

从标新立异到集成运算化设计¹

高岩¹ 朵宁²

(1. 高岩, 香港大学建筑学院建筑系, 中国香港 2. 朵宁, NoDE 总监, 中国北京)

摘要: 集成运算化设计扩展了运算化设计的建筑实践, 从关注形式, 转向整合设计资源, 目标是做出更加可信赖的设计决定。这也许是第一次, 建筑行业在其自身内部寻求创新的动力。集成运算化设计提倡对于功能、适用性、创新、效率和美学的综合性解决方案, 这一过程以数字工具为基础。我们应当放开眼界, 把重心从对于形式的关注转移到运算化工具在建筑项目各个环节的综合运用当中。创造力可以被表面的几何形态所表达, 也可以被不可见的建筑内部机制所体现。

关键字: 运算化设计、可持续性设计的三个维度、集成设计、片断化处理、形式几何的内在逻辑
社会文化的运算化诠释、优化生成

Abstract: Synthetic computational design extends the application of computation to architectural industry from focusing on creating innovative forms and spaces, to engaging with the entire process of an architectural project in order to make appropriate design decisions. Architectural industry is now driven by research within its own discipline. Synthetic computational design proposes comprehensive solutions to functions, fitness, innovation, efficiency and aesthetics through the embedding of digital design systems. We should shift our intentions from creating expressive forms, towards an immersion of computational apparatus into every aspect of architectural projects. Creativity does not need to be embodied only through visible forms, but can also be manifested in other less visible actions and procedures of architectural production.

Keywords: computational design, 3 dimensions of sustainable design, synthetic design, segmented operation, inherent logic of form, optimized generation, cultural and social reflection in computational design

¹ 2010 年 5 月

作者简介:

高岩

清华大学建筑学院学士, 英国 AA 建筑协会学校硕士

香港大学建筑学院助理教授

英国皇家建筑师学会注册建筑师

英国 AA 建筑协会学校北京访校主任

NoDE 创始人之一

Ocean 设计咨询公司设计总监

朵宁

清华大学建筑学院学士, 英国 AA 建筑协会学校硕士

中国一级注册建筑师

NoDE 设计总监

“设计师发现他自己面临一个特定的历史处境中，某些具体问题的重要性在减弱。他针对这种情景做出特定的设计决策反应，然而这种反应在改变待解决设计问题的同时，又制造出新的问题。”¹”

在二十一世纪，我们不断引入新的思考和行为方法，这些方法来源于新科技的发展。技术可以被理解成是各方面技术领域理论的集合。在设计和生产领域同时投入应用的数字化工具对于两个方面都造成了巨大的冲击。参数化设计(parametric design)，或者进一步说，运算化设计(computational design²)，作为可持续发展设计的途径之一，展现出新的希望。有意思的是，这两个领域在近日才开始彼此对话。第一代数字技术的建筑师，例如 Greg Lynn, Frank Gehry 和 Zaha Hadid, 他们开拓了数码设计的全新领域；接下来的第二代则从建筑设计的各个领域探索数字化工具的应用；而新生代难以计数的年轻设计师们，在大规模的应用这些工具的同时，也催生出更切实的新设计议题。

第一代和第二代数字化设计师们已经证明了新技术的应用不再是海市蜃楼，直接一点的说法是：只要想得到，就能盖出来。所以面对新一波设计师的问题就是：当我们能够盖任何东西时，我们应该如何设计？如果先驱们已经投身于创新，那么当前摆在建筑师面前的问题就是如何把这个创新转化为集成性的设计解决策略。

什么是集成运算化设计？

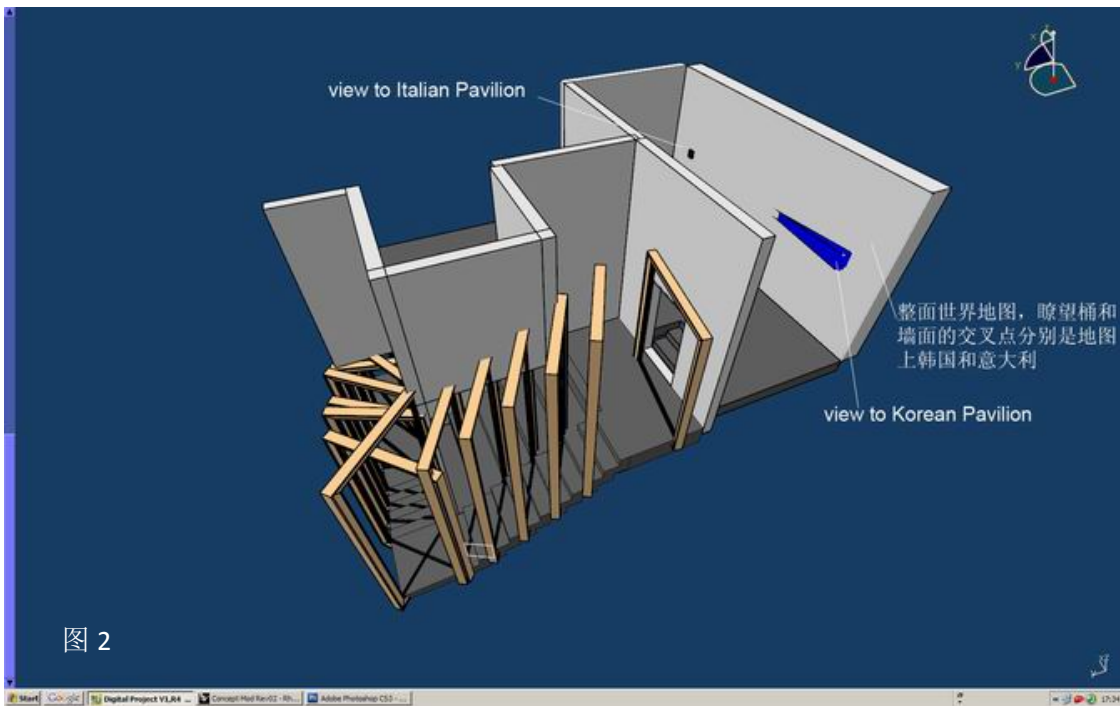
为了解什么是集成运算化设计，我们先来考量什么样的运算化设计不能被划入集成设计的范畴。根本上来说非集成类运算化设计偏重设计过程的某个环节，比如新形式，新类别，新原型，相对于集成运算化设计的多重层面，基本上是单一层级和局部剖面。这种设计方法把建筑项目的复杂网络体系分解为片段。集成运算化设计在数字平台的基础上涵盖更为广泛的方面：不光是形式和空间，还有设计信息的沟通和互动；不光是形式生成和自动化执行，还有形体优化和设计评测；不光是数量和质量控制，还有风险管理和造价控制；不光是美学，还有效率；不光是耐久度，还有灵活性；不光是创新，还有适用。集成运算化设计不是妄图，也不可能穷尽一个项目的每个方面，关键在于初期筹划项目的复杂集成，然后运用数字化工具切入制高点，以此来连接项目的不同层面。一个集成式的态度是至关重要的。

