

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2025.05.019

欢迎按以下格式引用:韩雨晨.当代德语区建筑学结构教学的发展脉络[J].高等建筑教育,2025,34(5):148-157.

当代德语区建筑学结构教学的发展脉络

韩雨晨

(东南大学建筑学院,江苏南京 210096)

摘要:建筑学与结构工程学的紧密交融是德语区建筑学教育的优良传统,自二战后逐步形成了系统的建筑学结构教学体系。文章以执教学者的传承关系为线索,梳理了当代德语区高校中建筑学结构教学发展的三个阶段——专业化探索阶段、多元化发展阶段和数字化转型阶段,并归纳了其教学理论体系,以期为我国建筑学结构教学体系的建立与完善提供经验与参照。

关键词:结构教学;德语区;建筑教育;教学体系

中图分类号:TU98

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2025)05-0148-10

德语区拥有源远流长的结构理性传统,无论是从建筑作品所展现出的理性特质,还是从建筑师的理性观念来考量,其在建筑学人才培养中的结构教育均取得了颇为良好的成效。1799年创立的柏林建筑学院^①,是德国最早开展现代建筑教育的高等学府。与当时盛行的美院体系不同,德语区的建筑学自形成之初便朝着工院的方向发展。包豪斯的诞生,更凸显了德国现代建筑教育对技术的重视。第二次世界大战之后,是当代德语区高等教育的扩张阶段,新成立的建筑院校普遍延续了注重技术与结构教育的传统,诸多著名建筑学院的结构教研室均创立于这一时期。历经三代学者的探索、传承与发展,德语区建筑学结构教学依次经历了从无到有的专业化探索阶段、迅速扩张的多元化发展阶段、国际输出的数字化转型阶段,逐步构建起具有建筑学专业特色的结构教学理论体系。

一、专业化探索的起源

20世纪50至70年代,德语区的几位学者着手探究现代建筑教育体系下面向建筑系学生的特定结构教学策略,并于多所知名高校的建筑学院设立结构教研室,初步构建起教学理论框架。他们引领德语区建筑学结构教学步入专业化探索阶段,堪称当代德语区建筑学结构教学体系的开创者。

修回日期:2022-09-16

基金项目:国家自然科学基金(52208008);中国博士后科学基金资助项目(2024M750428)

作者简介:韩雨晨(1989—),女,东南大学建筑学院副研究员,博士,主要从事结构与空间的一体化设计、建筑学结构教学研究,(E-mail) hanyuchen@seu.edu.cn。

^①今柏林艺术学院(Akademie der Künste)的前身。

(一) 柯特·西格尔(Curt Siegel)与结构的形态语言

西格尔^①是最早研究建筑学结构教学策略的学者之一。出身建筑学的西格尔比其他结构工程教师更懂图形化思维模式与工作语言,他意识到直接将基于数理逻辑表达的结构工程课程引入建筑学院,很难被学生理解,建筑学中的结构教学应该建立其特有的教学目标、教学方法与知识架构。1950年,他在斯图加特工业大学(TH Stuttgart)^②建筑与城市规划学院创建了建筑结构与设计研究所(itke)^③,并提出了四点教学理念:一是建筑学结构教学的核心目标是培养建筑师的结构直觉,而非传授结构的计算技巧;二是教学内容以学生对结构形态及其背后的结构原理的认知为核心;三是将图解作为教学工具诠释结构原理;四是从形态角度认知结构选型体系,分为骨骼结构、V型结构与空间结构^[1](图1)。

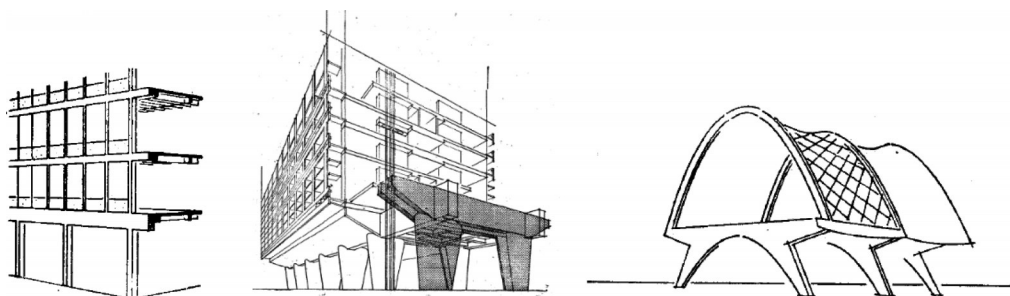


图1 西格尔诠释的三种结构类型^[1]

