

在当今建设语境下非线性形体建造的实现

Research on the Realization of the Nonlinear Architecture Form in the Present Construction Context

撰文 李宁 清华大学建筑学院

摘要 通过对当今建设语境的分析, 提出对非线性形体建造的约束, 之后结合实例提出在当今建设语境下实现非线性形体建造的三个途径。

关键词 建设语境 非线性形体 建造

1 当今建设语境

非线性建筑的建造问题由来已久, 在当今社会工程建设量大、工期短、资金紧张、施工人员技术水平不高的条件下就更加突出。在这一“无法改变”的建设语境下, 建筑师如何能够实现非线性复杂形体的建造呢?

2 非线性形体的建造手段

2.1 模型及外饰面模板系统

人们看到的建筑形体是由表皮包裹而成的, 所以表皮的复杂程度往往决定了建筑形体的复杂程度。基于此, 非线性建筑形体的建设要以非线性表皮为出发点, 形成“外部相对复杂、内部相对简单”的建设要求。

2014年6月7日, 本人有幸进入由安东尼·高迪设计且目前还在建设中的巴塞罗那圣家族教堂的施工通道, 并且与工人进行面对面交流。圣家族教堂就是采用模型及外饰面模板系统的方法实现非线性形体的建造的。

圣家族教堂目前正在建设的是中部最高的主塔, 其高度超过170m(建筑的细部是边设计、边施工, 最后施工完成高度现在不得而知), 其结构全部采用钢筋混凝土现场浇筑。建筑设计采用Rhino+Grasshopper软件, 为非线性形体的建模提供了非常方便的平台。此外, 结构计算软件也使这些非线性的形体趋于更加合理的形式。

外部表皮的曲面通过实体模型的建造予以推敲, 3D打印机在此显示出了长足的优势。在圣家族教堂的设计团队工作室里, 随处可见3D打印的设计模型。做完比例模型后, 又制作了一个足尺寸的石膏模型, 用以指导最后石材曲面的加工(图1)。

施工分两部分进行。先是用工厂的机械臂将石材切削成所要的曲面形式, 石材需要有一定的厚度才能满足切削时曲面对垂直于石材表面方向的厚度要求, 据本人现场测量, 石材厚度最厚达到了600mm。有些曲面过于复杂, 机械臂无法完成, 就会借助激光切削加工, 以达到设计要求。之后将这些曲面装配到相应的位置进行钢筋混凝土的浇筑, 为此施工人员制作了很多类似于脚手架的曲面钢管系统, 把相应的曲面石材装配到相应位置, 在内部和外部石材之间绑扎钢筋, 浇筑混凝土, 这些曲面石材既是模板又是外饰面(图2)。

小结: 模型及外饰面模板系统适用于细部尺寸比较复杂的非线性形体的建造, 大尺度的曲面也是可以的, 但并不是最佳选择。圣家族教堂整体为一个塔, 但细部纷繁复杂, 利用局部外饰面拼凑而成的模板系统可以胜任这项任务。

2.2 简化归类系统

简化归类系统就是把非线性的模型简化, 做成可以归类的“若干模板”, 简化施工。而这种建出来的建筑是“看似如此而并不‘是’如此”的结果。

本人全程参与建筑方案设计的广西武鸣县环境污染防治中心监测设备用房为多层办公建筑, 建筑高度为21.15m, 室内外高差为0.45m, 地下1层为消防水池、消防水泵房及给水加压泵房, 地上5层主要功能为各类办公室、实验室及辅助用房等, 占地面积为1624.36m², 总建筑面积为5963.28m²。该建筑的外表皮是四种不同尺寸的矩形砌块, 依据壮锦图案进行排放, 既达到了遮挡后面设备管道的作用, 又利用参数化的方法使建筑设计与当地文化发生关联(图3~5)。

表皮形式是不同尺寸的矩形砌块形成的系统, 如果按此加工, 每个矩形尺寸都不一样, 会给施工带来难度, 因此必须予以分类简化。于是把相近尺寸的砌块归类到同一尺寸, 最终只需



