

“间离感”视角下的建筑结构表达策略探究

陶志鹏, 吴运法*, 杨 玥

(安徽建筑大学 建筑与规划学院, 合肥 230601)

摘要: 建筑结构表达是结构塑造空间的重要手段, 然而目前国内部分建筑设计缺乏结构表达意识。通过类比建筑结构表达与戏剧表达, 推导出“间离感”在建筑结构表达中的演绎手法; 以此为视角, 结合国内外典型案例分析建筑结构表达逻辑和演绎过程, 系统归纳出结构消隐、意象转化、张力与活力三种表达策略, 以提供设计实践的参考。

关键词: 建筑结构表达策略; 间离感; 矛盾性; 模糊化; 互动关系; 客观性

中图分类号: TU-05 文献标志码: A 文章编号: 1673-4602(2024)04-0072-08

Exploration into architectural structural expression strategies from the perspective of “sense of separation”

TAO Zhipeng, WU Yunfa*, YANG Yue

(College of Architecture & Urban Planning, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China)

Abstract: Architectural structural expression is an important means of shaping space, but some domestic architectural designs lack the awareness of structural expression at present. Through analogy between architectural structural expression and theatrical expression, the study deduces the interpretation method of “sense of separation” in architectural structural expression. From this perspective, it analyzes the logic and the interpretation process of architectural structural expression based on some typical cases at home and abroad, and then systematically summarizes three expression strategies, namely, structural concealment, imagery transformation, tension and vitality, so that it can provide reference for subsequent design practice.

Key words: architectural structural expression strategy; sense of separation; contradiction; fuzziness; interaction; objectivity

建筑的发展以结构为支撑, 伴随着经济技术的进步, 结构已从早期单一的理论力学逐步成为被赋予多元语义、解决各种空间矛盾的技术手段。除了要支撑建筑结构体, 还具有装饰表皮、划分空间、表达建筑真实性的作用^[1]。建筑空间形式的突破需要有结构技术的更新与探索, 而建筑本身又在结构的应用中提出新的需求, 推动了结构的发展, 因此建筑与结构可谓相辅相成。

收稿日期: 2022-11-10

基金项目: 安徽省住房城乡建设科学技术计划项目(2020-RK14; 2022-YF076); 安徽省高校自然科学基金研究项目重大项目(KJ2021ZD0067); 安徽省高校自然科学基金研究项目重点项目(KJ2021A0615)

作者简介: 陶志鹏(1997—), 男, 安徽合肥人。硕士, 研究方向为建筑设计及其理论。E-mail: taozhp@126.com。

* 通信作者: 吴运法(1972—), 男, 安徽肥西人。教授, 主要从事建筑设计及其理论方面的研究。E-mail: wuyf@ahjzu.edu.cn。

建筑结构通过塑造建筑形体表达出设计理念中的理性逻辑,该过程从不同研究角度观察会得到不同的结论。从多学科工具辅助结构找形的研究来看,建筑结构表达是具象直观的,如 LAUREN 等^[2]通过结构拓扑优化框架将建筑和工程联系,产生新的、综合的设计理念;ADRIAENSSENS^[3]以高度复合的内部拓扑关系生成简洁形态,并将其概括为“赋形于力”。从雕塑的理性与工艺角度来看,建筑结构表达是抽象复杂的,如郭屹民^[4]论述了结构构件在视觉化表现外,还可以作为知觉化的设计表现,挖掘其中蕴藏着的空间潜能。在连续的时空维度里,建筑结构表达由具有功能实效性可以拓展到历史影响性,如盐崎太伸等^[5]在分析结构发展的第一、第二透明性后,提出结构存有“同一化”与“重叠”时空上连续性的第三透明性。这些研究虽然从不同领域探究建筑结构如何表达设计理念的理性,但未从人与结构之间的联系出发,对于建筑结构在人的游览过程中存在的意义考虑不够充分,更多的是停留在建筑与结构之间的联系角度。

另一方面,建筑设计与戏剧演绎存在很多共通之处。一些研究说明了戏剧与建筑在历史发展初期的同源性,如成啸^[6]通过分析九寨天堂认为建筑的灵感同艺术一样都起源于对自然的模仿,两者在表达内容上具有同源性。另一些研究证明了戏剧与建筑在时空上的同调性,如黄纳^[7]认为对于建筑的体验是基于时间维度的阅读建筑过程,它追求的是人在时间轴上对建筑本体的综合感知探索;张滨等^[8]在比对戏剧与建筑后,得出建筑的体验既是时间的感知,也是空间的穿梭,建筑应如戏剧一样不仅要注重观感上的“归属”,也要注重观后反思的“间离”。因此,建筑符号可以在戏剧表达中被运用,戏剧的演绎手法也可以在建筑设计上得到拓展,建筑结构作为建筑的核心组成在戏剧领域寻求参考是具有可行性的。

