消逝的过程：“时间维度”视角下的建造技术培训与工艺创新

The Disappeared Process: Construction Technology Training and Process Innovation from the Perspective of“Time Dimension”

潘一婷｜PAN Yiting

摘要： 本文以近代建造学教科书及其所反映的相关建造技术培训为切入点，关注19世纪末20世纪初中英比较视野下的中国建造与思想的转变。分析中英近代建造学学科的教学法特征，讨论建造技术培训中关于模具、拱顶支架、脚手架、建造流程等施工过程的呈现与隐藏，进而管窥中国近代建筑史中"消逝的过程"以及其历时性与共时性的现象。在此基础上，探讨“儒与匠”“思想与建造”两组相关词的含义区别，分析中国近代建造技术教育转型中的技术工人的工艺自由及其利弊，并进一步探索"实现目的"与"创造目的"两种层面的工艺创新及其意义。

关键词：近代建筑、中英比较、建造技术培训、工艺自由、工艺创新

Abstract: This study examines the Sino–British transition in construction and thoughts in the late 19th and early 20th century on the basis of modern Building Construction textbooks and the associated training courses. Additionally, it analyzes the pedagogies of construction technology training in China and Britain, and discusses the presentation and concealment of the construction processes（i.e., molding, formwork, scaffolding, and building procedures）in modern technical education. This study thus provides a glimpse into the disappearance of the building process in Chinese modern architecture. Further, this study explores the related meaning of the two paired words ˝Confucian–Craftsman˝ and ˝Construction–Thoughts˝, analyzes the technical freedom of Chinese building workers in the transformation of modern construction technology education, and explores the two levels of process innovation（i.e., for achieving goals, or for creating goals）and their significance.

Keywords: Modern architecture, Sino-British comparison, Construction technology training, Freedom of craftsmanship, Process innovation

引言：一个被建筑史忽视的历时性与共时性问题

建筑是一个过程。它强调回归˝建造˝本源，关注营造˝时间维度˝。建筑不仅仅是成品，也涉及那些过往消逝的劳动方式、工地现场的工作组织，建造过程中的脚手架，起吊设备、工艺过程、营造工具，以及修缮过程中或地震后临时性的支撑墙体和门窗的支架工艺（图1）。˝消逝的过程˝和˝时间维度˝的议题值得研讨，是因为笔者发现中国近代建筑史研究很少关注这个内容：不仅包括建造过程中的临时性工程——例如脚手架、模板等施工和工艺层面的内容，也包括建造专业知识——例如建造前以及建造过程中的建造技术培训。

˝消逝˝（disappear）有几层含义：（1）历时性的：建造的过程消逝后，仅留下的是建筑实体，因此实体也更容易成为建筑史关注的对象。（2）共时性的：我国相对欧洲缺乏书面记录技术过程与建造知识的传统，即建造过程在近代建造书籍中消失（缺席）的现象，造成了今天近代技术知识出现断层，成为建筑不恰当修复的症结之

作者：
潘一婷，苏州大学建筑学院副教授，历史建筑与遗产保护研究所副所长。
国家重点研发计划资助（2021YFE0200100）；2021年度江苏省政策引导类计划（BZ2021015）；国家自然科学基金项目（51708376）

Doi：10.12285/jzs.20220805006

一。（3）历时性和共时性的这两种“消逝（失）”，导致我们很少把建造过程当成近代建筑史的一个科学问题来研究。

“消逝的过程”是欧洲建造史领域一个传统议题，在近几年的国际建造史大会中呈上升的趋势。2021 年在里斯本召开的第七届国际建造史大会（7ICCH），四个主旨演讲之一是苏黎世联邦理工大学（ETH，Zürich）教授斯蒂芬·霍尔泽（Stefan Holzer）教授关于“临时工程在中世纪和早期现代建筑工地上的角色”的研究报告。会议分论坛设有“无模板形式（模板简化的拱顶建造）”“探悉不确定性情况下的专业知识文化（从中世纪至现代）”“建造过程”“建筑机器、工具、设备”等分论坛，体现对易逝“过程”的高关注度和多元兴趣。粗略统计，“消逝的过程”类相关研究共占第七届建造史论文总数的 1/5 以上。由于会议有 206 场报告，论文题目无法一一罗列，表 1 仅列举了与建造过程相关的典型研究课题。

视线回到中国近代“消逝的过程”，由于研究资料的呈现碎片化，可能会带来信息差距和解释困难。但中国近代建造学书籍是一个尚未充分挖掘的宝藏。表 2 罗列了 20 世纪初至 1970 年代部分重要建造相关教科书目录。这些反映近代技术教育和培训文献，虽然很多并不是面对工匠，而更可能是初级建筑师和工程师、建造师、画图员等，但仍有可能成为研究“消逝的过程”一个有潜力的落脚点，目的是去还原当时中国近代建造学语境。

目前关于近代中国“消逝的过程”还是初步探索、未成熟的议题。在这样的背景下，笔者将利用本文（“建造与思想互动”研讨会演讲后整理成稿），以近代建造学教科书及其所反映的相关建造技术培训及其对过程的呈现与隐藏为切入点，尝试探讨中英比较视野下的儒匠关系、建造与思想互动，并衍生出“工艺自由”的概念以及对两种工艺创新的比较和思考，尝试给未来学者深入近代中国“消逝的过程”研究作铺垫。

