



中国美术学院出版社
CHINA ACADEMY OF ART PRESS

高等院校艺术设计专业精品系列丛书
“互联网+”新形态一体化教材

设计基础

设计鉴赏
中外工艺美术史
视觉设计基础
创意设计思维与方法
设计素描
图案与装饰
图形创意
动态图形设计基础
字体与版式设计
构成设计
插画设计
摄影基础

视觉传达设计

标志设计与应用
品牌视觉识别设计
书籍设计
广告设计
包装系统设计
包装设计与实训
信息可视化设计
计算机辅助设计
计算机辅助平面设计
计算机辅助设计表达

工业/产品设计

设计造型基础
设计制图
人机工程学
人体工程学
模型制作
产品设计
家具设计

服装服饰设计

时装画技法
服装结构设计
饰品设计与工艺
服装面料设计

环境设计

建筑环境设计历史与理论
建筑速写
环境设计手绘表现技法
● 材料与构造
环境视觉设计
环境施工图教程与实训
室内设计原理
居住空间设计

餐饮空间设计

软装饰设计
景观艺术设计
展示设计
酒店空间室内设计

工艺美术

工艺美术概论
生活与设计美学
雕塑创作与制作
陶瓷设计与工艺

动画设计

动画概论
动画编剧
动画角色设计
三维动画制作
影视动画短片创作
动画场景设计

数字媒体设计

数字媒体艺术概论
虚拟现实应用设计
平面软件应用

上架建议：艺术设计



扫描二维码关注
中国美术学院出版社官方微信



定价：72.00元

高等
院校
精品
系列
丛书
设计

材料
与
构造

施济光 冯丹阳 宋季蓉 主编

中国美术学院出版社

高等院校艺术设计专业精品系列丛书
“互联网+”新形态一体化教材
林家阳 总主编



施济光 冯丹阳 宋季蓉 主编

材料与构造

CAILIAO YU GOUZAO



扫描二维码，了解
配套资源

中国美术学院出版社

林家阳 总主编

施济光 冯丹阳 宋季蓉 主编

材料与构造

CAILIAO YU GOUZAO

 中国美术学院出版社

责任编辑：刘 炜

图书制作：宏图文化

特约编辑：宋俊美

艺术顾问：林家阳

装帧设计：张嬿雯

责任校对：杨轩飞

责任印制：张荣胜

副 主 编：林春水 马俊 姜民 石璐 赵时珊 王剑秋 英紫薇 王翰琪

图书在版编目 (CIP) 数据

材料与构造 / 施济光, 冯丹阳, 宋季蓉主编. —杭州: 中国美术学院出版社, 2019.11 (2025.1 重印)
(高等院校艺术设计专业精品系列丛书)
ISBN 978-7-5503-1921-9

I . ①材… II . ①施… ②冯… ③宋… III . ①建筑材料—装饰材料—高等学校—教材 ②建筑构造—高等学校—教材 IV . ① TU56 ② TU22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 068518 号

材料与构造

施济光 冯丹阳 宋季蓉 主编

出 品 人：祝平凡

出版发行：中国美术学院出版社

地 址：中国·杭州南山路 218 号 / 邮政编码：310002

网 址：<http://www.caapress.com>

经 销：全国新华书店

制版印刷：北京荣玉印刷有限公司

版 次：2019 年 11 月第 1 版

印 次：2025 年 1 月第 3 次印刷

印 张：13.5

开 本：889 mm × 1194 mm 1/16

字 数：400 千

图 数：358 幅

印 数：6001—11000

书 号：ISBN 978-7-5503-1921-9

定 价：72.00 元

著作权所有·违者必究

顾问团队

艺术设计专业（应用型）教材策划专家团队		
姓名	所在单位及职务	专业方向
林家阳	同济大学教授/博导 教育部高等学校设计类专业 教学指导委员会副主任 “上海市原创设计大师工作室”领衔大师 中国工业设计协会常务理事 原教育部职业院校艺术设计类专业 教学指导委员会主任	总主编/统筹/策划 设计教育研究/视觉设计/产品设计/ 空间设计著名专家
张夫也	清华大学美术学院教授/博导 世界艺术史研究所所长	工艺美术教育著名专家 原《装饰》杂志社主编
蔡军	清华大学美术学院工业设计系主任/教授/博导	工业/产品专业方向著名专家
吴海燕	中国美术学院设计学院院长/教授/博导	服饰专业方向著名专家
魏洁	江南大学设计学院教学院长/教授	视觉传达方向著名专家
顾逊	大连工业大学设计学院教学院长/教授	环境艺术专业方向著名专家
王效杰	深圳职业技术学院动画学院院长/教授	中国工业设计协会副会长 动画设计/数字媒体方向著名专家
王亦飞	鲁迅美术学院传媒动画学院院长/教授	中国美术家协会动漫艺委会委员 教育部高等学校教学指导委员会动画、 数字媒体专业教学指导委员会委员

序 言

FOREWORD

专业——高校根据社会的专业分工而设立的学业类别，是知识学习的边界。一个人要想把本专业的知识学精学通，需要有对专业的高度认识和对知识的熟练掌握。只有做到熟悉学习方法和路径，才能做到一通百通。在科技高速发展的今天，我们强调学科交叉、多才多艺，强调每个人都应该树立无边界学习的理念，即“进校前有专业，进校后要通学”。平面（视觉设计）、立体（产品和工业设计）、空间（室内、建筑、景观）、时尚（服饰、数字媒体）的交叉，只是同类专业的互补，而文、理、艺的交叉才能培养出全面发展的人才。

课程——学校专业教学的科目，包含专业的主体精神，是知识的具体体现。课程的合理性为个人专业知识的建构和实践能力的培养打下了良好基础。美国著名课程与教育专家格兰特·威金斯（Grant Wiggins）提出的“追求理解的教学设计（UbD）”理论，以及在课程体系中的“逆向设计法”，避开了教学设计中的聚焦活动和知识灌输这两大误区，致力于发掘大概念，帮助学生获得持久、可迁移的理解能力，而不是学了却不会用的知识。

该理论被广泛应用于美国大、中、小学的教育课程体系设计中，为人才培养目标进行课程体系的应用技能设计，以证明学生实现了预期的目标。一个好的专业须有课程知识能量的支撑。为什么教育部首先亮红灯的是动画专业？因为该专业的课程结构设计不合理，导致了学生知识的缺失，继而影响了他们的就业与发展。

教材——课程的意志体现并支撑着课程教学。“工欲善其事，必先利其器”，教材是教学最重要的元素，其优劣决定着教学效率的高低。直接影响教学效率的因素有三：一是教师的专业素养，二是教学的配套设施，三是教材的选择。其中，最具有提升空间的就是教材。好的教材，不仅能够使教师在教学过程中有行云流水般的顺畅感，更能确保学生在有限的时间内学到真东西，达到学习目标，让教学事半功倍。

好的教材应具备三种特质：一是课程知识点的科学性；二是教学案例、作业程序的合理性，让学生能创意出好的作品；三是突破纸质教材成本和页数的局限性，通过“相关信息”“相关链接”等拓展内容使学生得到无限的知识与信息。这些特质虽简单却包含着无限的知识能量。

教育部部长陈宝生先生、高教司司长吴岩先生在2018年11月1日的“教育部高等学校教学指导委员会成立大会”上强调了教育重心要重新回归到本科教学上来，并把教材视为教学质量中最为重要的环节。正是在这样的语境下，本套教材实现了教学精神的回归。



教育部高等学校
设计类专业教学指导委员会副主任
同济大学教授 / 博导 林家阳

2018年12月

前言

PREFACE

材料与构造是普通高校建筑与环境艺术设计类专业的一门主要专业基础课程，是一门专注于如何将设计形象转化为现实的实践性非常强的学科。构造设计是实现建筑和环境设计创意与构思的深度设计过程。在建筑、景观及装饰类行业的专业实践中，材料与构造是必备的知识基础，是确保设计实现的必要手段与途径。

材料是设计实现的物质基础，构造是设计实现的方法和手段。简言之，“材料”是解决用什么做的问题，“构造”是解决怎么做的问题。通常，这是两个独立的科目（也有作为一门课的，却也是各自独立的两部分），而事实上它们无论是在设计层面、建设层面，还是使用层面都是密不可分的。因此，本书以构造为主线，将材料部分的内容融入了构造中。本书的研究、教学与实践范畴包含建筑、室外景观及室内装饰相关材料与构造的基础知识，为了行文和表达明确的需要，书中出现的“建筑材料”和“建筑构造”将涵盖“景观”和“室内”的相关内容。

本书图文并茂，行文简洁明了、生动有趣、易学易懂，着重介绍了材料与构造学科的基础知识和基本理论。在知识点的阐释方面弱化条文的枯燥性，以帮助学生建立基本的学科认知体系为主，使其形成比较系统和完善的基础知识体系和思考逻辑，为后续的深入学习做好准备与铺垫。

本书适用于普通高校同类专业二年级以上的学生 and 行业初学者。它虽然是编者作为注册建筑师、景观设计师、室内设计师和工程实践者的学习成果、实践经验和学术探索与心得的总结，力求客观、全面、有针对性，但书中仍然难免存在不足和疏漏之处，恳请广大专家、读者批评指正。

此外，本书作者还为广大一线教师提供了服务于本书的教学资源库，有需要者可致电 010-60206144 或发邮件至 2033489814@qq.com。

编者

课程计划

CURRICULAR PLAN

章 名	章节内容	课时分配	
第一章 材料与构造基本理论	第一节 材料与构造的基本概念	2	8
	第二节 材料与构造的独特属性	2	
	第三节 材料选择与构造设计的基本原则	2	
	第四节 材料与构造的教学与实践	2	
第二章 核心知识与研究范畴	第一节 建筑概述	4	32
	第二节 建筑的竖面——墙和柱	4	
	第三节 墙体的饰面	8	
	第四节 建筑的平面——楼板与地面	4	
	第五节 地面的饰面	4	
	第六节 屋顶	4	
	第七节 顶棚	4	
第三章 欣赏与分析	第一节 结构材料美	2	8
	第二节 装饰材料美	4	
	第三节 木构技术美	2	
实践与创作	第一阶段 设计与图纸阶段	12	48
	第二阶段 工作模型阶段	12	
	第三阶段 成果模型阶段	24	

目 录

CONTENTS

第一章	材料与构造基本理论	1
第一节	材料与构造的基本概念	2
	一、材料与构造的内涵与关系	2
	二、材料与构造的分类	3
	三、材料与构造的学科特性	8
第二节	材料与构造的独特属性	18
	一、材料与构造的科技属性	18
	二、材料与构造的创新属性	19
	三、材料与构造的属性案例	23
第三节	材料选择与构造设计的基本原则	29
	一、系统原则	29
	二、人本原则	30
	三、经济原则	32
	四、生态原则	33
第四节	材料与构造的教学与实践	35
	一、构造模型的题材来源	36
	二、构造模型的题材要求	36
	三、构造模型的进程安排	36
	四、构造模型的材料与工具	39
	五、构造模型的评判与教学成果	40
	六、构造模型实践创作课时安排	40
第二章	核心知识与研究范畴	43
第一节	建筑概述	44
	一、课程概况	44
	二、知识点	45
	1. 建筑的分类	45
	2. 建筑的基本要素	49
	3. 建筑的影响因素	51

	4. 建筑的标准化与工业化	52
	三、相关网站及信息链接	55
第二节	建筑的竖面——墙和柱	56
	一、课程概况	56
	二、知识点	56
	1. 墙和柱的作用	56
	2. 墙体的设计要点	57
	3. 墙体的热工	57
	4. 墙体的隔声	60
	5. 墙体的变形	61
	6. 墙体的分类	63
	7. 墙体的组成要素	66
	8. 隔墙	75
第三节	墙体的饰面	77
	一、课程概况	77
	二、知识点	77
	1. 外墙面装饰	77
	2. 内墙面装饰	82
第四节	建筑的平面——楼板与地面	86
	一、课程概况	86
	二、知识点	86
	1. 地面的基本构造	86
	2. 钢筋混凝土梁板	87
第五节	地面的饰面	90
	一、课程概况	90
	二、知识点	90
	1. 室内地面	90
	2. 室外地面	96
第六节	屋顶	113
	一、课程概况	113

二、知识点	113
1. 平屋顶	115
2. 坡屋顶	117
第七节 顶棚	120
一、课程概况	120
二、知识点	120
1. 直接式顶棚	120
2. 吊式顶棚	122
3. 顶棚的装饰构造	125
第三章 欣赏与分析	129
第一节 结构材料美	130
一、被掩藏起来的结构美	130
二、显见的结构美	135
三、大师的结构美	143
第二节 装饰材料美	149
一、室内的装饰美	149
二、建筑的装饰美	159
三、大师的装饰美	168
第三节 木构技术美	178
一、传统木构美	178
二、现代木构美	187
三、大师的木构美	194
参考文献	204
后记	205

第一章 材料与构造基本理论

第一节 材料与构造的基本概念

第二节 材料与构造的独特属性

第三节 材料选择与构造设计的基本原则

第四节 材料与构造的教学与实践

第一章 材料与构造基本理论

本章概述

对于建筑、景观及装饰设计类专业的学生来说，材料与构造基础理论是其必须掌握的基础知识，也是其所有设计得以实现的必要手段与途径。因此，本章主要通过四大部分的内容来讲授相关知识：第一节是材料与构造的基本概念，主要介绍了材料与构造的内涵与关系、基本分类、主要特性、学习方法等内容；第二节介绍了材料与构造的独特属性；第三节介绍了材料与构造设计的基本原则；第四节介绍了笔者师生在材料与构造教学实践中所取得的一些教学成果。

学习目标

使学生对材料与构造的概念、属性、设计原则等基础理论知识有一个初步的了解，为后续的具体和深入学习打下良好的基础。

第一节 材料与构造的基本概念

人类的生存空间是经过对自然环境的不断改造而形成的，建筑活动是其中的主要部分。所有的人造建筑都有一定的形态和功能，所有的造物也都要用到一定的材料。虽然人类的建筑活动非常复杂，而燕子筑窝所用到的泥巴和草茎却简单得多，但二者在道理上是相通的。

一、材料与构造的内涵与关系

所有的造物都要通过采用相应的“技术手段”才能将材料结合在一起，共同实现必要的功能，这就是“构造”。泥巴、草茎各自具有很多方面的特性，但燕子在筑窝时只是利用其中的一部分特性：泥巴在湿的状态下很柔软，便于塑形，又有一定的黏性，两块泥巴可以牢固地粘接在一起，从而可以成功地塑造出理想的燕子窝的形态；泥巴的另一个特点是干了之后很坚硬，可以保证燕子窝的强度需求。但是，作为筑窝主要材料的泥巴有一个明显的缺点——干了之后很容易产生裂缝。如果不采取措

施，新建成的窝很容易就会四分五裂。因此，燕子通过在泥巴中加入一些草茎，利用草茎纤维的抗拉特性完美地解决了这个问题（图 1-1-1）。



图 1-1-1 “施工中”的燕子窝

类似的构造和做法，人类也一直在用。例如，在夯土中加入麦秸、芦苇等材料，就会使土墙更加坚固、耐久。现代建筑中普遍使用的钢筋混凝土原料的工作原理，就更不用说了。

因此，我们说“材料”是设计实现的物质基础，“构造”是设计实现的主要手段；“材料”是解决用什么做的问题，“构造”是解决怎么做的问题。二者无论在设计层面、建设层面，还是使用层面上都是紧密相关的。

二、材料与构造的分类

1. 建筑材料 (building materials)

建筑材料是指在建筑活动中使用的材料的统称。建筑活动这里主要指土木工程和建筑工程，还包括室内装饰工程和环境景观工程等人工构筑环境的行为。

建筑材料的种类很多，也有其他领域的材料应用在建筑领域的。为了便于研究，建筑材料通常被分为结构材料、装饰材料和功能材料三类；也可以按照其时代特性分为传统建筑材料和新型建筑材料两类，但其界定范围并不十分统一和明确，而且会因时效性而改变。例如，木材、黏土砖、黏土瓦、石材等具有相当长的应用历史的材料，常被称为传统材料；而新兴的保温材料、隔热材料、高强度材料、会呼吸的材料等在近现代才出现的材料，则被称为新型材料。

(1) 结构材料 (structural materials)