(二) 库尔特·阿克曼(Kurt Ackermann)的学科交叉理念

建筑师阿克曼^④在建筑学与结构工程两个专业的教学、科研及实践方面进行了全面交叉与融合的尝试。1974年,阿克曼接任了斯图加特大学的设计与建造研究所(IEK)^⑤,创新性地构建了面向建筑学与结构工程两个专业的学生培养教学方案(图2),并开创了两专业学生协同的设计课程模式,以培育学生跨专业协作的意识与能力^[2]。阿克曼提出了学科交叉教学理念与教学体系,培养了诸多优秀的具有双专业设计意识的建筑与结构工程师,也使斯图加特大学的建筑与结构跨学科融合至今享有盛誉。

(三) 沃尔夫迪特里希·齐泽尔(Wolfdietrich Ziesel)的多元教学体系

1977年,结构工程师齐泽尔在奥地利维也纳艺术学院([a])^⑥的建筑系创建了建筑力学与结构设计研究所(IST)^⑦。他综合应用多种教学方法并拓展了结构知识体系:用光谱物理实验展现不可见的构件内应力分布,用实物模型直观地演示力与形变的关系,使抽象的结构原理可见、可感、可触,通过身体感知建立学生的结构直觉;通过建筑设计课传授结构知识,将结构意识贯穿“概念-深化-细部-表达-评价”的设计全过程;将实际工程项目引入设计课,使学生体会实践中的多专业协作;带领学生参观新型建筑材料工厂与建筑工地,通过实地考察让学生紧随最新工程技术的发展步伐;开设结构建造史课程,引导学生认识到结构、形态、功能、三者相互促进、交织发展的关系;师法

①西格尔于1946-1950年任教于魏玛包豪斯大学(Hochschule für Baukunst in Weimar, 1996年更名 Bauhaus-Universität Weimar)的建筑力学教研室。

②斯图加特工业大学(Technische Hochschule Stuttgart). 1967年更名为斯图加特大学(Universität Stuttgart)

③Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen, 1970年退休。现由Jan Knippers主持。

④其创办的建筑事务所 Ackermann und Partner自1953年起一直活跃在慕尼黑地区,代表作有慕尼黑奥林匹克公园训练馆等,后由其子彼得·阿克曼(Peter Ackermann)主持。

⑤全称 Institut für Entwerfen und Konstruieren. 这个始建于1876年的教研室本隶属于土木工程学院,阿克曼继任后将其转入建筑学院,并为建筑学院与结构工程两学院学生共同授课。该教研室于1994年由著名轻型结构与建筑设计师Jürg Schlaich继任。2001年 Werner Sobek将其继任的IEK与从Frei Otto继任的轻型结构教研室(LT)合并重组成如今的轻型结构与概念设计研究所(ILEK)。

⑥Akademie der bildenden Künste Wien.

⑦Institutes für Statik und Tragwerkslehre.

自然,向大自然中的生物形态学习最高效的结构形态^[3](图3)。

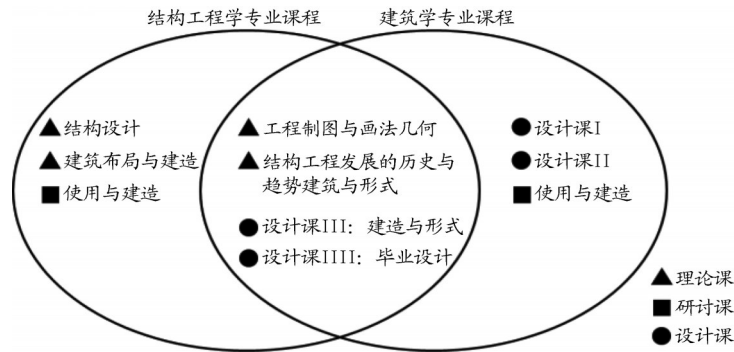


图2 阿克曼在斯图加特大学建立的学科交叉的Diplom 学位培养方案^[2]

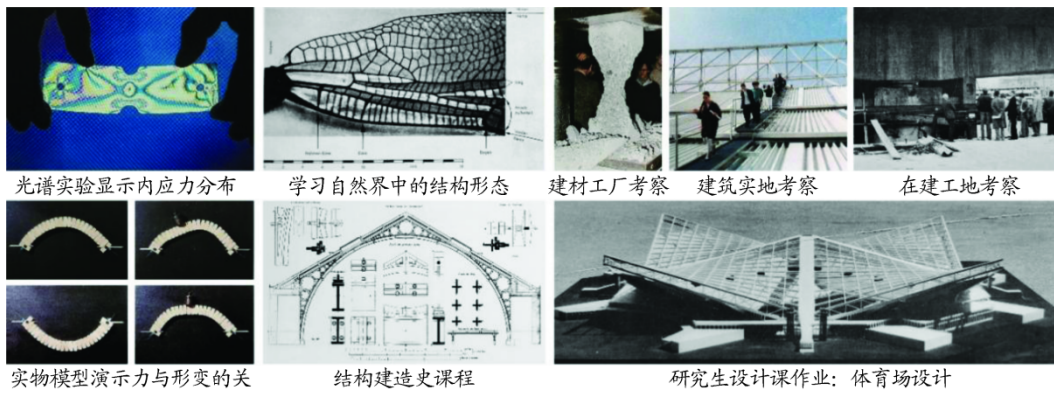


图3 齐泽尔的部分结构教学内容^[3]