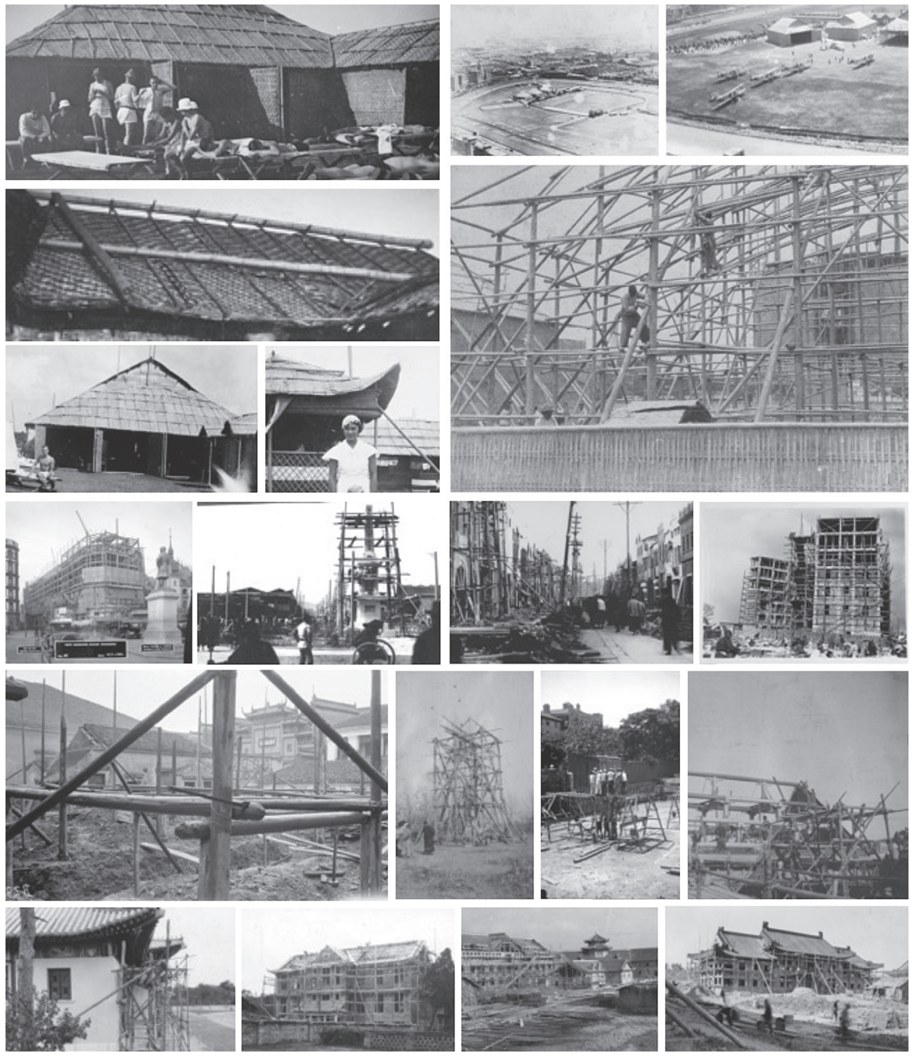


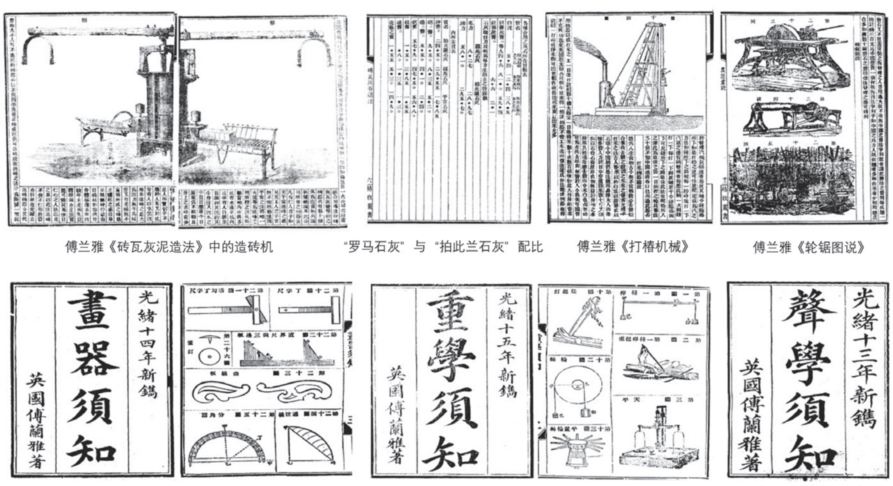
图 1：中国近代历史图像中的临时性建筑与建造过程

第七届国际建造史大会中关于易逝“过程”的典型建造史研究 表 1

专题分论坛：无模板形式（模板简化的拱顶建造） Thematic session：Form with no formwork (vault construction with reduced formwork)	
P.Vitti	古代至中世纪地中海的免定圆心砖拱顶 Brick vaulting without centering in the Mediterranean from Antiquity to the Middle Ages
E. Rabasa-Díaz 等	切片砖拱顶的地理和年代范围 Geographic and chronological extent of brick vaults by slices
A. Almagro	某些无模板拱顶的起源：伊朗鼓形拱顶 On the origin of certain vaults without formwork：Iranian timbrel vaults
A.C. Rosado	[葡萄牙] 阿连特茹内陆地区的拱顶和鼓形拱顶之类型和用途：类型学研究数据 Types and uses of vaults and timbrel vaults in Interior Alentejo：Data for a typological study
E. Murphy 等	瓜斯塔维诺拱顶中的形状、模板和砂浆之联系 Forging the link among shape, formwork, and mortar assemblies in Guastavino vaulting
专题分论坛：探悉不确定性情况下的专业知识文化（从中世纪至现代） Thematic session：Understanding the culture of building expertise in situations of uncertainty (Middle Age-Modern times)	
S.M.G. Pinto	未经建筑培训的建筑专家：里斯本市政工程处（14—19 世纪） A building expert without building training：The city of Lisbon vedor of works (14th—19th centuries)
M. Barbot 等	基于专业知识的巴黎维护 / 修缮（1690—1790 年） Maintaining/repairing Paris through expertise (1690—1790)
L. Cook	修缮、翻新或更换：弗吉尼亚州立建筑的维护史 To repair, renovate, or replace：A maintenance history of Virginia’s state buildings
J. Dobbels	布鲁塞尔建筑部门的冲突（1957—1959 年）：建筑师、工程师和承包商的司法专业知识 Conflicts in the Brussels construction sector (1957—1959)：Judicial expertise of architects, engineers and contractors

续表

开放分论坛：建筑机器、工具、设备 I，II Open session：Building machines，tools and equipment I，II	
J. Pernin	更快、更便宜、更高：法国 20 世纪上半叶的一种“新”脚手架系统 Quicker，cheaper，higher：A "new" French scaffolding system in the first half of the 20th century
S. Hayashi 等	混凝土曲面薄壳模板在日本 1950 年代建筑工业中的发展与合理化 Development and rationalization of formwork for curved concrete shells in the Japanese construction industry in the 1950s
L. Cardellicchio 等	丹麦球体和澳大利亚脚手架：铸造悉尼歌剧院 Danish spheres and Australian falsework：Casting the Sydney Opera House
J. Atienza Fuente 等	罗马石匠的工具：瓦莱里亚大理石装饰构件的加工痕迹 The tools of the Roman stone craftsman：The marks left on marble decorative elements in Valeria
H. Dessales 等	罗马时代一种新颖的地板技术（庞贝城迪奥梅德别墅） An innovative flooring technique in Roman times（Villa of Diomedes，Pompeii）
开放分论坛：建造过程 I-VIII Open session：Construction processes I-VIII	
J. Hillson 等	[英国] 图克斯伯里修道院中殿的形式与模板调查 Investigating forms and formwork in the nave aisles at Tewkesbury Abbey
C. Voigts	德国南部哥特晚期的拱顶、定圆心和模板 Vaults，centring，and formwork of the Late Gothic period in Southern Germany



傅兰雅《砖瓦灰泥造法》中的造砖机　“罗马石灰”与“拍此兰石灰”配比　傅兰雅《打椿机械》　傅兰雅《轮锯图说》

傅兰雅《画器须知》　傅兰雅《重学须知》　傅兰雅《声学须知》

图 2：傅兰雅在《格致汇编》的主编工作

一、中英比较视野下的中国近代建造技术培训

1. 建筑工地上的建造培训

在中国通商口岸，近代建造技术培训，最早发生在建筑工地上。英国建筑师爱德华·阿什沃思（Edward Ashworth）于 1851 年在香港的施工纪实，生动地记录了他在现场如何用模型给当地中国工匠做示范 [1]。这反映了一种简易的建造手册对近代早期在海外的欧洲建筑实践者多么重要。这也是为何苏格兰工程师罗伯特·斯科特·伯恩（Robert Scott Burn）在 1854 年、1860 年专为英国海外殖民者编写殖民者建房工具书。而关于建造手册，更近的一个例子是高曼士与徐怡涛研究下的耶稣会传教士在中国北方地区指导当地传教士建造教堂的法语建造手册 [2]。更多的近代西方建筑师可能会像邬达克一样，在中国和欧洲之间旅行时购买大量建筑和建造书籍 [3]，带到中国。这些外国建造手册在近代中国的存在可从今天国内图书馆或二手书店里的原版和本土再版的数量可见一斑。

2. 中国第一所“工学院”：傅兰雅的精英路线

中国第一所“工学院”与英国翻译家傅兰雅（John Fryer）有关。他先是在江南机器制造总局翻译馆进行了一些中西科技术语的编译整理，后在《格致汇编》编译了不少与建造相关的知识：例如《砖瓦灰泥造法》《打椿机械》《轮锯图说》《画器须知》等（图 2）。他在 1874 年成立了格致书院（Chinese Polytechnic Institute and Reading Rooms），获得了外国人和中国精英的捐款，在此基础上后来创办了“格致公学”（Polytechnic Publish School）。在 1895 年，傅兰雅在周六晚上开设了 6 门课程：矿务、电子、测绘、工程、气机、制造，其中测绘和工程两门与建造息息相关。很明显，傅兰雅采取的是一种精英路线：虽然他讲解建造技术等属于“匠人”的知识，但是他在上海租界里格致书院的学生想必更多是有身份背景的“儒者”。他需要自上而下地改变“儒”的思想，进而才可能改变“匠”的建造。

3. 英国工学院的上海尝试：雷氏德工艺专科学校

雷氏德工业职业学校及雷氏德工艺专科学校（The Lester School and Henry Lester Institute），是英国工学院在上海的尝试。这所学校从师资、教学楼的设计、到课程设置都依照英制。我们看到他们土木与建筑专业的课程表，建造学（Building Construction）是除了“数学”外，唯一贯穿四年的课程，可见其重要性（表 3）。

尤其引起笔者注意的，是雷氏德学校的一位教授木结构的教师阿尔弗雷德·艾姆斯（Afred Emms）。他为了寻找英国木结构技术培训与上海当地木作传统的联系，为了更好地进行因地制宜的教学，他深入研究过上海一带的木作工具。而他的木工实验室里，学生使用西式木工桌、刨，和各类木节点来学习英式木构造技术 [4]。