结构材料是以其力学性能为基础来形成构件，在制造受力的建筑结构构件时所使用的材料。同时，结构材料的物理、化学性能也必须满足一些特定的要求，如导热性、变形性、联结性、耐候性、抗腐蚀性、表面性状等。主要结构材料包括混凝土、金属、木材、竹材、石材、砖瓦、陶瓷、玻璃、高分子材料、复合材料等。

木材虽然属于传统结构材料，但在当前的实际应用中会被融入更多的现代技术。例如，木材的加工处理技术（利用高压、高温等手段将小规格木料加工成大规格结构材料，并大大提升其强度、耐久性和均质性等）和连接技术等（图 1-1-2）。



图 1-1-2 一些新型木结构的材料加工和连接技术

混凝土和钢材是当下建筑行业最主要的结构材料，其应用非常广泛。

① 混凝土结构 (concrete structure)

混凝土结构是以混凝土为主材料制作而成的结构，包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构等。在名称方面，“混凝土”通常与“砼 (tóng)”通用，可替换。

混凝土结构的优点是：整体性好，可灌筑成为一个整体；可模性好，可灌筑成多种形状和尺寸的结构；耐久性和耐火性好；工程造价和维护费用低。混凝土结构的缺点是：抗拉强度低，容易出现裂缝；结构自重比钢、木结构大；施工工序复杂，周期长，受气候和季节的限制；新旧混凝土不易连接，增加了补强修复的困难；材料不可完全回收再利用，环境负担大；隔热、隔声性能也较差。因此，如图 1-1-3 所示，混凝土经常与钢筋结合形成钢筋混凝土结构，在现场浇筑混凝土之前，必须要做好模板的支护和钢筋的绑扎。



图 1-1-3 钢筋混凝土结构施工现场

② 钢结构 (steel structure)

钢结构是由钢制材料为主要原料而制成的结构。钢结构主要由型钢和钢板等制成的钢梁、钢柱、钢桁架等构件组成,各构件或部件之间通常采用焊缝、螺栓或铆钉连接;主要用于大型空间建筑、桥梁等构筑物,造型复杂的建筑物和超高层建筑等领域(图 1-1-4)。同样是钢结构,有些建筑会将钢结构掩饰在各类装饰材料之下,有些则会直接展示钢结构及其构件的美感。虽然钢结构的主材是金属,但其防火和防腐蚀等保护措施是必需的。

钢结构拥有鲜明的特点:

第一,强度高,自重轻,整体刚性好,变形能力强,适用于大跨度和超高、超重型的建筑物;

第二,材料匀质性和各向同性好,属理想弹性

体,最符合一般工程力学的基本假定;

第三,材料塑性、韧性好,可有较大变形,能很好地承受动力荷载;

第四,建筑工期短;

第五,工业化程度高,可进行机械化程度高的专业化生产;

第六,材料可完全回收再利用,环境负担小;

第七,技术发展空间非常大,适应性非常强。

(2) 装饰材料 (decoration materials)

装饰材料是指应用在建筑物主体上以提高其使用功能和美观度,并保护其主体结构在各种环境因素下的稳定性和耐久性的建筑材料及其制品,主要有草、木、石、砂、砖、瓦、水泥、石膏、石棉、石灰、玻璃、马赛克、陶瓷、油漆涂料、纸、金



(a) 纽约街头施工中的钢结构建筑框架



(b) 巴黎蓬皮杜中心的钢结构



(c) 布鲁塞尔原子塔施工中的钢结构

图 1-1-4 不同形态的钢结构

属、塑料、织物，以及各种复合制品等（图 1-1-5）。



图 1-1-5 陶瓷面砖与马赛克拼贴组合装饰的墙面

装饰材料的应用与选择应遵循美观性、功能性和安全性的原则。这几个原则在实际应用中的权重需视具体情况而有所区别。

美观性是人们对装饰材料选择的一般认知和通常的出发点，但对于一些特定的环境和空间来说，其功能性或安全性是需要优先考虑的。由于装饰材料一般处于结构体的表面，与使用者直接发生关系，所以其安全性至关重要。这种安全性主要体现在：接触面性状是否容易对人造成伤害，如是否有过于粗糙的突出会刮伤皮肤，或者容易脱色、掉落粉尘等造成污染或呼吸问题；材料是否会释放有害气体等，如甲醛、苯等气体会伤害人的健康。

（3）功能材料（functional materials）

功能材料是指为实现建筑整体或局部的特定功能，如防水、防潮、防腐、防火、阻燃、隔音、隔热、保温、密封等，而选用的建筑材料，包括保温隔热材料、防水材料、防火材料、声学材料、光学材料等。由于这些材料通常都处在不可见的部位或者需要进行装饰性遮挡、覆盖的地方，因此，其功能性、安全性才是选择、应用这些材料时要考虑的重点。图 1-1-6 展示的是地下室防水材料和保温材料的施工过程，这部分材料最终将由防护挡墙和回填土来覆盖，从而被深埋于地下。

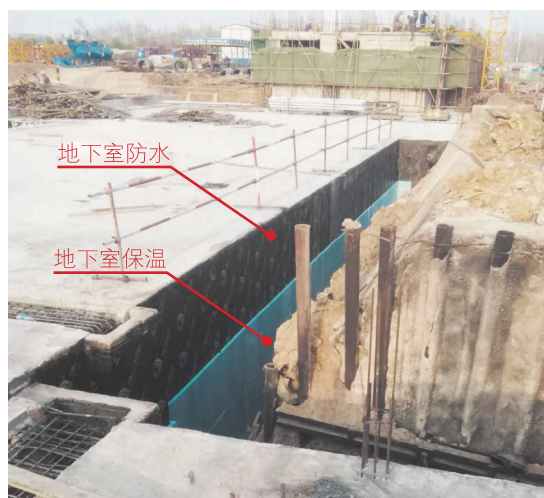


图 1-1-6 地下室防水材料和保温材料的施工过程

2. 建筑构造（architectural construction）

“构造”是指事物内部各组成成分之间的组织和相互关系。“建筑构造”是研究建筑及其附属物的构成、各组成部分的组合原理、材料及构造要领的学科。其主要任务是根据建筑物的使用功能、技术、经济和艺术造型要求等提供合理的材料选择和构造方案，是从事建筑、景观及室内设计、施工等人士的必备知识。

建筑设计不但要思考建筑功能、建筑形态、空间的划分和组合等问题，还必须考虑建筑构造上的可行性、先进性和经济性。为此，建筑构造就要研究建筑物各组成部分能否满足其使用功能。因此，设计师必须在设计中综合考虑建筑物的结构选型、材料选择、施工工艺、构配件的制造与结合工艺，以及技术、经济、艺术处理等问题。

建筑构造是建筑设计的技术保障，没有构造方案的设计只能是纸上谈兵。构造设计贯穿于整个建筑设计的全过程，即方案设计、初步设计、技术设计和施工详图设计等每个阶段，集中体现在技术设计和施工图设计阶段。但是，一些比较关键的构造问题必须在初步设计阶段，甚至是方案设计阶段就有所考虑。从图 1-1-7 这几张马里奥·博塔的设计草图中我们可以发现，一些细部的构造处理在其方案的构思之初就有所考虑。事实上，很多设计师都会有类似的做法和考虑。在方案设计和初步设计阶

段，首先应根据该工程的社会、经济、文化传统、技术条件等环境来选择合适的结构体系，使所设计的建筑空间和外部造型具有可行性和现实性；在技术设计阶段要进一步落实设计方案的具体技术问题，并对结构和给排水、供暖、供电、空调设备等工程项目进行统一规划，协调各工程项目之间的交叉矛盾；施工详图设计阶段是技术设计的深化，要处理好局部与整体之间的关系，并为工程的实施提供制作和安装的具体技术条件。

建筑构造设计要满足建筑使用功能的要求，确保结构安全，适应建筑施工的需要；要注重社会、经济和环境效益，注重美观。

通常，材料和构造是被作为两个独立的知识范畴进行研究的，虽然有时它们也会被放在同一本书中，但也是分别进行研究的。事实上，在实际的工程和教学实践中我们会发现，二者是密不可分的，材料选择和构造方案的设计或选择一定是并行

的，虽有先后却密不可分，是要同时进行考虑的。因为，即便是同一种材料，由于构造方式的不同，也完全可以呈现出迥异的视觉感官效果。例如，图 1-1-8 虽然都是石材的建筑墙面，但它们呈现的效果却各有特点。

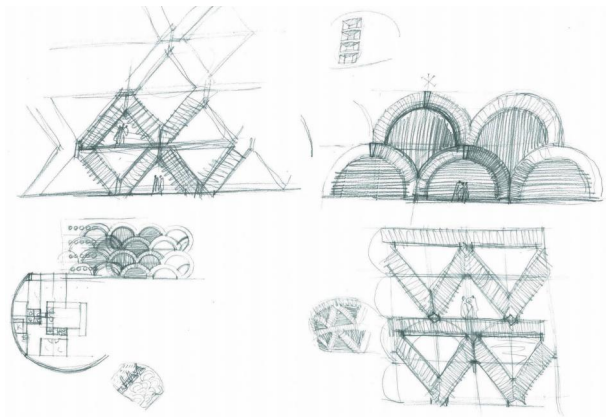


图 1-1-7 马里奥·博塔的建筑局部及构造设计草图



图 1-1-8 不同构造方式的石材墙面所呈现的视觉效果

如图 1-1-9 所示，建筑的窗台和压顶部分的设计要点及材料选择应该着重处理，因为这里会由于防水、安全、清洁和视觉效果等要求而变得敏感。

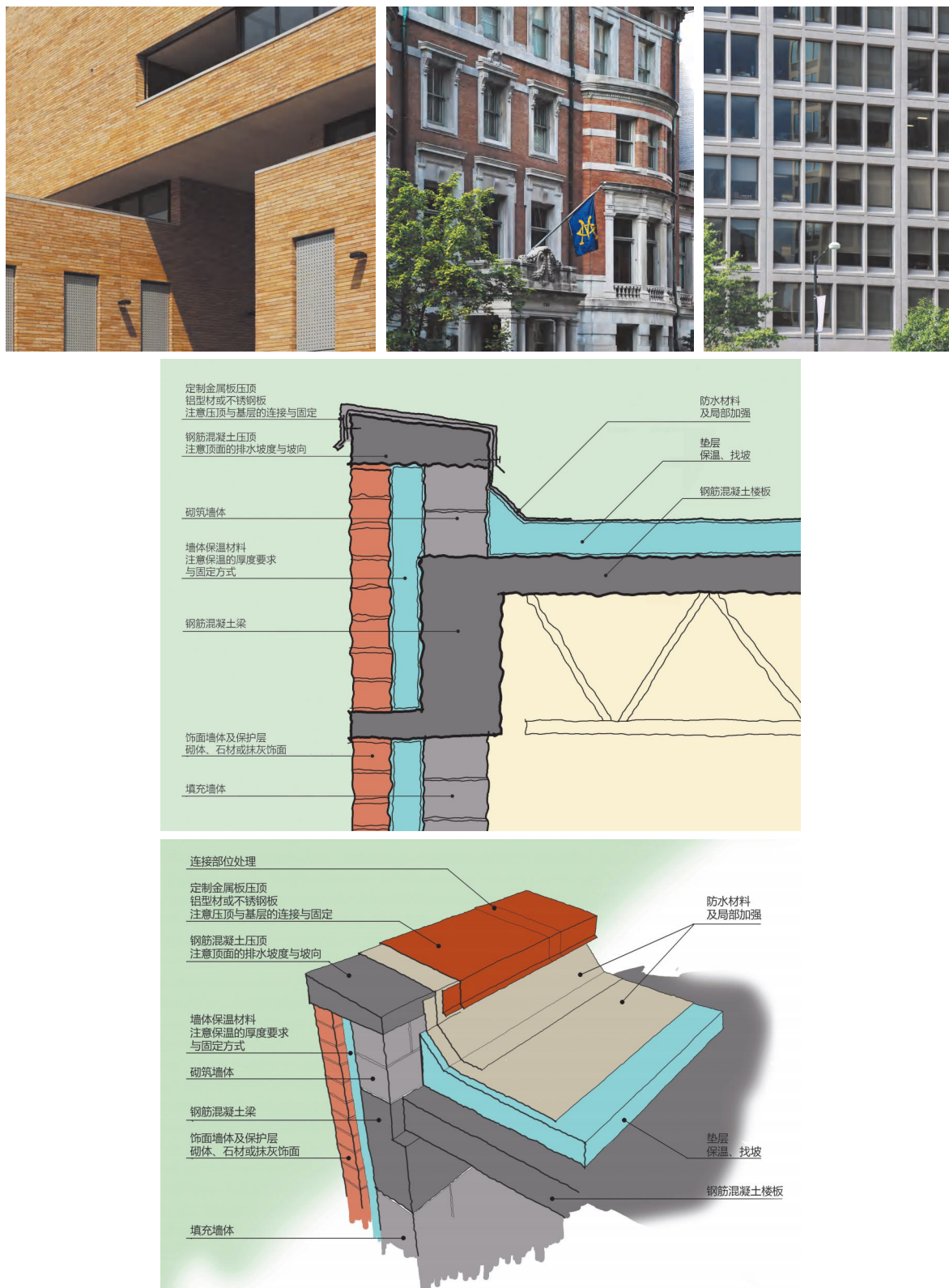


图 1-1-9 建筑的窗台和压顶

一栋建筑会在不同的位置需要各种墙体顶端的压顶，它们的功能需求是相似的。压顶是指对砌筑墙体顶部（上面再没有其他结构，如女儿墙和平台栏板等矮墙）所做的特殊处理，可以防止墙顶砌块，如黏土砖和各种砌块等，因砂浆风化、地震或碰撞而松动掉落，使墙体的连续性、整体性更好，也利于抗震；同时利用压顶伸出墙面的部分，还可以做滴水 and 卷材防水收口，以达到防水防渗的作用。除此之外，人们可以经常触及部分的压顶，还要考虑其安全性和触感舒适度的需求。压顶材料常用的有钢筋混凝土、花岗岩、金属板等。

从设计的整体来考虑，一栋建筑中压顶的种类不要太多。这样既可以保证整体风格的统一，又因为单一材料的采购和单一工艺的采用都简单得多，可以减少很多不必要的浪费。

因此，本书希望在介绍相关知识时以应用为出发点来展开，将材料和构造结合在一起进行介绍。即：根据要完成设计目标的形式和功能需求，对构造和材料展开学习，以期学习者能够在实践应用中做出正确的选择。将材料和构造糅合在一起来讲还有另外一个原因，即：就现状而言，无论是材料品类还是构造工艺，其信息量之大可以说是浩如烟海，所以本书只是以基本原理为出发点，就常见的、有代表性的问题展开探讨，无法求全。

三、材料与构造的学科特性

相对于同类专业其他课程的基础知识来说，建筑材料与构造具有一些自身的特性。

1. 面向解决问题

建筑材料与构造是关于建筑方案，包括其功能、形式、性能等实现的方法论问题，是研究建筑物建造过程中如何有效实现建筑目标的技术问题，其在设计中会面临很多宏观和局部的问题，比如形式、空间、衔接部位、保温、防水、隔声等等。这些问题都需要设计者给出科学、有效、可行的材料选择与构造工艺等解决方案。

