

景观构筑物设计中结构技术的渗透作用研究

王瑜¹, 陈震², 李伟¹

(1. 南京航空航天大学艺术学院, 江苏 南京 211106; 2. 江苏开放大学设计学院, 江苏 南京 210036)

摘要: 当作为驱动设计的结构技术手段与景观构筑物建筑形态生成的结果之间存在较大差值时, 即表现为结构技术对景观构筑物的渗透作用。以渗透作用为研究对象, 阐释了渗透作用的含义, 结合典型案例的深入剖析, 论述了结构向建筑单向渗透的两种主要方式, 即界面渗透与空间渗透, 其中, 空间渗透涵盖了空间形状与结构感知两种类型。结构技术对景观构筑物的渗透为促进建筑与结构的融合奠定了良好基础。

关键词: 结构技术; 景观构筑物; 建筑; 渗透作用; 界面; 空间

中图分类号: TU201

文献标志码: A

一、结构技术对景观构筑物设计的影响

景观构筑物作为一类特殊的建筑类型, 其设计创作在包含建筑创作普遍规律的基础上兼具自身的特殊性。一般意义上, 建筑创作的内容涉及功能、空间、造型与场地的设计等几个主要方面, 景观构筑物对其中场地环境的依存关系尤甚。结构技术作用于景观构筑物, 必然与其以上几个方面的创作内容发生关联。结构与空间、造型的关联具有直接和显性特征, 体现在受技术法则控制的结构实体形态与受美学法则调控的形式之间的相互关系上, 常在现实的设计创作中进行直观的转化。当这种关联扩大与累积到一定程度, 又通过建筑造型间接地实现结构对景观构筑物功能与场地的影响。

学者胡伯特·达米希 (Hubert Damisch) 在评述 19 世纪的法国建筑师维奥莱·勒·迪克时曾指出, 在结构手段与建筑结果之间, 永远不可避免地存在着差异^[1]。事实上, 景观构筑物建筑形态生成的结果与作为驱动设计的结构技术手段之间必然存在着不可弥合的差值: 当该差值趋向于较大的一端时, 表现为结构技术对景观构筑物的渗透作用; 当该差值无限趋近于零时, 表现为结构技术与景观构筑物间的融合关系; 当该差值介于两端中间时, 则表现为结构技术对景观构筑物的介入作用。差值的或大或小由建筑师联合结构工程师根据景观构筑物设计的需要进行调节。

二、结构技术对景观构筑物的渗透作用释义

建筑师 (或景观设计师) 被结构所带来

收稿日期: 2022-08-04

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金项目 (NJ2022055; NR2021011); 2018 年度教育部人文社会科学研究规划基金项目 (18YJA760033)

作者简介: 王瑜 (1980—), 女, 江苏徐州人, 副教授, 博士研究生。

的视觉冲击力吸引,深刻影响其美学处理,以结构的某些外显的特征来充当景观构筑物的设计语汇,从而使得景观构筑物的建筑形态与结构技术之间的关系呈现为结构技术对景观构筑物的渗透作用。就设计而言,建筑师的目的与关注点在于借结构的视觉要素和空间要素突出以建筑设计为主导的建筑造型,而非对于结构本质属性的忠实表达,甚至使之成为“努力为表现而表现的夸张结构技巧”^[2]。作为创作主体的建筑师与结构工程师的工作关系多保持上传下达式的传统模式,两者之间在创作初期阶段并无深入的沟通与交流,设计行为是建筑师而为,而非结构工程师所为。首先是建筑师对于理想形式的构思和描述,随后才有结构工程师通过大量并且代价巨大的“后合理化”(post rationalization)^[3]操作来把形式落到实体,因而建筑师对结构几乎是处于失控状态,“就方法和思维而言,和结构语境下的结构选型并没有质的区别”^[2]。结构仿佛偶然之间闯入建筑的一位不速之客,在不经意间激活了建筑师的创作灵感,而除了视觉层面的碰撞,结构在景观构筑物的形态生成过程中仍是从属与配合的角色,未曾触碰到建筑的核心议题,结构表现为向建筑的单向渗透。