4. 中国“工学院”

虽然上述这些英国在中国的初探都做出了引人注目的贡献，但是更彻底的改变还是需要从中国内部开始。早在 1870 年，

中国 20 世纪初至 1970 年代部分中国建造书籍目录 表 2

书名	出版（年）	作者
建筑新法	1910	张锳绪（天津）
建筑材料撮要	1910	华通斋（北京）
房屋工程	1919	华通斋（北京）
近代鸡舍建筑学（德园家禽学校讲义）（可能受美国影响）	1930	黄中成（编译）
三合土	1930	冯雄
初中劳作工艺篇木工	1933，1934（上海：中华书局）	朱苏典
房屋	1933	薛茨莘（上海）
营造学	1933—1937	杜彦耿（上海）
建筑构造学	1936（第 1 版），1951（第 4 版），1953（修订版）	唐英，王寿宝（上海）
防空避难室建筑学一册	1937（武汉，商务印书馆）	吴国柄（国民政府军事委员会委员长武汉行营专员室）
防空建筑（德国影响）	1937	郑祖良（广州：中国新建筑月刊杂志社）
防空建筑学（可能受英国影响）	c.1930s	赵启田（编著）
建筑建筑学：住宅	1939	唐英（更像《房屋》，含有合同等）（不算建造学，都是设计）
木工（部定大学用书，英美、德影响）	1938（中国台湾）	高良润（国立编译馆出版，正中书局印行）
营造法原	1920s 课堂笔记，1951 发表	姚承祖（苏州）
建筑构造浅释	商务印书馆	盛承彦
构造学讲义	1943	建设总署土木工程专科学校
房屋建筑学	1950	吴钟伟（杭州浙江大学）
房屋建筑学（大学最书）	1952	陈宏铎（上海前大夏大学土木工程系）
房屋设计参考图	1954	柴文昭（上海，龙门联合书局出版）
房屋保温建筑	1954	R. Fl ügge，周善生（译）
房屋建筑学	1954	（苏联）格里采夫斯基｜（苏联）康尼科夫，徐经常（tran.）
铁路房屋（苏联影响）	1955	苏联铁路员工技术手册编撰委员会编，铁道部翻译处译
房屋建筑施工知识：木工	1955	许国干（中华全国科学技术普及协会出版）
学校建筑（设计而非建造学书，乌克兰俄文影响）	1956	П・Ф・阿列申，А・И・马林钦柯（著），桑口（译）
房屋构造学 1，2	c.1956	中央重工业部，长春建筑工程学校
房屋构造学（部分图像摘自俄文书）	1956	冶金工业部，长春建筑工程学校
建筑的防潮	1958	（苏联）A.A. 托杰尔曼，张晓漪等（译）
农村房屋构造	c.1950s	（苏联）Д.И. 库尔巴朵夫
砖拱房屋	c.1958—1960（"大跃进"期间）	煤炭工业出版社编
民用建筑（只参考国内资料）（中等专科学校教学）	1960	长春冶金建筑专科学校建筑学教研组
工业建筑（参考国内外资料）（中等专科学校教学）	1960	长春冶金建筑专科学校建筑学教研组
建筑学（中等专业学校四年制工业与民用建筑专业"建筑学"课教学大纲）	1961	长春冶金建筑专科学校建筑学教研组
房屋建筑学 Vol.1-5	1961	（全国）房屋建筑学教材选编小组 （同济大学，西安冶金学院，重庆建筑工程学院，哈尔滨建筑工程学院，南京工学院，华南工学院）
房屋建筑基本知识	1973（"文化大革命"期间）	清华大学建筑工程系《房屋建筑基本知识》编
建筑构造 1，2	1979，1982 （"文化大革命"后）	南京工学院建筑系
房屋建筑	After 1978，中国台湾	Late W.C. Huntington，R.E. Michadeit，黄尧雄，卢坚，赵大川
营造材料学	1978	W. J. Patton，王尧雄（编译）

雷氏德工艺专科学校土木与建筑专业课程表 1939—1940 年（作者译） 表 3

<table>
<tr><th colspan="7">第一年</th></tr>
<tr><td>时间</td><td>星期一</td><td>星期二</td><td>星期三</td><td>星期四</td><td>星期五</td><td>星期六</td></tr>
<tr><td>9.00—10.00</td><td rowspan="3">工程制图
Engineering Drawing</td><td rowspan="3">木工工场
Carpenters´ Shop</td><td rowspan="3">数学（指导）
Mathematics（Tutorial）</td><td>数学
Mathematics</td><td rowspan="2">数学
Mathematics</td><td rowspan="2">应用数学
Applied Mathematics</td></tr>
<tr><td>10.05—11.05</td><td rowspan="2">应用数学
Applied Mathematics</td></tr>
<tr><td>11.15—12.15</td><td>物理
Physics</td><td>数学
Mathematics</td></tr>
<tr><td>1.30—2.30</td><td rowspan="3">物理
Physics</td><td rowspan="3">数学（指导）
Mathematics（Tutorial）</td><td rowspan="3">化学
Chemistry</td><td rowspan="3">建造学
Building Construction</td><td rowspan="3">物理
Physics</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>2.35—3.35</td></tr>
<tr><td>3.45—4.45</td></tr>
<tr><th colspan="7">第二年</th></tr>
<tr><td>时间</td><td>星期一</td><td>星期二</td><td>星期三</td><td>星期四</td><td>星期五</td><td>星期六</td></tr>
<tr><td>9.00—10.00</td><td>数学
Mathematics</td><td>数学
Mathematics</td><td>数学
Mathematics</td><td rowspan="3">机器与热机
Machines and Heat Engines</td><td rowspan="2">建造学
Building Construction</td><td>数学
Mathematics</td></tr>
<tr><td>10.05—11.05</td><td rowspan="2">结构理论
Theory of Structures</td><td rowspan="2">电气工程
Electrical Engineering</td><td rowspan="2">建筑科学
Building Science</td><td rowspan="2">地质学
Geology</td></tr>
<tr><td>11.15—12.15</td><td>数学
Mathematics</td></tr>
<tr><td>1.30—2.30</td><td>数学
Mathematics</td><td rowspan="3">电气工程
Electrical Engineering</td><td rowspan="3">实验室
Laboratory</td><td rowspan="3">材料强度
Strength of Materials</td><td rowspan="2">建筑科学
Building Science</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>2.35—3.35</td><td rowspan="2">水力学
Hydraulics</td></tr>
<tr><td>3.45—4.45</td><td>数学
Mathematics</td></tr>
<tr><th colspan="7">第三年</th></tr>
<tr><td>时间</td><td>星期一</td><td>星期二</td><td>星期三</td><td>星期四</td><td>星期五</td><td>星期六</td></tr>
<tr><td>9.00—10.00</td><td rowspan="2">材料强度
Strength of Materials</td><td>数学
Mathematics</td><td>数学
Mathematics</td><td>数学
Mathematics</td><td>数学
Mathematics</td><td rowspan="3">实验室
Laboratory</td></tr>
<tr><td>10.05—11.05</td><td rowspan="2">结构理论
Theory of Structures</td><td rowspan="2">建造学
Building Construction</td><td rowspan="2">水力学
Hydraulics</td><td rowspan="2">公共工程
Public Works Engineering</td></tr>
<tr><td>11.15—12.15</td><td>测量学
Surveying</td></tr>
<tr><td>1.30—2.30</td><td rowspan="3">测量学
Surveying</td><td rowspan="3">结构理论
Theory of Structures</td><td rowspan="3">指导课
Tutorial</td><td rowspan="3">电气安装
Electrical Installation</td><td rowspan="3">材料强度
Strength of Materials</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>2.35—3.35</td></tr>
<tr><td>3.45—4.45</td></tr>
<tr><th colspan="7">第四年</th></tr>
<tr><td>时间</td><td>星期一</td><td>星期二</td><td>星期三</td><td>星期四</td><td>星期五</td><td>星期六</td></tr>
<tr><td>9.00—10.00</td><td rowspan="3">建造学
Building Construction</td><td rowspan="3">公共工程
Public Works Engineering</td><td rowspan="3">结构理论
Theory of Structures</td><td rowspan="3">测量学
Surveying</td><td rowspan="3">水力学
Hydraulics</td><td rowspan="3">材料强度
Strength of Materials</td></tr>
<tr><td>10.05—11.05</td></tr>
<tr><td>11.15—12.15</td></tr>
<tr><td>1.30—2.30</td><td rowspan="3">建筑学
Architecture</td><td rowspan="3">结构理论
Theory of Structures</td><td rowspan="3">指导课
Tutorial</td><td rowspan="3">数学（指导）
Mathematics（Tutorial）</td><td rowspan="3">建筑学
Architecture</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>2.35—3.35</td></tr>
<tr><td>3.45—4.45</td></tr>
</table>