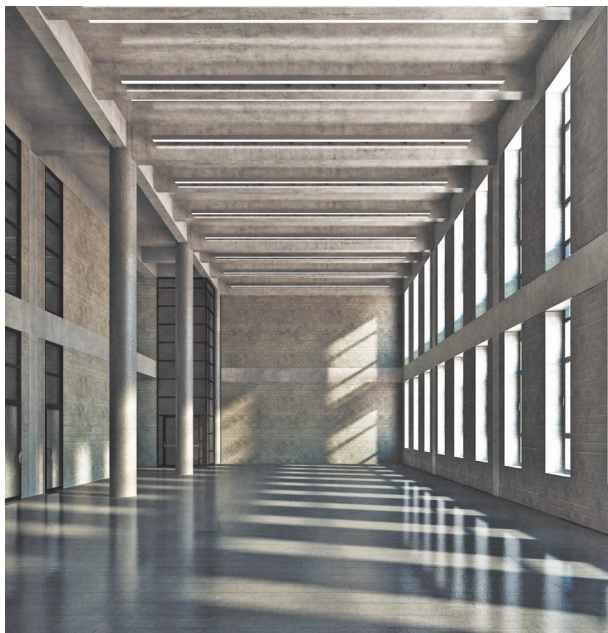


图 1-1-10 马里奥·博塔设计的鲁迅美术学院实验室空间方案

就马里奥·博塔设计的鲁迅美术学院实验室空间而言（图 1-1-10），他的原始构想是所有的墙面均采用清水混凝土或规整的混凝土砌块，塑造平整光洁的工业风。如果要采用清水混凝土实现这样的效果，就必须提高混凝土梁板柱的施工及验收标准，同时采用特制的模板系统，造价之高远远超出预算。如果采用规整的混凝土砌块，砌块的选择就比较困难，因为市场上现有的砌块都不能满足清水墙体对砌块形体尺寸精度、表面平整度和强度等的要求。因此，可供选择的方案主要有三种：一是按要求定制专用的砌块——这种方法能够保证效果，但造价会成倍增长；二是采用现有的工程砌块——这是最容易实现的办法，但会牺牲掉一定的精度和平整度；三是采用常见的二次装修贴面——这个方案造价居中，表面效果也有一定保证，但所追求效果的实现度有限，成果的建筑量感会有明显的不足，设计师也表示不认可。

中国北方地区冬季寒冷，而混凝土结构的保温性能很差，如果不经保温处理就直接将混凝土结构暴露在室外，其在室内墙体对应的位置会形成“冷桥”，既不利于外墙保温，也容易形成结露现象。因此，北方地区通常的构造做法是在外墙梁的底部

做出一个厚度约 60mm 的悬挑，用以承托砌体或保温材料，以形成对梁的保温（图 1-1-11）。

2. 多元择优

面对同一问题，可供选择的解决方案通常会有很多种，优秀设计师的任务就是从中找出最优、最适合的可供实施方案。影响选择的评价因素有很多，如经济、耐久、耐候、安全、舒适、美观、个性等等。

马里奥·博塔惯用一种条状设计语言来表达他的设计理念（图 1-1-12），其首选的材料是实木。

但该方案由于国内消防规范的强制要求而被否定，并且能够稳定实现如此效果的木材的造价也十分高昂。因此，他需要找到备选材料和解决方案，尽可能地实现其设计意图。现在，国内可供选择的替代材料主要有铝合金表面喷涂木质纹理，铝合金表面贴 PVC 木纹贴，高分子仿木制品等。这些材料都有各自的优劣，虽然无法完全替代木材，但也可以基本实现初始的设计意图。例如，马里奥·博塔设计的清华大学美术馆的室内“木条”，采用的就是铝合金基材方管贴 PVC 木纹贴。

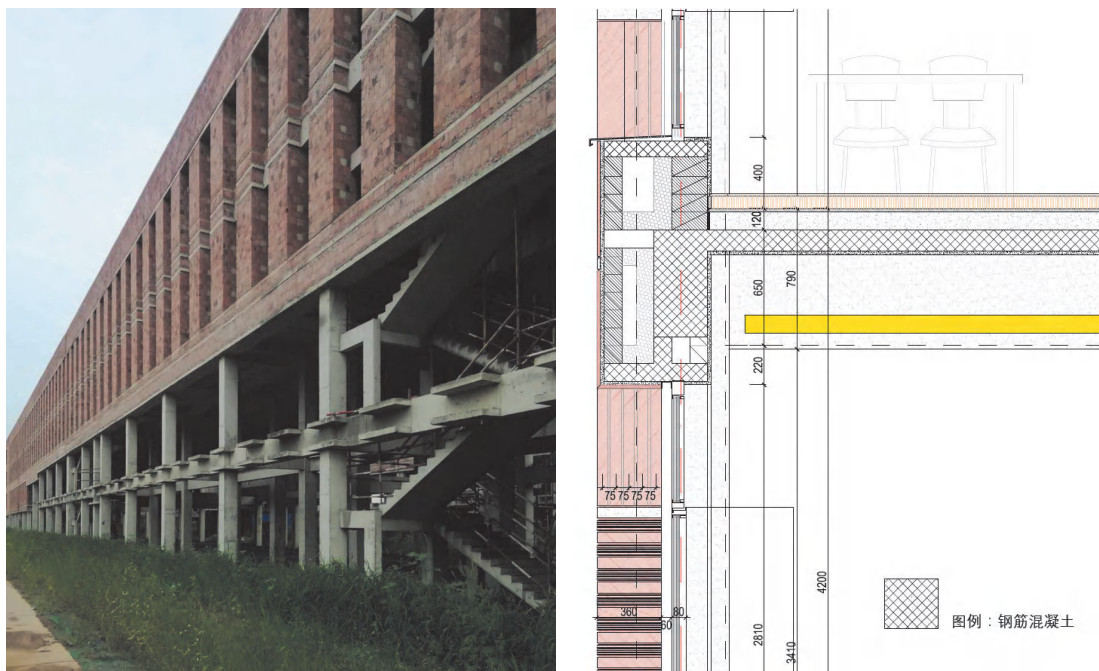


图 1-1-11 北方地区建筑外墙与梁的常见处理方式

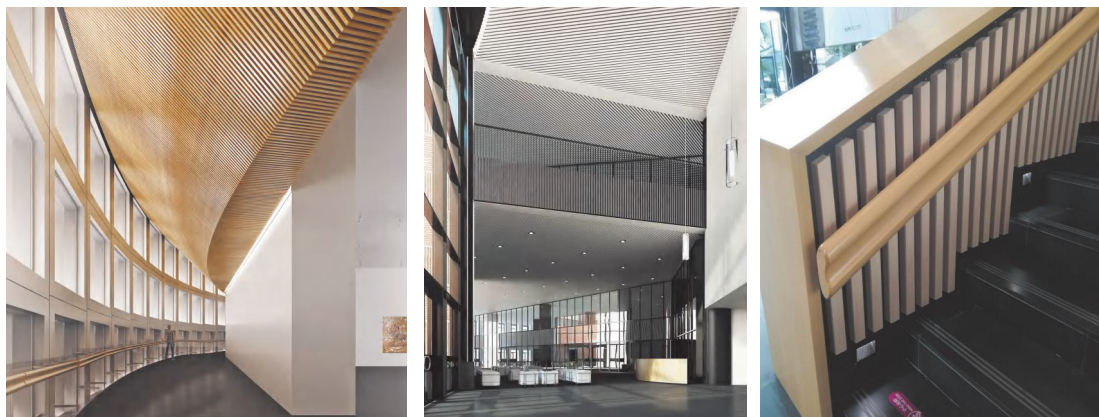


图 1-1-12 马里奥·博塔惯用的条状设计语言表达

3. 实践性与实验性

建筑构造通常被认为是技术问题，却又不只是技术问题。它就像一个认识了很多字的人，却未必可以写出好文章。很多材料和构造工艺都是经过长期不断发展完善而形成的，并且还在发展和完善中，并非终结。建筑材料，尤其是人造材料，要经过大量的实验和不断的实践检验才能逐渐完善并大量应用于实践。在实践过程中，其功能、用途也可能发生异变。面对层出不穷的新问题和新要求，研究创造新材料、新工艺并不是唯一的解决方案，也不是最快捷有效的方案，开发、实验现有材料的创新实践功能才是设计者应有的重要思维方向。

例如，古罗马时期就有原始混凝土的应用，但它只是作为石材的替代品存在的。近代，随着钢筋的植入，钢筋混凝土成为应用比较广泛的结构材料，但其应用方法仍比较单一。后来，随着模板工艺和混凝土组成成分的发展和进步，其结构形式、装饰效果和应用范围才得以大幅地丰富和拓展。

再如，玻璃的早期使用主要是中世纪开始的彩色镶嵌玻璃窗（图 1-1-13）和一些琉璃器皿，直到 17 世纪才有了大块玻璃的生产工艺，玻璃也才成为普通物品。开始时，玻璃只是作为门窗的透视材料。现在，随着生产加工工艺的调整，人们已经可

以生产出适合不同用途的玻璃，如玻璃砖和平板玻璃。玻璃砖是由两块分开压制的玻璃在高温下封接加工而成的，具有优良的隔声、耐磨、透光（有限透像）、防火、装饰性能等特点，可用于墙体饰面或独立的隔断墙体。在将玻璃砖砌成墙体时，施工者要利用一些垫块使墙面平整、灰缝平直；要使用钢筋等来保证墙体的整体性（图 1-1-14）。平板玻璃常被大量用作采光窗的透光部分。由于玻璃工艺和连接技术的发展，采用平板玻璃制作的门窗不再需要金属或木的边框，而是直接将经过特殊处理的钢化安全玻璃独立作为门的主体，仅需要一些必要的金属附件即可（图 1-1-15）。



图 1-1-13 教堂的彩色镶嵌玻璃窗

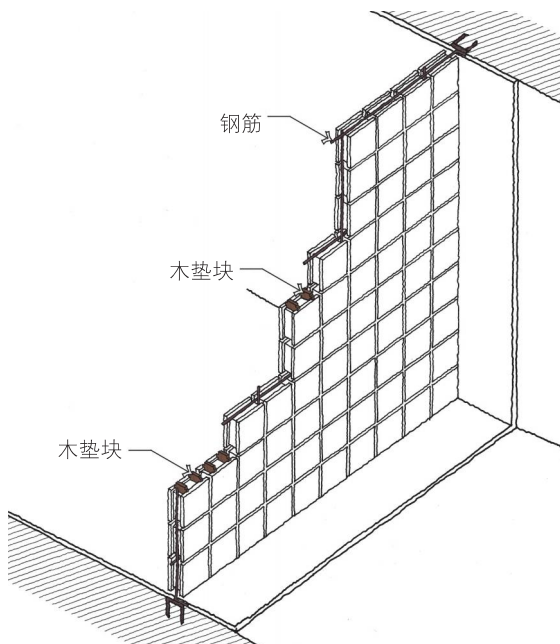


图 1-1-14 玻璃砖墙体



图 1-1-15 新型玻璃门

此外,玻璃幕墙 (reflection glass curtainwall) 在建筑中也被大量采用。玻璃幕墙是由支承结构体系与玻璃组成的,兼具建筑外围护墙体和门窗的功能。玻璃幕墙基本分为框架支撑、点支撑、单元式幕墙和全玻璃幕墙几类 (图 1-1-16)。

玻璃地面是现代玻璃的一项拓展应用。玻璃地面通常由玻璃和支架结构组成,主要考虑的是玻璃的强度和安全性问题,玻璃要选用安全性较好的钢化玻璃或夹丝玻璃等。利用玻璃的通透特性,可以使在上面的人产生一种凌空的感觉,当下比较流行的玻璃栈道就是其中一种 (图 1-1-17)。

如图 1-1-18 所示,现代玻璃的拓展应用还有展示架、展示板、指示牌、桌面、隔断墙等。

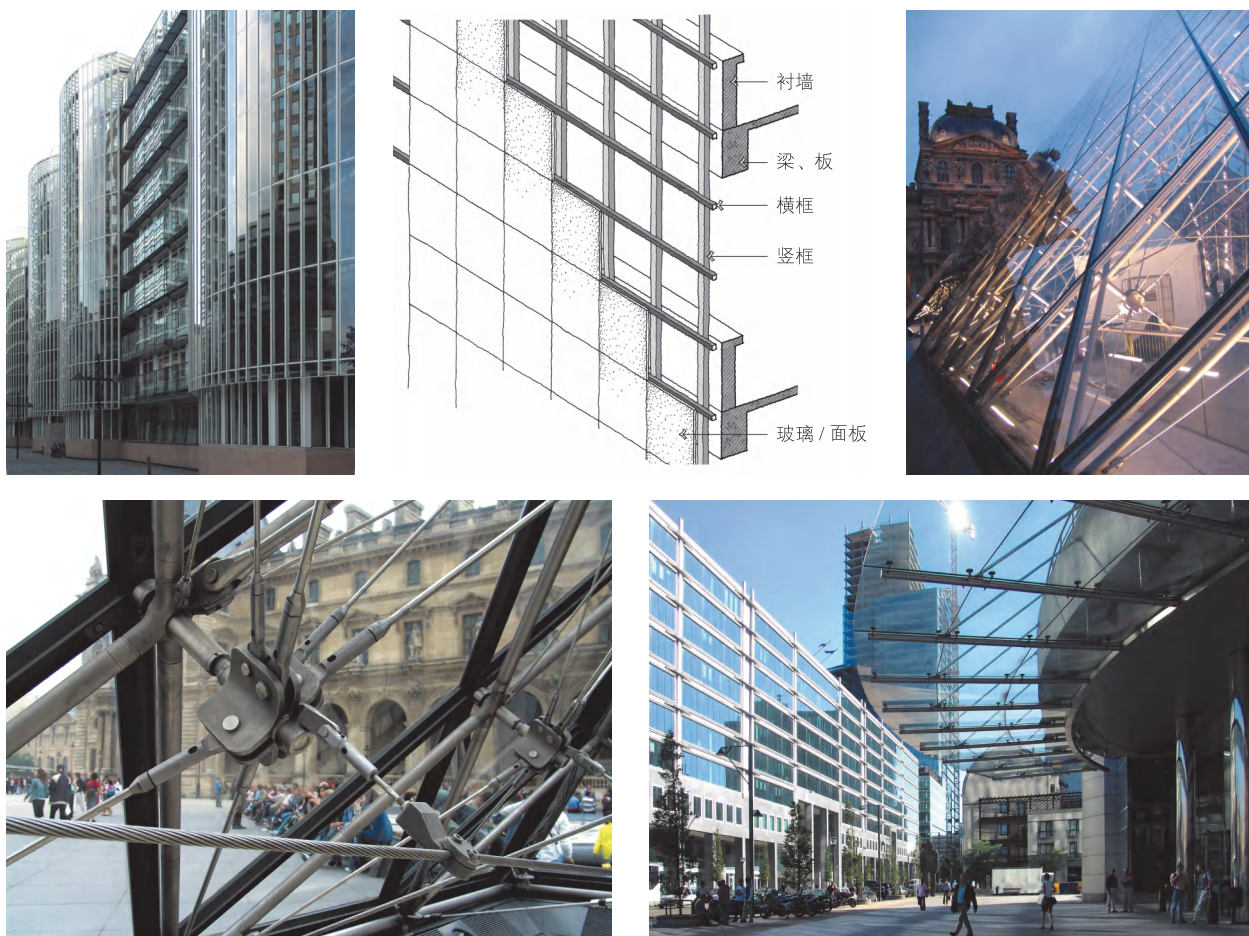


图 1-1-16 玻璃幕墙



图 1-1-17 玻璃地面



图 1-1-18 现代玻璃的拓展应用

4. 学习方法的特殊性

材料与构造这门课程的知识性和实践性都非常强,知识的学习和实践活动都必不可少。因此,学习者既要掌握常用构造及其材料的功能、属性特征等理论知识,又必须结合实际,以实践作为学习的出发点和最终目标。目前,材料与构造课程的学习方法主要有读书、读图和实践等。

(1) 读书

读书侧重于理论知识的学习、理解和积累。“书”主要是指教材和相应的参考书(图 1-1-19),也包含教师课堂讲授的知识。这种学习方法的重点是在尽量理解的基础上对知识、信息的记忆和积累。由于很多信息理解起来会很枯燥、吃力,这个过程又是纸上谈兵,因此,将读书看作实践阶段的铺垫可能更为恰当。

(2) 读图

读图阶段的重点在于对知识、技术、信息的学习和积累,是“学”的过程,是为真正“用”的阶段来做铺垫。这里的“图”有很多种,包含各种标准图集、杂志和设计资料集、优秀的设计施工图等。