本研究以戏剧中“间离感”为视角,先将戏剧中“间离感”概念同建筑结构表达目的、表达对象、表达方式作类比分析,推导出“间离感”在建筑结构表达中的四种演绎手法,再通过日本津小学等实际案例梳理建筑结构的设计内涵,对照演绎手法分析建筑结构“间离感”的表达逻辑和表达方式,最后归纳总结出三种建筑表达策略。

1 “间离感”与建筑结构表达的关系

1.1 “间离感”概念

“间离感”的研究,最早可追溯到贝尔托·布莱希特(Bertolt BRECHT)在戏剧表现中的“间离效果”:即利用艺术方法把平常的事物变得不平常,将事物之间的矛盾性质暴露出来,引起人们对因果关系的理性思考,只有在思考的过程中才会有改变现实的可能^[9]。“间离感”的研究对象是个体或集体与事物或现象两者之间的联系(图1),它的核心是指向个体或集体对事物或现象的陌生程度,并对这件事物或现象产生距离差异。

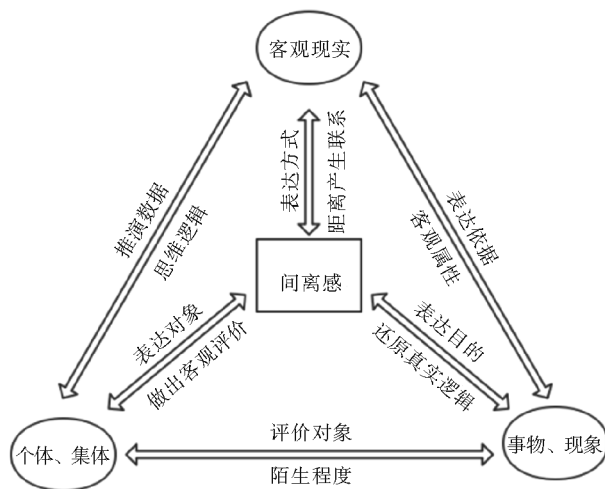
1.2 “间离感”在建筑结构中的表达

“间离感”的研究对象是个体或集体与事物或现象两者之间的联系,戏剧中个体或集体指代观众,事物或现象指代舞台上的戏剧表演,两者的联系则是指人观赏戏剧时对演出的理解与认知;而在建筑领域里,个体或集体则是在建筑之中体验功能与空间的参观者与用户,事物或现象可以理解为由结构构件本身的物质存在及其围合的空间领域,两者的联系则为体验建筑时人对建筑空间的认知与感悟。

1.2.1 “间离感”与建筑结构表达的共通性

下文将从表达目的、表达对象、表达方式三个层次分析“间离感”概念在戏剧设计与建筑结构设计中运用的共通之处。

1) 表达目的的真实性。所谓真实性是指能直观还原设计的内外逻辑关系,精准地表达最初的自我概



念。戏剧中“间离感”的理性表达对于建筑结构表达而言具有相同落脚点,即两者都具有给观众传达出设计的真实性这一目的。戏剧需要刻意使观众与舞台产生距离感,从而能使观众更好地理解演出中的自我核心理念,而不会过度代入其中。从发展的过程不难看出结构也有真实性表达的困惑:传统的“多米诺体系”中已经固化的梁板关系无法满足建筑师的空间设计表达,为了达到表达目的,需要额外设计独立的建筑表皮,导致表皮与内部结构之间逻辑混乱,成为一种过度装饰,无法使人对建筑形成直观、真实、整体的印象。因此需要将人观察建筑的视角转向客观角度,让人与结构产生距离,形成陌生感,从而能让人对建筑结构的整体从客观角度产生反思。通过建筑结构表达强调建筑设计中的逻辑内涵,引导人们观察建筑结构的传力力流,从而表现出结构的真实性。

