

塑形建筑的结构与外形关系浅析

胡冗冗^{1,2}, 杨书群³

(1. 西安建筑科技大学建筑学院, 陕西 西安 710055; 2. 西部建筑科技国家重点实验室(筹), 陕西 西安 710055;
3. 北京明诚技术开发有限公司, 北京 100049)

摘 要:随着社会进入后工业化时代, 科学技术信息化、数字化的转变, 建筑师在空间构思的实现上获得了更强大的技术支撑, 复杂的、充满自由、动态流体状的塑形建筑越来越多的吸引着人们的眼球。基于安格斯·J·麦克唐纳提出的“结构与建筑形态关系”理论, 探讨了塑形建筑外形与其结构的关系, 分析了塑形建筑的实现基础以及代价。

关键词:塑形建筑; 结构; 结构形态

中图分类号: TU241.5

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2012)05-0685-04

结构对建筑的作用首先是结构的基本功能, 作为建筑的骨架, 结构在满足强度、刚度和稳定性要求下, 使得建筑在自然与人为的各类作用下维持其形态, 建筑无法脱离结构而存在。结构是建筑产生其形态和空间的基础, 结构存在于建筑空间中, 结构既可以隐藏于建筑形态之中, 也可以成为建筑形态本身。

结构对建筑空间形态的影响可能存在多种关系, 安格斯·J·麦克唐纳把结构与建筑形态的关系分为六类^[1], 详尽的解析了建筑形态与结构的关系, 建筑的形态既可能在很大程度上取决于结构, 也可能由建筑的视觉表现意图决定而结构对其形态的影响很小。合理的、技术完善的结构未必是美的建筑, 而一些美的建筑也未必由结构决定其视觉效果。

在结构与建筑形态的关系中, 具有自由形态的雕塑类建筑, 即塑形建筑, 是一种极端的关系表现, 塑形建筑的外形创意与结构几乎无关, 我们很难从其复杂的外形中解读出结构的逻辑, 结构对其形态的创作是没有决定作用的。但是, 建筑毕竟不是绘画或小型雕塑的艺术创作, 建筑无法离开结构的支撑, 从结构的角度来分析塑形建筑, 可以有助于我们认识塑形建筑的实现手法, 并权衡建筑外观造型与结构合理性的关系。

1 塑形建筑的特点

塑形建筑往往超越常规的建筑模式形态, 追求自我的表现与夸张, 如同“塑造”一件艺术品, 而非建造一个建筑物。大量曲线、曲面的应用或异形空间任意的穿插、扭曲与错位, 形成了这类建筑特有的形态, 常被描述成: 自由奔放的、动态连续的、零散无序的、不确定的、任意的、或怪异的。建筑师在创作这类作品时, 如同进行绘画与雕塑品的创作, 试图打破一切束缚, 以挖掘出潜意识中所存在的自由形态的可能性。

塑形建筑的外形与它的结构形态几乎没有关系, 例如高迪的西班牙巴塞罗那古尔公园、美国自由女神像、朗香教堂、门德尔松的爱因斯坦天文台、盖里的古根海姆博物馆等。这些建筑属于具有建筑尺度的雕塑, 尽管结构的形态对其内部设计会有一定影响, 但建筑外部的形态更多的是出于建筑意象的表达, 与结构几乎无关。

2 结构与塑形建筑外形的实现

塑形建筑展现的是自由的造型, 似乎是不受约束的。对结构而言, 完全自由的结构形态是不存在的, 结构必定要服从力学的法则, 即使是创作立意如同绘画、雕塑的塑形建筑, 在从图纸模型到建筑的实现,

收稿日期: 2012-01-06 修改稿日期: 2012-10-10

基金项目: 国家自然科学基金创新团体项目(50921005)

作者简介: 胡冗冗(1975-), 女, 河南信阳人, 博士, 教授, 主要从事建筑技术研究。

也无法脱离结构的法则,那么,塑形建筑是如何实现这种自由、复杂,似乎“脱离”结构逻辑的外形呢?