① 标准图集

标准图集在国内是一种特别普遍且特别有力量的存在,它对于每个建筑师、每

全国高等院校建筑与环境艺术设计专业规划教材

建筑构造

实验·实践·实现

鲁迅美术学院 主编

冯丹阳 著

中国建筑工业出版社

目 录

总序

前言

001 第1章 何谓建筑构造

001 1.1 科学的构造观

001 1.1.1 建筑构造设计的全局观与系统观

002 1.1.2 建筑构造设计的人文主义和景观

003 1.1.3 建筑构造设计的科学观和历史观

004 1.1.4 建筑构造设计的可持续发展观的生态观

005 1.1.5 建筑构造设计的创新观

007 1.2 关于创新观的例证

016 第2章 建筑概述

016 2.1 建筑的分类

016 2.1.1 建筑的一般分类

018 2.1.2 建筑的结构分类

021 2.2 建筑的基本组成

021 2.2.1 基础

021 2.2.2 墙、柱

022 2.2.3 楼板和地面

022 2.2.4 屋顶

023 2.2.5 楼梯

023 2.2.6 门窗

024 2.3 建筑的影响因素

024 2.3.1 外界环境因素

024 2.3.2 人的因素

024 2.3.3 技术因素

025 2.3.4 行业标准因素

025 2.4 建筑的标准化与工业化

025 2.4.1 建筑模数

026 2.4.2 模数协调

028 第3章 建筑的墙和柱

028 3.1 建筑的墙和柱的概述

029 3.2 建筑的墙体

029 3.2.1 墙体的分类

033 3.2.2 墙体的热工——保温、隔热

036 3.2.3 墙体的隔声

037 3.2.4 墙体的变形

038 3.3 建筑中的砖墙

038 3.3.1 砌体材料和墙体尺寸

039 3.3.2 砌体墙体的细部要点

044 3.3.3 砖墙的加固

046 3.4 建筑中的隔墙

047 3.4.2 常用隔墙

049 3.5 外墙面装饰

049 3.5.1 外墙面装饰功能及分类

049 3.5.2 外墙面装饰做法

055 3.6 内墙面装饰

055 3.6.1 内墙面装饰的功能及分类

055 3.6.2 内墙面装饰做法

059 第4章 建筑的楼板层与地面

059 4.1 楼板、地面

059 4.1.1 楼地面的基本构造

059 4.1.2 楼地面的结构——钢筋混凝土梁、板

061 4.1.3 楼地面面层的功能

061 4.1.4 楼地面面层的分类

062 4.2 楼地面的装饰构造

062 4.2.1 整体式楼地面

063 4.2.2 板、块料地面

064 4.2.3 水地面

068 第5章 屋顶和顶棚

068 5.1 屋顶概述

068 5.1.1 屋顶的表示法

069 5.1.2 屋顶的分类

069 5.2 平屋顶

070 5.2.1 平屋顶应考虑的主要因素

070 5.2.2 平屋顶的主要构造层与相应的材料选择

071 5.2.3 柔性防水屋面的基本构造层次

071 5.2.4 平屋顶屋面水的排除

072 5.3 坡屋顶

072 5.3.1 坡屋顶的构成

072 5.3.2 坡屋顶的构造层次

075 5.4 顶棚的形式

075 5.4.1 直接式顶棚

076 5.4.2 吊式顶棚

081 5.5 顶棚的装饰构造

081 5.5.1 直接式顶棚构造

081 5.5.2 吊式顶棚构造

083 第6章 建筑的地基与基础

083 6.1 概述

083 6.1.1 概念

084 6.1.2 地基的一般要求

084 6.1.3 天然地基与人工地基

084 6.2 地基的加固

084 6.2.1 地基的加固方法

085 6.2.2 地基的不均匀沉降

087 6.2.3 基础的埋深

087 6.3 基础的种类

087 6.3.1 按材料及受力分类基础

088 6.3.2 按构造形式分类基础

090 第7章 建筑中的楼梯

090 7.1 建筑楼梯

090 7.1.1 楼梯的形式

090 7.1.2 楼梯的材料

090 7.1.3 楼梯的设计

093 7.2 楼梯装饰

093 7.2.1 楼梯踏步的装饰

095 7.2.2 楼梯的栏杆、栏板

097 第8章 建筑中的玻璃与幕墙

097 8.1 玻璃的种类与特性

098 8.2 玻璃的基本应用

098 8.2.1 玻璃幕墙

099 8.2.2 玻璃门

100 8.2.3 玻璃幕墙

105 8.2.4 采光玻璃顶

107 8.3 玻璃的扩展应用

107 8.3.1 玻璃地面

107 8.3.2 玻璃的其他扩展应用

110 第9章 建筑外环境构造(建筑场地构造)

110 9.1 外环境地面

110 9.1.1 环境地面

110 9.1.2 硬地面的基本技术参数

111 9.2 外环境地面分类

111 9.2.1 软地面

个施工队、每个图纸审查机构、每个工地，都是不可或缺的工具（图 1-1-20）。标准图集涵盖了建筑设计中的各个基本方面，反映了设计领域较成熟的设计处理方式，具有标准化、系统化、普及性等特点，适合标准化的设计和施工。通过对标准图集的学习，学习者可以系统地理解常规的构造工艺、原理和基础做法，了解国内普遍的施工情况。需要注意的是，如果没有实践经验，学习者将很难将构造和建筑设计联系起来。图集基本都是标准化的东西，学习过程中要注意对其进行创新化利用，以便在标准化的基础上进行高层次的创新。

标准化具有高效、便捷、经济、易协作等优势。更重要的是，它带来了统一的市场、统一的标准和共同的协作基础。因为要追求通用性，图集集中的工艺做法往往比较初级、简单、缺少个性，如果要追求个性和特色的设计效果，必要的构造节点还

是要自己画。毕竟，创造自己的构造特色是设计师个性的重要体现。

② 杂志和设计资料集

这类书当下有很多种，质量也是良莠不齐，一定要仔细甄选。例如，德国的 *DETAIL* 是一本专注于介绍建筑细节构造设计的专业杂志，也是研究构造者的重要参考资料。它基本上每一期都会有专题，里面有大量高清、高质、带比例的建筑构造详图，以及对其相应建筑的介绍和对现阶段最新构造的详细归整和说明。*DETAIL* 杂志对应的网站叫作 *DETAIL inspiration*，上面有所有已出版的 *DETAIL* 杂志详图，并且按照建筑类型、建筑材料、建造时间、建造地点等进行了分类（图 1-1-21）。

这类书内容庞杂、信息量大、个性强，但代表性相对较弱，虽适合参考学习，但不太适合初学者。

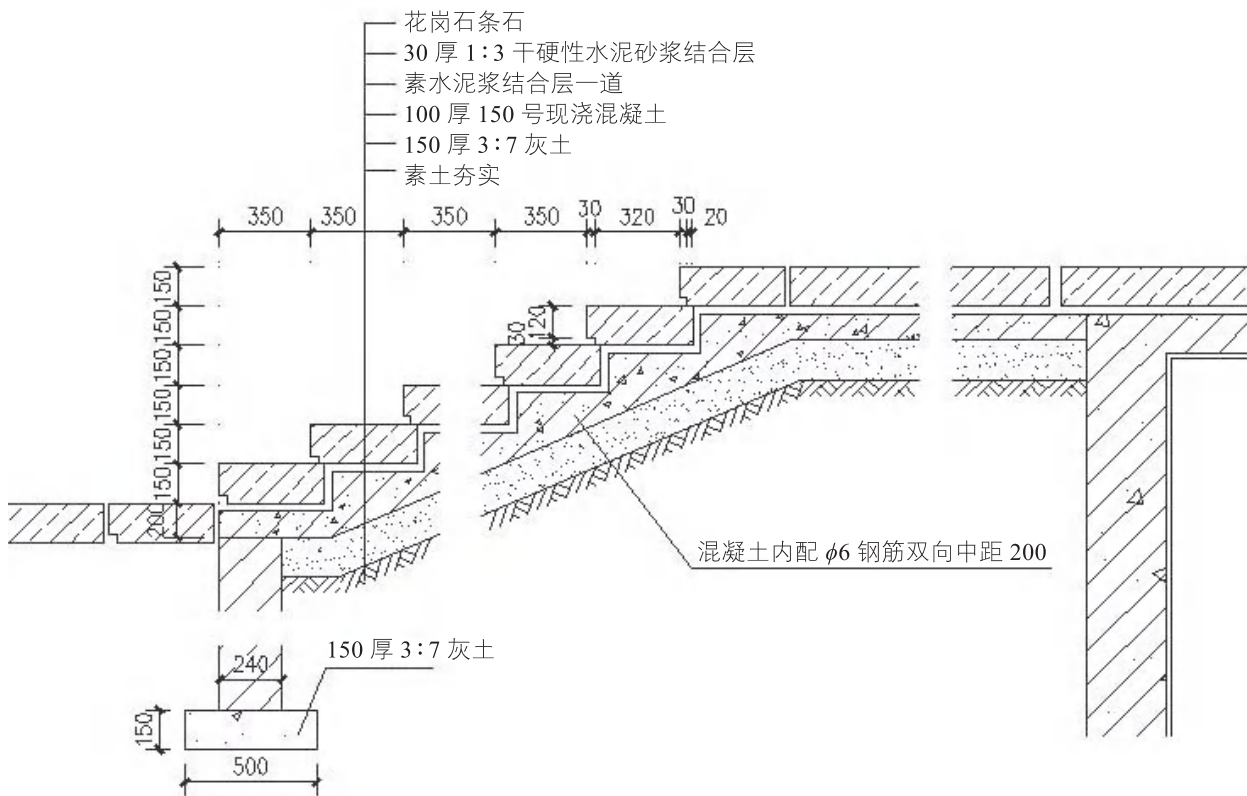


图 1-1-20 标准图集集中的施工图

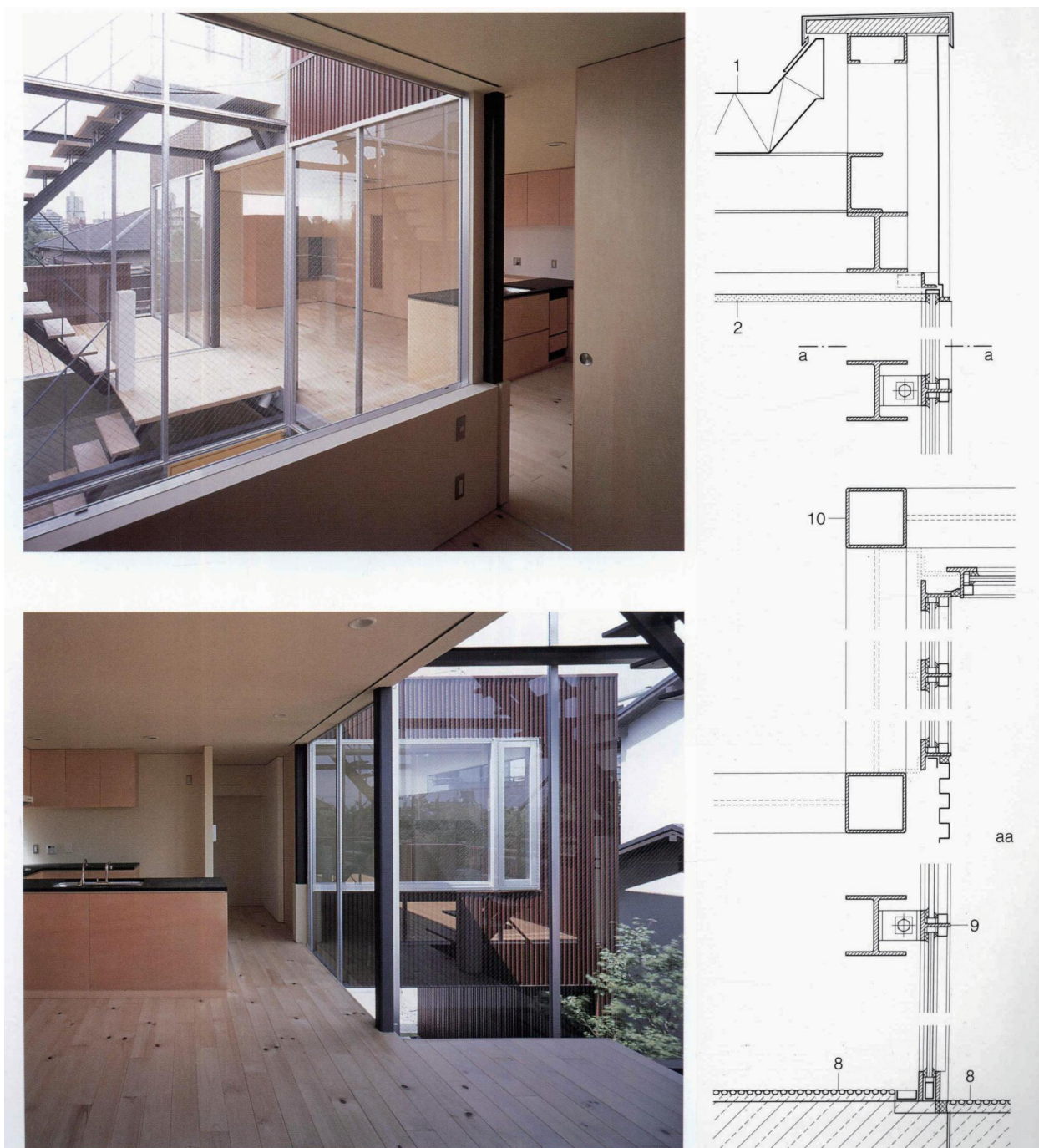


图 1-1-21 资料集内页 / 克里斯汀·史蒂西 / 德 / 《DETAIL 建筑细部系列丛书》/2009

③ 优秀的设计施工图

如图 1-1-22 所示，在材料与构造技术的深入学习过程中，如果有机会读到完整优秀的设计成果文件是再好不过的了。因为这样的图纸更加完整、系统，具有足够的现实可操作性，研读这类图纸可以系统地了解和学习材料与构造在实际应用中的方法

和操作程序。需要重点强调的一点是，最好能够选择一套较为完整、优秀的图纸，以便更深入地了解特定的设计师或团队以及特定类型方案的设计特点与表达特色，使自己系统地深入地了解设计的科学性、系统性、完整性，促进自己特有风格的形成。

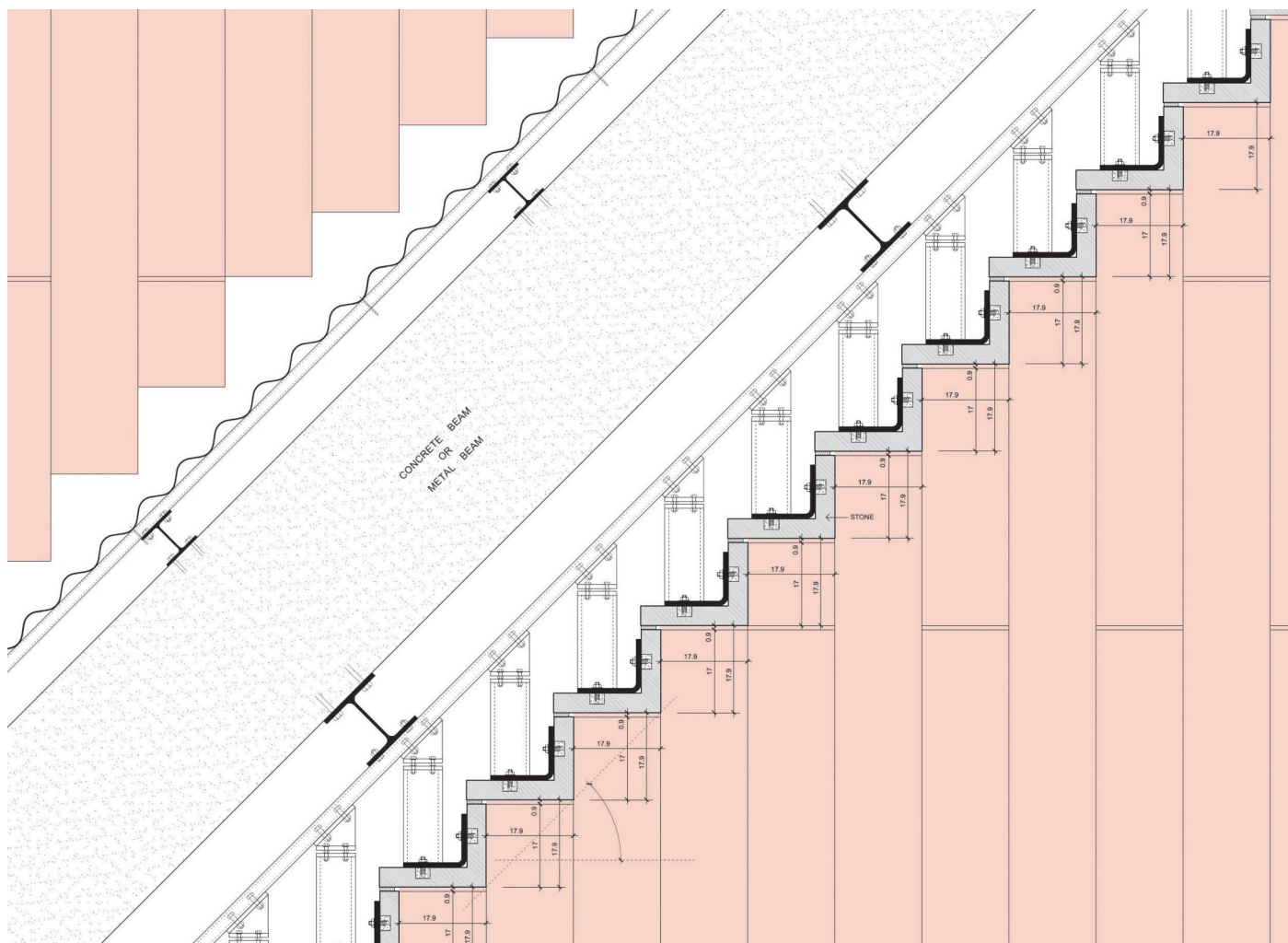


图 1-1-22 可以参考的施工图实例

(3) 实践

实践是对所学知识的应用、检验与拓展，是一个在学习中检验、在检验中学习的过程。实践是本门课程学习过程中最关键、最重要的部分。这个实践的教学过程主要有三种类型：工地实践、日常实践和课堂实践。