三、结构向建筑单向渗透的方式

德国建筑师戈特弗里德·森佩尔(Gottfried Semper)认为,建筑产生自空间的围合,空间包裹是建筑作为艺术发展的目的。“空间是由建筑物的围护来界定,而结构是空间围护的创造者”^[4],结构通过其空间性在界面、空间和形态层面与建筑建立直接而紧密的联系。瑞士建筑师瓦勒里奥·奥加提(Valerio Olgiati)甚至提出:“建筑学本质上就是树立架构、创建空间。建筑空间和建筑架构两者不可或缺,共同构成建筑本体。”^[5]由结构定义空间,并作为限定建筑空间的界面,由界面围合划分出建筑的内部与外部空间,由界面和体量集合形成建筑形态,由构筑物 and 周边环境等集合产生的体块与虚空形成

地域及城市空间。空间由其组成的局部集合而成,并通过对局部的配置来让它们彼此间形成关联。也就是说,空间的构成与其组分以及集合方式有关,结构的配置将深刻影响空间的构成。因此,结构渗透的目的在于对空间产生作用,界面是其表达的媒介。

1. 界面渗透:表达的媒介

界面有内外之别,外界面即通常所说的表皮,是景观构筑物的再现性“脸面”,是建筑师表达其结构诉求最为直观的媒介。在外界面上暴露结构成为结构对建筑界面产生渗透作用惯用的手法,一方面能够满足建筑造型的需要,另一方面仿佛贴上了“高技术”的标签,为原本主观的形式操作找到了理性的根基。这里提到的暴露结构包含了3种类型:一是对参与结构受力的构件进行刻意的放大化与装饰化处理,其美学意义大于技术上的合理性;二是结构构件作为视觉语汇被赋予象征意义,附会其他技术领域的成果,重在表达技术的进步思想与未来感;三是所外露与强化的构件自身并不承重或是“从事了一种与结构逻辑不相匹配的视觉程序”^[6],尽管其清晰地表达了材料特质,并符合标准的结构尺寸。安格斯·J·麦克唐纳就结构对建筑形式的影响归纳出6种关系,按照这一划分,结构对界面的渗透应属于结构作为装饰物的类别。

2012年伦敦奥运会的安赛乐米塔尔轨道塔(ArcelorMittal Orbit)(见图1)属于景观构筑物中结构渗透的典型代表。该塔由主体塔身、红色网架结构与外部不规则的螺旋楼梯三部分构成。主体塔身支撑着距离地面约80 m高度的观景平台。外界面上颇为突出的红色钢网架结构一部分包覆主塔身,对其起到支撑与稳定的作用,从而使整体结构呈现出三脚架的特征,另一部分则成为连续、扭曲而循环的“轨道”缠绕于塔身上,进一步促成结构的完整性。红色的“轨道”既是结构要素,更是将轨道塔视为雕塑的至关重要的装饰性构件,其复杂的几何形状与相对高昂的成本饱受争议。作为设计者的知名艺术家

安尼施·卡普尔(Anish Kapoor)意在创造的是一件具有不稳定感和持续运动感的张扬不羁的艺术品。建筑师塞西尔·巴尔蒙德(Cecil Balmond)对此积极响应,试图探讨一种反塔(anti-tower),一种非线性结构,而非传统的、金字塔式堆叠在一起的构件,他表示“希望人们忘记工程、建造、材料而只是去体验它”。



图1 伦敦奥运会安赛乐米塔尔轨道塔

结构对建筑界面产生渗透作用的第二种类型多是借用源自航空工业、机械制造甚至科幻小说中表达先进技术的构件形式,如桁架梁、改进型截面以及多孔截面,虽然本意在于减轻结构自重、优化结构性能,但这种所谓的“技术转让”作用相当有限,“往建筑上转让的情况通常只是表现在引人注目的构件的形象和外观上而不是技术本身”^[6],也就是说,这其实是对结构构件的符号式解读。“如果一栋建筑的结构及其优化结果被理解成它复杂而多层次系统中的一个层次,那么结构表现自身就不再是最终的目的,而是作为一种手段用以差异化地说明产品/空间的大量社会功能。从这点上思考,强调结构元素的美并不含有任何隐喻价值——像人们从现代主义或结构主义建筑中所察觉到的那般,结构构件的过度建构的展示来源于其长期的意识形态而非构造考量。”^[7]例如,伦敦劳埃德总部大厦的入口雨篷(见图2),暴露的拱形钢构件在腹板上被切割出若干圆形,令人联想起飞机机身中用以加固应力外包层的结构构件,这种构件用于航空技术领域顺应了飞行器减轻重量的要求,是完全合情合理的,而用于雨篷上“只是增加了被风刮走的可

