

人工智能和大数据技术高峰论坛

建筑+数字化、建筑+互联网化、建筑+智慧化



奇:

Microsoft

上海南洋万邦软件技术有限公司

鸿业科技
HONGYE TECHNOLOGY

Keyi

PRECAST SOFTWARE engineering

DASSAULT SYSTEMES

数字设计与智慧建造



丁洁民

同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司
TONGJI ARCHITECTURAL DESIGN (GROUP) CO., LTD.

建筑设计的四个层面

建

技术

建筑文化

建筑艺术

JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天廣場JW萬豪酒店

1 数字设计技术的背景

- 1.1 市场背景
- 1.2 技术背景
- 1.3 政策背景

数字设计技术概述

4 设计阶段的辅助手段

- 4.1 建筑设计
- 4.2 结构设计
- 4.3 机电管线
- 4.4 幕墙设计
- 4.5 昆明滇池水上乐园方案设计

5 建造阶段的设计控制

- 5.1 设计控制与建筑完成度
- 5.2 深化设计整体把控
- 5.3 米兰世博会中国企业联合馆
- 5.4 机器人建造
- 5.5 4D虚拟建造

6 对数字设计技术的思考

- 6.1 数字化设计技术的价值
- 6.2 数字化设计技术的未来



1

数字技术的背景

Digital Technology Background

1.1 市场背景

1.1.1 产品——建筑造型和表皮处理日趋复杂

1.1.2 客户——业主对方案要求不断提高

1.1.3 市场——市场竞争愈发激烈

1.2 技术背景

1.2.1 快速发展的计算机技术