① 工地实践

工地实践是重要的、基本的、常规的实践过程。通过对施工中的工地的现场调研,学习者可以切实地认识和印证课本上所学的知识,加深理解。这种学习和训练的方法,直观,真切,有的放矢,不至于出现形而上的、脱离实际的问题,可以实实在在地增强学生面对和解决实际问题的能力。

工地实践的最好做法是在每一阶段的理论教学

结束后，有组织或自发地让同学们到特定的施工现场，有针对性地就所学过的相关理论知识进行实地观察和学习；然后再让同学们根据现场了解、观察到的结果，结合自己的认识，写出一份调研报告。报告可以是总结式的，也可以是问题式的。报告本身也许并不十分重要，关键是培养一种学习的方法和态度，以及观察、学习身边事物的能力和意识。

工地实践确实是本门课程学习的好方法，但也存在较大的局限性。通常工程项目施工周期都比较大，在短期内了解施工的全过程难度较大。而且在工地现场，同学们不会被允许动手操作，只能观察。这既有工程本身进度和质量等方面的要求，也有同学人身安全方面的考虑。而且在授课阶段，在可达的地域内未必就有合适的可供实践的施工现场。

场。就算有工程项目，受到各种因素的制约，其施工内容和工艺的先进性与系统性也未必能够满足教学要求。

② 日常实践

日常实践是指课后将课上所学的知识在身边的现实中找到实例，并加以收集、整理、分类、总结，以加深理解，巩固所学知识，实践的难度相对较小。日常实践更重要的是培养一种留心观察学习身边事物的能力和意识，这对于以后的自我培养、自我提高至关重要。观察现实，无疑是要我们多学习成功的、优秀的实例，但是，破败的、失败的实例我们也不能错过（图 1-1-23）。原因很简单，看到了别人的失败，我们就会分析他人失败的原因，尽量避免自己犯同样的错误。分析失败的原因，能找到解决的方案最好，找不到也没关系，记下来，可以在以后的学习和实践中去寻找答案。

生活实践也有一定的局限。比如：不可操作；只能看到成果的表面，看不到施工的过程和构造层次；在较短的教学过程中，很难找到较全面的所学知识的实例，即便找到了，也不一定是先进的、科学的。

③ 课堂实践

课堂实践就是在教学过程中能够实现的实践教学环节，其具体做法将在本章的第四节——材料与构造的教学与实践部分进行阐述。

5. 学习状态的持续性

通过本课程的学习，学生并不能完全掌握必要的材料与构造知识，而这几乎也是不可能的。首先材料与构造的技术和知识是不断发展变化的，在这本书写成的同时可能就已经“过时”了。但是没关系，和具体的知识相比，懂得其选择和应用的原则和道理才是更重要的。其次，一本书无法涵盖一个专业所需知识的广度和深度。最后，各方面专业知识的学习都是一个长期的、持续的过程，无法一蹴而就。

无论是材料科学，还是构造工艺，都是在不断发展和进步的。想要跟上时代的进步，相应的学习和应用也是一个持续、渐进的过程。只有关注科技

的进步，把握时代的脉搏，才有机会创作出更优秀的作品。同时，还要随时留意身边、周围的环境，特别是细节，并对优秀的构造做法进行分析、探讨和总结，将其作为知识的积累和储备，并在可能的实践活动中加以发展和应用。对于一些“失败”的实例，我们也要给予足够的重视，研究总结其优劣及原因，在自己的实践当中取长补短。这才是掌握材料与构造这门课程的基础知识、培养自己的设计能力并使之不断提高的永恒之道。



图 1-1-23 身边的细节是很好的学习资源

第二节 材料与构造的独特属性

了解事物的属性是了解该事物的主要法门和途径，只有了解某一事物的属性，才能真正了解该事物。材料与构造的属性有很多，务实起见，我们不必了解其全部，先了解有实际指导意义的独特属性就好。本节我们要探讨的材料与构造的科技属性和创新属性，对于设计师的创作具有很重要的指导意义，能够成为其创作过程的重要助益和构思源泉。

一、材料与构造的科技属性

材料与构造的技术水平与人类的科技发展水平直接相关，是自然科学的实际应用，这是其绝对的科技属性。同时，应该注意到的是，技术的先进性是一个历史范畴，只属于特定的历史时期，是相对的。人类科技越是发展、进步，材料的选择和构造的工艺也就越复杂，专业性分工也就越细化，人们按照自己的意志改造身边的生存环境的能力也就越强。一方面，技术范畴要解决的是满足人们的生理使用要求的问题，要为人们创造出舒适的生存环境。这一目标只有通过合理的设计，精确的结构计算，严密的构造方式，并协调配合建筑、结构、电气、给排水、暖通、空调、绿化等方面才能实现。另一方面，艺术领域要解决的是创造优美环境，以满足人们心理需求的问题。因为，只有通过必要的艺术设计，才能满足人们的审美需求。技术发展到极致便有了艺术的展现，而艺术设计的成果又要靠相应的技术条件才能得以实现。所以，从设计的本质上来说，技术和艺术是统一的合作关系。一名优秀的设计师，要既懂艺术又懂技术。

就像设计作品没有相应的技术支持就无法实现一样，技术创新也需要艺术的灵感。著名的工程师兼建筑师富勒说过：“艺术家经常凭他们的想象力构想出一种模式，而科学家则是后来才在自然中发现它的。”

1. 建筑材料的发展过程与趋势

粗略地检视建筑材料的发展史，我们可以发现，人类使用的建筑材料大致经历了如下一个发展过程：穴居巢处→凿石为洞、伐木为栅，利用天然材料建造简陋的房屋→烧制砖、瓦、石灰、石膏，开始使用简单人工材料→18世纪至19世纪，钢材、水泥、砼相继问世，开始使用系统化的现代建筑材料→20世纪，化工、高分子、复合材料、科技含量建材等注重功能、安全、工业化与环保的新型建筑材料的普遍应用。

从人类使用的建筑材料发展史中，我们可以总结出其未来的某些发展趋势：节约原材料；低耗能、低污染；轻质、高强、多功能；在形式上追求构件化、单元化，以适应装配式施工和智能化方面的要求。技术水平越低，人类就越依赖自然，越难为自己创造出较为理想的生存环境；随着技术的发展，人们可以为自己创造出较为理想的“小”生存环境，比如适宜的温度、湿度等（图1-2-1）。



图 1-2-1 不同技术水平下人类生存环境的差异

2. 建筑材料的基本性质与概念

建筑材料有一些基本的性质需要我们了解和关注,以便作为材料选择的重要依据。

(1) 与质量、体积有关的基本物理性质

①密度:分为绝对密度、体积密度、堆积密度。

②材料的密实度与孔隙率。

③材料的填充率与空隙率。

(2) 与水有关的基本物理性质

①亲水性:亲水材料有石料、砖、混凝土、木材等。

②憎水性:憎水材料有沥青、石蜡、塑料等,常作为防水、防潮材料。

③吸水性:与材料的亲水性、憎水性有关,还与材料的孔隙率和孔隙构造密切相关。

④吸水率:通常指质量吸水率。

⑤吸湿性:用含水率来表示。含水率的大小与材料本身的性质,如孔隙的大小和构造有关,还与周围空气的温湿度有关。

⑥耐水性:材料长期处于饱和水作用下不被破坏,其强度也不降低的性质。

⑦抗渗性:材料抵抗压力水渗透的性质。

⑧抗冻性:材料在吸水饱和状态下,经多次冻融循环作用而不被破坏,强度也不明显降低的性质。材料的抗冻性常用抗冻等级表示。

(3) 与热有关的基本物理性质

①导热性:材料两侧存在温差时,热量从一侧传递至另一侧的性质。导热性的大小用导热系数表示。

影响材料导热系数的主要因素有材料的化学组成与结构、材料的表观密度等。受气候、施工等环境因素的影响任意受潮,会增大材料的导热系数。

②热容量和比热:指材料受热或冷却时吸收或放出热量的性质。热容量的大小用比热容(简称比热)表示。

(4) 强度

材料的强度是指材料在外力作用下抵抗破坏的能力。材料强度取决于材料的组成、组织和结构;此外,强度测定的条件和方法也会对其强度值产生

影响。材料的静力强度包括抗压强度、抗拉强度、抗剪强度、抗弯强度。材料强度的大小是划分材料强度等级的主要依据。

①弹性和塑性:材料在外力作用下产生变形,当外力除去后又能恢复原来形状的性质称为弹性。材料在外力作用下产生变形,当外力取消后,材料不能恢复到原来形状且不产生裂缝的性质称为塑性。

②脆性和韧性:材料在外力达到一定程度时突然发生破坏,并无明显的变形,这种性质称为脆性。材料在冲击或动力荷载作用下,能吸收较大能量而不破坏的性质称为韧性。

③硬度和耐磨性:硬度指材料表面的坚硬程度,是其抵抗其他物体刻划、压入表面的能力。耐磨性是材料表面抵抗磨损的能力,用磨损率表示。磨损率与材料的组成、结构、强度、硬度等性质有关。

(5) 耐久性

耐久性是指材料在使用期间受到各种内在或外来因素的作用时,能经久不变质、不被破坏、维持原有性能、不影响使用的性质。

为了提高材料的耐久性,通常可以从以下几个方面来考虑:设法减轻大气或其他介质对材料的破坏作用;改变材料的孔隙构造,提高材料本身的密实度;适当改变材料的成分,对其进行憎水处理和防腐蚀处理;在材料表面设置特定的保护层。

二、材料与构造的创新属性

材料与构造的创新性在于设计师个体对材料与构造进行应用时所展现出的新观念、新方法。即:通过学习具体的已有构造技术知识,在对其灵活运用的基础上进行的再创造;创新意识的培养是其关键。列夫·托尔斯泰曾经说过:“如果学生在学校里学习的结果,是使自己什么也不会创造,那么他的一生将永远是模仿和抄袭。”创新意识是一名优秀设计师必备的素质。

创造是首次制作出未曾有过的事物,可以说是一个打破旧秩序、建立新秩序的过程。我们关注的创造包括很多方面,如材料固有用途的异化和构造技术方法的创造性等。形式的创造性是以构造技术

为依托的。正所谓“欲出世，必先入世”，“入世”是为了“出世”，“入世”是手段，是方法，是过程，而“出世”才是目的。学习已有的知识是“入世”，灵活运用已有的知识去应对各种实际的新技术、新问题是“出世”。放眼全世界有影响力的优秀作品，没有一件不是包含了大量创新之处的杰作。

如图 1-2-2 所示，巴黎蓬皮杜中心是一座钢结构建筑，设计师在满足其基本结构技术要求的基础上，对构件的形式和构造方式做了个性化的创新设计与探究。为了验证其创新设计的可行性，设计师在自己的实验室里做了构件的模型和实验品，反复推敲、试验。



图 1-2-2 巴黎蓬皮杜中心钢结构构件推敲过程

正所谓“长江后浪推前浪”，创新本身也是一个历史范畴的问题，许多现在看来很平常的东西，曾经就是伟大的创造。同样地，现在看来是创造性的事物，随着时间的推移，也必将趋于平凡。纵观历史，无论哪个行业、哪个领域的进步和发展都是由科学技术的创新带动的，社会形态的演进也不例外。正如我们所了解到的，如果没有蒸汽机的发明，资本主义也就无法产生和壮大；如果没有成熟的钢筋混凝土技术，我们口中的现代建筑又从何谈起呢？如果说这太宏观，我们无法把握，那微观角度又何尝不是这样呢？由于各种新材料、新技术的诞生，许多过去无法想象的做法现在变得非常自然了：有了轻质板材，分隔房间就不必太过担心楼板的承载能力了；有了轻钢龙骨，各种形式的吊顶就变得轻而易举……

就构造技术而言，创新主要体现在以下两个方面。

1. 科学技术的创新

科学技术的创新是随着自然科学技术的发展进步，由艺术家和设计师们发挥想象力、由科学家们

来实现的具有革命性的创造活动。这样的创新必然带动时代的发展和进步，是推动建筑历史演进的原动力之一。

科技的创新是一个历史范畴，在一定历史时期内，原本的创造性元素会随着时间的推移而变得平凡，甚至可能会成为阻碍发展的消极因素。也就是说，我们要辩证地看待创造性问题，可能你身边的一些看似平凡的事物，曾经就是很伟大的创造。

例如，早在 1296 年就开始兴建的佛罗伦萨大教堂，就是因为无法解决一个直径 42m 的穹顶，一直无法完工，直到 1420 年才由博卢乃列斯基提出解决方案，最终于 1434 年建成。这个直径 42m、高 30 余米的穹顶在当时简直就是奇迹，其所使用的结构庞大到令人无法想象（图 1-2-3）。然而，这样一个穹顶空间在后世实在是不值一提的，现在不论是用钢筋混凝土还是用金属网架，都可以轻易地造出比大教堂穹顶大几倍，甚至十几倍的空间来（图 1-2-4、图 1-2-5）。



图 1-2-3 佛罗伦萨大教堂直径 42 米的“巨大”穹顶



图 1-2-4 19 世纪初商业步行街的采光顶是当时意大利科技与艺术的代表作



图 1-2-5 欧洲火车站常见的巨大钢结构采光屋顶

2. 应用方法的创新

应用方法的创新是指发挥设计师们的艺术再创造能力，即：设计师利用已有的材料、技术，不拘泥于原有的技术规范，在遵循基本的科学规律的前提下，创造出新的应用。每种工艺和材料在应用之初，其应用范围都会比较单一。随着人们对其认识的逐渐加深，材料应用的范围也在不断扩大，这其实就是创新意识的产物，也是设计师们更感兴趣、也更容易做到的。原本不起眼的材料和工艺，经过

这样的再创造，很可能会呈现出意想不到的美妙效果。

材料的选择既要考虑它的性质和效果，看它能够做什么，不能做什么，是怎样连接或怎样构成的，又与业主和设计师的个性、喜好及其对材料的认识、了解有关。对于许多成功的设计师而言，其对材料的运用并非出自偶然。历史上有很多对某种材料或工艺有所偏好的设计大师，我们常称之为砖石建筑大师、钢结构建筑大师或混凝土建筑大师等等。例如，密斯对钢和玻璃的钟爱（图 1-2-6），柯布西耶对混凝土的偏好，路易·康对于砖的情感，

罗杰斯对于高新技术和钢材的敏感，等等。他们对材料技术的认知、感觉和表现技巧并不是天生而是后天修炼得来的。因此，花时间去认识材料，进而信任它、掌握它，对它在深度和广度上进行拓展应用是非常重要的。一天换一种材料进行建造的设计师，就像一天用一种设计语言来进行设计创作的人一样，很难成为一个成功的设计师。但反过来说，任何一种材料、工艺的用法也绝对不会是唯一的，它一定还有许多没有被人们认识到的特性与应用的可能性，发现这些特性并在适当的时机恰当利用它们，你就有可能获得意想不到的成功。



