



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国高等美术院校建筑与环境艺术设计专业教学丛书

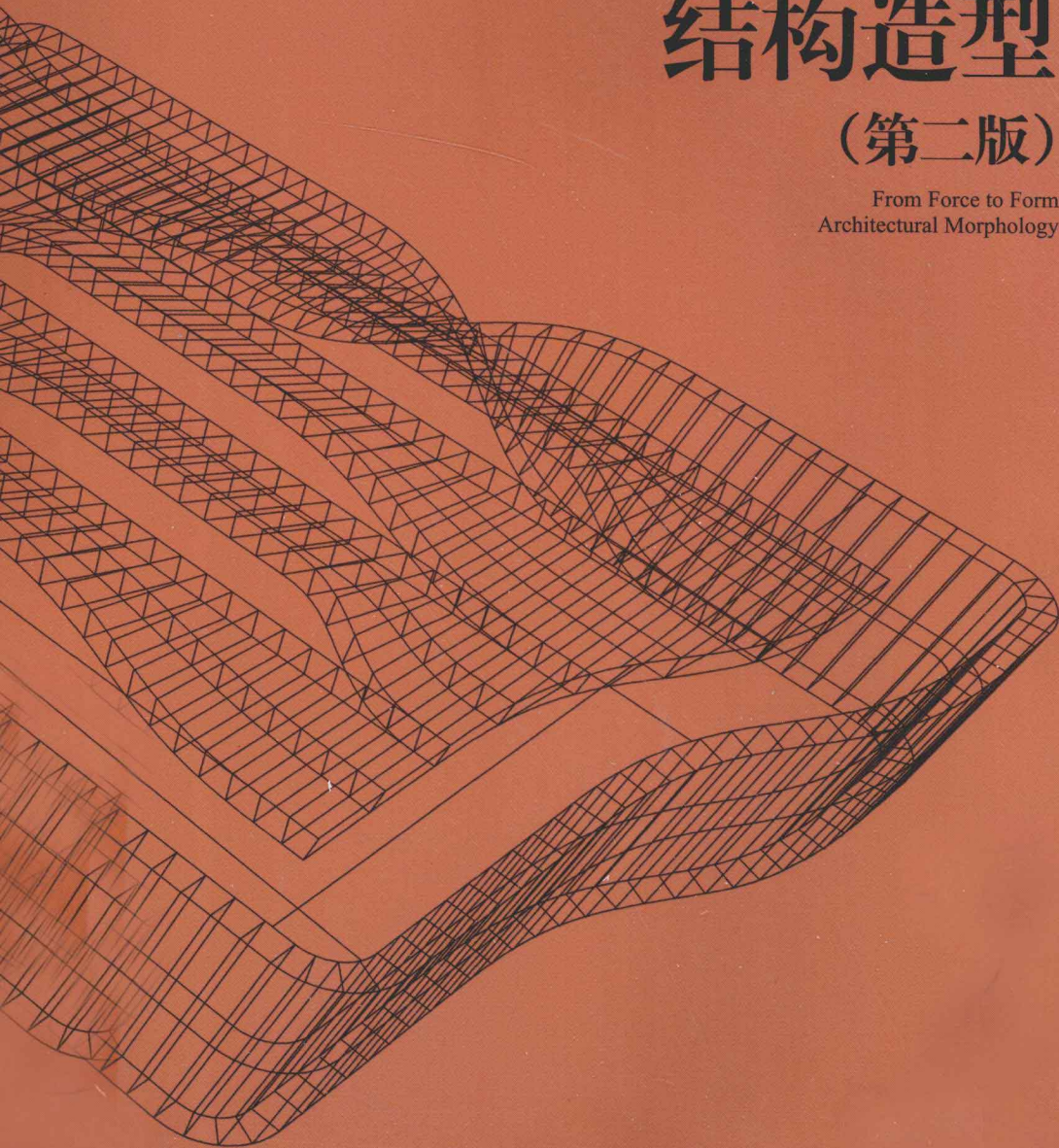
力与美的建构

结构造型

(第二版)

From Force to Form
Architectural Morphology

王环宇
编著



中国建筑工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国高等美术院校建筑与环境艺术设计专业教学丛书

From Force to Form

Architectural Morphology

力与美的建构

结构造型

(第二版)

王环宇 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

力与美的建构 结构造型 / 王环宇编著. —2版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2010

(普通高等教育“十一五”国家级规划教材, 全国高等美术院校建筑与环境艺术设计专业教学丛书)

ISBN 978-7-112-12788-7

I. ①力… II. ①王… III. ①建筑结构—造型设计—高等学校—教材
IV. ①TU318

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第260720号

责任编辑: 唐旭 李东禧

责任设计: 陈旭

责任校对: 赵颖 陈晶晶

(本书为中央美术学院重点科研课题项目)

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国高等美术院校建筑与环境艺术设计专业教学丛书

力与美的建构 结构造型

(第二版)

王环宇 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京嘉泰利德公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 9¼ 字数: 236千字

2010年12月第二版 2010年12月第三次印刷

定价: 40.00元

ISBN 978-7-112-12788-7

(20102)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

《全国高等美术院校建筑与环境艺术设计专业教学丛书》

编 委 会

顾问 (以姓氏笔画为序)

马国馨 张宝玮 张绮曼 袁运甫 萧 默 潘公凯

主编

吕品晶 张惠珍

编委 (以姓氏笔画为序)