图1 圣家族教堂的3D打印模型



图2 圣家族教堂施工现场照片



图3 广西武鸣县环境污染防治中心监测设备用房建筑方案效果图

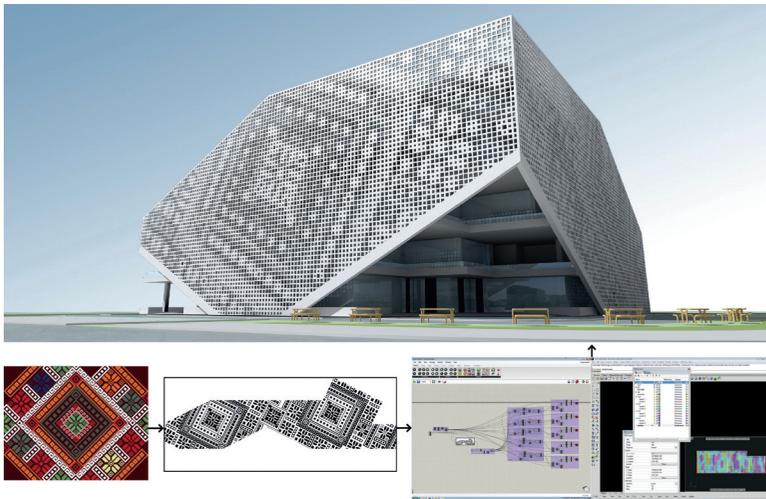


图4 广西武鸣县环境污染防治中心监测设备用房表皮与壮锦的参数化结合

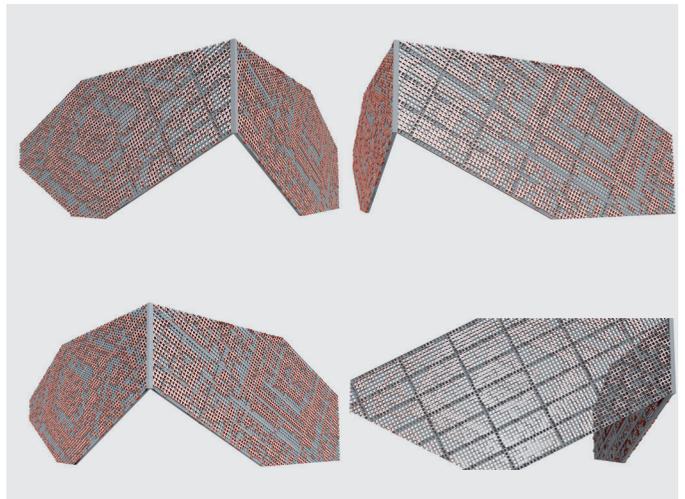


图5 广西武鸣县环境污染防治中心监测设备用房表皮效果图

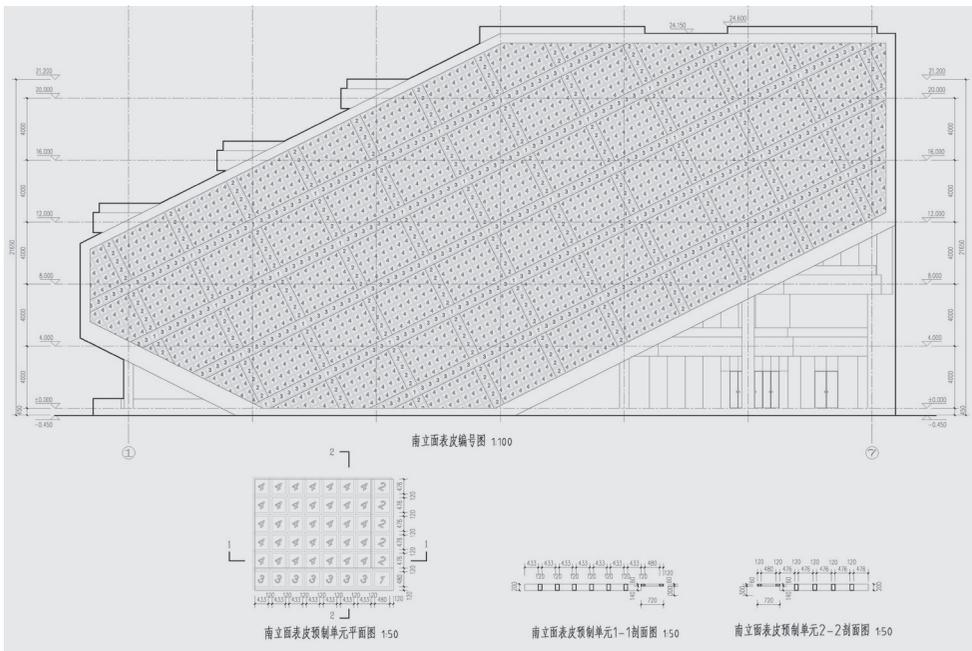


图6 广西武鸣县环境污染防治中心监测设备用房表皮编号施工图



图7 广西武鸣县环境污染防治中心监测设备用房表皮施工过程图

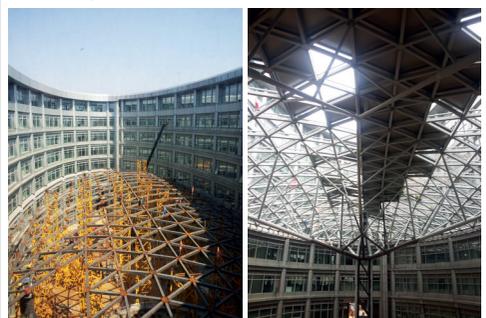


图8 武汉凯迪一号楼中庭施工照片

加工 4 种尺寸的砌块即可，这样完成的结果就是“看似并不‘是’”的结果（图 6，7）。

小结：简化归类系统适用于拓扑形式一致而本身存在微差的建筑形式，成千上万的尺寸或者形式在现实“逼迫”下不可能一个一个去施工，只能予以简化归类。但是相信随着未来 3D 加工技术的进步，这种简化归类系统会成为历史，只要软件输出相应的数据，借助于 3D 加工技术，便会使数以万计的尺寸和形式能够付诸实践，同时能够控制误差。

2.3 三维定位

非线性形体的建造很大一部分工作就是在定位上，现今的测量仪器可以很精准地进行三维定位（比如全站仪等），建筑师要做的就是输出这些点位的坐标和构件的数据，以供工厂加工和现场组装。这种方法要求在施工过程中实时进行误差监控，以保证误差不会积累，到整体完工时不会出现无法纠正的误差。