1.2.2 日益丰富的软件工具

1.3 政策背景

JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天廣場JW萬豪酒店

1.1 市场背景：产品——建筑造型和表皮处理日趋复杂

- 产品的

- 现

- 空

- 传统



毕尔巴鄂古根海姆博物馆

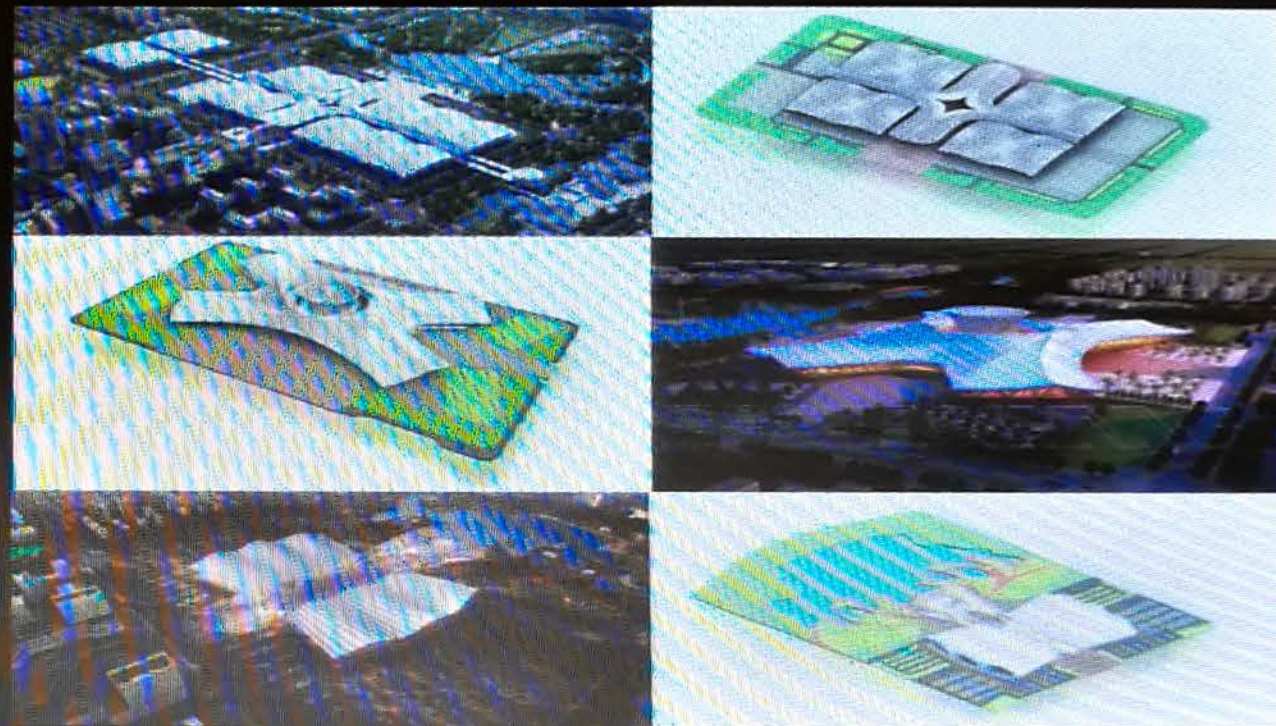


上海迪士尼乐园梦幻城堡



1.1 市场背景：客户——业主对方案要求不断提高

- 客户的
- 审美和 要求 想法和主见;
- 在 敏感;
- 具 比选、优化
- 及

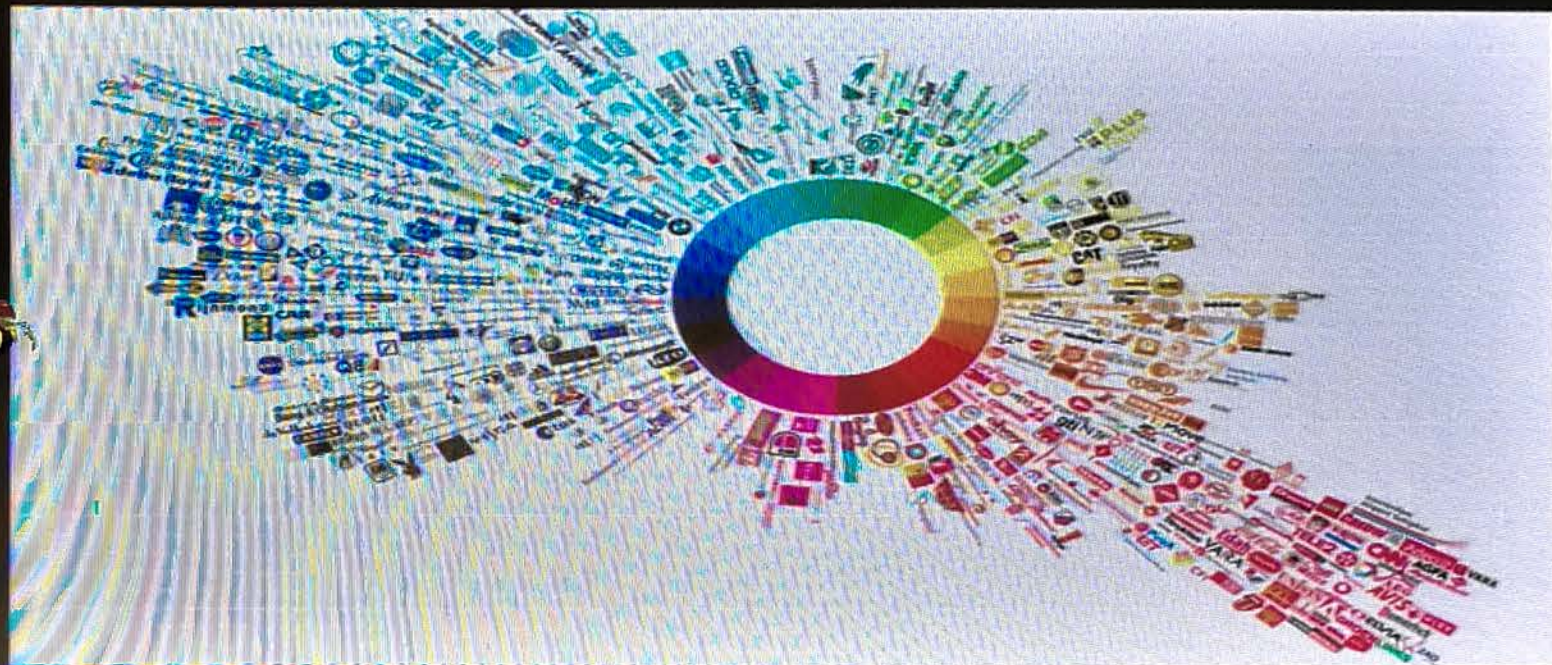


某会展中心多方案比选

1.1 市场背景：市场——市场竞争愈发激烈

市场的变化

- 技术手段升级，行业准入降低，竞争愈发激烈
- 企业工具
- 市场使建筑技术、



1.2 技术背景：快速发展的计算机技术

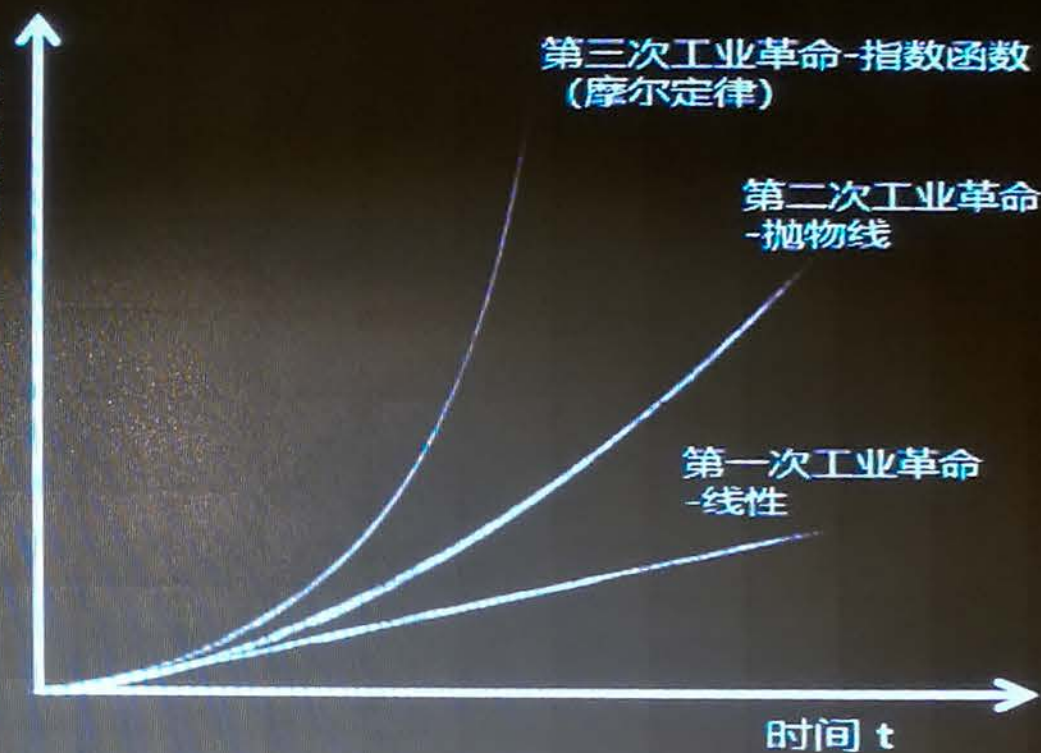
- 摩尔定律——芯片性能指数级增长

- 计

- 效率=

意愿更强、

技术
进程



JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天广场JW万豪酒店

1.2 技术背景：日益丰富的软件工具



90年代~21世纪初

二维设计



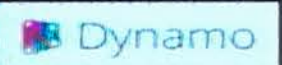
SketchUp



Rhino+Grasshopper

当代

三维设计



Revit+Dynamo



CATIA

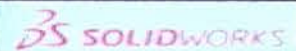


UG NX

...



