

建筑新技术 8

苗展堂 宋晔皓 主 编
郭娟利 栗德祥 副主编

中国建筑工业出版社

目 录

• 建筑节能技术

中西方绿色建筑发展对比及其与建筑教学的结合	康帽 (1)
夏热冬冷地区农村低能耗住宅设计策略研究——以湖北黄石某农村住宅设计为例	朱丽, 吴琼, 孙勇 (9)
寒冷地区学校建筑走廊低能耗设计策略探究	张安晓, 孙艳晨, 黄琼, Regina Bökel, Andy van den Dobbelsteen (16)
寒冷地区小型公共建筑节能改造实践	王立雄, 周涵宇, 韩春刚, 王海滨, 苗君强 (24)
文化视角下的天津既有多层住宅节能改造模式研究	常艺, 宋昆 (32)
基于绿色能源被动应用的城市高密度区地下公园原型构思设计	汪丽君, 孙旭阳, 史学鹏 (41)
世博建筑的材料表达	史建军, 戴路 (49)
当代资源环境视角下的低能耗低成本建筑设计方法研究——以两次国际竞赛获奖作品为例	刘世达 (55)
基于被动式理念的场地规划排水系统设计策略探讨	陈彬, 崔艳秋 (64)
根植于本土的被动式生态颐养中心方案设计——以“台达杯”获奖作品“warm house”为例	孙宁晗, 崔艳秋 (69)
金属表皮新技术在我国的应用	荆子洋, 尉东颖 (76)
基于美学与技术特性的光伏一体化屋面集成设计方法探析	王杰汇, 郭娟利 (82)
建筑师视角的低能耗设计策略研究——以中建工程中心项目为例	宋宇辉, 陈敬煊 (90)
传统材料表观下的构造更新——10年的3个工程案例	张键 (94)

• 建筑物理环境

城市拟保护声景主观评价因子研究	韩国珍, 马蕊, 贾怡红 (100)
基于环境模拟的远郊营地集装箱建筑群体设计研究——以克拉玛依地区为例	柳琳娜 (106)
京西地区民居夏季热环境测试研究	潘明率 (117)
大空间声能衰减规律测量中最优声源点数研究	王超, 孔雪姣 (124)
健康住宅评价标准体系发展历程简析	叶青, 王琛, 李昕阳, 汪江华, 赵强 (131)
基于声景观优化的太行山区南部传统村落保护策略研究	冯华 (142)
LED光源在室内空间设计中的可塑性探讨——以餐饮空间为例	邱景亮, 邓炎 (151)
国内外对建筑自然采光的研究方法简况	赵华 (157)
我国高校食堂热舒适度过研究——以武汉大学两食堂为例	朱敦煌, 荆子洋 (162)
浅谈太原某居住区室内外风环境数值模拟研究	欧阳文, 郭娟利, 吕亚军 (169)

• 建筑工业化

- 基于结构围护集成的轻型纸板腔体拱设计研究 汪丽君, 史学鹏, 孙旭阳 (180)
- 装配式组合结构体系在停车楼设计中的应用 卞洪滨, 刘子安, 张锡治, 郑涛 (188)
- 基于 SWOT 分析的片装式盒子建筑发展对策研究 张书, 张玉坤, 董颖欢 (192)
- 动态建筑表皮类型化研究 冯刚, 王哲宁 (201)
- 3D 打印建筑技术应用研究——以上海言诺 3D 打印梦工厂项目为例 杨倩, 王凤涛, 邹越 (215)
- 既有公共建筑改造 BIM 模型中外围护结构构件族库创建研究 郎冰, 崔艳秋 (223)
- 基于 BIM 平台的某地下车库碰撞检查与优化分析 李闻达, 崔艳秋 (229)
- 基于家具厨卫模块化理念的极小公寓设计初探 荆子洋, 廖路喆 (237)
- BIM 技术在工业化建筑全生命周期中的应用研究 郭娟利, 冯宏欣, 王杰江 (246)
- 隔震建筑火灾危险性研究 王岚, 王国辉, 孙佳琦 (254)
- 高层建筑人员竖向安全疏散研究现状综述 王丽, 田洪晨, 曾坚 (260)

• 可持续城市、社区

- 中国三线城市历史景观保护与利用研究 刘天航, 张春彦 (269)
- 城市中心区灾害风险评价与适灾韧性设计策略 王娇, 臧鑫宇 (274)
- BIM-VR 耦合模型应用方法初步研究——以教学为例 白雪海 (281)
- STEPS 软件在历史街区消防安全适应性规划中的应用实践——以宾州古城节孝祠片区为例 许熙巍, 李会娟, 曾鹏, 朱刺 (289)
- 人本尺度城市形态视角下的小微公共空间与情感反应关联机制研究——以天津五大道历史街区为例 汪丽君, 刘荣伶 (296)
- 多尺度下海绵城市水空间格局的构建——以洮南市海绵城市专项规划为例 许熙巍, 郭晓君, 黄颜晨, 曾鹏 (304)
- 历史街区的可持续发展评估认证体系探析 许熙巍, 赵炜瑾 (314)
- 城市再生视野下高密度城区绿地系统多维网络化建构规划实践研究 左进, 董菁, 李晨 (322)
- 可持续发展观下的建筑寿命研究 陈健, 戴路 (331)
- 明代海防军事聚落体系交通网络结构初探——以威海地区为例 谭立峰, 曹迎春 (336)
- 低影响开发模式下的居住组团雨水生态设施系统规划设计研究——以河南省驻马店石庄新社区规划为例 苗展堂, 权海源, 姜慧 (342)
- 京津冀地区全域水系统生态修复规划思路探究——以河北省昌黎县为例 吴正平, 刘京, 张建国 (353)
- 生态城市关键性指标体系对比分析 Alheji Ayman Khaled B, 王立雄 (361)