图 1-2-6 纽约西格拉姆大厦——密斯设计的钢和玻璃摩天大楼

三、材料与构造的属性案例

1. 关于创新的例证——黏土砖

黏土砖在建筑工地是一种极普通的建筑材料，本来是用来建造墙体的，通常还要在其表面再做装饰，以便将其粗糙的表面掩盖。黏土砖是一种很古老的建筑材料，中国历史上的黏土砖是青灰色的，人们将其表面打磨平整然后砌成墙体（称之为磨砖对缝），将平直的砖缝直接暴露在外，不用额外的装饰，显示出中国文明特有的含蓄与雍容（图 1-2-7）。还有人将各种尺寸的打磨光滑的特制黏土砖铺在地上，称之为金砖铺地。在江南园林中，由于砖本身的吸附性，在潮湿的季节，砖上经常会生出苔藓，这正是中国文人们所钟爱的境界。荷兰人也喜欢用砖，但他们用的是“红砖”，很有特色。现在，红砖墙、红砖地已经是荷兰建筑的代表符号了（图 1-2-8、图 1-2-9）。



图 1-2-7 中国古建筑中的砖墙



图 1-2-8 体现了荷兰砖文化历史沿革的现代步行街地面



图 1-2-9 荷兰历史建筑中造型丰富的砖墙

现在的红砖，可能因为其表面太过粗糙，很少有人将它直接暴露在外，还有人将外墙瓷砖做成清水砖墙的效果。其实砖的生命力是很强的，通过不同的应用，可以创造出丰富的效果。例如，荷兰历史建筑中就有许多造型丰富的砖墙：在巴塞罗那海滨有一处小广场，就是用粗糙的红砖铺成的，而且砖是平放在地上的（荷兰人多是将砖侧立铺在地上）；广场上还有几处用红砖铺设的凸起，其他精加工石材与其形成了强烈的对比，使得此处的铺装设计显得极具亲和力和想象力（图 1-2-10）。由于砖的不同摆放方式，就算是传统的清水砖墙，也会创造出意想不到的效果（图 1-2-11）。



图 1-2-10 巴塞罗那海滨富有新意的红色黏土砖铺地

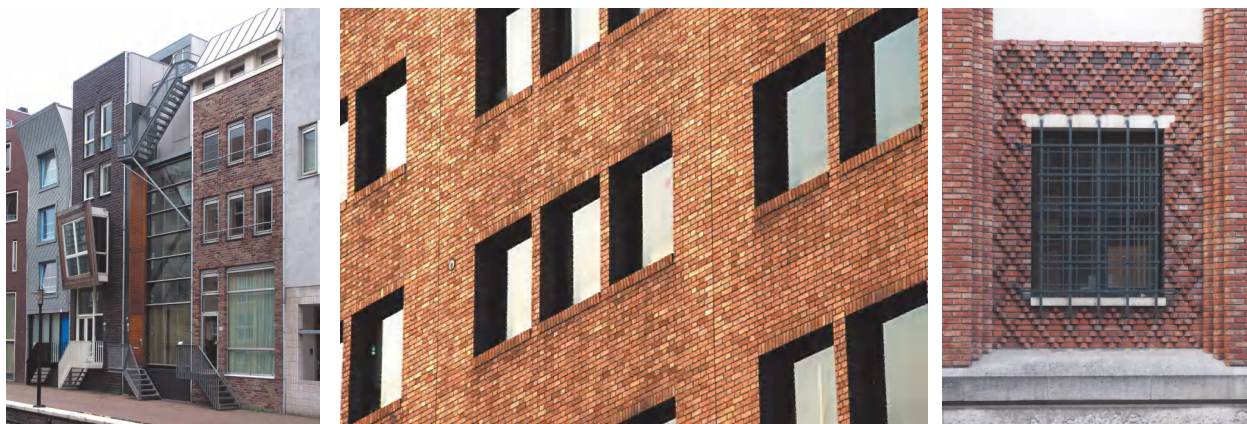


图 1-2-11 现代建筑中的清水砖墙

砖这种材料具有施工技术难度低，组砌方式多样、可以形成丰富的效果，应用范围广等特点。从建设全局出发，可以降低设计、材料准备、施工、维修等的复杂程度，提高工作效率；同时黏土砖墙还具备一定的保温性能，可以满足建筑外围护结构的热工要求，其触感也并不很生冷。但烧制黏土砖要浪费大量耕地以及煤炭，这些都属于不可再生的能源，因此黏土砖这种材料不符合可持续发展的生态要求，现在正处于逐渐被淘汰的过程中，比如实心黏土砖在中国的大中城市建设中已经被禁用。虽然因其良好的综合性能，黏土砖现在还不能彻底地被淘汰，但很多新型的替代品正在不断的研发与应用中。

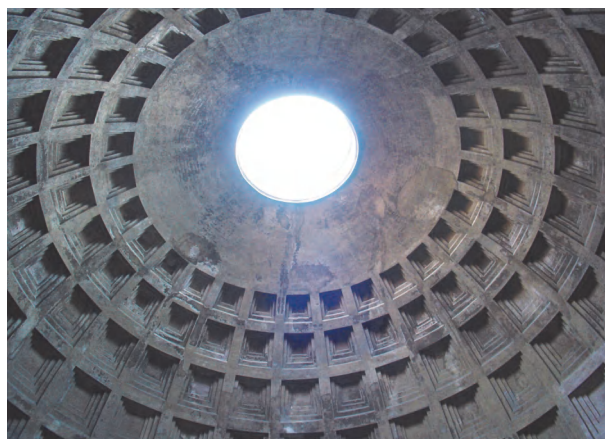


图 1-2-12 罗马万神庙的原始混凝土穹顶

2. 关于创新的例证——混凝土

我们大家都知道，混凝土是现代建筑中不可或缺的一种建筑材料，应用十分广泛。其实，混凝土材料的使用已有悠久的历史。古罗马人早就懂得把石头、砂子和一种在维苏威火山地区发现的粉尘物与水混合来制成混凝土。这种历史上最古老的混凝土，使古罗马人建造了像万神庙穹顶这样的建筑奇迹（图 1-2-12~ 图 1-2-14）。但是，这种无定形的材料多被用在如公共温泉浴室这样的世俗建筑中，应用并不广泛。现代意义上由骨料（砂、石）、水泥和水混合而成的混凝土，直到 19 世纪才出现。



图 1-2-13 原始混凝土在罗马大斗兽场建筑中扮演了不可或缺的角色



图 1-2-14 古罗马的贵族建筑和公共建筑大量采用了原始混凝土

1824 年，英国人发明了波特兰水泥，大大增强了原始混凝土的强度。1845 年以后，水泥已经可以进行工业化生产。1848 年，法国人又发明了钢筋混凝土，增强了混凝土材料的抗拉性能，开辟了混凝土材料更广泛的应用领域。1894 年，法国建成了世界上第一座钢筋混凝土教堂——圣让蒙马特教堂（Saint-Jean-de-Montmartre church）。现代建筑中，混凝土主要用作梁、板、柱等承重构件的结构材料（图 1-2-15、图 1-2-16）。

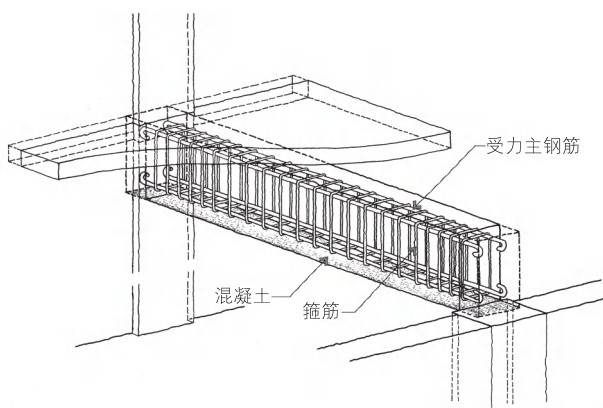


图 1-2-15 结合了钢筋骨架，现代的钢筋混凝土几乎变得万能



图 1-2-16 钢筋混凝土框架

混凝土材料虽然在 2000 多年前已经开始使用，但钢筋混凝土材料的应用历史只有 100 多年。到了 20 世纪 20 年代，柯布西耶倡导“粗野”，房屋外墙抹灰也显得多余。暴露墙体结构、拆了模板不抹灰的素混凝土或清水混凝土建筑开始抛头露面，并成为混凝土建筑中最引人注目的新星。20 世纪 50 年代以来，混凝土这种古老的建筑材料与现代建筑形影相伴，在二战后的住房危机和战后重建中扮演了“救世主”的角色。

然而 20 世纪 60~80 年代，人们通常认为混凝土是“丑陋”和“非人道”的：生产混凝土会消耗大量的能源，还会破坏环境；硬化后的混凝土在自然界中很难被降解，无法循环再生……但是，由于其优秀的结构性能，现在的混凝土仍然常被用作建筑的骨架和结构材料，并被各种贴面、涂料所掩盖，被生态所绿化，被幕墙所遮挡。

这种被誉为“万用之石”的经典建材，几乎可以应用于建筑的全部主要部位。许多天才的建筑师利用自己的巧手慧心和混凝土材料坚固、经济、可塑性强、表现力强等特质，创造出了很多优秀作品。早在 20 世纪五六十年代，全世界已经涌现出了大批善于使用“丑陋”的混凝土的建筑师，如柯布西耶、保罗·鲁道夫、博姆、丹下健三等。他们以自己特有的技巧，为我们塑造了很多混凝土建筑的经典之作。

柯布西耶等人追求混凝土表里合一的各种表现手法，他们利用混凝土的流动性、可塑性、干燥后的高强度等特性，探索各种造型的可能性。

现在，混凝土作为结构材料的变化相对有限，其创造性应用主要体现在混凝土饰面上。如图 1-2-17 所示，混凝土具有流动、凝固、硬化的特性，混凝土饰面可以创造出丰富多彩的纹理和质感。



图 1-2-17 巴黎大学城中的清水混凝土建筑

路易斯康、安藤忠雄等人设计的混凝土饰面建筑，更关心混凝土的质感及其所能表达的精神性。混凝土饰面的那种肃穆的感觉，与日本传统的灰色调、质感、抽象性相吻合，反映了日本传统中一种“最低限”的精神。所以混凝土饰面在日本赢得了广泛的认同，甚至在室内也有应用（图 1-2-18）。

如图 1-2-19 所示，由于混凝土具有很强的拓印功能，利用此特性使用天然木板（杉木等）作模板可将木纹原封不动地拓印下来，使墙面有一种取之自然、融于自然的返朴归真的质感。

在浇筑混凝土前预先埋置大理石、花岗岩、金属板等其他材料，浇筑脱模之后，使其与混凝土墙体融为一体形成饰面，并通过无序点饰的镜面把周

围景观映射到建筑上，可以说是一种异质材料的共生。另外，拆模之后的细琢饰面或斩假石饰面，粗犷有力，能够表现出层次丰富的光线变化，也有石材的效果（图 1-2-20）。

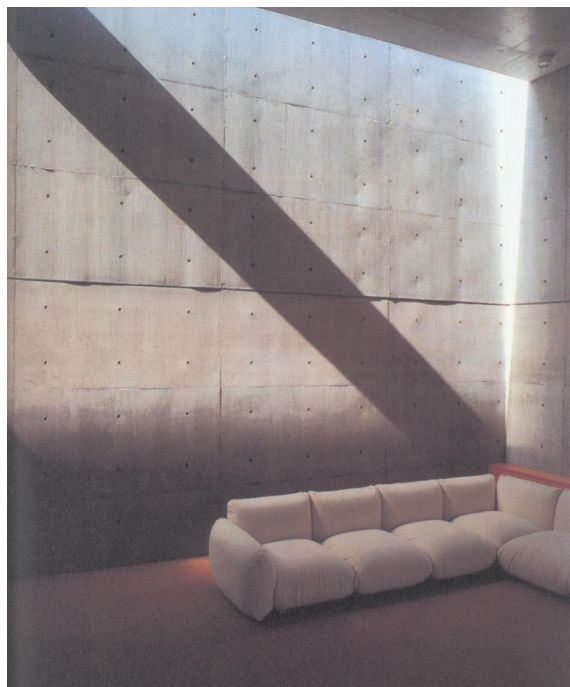


图 1-2-18 清水混凝土室内墙面 / 安藤忠雄设计的小筱邸

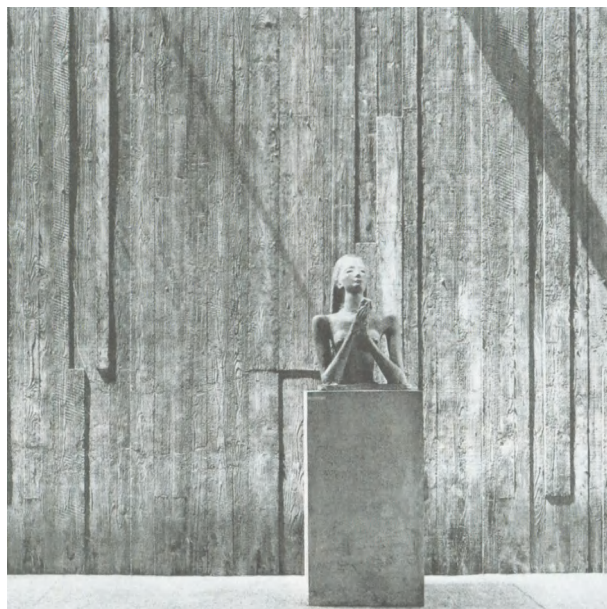


图 1-2-19 德国莱姆布瑞克博物馆中留有清晰木模板印痕的清水混凝土墙面



图 1-2-20 雕琢过的混凝土墙面 / 巴黎财政部

第一代现代建筑大师赖特认为技术应该为艺术服务，其大量创造性应用混凝土的设计案例就是这一论点的有力佐证。首先是他在结构构件上的创造性应用：1939 年，在为约翰逊制蜡公司设计办公楼时，赖特别出心裁地采用了几十根自承重的支柱，柱子上大下小、白色颇长如热带植物，上部与 5.49m 直径的圆盘构成整体，中间的空隙用组成图案的玻璃管填充，让天然的阳光柔和地洒进室内（图 1-2-21）。这个结构既与梁柱系统截然不同，又完全实现了必要的结构功能。从美学角度上讲，这些“柔软”而重复的轻盈飘浮的空茎植物般的支柱，创造了一种全新的空间体验。尽管后来的使用证明这种结构的防水问题是一个难题，但除此之外的艺术及技术创造性还是令人赞叹的。

此外，赖特对混凝土还有另外一种别出心裁的应用——混凝土塑性砌块。混凝土砌体在技术上是创新的，每个砌块重约 20kg，以便于工人操作，现场预制。砌筑时在砌块间插入钢筋后浇混凝土，因而形成既抗压又抗弯的整体结构。砌块可以采用很多装饰母题，从而使建筑与周围环境融为一体。带花纹的混凝土砌块筑成的厚实墙体，布满相同图案的表面以及有镂空砌块投进室内的光斑，使得整个建筑闪烁着迷人的光彩（图 1-2-22）。



图 1-2-21 赖特设计的约翰逊公司办公楼内景



图 1-2-22 赖特的混凝土砌块建筑 / 《建筑细部》 / 2004 年第 2 期

此外，混凝土地面虽然是一种极普遍的地面铺装方法，但也被创造出了很多丰富多彩的新做法。例如模压混凝土、彩色混凝土，与大理石、花岗岩、金属板等材料组合而成的地面（图 1-2-23），混凝土地砖地面，等等。



图 1-2-23 巴黎拉维莱特公园混凝土与大理石板结合地面

混凝土饰面的色彩比其他材料蕴含着更多的可能性。混凝土收面的色彩可分为两大类：彩色和灰色。彩色类是在混凝土中加入颜料添加剂。根据颜

料色彩的不同可形成各种彩色混凝土。水泥则一般使用白水泥。灰色类是根据水泥的种类、骨料的种类和色调调配出从浅到深的不同层次的灰色调。层次丰富的灰色正是混凝土饰面的魅力所在。从近似铝合金的银灰色到近似砖瓦的深灰色，再加上丰富多彩的纹理和质感，使得混凝土饰面能够与其他材料相协调。