MAYA



SolidWorks



LUMION



TEKLA

1.3 政策背景：国家对数字化设计技术的鼓励

2

数字技术内涵与外延

Digital Technology Overview

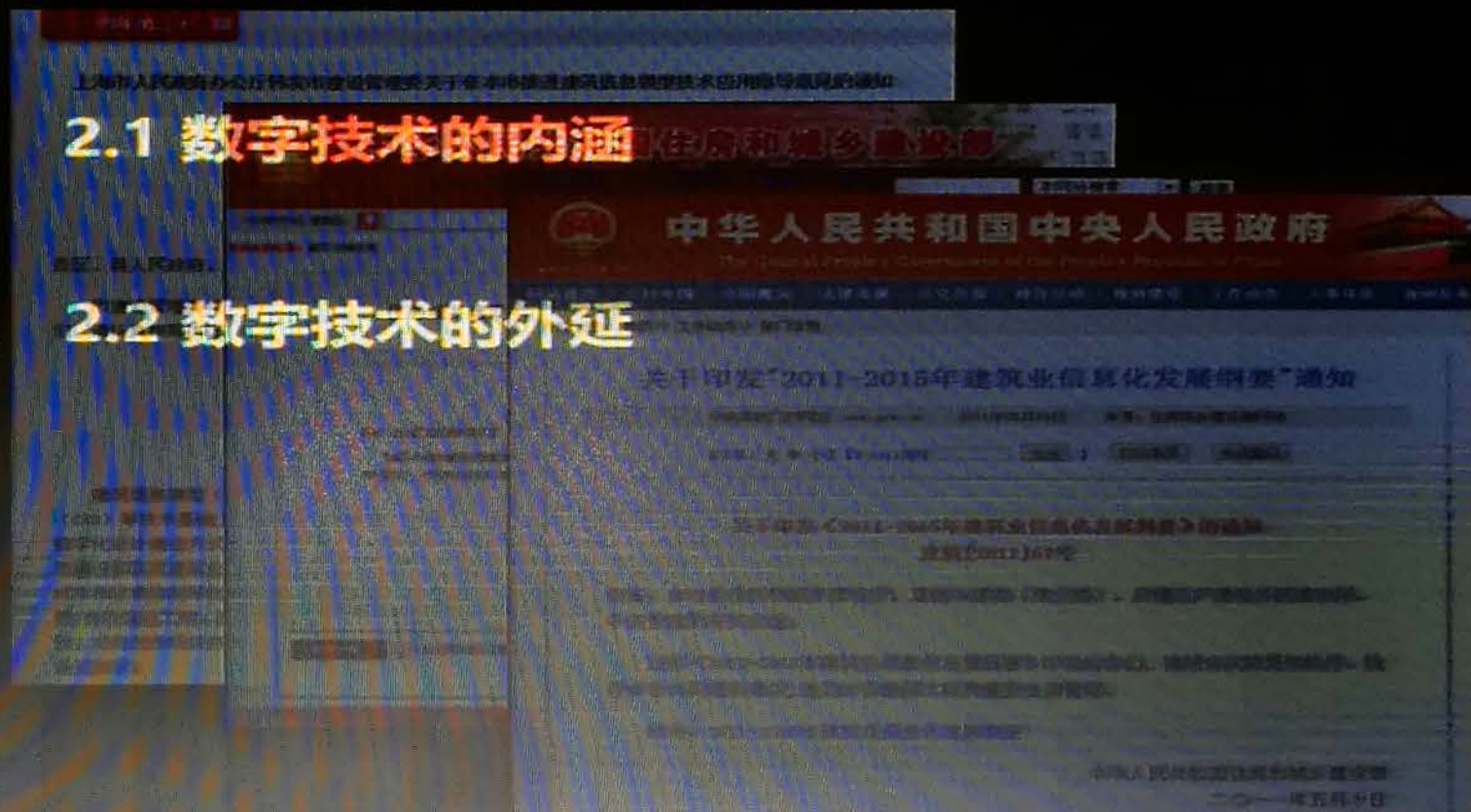
● 国家鼓励发展数字技术

● 国家鼓励发展数字技术
● 国家鼓励发展数字技术



2.1 数字技术的内涵

2.2 数字技术的外延



2.1 数字技术内涵：数字技术含义

数字技术 (Digital Technology) :

