斯塔夫·费希纳 (Gustav Fechner) 研究了人对于黄金分割矩形具有的特殊美学属性产生的心理反应。费希纳的好奇心来源于对于黄金分割率的跨文化的典型审美偏好。

费希纳将他的实验限定于人造物中并从测量数以千计的各种矩形物体（如书、盒子、建筑物、火柴纸夹、报纸等）入手。他发现普通矩形的边长比例近似于黄金分割率，即1 : 0.618，而且大部分人更喜爱边长比例接近于黄金分割率的

矩形。

随后,在1908年,拉洛(Lalo)使用了一种更科学的方法重复了费希纳详尽做过的但并不系统的实验,其后又有其他人重复了这个实验,这些实验的结果是非常相似的(图1-1)。

(二) 整数比例

整数比例是以正方形为基础派生出的一种比例(图1-2),其比率为1:1、1:2、1:3等,由这种比率可构成一系列整数比的矩形图形。

由于正方形形状肯定,派生的系列矩形表现出强烈的节奏感,具有明快、均衡的形式美。运用整数比例设计,计算简便,结构工艺性好,适合模块化设计和批量生产的要求。但整数比例的构形也会给人以生硬、呆板的感觉。

(三) 均方根比例

均方根比例是在以正方形的一边与其对角线所形成的矩形的基础上逐次产生新矩形而形成的比例系列。其比率为 $1:\sqrt{2}$ 、 $1:\sqrt{3}$ 、 $1:\sqrt{4}$ 、 $1:\sqrt{5}$ (图1-3)。

由均方根比例所形成的矩形系列,数值关系明确,形式肯定,过渡和谐,给人以比例协调自然和形式韵律感强的美感。

(四) 中间值比例

若有一系列数值 a 、 b 、 c 、 d ,其构成的等式为 $a:b=b:c=c:d$ 就形成中间值比例系列。用此系列值作为边长所构成的一系列矩形是以前一个矩形的一边为下一个矩形的邻边且对角线互相平行推衍而成的。它们因具有相似的和谐性而产生美感(图1-4)。