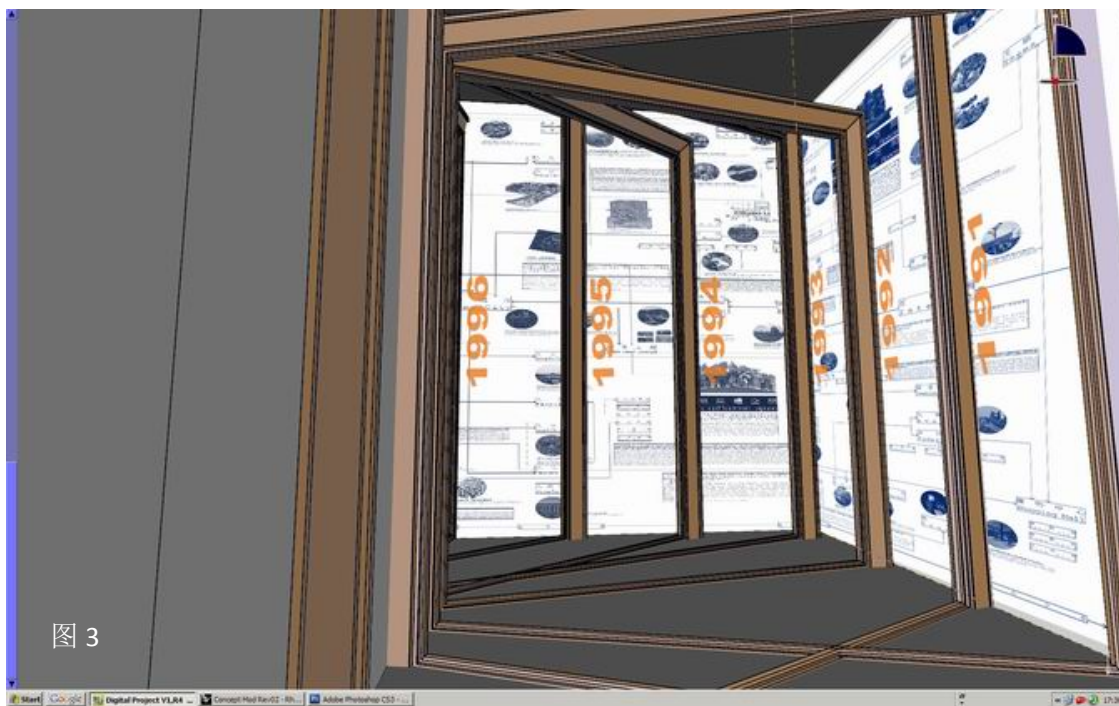
但是，光有一个集成统筹的考虑是不够的。各种交叉学科的知识应当通过数字化的运算工具在同一个可量化的平台上整合起来，在这个过程中各种输入被量化和转译成能被提供输入的更各方所共享的数据。设计决策应当建立在对这些不同途径输入的集成考量平衡当中，而不是片段化的武断决定。

第三点，集成运算化设计应当考量社会和环境因素的影响。这种考量有多重意义。环境因素比较容易理解，有一系列已经比较完善的物理环境评估系统，比如 LEED, BREEM³等等。这方面本文就不展开讨论了。笔者更愿意关注社会方面的设计考量。一个集成式的设计不应当完全建立在设计者强烈的自我意识上，它应当是一个对于错综复杂的文脉的反应，在这种对话的基础上更新原有的文脉。建筑形式很难逃脱一个文化和场地环境的隐喻表达，极端的情况就是象征性。“在这个一体化的世界中，信息的沟通反而变得危机四伏，因而重新建立象征意义成为最为基本的要务。。。建筑，各种的建筑，应当在这个全球化浪潮中立足于象征意义，在流动的空间中确保归属感。”⁴ 象征性建筑，或者标志性建筑，通过其独特的外表来定义地方性的新文脉，它在一个同质化的城市环境中起到一个重要作用。部分的评论和批评建立在这种标志化的建筑体型上，但是这种批评应该更多地针对建筑的公共空间部分和大城市空间流动之间的脱钩上，而不是形体本身。

建筑形态作为文化表达的一个重要方面，在这个信息社会变得越来越重要。运算化工具和设计为建筑师提供了非常有利的工具，用来跨越不同风格和其背后的主观创造惯性，以此来为真正的创新提供可