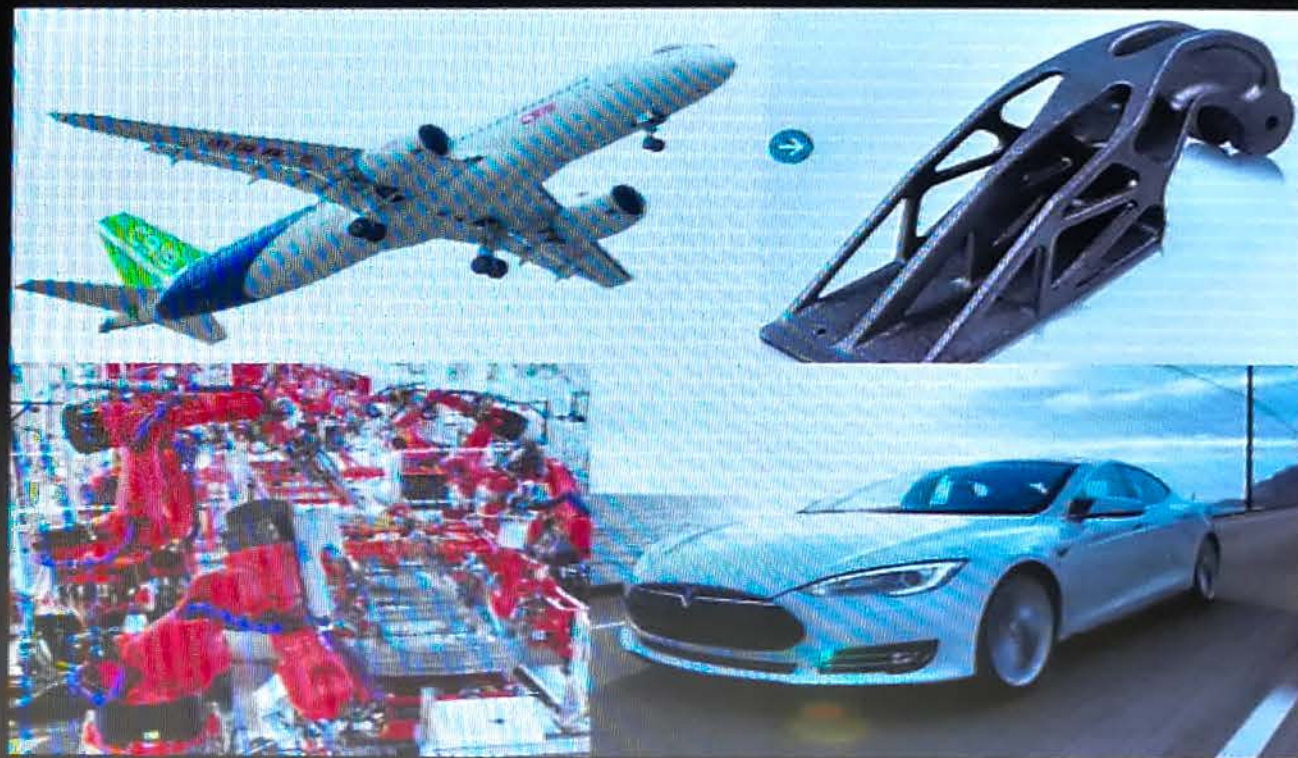
将各种信息转换为计算机能识别的二进制数字并进行运算和传播的技术。

用于设计、分析、表达、传输、建造、运营、管理等问题的技术。

JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天广场JW万豪酒店

2.2 数字技术外延：数字技术在制造业中的应用

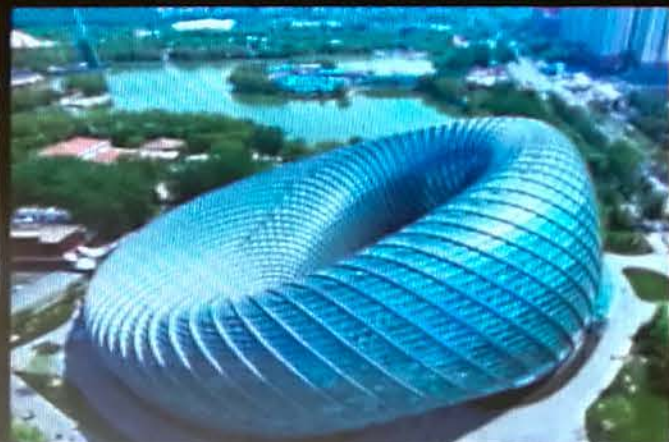
数字化设计技术在航空、航天、船舶、汽车、精密机械等高制造业早已遍地开花



2.2 数字技术外延：建筑数字技术借鉴制造业的有益探索



扎哈（广州歌剧院芭蕾舞排练厅）



北京院（凤凰国际传媒中心）

2.2 数字技术外延：建筑数字技术分类

- 借鉴高端制造业，建筑行业也逐渐形成了数字化设计的方法和技术
- 数字技术针对设计过程的图形解决方案



3

方案前期辅助应用

Supporting Application During SD

3.1 场地测量与建模

3.1.1 无人机航测