动态建筑表皮类型化研究

冯刚, 王哲宁

天津大学建筑学院

摘要: 动态建筑表皮是近年来新兴前沿的一个研究方向。本文分析了动态建筑表皮出现的原因, 并拨开材料、几何、尺度等因素的影响, 从运动学视角对建成案例进行类型化尝试, 给出了简明有效的一种分类方式, 并结合一次设计竞赛, 给出了其中一种动态建筑表皮设计。

关键词: 动态; 建筑表皮; 类型化

建筑表皮指的是建筑室内外之间的界面, 是对内部空间的范围的限定, 也是建筑内外之间能量、信息流动的媒介与载体。建筑表皮展现着建筑的外观形象, 人们通过建筑表皮实现对建筑的认知, 因而无论是庇护、围合内部空间的功能上还是展现建筑标示性形象的作用上, 建筑表皮都起着举足轻重的作用。在很多情况下, 建筑表皮的美学形象是否符合特定人群的审美预期, 直接决定着—栋建筑是否会有机会从图纸变成现实。建筑表皮不仅仅是平面化的形象, 它在建筑设计的全过程中占有着重要的地位。

动态建筑表皮的概念是对传统建筑表皮的静态固有形象的挑战。建筑追求永恒之道, 无论是罗马万神庙, 还是哥特大教堂, 抑或是现代意义上的国际式高层建筑, 其形象一旦设计完成, 立面表情就会在生命周期里呈现同样的状态。变化通常伴随着修补、维护更新, 或者是更长时间尺度上的历史的痕迹, 比如墙体因时间流逝而发生物理的、化学的变化。本文研究所指的动态建筑表皮指的是建筑表皮的部分构件在人可以觉察到的时间长度上可以发生空间上的位移。这其中最常规的一部分就是动态遮阳以及建筑的门、窗等活动构件。看不见的能量伴随着这些看得见的建筑构件的运动发生室内外的传递交换。本文的关注点在于具有艺术表现力或者同时可以调节室内光热环境变化的动态建筑表皮。

1 动态建筑表皮产生的动因

1.1 建筑生态性的追求

生态层面上的设计追求是催生动态建筑表皮的最初动因。常规建筑表皮一旦建成, 在其生命周期内维持固有的几何形态, 不能适应环境的变化而变化。常规遮阳在选定了最佳遮阳角度之后, 一年四季无论天气如何、室内需求是否变化, 都会一直保持同样的形态。但是动态遮阳则可以根据室内使用者的需求和外在阳光的变化而对自身的几何形态、角度进行适应性的调整, 从而为室内创造实时最佳的遮阳效果。动态遮阳形式多样, 材料上可为金属、木、磨砂玻璃等, 通过一定的设计, 可以形成兼具可持续的气候调节功能和建筑表皮的美学表现力。呼吸式幕墙(图1)也可以视为动态建筑表皮的一种。它可以通过调整局部单元的开合, 控制室内外的空气和能量交换, 实现对建筑微气候的调节的同时, 带来动态的立面效果。建筑表皮作为室内外能量交换的界面, 对于实现建筑的生态性而言至关重要, 环境气候是不断变化的, 向建筑表皮引入“动态”因素是对生态性要求的有效回

应策略之一。

1.2 建筑设计美学的自我革新

美学上的追求是动态建筑表皮设计的持续力量。建筑中关于动的尝试和探索其实早已有之，只是外部条件此前尚不成熟，只有在制造业、自动控制等技术支持行业充分发展以及人们的审美取向多元化之后，动态建筑表皮才有可能为人所采纳。回顾设计的历史，建筑中的动态美学追求可以归为三个层面上的操作：一是追求设计的结果具有动感，使用流线的曲面来定义建筑，或者创造一种不稳定感以暗示建筑随时会发生动态的改变，比如 20 世纪 20 年代门德尔松设计的爱因斯坦天文台；二是追求设计的过程中采用动态的手段。使用对几何形的动态变化的操作，再将其运动的过程如同照相机连续曝光般定格在设计结果中。如彼得·艾森曼设计的莱因哈特塔楼（Reinhardt Tower）设计（图 2）。三则为本文关注的建筑表皮的局部或者整体同步或不同步的发生空间上的位移。动态建筑表皮具有常规的建筑表皮所无法比拟的美学冲击力。



图 1 呼吸式幕墙

来源：谷歌图片

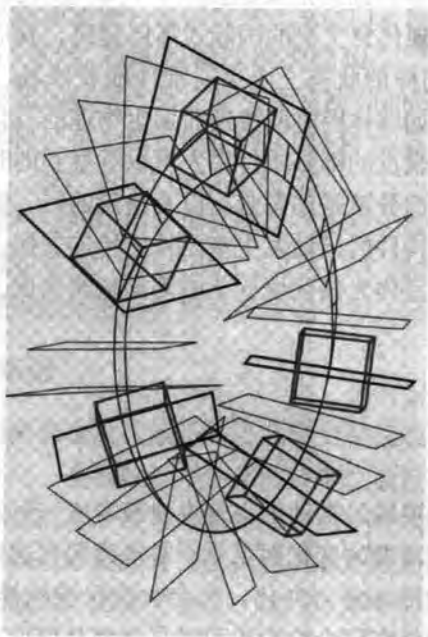


图 2 莱因哈特塔

来源：谷歌图片

1.3 商业上形象传播的需求

商业上的品牌形象传播的需求是动态建筑表皮陆续出现的重要助力。人们视觉上总是倾向于最先觉察到动态的物体，动态建筑表皮相对于传统静态的建筑立面而言更容易吸引行人的注意力，尤其是当整个街道都是静态的立面，其中某一处建筑表皮具有动态特征的

时候,更突显其与众不同。在商业逻辑中,注意力经济是毋庸置疑的一个商业规律。从另外一方面而言,动态建筑表皮的建成实例,其建筑性质多为企业的总部、重要的公共建筑以及品牌旗舰店等。形象传播的需求对动态建筑表皮的诞生具有决策上的推力。动态建筑表皮因其本身比较前沿,设计和制造成本暂时高于常规建筑表皮,只有强有力的理由才会推动相关方作出采用动态建筑表皮的决策。比如新近开张的上海复星艺术中心以及迪拜苹果购物中心(Apple Dubai Mall,图3),二者背后的业主都把建筑本身作为重要的品牌形象传播媒介。



