

天颐湖儿童体验馆设计与数字技术的运用

数字技术的应用与实践方向

郭馨（深圳大学）

高岩（香港大学）

摘要：

从数字技术逐步被建筑师认识运用到现在如火如荼的在各个方向跨界发展，经历了不到半个世纪。国内建筑师对数字技术的态度也逐渐从疯狂到冷静，从模仿到创新。这让我们逐渐理性的对待数字技术，数字不是目的，是手段，它可能出现在设计的各个阶段并为设计提供服务，从设计的合理性，生产的高效性，以及施工的便捷可行性等多个方面提供支持，最终实现设计自由度的大幅提升。

天颐湖儿童体验馆这个项目在设计阶段使用数字技术为形体和景观定位，在深化阶段使用数字技术为结构体系的重构提供快速准确的技术支持，在生产阶段使用数字技术为外立面体系的优化构建复杂优化系统，在施工阶段使用数字技术快速生成易于辨识的标注系统实现快速装配。所有的这些放在 50 年前同样也可以用其他方式实现，区别只是误差更大，效率更低，价格更高昂，而这些往往就决定了一个项目成立与否。

毋庸置疑，数字技术为天颐湖儿童体验馆这个项目提供了巨大的技术支持，但是我们仍然要看到这只是项目中的一个部分，完整的体验馆项目是通过建筑师从立项就充分介入一直到后期运营持续管理协调的整体，下文将主要针对数字技术在天颐湖儿童体验馆项目中的运用。

关键词：数字技术，空间拓扑变化，曲率优化，立面体系优化，生产模数化，立面采光匹配立面空隙率

Key Word: digital technology, topological transformation, curvature transformation, façade optimization, modular production, perforated ratio

项目简介

本项目位于著名儒家文化发源地、风景名胜泰山的脚下，座落于天颐湖风景区水库的北岸。总建筑面积 9000 m²，其中 6500 m² 是职业娱教体验馆，1500 m² 为商业，1500 m² 是其他配套服务和设施空间。场地最多可同时容纳 600 名儿童和 600 名家长馆内体验游玩。本项目将主要服务周边 1 小时车程内 550 万人口。此项目我们所提供的内容包括项目的策划、建筑设计以及后期运营管理的全过程完整服务。其中设计内容包括建筑、景观和室内的全套设计。从设计开始到建筑景观及室内的施工建成并开业，工期仅 1 年时间，具有建设周期短的普遍性。

设计概念

项目所在地风景优美，面湖临山，因此我们希望让建筑的体量形状，很好的和周边的自然环境对话，既完成标志建筑的使命，又能与周边环境建立和谐的关系。

我们的策略是化整为零，尽量通过错落的体块削减建筑体量带给环境的孤立感，同时又要平衡好建筑自身的标示度所需要的体态特色。它不应该是一个太人工化的极简形式，而应该与背景泰山对话的带有凹凸边缘的集合体(如图 1)。



图 1

一个“大”建筑，一座“小”城。项目的使用性质是儿童职业体验馆，因此内部实际上是一个微缩小城，建筑本身就是一个包裹着城市的建筑。针对这个特点，我们首先学习分析了几个经典水城的城市图底关系，从《清明上河图》的街道城市空间中提炼了模式化的布局，把街道，街角，广场，地块和建筑基底组织成城市系统，形成一个基本的室内空间的逻辑。然后再通过空间的拓扑变化将之带入具体的设计排布中，让生动的街道空间在建筑中充分展现(图 2，图 3)。