从结构的角度来分析塑形建筑复杂外形的实现方法,可以大致分为如下几种:

第一种:复杂的外观形态,相对简单的内部结构.这类建筑的共同特点是规模较小,因此可以用简单的结构骨架进行支撑,或者,在承重结构上固定支架形成表层支撑,这样,非结构的覆盖面在处理上就可以获得高度的自由,处理成雕塑般的效果.通常利用混凝土、金属等材料的可塑性创造曲线、曲面或有机形态的屋顶或墙面,而将简单的框架结构隐藏其中.

例如著名的郎香教堂,如一座混凝土雕塑:弯曲或倾斜的墙体,厚重而蜷曲的屋顶,光线从屋顶与墙体间的间隙中透出,使屋顶看似悬浮起来.实际上,教堂的屋盖是中空的混凝土薄壳,由隐藏在墙体中常规的钢筋混凝土框架支撑.围护结构材料的可塑性以及现浇混凝土框架结构连续性使得雕塑建筑复杂外观得以实现.

非直线形的建筑外观是许多塑形建筑的重要特点,曲线及曲面的应用打破了传统盒式建筑的形态,创造出“反结构”的、非逻辑的建筑表达.曲线或曲面的形成方法,通常是利用非结构构件附着在直线形的结构主体上,在外观上形成需要的造型,这种形成非直线形外观的方法在被许多现代建筑所采用,非结构构件往往是轻质的金属构架.

第二种:复杂的外形来自复杂的结构.这类建筑的复杂外形是在复杂的结构骨架上覆盖表皮而形成或是复杂结构的直接展现,尽管建筑的外形是自由随意的,但与结构骨架的形态是一致的,或者说结构骨架形成了建筑的外形,规模较大的复杂形态建筑往往有着同样复杂的结构骨架.

著名的毕尔巴鄂古根海姆博物馆^{[2]140,143},建筑的外形上几乎没有平直的表面,复杂的形态是通过同样复杂的直线或适当弯曲的钢结构构件支撑形成的,表层的钛面板由竖直杆安装在水平管材上,与基本结构垂距一致,使表皮覆盖于结构之上并完全体现结构骨架的形状.