(四) 弗雷·奥托(Frei Otto)与结构找形训练

奥托于1964年在斯图加特大学创建了著名的轻型结构研究所(LT)^①,他提出的轻型结构设计原则引领了德国结构设计的发展方向。奥托认为,结构与建筑设计一样是需要靠动手来反复训练,只靠宣讲与考试无法实现结构意识内化这一教学目标。广泛而深入的多学科交叉、将实物模型作为核心的分析与设计工具、通过细致观察学习自然形态以获取高效的结 构形式、教学与科研相互支撑与验证,这些构成了他在教学与研究中的常用策略^[4],如图4所示。



图4 奥托在轻型结构设计课中使用的逆吊模型^[4]

(五) 斯蒂芬·博洛尼(Stefan Polónyi)与多特蒙德模式

1974年,博洛尼于多特蒙德工业大学(TU Dortmund)^②创立了“多特蒙德模式(Dortmund Modell Bauwesen)”^③,该模式为德语区首个且唯一将建筑学与结构工程学两大学科纳入同一学院管理,进

①Institut für Leichte Flächentragwerke

②Technische Universität Dortmund

③该教学模型由建筑师 Harald Deilmann 和 Josef Paul Kleihues,结构工程师 Hermann Bauer 和 Stefan Polónyi,于1974年共同创立。

而形成深度学科交叉的联合培养体系。该模式下设建筑与城市规划、建筑建造、建造与结构设计、建筑技术与设备四个教研室,教研室各自开设理论课,设计课由四个教研室共同执导。多特蒙德模式的核心教学策略是将理论学习整合入设计实践中(project-oriented study),将设计课作为整合所有知识的框架(图5)。设计过程中学生遇到的所有需要解决的城市、空间、结构、设备、经济、法规等问题,都通过平行开设讲座补充。该培养方案中,两专业学生共同学习专业理论课^①,并合作完成三个设计课题,以增进双方专业知识的理解、跨专业交流能力与换位思考的意识,所培养出的结构工程师更具形态创造力、建筑师更具理性意识^[5]。



图5 多特蒙德模式中的三个综合合作设计课题^[5]

(六) 布鲁诺·图里曼(Bruno Thürlimann)与图解静力学

瑞士苏黎世联邦理工学院(ETH-Z)^②自十九世纪土木工程学院建立以来就有运用图解静力学的传统^③。图里曼于1974年改建结构力学与建造研究所(IBK)^④,用图解静力学分析和梳理了力流的各种可能,为图解静力学在结构设计中得到全面应用奠定了理论基础^⑤,也为其取代传统数学模型成为建筑学学生对结构的认知、分析与设计工具做足了准备。图里曼的学生奥雷利奥·穆托尼(Aurelio Muttoni)与约瑟夫·施瓦兹(Joseph Schwartz)分别任职于洛桑联邦理工学院(EPFL)^⑥和ETH-Z的建筑学院结构设计教研室,将基于图解静力学的结构形态体系带入了建筑学院^[6],形成了以图解工具的使用引导结构思维的独特的教学方法。

上述几位学者(表1)是二战后第一代将建筑学结构教学作为专业研究的先驱,他们建立的结构教研室与教学体系形成了德语区结构教学的基本架构。其教学理念颇具创新性与科学性,被代代传承与发展,至今依然引导着德语区建筑学结构教学的发展方向。

二、多元化发展与扩张

自1980年起,第一代学者的学生与助手开始继任结构教研室,他们继承和发展了前辈的教学经验与理论,并将其带进更多德国高校,逐渐形成了德语区普遍的教学框架,并在其中加入了不同方向的研究领域,使各高校的结构教学同根同源又各具特色(图6)。尤其是随着全球建造教学热潮的兴起,第二代学者基于结构与建造固有的密切联系,拓展了大量建造(design-build)的相关内容,这也是这一阶段建筑学结构教学的突出特点与贡献。

①建筑建造、建筑结构、建筑史、建筑材料、建筑物理、基础工程、建筑设备、建筑规范等

②Swiss Federal Institute of Technology in Zurich.

③其奠基人是“图解静力学之父”卡尔·库尔曼(Karl Culmann),后经过威廉·里特(Wilhelm Ritter)和皮埃尔·拉迪(Pierre Lardy)的两代学者的传承。

④Institut für Baustatik und Konstruktion.