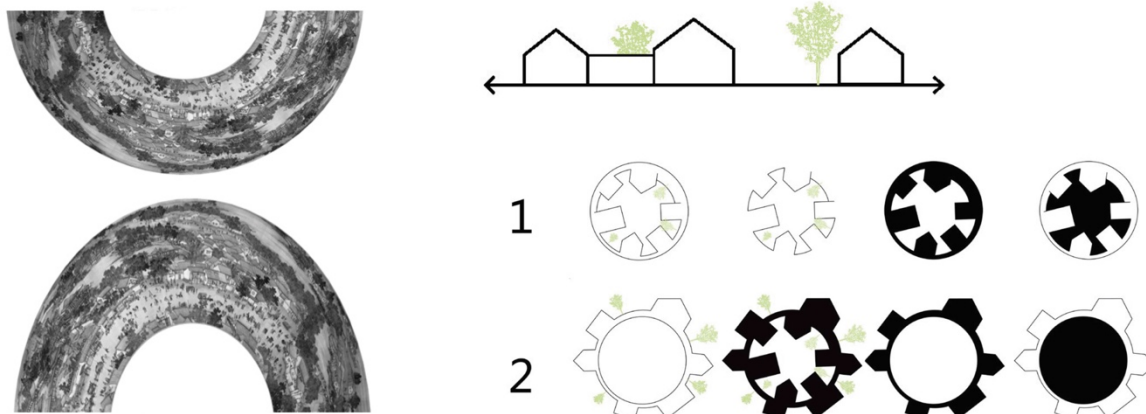


图 2

Topological Transformation 空间拓扑变化

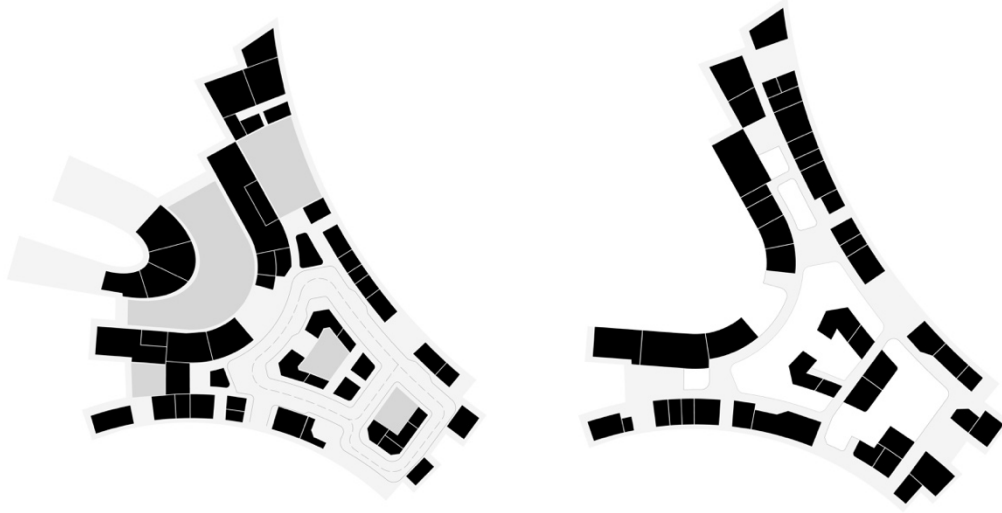


图 3

基于以上两个原则，我们对项目的设计定位是源于自然，自然而然。根据空间内容的编排组织，我们将体量关系投射到项目基地上，东西两侧的山包和南侧湖岸，把建筑的初始体量挤压成三条弧线。然后将前期研究的城市空间模式，拓扑变化到基于基地生成的弧形空间结构框架中，形成变化丰富的空间秩序。同时，将大体块进一步的细化拆分，形成多条弧形的组合体量，大大降低建筑大体量造成的压迫感，和湖光山色相映成趣。（图 4，图 5）（实景图 Z-01，实景图 Z-02）

建筑的外立面设计为彩色的抽象水纹图案，水纹取自环境，色彩基于儿童，希望能够为儿童带来富有想象，反复琢磨玩味的立面效果。（实景图 Z-03，实景图 Z-04）



图 4 图 5



实景图 Z-01（缩略图，大图见文件夹）

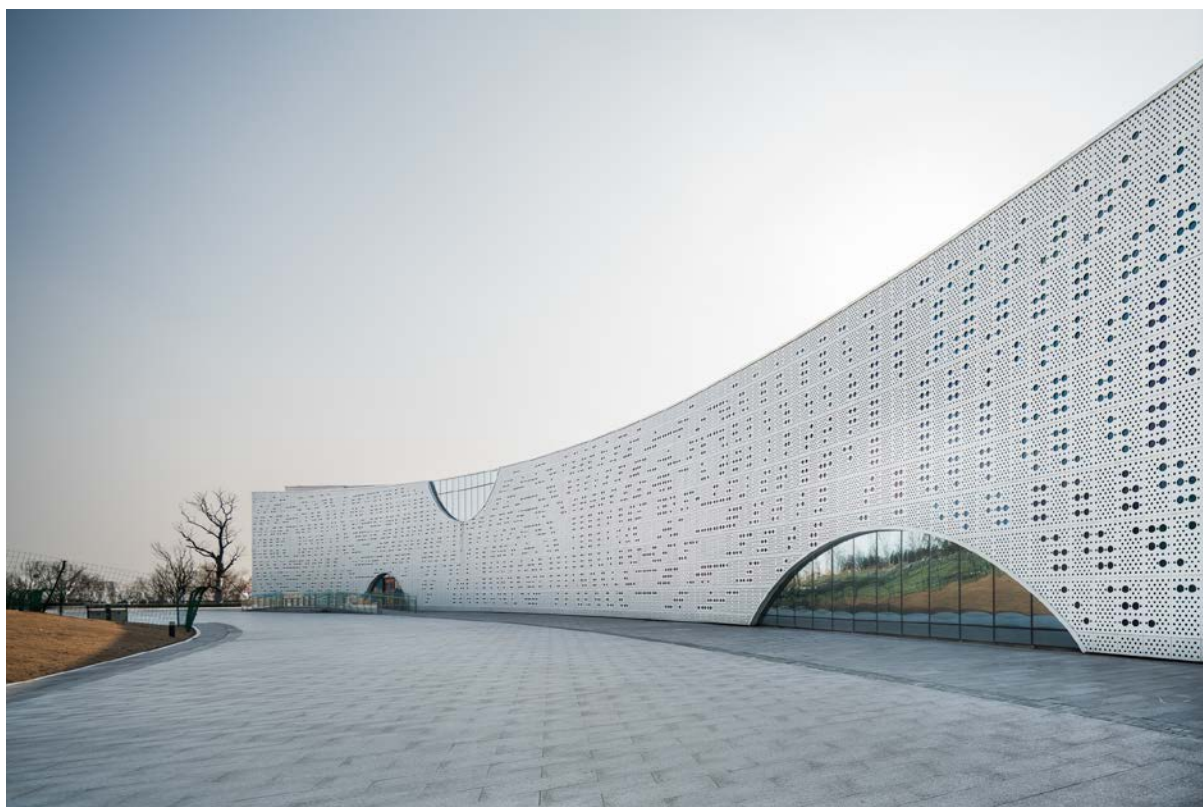


02（缩略图，大图见文件夹）

实景
图 Z-



实景图 Z-03（缩略图，大图见文件夹）



实景图 Z-04（缩略图，大图见文件夹）

数字技术在形体和景观控制定位中的应用

基于前期设计概念方向的基本确立，我们根据现有地形提取出最接近地形边界的三条主导圆弧，并以这三条主导圆弧为输入值生成一系列相互关联的椭圆弧线以及圆弧线，通过改变椭圆弧线的焦点及焦距，圆弧线的圆心及半径依此生成形体和景观的其他控制线（图 1.1）。