能。这些工具同时把设计过程从肤浅的拿来主义形式模拟提升到一个全新的境界，即对形式的逻辑得到进一步的理解，因此建筑知识和其象征意义得到紧密的整合。自然生成的形式来源于设计者的特定设计意图和相关学科框架限制的沟通，设计者需要在这种链接的过程中学习如何运用工具结合，并获得针对最初意图的设计信息反馈。一言以蔽之，集成运算化设计会创造出更有意义的标志性建筑。





如上海世博会城市实践区深圳馆大芬村村史部分的室内装置概念方案(图 1、2、3)，我们把整个空间作为一个装置来处理，采用大芬村（全国最大的油画村）中的已有元素——画框作为文化象征性的形式表达，通过利用运算化设计的编码，建立了一个从无序（画框交错的角度）到有序（画框趋向平行）的空间序列，暗示了大芬村史从自发性到有组织管理的发展历史。画框的集成数量同时对应年代，营造了一个有框无画，人在画中游的类似“时光隧道”的空间体验。

为什么采用集成式设计？

科学中的简化还原论在上个世纪占据统治地位，这种方法论相信通过研究各个局部，就可以完全理解这些局部的总和——系统集成。很明显，在实验新技术的时候，我们只能在某一时刻解决某一具体问题。实验性设计通常不能做到整体性，因为其本身要求注重在复杂的项目中只能关注某一方面，以此来获得局部的创新突破。但是，实验性建筑设计推动集成设计不可或缺的一个篇章，因为明白分化的个体，是把握整体的前提。

今天我们生活在一个互相链接的世界中。在这些链接中，联系的多重性和互动的复杂性比起个体本身更加具有意义。因此分化一个建筑项目的各个部分，希望借此来理解这些局部组成的整体变得不再可能；而在一个项目提议中穷尽有关项目文脉的所有方面，也是不够现实的。但是我们可以通过不同学科的交叉，不同知识的撞击，来整合和最大化设计的整体性，而这种整合在数字化平台上变得更加有效率。这种态度的一个类比就是东方医学和西方医学的对比：西医注重表象的痛楚感，而中医研究导致疼痛的人体经脉循环系统。西医见效快，但是副作用强而且不能够治本；而中医疗效缓慢，但是副作用小且通常作用于疾病的根源。很明显，中医的方向是长效性的，因而更具有可持续性。集成式设计也是这个道理：对于建筑项目的理解是一个复杂网络，对于具体问题的处理是牵一发而动全身。

直到现在，还有很多讨论，认为运算化设计只是针对造型夸张且造价昂贵的那些方案。这些批评通过表面上的不规则的外形来评判设计结果，但无法认识到运算化设计的过程意义，思考方法，建造手段

和质量控制，而所有这些环节都是通过运算化工具的应用得以链接和实现的。运算化设计已经从沉迷于表面形式的游戏发展为对于建筑的整体设计和使用跨度中的智能、效率和自动化的考量。一针一线 的紧缝密补，整体式设计在逐渐渗透到建筑工业的各个方面，早已经超越了表面的形式和空间游戏。

集成运算化设计和可持续性发展

没有人怀疑可持续性发展设计是二十一世纪的主题曲。创造一个可持续发展的人居环境，不仅仅满足人类当下的需求，还需要考虑到我们的后代。这种理念正在变得如此深入人心，不久的将来不会有人再认为这种设计是额外的考量。我们认为运算化设计也必然走上这个方向。运算化设计的核心是优化，这与可持续发展设计的本质息息相关，例如能源消耗的最小化和建筑效能的最大化。我们应该尽快建立可持续发展设计和运算化设计的桥梁，前者是设计意图，后者是技术与方法。

可持续性发展设计有三个维度：环境可持续性，经济可持续性和社会可持续性。简单说来，环境可持续性通过平衡物质能源消耗和人类活动产生的建筑排放，来关注生态环境的可持续性发展；经济可持续性则围绕着把自然环境作为经济的外部性 (Economic Externality)，寻找良性发展的机会；社会可持续性着重于未来能具有同现在等同的社会资源。这三个维度都紧密围绕着建筑行业，因为建筑行业占全球碳排放总量的 40%，同时消耗了大部分的原材料。

可持续性发展已经被关注了很多年。在欧洲的很多国家，例如英国，芬兰，挪威和德国等国，可持续发展都被纳入建筑行业规范。在过去的十年中，很多相关产品被研发出来。但是，在大部分可持续发展设计中，还存在三个根本性的问题亟待解决。

问题 1：片段化处理

在建筑可持续发展设计中，只有社会，经济和生态因素被统筹考虑，才有可能达到满意的结果，否则可持续性设计容易变成脱离现实的面子工程。在当下也许能够满足气候的要求，但是当地社区的利益和经济动荡的优先性随时可能超越设计初衷。只有集成式的设计态度才能够在三个维度平衡可持续性发展的需要。这意味可持续性设计本身也需要更可持续，或者说前瞻性的考虑。这一方向只能以数字平台来整合各方面设计因素，将其量化为数据，输入运算化模型中集成协调。

例如港澳珠跨海大桥香港口岸的概念设计，是我们在运算化平台上综合考虑多方面的一次尝试。项目基地位于比邻香港国际机场的填海人工岛上，四下空旷，因为地处飞机起落的航线上，它有严格的高度限制。我们的初衷是创造一个地标光塔，它光彩斑斓、形态舞动，无论从陆地还是海上，空中还是山上，看上去它都会成为一个令人过目难忘的香港门户（图 4）。

如果把人流和车流比喻成水流，那么关卡就像一排溪石，过滤并疏导流过它的“溪水”，而非阻断妨碍其通行（图 5）。这个新的地标，并非出于哗众取宠的形式追求，而是源自我们对于流体系统、空间形态和视觉效果的科学、艺术的探求。至于我们的历史情结，可以归结于人类对于流水几世纪不减的热忱。从以达芬奇为代表的文艺复兴时期的艺术家们对于水流的动态空间效果的执著追求，到中国传统书法和水墨画的绵绵运笔，以及不同文化对于流体媒介、墨水、水彩画的延承，都体现了人们企图通过静止的形态，凝固动态现象的渴望。