武汉凯迪一号楼扩建工程中庭项目就采用了这种施工方法。该项目面积 1 976.32m²，为建筑中庭的加建，中庭屋顶最低标高 12.900m，最高标高 16.952m。该项目属于仿生结构形式，由“三棵树”组成。其结构分为三部分：下部分的“树干”（格构柱），中部的“树杈”（悬挑梁及拉结杆，也就是格构柱上部呈树状分叉以支撑上部屋顶），顶部的“树叶”

（屋顶壳体）。屋顶为平面边长约为 2.4m 的三角形钢结构，屋顶上部覆盖玻璃和铝板。三部分均由长短不一、截面各异、位置不同的钢构件组成。

现场施工定位分为两部分：其一，由于钢构件的中心线都是直线，依据两点确认一条直线的原则在软件中建模，定出选定的“原点”（X，Y，Z 坐标均为 0）及正负方向，所有点的空间位置均以 X，Y，Z 坐标的形式输出；其二，由于“树叶”钢结构构件截面为矩形，矩形就会有方向，施工要保证矩形的长边垂直于曲面，这也是点定位系统，利用三维坐标定位矩形长轴的两点，这样就能保证矩形的长边垂直于曲面（图 8）。

小结：三维定位系统比较适合由点和杆件组成的非线性形体，而对于那种不能拆散的一体化曲面就显得束手无策。

3 总结

非线性形体的建造面临很多当今建设语境下的限制，有些困难是现实中“无法解决的”，建筑师往往会进行一定程度的“妥协”。这就要求建筑师对现行的施工技术和工厂加工条件非常了解，能够在设计之初就考虑切实可行的建造问题，以便能够驾轻就熟，达成目标。AT

图片来源
图8来源于阳光凯迪新能源集团有限公司科技园项目部，其余均为作者自摄、自绘。