马克辛 王国梁 王海松 王 澍 苏 丹 李东禧
李江南 吴 昊 李炳训 陈顺安 何晓佑 吴晓敏
杨茂川 郑曙旸 郝大鹏 赵 健 郭去尘 唐 旭
黄 耘 黄 源 黄 薇 傅 祎

PREFACE

前言

结构是建筑的骨架，对建筑的造型形式有着内在的影响。对于结构这个概念，建筑师侧重造型的设计，结构工程师则侧重工程的计算。这就好像是艺术家和医生都要学习一定的解剖学，但根本目的是不一样的。艺术家的目的是通过学习骨骼结构更好地了解人体，为艺术创作打下基础；医生则是为了以后研究病理而学习。由于目的不同，二者学习的深度和侧重点会有很大差别。

结构造型课程不同于国内教学中的技术课程，如结构估算和结构选型，这些课程可以使学生在理论上理解结构的作用，但是缺少一种对结构与造型之间深层联系的认知。我校的结构造型课程不是为了让数学水平有限的建筑系学生能听懂，就对土木专业的课程进行机械地简化，而是更针对实际工作需要。本课程认为建筑师所理解的技术观念并不同于工程师的认识，建筑师可以用自己的方法更好地把握技术原则，并进行建筑创作。

课程的目的是从建构的角度出发，把结构看成立体构成和空间构成中的元素，运用造型艺术规律和自然规律来组织建筑结构，掌握结构的造型语言，一方面注重培养学生对建筑结构的力学合理性的理解，另一方面也要拓展学生使用结构造型的艺术创造力。

培养建筑师的结构素养，应该侧重以直觉感受为核心，从不同结构类型的造型表现力和不同材料的结构特点两方面组织教学。在造型设计领域，“感觉”比理性的认识更为重要。因此，在给予学生一定的结构知识之后，一定要注意培养一种“结构感”。

结构造型课程强调技术与艺术的结合和互动，而不是做完造型再进行结构或者构造设计，后者无法从设计的开始就抓住建筑造型需要被建造这一根本要求。本课程的教学更加符合建筑设计的规律，因为

在建筑设计中，空间造型与结构技术的处理一定是同时产生的。如果二者关系脱节，势必使得技术迁就形式而不符合科学原则，或者形式受制于技术而使得效果不能达到满意。本课题教学方法和课题设计都借鉴了国外一些院校（英国格拉斯哥美术学院、德国凯泽斯劳滕大学、荷兰代尔夫特大学）的先进经验。依托中央美术学院在国际的知名度，本课程在对外教学交流中，也受到国外院校的一致赞许，并受邀参加互访活动。

全书以教学记录的形式组织，包括结构造型的概念、结构造型的类型和结构造型的应用三个主要部分，共分七个章节。书中列举了大量的建筑实例，并对学生设计作业进行分析，从理论和实践两方面加强学生对结构造型概念与方法的理解。

本书适合于美术院校建筑学专业作为建筑结构教学用书，也适合于其他建筑院校用作参考书，对于建筑设计和建筑教育领域的广大读者，也能带来一定启发。

CONTENTS

目 录

前言

第一章 建筑师的建筑结构	/1
建筑与结构	/1
建筑师与建筑结构	/3
建筑学的结构技术教学方法	/3
建设属于建筑师的结构课程	/6
第二章 结构造型的概念与原理	/11
结构造型的概念	/11
结构美	/14
结构造型原理	/17
目标与评价——结构造型的三个原则	/22
第三章 直线型的结构造型	/24
框架结构	/24
桁架和拉索结构	/30
第四章 曲线型的结构造型	/43
拱结构	/44
悬索结构	/49
其他曲线结构	/51

第五章 空间的结构造型	/61
网架	/62
网壳	/65
索膜结构	/68
第六章 结构的逻辑与表现	/77
结构的逻辑	/77
材料与细节的表现	/80
探索新的结构表现	/82
结构造型设计	/83
第七章 结构服务于设计	/116
结构感	/116
融入设计课中的结构造型意识	/117
“杂交优势”——跨学科设计的启迪	/133
引用图片	/149
参考书目	/149

第一章

建筑师的建筑结构

建筑与结构

从某种角度看，结构其实就是建筑还未经修饰时的一个过程，而另一方面，建筑则是对结构修饰后的状态。建筑与结构之间是一种骨肉相依的关系，它们共同完成了对人居环境的构建（图 1-1）。这种关系是如此紧密，以至于没有对方的支持，自己也会失去存在的依据。没有结构，建筑则无法成立；而没有建筑，结构便也毫无意义。然而，在实际中，两者却没有那么融洽。建筑师时常觉得结构约束了设计，技术因素限制着构思；结构工程师也觉得建筑师的结构概念不正确，想法太不实际。