图 4

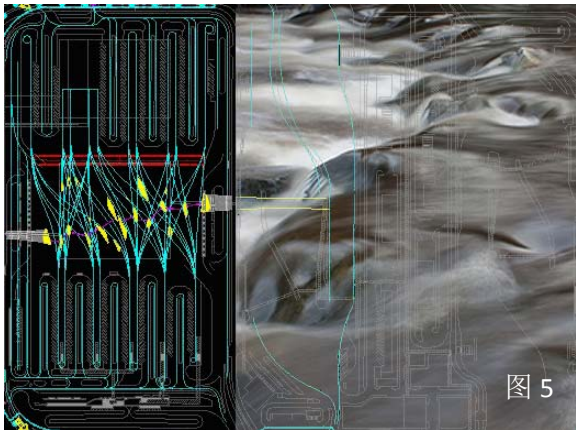


图 5

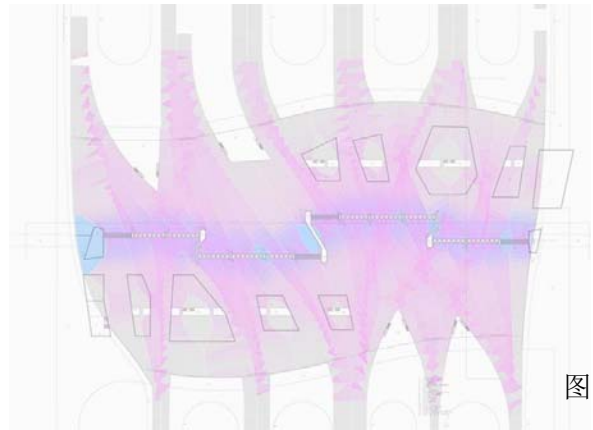


图 6

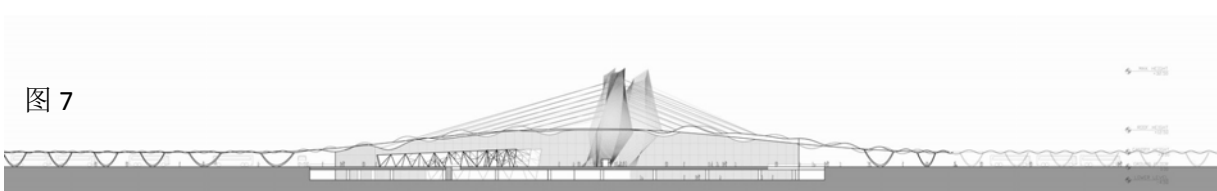
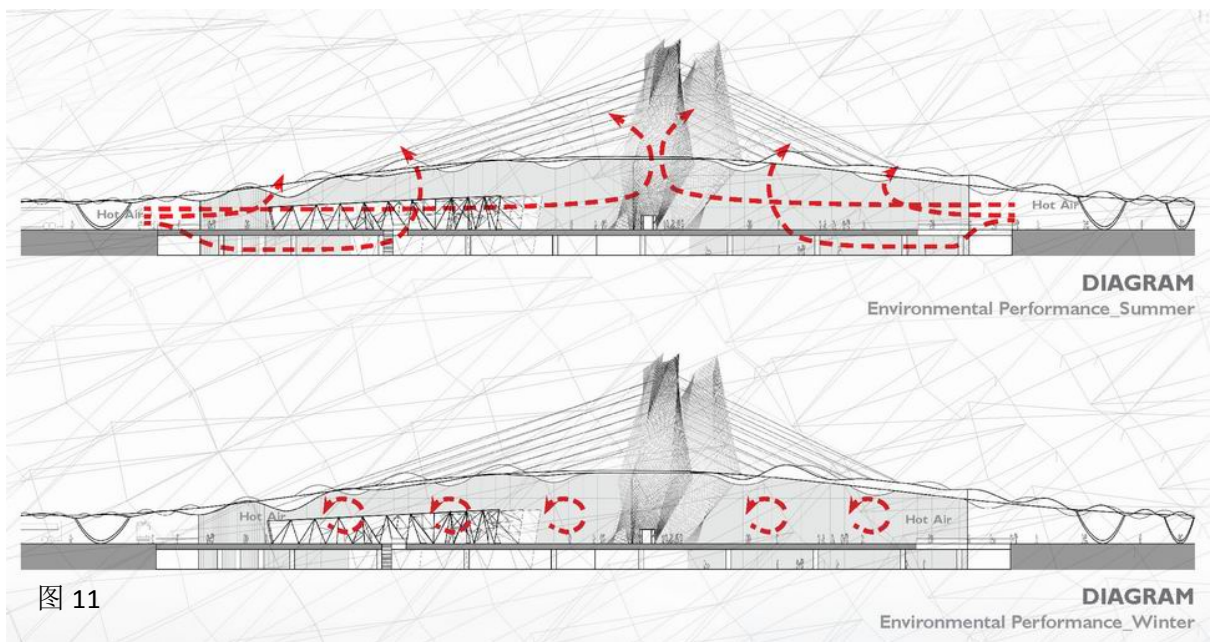
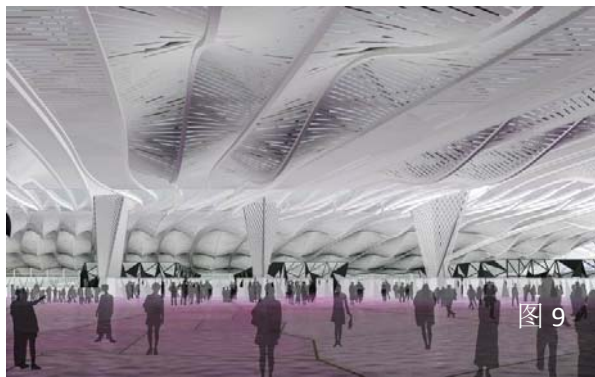
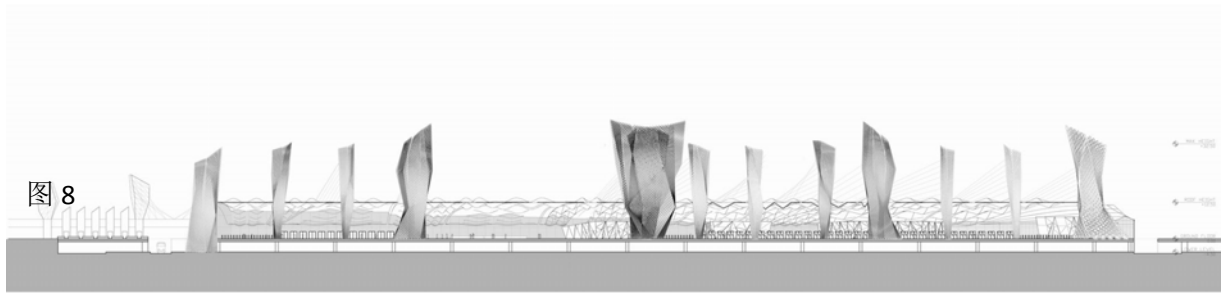