虽然混凝土的工程性能优良，但也存在很多问题。首先，硬化后的水泥石导热快，保温隔热性能差且触感冰冷坚硬。因此，基于人性化的考虑，从使用者的角度出发，室内外温差较大地区的混凝土结构必须做适当的保温处理。其次，它不符合可持续发展的生态要求。烧制水泥的原材料是石灰石，开山采石会对自然生态造成极大的破坏，在烧制水泥的过程中又要耗费大量的煤炭等能源，同时又会产生大量的温室气体和粉尘，污染环境。最后，硬化后的水泥石在自然界很难降解，建筑垃圾中的水泥石会对自然环境造成长久的不利影响。在很多发达国家，混凝土是被限制使用的，他们更提倡使用钢材。

第三节 材料选择与构造设计的基本原则

原则是行为所依据的法则或标准，是行事的指导和裁判事物的依据。依据原则办事通常可以避免很多失误，能够保证行为的正确性。在材料与构造范畴内称得上“基本原则”的知识并不多，这里提到的“系统原则”“人本原则”“经济原则”“生态原则”就更值得大家注意，在创作、实践过程中必须引起足够的重视。

一、系统原则

任何有形的事物都有其内部的构造形式：我们生存的地球有其内部的构造，我们的身体有一定的构造形式，各种机器设备的内部构造也各不相同……它们都是各成系统的，系统内部各元素之间通过一定的关联相互联系，相互制约，共同发挥作用，不存在孤立的元素。这就是所谓的“牵一发而动全身”。我们从达·芬奇的人体解剖图和设计手稿中就可以看出他对于系统性的深入理解，尤其是各个部件间的关联更是其研究的重点（图 1-3-1）。

建筑构造知识涵盖了建筑的所有部位以及建筑建造的全过程。虽然我们学习和研究构造的实践过程是从局部开始的，但作为一个整体的建筑工程，其各组成部分之间是相互影响、相互制约的。因此，学习建筑构造知识要树立全局观和系统观，也就是从全局出发，从细节入手，最后将各部分的构造知识系统地整合在一起。在学习和考虑局部构造时要以整体为参照，以相联系的部分为参照；要从整体出发，使局部服从整体。因此，设计师在设计建筑作品时要尽量做到构配件的标准化，工艺做法的简单统一化，减少工艺的复杂程度和难度。这样既利于工程的顺利进行、人员设备的配置简化和工程造价的降低，又可以达到风格的统一。

此外，系统性原则还与作品或设计师的风格相关，系统化的材料选择和构造设计会强化这种风格的统一性。如图 1-3-2 所示，华盛顿美国国家美术馆的老馆和新馆，虽然建筑的时间相差很久，风格也迥异，但在材质的选择和构造工艺等方面进行了系统化的设计，从而实现了整体的协调统一。

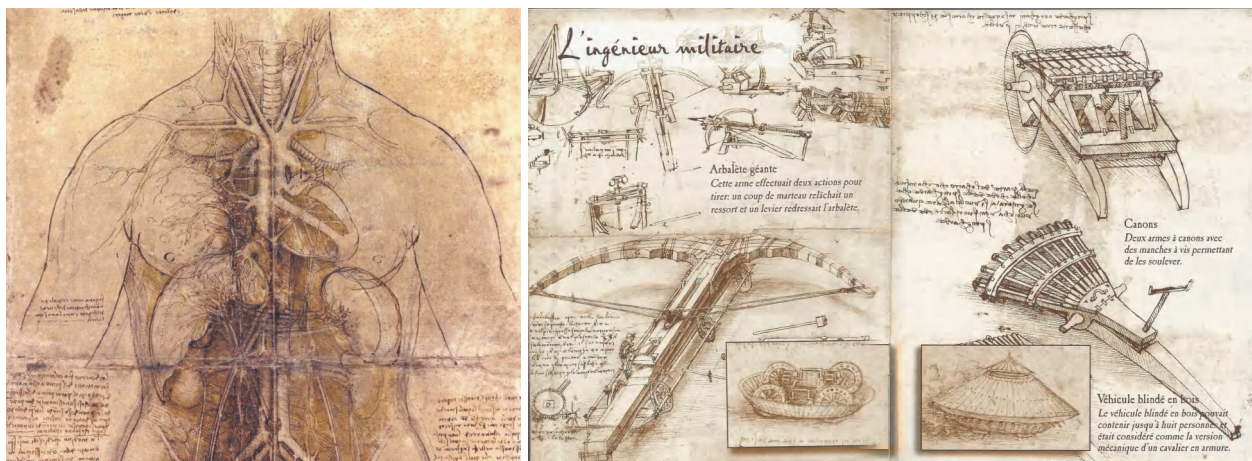


图 1-3-1 达·芬奇的手稿



图 1-3-2 华盛顿美国国家美术馆的老馆和新馆

如图 1-3-3 所示，为了更好地展现统一性，日本横滨的某一红砖建筑就从其建筑主体各部位和各个环境元素的材料以及工艺的选择上强化了系统性的概念。



图 1-3-3 日本横滨某红砖建筑

二、人本原则

应该说，人类所有建造活动的根本目的是为了满足不同人们生理与心理的需要，创造理想的生存空间。因此，“以人为本”应该是所有建造活动的基本准则。随着人类文明的发展和进步，人们越来越意识到，人类的生存和发展不可能孤立地进行：人类的生存和发展离不开人与自然环境的和谐共生，离不开人与人造环境的和谐共生，离不开人造环境与自然环境的和谐共生，离不开人与人之间的和谐共生，等等。通过恰当的构造设计，我们可以促进社会和生态的和谐发展。

建筑所创造的一切人工环境，一方面是为了满足人们物质生活的需要或生理的需求（图 1-3-4）；另一方面是为了满足人们不同的艺术审美要求（图 1-3-5）。因此，很多建筑作品就成了集技术和艺术于一身的综合体。在设计实践中，设计师只有将艺术与技术有机、合理地结合起来，才能够创造出既能满足人们的生理要求，又能满足人们的心理需求的理想生存环境。

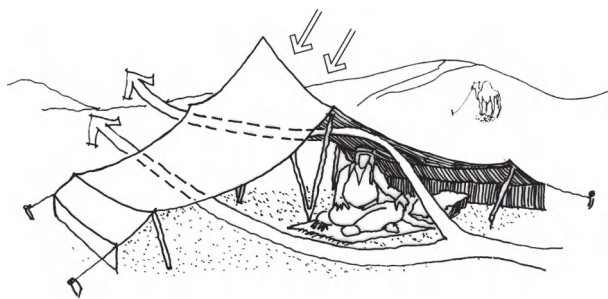


图 1-3-4 沙漠行者的简易庇护所——帐篷

帐篷是沙漠旅行者的简易庇护所，是简单的建筑，可以满足使用者的基本生理需求。



图 1-3-5 莱比锡室内步行街中营造的宜人环境

如图 1-3-6、图 1-3-7 所示，同样是优秀的公共建筑前广场，纽约肯尼迪艺术中心前广场对人的需求的考虑就不如巴黎的蓬皮杜中心前广场，这一点从停留在广场上的人的数量和状态就可以看出。事实上，纽约肯尼迪艺术中心前广场也做了很多人性化的处理，包括材料的选择和细部的设计等，比如有配置绿化的休息区，地面还做了软性处理，但有些部位考虑得还不够周到，还有不足之处。

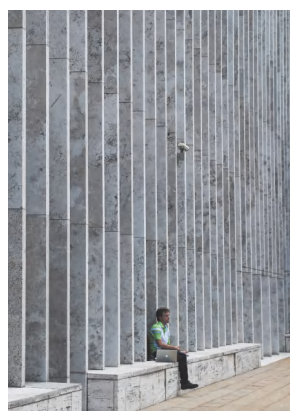
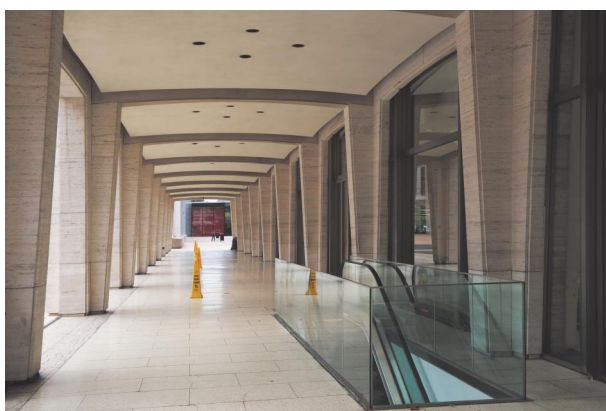


图 1-3-6 纽约肯尼迪艺术中心建筑及前广场



图 1-3-7 巴黎蓬皮杜中心前广场

三、经济原则

在日常生活中，人们大多希望花更少的钱满足更多的需求。材料的费用是决定建筑造价的主要因素，通常一个具体的工程项目，建筑材料占工程总造价的 60% 之多，而且“好的”“对的”和“贵的”并不统一。因此，优秀的材料选择和构造设计不但应该能够完美地实现其功能和审美需求，还应该更省钱！

经济性与设计效果似乎经常是一对矛盾的存在。在图 1-3-8 的案例中，设计师的首选材料是红色天然石材，其次是红色黏土砖。但当业主方提出造价问题时，作为最后的坚守，设计师勉强接受了这种叫作“劈岩砖”的外墙砖（劈岩砖属于炻瓷砖，吸水率在 1% 左右，硬度、密度、重量都较大）。尽管如此，其造价还是有些高，于是在一些相对次

要的建筑上，业主方决定再以一些更低造价的外墙砖进行替换。虽然设计师并不认可这种做法，但面对造价问题也只能任由业主做决定了。

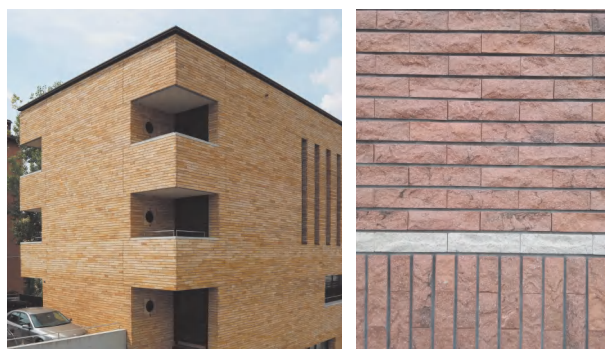


图 1-3-8 石材与劈岩砖的抉择

如图 1-3-9 所示，同样是室外的地面，但根据具体情况的不同，在满足其功能、效果等要求的基础上，设计师通常会选择最经济的材料和构造。



图 1-3-9 室外地面材料的选择

四、生态原则

人类的发展,尤其是工业时代的发展,是建立在对自然资源的索取和破坏基础之上的。现在的人们越来越意识到,人类对自然资源、自然环境的利用和破坏不能再无所节制了,人类必须关注自然、生态的可持续发展问题,这其实是在关注人类自身的可持续发展问题。

具体到建筑材料的选择与构造设计方面,就是要从人类发展的全局出发,在每一项设计的过程中有节制地利用和改造自然,尽量采用低能耗、低污染、可再生、降解快的技术和材料。研发新的技术和材料固然是有效的方法,但那要求一定的时间、过程,不能一蹴而就。充分利用现有的技术、材料,通过合理、优化的设计和应用,同样也可以实现可持续发展的目的。

通常情况下,可持续发展问题主要集中在节能减排、可持续材料、耐久性和可维护性这三点上。这三个方面是息息相关而非各自独立存在的。

1. 节能减排

这里的节能包含了减少能源的消耗和开发利用新的洁净能源两层含义。从另一个角度讲,就是在材料的生产和建筑物的建造、使用过程中都要尽量减少能源的消耗。除了发展科技、发现新能源外,我们更可以利用现有的技术、材料达到同样的目的。比如冬季采暖,利用太阳能和地源热都是有效的办法,这方面的技术也相对比较成熟。

减排主要是指在建筑物生产的各个环节有效减少有害废弃物的排放,包括气体、液体和固体,尤其要减少长效、不易降解的有害物排放,以免破坏环境。

2. 可持续材料

为了达到可持续发展的目的,现代建筑所采用的材料必须满足“4R”原则,即 **Renew** (可更新)、**Recycle** (可循环)、**Reuse** (可再用)、**Reduce** (减少能耗和污染),这是每位优秀建筑设计师都应该追求的目标。

中国传统地方建筑在尊重自然环境、利用地形、就地取材、结合气候设计等方面具有很多独到的地方,客观上具有节约能源、节省土地、造价低廉、减少污染等具体的可持续要素。例如,傣族竹楼是底层架空的干栏式建筑。底层架空具有防潮隔湿、抵御野兽虫蛇侵袭的功能,其宽大的屋顶,出檐深远、陡坡脊短,便于排水、遮阳,通风隔热效果好。再如,新疆的生土民居,开窗小而小,并且多采用高窗,可以减少地面反射的阳光进入室内;浅色调的建筑表面可以减少辐射热的影响;充分利用土的热惰性,大量采用生土调节室内温度;建筑室内空间向地下发展,利用地下凉气降温;庭院广泛种植葡萄,具有遮阳、吸热、通风等作用。

生土民居在中国分布广泛,黄土窑洞、福建土楼、陕南夯土民居等都属此类。生土民居的普遍特点是就地取材、可循环利用,不对周边环境产生负面影响。夯土建筑采用的主要材料是取自当地的黄土、石料、木材,其中木材、石料可以再利用,夯土粉碎后归于土(图 1-3-10)。此外夯土墙可以减少黏土砖的使用,既间接降低了砖的生产能耗,又使其室内的热环境好于黏土砖墙,可以减少制冷、采暖的能耗。