图3 迪拜苹果购物中心

来源:谷歌图片

1.4 动态艺术的影响

数百年来,建筑和艺术之间相互影响。艺术流派往往对建筑设计有启迪和先声的作用。对于动态建筑表皮而言,我们同样可以在艺术中找到对应的动态艺术。动态艺术对动态建筑表皮的研究对后者的设计具有启示作用。早期的动态艺术品如1913年杜尚的自行车轮(Bicycle Wheel)和1920年加博的站立的浪(Standing Wave),二者皆为通过对日常物品重新改装重组而成。20世纪五六十年代是动态艺术的一个高潮,涌现了诸多作品,例如考尔德的有红点和蓝点的触须(图4)。这个作品后来曾经一度出现在世界各地的公共建筑的中庭顶部。当微风拂过,整个装置的稳态就会被打破,进入运动的不平衡和趋于恢复平衡之间的状态。当代动态艺术依然作品迭出。泰·奥扬森(Theo Jansen)制作一系列的可以依靠风力自己行走的动态装置,命名搁浅的怪兽;鲁本·马戈林(Reuben Margolin)以在达拉斯的希尔顿酒店中庭里设计的“Nebula”波浪状动态雕塑闻名于世;安东尼·豪(Anthony Howe)则设计了2016年里约夏季奥运会的主火炬旁的动态雕塑,在开幕式上惊艳世人(图5)。这些动态艺术品或成为独立的受关注的焦点,或成为所在建筑物的点睛之笔。所有这些动态艺术作品无不启迪着建筑师在设计实践中融入动态因素,借用动态艺术中已经尝试过的策略和形式,开拓动态建筑表皮的可能性。除设计实践之外,动态建筑表皮的分类理论研究也可以从动态艺术的分类中获得灵感。

2 动态艺术类型化对动态建筑表皮类型化的启发

动态艺术作品形式繁多,每个艺术家则往往致力于各自的有限的几个母题。艺术家在

各自母题框架下，不断地探索材料、几何等方面的可能性，从而衍生出一系列动态艺术作品。动态艺术家兼理论家乔治·里奇（George Rickey，1907—2002）曾经撰文为新作迭出的动态艺术作品分类，以大海上航行的船只可能发生的运动形态作比喻，从运动本身的类型的角度来为动态艺术划分类别。

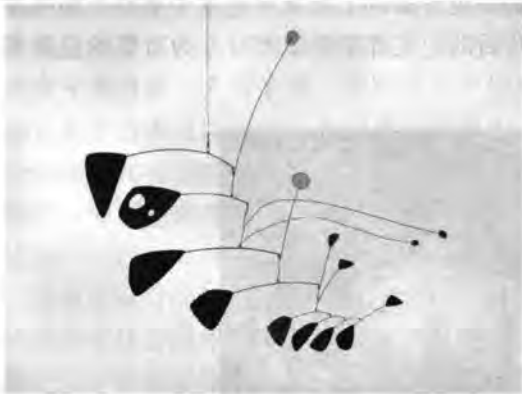


图4 考尔德有红点和蓝点的触须
来源：谷歌图片



图5 里约夏季奥运会动态雕塑
来源：谷歌图片

大海上航行的船可以前后移动，前后俯仰，左右转弯以及移动，上下颠簸，左右晃动。（图6）。本文对动态建筑表皮类型化的尝试亦从运动形态本身的可能性入手。在运动学中，刚体在笛卡尔坐标系的空间中可以发生分别沿着 x ， y ， z 轴的移动，也可以发生分别绕着 x ， y ， z 轴的旋转，有且只有这六个维度的自由度。每一种具体的运动，都可以解析为这六个自由度中的某个或者某几个发生的运动，一个或若干个维度上运动的复合。

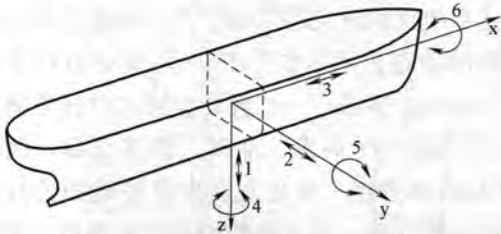


图6 船的运动分析
来源：谷歌图片

动态建筑表皮从构成材料特性大类视角划分包括刚体和非刚体的类别。刚体指在运动中和受力作用后，形状和大小不变，而且内部各点的相对位置不变的物体。绝对刚体不存在，只是当形变本身相对于物体尺度而已很小，我们这样抽象就具有工程学上的意义。构成材料可以划归为刚体类的动态建筑表皮占目前建成实例的绝大部分。这类动态建筑表皮同样遵循运动学上的自由度的相关规律。

由此作为切入点，我们得以暂时抛开具体材料、尺度、传动形式、几何形状等的差异，对动态建筑表皮的目前涌现出来的可以划归为刚体类的方案和建成实例进行类型化研究。

非刚体主要包括弹性材料、柔性材料，如充气式膜结构，帘幕类，以及智能材料，如湿敏材料等。非刚体类动态建筑表皮仅仅充气式和卷帘式已经应用于建成实例，其他类别多在研究阶段，设计实例也往往限于实验原型尺度。非刚体一类动态建筑表皮在本文不作展开。

3 动态建筑表皮的类型化研究

动态建筑表皮的研究的核心问题在于其基本动态单元的设计。此外，基本单元排布模式也影响着动态建筑表皮的整体效果和作用。本文关于类型化的讨论是基于对基本单元的类型化进

行讨论的。从上文乔治·里奇对运动学中概念的移用中受到启发,对于动态建筑表皮的研究也采纳运动学中对运动本身的研究的视角。此处我们把研究对象限于可以近似的视为刚体的动态建筑表皮构成材料。通过对动态建筑表皮基本单元的类型化研究,来对动态建筑表皮进行初步分类,从而为后续研究和设计铺垫基础。旋转和移动是两种基本的运动形式。