图 7



为了突破对于“海关”——这个作为权利监管终极象征之一的屏障形象，考虑便捷通关的心理和功能需求，我们强调建筑的穿透性，通过把建筑主体和车站雨篷这两种不同类型、体量的形体融合成一个连续的大屋顶，延伸了建筑的力场，同时模糊了建筑本身突兀的形象（图7）。同时，集中塑造边境线上的竖向结构，通过大面积横向和点状竖向的对比，在已有高度的限制下，强化竖向“灯塔”的标志性。这些“巨石”灯塔（图8），犹如一系列阀门，减缓并引导人流迅速通过；它们同时展现了一

种开放性和渗透性，迎接和目送进出香港的人们，弱化边境的隔离感，强调友谊和交流，展现海纳百川的新边境形象。

此方案把原有提案在基建和边境程序方面的图解关系，作为形态系统设计的固定参数。步行过境的流线被重新组织，使得入境和离境安置在地面层而非原有的两层，同时把办公等辅助用房全部移到地下。通过两侧的下沉空间，在满足地下工作空间通风采光的要求（图6）同时，影射了“过境”犹如“过桥”的心理暗示。这样布置，除了充分利用了自然光满足大空间采光的需求，另外一个好处是，可以让连续的屋顶完全暴露于过往人流的视线中，让人们清楚的望到目的地（图9），而不是像已有的过境大楼（比如深圳罗湖口岸）那样，完全靠指示牌的指引才能疏导人流。沿途我们还设计了一些列相关的空间、视觉和结构效果，强化一种崭新愉悦的过境体验。集成来讲，我们着眼于三个不同尺度的物料组合上，即支撑屋顶的结构构件、处理过境人流和车流的岗亭、以及为未来进一步开发设定的构筑物。

运算化编码在这个方案中的应用，主要体现在生成屋面构件的局域变化（图10），从而控制全局有序的渐变模式。进一步讲，我们通过区分屋顶构件的节奏和波动起伏尺度的变化，以及颜色浓烈程度和色相的不同，营造了过境前、过境时与过境后的相异却连续的空间氛围。波状起伏的结构元素在跨境前承载着屋顶的负荷，待到“跨境时”的建筑室内时，便转换成为由缆绳悬拉的无柱大空间。通过对于屋面构件的尺寸、形状、方向和颜色的参数化控制，日光可以有效的照进建筑内。舞动变化的屋面，配合位于关卡线上“巨石”般的竖向承重通风体块（图11），这个方案必定呈现一个令人难忘的跨越香港边境的动态空间体验。

问题 2：建筑空间和几何形体的内在逻辑缺失

建筑的物质属性决定了很多可持续性设计的考量集中在建筑材料、能源消耗和供给、建造方法等方面。设计实践变成在设计形体之后选择正确的材料，把这些材料安置在合适的框架之内。建筑设计的时间和形式变得与材料脱节，后者业主根据材料供应商的条件解决。设计在工程后期必须要频繁修改，以适应建筑材料的限制。这样的工作流程严重耽搁了设计时间和能量。

在这个信息过剩的时代，新材料不断的涌入建筑市场，建筑师不能再担当起熟悉每种材料的工程大师的责任；相似的道理，完全洞悉不断复杂化和分散化的建造方法也变得日益困难。建筑师最终只能控制受各种参数影响的集成空间与形式。当建筑师开始最初的几何大形草图时，他们有可能加入可持续性发展设计的考量么？相对于一般的从设计生成到优化的过程，有没有可能让优化发生在设计的第一时间，或者优化指导着生成过程？

为了达到这一步，必须要设立规则来引导几何形式的生成，而这些规则应当嵌入回应优化标准的参数，来为后期的深入作为铺垫。一个有意义的几何形式，应当在回应社会，经济和环境限制方面更加有效。这比一个徒具表现力但并无实际意义的体型要更加有意义，因为后者在一个媒体泛滥的社会中即刻会贬值，或者被更引人注目的体型所超越。笔者提倡的有意义的几何形体，不意味着回到现代主义的简单几何形体：在一个全球化和地域化交错拉锯的文脉环境中，有意义的形式意味着创新来源于两者的互动，即通过调动全球资源让设计植根地域文脉。