能性”^[6],其形象完全出于象征性的要求。



图2 伦敦劳埃德总部大厦入口雨篷

无论如何,上述两种类型中的构件仍然发挥着承载作用,而在第三种类型的界面渗透中,构件可称得上是徒有其表的“伪结构”。因该类景观构筑物不在本研究的讨论范围内,故不作进一步的展开论述。

2. 空间渗透:表达的目标

结构作为包裹空间的边界,从其树立之初就产生了内外之分。然而,由于景观构筑物结构空间的模糊性,难以清晰地界定出内部空间与外部空间,某种程度上更接近于莫霍里·纳吉(Moholy Nagy)所主张的连续空间,“空间由结构要素的分离而得到。因此它们中间的‘空’成为一个连续的空间,将建筑内外联系起来”^[8]。由此权且以内向型空间与外向型空间指涉景观构筑物所定义的空间。内向型空间主要指诸如展亭、廊架之类意在创造可供使用的内部空间或灰空间的景观构筑物,结构对空间的渗透方式表现为通常意义上结构对内部空间形状的影响与塑造。外向型空间主要指在空间量度方面(尤其是跨向与竖向)特征鲜明、对外部景观环境扰动较大的一类景观构筑物,如桥和塔,结构对空间的渗透是针对外部空间的渗透,侧重于感知层面,“主要是对结构行为的判断,对结构内在传力方式的一种感知”^[2]。

(1) 空间形状

景观构筑物的空间形状主要由顶面(即屋顶)及竖向要素(如柱、墙)共同确定。由顶面结构配置所引发的平面形状、大小以及立面的高度决定了内向型空间的形式特征。竖向要素对顶面提供支撑,并将来自于顶部的荷载引向地面,其尺度、形式、位置、数量以

及闭合程度等指标将极大地影响空间容积的视觉感知。结构渗透作用下的顶面与竖向要素一般表现为结构元素的外露,“任何与建筑物内表面相连接或是直接安置在表面附近的内部结构都被称为表面结构”^[9]。修饰与组织表面结构,在构筑物内部表面形成纹理或图案,使得空间的内界面符合形式美的法则,进而提升空间的品质,有益于景观构筑物特质的表达。遵守最基本的力学规律与原理的结构形态必然隐含着美的内涵,而结构渗透意义上的表面结构调度多为美学先行、结构追随。

基于笛卡尔坐标体系的规则正交的屋顶平面、外露且规整的梁柱体系反映了均布力流,富有韵律感。通过对顶面的结构构件(如肋梁、桁架梁、张弦梁、网架等)在形式、尺度、方向等方面的微调与变化,在保证空间

刚度的同时,可强化其在空间构成中的韵律与节奏,实现结构对建筑空间的渗透。2015 年意大利米兰世界博览会中国国家馆(见图 3)的屋面主体结构,由近 40 根南北向的结构檩条与 37 根东西向的异形木梁组合而成。为了维持屋面结构的整体强度,设置了 5 组南北向的钢桁架(不设对角线方向的构件而采用直径 33 mm 的圆杆斜撑)和 6 根东西向的异形钢梁一起形成屋面的钢结构基准结构体系,通过南北两侧两个核心筒承担屋顶荷载,保证了屋架下方最大跨度达 37 m 的高敞多变的无柱内部空间^[10]。精心组织的结构构件暴露于观者眼前,几乎没有吊顶和装修的成分,创造出特有的韵律感与节奏感,成为空间中的视觉焦点。结构概念是在建筑师既定的曲面屋顶形式确定之后逐步产生的,“结构概念作为建筑概念的延伸”^[11]。



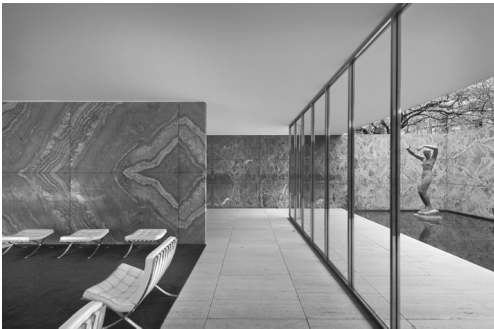
图 3 2015 年米兰世博会中国国家馆

规则的结构柱网常被建筑师所诟病,他们认为,结构所占据的空间尤其是竖向要素多为设计中的消极因素,所以总是试图最大化地消解、减弱、遮障它们的影响。为达成结构对建筑空间的渗透,满足建筑师对空间的组合、分隔、贯通、引导等设计需求,对竖向要素进行有效配置与选择性表现势在必行。程大锦^[12]指出,“当一根柱子定位于一个限定的空间容积中时,它会在自身周围产生一个空间领域,并与空间的围护物相互作用”,而且“当柱子位于空间的中心时,柱子本身将确立为这一领域的中心,并且在柱身和周围墙面之间划定均等的空间区域”。常见的操作手法有两种:一是通过非结构构件对竖向要素进行视觉上的干扰,两者协同以达成特定的空间表达的目的,其本质仍为均布荷载