⑤T. Bruno, A. Muttoni, J. Schwartz: Bemessung von Betontragwerken mit Spannungsfeldern[M], Birkhäuser 1996

⑥École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

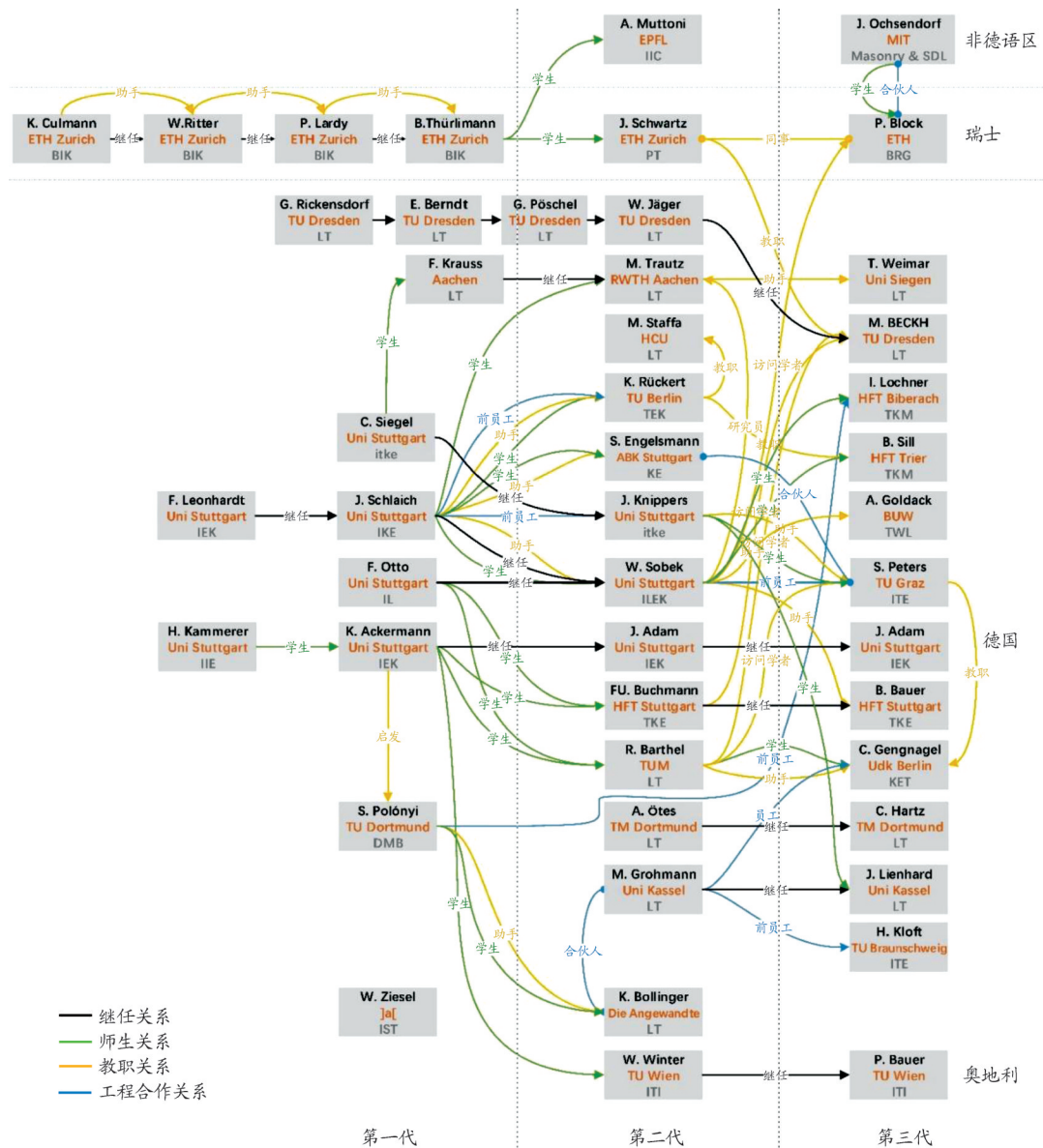


图6 德语区建筑学结构教学领域核心学者关系网

维尔纳·索贝克(Werner Sobek)将奥托的轻型结构设计建造研究所与耶尔格·施莱希(Jörg Schlaich)的结构设计研究所(IKE)合并,成立了轻型结构设计建造研究所(ILEK)^①,该所在轻型结构设计、建造与教学领域处于世界领先地位(图7a)。扬·克尼佩斯(Jan Knippers)继任斯图加特大学的itke^②,并在教学中融合了计算机技术与先进建造技术^③。约瑟夫·施瓦兹主持ETH-Z的结构设计教研室^④,他认为图解静力学是建筑师学习结构原理的理想工具,适用于认知、分析与设计,与建筑师的图形化思维高度契合^[7]。从宏观结构选型体系到微观构件内应力的全部力学现象与原理,图解静力学能够完全取代基于弯矩图的结构力学认知体系,ETH也因此成为德语区唯一仅依靠图解

①Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren. <https://www.ilek.uni-stuttgart.de/>

②Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen. 由 Curt Siegel 创建

③<https://www.itke.uni-stuttgart.de/de/>

④Professur Für Tragwerksentwurf

静力学进行结构教学的建筑学院。

表1 当代德语区建筑学结构教学的奠基人

姓名	科特·西格尔	库尔特·阿克曼	沃夫迪特里希·齐泽尔	斯蒂芬·博洛尼	弗雷·奥托	布鲁诺·图里曼
1911-2004	1928-2014	1934-2015	1930-	1925-2015	1923-2008	
专业	建筑学	建筑学	结构工程学	结构工程学	建筑学	结构工程学
大学	斯图加特大学	斯图加特大学	维也纳艺术学院	多特蒙德工业大学	斯图加特大学	苏黎世联邦理工大学
教研室	建筑结构与设计研究所 ITKE, 1956	设计与建造研究所 IEK, 1974	建筑力学与结构设计研究所]a[, 1977	多特蒙德模式建筑结构教研室 1974	轻型结构研究所 IL, 1964	结构力学与建造研究所 IBK, 1960
教学专著	Struktur Formen der Modernen Architektur, 1960	Architekt-Ingenieur, 1997 Grundlagen für das Entwerfen und Konstruieren, 1983	The Art of Civil Engineering, 1989	Architektur und Tragwerk, 2003	Natürliche Konstruktionen, 1985	Bemessung von Betontragwerken mit Spannungsfeldern, 1996
教学理论	基于形态学视角认知结构体系, 将图解作为诠释结构原理的工具	跨学科融会与交叉	在设计实践中学习, 并紧随技术与材料的发展前沿	以设计训练作为整合理论知识学习的框架	结构找形训练	图解静力学作为结构分析与设计工具

雷纳·巴特尔(Rainer Barthel)于1993年主持慕尼黑工业大学建筑学院的结构设计教研室(LT)^①,其教学知识体系中的建造史类课程独具特色,涵盖结构与建造工程史、历史结构修缮、历史结构检测等内容。教学系列“实验型设计”引导学生回归对最本源的力与形关系的探索与创造(图7a)。马丁·劳兹(Martin Trautz)接任亚琛工业大学的结构教研室(Lehrstuhl für Tragkonstruktionen),在教学中常将结构与机械制造专业相结合,引导学生探索建筑与制造工业之间的关系(图7c)。迈克尔·斯塔法(Michael Staffa)主持汉堡海港城大学(HCU)的建筑结构设计教研室(TWE)^②,成立了跨学院的“建筑师与工程师”(A+I)工作组^③,每年开设两种跨专业合作设计课:学生合作设计课与教师合带设计课^④。前者为建筑与结构两专业学生结对合作完成的设计课,后者为建筑与结构及其他设备专业教师共同指导建筑学生完成的综合型设计课^[8]。

三、数字化转型与输出

2010年以来,第三代学者陆续继任结构教研室,在数字技术急速发展的背景下,年轻一代教师普遍将数字技术与结构教学相结合,以计算机辅助分析、设计与建造为突出特色,将德语区的建筑

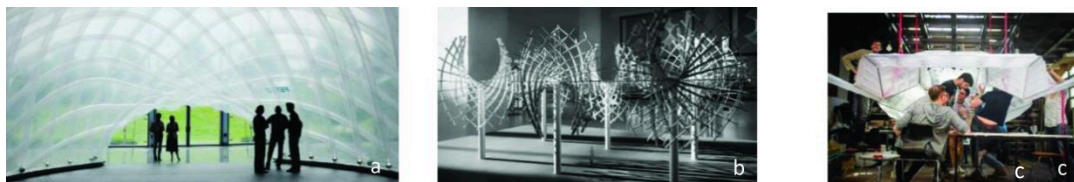
①Lehrstuhl für Tragwerksplanung.

②Professor für Architektur Tragwerksentwurf. 汉堡海港城大学(HafenCity Universität Hamburg),又名建筑与城市发展大学(Universität für Baukunst und Metropolenentwicklung),2006年以前为汉堡艺术学院(Hochschule für bildende Künste Hamburg).