3.1.2 三维数字地形建模

3.1.3 场地分析

3.1.4 基于数字模型的土方方案比选优化

3.2 性能化环境分析

3.2.1 视线分析

3.2.2 消防模拟

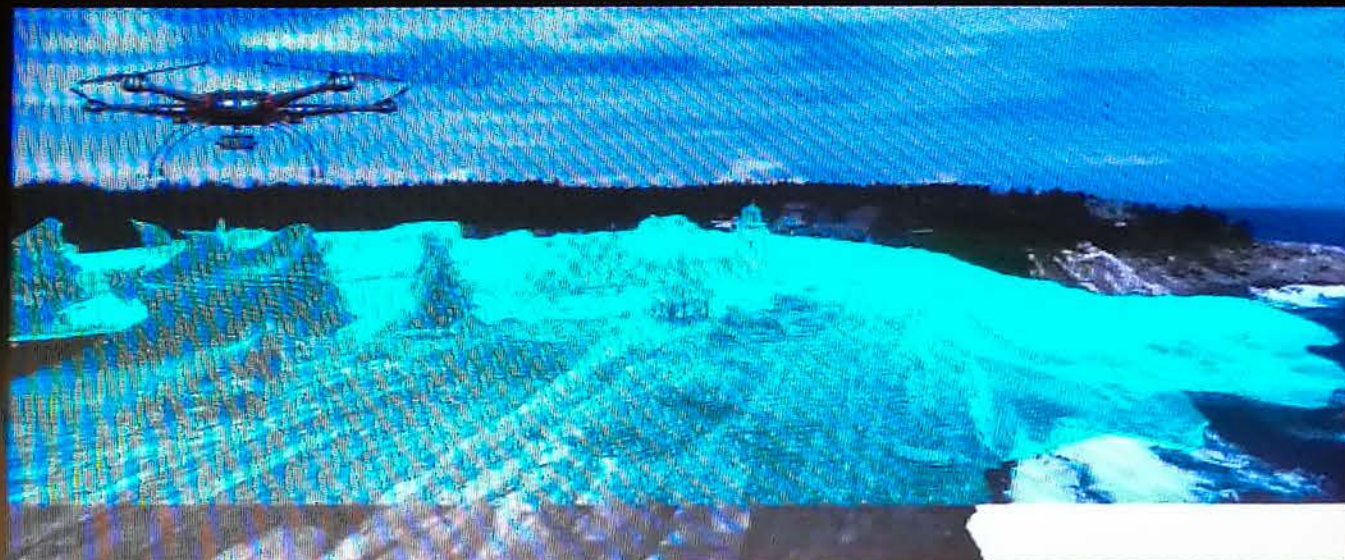
3.2.3 日照模拟

3.2.4 气流组织模拟

JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天廣場JW萬豪酒店

3.1 场地测量与建模：无人机航测

- 利用三维激光扫描技术，对地形表面进行扫描，得到地形表面的点云数据
- 点云数据经激光雷达处理，生成地形模型
- 通过地形模型，进行地形分析



无人机扫描

JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天广场JW万豪酒店

3.1 场地测量与建模：无人机航测

- 利用三维激光扫描技术，对地形表面进行扫描，得到地形表面点云数据
- 点云数据经过滤波、分类、提取等操作，得到地形表面模型
- 通过地形表面模型，进行地形分析、规划、设计等工作