2) 表达对象的客观性。客观性是指事物内部的合理性不受主观思想或意识影响而独立存在的性质。戏剧的表达对象为演出内容、观众,建筑结构的表达对象是建筑结构、参观者。这其中演出内容、建筑结构作为客观事物,自身具有客观属性,而观众与参观者两种人群具有的客观性则是指反思性思维,即依据现象产生反思的能力,并通过推导演绎能理解其中的规律。剧院里观众观赏演出来反思戏剧的主题,建筑中参观者体验建筑来推测建筑的内核,两者都需要完整的体验探索才能对客体做出合理的评价。表达对象的客观性表明了人凭借“间离感”对演出内容的理性反馈能对建筑结构表达的理解具有参考价值,在阅读建筑过程中不单是建筑对参观者单向的观念输入,参观者也会凭借推演反向认知建筑。

3) 表达方式的距离感。距离感是指人对事物在主观判断上的观察距离,观察距离越大则越能从整体角度判断事物特性。戏剧的“间离感”表达刻意采用违和的设计(道具、对白、情节等)打破观众熟知模式,以使观众不会过度沉溺于演出内容的时空中,与舞台保持观察距离从而能客观真实地评价。

建筑的结构构件由于“多米诺体系”里结构的功能归结为单一的支撑建筑实体,舍去了曾具有装饰作用的功能,导致人对建筑结构的观察角度局限在支撑体系内;另一方面,“多米诺体系”正交方向传力模式让力流路径在人的认知里固定不变,建筑的结构体系趋于单一,缩短了人对建筑结构的观察时间和距离。因此建筑结构的“间离感”表达应聚焦于“结构构件的其他功能拓展”和“结构传力模式的更替”,以此打破人对建筑结构的熟知印象,使人对结构乃至建筑的设计理念有新的认知。

1.2.2 “间离感”在建筑结构表达中的演绎

戏剧中通过研究戏剧表演、观众与客观现实的联系来实现“间离感”在表达中的演绎,主要通过矛盾性、模糊化、互动关系、客观性四个演绎手法,以强化或弱化的方式表达作品的“间离感”(表1)。基于戏剧与建筑结构的共通性,在建筑结构中同样存在建筑结构、参观者、客观现实三者之间的联系,依据对照可以推导出“间离感”在建筑结构表达中的演绎手法(表2,图2)。

表1 戏剧中“间离感”的演绎

演绎手法	作用方式	作用对象
矛盾性	强化	戏剧表演与观众的距离
模糊化	弱化	戏剧表演与观众的边界
互动关系	强化	戏剧表演与观众的联系
客观性	强化	戏剧表演与客观现实的联系

表2 建筑结构表达中“间离感”的演绎

演绎手法	作用方式	作用对象
矛盾性	强化	建筑结构与参观者的距离
模糊化	弱化	建筑结构与参观者的边界
互动关系	强化	建筑结构与参观者的联系
客观性	强化	建筑结构与客观现实的联系

1) 建筑结构与人的距离——矛盾性(图2(b)),是指建筑与周围环境的相容性,越不相容的建筑产生越大的异化感和距离感,在对撞中促使参观者进行理解和思考。这种矛盾关系可以是结构与空间的矛盾、结构与环境的矛盾,也可以是结构与人传统观念的矛盾、旧时的结构概念与新型结构体系发展形成的矛盾。

2) 建筑结构与人的边界——模糊化(见图2(c)),是指参观者观念中建筑结构概念的边界。传统的结构框架内,柱、梁、墙、板等构件界限分明,功能有别。要得到结构构件陌生化效果需从模糊界限入手,对其正交的力流传递路径进行变形,将其转变为统一实体内的传力路径。同时,模糊化也是对人的逻辑思维关系界限的模糊,跳出常规力流设计思维模式,探索出更轻便、更高效的传力路径。

3) 建筑结构与人的联系——互动关系(见图2(d)),是指参观者与结构之间相互影响、相互促进、互为因果的作用和关系。通过参观者与现实建立联系,拉开人和建筑空间的距离,促进参观者的客观思考和空间想象,产生建筑结构与人的互动以主动地引导人群理解建筑、反思结果,与使用建筑认知过程结合形成整体连贯、多元多维度的体验。

4) 建筑结构与客观现实的联系——客观性(见图2(e)),在宏观上是指结构不受主观思想或意识影响而呈现客观规律的性质,在微观上体现在结构所具有的力学平衡性。建筑结构的表达在概念上可以浓缩为力流的表达,而力流在结构中的传递路径是参观者从客观角度审视建筑合理性的重要途径,因此建筑结构的设计更应该符合静力学等特征要求。