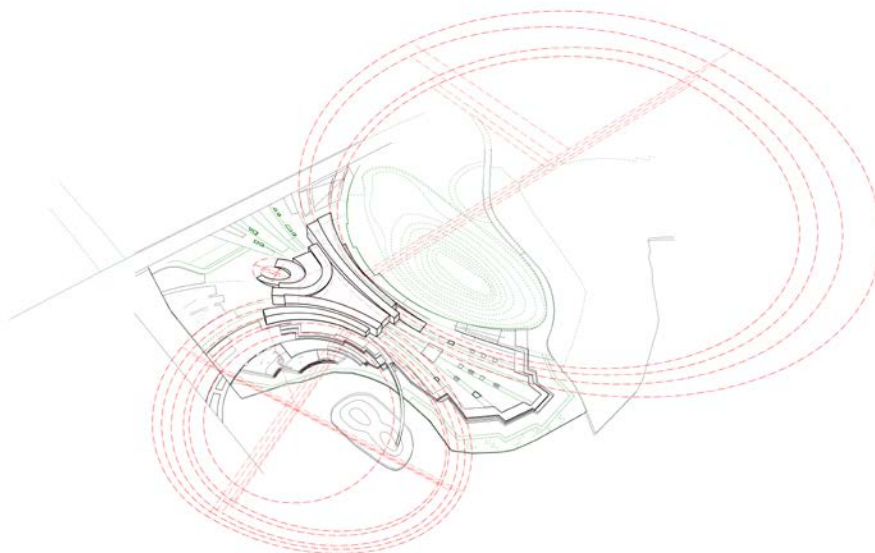


图 1.1：总平面控制线

圆弧的半径及退缩距离与空间内部功能需要紧密结合。我们将主控制线，形体及景观控制线，形体及景观边线，立面控制线，以及内部功能所需尺寸进行了数字化关联建模，这在深化设计过程为满足运营需求反复修改功能尺寸而产生的形体变化及景观变化提供了可以快速修改的数字化关联模型（图 1.2）。

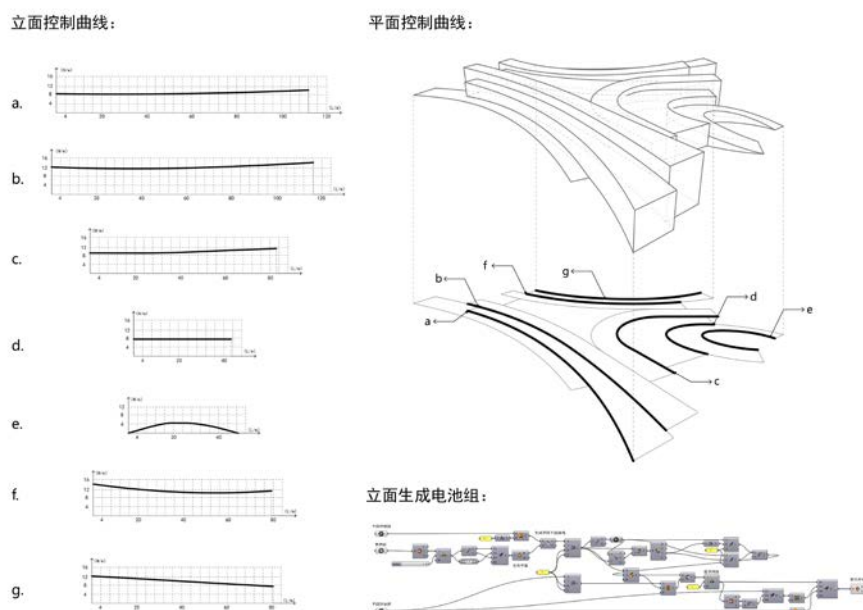


图 1.2：立面控制线 平面控制线及数字关联模型

由于设计是基于控制线和实际需求共同产生的一套逻辑关系，牵一发而动全身是整个项目的一大特点，这就需要数字化关联模型的介入以保证后期反复修改的高效便捷。（实景图 Z-05）



实景图 Z-05（缩略图，大图见文件夹）



实景图 Z-06（缩略图，大图见文件夹）

数字技术在形式及结构优化中的应用

由于项目的建设工期及技术非常有限，从设计开始到项目开业仅 1 年时间。而设计本身的形体变化相对丰富多样，为了能够在既定时间实现设计，我们必须对形体及结构进行优化及简化。正如上文所介绍，整个建筑形体是基于大量三维控制线生成，因此形体及结构的优化简化重点就是对控制线的优化及简化。通过对所有控制线进行的合理化重建，施工和加工难度都大大降低，同时建筑形体和设计意图也争取得到尽可能的保留（图 2.1，图 2.2）。

图 2.1：形体优化前透视图 2.2：形体优化后透视



实景图 Z-07（缩略图，大图见文件夹）

重建的目标是将所有三维曲线转变为二维曲线，首先将建筑形体的平面控制线中椭圆弧线与圆弧线的组合用最接近的圆弧线取代，并将建筑立面控制线的样条曲线改为直线。接着通过数字化关联模型在几何上通过平面和圆弧面求交线的方式找到接近设计形体中三维曲线的二维曲线（如图 2.3）。