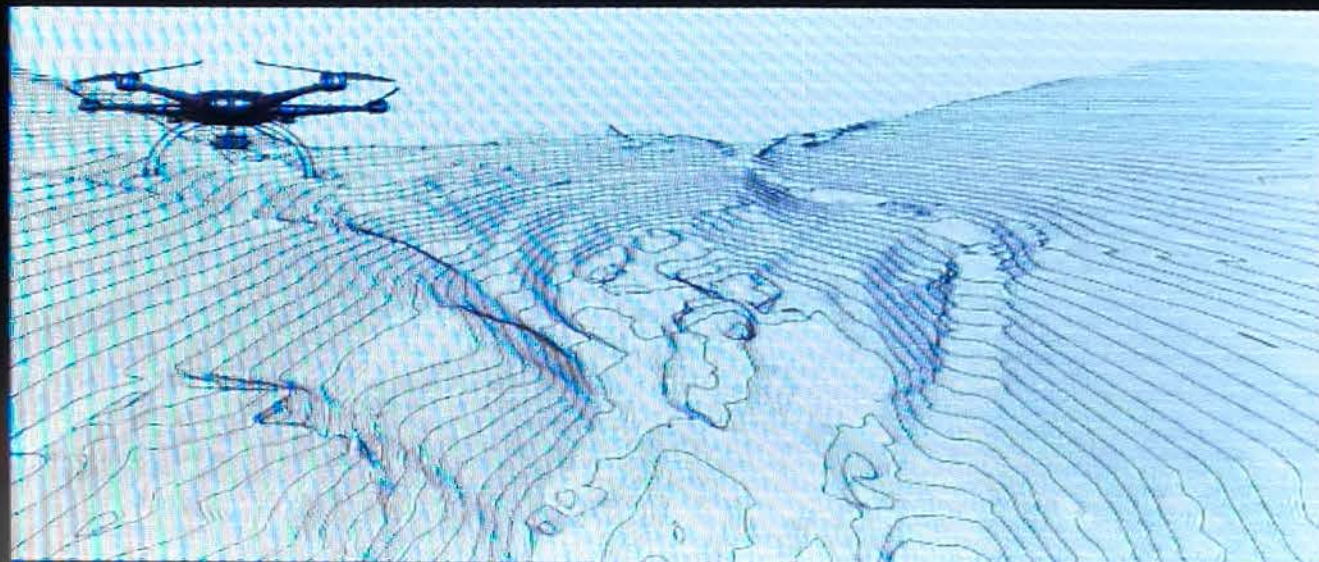


无人机扫描

JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天广场JW万豪酒店

3.1 场地测量与建模：无人机航测

- 利用三维激光扫描技术，对地形表面进行三维扫描，得到地形表面
- 点云数据
- 通过地形地貌



无人机扫描



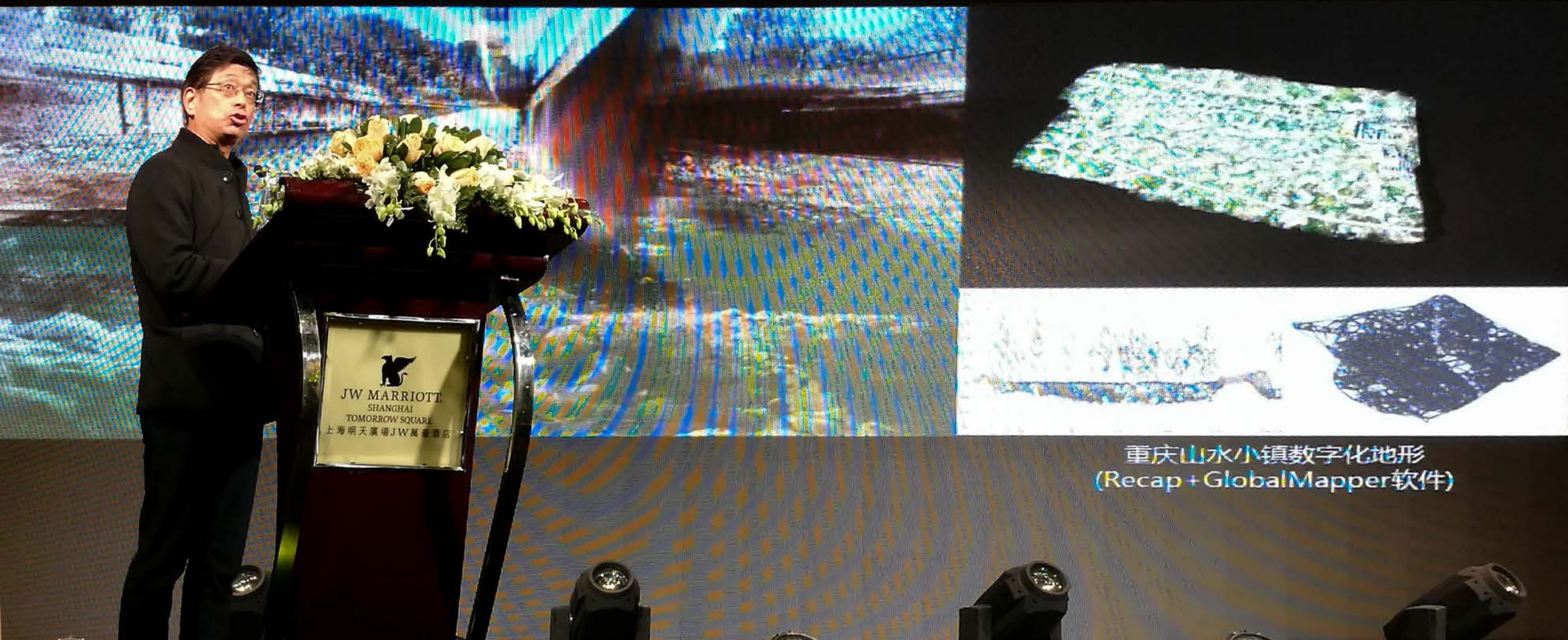
3.1 场地测量与建模：无人机航测

- 利用三维激光扫描技术，对地形表面进行扫描，得到地形表面点云数据
- 通过点云数据，生成地形表面模型



无人机扫描

3.1 场地测量与建模：三维数字地形建模

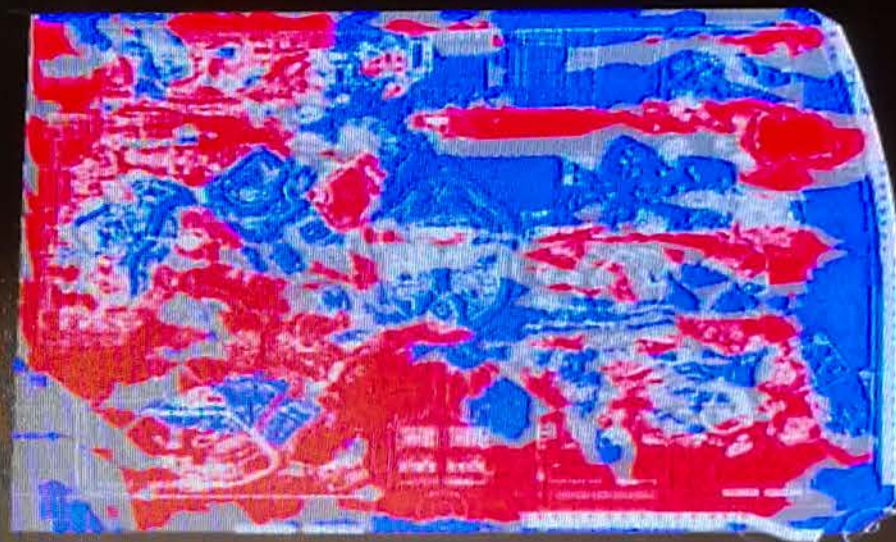


重庆山水小镇数字化地形
(Recap+GlobalMapper软件)