福州造船厂就派留学生到法国为清政府海军学习三年“现代军舰建造”（Modern Warship Construction），但学习现代军舰建造也要学习“建筑制造学”（Building Construction）。文献记载政府还派遣了厨子、剃头匠、各种仆人陪同他们留学，可见对他们学习的重视。类似的，根据 1936 年《留英同学录》[5]，只有两位留英学生是学习建筑科，却有 7 位学习造船科（Naval Architecture），而他们主要分布在格拉斯哥大学、杜伦大学阿姆斯特朗学院（Armstrong Durham）学习造船科。

既然建造学如此重要，那么在中国近代教育改革中还有什么理由不引入呢？在 1904 年的癸卯学制（奏定学堂章程）系统中，建造学，又叫房屋构造（法），引入了中等实业学堂中的木工科，以及高等实业学堂的建筑科、土木工程科。而在大学层次，建造学不仅引入建筑科、土木工程科，还引入机械工程科、应用化学科、冶金科和火药科（图 3）。

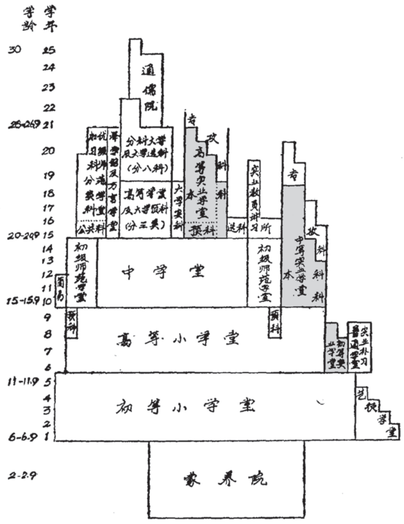


图3：癸卯学制(奏定学堂章程) 1904 系统图

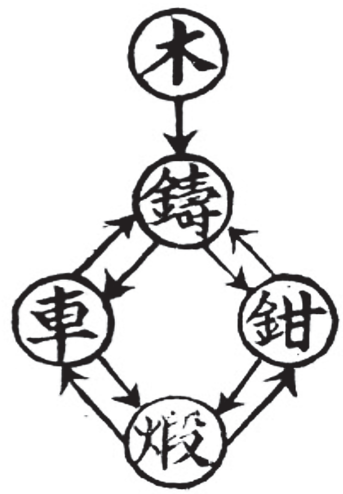


图4：采用"循环" 模式的实习工场

在职业教育中，一个典型的案例是成立于上海的中华职业学校。根据"中华职业学校筑舍募金征信章"[6]，1934 年：

"黄任之在中国二十世纪初，觉得他对'职业教育应该怎样办'有尝试解答的必要，于是 1918 年成立中华职业学校……

社会需要之切，每年招生，报名的人超过定额十倍以上，苦不能容……

校舍图纸由本校教员柳士英再三修正，在柳的指导下，和高级土木班三年级学生二十多人，一起监工。"

黄炎培（任之）因不想培养出贵族子弟，于是在自己孩子身上实践职业技术教育，把自己孩子黄大能送到中华职业学校土木科高中学习。黄大能大学升入复旦土木系，之后又去英国留学三年，可见当时中职的教育可以和大学很好衔接。

《中华职业学校各科课程纲要》[7] 里罗列的土木科的教学大纲，体现了各类具体的、细化的建造学知识是教学的重点，而他们使用的教材和参考书也是关于建造学：

教学大纲

"本校初级毕业后可直升高级二年级，高级一年级用来接受外来新生。

初级土木科三年级 / 高级土木科一年级

（1）建筑学概念（2）砖工构造及各种砌法（3）石工构造及各种叠砌法（4）木工构造及接榫法（5）木造梁柱之设计法（6）地形及基础工事（7）各种楼地板之构造（8）各种砖木造墙壁之构造（9）各种屋架之构造（10）楼梯之构造（11）各种门窗之样式构造及设计法（12）各种屋架之构造及计算法（13）房屋应用图示算法（14）屋面构造及计划法（15）铅铁工事（16）粉刷工事（17）玻璃及油漆工事（18）装饰及家具设备大意（19）房屋卫生设施大意

高级土木科二年级

（1）砖木石造房屋之屋架梁柱壁及底脚构造及计算法（2）铁骨造房屋之理论（3）铁骨造房屋之屋架柱梁壁及基础之构造及设计法（4）装饰学大意（5）采光及照明学大意（6）建筑音响学大意（7）暖房及换气工程（8）卫生设备构造法（9）防火设备构造法（10）方位及庭院学大意

培养对象：各处建设机关与建筑业有关系之场所，其任务为测量员、制图员、监工员，以及其他助理技师，办理力学上之计算与工料的估价。

培养目标：使明了房屋各部构造之原理及方法；使具备房屋构造中设计，制图，监督工事等工作之基础技能；培养对于房屋构造之研究能力和兴趣。

教程：工学小最书 房屋，Building Construction for Beginners.

参考书：Harvey：Modern Building Practice；G.W. Grey，Building Supervision；T. Crane，Concrete Building Construction.

教学中可愈制图课联络时，当竭力联络之。也进一步择主要者如接榫屋架方法等，可使制作各种模型。"

中华职业学校重视实践，他们的实习工场设备充实。根据 1935 年教育部评语："[中华职业学校] 木工场，内容设备充实，足供学生实习……学生半日上课，半日工作，成绩甚优。"[8] 中华职业学校的实习工场采用"循环"的模式："木工场所做之木模，可供铸工场实习之用，铸工场所出之铸件，又可供车工场钳工场实习之用"，以此类推，使学生能明了各工场相互之间关系[9]（图 4）。中华职业学校还与上海市木材业工会合作，给木材子弟免费入学名额："木材子弟学生免费入学。上海市木材业工会，原来每年出 3 千金，创办一学校，为了造就本业子弟之所。但因为办学不易，又因为经费不够，于是改变计划，于中国职业学校合作，给学校每年 3 千金，保留木材业子弟名额 40 名。贾校长计划把这些钱作专款，数年以后再添校舍。"[10]

中华职业学校并非个案。在 20 世纪的前三十年，各类实业、职业、工业学校在近代中国的上海等大城市应运而生。它们在很多层面上可以和英国工学院作比较（图 5）。如何评价中国的"工学院"？笔者认为，初中、高中、职业专科的水平，对应毕业生分别是 16 岁、19 岁的青少年。低龄化的建造技术培训之正式化，为的是通过标准化教育结构和知识板块来吸收和整合技术精英等教育资源，是培育一系列符合中国国情的技术导则和教科书的孵化器，更是培养一批早慧技术人才的孵化计划。究其目的，是为与西方建造技术为主导的标准和语境对话，为中国人在新建筑业中话语权的争夺做准备，培养自己的人才。

但技术教育后来出现了"政治化"倾向。1935 年的《中华职业学校各科课程纲要》提到：

"我们觉得世界上一切职业教育的设施，可分两大方式：其一如美国人为美国人，日本人为日本青年办的职业教育，另一种像美国人替菲人，日本人在朝鲜台湾，

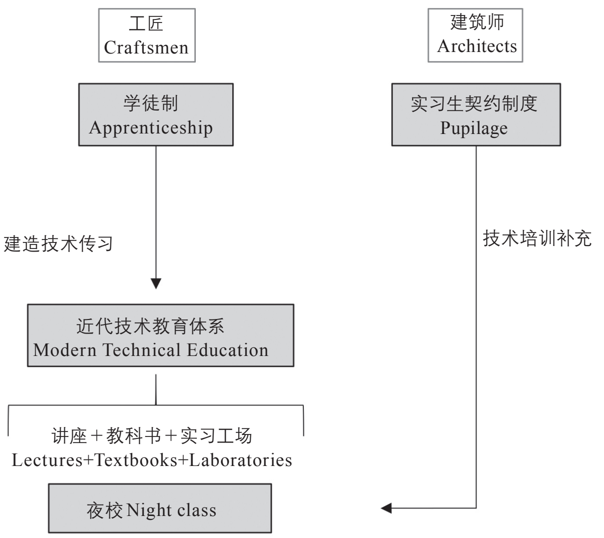


图5：19世纪末20世纪初英国工匠与建筑师的培养体系

图6：米歇尔建造学教科书不同版本封面

英人新近在上海，所办的职业学校。前者不但传授事业技艺，还要养成一个社会上的好公民，又丰富热烈的民族意识，后者那么可以说无非造就若干买办阶级，或产生若干活机器，所谓殖民教育而已！还是很分明的两个方向，也就是两种很不同的理想。”