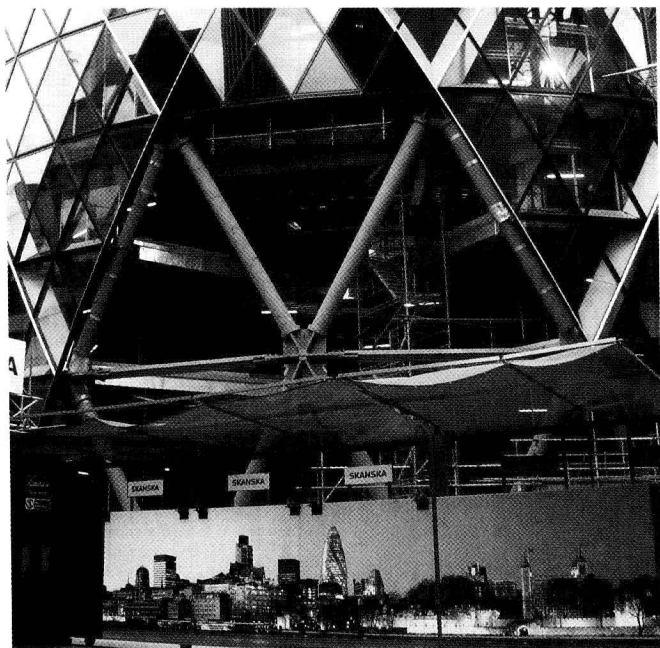
这种分歧不是由对建筑的理解产生的，因为在那个领域，建筑师有绝对的话语权。这种分歧来自于对结构理解的偏差。在建筑设计领域，结构其实并不是只属于结构工程师。建筑师和结构工程师分管着结构的不同部分，只不过结构工程师有着技术上的强势和权威，经常让建筑师有意无意

地忘掉自己的那部分职责。

一句被讹传为丘吉尔所说，实际是克里蒙梭的名言是：“战争实在是太重要了，以至于不能完全托付给将军们！”这句话解释一下就是说，对于政治家来说，战争

图 1-1

施工过程中的瑞士再保险大厦，显示出未被包裹的结构



是最后的手段，必须紧紧把握住对战争的操控权，才能达到政治上的目标，而将军们是解决具体战役问题的，他们并不能解决战争牵连的宏观问题。相类似的是，结构决定着建筑的空间轮廓，还影响着建筑中的视觉效果，而这都是建筑师最关心的。所以，对于建筑师来说，结构实在是太重要了，以至于不能完全托付给结构工程师们。建筑师与结构工程师是合作的伙伴，而不是对立的关系（图 1-2）。

对比建筑与结构的概念会发现，“建筑”是一个内涵很专一的词，主要就是用来描述这样一个概念，它是一个物，一个人类和人类社会赖以存在的空间处所。虽然很难简单地给建筑下个定义，但是我们人类已经有了几千年的、比较成系统的建筑文明史。建筑已经成为我们人类生存的一种必需，保护着我们，并伴随人类社会的发展，提供应时的支持。

另一方面，“结构”是一个复杂得多的概念。除了建筑结构以外，人们还有很多不同的“结构”概念，如社会结构、原子

结构、语言结构、知识结构等。“结构作为一个概念，发轫于西方哲学与科学的诞生期。”结构的内涵是一种深层的组织关系，一种次序（《科学与艺术中的结构》）。建筑结构概念的内容，除了众所周知的力学关系和材料性能之外，也含有一种内在的组织秩序，这种秩序制约着建筑，也造就了建筑（图 1-3）。

有趣的是，在建筑学中也有“结构主义”一词，但并不是因为特别重视建筑结构的表現而得名，这是以范·艾克和十人小组为代表的的一个设计流派。“结构主义从人类学中得到许多启发，特别是从克洛德·列维-斯特劳斯那里。结构主义提出，社会关系和人类行为的深层模式可以给建筑造型提供一个新基础，来避免正统现代主义生命力匮乏和在技术驱动下缺乏个性的问题。”（《流派·建筑卷》）可见，这种建筑结构主义源自结构主义语言学和人类学，与建筑结构则没有特别的渊源关系。

另一个有趣的事情是，在当代的信息技术领域，把计算机部件和系统的组

图 1-2（左）

未来之家的悬挑，是对空间和结构的双重挑战

图 1-3（右）

底层架空不是抽象的口号，而是由具象的支撑结构表现出来的



织方法与集成方法，在中文里称为体系结构，或者架构，而这个词在英文中用的是“Architecture”，而不是“Structure”。

建筑师与建筑结构

结构是建筑的骨架，对建筑的造型和形式有着重要的影响。在建筑行业领域，建筑师的工作内容与结构工程师是有所不同的，建筑师侧重造型的设计，结构工程师则侧重工程的计算，因此同样对于结构这个概念，两者的理解并不完全重合。建筑师更看重结构形式对于建筑造型的影响，而不像结构工程师更看重结构的可靠性。前者针对的是结构的美学研究，后者针对的是结构的力学研究（图 1-4）。

这两种工作内容的不同导致了他们之间知识结构和学习方法的不同。建筑师的知识结构是很复杂的，需要学习的内容很多，长达五年的本科学习时间就证明了这一点。因此，如何有效利用学时，培养知识结构合理的人才，是建筑教育很值得研究的一点。对于建筑结构这一重要环节，国内是有一个发展过程的，早先需要学习大量的计算，后来考虑到职业的实用性，逐渐减少计算量。现在，大多数建筑系考虑到学生的数学基础，一般是采取一种结构估算教学方法，即通过简化结构原理，尽量用较简单的计算方法，让学生了解结构的一般估算。但是，不管是早年间的严格的计算学习，还是后来的估算学习，其根本仍然离不开“算”，而这与建筑师要求的结构知识是根本不适合的。

现有的培养方法没能有效地把建筑结构和建筑造型联系起来，使得建筑系学生学习起来非常吃力，学生既不能像结构工程师一样去计算，也不懂得利用结构手段丰富造型语汇，其结果是畏惧结构，讨厌结构，对造型的可行性缺乏信心，最终限