图1 墨尔本联合广场^{[3]41}

Fig. 1 Melbourne Federation Square^{[3]41}

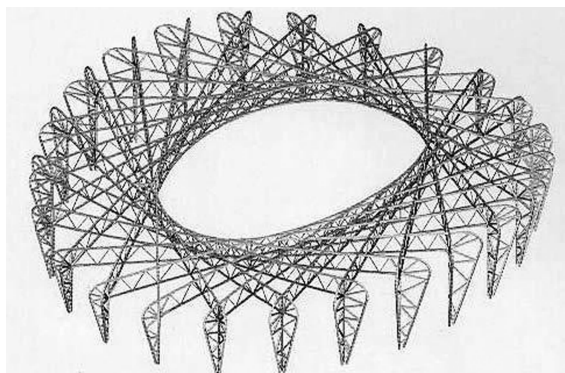


图2 鸟巢主结构形态^{[4]1-57}

Fig. 2 The main structure form of the Bird's Nest^{[4]1-57}

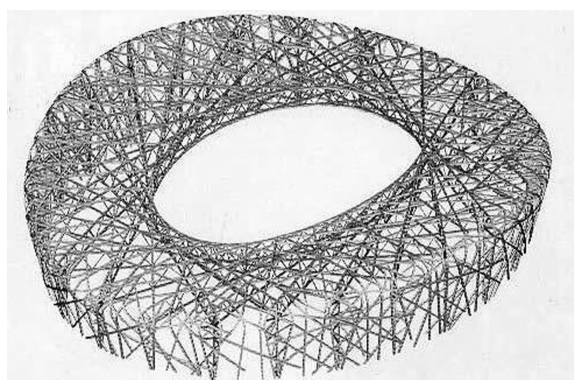


图3 鸟巢次结构形态^{[4]1-57}

Fig. 3 Secondary structure form of the Bird's Nest^{[4]1-57}



图4 某公园公用卫生间^{[2]24}

Fig. 4 Public restroom^{[2]24} in a park

第三种:复杂的结构往往是多重结构体系并存,多重结构体系的并存是实现建筑复杂外形的重要手段,也是让人不易解读其结构逻辑的重要原因。

墨尔本的联邦广场共享大厅^{[3]38,51}(图1),错综复杂、倾斜、交错的网络体系覆以玻璃表面,镂空、精致与通透感,使人仿佛置身于新奇、美妙的童话世界。复杂、新奇的空间感源于我们无法找到常规的、清晰明确的结构构件与体系,而“共享大厅”本身正是向人们展示着一种新型的复杂的钢及玻璃构成的多重结构体系。“共享大厅”是基于风车状网格三维演变的包含主次体系的结构体,“主结构由断面为中空的正方形钢管组成,组成风车状网格的构件分别构成了内外两层平面结构”,“次结构通过更轻巧的镂空材料对风车的集合形态进行了更精细的诠释”,次要结构覆盖了与主结构层相同的部分,使主、次结构的分别变得模糊,增强了错综复杂的层次感,并形成视觉与结构上的统一。

繁中求简,是创造复杂建筑外形的结构设计理念之一,结构工程师们往往在外型极不规则的建筑方案中尽可能寻找较为规则的主体承载结构,力求主要传力路径的简单和明晰,并大大降低对次要结构的承载要求,使得次要结构在尺寸、形状和布置上具有相当大的灵活性,可由建筑师根据造型意图进行决定。国家体育场鸟巢^[4]的结构示意图(图2~3)清晰的表明了“繁中求简”的设计概念。

第四种:外形的实现极大依赖于特殊材料。曲面外围护材料形成特殊的表皮结构形态,或者是对一实体块材进行削切与粘贴组合形成复杂曲面形体,与常规的结构形态近乎完全脱离,这类建筑无论是在造型还是在实施的手法上更接近于雕塑而不是一般意义下的建筑。

卷曲形态的实现有赖于新材料的性能与制造工艺,表皮材料和制作工艺适合形成弯曲的表面,并在小规模的情况下满足自身曲面的空间刚度的要求,形成表皮空间结构,或者仅通过简单的支撑结构增强其空间刚度,维持空间形态。

图4是远藤秀平的一个作品^{[2]22,25},这个被他称为“半个建筑”的建筑物是作为某公园管理员公寓和公用卫生间使用。建筑的外围护材料是波纹薄钢板,其另类的建筑形态象“一个巨大的铅笔削出的带状笔屑一样在场地蔓延开来”,屋顶、墙壁与地面,内部与外部,形成连续的变化并融为一体,卷曲空间的内部仅仅设置了简单的梁、柱支撑,帮助维持其空间形态。波纹钢板是目前最流行的用于改变结构形态的建筑材料之一,波纹形状增加了在波纹曲线方向上的刚度,增强了在外荷载作用下维持自身形状的能力,卷曲的程度以及瞬时风荷载的承受能力,主要取决于钢板的材料,而非内部的简单结构。

诺克斯设计的D塔^{[3]84,87}(图5),与其说是建筑不如说是一个表皮结构的雕塑。“这是一个12 m高的结构体,由标准及非标准几何构成复杂的建筑表面,利用计算机成型技术对环氧树脂材料进行造型而成”。类似于薄壳结构的受力,所有的应力都是在结构的表面进行传递,上部的异形体与类似与柱支撑的下部结构表面形成一空间连续体。

尼奥建筑师事务所设计的霍夫多普汽车站^{[3]98,103},如图6所示,形状如一巨大的“鲸鱼颚”,“这座建筑完全采用聚苯乙烯泡沫和聚酯纤维完成,是世界上最大的合成材料结构体(50 m×10 m×5 m)。如果采用一般化的建造方法,在预算的范围内将永远不