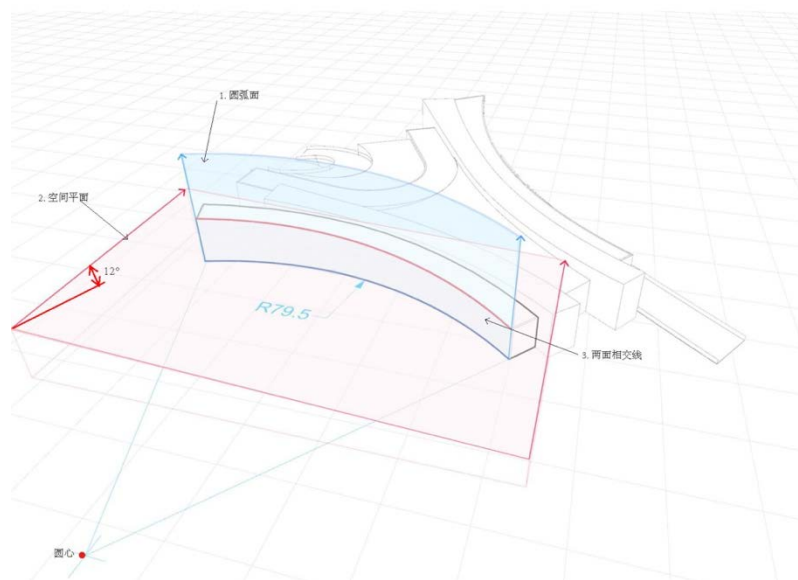


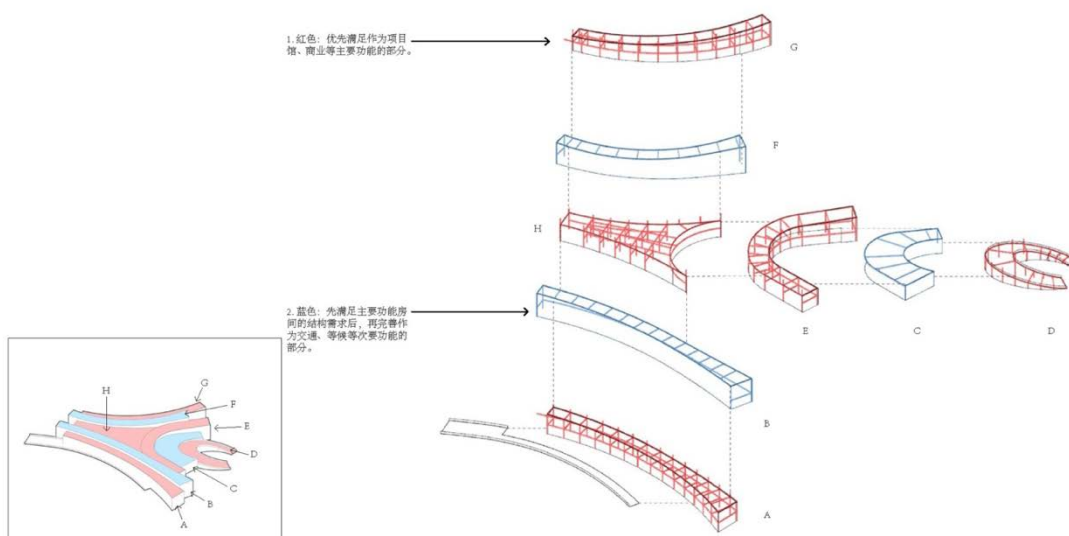
图 2.3

然后再按照优化过的控制线在数字关联模型中生成梁柱体系，此时已将设计优化成常规排架形式，最后进一步生成外立面并细分成易于标准化快速加工建造的门窗外墙分隔，由此顺利将本身具有一定复杂性的设计合理化为基本常规建造就能实现的建设项目（如图 2.4，如图 2.5）

Structure Layout 结构设计

1.4 结构优化逻辑

整体建造体系为轻钢结构体系。主梁均为平面弧线，次梁为平面直线。



如图 2.4



图 2.5-施工结构图



实景图 Z-08（缩略图，大图见文件夹）

数字技术在外立面设计及优化中的应用

建筑的外立面设计为彩色的抽象水纹图案，通过穿孔铝板结合有色耐力板的双层体系实现。外立面体系主要通过数字技术实现三个步骤，图案生成，单板生成和单板优化。最终实现由原本1000多种单板样式减少到17种单板样式，大大的缩减了成本及工期。

图案生成及单板生成

每个水纹图案立面的生成过程基本一致。我们首先通过数字编程模拟水纹图案，快速生成几十种完全不同的水纹图案进行比对筛选，从中选出疏密合适的三组参数生成的图案，在三个图案中再次通过参数的微调比较，最终锁定疏密和立面形态最为合适的一组参数生成的图案进行深化。（如图 3.1）