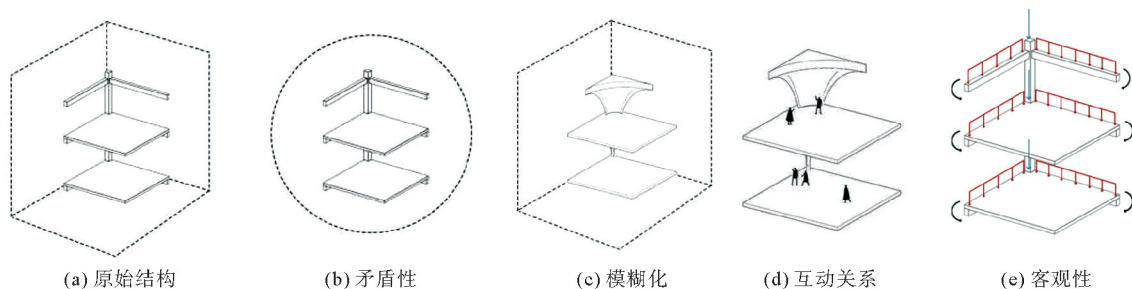


图2 建筑结构表达中“间离感”的演绎手法

2 “间离感”视角下的建筑结构表达策略

从结构形态、结构构件、结构材料三个角度介绍国内外建筑师在设计建筑结构时对其中“间离感”表达的案例,通过横向对比其中处理方式,归纳其共同的结构表达演绎手法,并总结出建筑结构表达策略。

2.1 结构形态重塑拟合



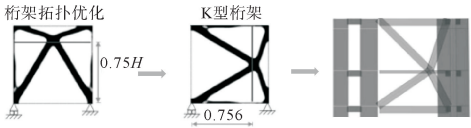




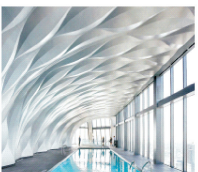
近年来,随着工程力学、计算机科学等多元学科融入结构工程领域,拓展出一系列新兴跨学科技术研究,如建筑设计通过拓扑优化技术探索出建筑结构形态的“最优”结果。基于拓扑优化的结构找形多以自由曲面为主,取代“多米诺体系”的多边形态,以模糊化的演绎手法将传统的梁柱等结构符号整合成集合,并被赋予新的建筑语言,塑造出自由流动的活动空间。新的结构形态与旧的框架结构认知模式产生新旧观念的矛盾,驱动设计师探索更多曲线空间应用方式。

位于江苏省南京市的绿地金茂国际金融中心(表3),其空中大堂将边柱与过梁重塑为拱形桁架,将原有的正交传力体系以拱结构抗压的模式代替,运用模糊化演绎手法模糊了正交的荷载传递节点,淡化梁柱的刻板形象。此外,基于虚功原理将传统的X型支撑重塑成K型桁架,犹如树杈般纵向穿插在空中大堂中,映射出大堂空间的尺度,一反高层办公空间压抑矮小的传统设计。巨大尺度的支撑与拱形桁架结合,给偌大的大堂空间分割区域,同时也给人强烈的安全感,两种表达设计拟合成大堂空间的塑造与建筑结构形态的稳定性表达。

千号馆是一座位于迈阿密海岸的高层公寓(表3),由扎哈事务所在2020年完成最终设计^[10]。该项目最大的特点是它流线型的外缘结构,将竖向承重体系与抗侧力系统重塑成由上至下连续延伸的整体结构。外缘结构从基底竖起的支柱呈扇形展开,沿高度攀升,在各拐角处汇合。独特的结构形态给了人们许多与建筑对话的空间,如悬挑的露台与顶层水上中心的曲面墙壁,这些独特空间拟合成为曲线结构形态为主导设计的建筑,能带来空间上的自由感与灵活性。

综上所述,设计者可将建筑结构形态的几何、符号、力流、材料、文化等元素从结构中抽出,重塑成新的建筑语言,再将若干的建筑语言围绕设计理念拟合成清晰的表达逻辑,进而拟合为新的结构形态,至此产生新旧结构形态观念的矛盾。在转化过程中结构形态的边界确定被模糊化处理,从而传递新结构形态的理性观念,引起人对建筑结构的重新思考。