● 费希纳矩形偏好, 1876年

■ 拉洛图, 1908年

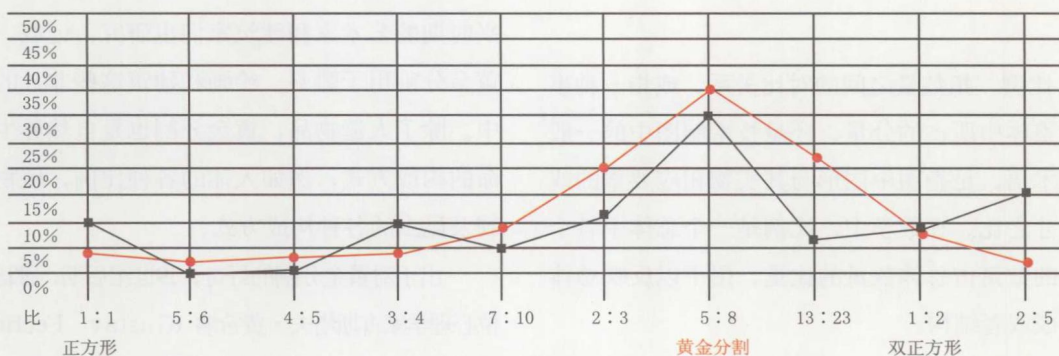


图1-1 矩形偏好实验

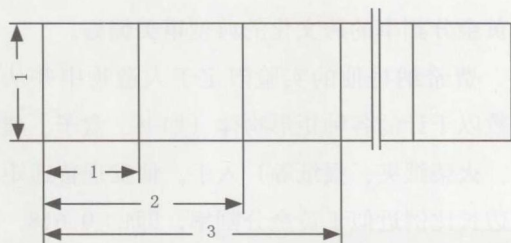


图1-2 整数比例示意图

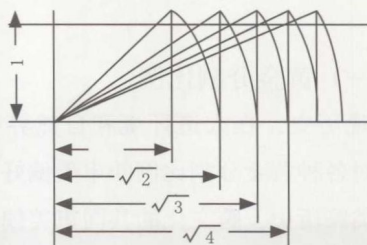


图1-3 均方根比例示意图

二、比例与自然融合

对黄金分割的各种偏好并不仅限于人类的审美，它也是动植物这些生命成长方式中各种显眼的比例关系的一部分（表1-1）。

贝类的螺旋轮廓线显示成长过程的积淀方式，它已经成为许多科学研究与艺术研究的课题。贝类的这些成长方式是以各种黄金分割比例形成的对数螺旋线。西奥多·安德烈亚斯·库克

（Theodore Andreas Cook）在他的《生命的曲线》（*The Curves of Life*）一书中把这些生长方式描述为“生命的基过程……”。

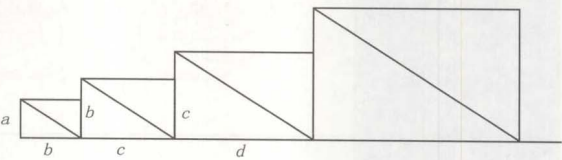
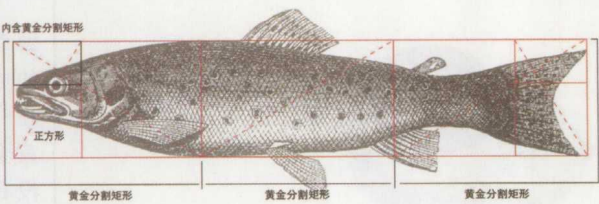
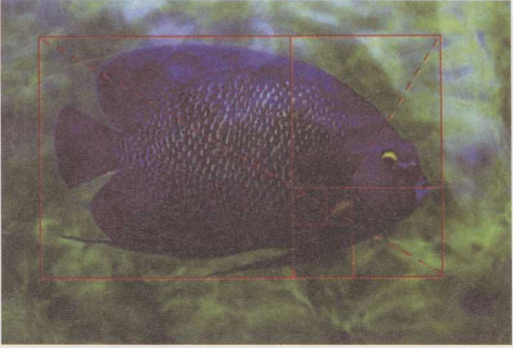


图1-4 中间值比例示意图

表1-1 动植物生命生长中的黄金分割偏好

胄节贝		每一段螺旋线表现了每个生长阶段，新生长的螺旋线非常逼近于黄金分割正方形的比例，而且比原来的大
鹦鹉螺		鹦鹉螺螺旋线和其他贝类的成长方式的比例中存在一种趋势，努力接近黄金螺旋线比例，但是并没有达到准确的螺旋线的各个比例
五边形和五角星形		五边形和五角星形也具有黄金分割比例，这可以在许多生物中发现，例如海胆等。把五边形内部细分得到五角星形，并且五角星形内任意两线的比例都是黄金分割率0.618 : 1

(续表)

松果		通过对松果种子螺旋线的研究，发现有8条顺时针方向的螺旋线，13条逆时针方向的螺旋线，这个8：13的比例是1：1.625，非常接近于0.618：1的黄金分割率
向日葵		松果和向日葵的螺旋成长方式是相似的。两者的种子都是沿着两个反向旋转的交叉螺旋线生长的，而且每颗种子都同时属于这两种交叉的螺旋线。在向日葵的螺旋线中，有21条顺时针方向的螺旋线和34条逆时针方向的螺旋线，21：34这个比例是1：1.619，也非常接近于0.618：1黄金分割率
蛙鱼		3个黄金分割结构示意图放在这条蛙鱼上，显示出蛙鱼眼睛和尾鳍在内的二次黄金分割矩形和正方形中的相互关系。此外，这些单独的鳍部也具有黄金分割比例
蓝天使热带鱼		蓝天使热带鱼完全符合一个黄金分割矩形，并且它的嘴部和鳃部位于身体高度的黄金分割线上

在松果中发现的数字“8”和“13”以及在向日葵中发现的数字“21”和“34”对数学家们来说是很熟悉的。他们是斐波纳契数列的相邻数。在这个数列中的每个数字都是前两个数字的和：0、1、1、2、3、5、8、13、21、34、55…这些相邻数字的比例逐步逼近黄金分割率0.618:1。

也许人类对自然运动以及贝类、花卉、鱼类等生物的一部分迷恋是出于对黄金分割率的比例、形状、式样的潜意识的偏好。

三、比例构成的方法

（一）黄金分割和斐波纳契数列

黄金分割的特殊比例特性与斐波纳契数列有

密切关系，这组序列是为比萨（Pisa）的达·芬奇而命名的，他在大约800年前将这个数列与十进制一起引入欧洲。

这组数列的数字为1、1、2、3、5、8、13、21、34…前面两个数字相加得到第三个数。例如 $1+1=2$ 、 $1+2=3$ 、 $2+3=5$ 等。这个数列的比例的形式非常接近于黄金分割的比例体系。在这组序列中第15个数字后的任一数字除它后面的那个数字其得权均近似于0.618，而这些数字除以它前面的那个数字则得数近似于1.618（图1-5）。