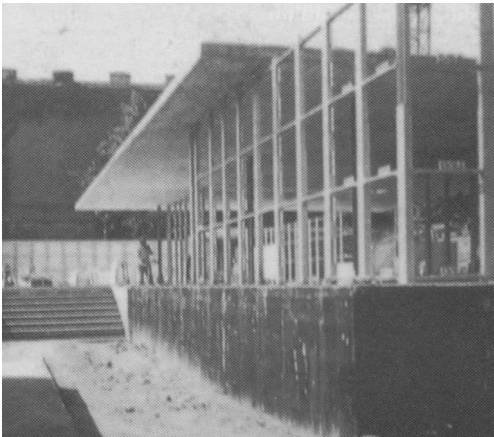
作用下的正交结构柱网;二是基于笛卡尔坐标系的结构柱网的微调,表现为平面上柱子的大小、数量的改变以及柱网排布的错动,这将导致结构跨度的改变,结构的承载面积发生变化,结构构件尺度也相应地随之变化。

1929 年巴塞罗那国际博览会德国馆(见图 4)的设计就属于第一种操作手法。大理石铺贴的墙体让人从视觉上把它与厚重感联系起来,而且从建造和墙体定位等物质性角度而言,墙体分别以“外墙”与“内墙”的姿态明确而严格地遵照空间内外的逻辑区分,令人误认为它是实体砌筑而成的承重墙。实际上它采用的是夹芯式建造,即墙体中间是轻钢骨架,两侧干挂 3 cm 厚的石材。罗宾·埃文斯(Robin Evans)提到:“密斯后来回忆他最初是在设计巴塞罗那馆时认识到墙可以从

屋顶的重量下解脱出来。柱子的功能是支撑建筑;而墙是用来分隔空间的。终于有了某种逻辑。这在平面中表达的很清楚:八根柱子对称地列为两排,支撑着屋面板,而处理成不对称的墙体从柱子滑开,彼此分离,在正交的阵列中并不对称。”^[13] 彼得·卡特尔 (Peter Kater) 也谈到此处的墙从结构义务中被解放出来,成为一种在开放的结构骨架中通过自由布置来纯粹限定空间的元素^[14]。与此同时,真正的结构构件柱子夹在上下界面之间,“其连接似乎只是一种几何的‘接触’,显示不出任何构造上‘连接’和力学上‘承托’的建构意义”^[13],这也正是肯尼斯·弗兰姆普敦 (Kenneth Frampton) 将其视为非建构性的主要原因。结构体系实质上为均质规整的柱网,却在非承重的墙体干扰下演变成倒置的假象。这种处理与其说是为达成清晰的建造,不如说更多地是为实现元素主义的形式意图,完美诠释了风格派“流水般、融合的、连续动感的”^[15]空间内涵。



(a)巴塞罗那国际博览会德国馆内墙



(b)建造中的巴塞罗纳国际博览会德国馆

图 4 1929 年巴塞罗那国际博览会德国馆

(2) 结构感知

传统心理学将感知视为主体认识和建构事物的一种感性和初级的认知方式。梅洛·庞蒂 (Merleau-Ponty) 则将感知定义为身体在现实世界中的存在方式,具有前反思性和整体性,它是一切文化和知识来源的基础。感知是感觉与知觉的统称,两者是一个连续的过程,无法分割^[16]。各种知觉相互交织,除了在主体的心理形成空间氛围的综合意象外,无论是视觉、嗅觉、听觉、触觉线索,还是环境中的感知空白及空间形式,都可能开启记忆、想象和思考的闸门,触发对前空间氛围的回忆及对事物意义的思索。身体感知的这种触发能力使感知、回忆、想象与思考可以相互作用,形成对空间整体而连续的体验过程。而反过来回忆、想象与思考又能够加深空间感知的广度与深度^[17]。对空间的感知包含当前感知与经验回忆两部分内容。景观构筑物的空间由作为物质材料的结构性要素组合构成,人们对空间的感知通过实体的结构性元素而得到,即空间感知的获得来自于结构感知。当前感知源自景观构筑物本体,景观构筑物以自身的方式回应人身体的知觉系统,并将人们的世界观、人生观、价值层次以及对美的渴望转化为有形的结构。经验回忆取决于使用者对结构知识在感性与理性层面的了解与掌握,具有个体差异性。