表3 建筑结构形态表达案例

序号	项目名称	设计团队	外观图片	建筑结构形态表达	演绎手法
1	南京绿地金茂国际金融中心	SOM设计事务所		 ①拱型桁架效果  ②K型桁架效果  ③K型桁架生成逻辑	矛盾性 模糊化 客观性
2	千号馆	扎哈事务所		 ①外缘结构细部设计  ③悬挑露台的曲面墙壁  ②外缘结构塑造肌理  ④水上中心的曲面墙壁	矛盾性 模糊化

2.2 结构构件逻辑营造


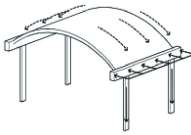
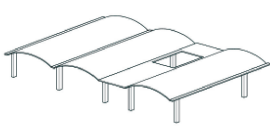

建筑结构构件包含梁、柱、墙、板、支撑等,通过合理的组合能正确描述荷载传递的力流路径,在视觉上清晰反映结构体系真实传力逻辑,是建筑结构性与真实性的表达基础。除了传力逻辑表达,结构构件还要与人的思维形成互动关系,以变截面设计、结构构件消隐、结构构件分级方式显性或隐性地暗示结构构件设置思路,描述设计师的设计逻辑。

由坂本一成、金箱温春设计的日本熊本县宇土市网津小学(表4),采用变截面设计营造了薄壳连拱屋顶“轻盈”的逻辑^[11]。进入建筑体内就能注意到:该项目中结构柱一反常规做细的模式。人的注意力会被轻薄的屋面和厚实的柱子吸引,有意识地分离了建筑的结构与空间,将建筑的客观性归结在了建筑结构的力流逻辑。在观察中可以解读出设计师通过柱子做粗来取代梁的水平力传递作用,屋面可以设计得更加轻薄,连续的拱跨形成自由的活动空间,同样也可以实现建筑轻盈的效果,突破了拱形屋面过薄不具稳定性的惯性思维。在探究完整栋建筑后,人对结构设计方法的巧妙表达出赞叹,同时也对整体空间有了完整的概念。

长谷川豪设计的御徒町的公寓^[12]采用了结构构件消隐的方式(表4),其结构没有传统意义上的柱、梁构件拼接,而是每层依据不同需求安置墙体,设计成自由平面(图3)。上部荷载由内墙与外立面承受,由于各层内墙的错位布置,竖向荷载只在少量墙体交叠的位置向下沿直线传递,从而形成结构意义上的“墙柱”。借助这种设计,设计师引导人对结构传力逻辑的思考和寻迹,暗示力流的规律,用户会根据经验在柱梁的位置映射出对应的结构构件。墙和楼板不能简单地被视为两种构件,而是被整合为协同受力的共同体,建筑的一体性因结构系统的不可分割性而得到体现。由结构推导逻辑、由逻辑理解结构,一套理性认知的逻辑闭环由此完成,建筑空间的塑造也在认知中得以实现。

综上所述,建筑结构构件作为结构基础元素,设计者可将其作消隐与强调的处理,营造建筑实体的力流逻辑,以达到“强结构”“强逻辑”的目的,促使人对建筑结构产生能动的探索需求。

表 4 建筑结构构件表达案例

序号	项目名称	设计团队	外观图片	建筑结构构件表达	演绎手法
1	宇土市网津小学	Atelier and I 坂本一成研究室		 ①屋面力流  ②传统上方做梁  ③加粗柱子, 屋面轻薄  ④组合成自由空间	矛盾性 互动关系
2	御徒町的公寓	长谷川豪建筑设计事务所		 御徒町的公寓平面示意	矛盾性 互动关系 上下墙体叠加处

2.3 结构材料本真表达

结构材料最本真的表达涵义是材料的自身属性——材料强度与材料质地,材料强度反映出建筑结构的抗拉、抗压能力,材料质地反映了建筑结构的肌理视觉特征,两者都运用客观性演绎手法说明材料与客观现实的关系。有力的建筑结构材料能表达出材料强度承受荷载并传递的张力,而有设计感的建筑结构材料通过材料质地差异对比产生的矛盾性,表达匹配建筑结构力量、平衡、韵律和细腻之美的活力。张力与活力共同阐述了结构材料的本真属性,引导人们理解结构材料的本质特征。