③“A+I Architekt und Ingenieur”

④Kooperatives Projekt, Interdisziplinäres Projekt

学结构教学带入数字时代,并通过大量的国际合作加强了德语区结构教学的国际影响力。



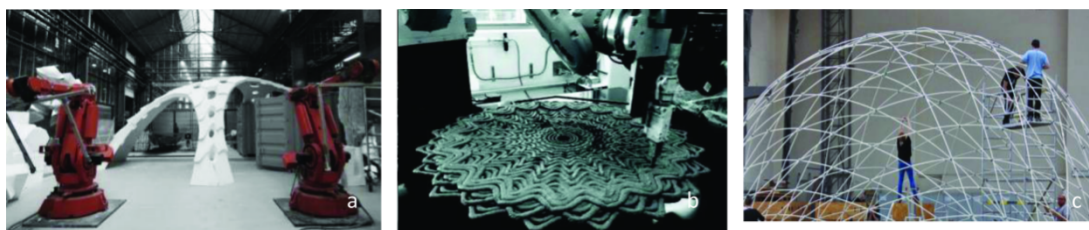
斯图加特大学膜结构建造^[9]

慕尼黑工业大学可展结构实验设计^[10]

亚琛工业大学折叠结构建造^[11]

图7

菲利普·布洛克(Philippe Block)在ETH-Z建筑学院建立了建筑与结构教研室(BRG)^①,其研发的图解静力学的电子教学软件eQUILIBRIUM, RhinoVAULT和COMPAS已在课堂中运用多年(图8a),人机互动便于学生运用图解静力学直观地理解力与形的关系,也拓展了图解静力学在复杂形态分析与设计中的运用^[12]。斯特凡·彼得斯(Stefan Peters)主持奥地利格拉茨工业大学(TU Graz)建筑学院的结构设计研究所(ITE)^②,将设计课与建造企业展开密切合作,把前沿建造技术与材料带入课堂,引导学生探索新材料与新技术在建筑形态设计中的运用^[13](图8b)。克里斯托弗·根纳格尔(Christoph Gengnagel)主持柏林艺术大学(UdK Berlin)建筑系的结构设计与技术教研室(KET)^③。他倡导更加广泛的跨学科理念,致力于将建筑与结构设计拓展至建筑行业之外,与艺术、人文、科学、技术等多个领域实现深度融合。他所创立的教研平台Hybrid Plattform^④,成功实现了跨校多学科软硬件资源的共享。该平台通过组织多学科设计课程、建造工坊(图8c)、讲座沙龙等活动,为学生培养“融会”(Hybrid Thinking)的设计价值观提供了有力支持^⑤。



Rhino VAULT 找形的纯压结构^[14]

3D打印混凝土桌子^[15]

主动弯曲弹性网壳建造^[13]

图8

四、德语区建筑学结构教学理论体系的形成

第一代学者开启了德语区结构教学的专业化探索阶段,实现了当代建筑学结构教学理论从无到有的探索,形成了建筑学结构教学的基本理论框架。第二代学者则将德语区结构教学带入了多元化发展的扩张期,结构教学的重要性被广泛肯定,结构教研室数量迅速增加,他们在教学理论框架内加入了大量建造教学的内容。第三代学者则将数字技术与结构教学相结合,将德语区结构教学带入数字时代,并通过大量国际合作与交流开始进行国际输出,拓展国际影响力。具体详见表2。

经三代学者的理论积累,德语区建筑学结构教学的理论体系涵盖了观念与认识、知识与运用、工具与方法、组织与平台几个方面(表3)。在总体价值观层面,以培养建筑学生的结构理性直觉与

①Architektur und Tragwerk (Block Research Group). 这是ETH建筑学院第二个结构教研室。

②Institut für Tragwerksentwurf, Technische Universität Graz

③Konstruktives Entwerfen und Tragwerksplanung, Universität der Künste Berlin.

④由柏林工业大学(TU Berlin)和柏林艺术大学共享的教学平台, <https://www.hybrid-plattform.org/en/>

⑤<https://www.udk-berlin.de/studium/architektur/fachgebiete-der-architektur/konstruktives-entwerfen-und-tragwerksplanung/>

思维为教学宗旨;以设计实践为教学目标;以融会为教学理念。在知识本体层面,教学内容包括静力学原理、结构总体形态选型、结构构件形态与尺度、结构与空间协同设计、1:1建造、结构材料、结构工程史、轻型结构设计、实验型设计等。在工具与方法层面,运用图示化语言、实物模型与物理实验、图解静力学、案例分析、师法自然、计算机辅助教学平台、计算机辅助建造等教学方法与教学工具。在教学组织层面,建有建筑学专职结构教研室、跨学科合作平台、跨学校合作平台、校企合作平台、全国建筑学结构教学联盟、学生结构建造奖励基金等促进建筑学结构教学发展的机构。该理论体系是指导、约束并牵引德语区的建筑学结构教学共同发展的理论基础,它使各建筑院校的结构教学普遍具有德语区特色且整体成果优良^[16]。