3.1 旋转

虽然目前为止,可供研究和分析的建成实例很少,但是我们可以显然的观察到,以旋转为运动方式的动态建筑表皮还是占了较大的比例。按照旋转轴水平、倾斜、垂直,旋转轴处于动态单元的中心或者偏心还可以划分为若干子类别。

旋转轴居中且垂直:例如墨尔本皇家理工大学设计中心(RMIT Design Hub),由Sean Godsell 事务所设计,2012年建成(图7、图8)。整座建筑四个立面为双层立面,外层由匀质的金属圆筒套磨砂玻璃圆片构成,内层为玻璃。外层的圆片直径为600mm,每片圆片用2个铆钉固定在水平的或竖直的铝制金属轴上。每个金属轴穿过在一个直径略大于磨砂玻璃圆片的镀锌钢圆筒上。每层楼的轴分为两段,一段贯穿3个圆片,一段贯穿4个圆片。其中,贯穿4个圆片的轴可以随着传感器感受到的内外环境的变化在马达的驱动下而带动圆片旋转,形成动态的表皮效果。

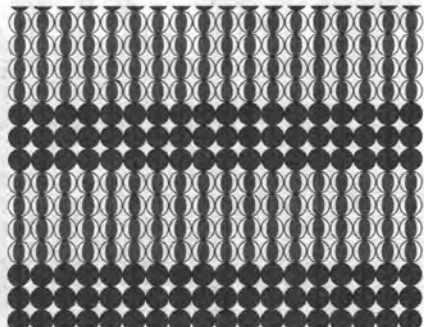


图7 墨尔本皇家理工大学设计中心

来源: 谷歌图片

图8 动态模式图示

来源: 自绘

旋转轴偏心且垂直的:典型代表是位于悉尼的萨里山图书馆和社区中心(Surry Hill Library and Community Center)(图9)。其北立面二、三层采用了整层高的竖向百叶。



图9 悉尼的萨里山图书馆和社区中心

来源: 谷歌图片

所有的竖向百叶在接近下端的位置安装齿轮，通过水平向传动轴上的齿轮带动竖向的齿轮。从而创造内部根据需求变化的光环境，也限定了内外观察的视线角度。

又如墨尔本议会大厦2号（Council House 2）（图10），其西立面设计考虑应对西晒的情况，采用了竖向错位布置的木格栅动态遮阳。上午以及阴天的下午，可以打开西侧动态遮阳，让更多的自然光进入室内，同时室内可以尽可能多地与室外有视线联系。西晒强烈的时候，关闭木格栅动态遮阳，避免室内眩光影响室内正常办公。木制的百叶，层层错位布置，在立面上形成一种具有美学效果的机理。



图10 墨尔本议会大厦2号

来源：谷歌图片

当旋转轴倾斜的时候，我们可以在软件中模拟出这种可能性（图11）。

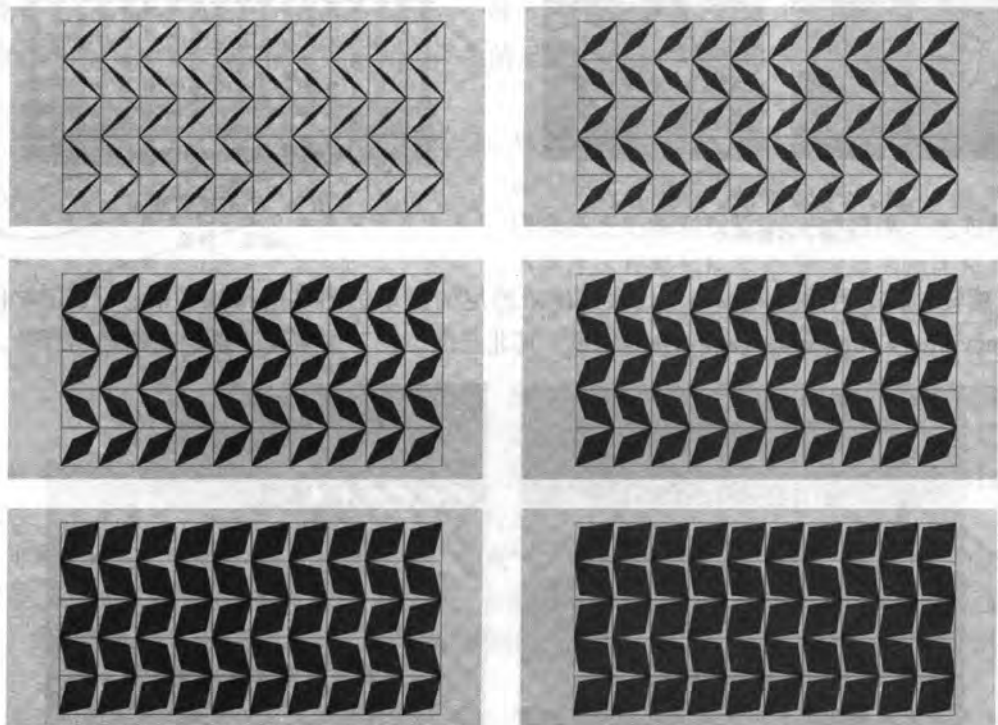


图11 旋转轴倾斜时候动态模式图示

来源：自绘

3.2 移动

移动是刚体运动的另外一种基本形式，在空间上可以沿着 x , y , z 不同轴移动。动态建筑表皮的移动需要某种形式的对运动方向进行约束的构件，比如滑轨等，在滑轨的约束下，移动就会衍生成滑动的运动方式。常见的推拉窗、推拉门，都属于在滑轨的约束下移动的例子。此处我们关注常规之外的具有美学效果的移动。