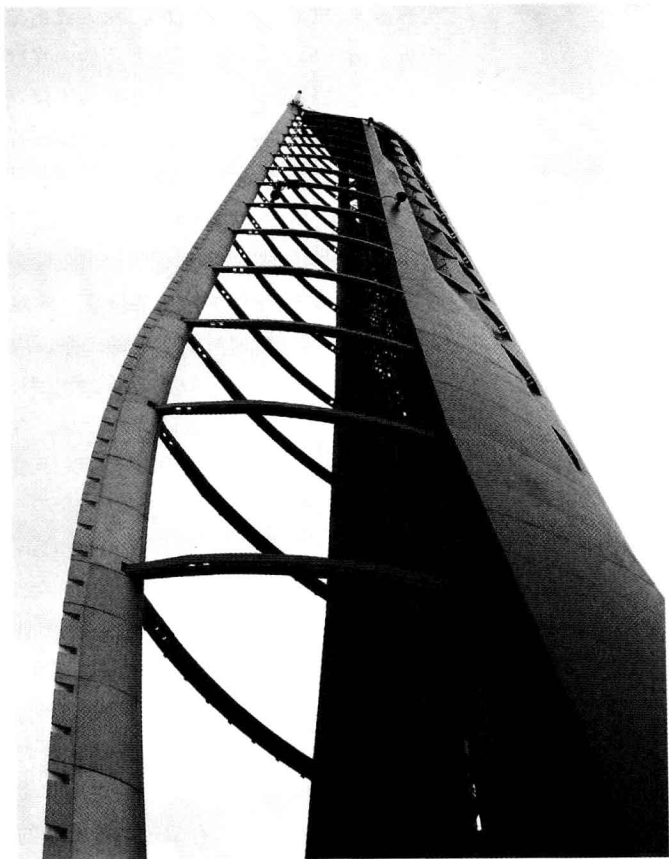


图 1-4

纯粹结构的表达往往具有纪念性

制对造型的发展能力。

但是近年来，新的建筑技术发展很快，新结构、新材料、新工艺使得建筑的造型手段有了更丰富的变化空间。掌握结构原理，驾驭新的造型语言成为了建筑师培养中迫切需要加强的内容，应该提供一套针对建筑学的结构技术培养方法。

建筑学的结构技术教学方法

关于建筑学的结构能力的培养，国外已经逐渐形成了很好的方法。在理论方面，最近几年，国内引进了很多外版建筑结构教学书籍，其中可作为教学参考书的有以下几本：

Andrew W. Charleson 的《建筑中的结

构思维》(机械工业出版社)。深入浅出地剖析了结构形式与建筑设计之间的内在联系和应遵循的思维路线,该书有助于深刻理解技术原理和技术规律,并且形成设计思路,是一本难得的实用的教学参考书。

安格斯·麦克唐纳的《结构与建筑》(中国水利水电出版社和知识产权出版社)。该书重点明确地介绍了结构的概念、建筑结构的发展以及结构与建筑美的关系,内容比较散,不是一本很系统的结构参考书,但确实是一本很值得借鉴的教学资料。内容比较容易理解,而且其中有很多关于结构美与建筑美的分析是有一定见地的。

Fuller Moore,《Understanding Structures》,国内译作富勒·摩尔著《结构系统概论》(辽宁科学技术出版社)。首先需要指出的是,该书的翻译错误较多,是作为教学参考书的一个重大不足。但是,该书是一本全面介绍各种结构类型的表现形式的教材类读物,强调概念的应用和实例的启发,使得即使没有学过结构力学的

人也能够理解书中的各种结构方法,作为给建筑系学生的教科书,其知识要点的数量和难度都是比较适宜的。

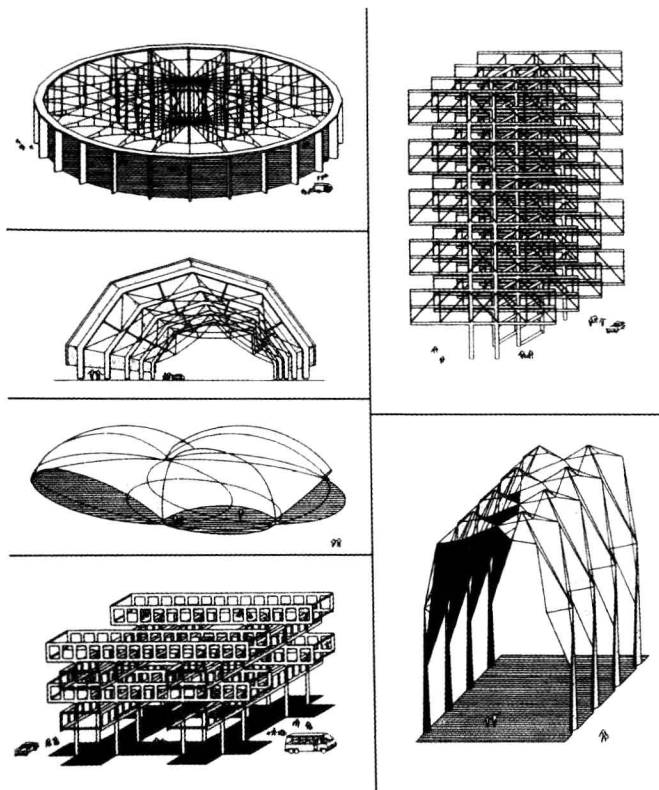
Heino Engel,《Structure Systems》,国内译作海诺·恩格尔著《结构体系与建筑造型》(天津大学出版社)。简练、明晰、直观的图解方法是该书的一个特色,它把结构造型的各种可能的形式都尽量全面地绘制成图解,使人一目了然,并且该书的系统性和全面性都超过了Fuller Moore的《Understanding Structures》,但也因此使得它作为教科书显得内容有点过多,而比较适合作为备查手册。另外,没有实例,使得该书显得不够生动(图1-5)。