表2 德语区建筑学结构教学发展阶段

发展阶段	突出贡献	代表学者
第一代 专业化探索	构建德语区建筑学结构教学基本理论框架	Siegel, Ackermann, Ziesel, Polónyi, Otto, Krauss
第二代 多元化发展	补充并加强建造教学的内容	Knippers, Barthel, Trautz, Staffa, Gump, Grohmann, Schwartz
第三代 转型与输出	将数字技术与结构教学相结合	Block, Peters, Gengnagel

五、他山之石:对中国建筑学结构教学的启发

1927年国立中央大学建筑工程科成立之际,便引入了工学院体系的结构类课程,这标志着我国的建筑学结构教学与中国高等建筑教育的历史同步起步^①。到1980年前后,我国开始进行适应建筑学特征的专业化发展^②,探索针对建筑学的结构教学方法。进入2000年左右,结构知识开始与设计教学相整合,涌现出众多结构与设计的课程。德语区与我国均经历了特征相似的三个发展阶段,在每个阶段,德语区的起步都至少领先20年。目前,我国大部分院校仍处于专业化探索阶段,仅有部分院校步入多元化发展的成长期,尚未构建起完善的结构教学体系。基于我国的历史与现状特征,可以从以下几方面适应性汲取德语区的优秀教学经验。

首先,在教学理念与理论层面,德语区构建了以培养理性思维与结构意识为教学目标,以设计实践为教学核心,以融会为教学理念,以学为中心的教学理论体系。这些理念在我国虽有所体现,但尚未对人才培养方案及教学过程形成有效引导,尤其是实践、融会以及以学为中心的教学理念仍需进一步深化。

其二,在教学组织方面,德语区的体系更为丰富完善。我国在结构教研室构建、校企合作平台搭建方面仍有提升空间,需借鉴德语区经验,构建学科融合、校际联动、校企合作的复合型教学组织机制。但我国具备德语区所没有的产学研一体化平台,教学与实践紧密结合应成为“中国特色”加以深入发展。

^①1923年,东京工业大学的柳士英归国,在“苏州工业专门学校”中开设“建筑科”,这是中国高等学校中的第一个大专建筑系,随后同在东工大留学的刘敦桢也任教于此,在教学体系上借鉴了日本工科大学的“工学院”体系,注重工程技术教学与建筑的实用性,技术课程在教学计划中占比很大,其中包含了多门结构课程。1927年苏工专的建筑科被并入“国立第四中山大学”(次年更名国立中央大学)工学院中的“建筑工程科”(今东南大学建筑学院),是我国高等学校中第一个大学建筑系。此时期中央大学的结构类课程由刘敦桢、贝季眉、鲍鼎等教师授课,技术类课程占比31%,其中的结构类课程占比21%,课程包括工程力学、材料力学、结构学、铁筋三合土、工程图案设计、土石工程、地质学等。

^②1978年南京工学院建筑技术教研组中才设置建筑结构教学小组,这是国内最早的建筑学院内的结构教学研究机构。薛永骞开始在理论知识传授中针对建筑系学生的思维特点量身打造形态化的教学方法,并将教学重点由结构计算转变为结构原理的学习。

其三,在知识体系层面,德语区与我国总体上均构建了理论-设计-建造相互交融的结构化课程体系。然而,德语区的知识架构更为丰富完善,三类知识的融合程度更高。为此,我国应进一步完善知识体系,强化不同类型知识之间的关联,可通过增设小型设计练习,将设计课程与理论课程整合等策略实现进一步优化。

其四,在教学方法方面,德语区的课程形式更为丰富多样,相对而言,我们还需增加研究型课程,积极借鉴德语区“以形说理”的多种教学方法。

表3 当代德语区建筑学结构教学理论梳理

理论 层次	教学策略	代表学者		
		第一代	第二代	第三代
观念 与 认知	以培养结构理性直觉与思维为宗旨	Siegel	All	All
	以设计实践为目标	Polónyi	All	All
	以多学科融会为理念	Ackermann	All	All
知识 与 运用	静力学原理	Ziesel	All	All
	结构总体形态选型	Siegel	All	All
	结构与空间协同设计	Ackermann	Staffa	All
	结构构件形态与尺度	Krauss	Staffa	
	1:1建造		Gumpp	All
	结构材料	Krauss	Knippers	Peters
	结构工程史	Ziesel	Barthel	
	轻型结构设计	Otto	Sobek	Gengnagel
	实验型设计		Barthel	Peters
	图示化语言	Siegel	All	All
工具 与 方法	实物模型与物理实验	Ziesel	All	All
	图解静力学	Thürlimann	Schwartz	Block
	案例分析	Ziesel	Barthel	
	师法自然	Otto		
	计算机辅助教学平台			Block
	计算机辅助建造		Knippers	Block
	专职结构教研室	Siegel	All	All
组织 与 平台	跨学科合作平台	Polónyi	Staffa	
	跨学校合作平台			Gengnagel
	校企合作平台			Peters
	全国建筑学结构教学联盟		All	All
	学生结构建造奖励基金		Sobek	
	客座教授与联合教学		Barthel	Block