“政治化”的技术教育，推动了“本土化”建造学的建构。杜彦耿的建筑辞典和《营造学》就是这样的尝试。但中国“工学院”可能也有自身的问题。例如未建立专业知识和能力标准的考核制度。技术教育“政治化”可能导致学科引进过程中技术话语的“政治化”，急于与西方影响划分界限。而如果我们深入研究会发现，建造学本应关注技术的发展和工艺创新，政治化技术话语可能对学科发展起反作用。因而，这样的“本土化”建造学建构能否成功？

二、中英近代建造学中“过程”的呈现与隐藏

1. 英国建造学对建造过程的呈现

英国与中国的近代建造技术培训的转型虽然有先后，但是基本发生在相近的时期。建造学教科书的出现，都是因为教师建造学授课的需要（图6）。转型后的近代建造学学科的教学法关注新思想——新概念与新术语；关注新表达——建造视觉重现；关注新情景——适应性实践。这三个建造学写作工具，在近代建造学发展中变得愈渐成熟。

如果我们更仔细地比较中英近代建造学教科书的细节，会发现英国建造学书籍中有更多对建造过程细节的呈现。以造砖工艺为例，米歇尔《建造与绘图》的砖工工具插图中，展示了那些与英国19世纪、20世纪清水砖墙建造对应的工具，例如制作特殊的形状以形成英式立面上丰富多样的线脚、转角装饰的“砖模”（brick mould）、用于形状加工的“砖锯”（brick cutting saw）、和用于平砖的“砖锈”（brick scutch）（图7）。米歇尔建造学中还介绍了规准砖工艺，这是一种砖块通过现场切割（锯）、抛光，拼接而形成规准形状的工艺。制造规准砖必须用无石粒和其他杂质，经过清洗的黏土制成，才能切割打磨出光滑的表面，形成极细的接缝（1mm左右）。它们是最昂贵的一种砖，而且生产的尺寸比一般普通砖大，为的是可以进一步切割[11]。流行于英国17世纪，并盛行于18—19世纪，尤其在“安妮女王”风格建筑中（图8）。

以砖砌工艺为例，米歇尔《砖工与石工》（1904年）强调了新砌的砖墙与老墙交接前，要将老墙按照新墙的厚度，每隔三层凿三层，深度为半砖长，以便新墙与老墙率头咬合，否则因为沉降新老墙端口容易断开。对于考虑未来会继续延续的砖墙，砖墙的端口将每个顶砖伸出上下的走砖边缘的$2^1/_4$英寸，形成“锯齿形”（toothing），以便新老墙的交接有更好的整体性。而对于一次没有建完的砖墙，端口不能砌成垂直或简单的锯齿形，而应每皮砖退让$2^1/_4$英寸，层层后退（称为

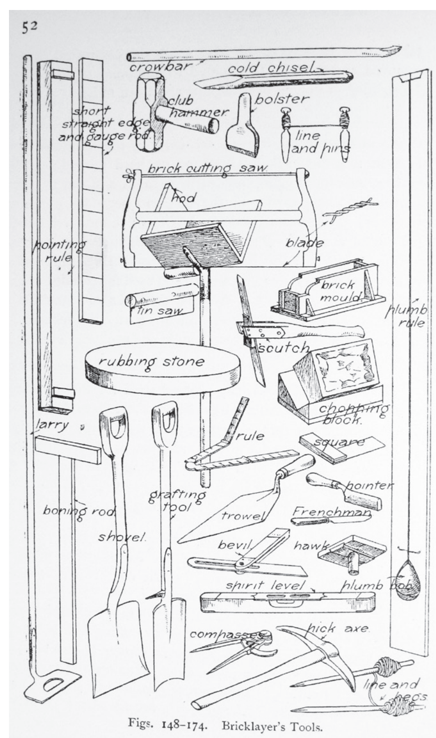


图7：米歇尔《建造与绘图》（第10版，1926年）中的砖工工具

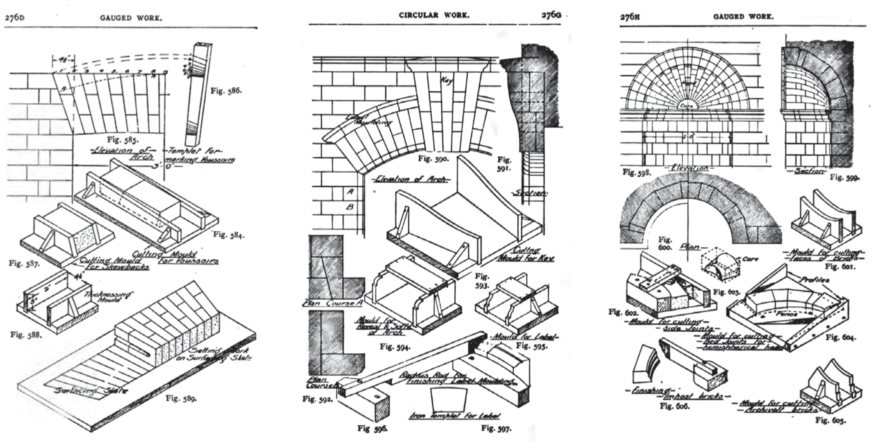


图8：米歇尔《砖工与石工》（1904年）中的规准砖与砖拱工艺[12]

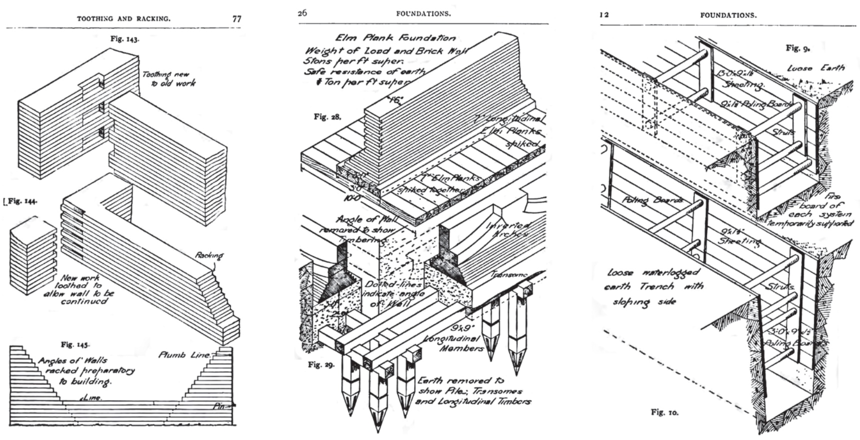


图9：米歇尔《砖工与石工》（1904年）中的砖砌工艺与基础工艺

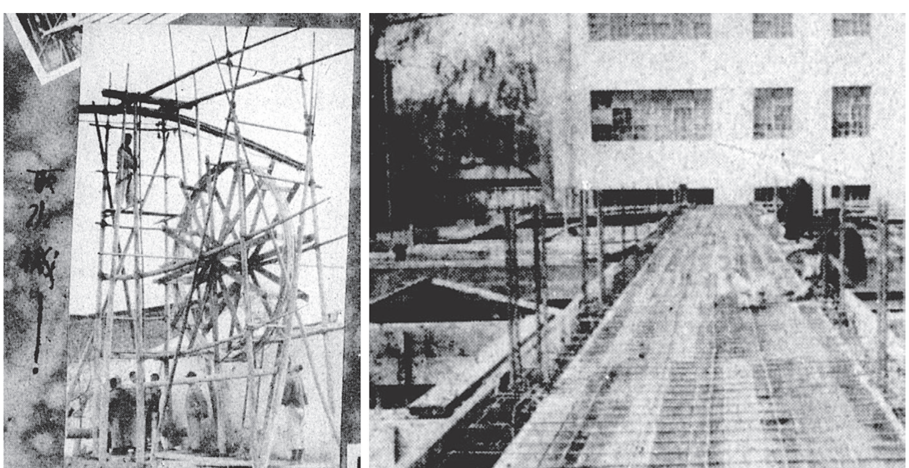


图10：东吴大学校园旧址施工现场中工匠自由搭建的取水机，1929—1930年

“racking”），以便减少不均匀沉降的影响。除了地上工程，米歇尔也详细介绍了建成后，将被埋在地下的那些“看不见”的部分和工艺（图9）。如果把视野放得更加开阔，英国还有很多其他建造学教科书，里面不乏各种各样关于建造过程的内容，如门窗拱顶支架、埋在地下的木椿的结构支架、脚手架以及施工机械等。