日本建筑构造技术者协会编的《图说建筑结构》(中国建筑工业出版社)。该书以大量的照片展示了各种结构形式以及工程建设过程,这是上面这些书所缺少的。书中的实例以日本建筑为主,因此,收录面较小是它的一个缺点。还有,该书虽然内容比较全面,但是体系编排有点庞杂。针对读者的不同,该书对施工方法的介绍较多,对建筑学学生是一个很好的补充读物。

另外,国外很多院校相似的教学更是有许多值得借鉴的经验。例如日本大学理工学院建筑系的斋藤公男就在其著作《空间结构的发展与展望》中介绍了该校的技术设计和足尺建造等项目,并且还系统介绍了结构的发展历史和结构观念的构建,该书是一本资料丰富、颇有启发的教学参考书。

此外,像托尼·亨特的草图集也是结构工程师给建筑学学生最好的礼物。如果没有托尼·亨特这样伟大的结构工程师,也就没有福斯特、罗杰斯这些著名的建筑师。一个好的结构工程师,不但能最大限度地帮助建筑师实现建筑想法,还是一位真正的良师益友。能够给建筑师提出符合建筑要求又具有结构可行性,并且还具有工程挑战的使建筑成为不朽的范例,这才是结构大师(图1-6)。

图 1-5
图解的方式比计算的方式更容易让建筑师接受



POSSIBLE STRUCTURAL SECTIONS

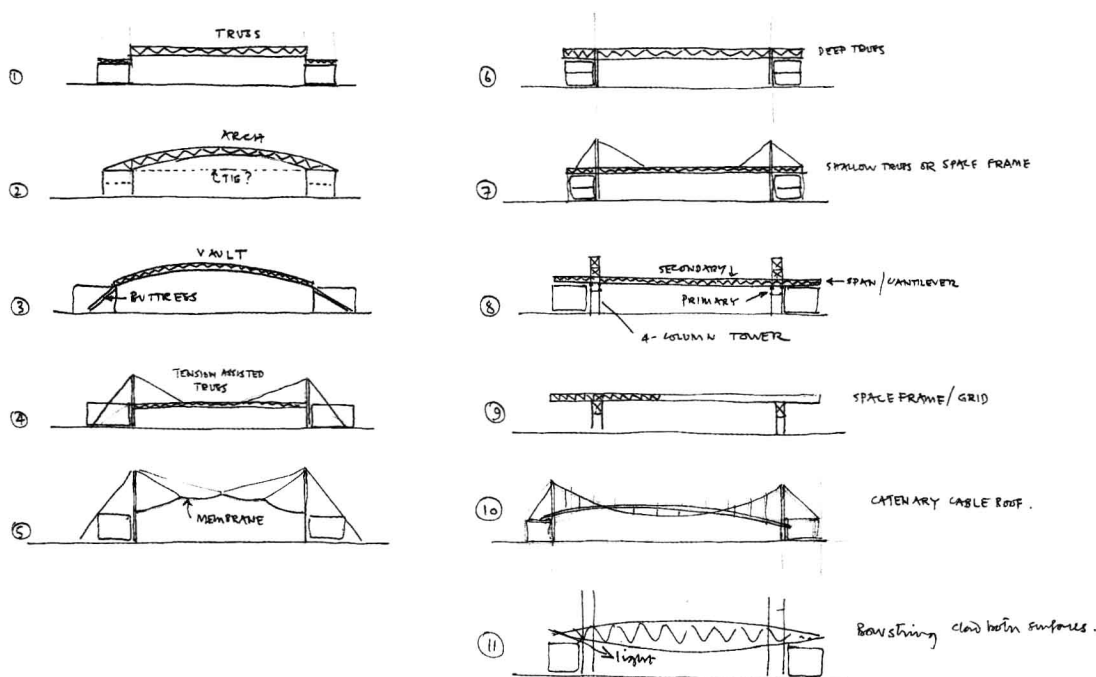


图 1-6

结构大师像一位老师，教给建筑师很多可行的方法

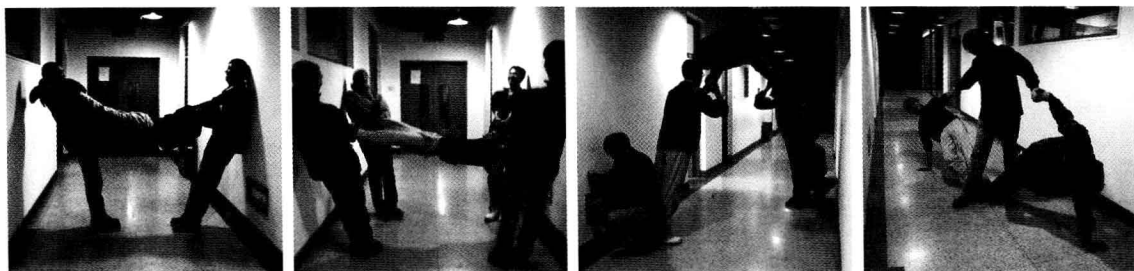
图 1-7

中央美院学生在做力学体操的游戏，表现拱、悬索和拉索

国外的教学实践方面，笔者于 2003 年考察了英国格拉斯哥美术学院建筑系的课程，发现他们的课程不但很有趣，而且富于启发性。格拉斯哥的设计课题都是长达一学期左右的长课题，偶尔会有一两次短课题。格拉斯哥建筑系从一年级就开始做设计，第二学期的课题就开始关注建造的可行性。二年级开始比较系统地进行结构课程和课题设计。课程是由建筑师教授的，据说是因为皇家建筑师协会认为由结构工程师担任建筑学的结构课效果并不好，