在 2016 年限研吾建筑都市设计事务所的抗震博物馆改造项目中,将由当地传统编绳工艺获得灵感后得到的碳素纤维绳运用在项目里^[13](表 5)。材料的张力表现在建筑体周围用碳素纤维绳绞成的拉杆将墙体与地面节点连接成拉力约束体,依靠拉杆的拉力约束建筑的横向位移变形,加强了刚性材料框架的抗震能力。材料的活力表现在对拉杆的艺术处理,建筑师没有将拉杆当作装置进行隐蔽处理,而是将其组合排列成丝带状立面,使整体像蒙纱般轻盈柔软。厚重的墙体与轻盈的碳纤维形成精妙的新旧材料对比,在保留建筑的历史沉淀上展现出设计的细腻与韵律。

由美国 SOM 设计事务所设计的位于芝加哥富尔顿市场的 800 号大楼(表 5),延续了 SOM 结构化建筑表达风格,该办公楼由具备 X 型支撑的立面所定义。在外观与使用过程中体现了钢支撑可有效抵抗风荷载的张力,加上

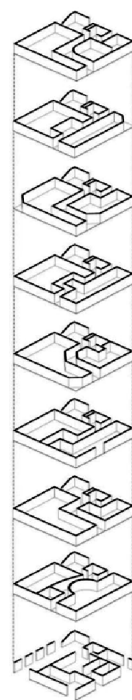


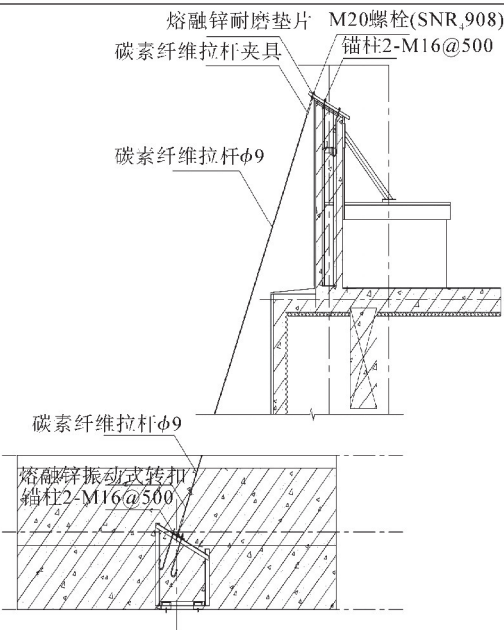


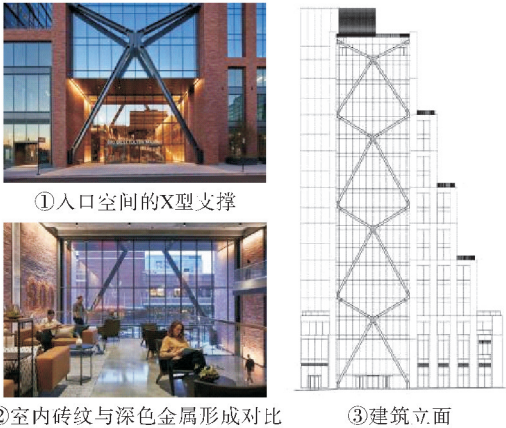


图 3 御徒町的公寓分层轴侧示意

玻璃制成的偏置悬臂式核心,项目独特的结构系统可实现大型的开放式地板平面,以及灵活且光线充足的工作空间。该办公楼的材料肌理表达出结构材料的活力,其围护结构选用的砖石、玻璃和深色金属镶板的组合则与现有的工业社区特征相契合,红色砖纹与深色金属之间肌理材质的强烈对比致敬了芝加哥的地域性建筑特征与工业城市的发展脉络,同时也迎合现代办公建筑的室内大空间需求与装修风格审美。

综上所述,对于需要摆脱过度装饰、表达材料本质特征的建筑来说,塑造结构材料强度与材料肌理两种本真属性是必要的内容,运用客观性演绎手法将材料的物理、视觉特征与设计相结合,既可表现材料强度抗拉、抗压性能,也可表现材料肌理的韵律风格。结构材料的本真表达推动材料性能研究的发展,驱使人们探索新型材料的运用。

表5 建筑结构材料表达案例

序号	项目名称	设计团队	外观图片	建筑结构构件表达	演绎手法
1	抗震博物馆	隈研吾建筑设计事务所	 		客观性 矛盾性
3	富尔顿市场800号	SOM设计事务所	 	 <p>①入口空间的X型支撑</p> <p>②室内砖纹与深色金属形成对比</p> <p>③建筑立面</p>	客观性 矛盾性