虽然对于成熟的、常规的建造过程和细节描绘得十分细致，值得注意的是，英国近代的建筑知识领域也并非一味地“呈现”。正如英国工程史学者尼古拉斯·比尔教授（Nicholas A. Bill）在调查18—19世纪的英国木工手册和工程学教科书后发现，英国书籍同样有所保留，尤其是工程技术设计创新的部分，因为一些工程师为了在迅速发展的欧洲建造技术进步中通过“技术保密”，保护自己的知识产权和维持自己在行业中竞争力[13]。因此比尔提出，在近代技术书籍中，“呈现了什么固然重要，但隐藏了什么同样重要”①。

2. 中国近代建造学对建造过程的隐藏

关于对建造过程的“隐藏”，中国近代建造学书籍是一个尤其值得研究的对象，虽然“隐藏”的原因和内容不一定一样。选择把什么内容从近代建造学书籍中拿掉，在近代技术培训转型的背景下，除了体现了作者具体身份和培训对象的学习目的外，还可能受到行业技术沿承传统的影响。同样的砖工工具，杜彦耿仅简要提及锯子、刨、木槌、行凿、斩斧等。这背后反映的是，中国近代工匠当时在使用自己熟悉的工具，以及从其他途径习得或摸索的建造方法，来实现西方建筑式样书中的建成效果。换句话说，建造工具和工艺的发展可以晚于、甚至不受限于建筑形制的转型。

“隐藏”的背后，是中国近代工匠施工和操作层面的“工艺自由”。“隐藏”的结果是，有时候我们会看到非常原创和自由的施工方法，例如东吴大学旧址1929—1930年建造的一座钢筋混凝土框架结构的学生宿舍“子实堂”。与这样充满现代性象征的混凝土施工场景形成鲜明对比的是，中国本土工匠自由搭建的在任何西方建造学手册上都找不到的取水机，用于取水搅拌混凝土（图10）。

在和英国建造学比较的坐标系中，我们看到的是中国近代形制与工艺的二元分离，这归结于一个事实：中国近代建筑的形制虽有建筑师定夺，但工艺自主决策的自由交付给了工匠。这种现象，究其原因，

是建造与思想的二元分离。这使得中国近代许多西式建筑，在历史照片中远远看去，和西方原物形制上无异。但如果在现场走近细看，就会发现工艺做法可能迥异。中国近代建造学中形制优先于工艺的态度，不仅在施工，也在于材料。例如中国近代的“西式红砖”，不管造砖工艺和砖的质量如何，首先追求那个“式样”，或者形制。

工艺自由的利，在于无论什么样的形制，中国近代工匠都能把那个样式做出来，这属于一种“实现目的”的工艺创新。工艺自由的弊，在于保护近代建筑遗产和历史建造中，增加了不确定性。一个典型案例是东吴大学的葛堂，我们对它的灰泥仿石工艺立面进行了更进一步的研究[14]。当时的工匠可能采用结合了西方工艺和当地泥塑结合的一种杂糅的方式建造，因为缺乏工艺记录，我们不得不在参考西方传统方法基础上进行技术复原。但工艺自由并非一定是个贬义词。上述现象意味着西方影响下的建造方法的转型，一定不是一种建造体系对另一种建造体系的全盘吸收，而是由此演化出了一种新的体系，从两种体系中各取所需，不一定是变得更好或变得更差，而是变成了一种独特的、新的混合体系。

3. 两种工艺创新

因此笔者认为有两种工艺创新。一种是“实现目的”的工艺创新，其本质是基于模仿，产生于建造与思想的分离，以及伴随而来的“工艺自由”。工匠为了实现形制模仿的“目的”，充分发挥主观能动性，创新地使用了不同工具、流程。远远看来，想模仿的形制确实实现了，但材料和细节却可能大相径庭。

然而，还有一种“创造目的”的工艺创新，它的发展依赖建造与思想的紧密交流，最初可能只是建造中的偶然尝试，却启发了一种新的设计目的，最后创造出一种可行、可用的建筑工艺设计特征。以东吴大学司马德体育馆的熟料砖墙为例，所采用的熟料砖（clinker brick）工艺是最初兴起于美国1900前后的一种清水砖墙工艺，但司马德体育馆的熟料砖外墙也发展出了自己的特色。当时美国使用新名词“clinker brick”来描述这种作为新装饰要素的材料，用来区分英文旧名词“clinkers”②（即“缸砖”，因其耐高温、耐磨的属性，在英国19世纪至20世纪初用于铺地、马厩、火炉等处），但实质上是由于制砖工艺过程中配方和温度控制不善，而导致的部分砖块过热变形，不仅发生了半玻璃化，甚至两块熔融在一起，属于本该丢弃的废砖。

熟料砖墙的实例在中国极少见，典型案例除了东吴大学司马德体育馆，还有天津英租界的“疙瘩楼”。不少既有研究指出，司马德体育馆是为了“节约经费”而在外立面采用了砖厂“烧僵的废砖”砌筑，但达到了别具一格的效果[15]。在中国风土民居中，通过控制火候，在红砖上形成特殊的焦痕的拼花工艺，也出现在福建大厝的清水砖墙上，但这属于当地工匠发展出来的地方工艺③。显然，东吴大学司马德体育馆的熟料砖工艺并非起源于这种地方工艺。该时期（1927—1937年）东吴大学的建筑项目由“上海东亚建筑工程公司”主持，负责人钱昌淦具有留美背景，1920年代曾在熟料砖工艺流行的纽约附近求学，可能因此受到了启发。

根据对近代熟料砖工艺的溯源研究，19世纪末、20世纪初的一些受“工艺美术运动”影响的美国建筑师，如施韦因富特（Albert C. Schweinfurth）、Green & Greene建筑事务所等，开始使用砖窑废弃的熟料砖进行建筑创作。1902年的《建筑评论》（*Architectural Review*）报道了1895年前后加州一带刚兴起的熟料砖装饰工艺，并重点介绍了施韦因富特1896年在加州伯克利设计建造的“Weltenreden”住宅[16]。文中强调了项目过程中建筑师与工匠的密切关系：“它[Weltenreden住宅]的建造不是盲目坚持办公室里绘制的图纸，而是通过建筑师直接接触建筑中实际操作工匠。换言之，建筑师亲手为砌砖工匠挑选砖块，而且确实经常亲自铺砌，以确保作品可以如他所愿。”1950年*Journal of the Society of Architectural Historians*关于Green & Greene建筑事务所的一篇专题文章认为：Green & Greene原创性的成功关键在于建筑师对材料与生俱来的敏感，以及工匠熟练的技艺[17]。文章还指出Green & Greene很好地而不是虚假的、具有表现力地运用材料，暗示了建筑创作中思想与建造统一的重要性。在接下来的30年里，熟料砖墙工艺在美国（尤其在西海岸的加利福尼亚、俄勒冈，和五大湖一带的伊利诺伊、密歇根、费城等地有较多实例）得到了一定程度的推广，该趋势一直延续到1930年代末，同时期也影响了毗邻的加拿大（能在埃德蒙顿找到较多实例）。