一系列水纹图案



最终完整水纹形态，及最终简化水纹形态

最终水纹形态



最终简化水纹形态



GH 截图

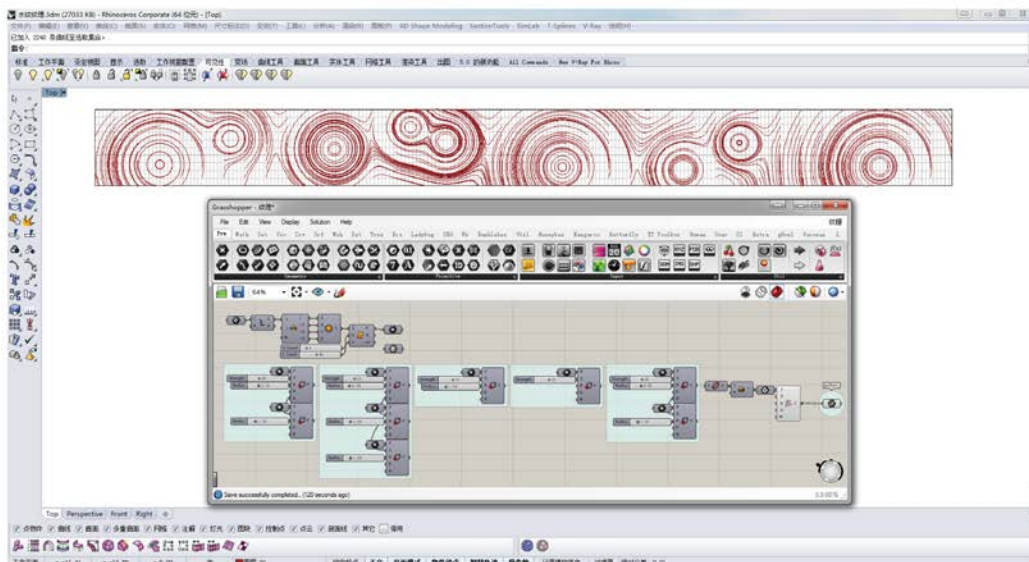


图 3.1

单板优化

曲立面的外饰面板为铝质的穿孔面板。穿孔铝板采用倒模预制件的生产工艺（区别于数控穿孔板），每块穿孔板设计由常规的小孔和加大的大孔组成，利用大孔和小孔的变化以形成特定的图案。针对这一问题，我们主要通过对两个主要变量进行反复的比对平衡；第一，大孔的数量；第二，板本身大小；这两个变量会影响三个输出值，第一，板的种类；第二，和原有水纹图案的偏离度；第三，立面拼装所需板的总数量。比如，在相同大孔数量的前提下，如果板本身尺寸越小，板的种类就越少，同时表现出的图案离原有水纹图案偏差也越小，同时立面拼装所需的板数就越多，拼装所花时间就越长。经过反复测试和权衡，同时结合穿孔板制作厂家的常规尺寸限制，我们确定了立面穿孔板的统一尺寸为0.5米*1.0米，每块穿孔板内设定6个可供放大的大孔点位（如图3.2）。接着我们统计出6个点位排列组合放大0个点，1个点，2个点，3个点，4个点，5个点，6个点穿孔板种类并进行相应编号（图3.3）。由于板成中心对称，因此可以通过旋转将此时64种板进一步缩减至17种单板种类（图3.4）。