3.1 场地测量与建模: 场地分析



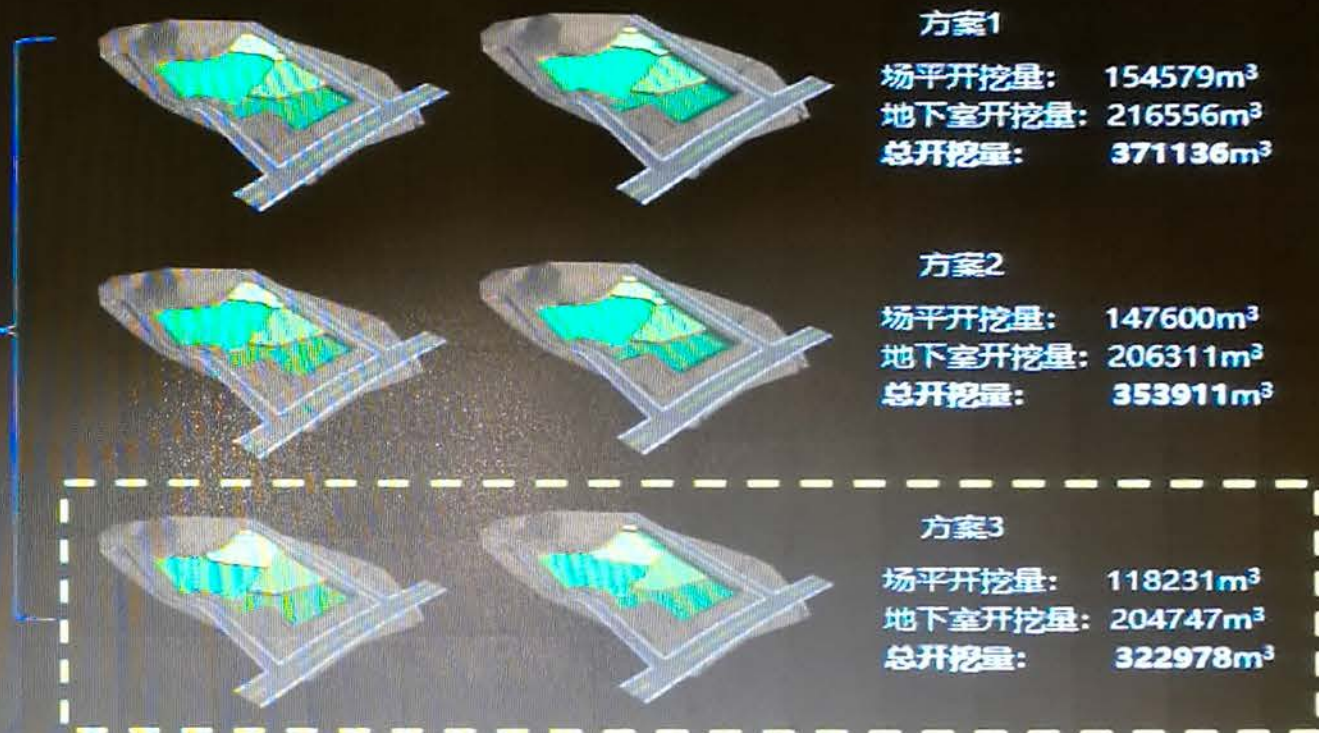
183	183.0000001 - 184
184	184.0000001 - 185
185	185.0000001 - 186
186	186.0000001 - 187
187	187.0000001 - 188
188	188.0000001 - 189
189	189.0000001 - 190
190	190.0000001 - 191
191	191.0000001 - 192
192	192.0000001 - 193
193	193.0000001 - 194
194	194.0000001 - 195
195	195.0000001 - 196
196	196.0000001 - 197
197	197.0000001 - 198
198	198.0000001 - 199
199	199.0000001 - 200
200	200.0000001 - 201
201	201.0000001 - 202
202	202.0000001 - 203
203	203.0000001 - 204
204	204.0000001 - 205
205	205.0000001 - 206



维持现状
挖方区域
填方区域

挖填方分区图 (ArcGIS软件)

3.1 场地测量与建模：基于数字模型的土方方案比选优化



3.2 性能化环境分析：视线分析

权重设置采样点

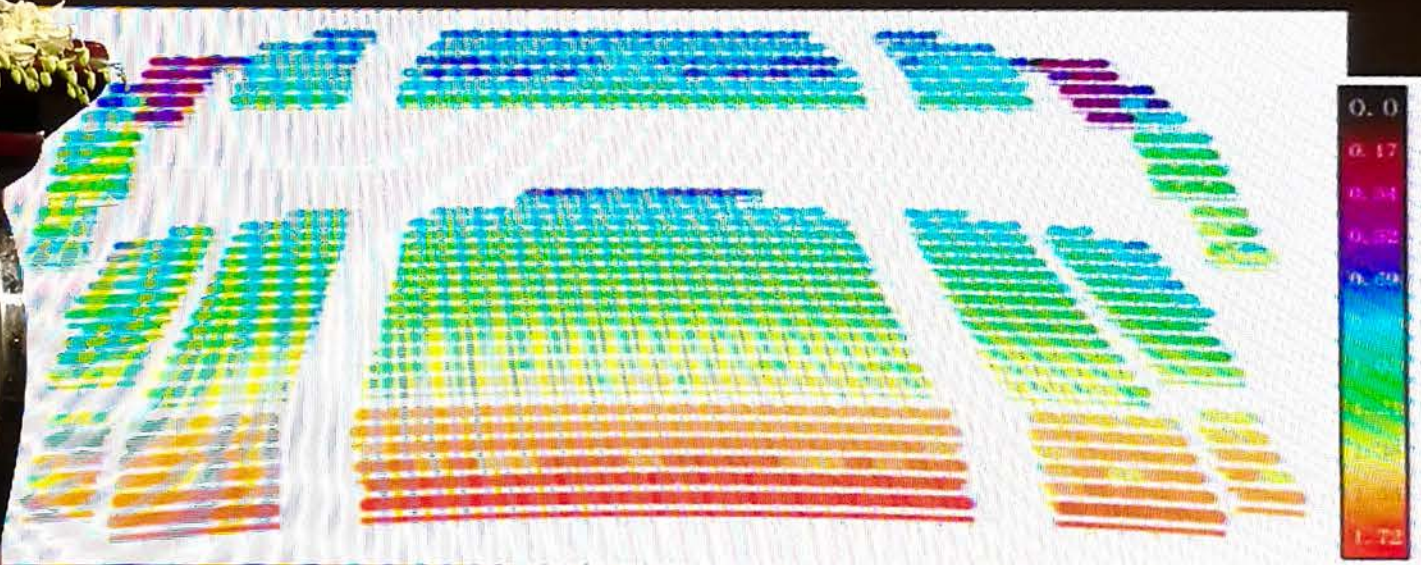


内江大劇院加权视线分析

综合评分
视野得分-(视距/10000)