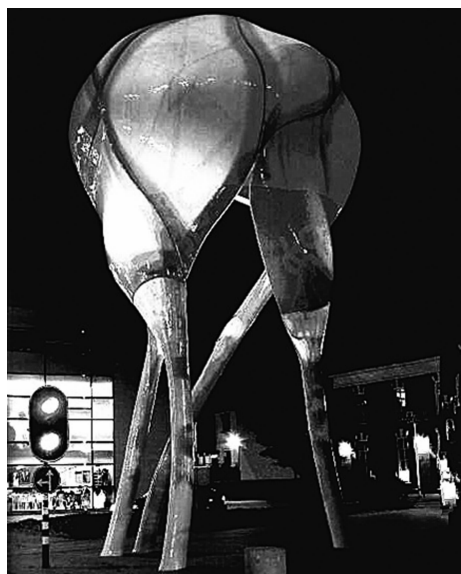


图5 D塔^{[3]85}

Fig. 5 D tower^{[3]85}

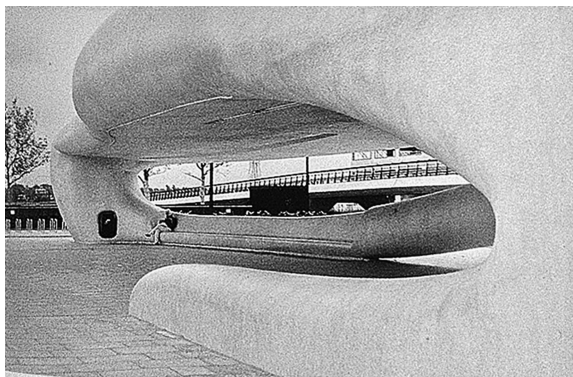


图6 霍夫多普汽车站^{[3]103}

Fig. 6 Hoofddorp Bus Station^{[3]103}

可能完成这个作品”。正是由于材料的特殊性,使得建筑师如同雕塑艺术家一样对大型块材按照其创意进行切割、挖空、拼接,由于其具有建筑的尺度,因此,在“制作”上是按照形态分解分块进行,最后将预制的各部分运到现场粘合在一起,并在表面喷涂聚酯纤维膜起保护的作用。

3 塑形建筑的实现基础与代价

通过对三类塑形建筑的分析,可以看到塑形建筑的实现无法离开材料与结构技术的发展。混凝土材料的可塑性与连续性为塑形建筑所表现的流畅、动感效果提供了可能性,而现代金属材料的发展更为其自由造型的塑造奠定基础。新型合成材料,如聚苯乙烯泡沫塑料、环氧树脂、聚酯纤维、玻璃纤维等使得塑形建筑的“建造”更接近于雕塑艺术品的“塑造”。结构技术,结构连续性以及结构形态学的发展,不断推出打破传统结构类型的新结构形态,而计算机结构分析软件为复杂结构形态提供必要的力学分析基础^[5],使其结构设计成为可能。此外,不同以往的特殊的装配方法也是大规模塑形建筑由图纸、模型到真正建筑实体实现的基础之一。

塑形建筑其复杂的形态不是出于结构的理性形态,往往是牺牲了结构的效能或材料的发挥效率为代价,复杂形态无论是由非结构构件还是主结构自身产生,都很容易形成复杂的超静定结构,产生较高的甚至难以预测的结构内力。而多次超静定结构中的结构性能,即使是可以分析的,也是非常难以预测的,即使是电子计算机也不能够准确预计到所有潜在的可能性,并且复杂的分析需要更多时间与资金的投入。小规模体系可以用实验的方法确定其强度,例如高迪在教堂设计中采用倒挂力学实验来探寻建筑形态实现的可能性,上述例子中的D塔也是采用了相同原理的结构实验,然而大型结构是不太可能通过实验来完成结构分析,在高昂的计算机分析费用的背后,相比于常规建筑,可能存在着更大程度的结构风险。反而言之,塑形建筑的出现与发展也在一定程度上促进结构技术的进一步提高。

塑形建筑属于建筑中数量很少的非主流,塑形建筑强调的是立意为先,强调艺术个性的表现,与大多数常规建筑相比,其形态特征由为特殊与新奇,因此,也常常受到人们特别是青年学生的注意与模仿。然而,我们需要认识到,如同一件艺术品,塑形建筑的形态设计首先需要很高的艺术修养,如果将艺术表现真正在建筑实体上得以实现的话,在设计初始就需要对实际建造过程有着自觉、直观的认识;塑形建筑的实现需要更为复杂的结构技术的配合,设计者需要对现代结构技术以及现有的实施条件有一定了解;与传统设计流程不同,大多数现代塑形建筑需要建筑师使用数字化设计手段,对建筑师提出了更高的要求。