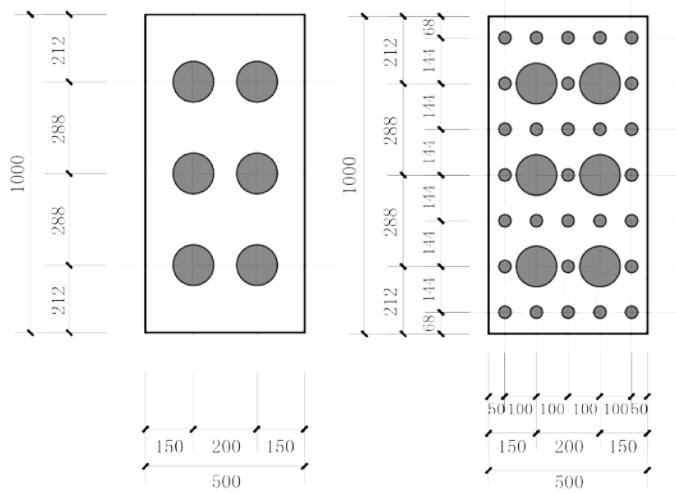


图 3.2: 6 个点位的位置

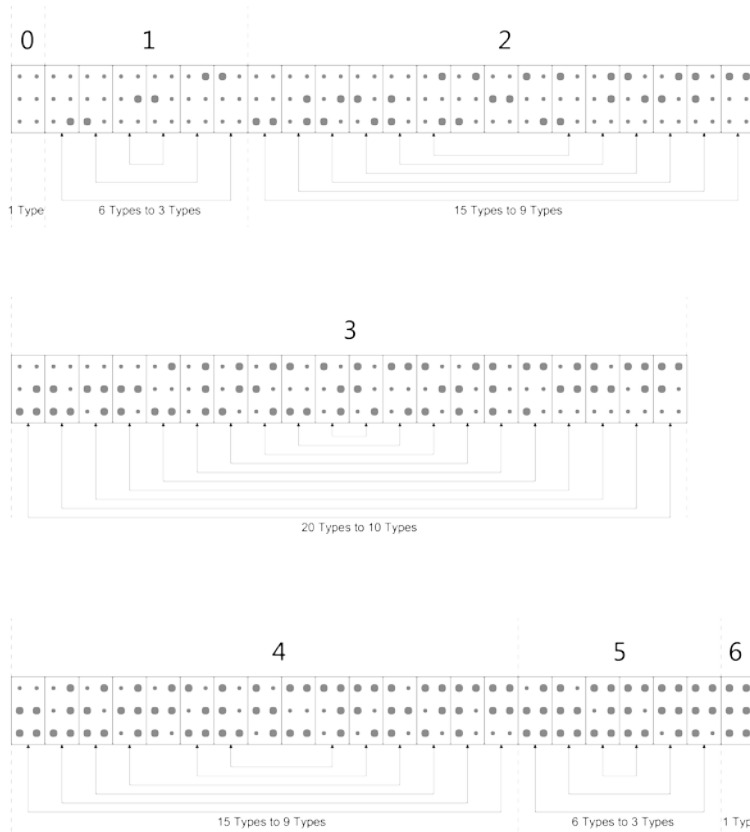


图 3.3: 穿孔板种类

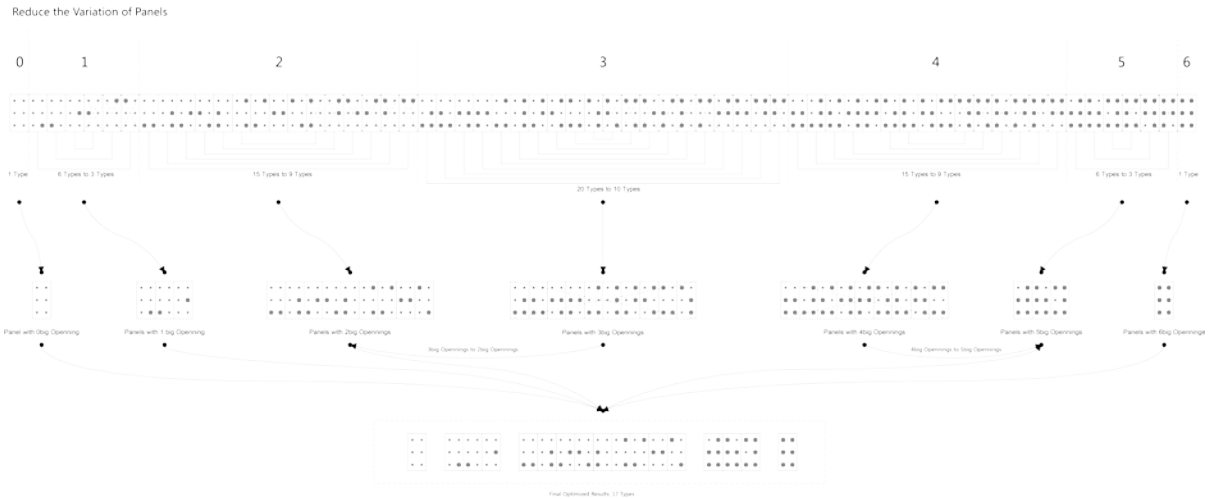
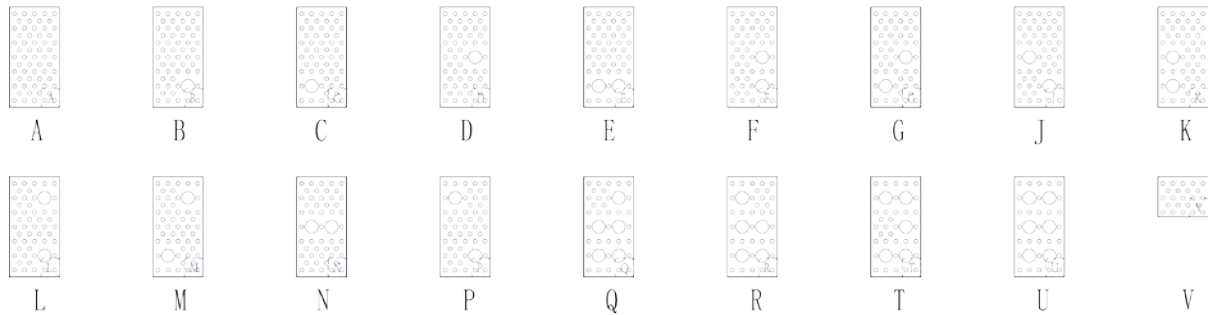


图 3.4 缩减程序逻辑

然后将穿孔板和图案进行匹配对位，根据每个孔位和图案的位置关系进行判断，以当前点为参照寻找距离最近的图案曲线。如果当前点到曲线的距离是在设定的阈值以内，则在当前点的位置上开大孔，否则一律开小孔。每块板的孔位进行计算后再和之前编号的穿孔板种类进行匹配得出每块板的种类编号。然后将种类进行筛选提炼，得出使用频率最高的板种类。（图 3.5）

Final Optimized Results 最后优化后铝板的所有可能形式



最后开孔面积百分比最大为23.20%，最小为7.28%

图 3.5

当每块板放大的孔位得到确认后，补充完成小孔孔位。然后统计出所有放大孔位和小孔位的整体孔隙率，与立面开窗位置进行匹配，计算可采光的空隙率（如图 3.6），然后再和立面所需采光开窗比例进行比对，调节开孔半径，最终选用大孔 65mm，小孔 20mm 尺寸方案。实现在满足采光比例及能够辨认出设计水纹图案的前提下，最少种类穿孔板（如图 3.7）。