在建造层面上，根据《美国建筑商》（*The American Builder*, 1926年）[18]，传统砖砌培训过去将砖工训练得每一层砖都铺设得棱角整齐、一丝不苟。然而新思潮使行业对“精湛”技艺的理解发生了转变，砖工于是摈弃了“单调”与“机械”的砖墙砌法。普通砖工只要拥有普通砖墙砌筑的技能，就可很快适应和掌握熟料砖所需的砖砌方法，一个砖工一天可以砌筑8英寸墙厚（一砖厚）的砖墙1000块砖，或12英寸墙厚（一砖半）的砖墙1500块砖，砌筑效率比普通砖墙更高。由于熟料砖每块砖形态上都极其不同，绝无重复，因此可获得砖墙自然有机的效果。此外，通过对砖进一步色调的筛选和搭配，并通过对齐砖墙内表面，外表面故意形成砖的凸出和收进，结合粗犷的灰缝形式，可加强砖墙的阴影变化。如何提升自然有机的砌筑效果，也获得了当时“美国普通砖制造商协会”（C.B.M.A.：Common Brick Manufacturers' Association of America）的重视，他们用定量的方法总结规律并创建标准，并为一系列凹凸砌法（skintled brickwork，该术语原本是指在砖窑中以一定角度排列砖块的方法）进行编号[19]。例如其中的“第三号砖砌法”（C.B.M.A. effect number three）（图11），通过砖块上的数字，表现了各部位凸出与凹进的尺寸（英寸为单位，“O”表示基准平面，“+”和“−”分别表示凸出与凹进基准平面的具体尺寸）。

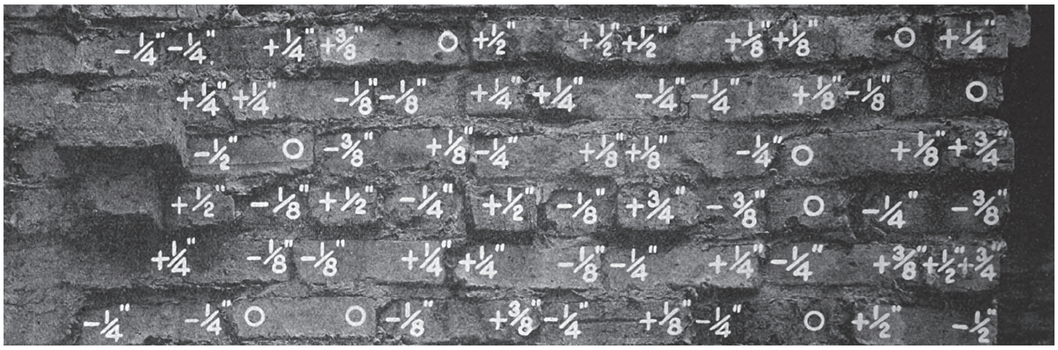


图11：美国普通砖制造商协会凹凸砖砌法系列 “第三号砖砌法”

图12：司马德体育馆的熟料砖外墙工艺

在思想层面上，在美国近代熟料砖工艺的发展中，建筑行业中对一种新工艺的形而上的美学建构起了关键作用，这是“实现目的”的工艺创新所缺失的。当时《美国建筑商》（*The American Builder*）的熟料砖建筑的讨论常常与关键词“古雅”（quaintness）,“天然”（nature）和“经济”（economy）相联系。其中，一篇熟料砖住宅的介绍文章如此描述这种工艺：

“旧世界建筑商的浪漫精神注入到这座熟料砖住宅。将建筑作为一种自我表现的艺术，这种热情正在快速发展，并在这里以其最雄辩的形式呈现。这位建筑商超越了传统模式，重现了一个结合了更好的现代建筑方法的、旧世界古朴之家的魅力。正是这种既古又新的结合，创造了一个真正如画的、迷人的建筑母题。”[20]（译者注：旧世界指欧洲，相对新世界的美国。）

对材料属性、砌筑方法这些“技术”特质，《美国建筑商》（*The American Builder*）上一篇讨论凹凸砌法的文章则进行了文学式的美学诠释：

“一块砖是土地母亲的熟料。它本质是粗犷和不平的。砖黏土成功地经受住了大自然的剧烈震动、酷热和冰川作用，而砖是世界上所有材料中最接近永久的材料之一。砖砌从未如此迷人，而它的这些特征也被清楚地表现出来：正如所提到的历史建筑，很好地代表了那个时代的砖砌表面，不太光滑，边角并不总是机械尖锐和方正，并表现出由于窑火的不规则作用导致的那些细微的阴影差异……在芝加哥周边的时尚郊区，保守估计已经建造了四到五百座凹凸砌法的住宅，所有这些都是由城市里最优秀的建筑师建造的……这种以经济为美的成就对建造商极具吸引力……不仅墙体材料本身成本低，而且砖工每天可铺设的凹凸法砖墙，比旧类型的传统砖墙多得多。”[21]

从建造层面上看，司马德体育馆的熟料砖墙设计虽然经由“上海东亚建筑工程公司”带来美国影响，但并非直接照搬美国熟料砖工艺，而是发展出了自己独特的装饰质感。历史文献记载 1934 年苏州砖瓦厂的厂长苏迈尔牧师（John A. Snell）捐赠价值 $1000 的砖给司马

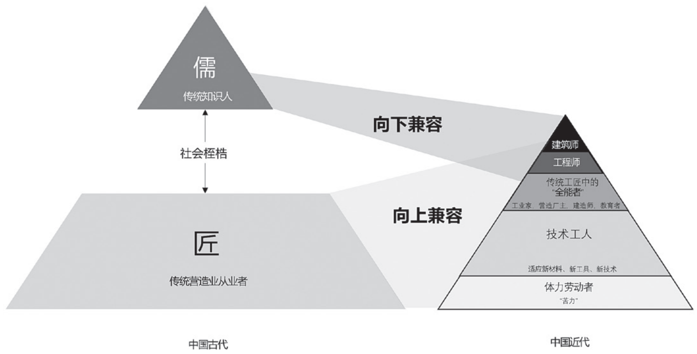


图13：儒”“匠”关系——社会身份与血统

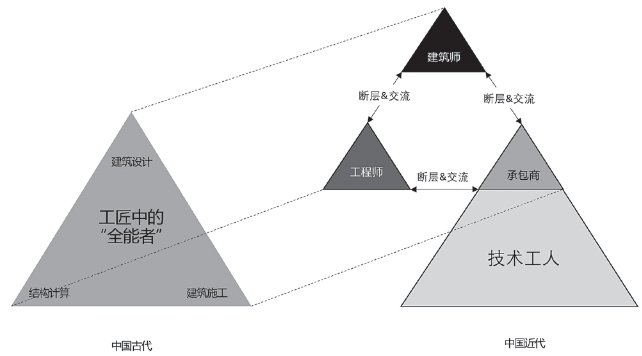


图14：中国“传统工匠中的全能者”的转型

德体育馆，但相对于司马德体育馆的总造价，这批捐赠砖的数量似乎还远不够。目前难以确定所需砖的缺口是否也是苏州砖瓦厂供应的产品，还是确如一些文献所言因经费紧张从砖窑捡回“烧僵废砖”。然而，可以确定的是司马德体育馆砖材的种类比一般建筑丰富，熟料砖就有三种。建筑师对所获得的砖材进行了分类，并进行了整合设计：(1) 大块变形熟料砖用于正立面饰面；(2) 规整熟料砖用于侧翼墙饰面；(3) 熟料砖碎渣用于正立面上下窗之间装饰；(4) 一级机制砖用于门窗拱及窗框；(5) 砌筑砖用于建筑内部结构承重。此外建筑采用了较为少见的黑水泥填缝，使熟料砖的变化的色调和肌理富有层次（图 12）。

从思想层面上看，熟料砖工艺的应用，在建造东吴大学最后这座校园建筑的 1930 年代中期，高度表现了当时东吴大学的文化，包括思想形态、审美认知、自然环境、经济条件，以及社会氛围。1927 年东吴大学进入“中国化”时期，教会大学的身份认同变得敏感。当形制的自由创作受到社会氛围的限制，材料工艺则转身变成了东吴大学最重要的设计表现语言。由于熟料砖在美国 1920—1930 年代恰恰常应用于当地“古雅的”英式住宅和哥特复兴风格建筑，因此熟料砖清水砖墙工艺在东吴大学的应用，不露声色地表达了新体育馆与校园早期建筑的英国安妮女王与殖民地外廊式、英美校园哥特式，以及简化的哥特风格的深层关系。由于司马德体育馆的建筑风格较为中性，因此从建筑形制看不到其与英式，哥特式建筑风貌的直接关联，但是在梳理了熟料砖工艺的来龙去脉后，这种英美、美中工艺传播和文化流转便清晰起来。