外向型空间为主的景观构筑物之结构感知,意在通过构筑物在空间量度上所创造的紧张感与震慑力 (即感知刺激),调动使用者既往的结构经验,依靠多感官的综合作用形成对景观构筑物的空间体验。结构感知涉及对结构系统之力量、几何和材料 3 个关键要素的感知。几何的构成与材料的肌理均为外在表面的特质,易于引发使用者直接的视觉感知与触觉感知,借此达成结构向建筑的渗透作用。传力的方式为内在的本质属性,并不具有直观性,需通过主动或被动的知觉系统进行不同的体验逐渐习得衡量判断的方法,启发相关的回忆与思考。例如,有意强化结构中的传力路径,或是悬挑、架空等结构形

式,或是结构形态的倾斜、扭转、滑移与非对称等,皆能触动人们对力量的感知。

西班牙建筑师圣地亚哥·卡拉特拉瓦 (Santiago Calatrava) 为美国加利福尼亚州雷丁市设计的日晷步行桥 (The Sundial Bridge) (见图 5), 以颇具张力的斜拉索结构对构筑物外部空间的自然环境产生凌驾与控制, 俨然成为当地的地标。一根直径 36 cm 的下弦杆和两根直径 28 cm 的上弦杆组成的桥身钢桁架结构成不对称分布, 128 m 宽的主跨由锚固在桥塔上的 14 根拉索来承载, 66 m 高的桥塔高高耸立, 形如中国古代的计时工具日晷。塔身呈上细下粗的锥形状, 并且在无后拉索的情况下倾斜 42° 角, 使得其基础不得不深至地下 14 m 以抵抗弯曲力。更为复杂的是, 桥塔从基础至顶端、从内到外所有墙体的厚度均不相同, 北立面为曲率变化的曲

面, 无形当中增加了建造的难度和施工的成本。为了结构形态上的纯粹与美观而特意取消后拉索, 导致靠近桥塔附近的桥面以及桥塔自身都产生了极大的弯矩, 进而需要耗费更多的材料来构建更大体量的桥塔以平衡此弯矩, 力流变化得到直观反映, 刻意选择的迂回的传力路径得以表达, 内力藉由外在的几何形式和材料质感, 触发了人们多重感官作用下的感知体验, 感受到来自桥塔的重力积聚, 却与追求飘逸灵动、凌波而上的设计本意产生了偏差。与卡拉特拉瓦 1992 年为西班牙塞维利亚所设计的阿拉米罗桥 (Alamillo Bridge) 进行对比, 两桥在结构形态上非常相似, 阿拉米罗桥的钢索是在立柱完成之后作为装饰而安装上去的, 也是典型的形式先行随后再考虑结构合理性。

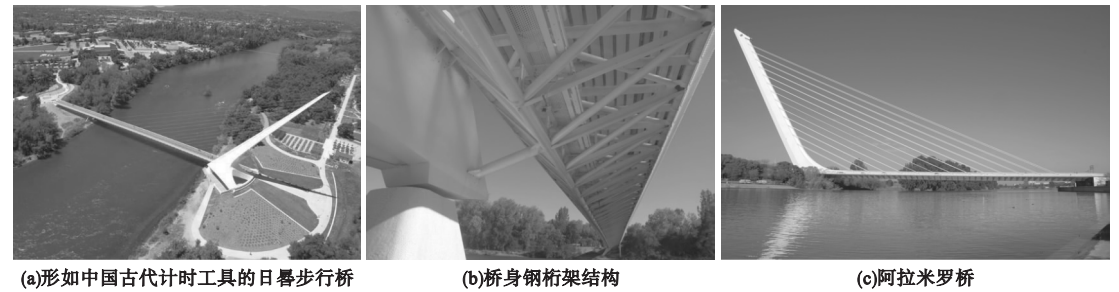


图 5 日晷步行桥与阿拉米罗桥

四、结 语

建筑师在创作过程中逐渐意识到结构技术不仅是使得建筑物站立起来的技术支撑, 更具有制约建筑方案的决定性作用。从近年来有关建筑与结构关系议题的讨论日益增多可见建筑师设计思想的转变, 这种转变有助于促进长期处于分离自治的建筑与结构再度走向和谐共融。景观构筑物这类特殊的景观建筑为探索建筑与结构两者的关系提供了最佳的实验平台与研究视角。结构技术向景观构筑物产生渗透正是源于建筑师头脑中结构意识的觉醒。当然, 吸引建筑师的并非结构内在的技术驱动力, 而是结构某些外显的特征可作为丰富景观构筑物建筑造型的装饰手段。结构表现为结构向建筑的单向渗透,