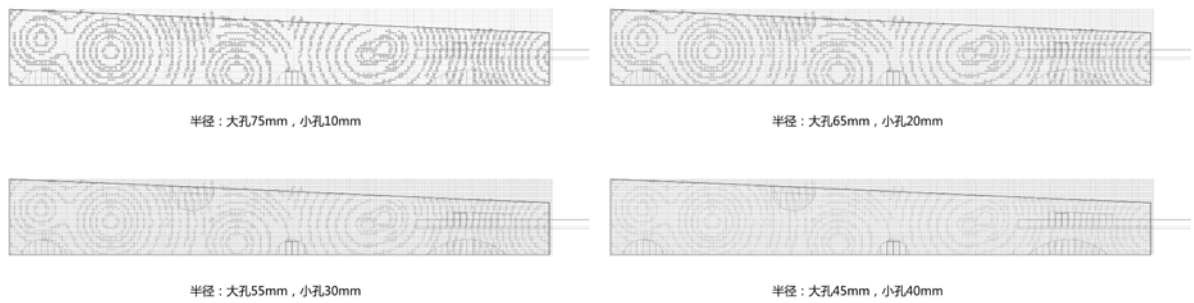


图 3.6：多种洞半径方案比较

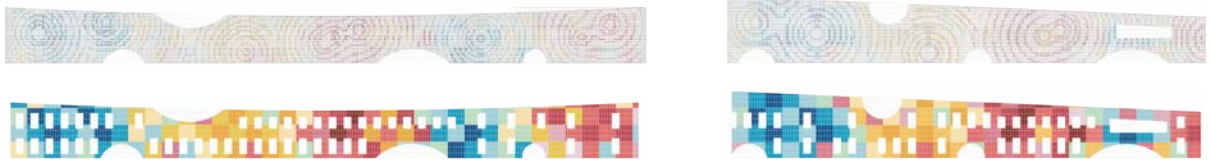


图 3.7：最终方案

穿孔板的编号系统：

为了方便于施工人员进行定位和组装，每个穿孔铝板上的编号体系均提供两个信息，板的种类，板的位置。板的种类是用 17 个大写字母对应 17 种板来实现，而板的位置则是通过二位坐标表示，同时所有的编号均在每块板的右下角，因此如果立面上出现编号在左上角，则说明此处的单板需要通过旋转来拼接（图 3.8）。

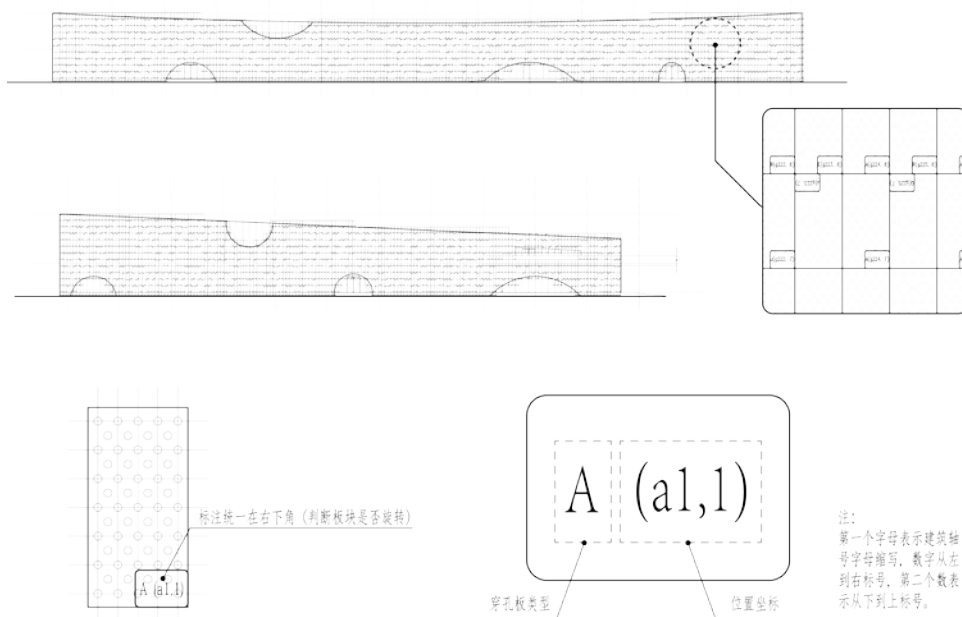
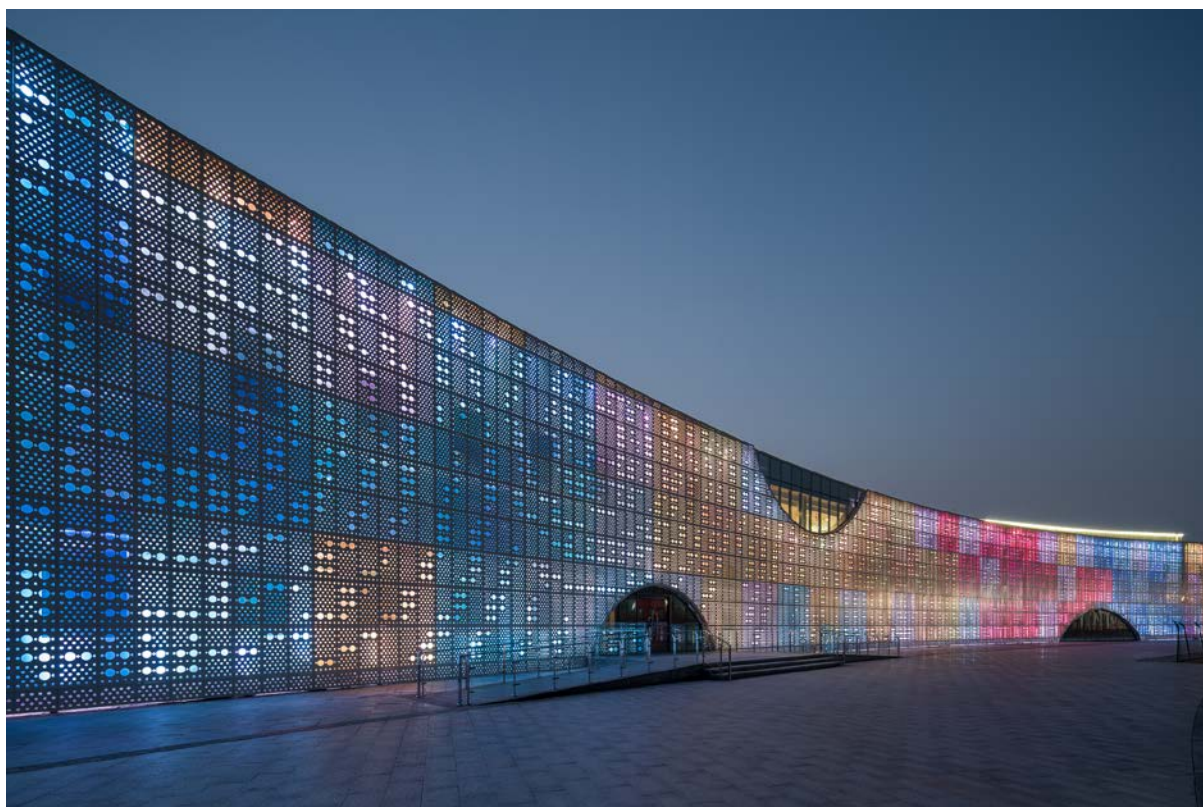