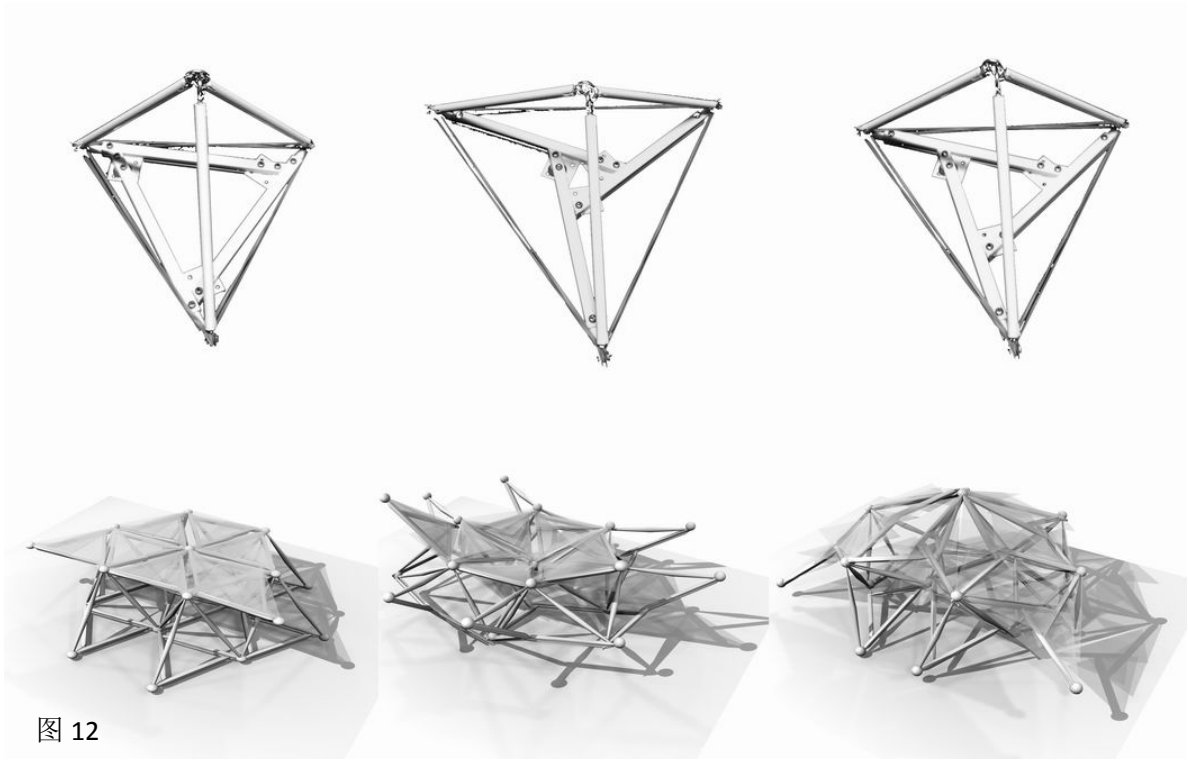


图 12

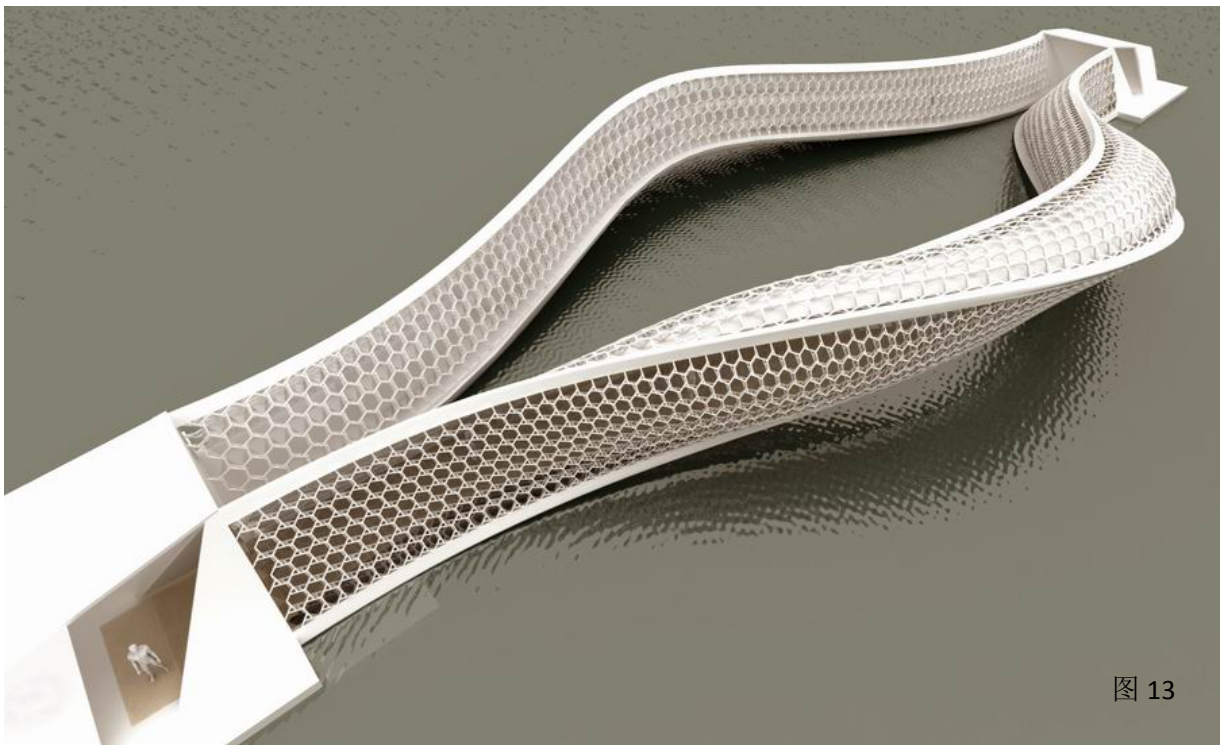