因此要求由建筑师来讲解建筑结构。

结构课的讲授相当轻松，还经常做一些类似游戏的小实验，让学生利用一些简单的绳子、棒子，几个人一组，互相拉、推、托举，用身体来体验受力状态。这些小实验生动有趣，虽然知识量远不及我们的结构课那么深奥，但是有效地传达了力学原理和结构概念。可以说，我们的课程知识量是 100，但学生只能记住 10%，他们的课程知识量是 60，但是学生能记住 50%，这样的课程就是效率高的课程（图 1-7）。



二年级的长课题设计是做一个野外的观景亭子。学生先在一个自然的小岛上考察选址,然后基于自然的景观、环境和地形,做出一个自由形态的小建筑,面积不超过100平方米。这已经是学生的第三个设计了,在我国应该已经做到1000平方米了,但是他们始终做得很小,每一个课题会有不同方向、不同层面的关注点,集中解决建筑学中的一个问题,而这个课题的主要目的就是解决结构造型的问题。在一学期的设计里,学生要反复做工作模型,推敲方案,最后的成果包括正式模型、节点模型和图纸。节点模型是把建筑的一个断面放大、细化,对构件的细节加以设计。图纸深度相当高,不仅仅要求一般的平立剖图,而且要求画出许多细部设计的节点大样,最突出的是能够画出木构建筑的装配图和施工过程(图1-8)。这种关注到建造的设计

理念是我国建筑教育中严重缺少的一环。经过一学期的课题,他们的学生的造型能力突飞猛进,可以做出非常大胆前卫的建筑设计。可以说,他们的学生不但怕结构,而且喜爱结构,懂得用结构去做造型,懂得表现结构的美。

建设属于建筑师的结构课程

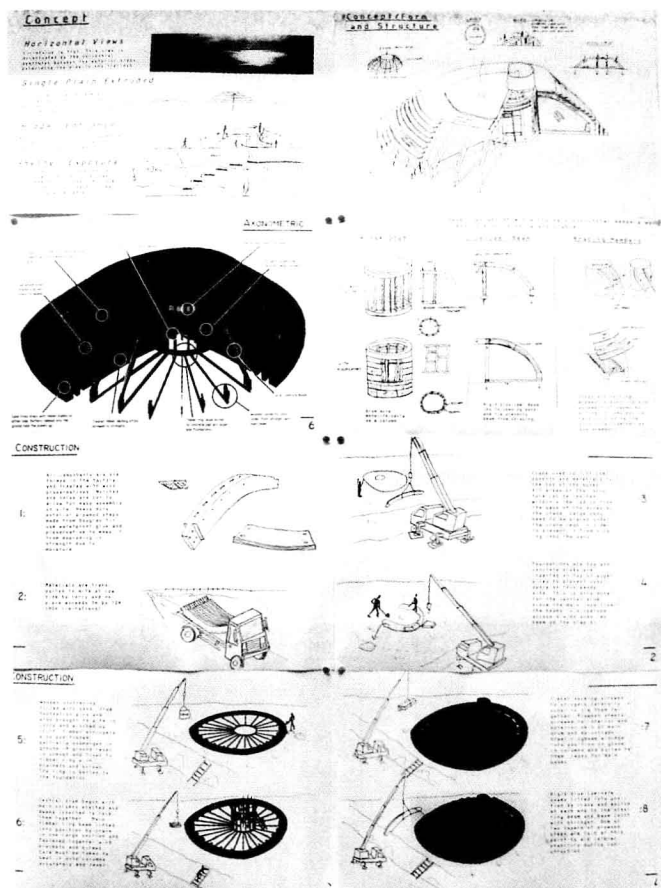
我们的结构教学,从概念上应当有一个从结构估算,到结构选型,到结构造型的转变。结构估算的课程更多是给出各种结构类型的概念、用途、限制、常用尺寸等规律。这个课程可以作为结构造型课的辅助,由建筑感比较强的结构工程师或结构工程师和建筑师一起上,毕竟结构工程师对于结构原理的理解是深入而且系统的。

整个的结构课程设计,可以是短课题和长课题相结合。结构选型课可以适当配合结构估算,有建筑师辅导设计,结构工程师讲解原理,用短周期题目使学生对主要结构类型有个形象的认识,这是一个知识的全面积累的过程。主干课应该是结构造型课,即从建构的概念出发,通过建筑的课题,结合结构造型的设计,使学生学会灵活掌握结构造型语言,并有可能创造新的结构造型形式。

结构造型课的学习方式应该是长周期和工作室的专题研究。在这个专题学习阶段,可以适当降低建筑功能和建筑文化等方面的要求,但是空间概念由于和结构造型是虚实对应的关系,仍然需要很好地考虑。长周期应该从建筑设计出发,从造型出发,综合运用各种结构手段。同时,设计程度应该比较深入,能够做出细致的施工图和节点图,应该做大尺度的模型来推敲和体验建造过程中的结构和细部表现。这个阶段应该能够做到在结构形式的利用