Tessellate™是一种金属动态表皮产品（图 12）。由 Zahner 于 2008 年研发，用于安装在建筑表皮或内部隔断位置上。比如在新石溪几何与物理中心的建筑表皮上。它通常由三到四层构成，每层金属薄板镂空成重复的规律性的图案，当所有层完全重叠时候，透光率等于其中一层的透光率，达到最大；当逐层移动错位，透光率减小，同时形成丰富的动态的图案。每一层金属板与一个隐藏在边框内的由微处理器控制小马达连接。其运动模式可以为每分钟移动一次，也可以每小时移动一次，还可以根据采光遮阳的需求而移动。Tessellate™可以适应各种几何形状的建筑外表皮，单元的形状可以按照建筑表皮单元的尺寸而定制，同样，其上面的金属镂空图案也可以根据业主的需求，以及当地的传统文脉特征性图案而设计。

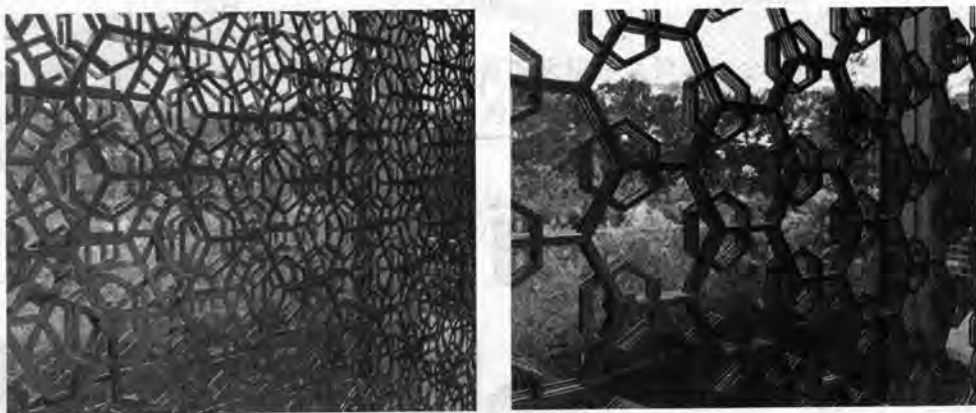


图 12 Tessellate™

来源：谷歌图片

上述以移动为运动方式的例子的抽象原型是原本图案相同的数层表皮构件的重叠，层与层之间发生错位的移动，从而带来丰富的动态效果，兼具遮阳的作用。每个层的构件都处于相互平行的一组参考面内，包括其运动状态也处于各自的参考面内。层与层之间的相对移动幅度是有限的，当移动到一定距离后，就会逐渐复原到初始的位置。而下一个以移动为运动特征的动态建筑表皮例子较为特殊，它的设计结合了“层”和滑轨的理念，使得运动构件处于闭合的环状层中。

上海复星艺术中心，由 Heatherwich 和 Foster 事务所合作设计，2017 年开放（图 13）。三层倒垂的铜质立面“竹帘”可以沿着顶部的滑轨，按照不同速率和方向滑动。由于每一层“竹帘”下端长度不等，故而“竹帘”端头呈优美的曲线排列，当三层“竹帘”错位移动的时候，下端的轮廓曲线便开始起伏变化，呈现动态的效果。

3.3 移动和旋转的简单复合——折叠

建筑语境下的折叠一般指由两个或数个面板状构件，能在边的位置以折页等铰接的方



图 13 上海复星艺术中心

来源：谷歌图片

式绕轴旋转。折叠面板状构件，一般其中一端是固定的，另外一端是自由的，相连接的面板可以在一定的约束下边旋转边移动，这种约束通常是水平或竖直方向上的滑轨。因而折叠的运动对应的建筑构件其组成部分一般包括滑轨等方向约束构件（图 14）。

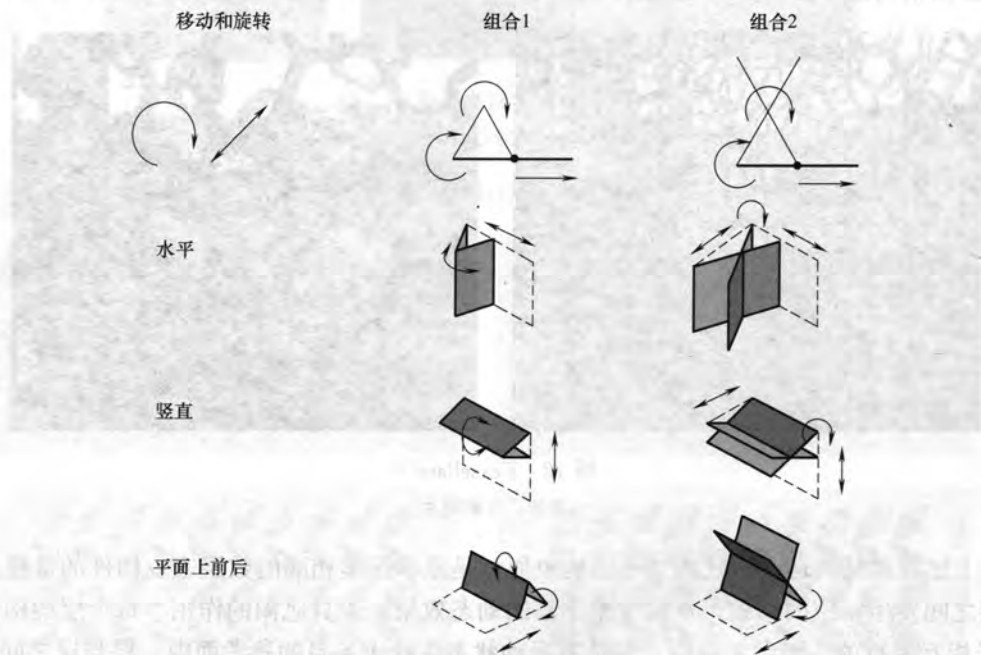


图 14 折叠的解析

来源：改绘自参考文献 [3]

需要区别的是，在折纸中，折叠是非常高频使用的一个方法，但是折板建筑的折叠，和此处的折叠，虽然都描述了同样的运动，但是折板的折叠通常都不是多次可活动的，而是一次成型，固定不动。折板的折痕一旦多次往复，将在折痕处断裂。