六、结语

在三代学者的不懈探索下,当代德语区建筑学结构教学已构建起较为科学、系统的理论框架。与之相较,我国建筑学结构教学体系尚不完善,专业化探索仍未完成,长期缺乏系统的调整与提升。基于德中两国教学对比以及我国教学发展特点,德语区的诸多经验对我国具有较高的借鉴意义。然而,不加甄别地全盘吸纳国外教学经验存在风险,应立足中国本土现状与特征,对德语区的结构教学理论展开批判性研究与适应性吸收,从而修补、优化和完善我国建筑学结构教学体系。

参考文献:

- [1] Siegel C. Strukturformen der modernen Architektur[M]. Callwey, 1965.
- [2] Ackermann K., Adam J., Flagge I., Architekt – Ingenieur: Arbeiten am Institut für Entwerfen und Konstruieren [M]. Krämer, Karl Stgt, Germany, 1997.
- [3] Ziesel W., Baukunst Ingenieur: The Art of Civil Engineering. Wiener Akademie, Germany, 1989.
- [4] Songel J M. A Conversation with Frei Otto[M]. English ed. New York: Princeton Architectural Press, 2010.
- [5] Polónyi S. 40 Jahre dortmunder modell bauwesen[J]. Stahlbau, 2015, 84(1):69–72.
- [6] Proll M., Fromm A., Grohmann M., Schopbach H., ' Das selfsupportingframework der universität kassel'; Holzbau, 6 (2010): 28–31.
- [7] Flury A. Cooperation: The Engineer and the Architect[M]. Birkhauser, 2012.
- [8] Walter P., Michael S., Architektln und Ingenieurln 10 Jahre, Hafencity Universität Hamburg, 2017.
- [9] Schmidt T, Lemaitre C, Haase W, et al. Vacuumatics–Bauen mit Unterdruck [J]. DETAIL–MUNCHEN–, 2007, 47(10): 1148.
- [10] Barthel R, Experimental Structures – ELASTIC GRID MECHANISMS [EB/OL]. [2022–08–10]. <https://webarchiv.typo3.tum.de/AR/ls-It/It/abgeschlossene-projekte/ausstellungen/experimental-structures-elastic-grid-mechanisms/index.html>.
- [11] Rocking Origami [EB/OL]. [2022–09–04]. <https://trako.arch.rwth-aachen.de/cms/TRAKO/Studium/Best-of/~iqmf/Seminar-Parametrisches-Konstruieren/lidx/1/>.
- [12] Rippmann M, Block P. Funicular shell design exploration [C]//Proceedings of the 33rd Annual Conference of the ACADIA. Riverside Architectural Press, Cambridge Ontario, 2013(27): 337–346.
- [13] Brillinger M, Haas F, Trummer A, et al. 3d-druck von natriumacetat-trihydrat: Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts [Z]. 2018.
- [14] MSc2 Hyperbody [EB/OL]. (2018–01–10) [2022–09–04]. <http://designplaygrounds.com/deviants/msc2-studio-at-hyperbody-at-tu-delft/>.
- [15] BETON 3D PRINT [EB/OL]. (2018–06) [2022–09–04]. https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/tugrazExternal/f1f34b8a-f09d-427d-aa86-965883a19682/Broschueren/Broschueren_pdf/Workshop_2_Broschuere_WS1718.pdf.
- [16] 韩雨晨, 韩冬青. 融汇·实践——德语区建筑学结构教学体系初探 [J]. 建筑学报, 2020(7): 73–79.

The development of contemporary structural teaching within architectural education in German-speaking areas

HAN Yuchen

(School of Architecture, Southeast University, Nanjing 210096, P. R. China)

Abstract: The close integration of architecture and structural engineering is an excellent tradition of architecture education in German-speaking areas. Since the Second World War, a systematic teaching system of structure for architecture students has been gradually formed. Taking the inheritance relationship of teaching scholars as a clue, this paper combs the three stages of the development of structure teaching within architecture education in contemporary German-speaking universities—the specialized exploration stage, the diversified development stage and the digital transformation stage, and summarizes its teaching theory system. It aims to provide experience and reference for the establishment and improvement of structure teaching system within architecture education in China.

Key words: structural teaching; German-speaking areas; architectural education; teaching system

(责任编辑 梁远华)