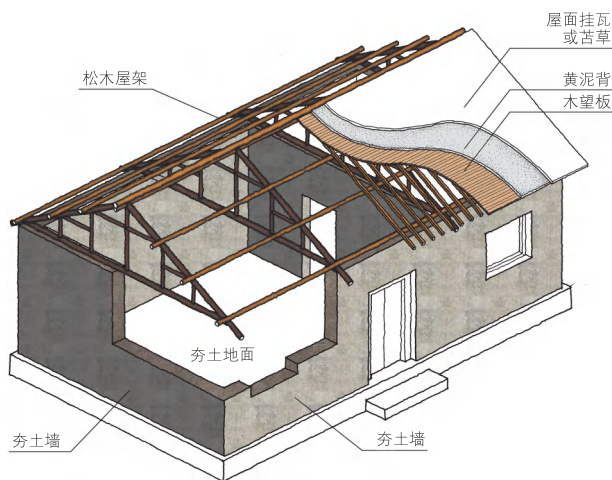


图 1-3-10 中国北方夯土民居基本体系

如图 1-3-11 所示,现在很多发达国家同样关注建筑材料的可持续发展问题,在材料创新和应用方面做了很多努力和探索。

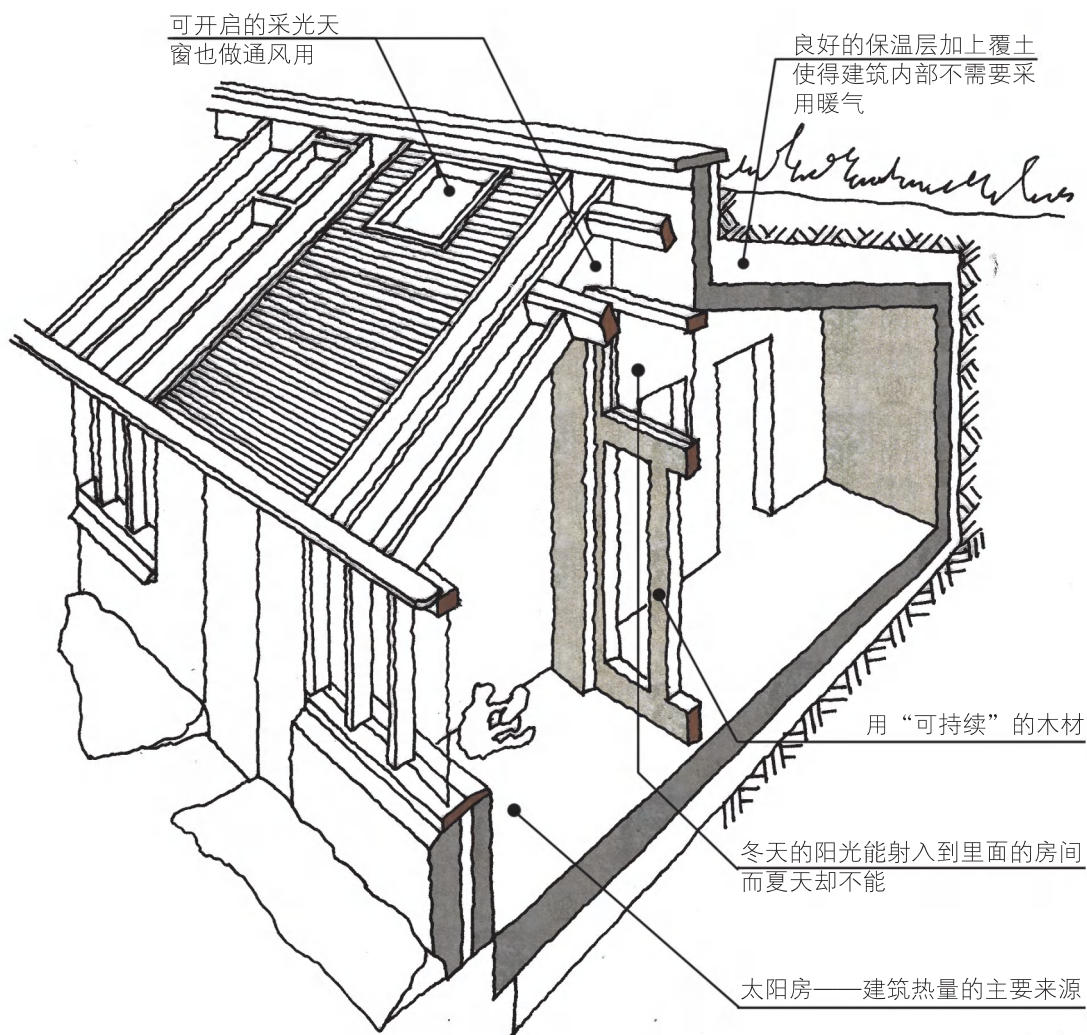


图 1-3-11 英国生态住房

虽然在实操层面探索和发掘优秀的材料并创新其应用方法是正确的，但努力摒弃那些高能耗和高污染的材料、工艺等，似乎显得更加紧迫和必要。

3. 耐久性和可维护性

耐久性是指人造物在自身和自然环境等因素长期破坏的作用下，在较长时间内能够正常使用的能力。耐久性是人造物的重要指标，耐久性越好，人造物的使用寿命就越长。

通常情况下，我们希望一件建筑作品的耐久性足够好，这既是对投入的良好回报，也可以将对环境的不利影响降到最低。一般来说，材料本身越耐久其造物也就越耐久。但在特定的环境条件下，材

料的耐久性会有很大的不同。比如，金属材料在酸性环境和潮湿环境下的耐久性就会变得很差；用在室内的墙、地砖会保证适当的吸水率以便和基层良好地粘接起来，但如果将这些瓷砖用于有冻融循环的室外，它们就会很快风化破损。

建筑的破坏是难免的，我们通常希望对其进行适当的维护就可以使其继续工作。这有些像给人体疗伤，我们会希望伤者的身体足够强壮，伤不要太重，甚至是受伤的部位也不要太刁钻，比较好处理。因此，建筑的可维护性可以从材料的可维护性和构造的可维护性两个角度来思考。恰当的材料选择和构造工艺设计可以增强建筑的可维护性，进而能够有效增强建筑整体的耐久性。

▶ 第四节 材料与构造的教学与实践

建筑材料、建筑构造是建筑环境艺术设计等专业必修的技术系列专业基础课程。材料与构造是一门专注于如何将设计转化为现实，如何解决问题的实践性非常强的基础课程，在整个学科体系中占有非常重要的地位。构造设计是实现设计创意和构思的深度设计过程，直接影响着成果的实现程度及其实现效果。在深入学习和展开专业设计类课程中要直接应用到这些基础知识。这些“应用”并非简单地拿来就用，而是要经过理解、选择、否定、强化等一系列的反复，才会使之成为设计过程中的基本素养。这种“素养”的修炼，将是一个伴随设计者设计生涯始终的持久过程。

如何在课堂教学中取得实践性的教学成果，一直是材料与构造师生面临的一个重要问题，很多人也在这方面取得了不错的成绩。我们的做法是：除了必要的基础知识铺垫和引导外，将重点放在学生动手实践的过程中。

作为实践性很强的专业课程，材料与构造必须有适合自己的特定的训练和考察方式。“构造”的精髓是一种设计“能力”，一种能够恰当解决工程实际问题、实现设计创意的能力。这种能力绝不是对一些条条框框的记忆，而是来自必要的专业训练，来自平时不断的积累，来自对构造技术不断创造的激情……

通过制作模型的课堂实践手段，可以使学生理解、巩固、检验他们所学过的基本原理性构造知识，检验和提升其学习效果和教师的教学成果。通过实际动手操作，可以培养和训练学生的动手操作能力及其解决实际问题的能力和意识。对于构造技术知识的学习虽然是从课堂开始的，但由于它是一门实践性、应用性很强的课程，单一地理解构造知识是毫无用处的，只有亲自动手解决实际问题，才是学习本课程的真谛。

如图 1-4-1 所示，与传统实践训练方式相比，



图 1-4-1 课堂实践过程

课堂实践中的模型训练具有一系列的优点：便于反映构造及相应的教学成果；制作模型不受时空的限制；模型是联系理论和现实的最为直观的纽带；同学们制作模型的兴趣远远高于回答一份问卷；模型的制作过程更能体现和训练学生的实际应用能力。事实上，模型的制作过程本身就是一种能力的体现与训练。

一、构造模型的题材来源

一般来说，我们要做的模型，无论是照原样复制，还是包含大量的设计成份，都要求提供原始的题材来源。那么，这些题材从何而来呢？主要有下面两种渠道。

1. 老师提供

由老师根据授课需要为同学们提供若干套题材备选，让同学们根据各自的喜好在其中选择一套题材，再经过自己进一步的资料收集来完成作品。

2. 学生自选

由同学们根据自己的兴趣，自主地选择题材。可选择范围很广，包括专业书刊、杂志、工程实例照片等等，当然更可以是学生自己的创作作品。因为是对自己灵感的选择，学生们的自选作品会完成得更加出色，也更有利于其创造性的充分发挥。除此之外，资料收集的过程，本身就是一个宝贵的学习和训练能力的过程（图 1-4-2）。



图 1-4-2 资料的收集与整理

二、构造模型的题材要求

如何选择更适合于制作构造模型的题材，是一个非常重要的问题。无论是学生还是老师，都应该把握住以下几个最基本的原则。

第一，要有兴趣。

第二，难度适当。

第三，专业重点突出。

第四，构造逻辑关系合理、明确。

第五，模型具备可实现性。

如图 1-4-3 所示，模型题材的选择面很广。例如，可以做古建筑模型，也可以做现代建筑模型；可以是中国的，也可以是西方的；可以是经典作品复原模型，也可以是普通作品的创造性复原模型，甚至是全新的设计创作模型……没有固定的要求。选择的基本原则是能够满足构造课的基本考察与训练要求，能够激起同学们的学习和动手操作的热情。

三、构造模型的进程安排

制作构造模型作业的过程主要包含资料的收集与选题、设计及图纸放样、制作草模和制作正模四个大的步骤。

1. 资料的收集与选题

作业之初先要编组，一般是两三个同学一组。这样可以培养同学们的协作能力，集思广益，互相学习借鉴，互相鼓励，可以更好地完成教学任务，激发同学们的学习热情……并且，制作一个较复杂的模型，也不是一个人的能力所能及的。

然后选择要制作什么模型，并收集相应的资料，这些纯粹是从同学们的兴趣出发的。值得注意的是，在确定模型题材的同时，要对模型的制作材料与工艺有一定的可行性设想，这是非常必要的。

2. 设计及图纸放样

接下来要根据收集到的资料进行模型设计草图的绘制，按比例计算并绘制出各构配件的形状、尺寸，同时要设计出制作、安装的程序与连接工艺，等等（图 1-4-4）。这是一个非常重要的过程，但往



图 1-4-3 课堂实践部分成果

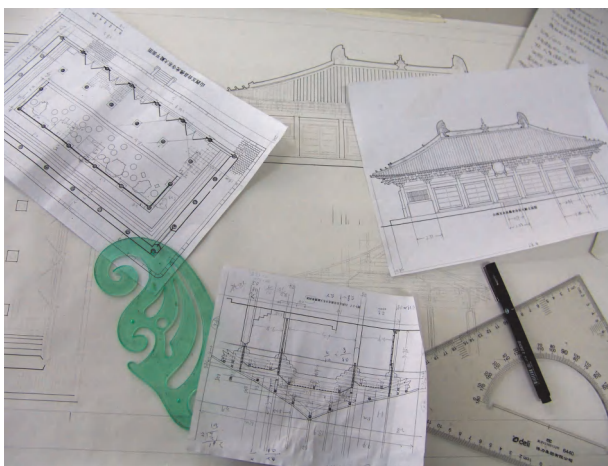


图 1-4-4 设计草图



往容易被学生忽视，因为学生经常会充满激情地急于进行模型的实际制作。小组成员的职责划分在这一阶段要基本明确下来。虽然这个阶段大概需要一周的时间，但“磨刀不误砍柴工”，准备是否充分将直接影响到后续的制作进程。

3. 制作草模

如图 1-4-5、图 1-4-6 所示，草模是一种工作模型，在某种意义上可以被视为正式模型的试验品。草模的尺寸、尺度要与正式模型保持一致，但其材料和连接工艺等方面则比较自由。发现设计中的一些问题并将其解决掉是草模的主要作用。草模的制作一般应该在一周之内完成。

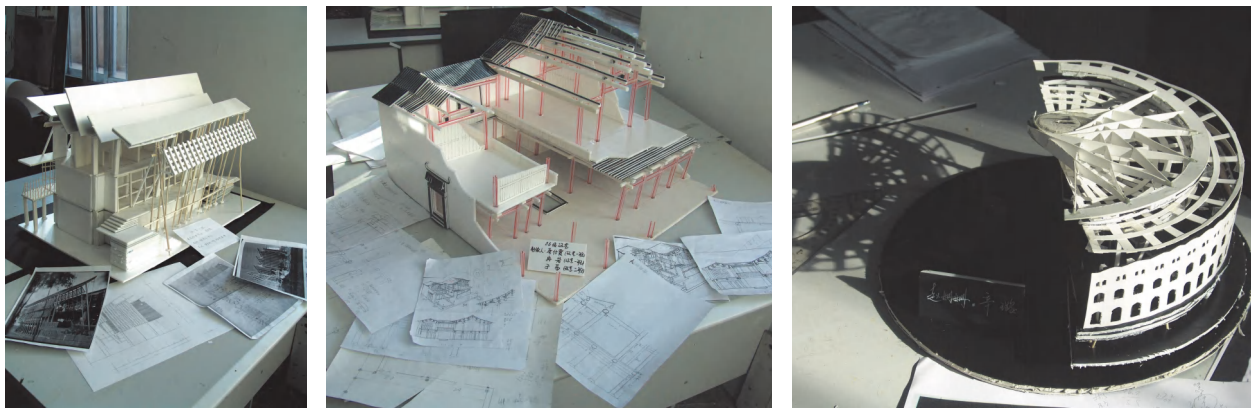


图 1-4-5 草图与草模



图 1-4-6 草模与正式模型

4. 制作正模

正式模型的制作过程一般可分为三个阶段。第一阶段是主要构件的试制和试安装。先用正式材料制作部分主要构配件并进行实验性的安装，有问题可以及时调整（图 1-4-7）。第二阶段是构件的“批量生产”过程（图 1-4-8）。这一阶段比较枯燥，精度要求又高，还看不到明显的成果，是一个需要毅力的阶段。第三阶段是“装配”，就是将加工好的构配件按照事先设计好的程序进行组装、连接和固定，必须由小组成员共同完成。

模型作业的关键是模型题材的选择和亲自动手制作的过程。选择什么建筑来做模型直接影响到作业训练目的的实现程度；而亲自动手制作，解决制作过程中遇到的建筑上和模型上的技术问题，是训

练的核心所在。至此，模型本身好像并不是十分关键的了。

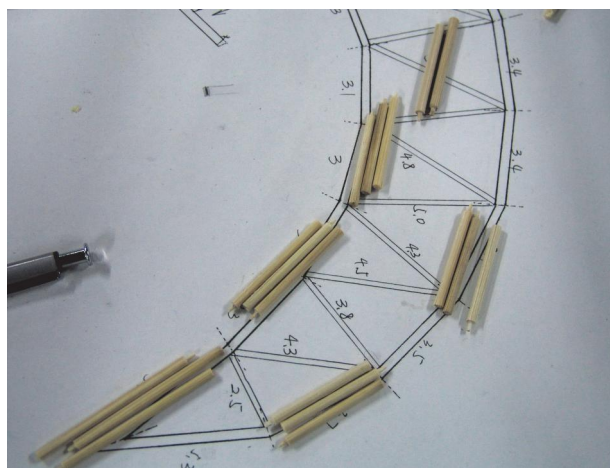


图 1-4-7 构件的生产要以设计为依据



图 1-4-8 “批量生产”的构件：等待组装

四、构造模型的材料与工具

模型的制作材料没有固定的要求，只要能够找得到且可以加工就可以了，教师要鼓励学生对陌生材料的探索。在实际的教学实践中，木材之所以成为首选材料，是因为它更适合在教室内进行加工：其加工过程不太受时间和空间的限制，也不需要太复杂的加工工具，可以将学生的注意力更多地吸引到模型的设计与制作过程而不是工具和加工工艺上来。

如图 1-4-9 所示，制作模型的重点是制作的过程，而不是模型的成果本身，因此我们鼓励，甚至强制性地要求学生以手工制作为主，强调用简单的手工工具进行工作，以培养他们的工匠精神。



图 1-4-9 制作模型时用到的手工工具

五、构造模型的评判与教学成果

1. 构造模型的评判

模型作品的制作与评判，应符合以下几个基本标准。

(1) 正确性

正确性是指，模型的整体与局部的构造关系必须正确、恰当，不能违反起码的工程现实。这也是构造模型区别于其他模型的根本点。

(2) 形体美

形体美是指，要把握模型的整体造型与比例关系，使其符合一定的审美规律。

(3) 技术精美性

技术精美性是指，要着眼于单一构件本身的制作，做到尺度精确、做工精细。因为，只有无数完美的“细胞”单体才有可能形成完美的统一有机体。

(4) 协调性

协调性是指，要着眼于构件之间的连接与组合，做到正确、准确、精确。

(5) 创造性

创造性是指，要以制作模型为教学训练方式的出发点与最终目的。创造性体现在模型的题材选择，构造方案的设计，制作的方法与手段等各个方面。

2. 构造模型的教学成果

如图 1-4-10 所示，将制作模型作为构造课的训练方式，是一种探索，也是一种创新。材料与构造作为设计专业一门实践性极强的基础课，现阶段的实践条件普遍比较薄弱。而我们这里所提出的方案

在一定条件下可以有效解决这个问题。

同学们在制作模型的过程中表现出了高涨的激情和求知欲，这也是我们进行教学方法革新的主要动因之一。虽然教学效果不错，但构造模型的设计、制作只是学习材料与构造课程的过程和手段，不是目的。我们希望学生能够在这个过程中体会和建立材料与构造课程学习的基本逻辑，即：第一，课堂上的学习只是整个学习系统的开始和铺垫，对材料与构造知识的学习将延续到他们的整个职业生涯；第二，材料与构造学的知识不是固定不变而是灵活多变的，尽管它有自己的理论体系，但必须面向实际和实践；第三，材料与构造的学习不一定在施工现场，也不一定在书本教材上，很可能就在日常生活中，在我们的身边。因此，多留心、多观察、多动手、多思考，是学好材料与构造课程的不二法门。

六、构造模型实践创作课时安排

如表 1-4-1 所示，在实际教学过程中，教师可以将构造模型的课堂实践与创作分为不同的阶段，并依据学生的具体情况和各阶段的重要性、难易度来安排相应数量的课时，以提高学生的实际动手能力。

表 1-4-1 构造模型实践创作课时安排表

实践与创作	第一阶段 设计与图纸阶段	12	48
	第二阶段 工作模型阶段	12	
	第三阶段 成果模型阶段	24	



图 1-4-10 部分成果展示