图 3.8



实景图 z-09 (缩略图, 大图见文件夹)



实景图 Z-10 (缩略图, 大图见文件夹)



实景图 Z-11（缩略图，大图见文件夹）

材料构造

建筑主体结构为钢结构，砌块填充墙，压型钢板现浇混凝土楼面于屋面，基础形式是点式钢筋混凝土基座，再由钢筋混凝土梁连成整体。外立面主体是钢框架外挂冲孔铝单板，内嵌彩色半透明聚碳酸酯耐力板，在端部的立面是干挂砂岩板和深灰色铝单板。在弧形主外立面的收口构造上，形成了一个空气腔，减少建筑外墙夏天时和室外的热交换。幕墙则采用镜面反射高强度玻璃，屋顶的天窗根据体形变化分布在屋顶的不同区域，增加了内部的自然采光。



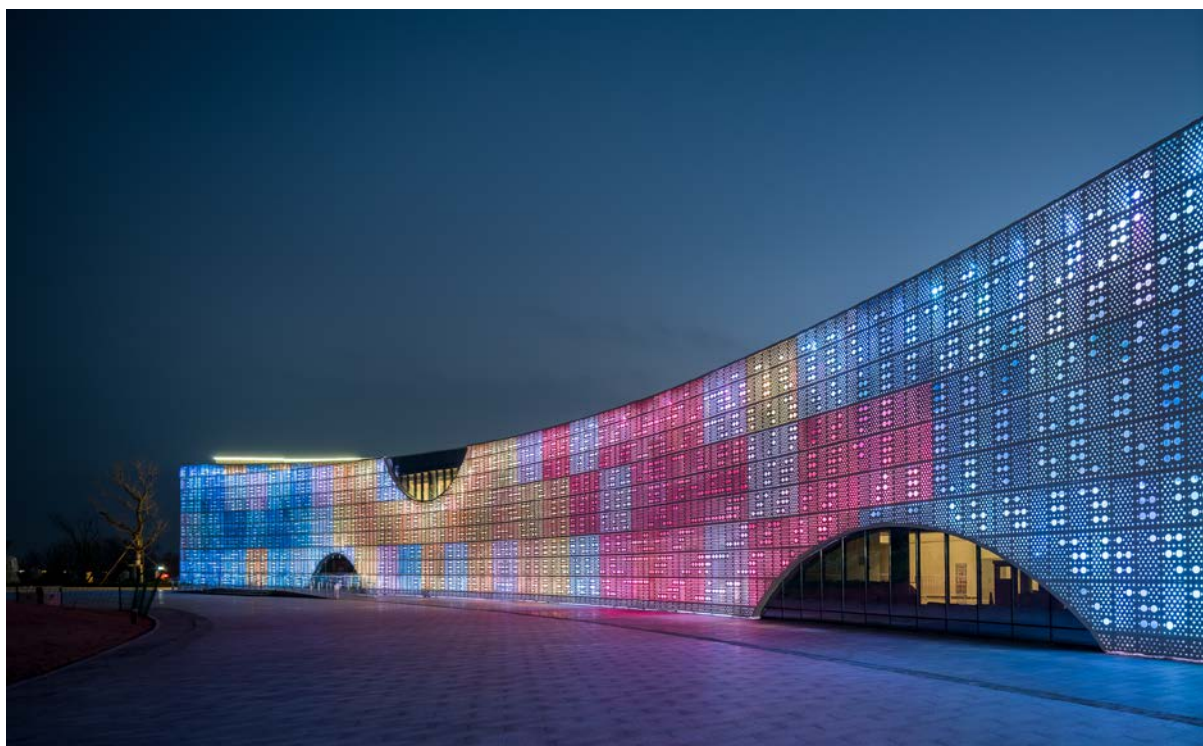
Z-12（缩略图，大图见文件夹）



Z-13（缩略图，大图见文件夹）



Z-14 (缩略图, 大图见文件夹)



Z-15 (缩略图, 大图见文件夹)

项目名称：天颐湖“梦想小镇”

业主单位：山东泰安市泰山大汶口旅游置业有限公司

项目地点：山东省泰安市

使用性质：儿童娱教职业体验馆

占地面积：20000m²

建筑总面积：9500 m²

设计时间：2015年9月—2016年1月

主创设计：高岩、郭馨

项目建筑师：郭馨，吴彬

主要参与人员：李静仪，许宏杰

摄影师：吴清风