参考文献 References

- [1] 安格思·J·麦克唐纳. 结构与建筑[M]. 北京:中国水利水电出版社,2003:66.
MACDONALD Angus J. Structure and Architecture[M]. Beijing: China WaterPub Press, 2003:66.
- [2] 萨瑟兰·莱尔. 结构大师构筑当代创新建筑[M]. 天津:天津大学出版社,2004.
LYLE Sutherland. Masters of Structure- Building contemporary architectural innovation[M]. Tianjing: Tianjing University Press, 2004.
- [3] 马卫东. 结构与材料[J]. 宁波:宁波出版社,2005.
MA Wei-dong. Structure & Materials[J]. Ningbo: Ningbo Publishing House, 2005.
- [4] 何伟明. 现代建筑的发展对结构工程师的挑战[J]. 建筑结构,2006,36(S1):1-57.
HE Wei-ming. Challenges faced by structure engineers from the development of modern architecture[J]. Building Structure, 2006, 36(S1):1-57.
- [5] 郝际平,郑江,王先铁,等. 大运会主体育场施工过程力学模拟与分析[J]. 西安建筑科技大学学报:自然科学版,2010,42(4):457-463.
HAO Ji-ping, ZHENG Jiang, WANG Xian-tie, et al. Mechanics simulation and analysis of the main palaestra of the world University Games during the construction process[J]. J. Xi'an University of Architecture & Technology: Natural Science Edition, 2010,42(4):457-463.

(下转第706页)

Simulation and analysis on the optimum horizontal dip angle and aspect of a fixed PV

——Taking Yinchuan city of Ningxia as a case

WEI Zi-dong^{1,2}, HUO Xiao-ping³, HE Sheng-yun¹, YIN Ning¹

(1. School of Structural and Hydraulic Engineering, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;

2. School of Architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;

3. School of Architecture, Chang'an University, Xi'an 710061, China)

Abstract: As PV is usually fixed in building an integrated system, it is quite necessary to study the optimum horizontal dip angle and aspect of it to maximize the total electricity outputs in a full-year cycle. This paper firstly analyzed the characteristics of solar radiation on PV, makes clear the factor influencing the electricity outputs. Secondly it analyzed the annual regulation of solar elevation and azimuth in Ningxia Yinchuan by the weather tool software, simulated and analyzed the PV's annual electricity outputs under different horizontal dip angle and aspect in Yinchuan by the Autodesk Ecotect Analysis software. Finally, it finds out the optimum range of horizontal dip angle and the aspect of PV in Yinchuan.

Key words: *Photovoltaic integrated building; direct radiation; diffuse radiation; solar elevation; solar azimuth; fixed PV; optimum horizontal inclination angle and orientation.*

Biography: WEI Zi-dong, Lecturer, Master, Yinchuan 750021, P. R. China, Tel: 0086-13909517169, E-mail: woofbeat@163.com

(上接第 688 页)

Relationship between the structure and shape of sculptural architecture

HU Rong-rong^{1,2}, YANG Shu-qun³

(1. School of Architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;

2. State Key Laboratory of Architecture Science and Technology in West China(XAUAT), Xi'an 710055, China;

3. Mingcheng Technological Development Company, Beijing 100049, China)

Abstract: With coming of the post-industrial era, the science transformation to information and digital technology give architects more powerful technique support to realize their space design ideas. Sculptural architectures with complex shapes of unlimited freedom or dynamic fluid attract more and more eyeballs. Based on the theory put forward by Angus J. MacDonald, "the relationship between structure and architectural form", this paper discusses the relationship between the structure and shape of sculptural architectures. The basement to realize sculptural architecture and the cosr to pay are also analyzed.

Key words: *sculptural architecture; structure; structural form*

Biography: HU Rong-rong, Ph. D., Professor, Xi'an 710055, P. R. China, Tel: 0086-29-82205390, E-mail: hurongrong_xauat@yahoo.cn