结构在建筑与景观中的呈现具有偶发性。结构向建筑的单向渗透包含界面渗透与空间渗透两种方式。研究所提及的结构技术渗透作用不局限于景观构筑物这一单一的研究对象, 而是可扩展至更广泛的建筑类型。事实上, 目前止步于结构技术渗透层面的建筑作品仍占多数。即使作为驱动设计的结构技术手段与建筑形态生成的结果之间存在着较大差值, 结构技术向景观构筑物的渗透也已然为建筑与结构的进一步融合 (即介入与整合) 开启了新的篇章, 这表明结构技术已由纯技术工具逐渐转变为设计思维与设计方法注入建筑设计的理论研究与设计创作之中。

参考文献:

[1] 弗兰姆普敦. 建构文化研究: 论 19 世纪和 20

世纪建筑中的建造诗学[M]. 王骏阳,译. 北京:中国建筑工业出版社,2007.

[2] 戴航,张冰. 结构·空间·界面的整合设计及表现[M]. 南京:东南大学出版社,2016.

[3] 米哈拉托斯,闫超. 柔度渐变:在设计过程与教学中重新引入结构思考[J]. 时代建筑, 2014(5):26-33.

[4] ENGEL H. Structure systems[M]. Berlin:Hatje cantz,2007.

[5] 《建筑与都市》中文版编辑部. 建筑与都市:瓦勒里欧·奥尔格亚蒂[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2013.

[6] MACDONALD A J. Structure and architecture third edition [M]. London, New York: Routledge,2018.

[7] 纽马尔,张朔炯. 结构符号学:构造壳体结构的符号学潜力[J]. 时代建筑,2014(5):38-42.

[8] FORTY A. Words and buildings: a vocabulary of modern architecture[M]. London:Thames & Hudson,2004.

[9] CHARLESON A. Structure as architecture: a source book for architects and structural engineers[M]. London, New York: Routledge, 2018.

[10] 陆轶辰,DENIC A,黄敬璁,等. 参数建构:2015 年米兰世博会中国馆建造思考[J]. 建筑技艺,2015(3):54-63.

[11] 邓一泓,陆轶辰. 结构表达与建筑概念的延伸:谈米兰世博会中国馆屋面结构设计[J]. 建筑技艺,2016(8):42-49.

[12] 程大锦. 建筑:形式、空间和秩序:第 4 版[M]. 天津:天津大学出版社,2018.

[13] 汤凤龙.“匀质”的秩序与“清晰的建造”:密斯·凡·德·罗[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2012.

[14] 佩夫斯纳,理查兹,夏普. 反理性主义者与理性主义者[M]. 邓敬,译. 北京:中国建筑工业出版社,2003.

[15] 赛维. 现代建筑语言[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.

[16] 沈克宁. 建筑现象学:第 2 版[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2016.

[17] 王月涛. 基于主体意识层次的纪念性建筑创作方法建构研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2013.

The Research of Permeation from Structural Technology to Landscape Structure Design

WANG Yu¹, CHEN Zhen², LI Wei¹

(1. Arts College, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211106, China; 2. School of Design, Jiangsu Open University, Nanjing 210036, China)

Abstract: If it happens that there is a large difference between the structural technology as drive of design and the architectural form as a result, the situation is called permeation from structural technology to landscape structure design. Taking permeation as the research object, this paper explains the meaning of permeation. Combined with the in-depth analysis of typical cases, the paper discusses two main ways of one-way permeation structure into architecture, namely interface permeation and spatial permeation, in which spatial permeation includes two types: space shape and structure perception. The permeation from structural technology to landscape structure has provided a good foundation for promoting the integration of architecture and structure.

Key words: structural technology; landscape structure; architecture; permeation effect; interface; space

(责任编辑:高 旭 英文审校:林 昊)