下文以基弗技术展厅（Kiefer Technik Showroom）的动态立面说明。

基弗技术展厅由奥地利 Ernst Giselsbrecht 事务所设计，2007 年建成（图 15）。该展厅南立面为双层立面，间距 60cm。其外层遮阳系统由 112 块高反射率浅色金属板构成，折叠的金属板一端固定，一端可以沿着竖向的滑轨上下滑动。每块金属板尺寸 200cm ×



图 15 基弗技术展厅

来源：谷歌图片

96cm。南立面共 14×4 共 56 组折叠单元。每组两块金属板由一个马达控制，共 56 个小马达。使用者根据需要控制外遮阳的开合，为室内创造舒适的光环境，也可以按照自己的意愿为展示中心创造多样的表情。

该立面并不跟随气候或者光线的变化而变化，而是完全由使用者控制。使用者可以同步控制所有的折叠金属板的运动，也可以单独控制任何一组，或者选择不同的图案类型。控制系统设计较为简洁，是动态建筑表皮领域很经典的一个建成案例，也为设计师赢得无数荣誉。



图 16 Milsertor 服务中心

来源：谷歌图片

上一个折叠的例子，所有“折痕”都是水平的，下一个例子，所有“折痕”都是垂直的。Milsertor 服务中心（The Milsertor Service Centre）于 2008 年建成，由 Orgler ZT GmbH 事务所设计（图 16）。每一片可动的遮阳板都由 6mm 厚的白色树脂玻璃构成，在关闭的时候，也允许漫射的光透射进入室内。每 2 片构成一个折叠组，竖直方向上 8 组构成一个折叠滑动单元，其折叠方向内外相间，交错的形式丰富了建筑立面表情。折叠单元上下有导轨约束，单元的一边固定，另一边可以在约束之下，沿着水平方向移动，同时带

动折叠部分开合。电机固定在下层导轨的一端，并且通过传动齿轮，把动力传动到上层导轨，使得折叠单元上下同步滑动，避免出现倾斜或者扭动变形（图 17）。

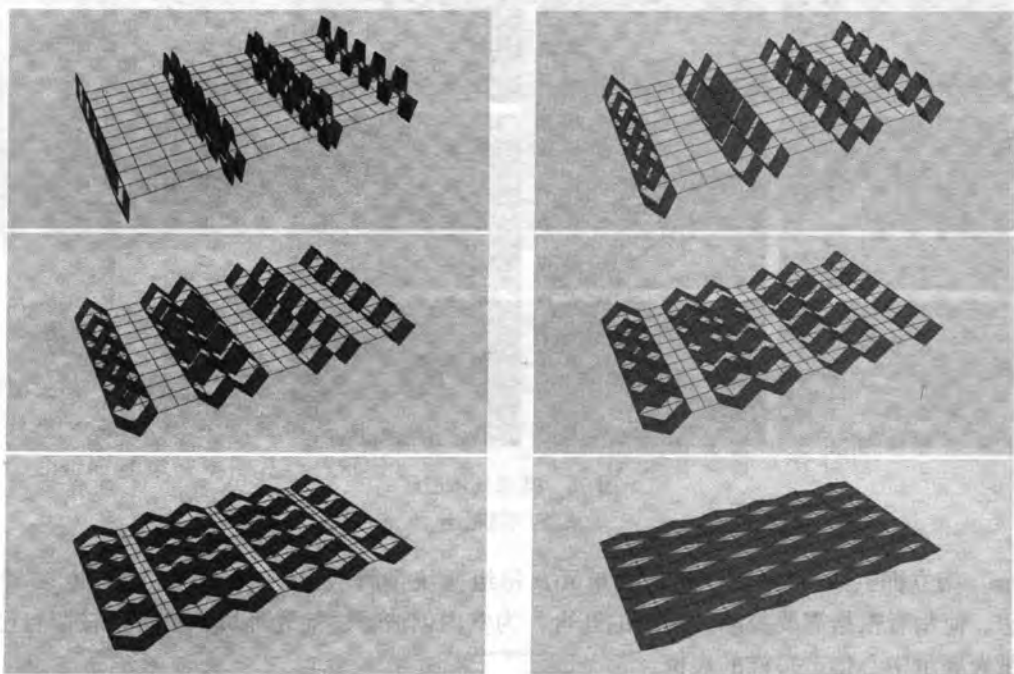


图 17 Milsertor 服务中心动态模式图示

来源：自绘

3.4 旋转和移动的多重复合：伞状折叠结构为例

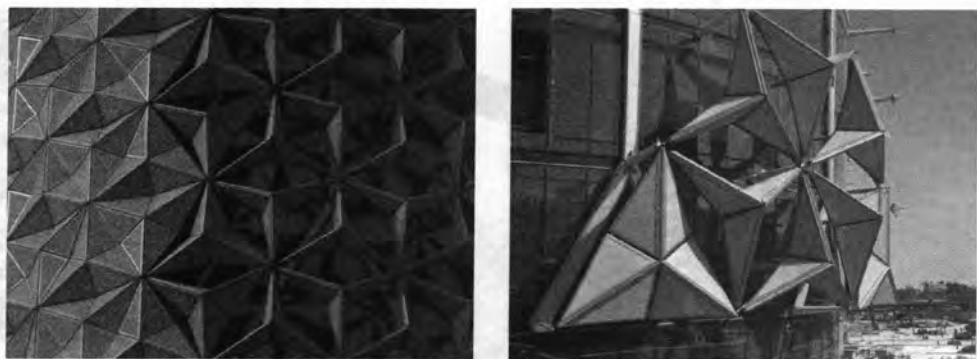


图 18 Al-Bahr 塔

来源：谷歌图片

折叠本身是移动和旋转的简单复合，多个折叠运动之间的复合就可构成伞状结构的开合运动。

伞状结构的一大特点是组成构件数量多，相互之间联动的位置多，同一基本单元内的构件在空间上有不同的运动状态。伞状折叠结构动态表皮是一种对动态特征的概括，其具体的组构方式存在多种。位于阿布扎比的 Al-Bahr 塔的动态表皮为伞状折叠结构的例子，该项目于 2012 年建成（图 18）。Al-Bahr 塔的动态单元分布在棱形曲面表皮上，每个单元