3 结束语

本文以戏剧中“间离感”为视角围绕建筑结构表达探析,首先依据互通性推导演绎手法,将“间离感”概念同建筑结构表达作类比分析;其次从结构形态、结构构件、结构材料三个角度结合实际案例具体分析了建筑结构“间离感”的表达逻辑和演绎手法,最后归纳总结出结构形态重塑拟合、结构构件逻辑营造、结构材料本真表达三种不同的建筑结构表达策略,达到建筑结构理性表达的目的。

“间离感”消除了形式服从功能或反之亦然的问题,由此产生的设计将结构工程与建筑结合起来,创造出具有明显结构工程成分的创新美学结构。它将人们的目光由概念化、模式化的设计过程转向矛盾化、创造性的设计思想,从而审视原来的世界,获得新的创造力与洞察力。未来的建筑设计势必会更加注重建筑的意匠表达,建筑结构的表达也会由塑造形体向着塑造理性、营造空间、构造建筑的生命力逐步探索。

参考文献(References):

- [1] 郭屹民,金箱温春,奥山信一,等. 对话:结构的性格“特集·透明的结构”线上座谈会[J]. 建筑技艺,2020,26(11):8-16.
GUO Yimin,KANEBAKO Yoshiharu,OKUYAMA Shin-ichi, et al. Characters of the structure:“Transparent structure” online talk[J]. Architecture Technique,2020,26(11):8-16.
- [2] LAUREN L,BEGHINI A,KATZ N, et al. Connecting architecture and engineering through structural topology optimization[J]. Engineering Structures,2014,2(4):716-726.
- [3] ADRIAENSSENS S. How and why laurent ney finds steel structural forms[J]. Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures,2020,61(1):39-49.
- [4] 郭屹民. 结构形态的操作:从概念到意义[J]. 建筑学报,2017(4):12-14.
GUO Yimin. Maneuvering structural form:From concept to meaning[J]. Architectural Journal,2017(4):12-14.
- [5] 盐崎大伸,高晏如. 第三透明性[J]. 建筑技艺,2020,26(11):22-27.
SHIOZAKI Taishin,GAO Yanru. The third development of the concept of transparency[J]. Architecture Technique,2020,26(11):22-27.
- [6] 成啸. 九寨天堂的戏剧舞台式建筑设计理念[J]. 南方建筑,2016(1):103-107.
CHENG Xiao. The drama-stage architectural design concept of Jiuzhai Paradise International Hotel and Resort[J]. South Architecture,2016(1):103-107.
- [7] 黄纳. 建筑体验的时间维度解析[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版),2018,20(1):19-24.
HUANG Na. Analysis of architecture experience in time dimension[J]. Journal of Shenyang Jianzhu University(Social Science),2018,20(1):19-24.
- [8] 张滨,索起利,叶洪图. 沉浸式戏剧在建筑空间中的表达:以麦金依的《不眠之夜》为例[J]. 建筑与文化,2022(2):262-263.
ZHANG Bin,SUO Qili, YE Hongtu. The expression of immersive theatre in architectural space: Taking McKinnon's Sleep No More as an example[J]. Architecture & Culture,2022(2):262-263.
- [9] 詹姆斯·弗雷德里克·布莱希特与方法[M]. 陈永国,译. 北京:中国社会科学出版社,1998.
JAMESON F. BRECHT and methods[M]. Translator:CHEN Yongguo. Beijing:China Social Sciences Press, 1998.
- [10] 扎哈·哈迪德建筑师事务所. 千号馆豪华公寓[J]. 当代建筑,2020(5):50-59.
Zaha Hadid Architects. One Thousand Museum, MIAMI, USA[J]. Contemporary Architecture,2020(5):50-59.
- [11] Atelier and I 坂本一成研究室. 宇土市网津小学校[J]. 建筑技艺,2021,27(11):66-69.
Atelier and I Kazunari Sakamoto Laboratory. Amitsu Elementary School in Uto,Kumamoto,Japan,2011[J]. Architecture Technique,2021,27(11):66-69.
- [12] 大野博史,郭屹民. 结构的透明性[J]. 建筑技艺,2020,26(11):48-51.
OHNO Hirofumi, GUO Yimin. The transparency of structure[J]. Architecture Technique,2020,26(11):48-51.
- [13] FRAMPTON K. Kengo Kuma:Complete works[M]. London:Thames and Hudson,2018.

(责任编辑 张晓靖;英文校审 程文华)