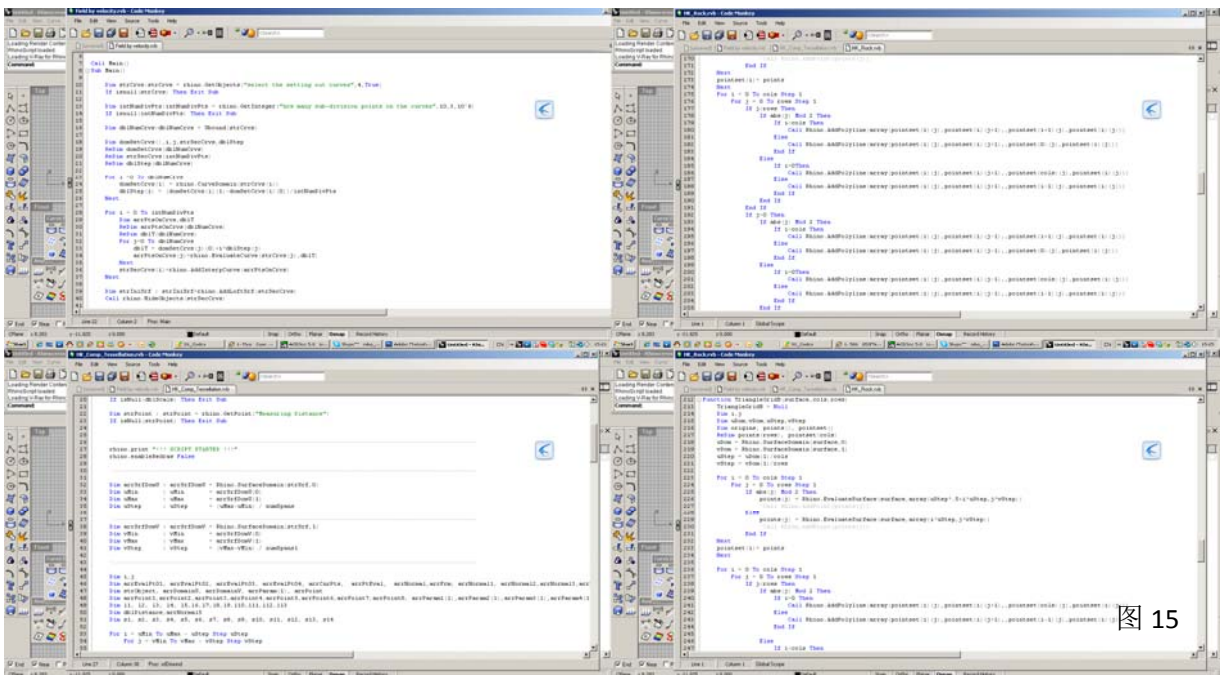
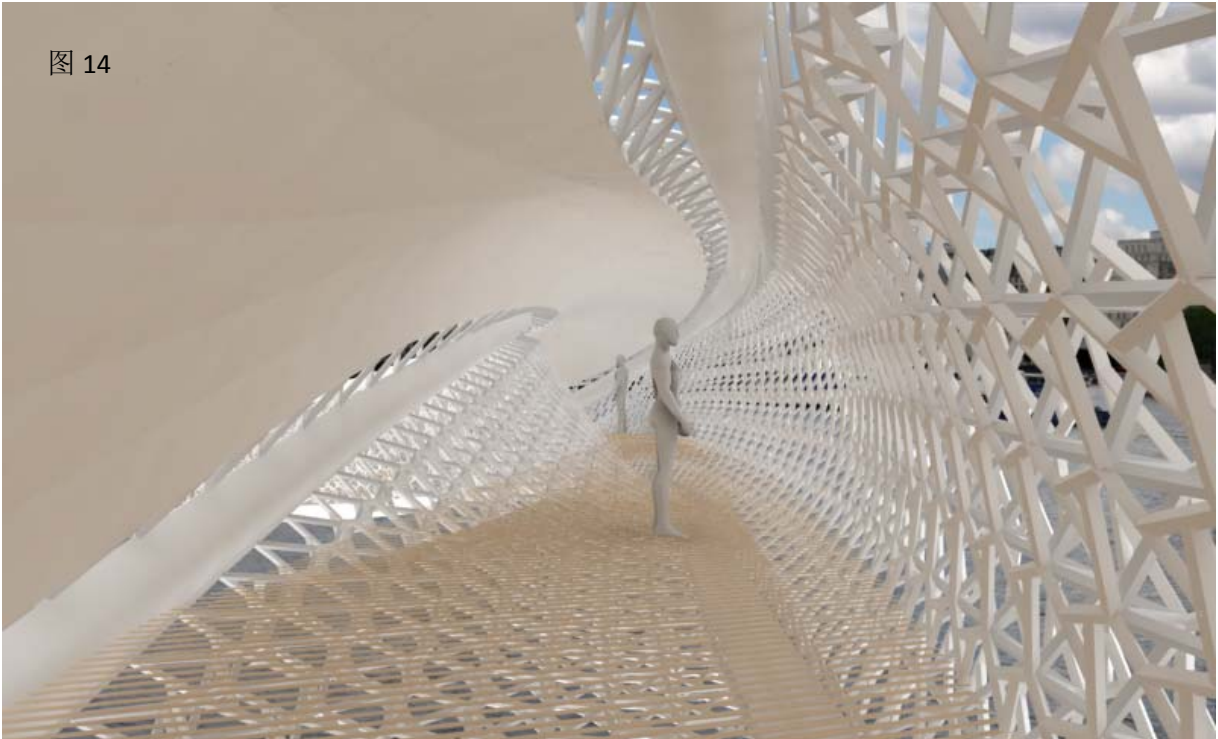