图 1-8

格拉斯哥美院学生作业 工过程(图1-8)。这种关注到建造的设计



上比较纯熟,并且能够创造性地发挥结构造型能力。

结构造型的课程设计应该是基于建筑设计的创作活动,因此,不应该机械地按照结构类型来编排课题,而应该遵循建筑的美学规律和结构造型原理来进行组织。

附录 A:中央美术学院从结构造型到建造基础教学回顾

建筑技术是建筑学中不可或缺的组成部分,因此,建筑技术的教学也是建筑教育中无法回避的重要内容,这并不因为建筑学设立在理工科院校还是美术学院而有所不同。究其根本,一切建筑艺术的最终表达都依赖建筑技术的可行解决,所以切实解决好建筑技术的教学问题,绝不是为了敷衍建筑学专业评估,而是为了深刻理解建筑形式背后的作用机制。另外,当我们以批判的眼光看待建筑技术的价值和方法时,会发现,对于建筑技术的理解也存在着多元的取向和不同的层面。这意味着,建筑技术并不一定完全垄断在理工科院校内,对于没有技术科学的艺术院校,出于对技术与技艺的独到理解,仍然存在着大有可为的天地。

在我校的建筑学教育中,从一开始,我们就不想回避建筑技术的问题。在分析了自身的不足之后,也努力寻找自己可能的发展空间,并且确立了技术与艺术相结合的根本原则。后来的教学实践证明,这条路是可行的。正是在这一原则下,我们规划了建筑技术的发展策略,把能够突出美术院校特色的技术方向规划为重点发展的学科。

对于建筑学普遍认为困难的建筑结构问题,我们认为,之所以认为难,是因为在理解上出现了瓶颈。这个瓶颈的原因有二:①教学环节与实践环节脱节。建筑学教育中所学到的很多结构计算或者估算,在设计实践中起不到什么作用。②工程师主导的技术教育。在理工院校,结构一般

都丢给土木系讲授,由于结构工程师对建筑设计思维的不理解,给出的结构理念并不能全面涵盖建筑学对同一概念的认识。

有了以上的认识,我们决定开拓一条适合自己的道路。从初始就致力于发掘技术与艺术结合的潜能,我校的结构课程一直以特色课程的态度发展着,经过八年的积淀,逐渐形成了一整套的教学理念和教学方法。梳理起来,大约经历了三个不断发展演变的阶段。

第一阶段:结构造型阶段

课程名称:结构造型

核心理念:技术方法艺术化

建筑是一个有生命的肌体,结构是支撑这个肌体的骨骼。就如同各种各样的骨骼造就了万千生灵的千姿百态,丰富多彩的结构类型构成了大千世界中各种奇妙的建筑形式。建筑师的主要工作就是把抽象的结构概念转化成具象的建筑造型,展现建筑中力与美的统一。我们的教学就是希望从造型角度认识结构,让学生喜爱结构,理解结构,懂得表现结构。

建筑学的结构知识应该植根于建筑设计,从造型的角度理解结构,而不是从抽象的概念和计算方面。结构作为建筑的骨架,对建筑物起到支撑作用,因而对建筑形式有着内在的影响。建筑结构造型的概念是一种建筑结构与建筑造型的有机联系,是一个力学合理性与艺术构成美的结合点。我们希望通过这个课题能够提高学生设计方案的可行性,增加自信,并且能够丰富建筑造型语汇,增强表现力。教学方法是从建构的角度出发,把结构看成立体构成和空间构成中的元素,运用造型艺术规律来组织建筑结构,掌握结构的造型语言。

教学包括讲课和课程设计。讲课的内容希望兼顾造型设计的方法和结构体系的原理,其中包括:①结构造型的意义:从建构的角度认识建筑与结构的关系;②结构美:技术美学的原则与表现;③结构造

型的研究方法：从造型艺术规律来学习和创造结构；④结构造型元素：点、线、面构成与结构元素的关系；⑤直线型的结构类型：框架、桁架、拉索等；⑥曲线型的结构类型：悬索、拱、曲桁架等；⑦空间形态的结构类型：网架、网壳、索膜结构等。此外，还有大量的案例分析。

课程设计以短课题的形式进行，主要练习各种类型结构的造型表现。短课题内容是：某公园内举办一博览会，需修建一些临时建筑，用作展示、观景、休息、售卖等功能。要求建筑必须有屋顶，可以挡雨，但不必一定有围墙。建筑用地红线是15米×15米，屋盖下建筑面积不得小于100平方米。室内净空大于3米，建筑限高为12米。要求造型新颖，结构形式合理，便于快速建造。短课题时间是两周为一个周期，共进行三个周期，设计三个方案，分别用到：①直线型的结构类型，②曲线形的结构类型，③空间形态的结构类型。

作业主要以模型的形式进行，因为模型是最直观、最有效的理解立体造型的手段。从设计开始就要求学生直接使用草模，反复推敲的过程就是修改草模的过程。模型不仅仅是视觉的表达，也是一种触觉的感受，而且最重要的是，它可以在一定程度上体现出力在建筑中所起的作用，这种真实感是平面媒体所无法取代的。

第二阶段：功能—空间—造型—结构一体化阶段

课程名称：建造基础

核心理念：技术价值回归建筑设计

结构造型教学经过几年的摸索，也发现一些问题。早期由于功能比较含糊，建筑空间生成的依据不足，造型容易失去建筑的目的性。问题追究起来，就是不应该为结构而结构，而应该是为建筑而结构。于是，对原有的课程设计从理念到题目都进行了调整，并重新组织构建了知识点。随后的课程，注重“功能—空间—造型—