（二）黄金分割几何的构成

黄金分割几何的构成见表1-2。

（三）黄金分割的各种比例

黄金分割的各种比例见表1-3。

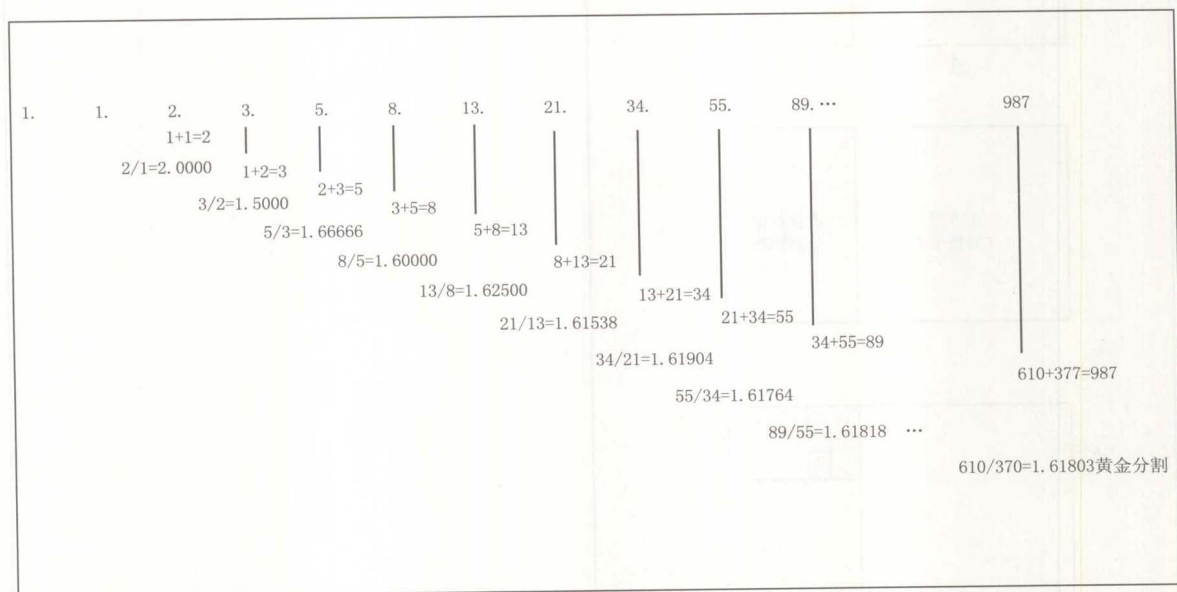
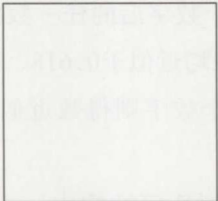
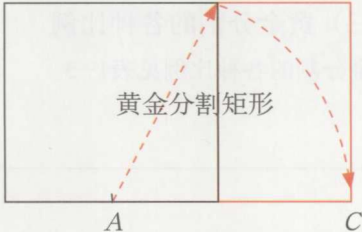
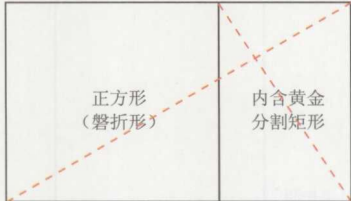
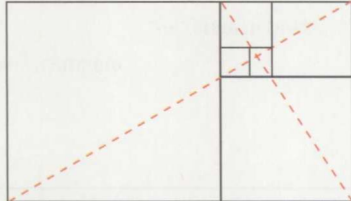


图1-5 斐波纳契数列

表1-2 黄金分割几何的构成

图片说明	文字说明
黄金分割比例 $A \qquad C \qquad B$ $\frac{AB}{AC} = \frac{AC}{CB}$    	黄金分割矩形具有完美的比例。将一条线段分为两部分，整条线段AB与较长部分AC的比值与较长部分AC与较短部分BC的比值相同，这个美的比例就来源于这种线条分割的过程。这样就给出一个近似比$1 : 0.618$，也可以表示为$\frac{1+\sqrt{5}}{2}$ ①从一个正方形开始；②从一条边的中点A向一个对角B画一条斜线，以这条斜线为半径作一段圆弧，与正方形的延长线相交于C点，这个小矩形和这个正方形共同构成了一个黄金矩形；③这个黄金矩形能够被进一步分割，当进一步分割后，该矩形产生一个较小比例的黄金分割矩形（它是内含黄金分割矩形或二次黄金分割矩形）和一个正方形，这个正方形的面积被称为磐折形(Gnomon)；④同样的分割过程可以无限继续下去，产生许多更小的等比的矩形和正方形