图 13

图 14



比如 GAP 移动艺术画廊的概念设计项目（图 13、14、15），源于笔者在 AA 的研究项目 Simshun（图 12），它利用电脑运算设计技术的脚本语言编码生成和参数化调控，主要挑战了两个问题：能否用标准化的构件形成不规则的曲面形式？能否设计一个可以变形的结构，在改变的同时保持结构特性？

GAP是一个万能通用的表面结构系统，由极其简单且完全一样的空间构件单元聚合连接而成，通过局部的单元变化，形成全局的形式可变。GAP在变与不变之间仿佛固体与液体的转化，只要构件单元制得住，整体结构就会形成一个坚固的类似空间网架的结构体系。

在这个方案中，最大的突破在于用完全一样的构件单元组成动态多变的表面结构和维护面。比起时下流行的数字化设计，这个方案中所用到的设计及方法更符合可持续性设计的特点：从经济的角度，构件标准化可以减小造价和材料浪费，同时所有的构件可以回收，根据相同的组合原理易地再用；从社会的角度，动态可伸缩的结构可以满足各种临时性活动的需要；从环境生态的角度，构件的维护面是里外两层可延展的不同透明度的碳纤维聚合膜，可以根据光、热环境的变化，选择性开启与闭合。

GAP在这个竞赛中的具体应用是一个可移动的水上展廊，它是桥、船和建筑的杂交产物。GAP除了创造出巧妙灵活的室内空间外，还围合出一个水院，可以用来展示水上艺术品等装置，甚至营造一个水上舞台，届时四周的展廊会变成临时性的观众看台。

问题 3：经验导向的设计实践

在传统设计中，设计决定建立在设计师的从业经验上，因为针对特定形式和空间，有很多反馈参数是缺乏精准的量化数据的，比如热效应，日照分析，人流分析，材料清单，结构优化等等。传统的方法是通过运用模拟模型来优化已经确定的几何形体，那么有没有可按能让这些优化过程作为生成几何形体的机制呢？

结论

当新的思潮涌现之时，总会在已经建立的主流话语中搅起轩然大波。如果我们回溯人类历史，技术发展驱动的变革总是不可阻挡。在很多地区，比如中国，仍然存在大量对于运算化设计会像潮流一样转瞬即逝的怀疑。当前的全球金融危机也在另一方面冲击着运算化工具生成复杂性体的局限性。经济的不景气和对于环境的忧虑，同时刺激了开拓运算化设计新领域的努力。

集成运算化设计扩展了运算化设计的建筑实践，从关注形式，转向整合设计资源，目标是做出更加可信赖的设计决定。这也许是第一次，建筑行业在其自身内部寻求创新的动力。集成运算化设计提倡对于功能、适用性、创新、效率和美学的综合性解决方案，这一过程以数字工具为基础。我们应当放开眼界，把重心从对于形式的关注转移到运算化工具在建筑项目各个环节的综合运用当中。创造力可以被表面的几何形态所表达，也可以被不可见的建筑内部机制所体现。

¹ Philip Steadman, What Remains of the Analogy? The History and Science of the Artificial, *The Evolution of Designs: Biological analogy in architecture and the applied arts*, 1979

² 由 Mihai Nadin 1994 年于德国 Wuppertal 大学提出的一个新的设计领域，它包括两个方面

- 运算化设计理论的发展;
- 设计产品和过程通过数字化途径实现，这些产品和过程整合了数字化技术（指嵌入其中的所有系统），其长远目标是实现全球无所不在的运算处理

³ LEED 和 BREEME 分别是美国和英国评估建筑在环境方面表现的参考标准。

⁴ Manuel Castells, *Space of Flows, Space of Places: Materials for a Theory of Urbanism in the Information Age*, 2004

图注:

图 1-3 上海世博会城市实践区深圳市大芬村村史部分室内概念设计
设计人员: 姜珺、高岩

图 4-11 港澳珠大桥香港边检站概念设计

主设计师: 高岩, Tom Verebes

其他设计人员: Rochana Chaugule, Matei Denes, Shaju Nanukuttan, 朵宁, Praneet Verma

工程师: 常强

图 12 SimShun 研究项目

研究人员: 高岩, 杨顺慧, Lucio Santos, Diego Rosales

图 13-15, 2008 年伦敦泰晤士河移动可变展廊竞赛优秀方案, Geometrical Adaptable Pavilion

设计人员: 高岩

参考文献

William W. Braham & Jonathan A. Hale, *Rethinking Technology, A Reader in Architectural Theory*, 2007

Nadin Mihai, *Computational Design: Design in the Age of a Knowledge Society*, Formdiskurs 1997

Neil C. Katz, *Parametric Modeling in AutoCAD*, Skidmore, Owings & Merrill, LLP, 2007

高岩编辑, 参数化设计, 《世界建筑》杂志, 2008年5月

Andre Chaszar, *Blurring the Lines - Computer-Aided Design and Manufacturing in Contemporary Architecture*, Wiley, 2005

Le Corbusier, *Architecture: The Expression of the Materials and Methods of our Times*, 1929

Manuel De Landa, *Deleuze and the Use of the Genetic Algorithm in Architecture*, 2002

Ali Rahim, *Technique and Technology, Catalytic Formations Architecture and Digital Design*, 2006

Lubert, T: 2005, *How can computers be partners in the creative process*, International Journal of Human-Computer Studies 63: 365-369.

Gero, JS and Kannengiesser, U: 2007, *Locating creativity in a framework of designing for innovation*, in N Leon-Rovira (ed), *Trends in Computer Aided Innovation*, Springer, pp.57-66.