结构”形成环环相扣的整体。学生在从空间到造型的时候，一直在想用什么结构来表现这个功能空间的气氛，结构成为了空间表现的手法和语法。

建筑是建造的艺术。这一阶段以建造为核心，整合了若干相关的技术课程。在立足特色的基础之上，努力建设成自己的精品课程。课题注重从建造因素中的结构和构造两方面出发，加深学生对建筑的全面理解。其中，结构是建筑的骨架，而构造则涉及建筑的表皮形态，决定着建筑的最终视觉效果。课程强调构造、材料和细部因素在建筑中的合理设计，既提供有效的技术解决，又要考虑富有趣味的视觉表达。

课程设计的题目转换为售楼处设计。这样，在其中就增加了功能空间的内容，以功能空间引导造型的发生和结构的表现，并且也触及到细部设计的层面。课程周期也因此转变为八周。最终的成果不仅仅是结构造型的模型，也包括局部断面的放大模型，以此推敲细节的表现。此外，还要求有相应的图纸，来满足更全面展现“功能—空间—造型—结构”一体化设计的内容。

第三阶段：结构感阶段

课题名称：建造基础2

核心理念：发掘技术意识的潜作用

对于结构这个概念，建筑师侧重造型的设计，结构工程师则侧重工程的计算，这就好像是艺术家和医生都要学习一定的解剖学，但根本目的是不一样的。艺术家的目的是通过学习骨骼结构更好地了解人体，为艺术创作打下基础；医生则是为了以后研究病理而学习。由于目的不同，二者学习的深度和侧重点会有很大差别。结构工程师是严格按照定量的方法进行设计，建筑师则更多依赖定性的概念和感觉。

培养建筑师的结构素养应该侧重一个核心、两个方面，即以直觉感受为核心，

从不同结构类型的造型表现力和不同材料的结构特点两方面组织教学。在造型设计领域,“感觉”比理性的认识更为重要。因此,在给予学生一定的结构知识之后,一定要注意培养造型的“结构感”。

结构感是对力与形的宏观掌控能力,是建筑师应具有的一种技术意识。技术意识是一种模糊思维方法:首先,技术意识应能确保技术方案具有一定的可行性;其次,还能在出现问题的时候,根据掌握的知识和合理的逻辑,提出解决措施。最根本的是,能够把技术因素看成是建筑设计的深层动力,因而有愿望去主动探索技术、表现技术,最终能在一定程度上,依据技术原理,提出前所未有的新方法。最后一点也可称为建筑中的技术创新意识。

重新调整的建造基础2课程选取汽车4S店前店作为设计课题。汽车一直是流线型设计的先锋,而当代建筑中也不乏这类有机形的设计,特别是现在建筑设计使用的电脑软件也包括以往属于工业设计的Rhino-ceros等,鉴于汽车在这种类型的设计中已经非常成熟,大胆借鉴对建筑学的发展是十分有益的。过程中,还邀请了美院设计学院汽车专业的教授为我们做讲座,并参观了汽车专业的工作室,其模型工艺、喷漆工艺都给我们很大启发。

课题依然安排了配套的结构造型原理和结构体系的课程,因而,对结构的运用仍然是重要的知识点,但是并没有像以往那样刻意地规定对结构类型的运用,而是把结构技术的内容溶解在设计之中。我们认为,并不存在两类建筑:一类有结构造型,一类没有结构造型。只要是能建起来的建筑,只有一类,那就是符合技术规律的建筑。

经过这么多年的发展,表达手段也有了长足的进步,从纯手工制作,过渡到数字激光制作与手工结合,并适当利用电脑辅助。电脑设计是一个大趋势,其优势在于精确和量化,但是对于“结构感”的培养,仍然需要亲手压一压、弯一弯,感受其中

可能脆弱的部分。

从结构造型到建造基础的八年教学实践,总结起来有以下几点:

1. 实用而且适用的技术教学原则。根据建筑学实践工作所需的技术内容合理配置教学要点,并兼顾美术院校学生的知识背景,扬长避短。

2. 技术与艺术的结合。突出美术学院的特点,注重技术可行下的造型表现,强调形式感,提倡个性化表达。突破以往的教学意识,把设计与技术统一起来,形成不间断的、互相渗透的设计观念。

3. 技术意识和技术创新意识的培养。不仅灌输知识,更注重应用能力,并培养技术发展、技术创新的思想意识。

4. 对技术的理解不是能靠一点突破就解决的,而是需要连续的、系统的教学才能逐步培养起来。因此,建造基础系列课程的设置贯穿在本科一、二、三年级之中,采用渐进式的教学方法。

附录B: 结构造型实验室的建设文件

1 建立结构造型实验室的目的与意义

1.1 学习建筑结构对于提高建筑造型能力的重要性

建筑结构是建筑的支撑部分,是建筑的骨架。学习建筑结构的意义有二:

有利于提高设计方案的可行性;有利于丰富建筑造型语汇。

1.2 我校建筑专业建立结构造型实验室的必要性

根据我校具体情况,有以下原因亟待建立结构造型实验室:

学生理工科基础薄弱,结构知识差,对自己的设计的可行性缺乏信心,严重影响造型的创造力;国内建筑院校的结构教学难以适应建筑学专业要求。建立我们的实验室,从建筑设计的角度用直观方法理解结构,并落实到造型设计语汇,成为了我们的办学特色之一,但国内现在已经开