三、讨论

1. 建造学与建造史

中国近代建筑师对应的是建筑学，工程师对应工程学，同样，承包商和技术工人的专业知识也形成了一个独特的知识领域——强调实现过程的建造的科学。近代学科“建造学”，致力于总结建造技术发展与工艺创新，并承载了为转型中的建筑业科学普及的使命。因此，在近代中国，“建造学”和建筑学，工程学对应，是一个独立的、自成体系的学科，只是它的存在性和重要性被系统性地忽视和低估了。它不是建筑学，工程学科引入近代中国的前奏，序曲或过渡形式。它的发展和普及对建造业现代化起到了不可替代的关键作用。

中国近代建造学是培育早慧技术人才的“孵化器”。但技术教育“政治化”，诱发了建造学“本土化”。中国近代建造学是否尚未充分发展？抑或发展出了自己的独特形式？还有待我们进一步深入考察。

今天的“建造史”学科内涵虽然不断拓展，但是某种程度上受到了 19—20 世纪的“建造学”学科发展的影响，尤其是建造史研究中关注技术细节、工艺过程、普通技术工人的那部分。

2.“儒匠二分”与“建造与思想二分”

当我们讨论中国近代建造技术培训转型和“工艺自由”，我们无法回避“儒匠二分”的问题。“儒匠二分”和“建造与思想二分”，虽然相关，但是在笔者看来是两个概念。“儒”“匠”映射的是身份和血统。中国近代与西方相关时期有个很相似的过程，即“儒”向下兼容，“匠”向上兼容。他们之间的真空区逐渐开始有了交集，形成了更丰富的互相关系。因此在笔者看来，“儒匠二分”关系在近代出现了明显缓解。我们需要特别注意夹在中间的“传统工匠中的全能者”这个群体。他们不仅完成了自己的成功转型，向上与建筑师和工程师发生了沟通，向下还起到了带领传统普通匠人向技术工人转型，适应新材料、新工具、新技术，并在思想层面上对转型中的技术专业知识进行理论建构（图 13）。

“建造和思想二分”，是个和身份无关的概念。中国古代工匠中的“全能者”对应近代的建筑师、工程师，以及承包商和技术工人群体。笔者认为中国近代建造与思想的二元分离的影响，某种意义上造就了近代工匠的“工艺自由”，并导致了近代形制与工艺二元分离。设计与施工之间交流的断层，鼓励了“实现目的”的工艺创新，却可能阻碍了“创造目的”的工艺创新（图 14）。

3.“实现目的”的工艺创新与“创造目的”的工艺创新

“实现目的”与“创造目的”两种工艺创新都离不开在实践中不断亲手尝试，但工艺创新要创造出一种新的设计特征，需要思想进行文化层面理论提炼，分辨选择，并提供技术改良的美学依据。这样才能使工艺创新从解决眼前的模仿、高效、节约等迫切的实际问题，升华成一种美学体验。

“实现目的”的工艺创新是操作层面的创新；“创造目的”的工艺创新是思想层面的创新。前者，是把工艺作为形制表现的手段；而后者，是摆脱了形制的束缚，从工艺本身寻找到一种自我表现的意义。这个过程需要思想和建造的密切合作，让思想建构美的方向，让建造改良工艺技术，最后赋予工艺成为文化表现主角的一席之地。

注释

① 基于与因此尼古拉斯·比尔教授的邮件交流，2022年5月7日。
② 如中国本土在20世纪初开滦矿务局生产的 “克令够”缸砖（K.M.A. Clinkers），这种砖被运用在了南山发电厂建筑中。
③ 付涌提供福建大厝清水立面的焦砖信息。

参考文献

[1] 潘一婷.隐藏在西式立面背后的建造史：基于1851年英式建筑施工纪实的案例研究[J]. 建筑师， 2014 （8）：117-126.
[2] [比]高曼士，徐怡涛. 舶来与本土——1926年法国传教士所撰中国北方教堂营造之研究[M]. 北京：知识产权出版社，2016.
[3] 卢卡·彭切里尼（Luca Poncellini），尤莉亚·切伊迪（Julia Csejdy）著. 华霞虹，乔争月，译. 邬达克（László Hudec）[M]. 上海：同济大学出版社，2013.
[4] Yiting Pan，James W.P. Campbell. A Study of Western Influence on Chinese Building Tools in Chinese Treaty Ports in the Early 20th Century [J]，Journal of Asian Architecture and Building Engineering，17，2018 （2）：183-190.
[5] Xingliu Xu [徐新六]. Directory[留英同学录]. Shanghai：British Returned Students，1936. （上海市档案馆，档案号：Y8-1-427）
[6] 中华职业学校筑舍募金征信章，1934（上海市档案馆，档案号：Y8-1-447）
[7] 中华职业学校.中华职业学校各科课程纲要（新版） [M]，上海：中华职业学校，1935，181-5.
[8] 中华职业学校校友会季刊，第一卷第二号，1935（上海市档案馆，档案号：Y8-1-448）
[9] 中华职业学校.工场实习一斑[M].上海：中华职业学校，1933.
[10] 中华职业学校校友会季刊，第一卷第二号，1935（上海市档案馆，档案号：Y8-1-448）
[11] Historic England. Practical Building Conservation：Earth，Brick and Terracotta [M]. London：Routledge，2015.
[12] Charles F. Mitchell，George A. Mitchell. Brickwork & masonry [M]. London：B.T. Batsford，1904.
[13] Nicholas A. Bill.From Carpentry Manuals to Engineering Textbooks （1792 -1870） [C]. Proceedings of the Ninth Conference of the Construction History Society，Cambridge，Apil 2022.
[14] 潘一婷，王小木，杨启凡，苟永琮. 近代历史建筑灰泥仿石工艺研究——以东吴大学旧址葛堂哥特式立面为例 [J]. 建筑与文化，2021（12）：72-75.
[15] 东吴大学上海校友会.东吴春秋：东吴大学建校百十周年纪念 [M]. 苏州：苏州大学出版社，2010，10-11.
[16] “The Later Work of A. C. Schweinfurth，Architect”，Architectural Review，Vol. 9，March 1902，76-79. 转引自：http：//berkeleyheritage.com/berkeley_landmarks/weltevreden.html
[17] L. Morgan Yost. Greene & Greene of Pasadena [J]. Journal of the Society of Architectural Historians,1950,Vol. 9，No. 1/2，11-19.
[18] Richard G. Collier. Skintled Brickwork [J]. American Builder. Vol.4，no.2-4，1926，178-82.
[19] William Carver, ed.；Common Brick Manufacturer's Assoc. of America. Skintled brick-work；new method of obtaining interesting surface effects with common brick as developed and exemplified by Chicago architects [M]. Common Brick Manufacturers Assoc. of America 1925.
[20] J. Stuart Marlowe. Quaint House of Clinker Brick [J]. *The American builder*. 1923，Vol.35，no.1-3，130.
[21] Richard G. Collier. Skintled Brickwork[J]. *The American builder*. Vol.41，no.2-4，1926，179-182.

图片来源

图1：Visualising China；UMC Digital Galleries
图2：傅兰雅在《格致汇编》节选插图
图3：“光绪二十九年（1903）癸卯学制奏定学堂章程系统图及说明”，朱有献. 中国近代学制史料：第二辑上册[M]. 上海：华东师范大学出版社，1987，101
图4：中华职业学校.工场实习一斑[M].上海：中华职业学校，1933.
图5，图13，图14：作者自绘
图6：来自米歇尔建造学教科书不同版本封面
图7：C. F. Mitchell，G. A. Mitchell. Building Construction and Drawing. 10th edn [M]. London：B.T. Batsford，1926.
图8，图9：Charles F. Mitchell，George A. Mitchell. Brickwork & masonry [M]. London：B.T. Batsford，1904.
图10：Special Collections，Divinity Library，Yale University，United Board for Christian Higher Education in Asia，RG011-270-4309：542
图11：来自Richard G. Collier. Skintled Brickwork[J]. *The American builder*. Vol.41，no.2-4，1926，180.
图12：作者拍摄