并非正三角形，而仅仅是通过一定的几何划分，使其尽可能的接近正三角形。其基本动态单元为六个小三角形构成的大三角形。大三角形重心的位置设置有电动推杆，可以产生垂直于大三角形顶点所确定的平面的往复移动的动力。六个小三角形的最小角顶点沿着滑轨发生靠近或远离大三角形顶点的移动，同时发生旋转；或者可以视为两两相邻的小三角形发生沿着相邻的边折叠，有3条凸“折痕”，3条凹“折痕”，共有六条“折痕”。可以自然的推想到，当存在4条凸、凹“折痕”的时候，新构成的伞状折叠动态基本单元则由三角形变为矩形（图19、图20）。

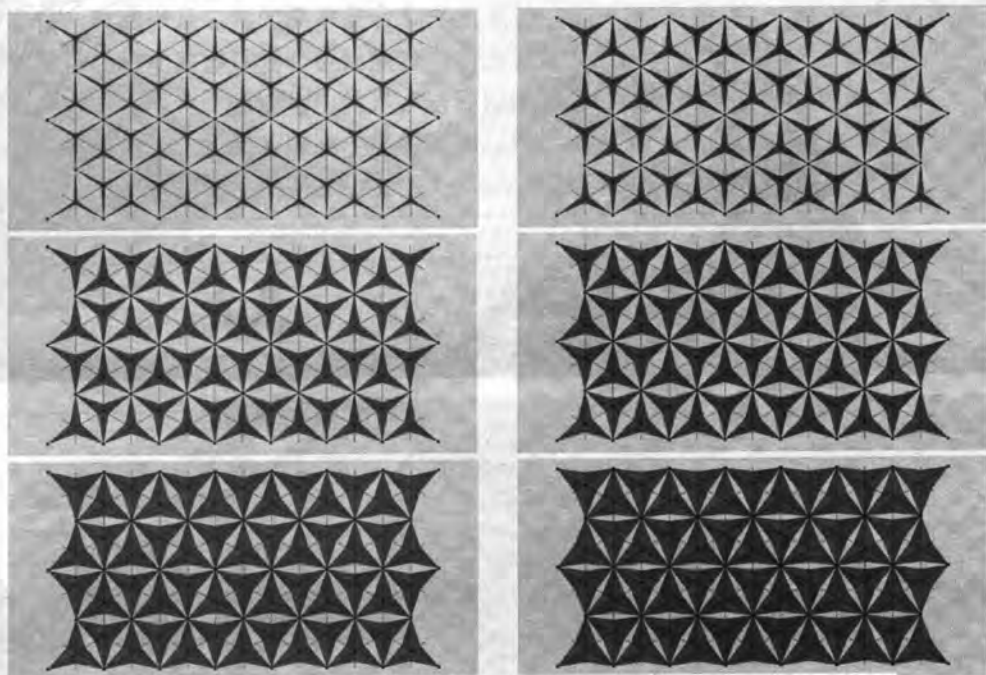


图19 Al-Bahr Tower 动态模式图示

来源：自绘

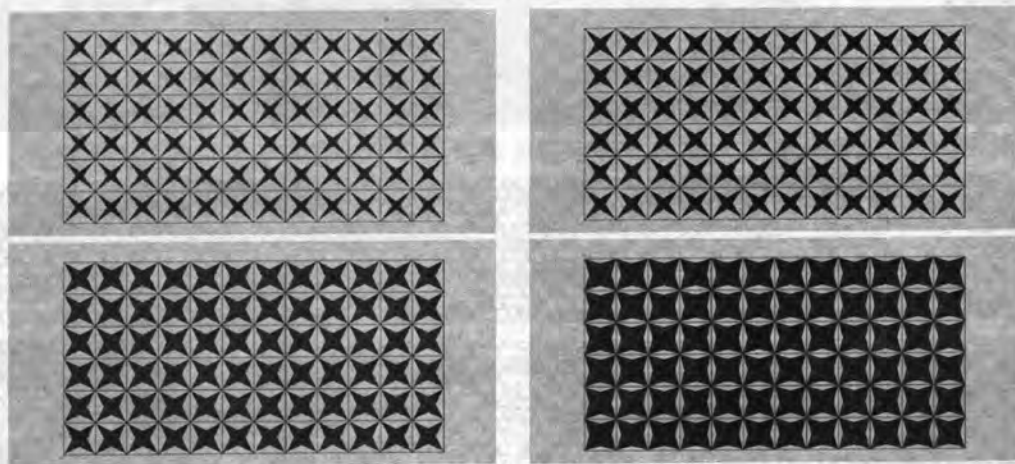


图20 Al-bahr 塔伞状单元变体

来源：自绘

4 设计实践

笔者所在团队 2016 年参加了上海新图书馆国际竞赛投标设计（图 21），在数百家参赛团队中入围初选范围。图书馆表皮就采用了基本单元为三角形的以旋转为运动方式的动态单元。在每个等边三角形基本单元中，以三条边为轴，采用全等的钝角等腰三角形作为

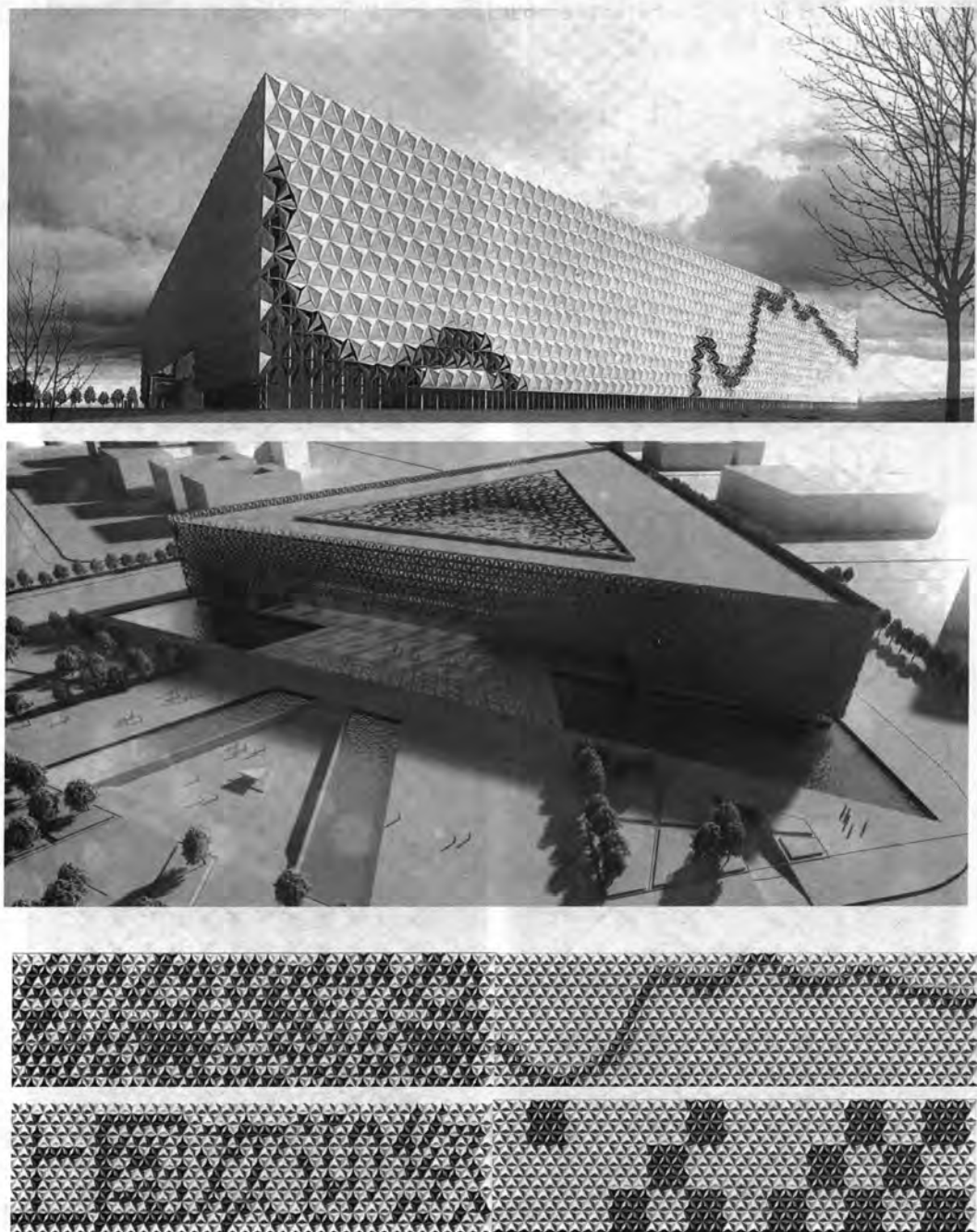


图 21 上海图书馆新馆竞赛方案









来源：张自鸣、作者绘制

单元运动面板，创造动态单元的开阖效果。建筑表皮可以综合天气的变化和室内的采光需求进行开合，从而尽可能的为室内创造愉悦适宜的光线气氛。同时，像素化的动态建筑表皮可以映射出文字、黄浦江河道走势等信息，充分展现城市公共建筑应有的标志性、文化性、互动性。

5 结语

综上所述，材料构成可以近似视为刚体的动态建筑表皮的类型可以划归为有限的几种：旋转、移动以及二者的简单复合和多重复合（表 1）。折叠为二者的简单复合的一个特例。旋转和移动的多重复合也伴随着的动态建筑表皮构件的多样化，可能构成更为复杂的动态建筑表皮单元。需要指出的是，这种构件数量的增多也是有限的。因为构件数量过多会带来摩擦增大、机械故障率变高等附加问题。

刚体类动态建筑表皮类型化研究小结 表 1

刚体类动态表皮类型	运动构成简图	实 例
移动		
旋转		
简单复合——折叠		
多重复合		

来源：作者自绘

在这个变化的时代，建筑也在不断地被重新定义。表皮作为建筑空间内外之间的界限，以动态的方式为建筑带来新的可能性。动态建筑表皮的产生有着多重动因，对建筑表皮生态性的主动调节能力的探索、设计师对动态美学的追求、传播学意义上的商业考虑以及动态艺术的启迪，都构成了催生动态建筑表皮的因素。建筑师需要向动态艺术家学习，把运动本身通过设计的、机械的、自动控制的手段融入建筑设计当中，以突破静态建筑概念的藩篱。借鉴动态艺术的分类研究，从运动学的视角出发，有助于理清在材料、几何、尺度变化不一的案例中具有共性的类别，进而为动态建筑表皮领域后续的设计与研究提供有益的参考和基础。

动态建筑表皮设计即将成为一种小众但是充满挑战的潮流，抵抗传统静态美学是它最鲜明的特征。动态建筑表皮的设计过程，也是一个多学科交叉，吸收融合其他学科成果拓

展建筑学边界的过程。

参 考 文 献

- [1] Fortmeyer R, Linn C. Kinetic Architecture: Designs for Active Envelopes [M]. Australia: The Images Publishing Group Pty Ltd., 2014.
- [2] Velasco R. Dynamic Façades and Computation: Towards an Inclusive Categorization of High Performance Kinetic Façade Systems [C]//16th International Conference, CAAD Futures 2015: 172-191.
- [3] Schumacher M, Schaeffer O, Vogt M-M. Move: Architecture in Motion—Dynamic Components and Elements [M]. Berlin: Birkhäuser, 2010.
- [4] Moloney J. Designing Kinetics for Architectural Facades—State Change [M]. USA and Canada: Routledge, 2011.
- [5] Rickey G. The Morphology of Movement—a Study of Kinetic Art [J]. Art Journal, 1963, 22 (4): 81-115.