分析方法

1. 舞台观察点
2. 视线生成
3. 权重设置
4. 视线评价

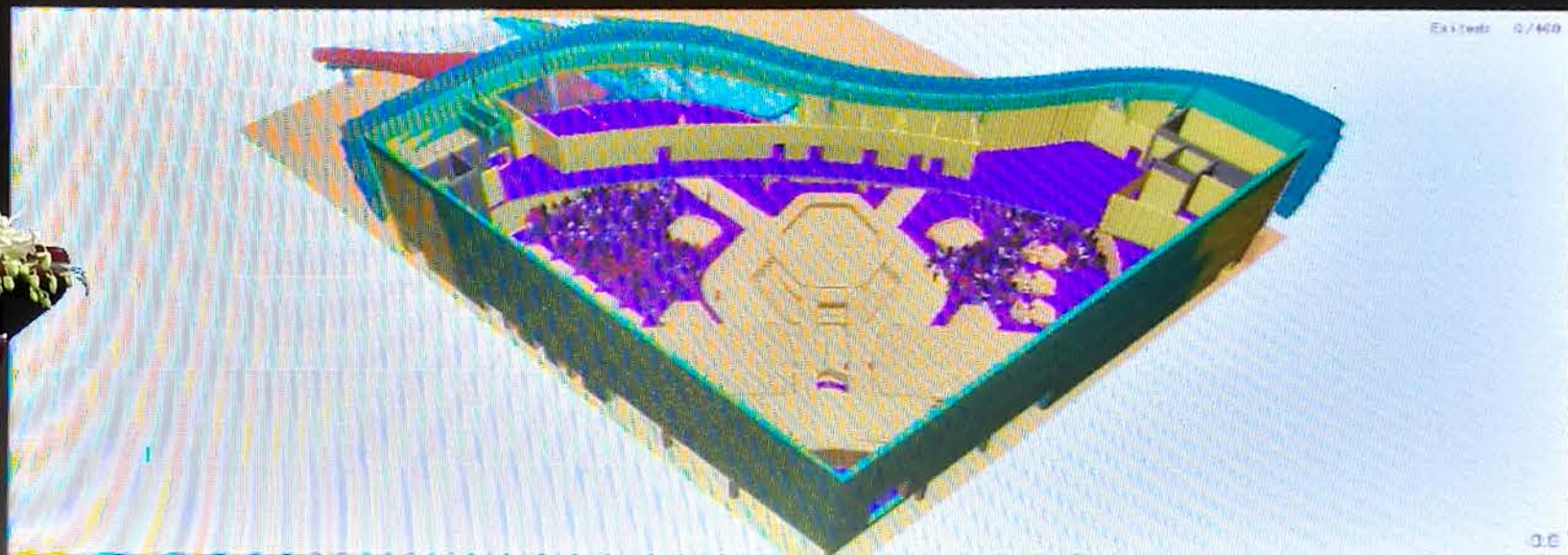


看不见

视野最佳

3.2 性能化环境分析：消防模拟仿真（疏散）

应急疏散



基于BIM模型（PathFinder软件）的疏散模拟仿真

JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天廣場JW萬豪酒店

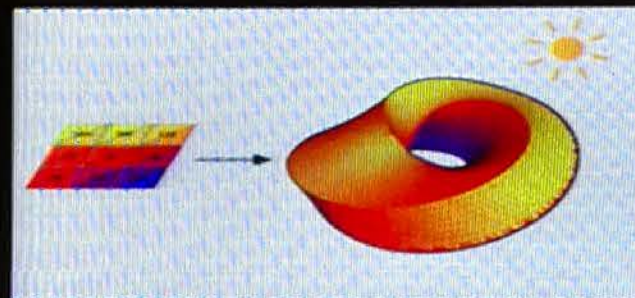
3.2 性能化环境分析：消防模拟仿真（烟气）



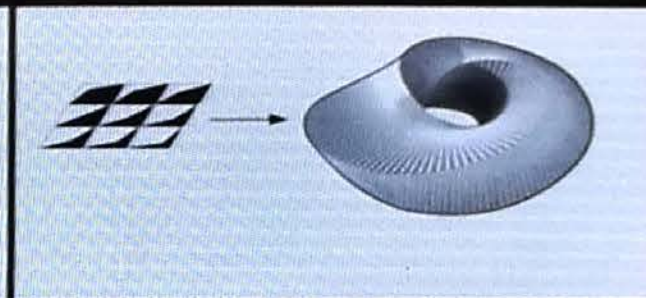
基于BIM模型（PathFinder软件）的烟气模拟仿真

3.2 性能化环境分析：日照模拟

- 通过参数化技术，结合建筑当地气候数据，充分考虑多种因素对建筑物性能的影响
- 利用参数化技术，结合建筑当地气候数据，充分考虑多种因素对建筑物性能的影响



基于日照模拟分析 (Ecotect)



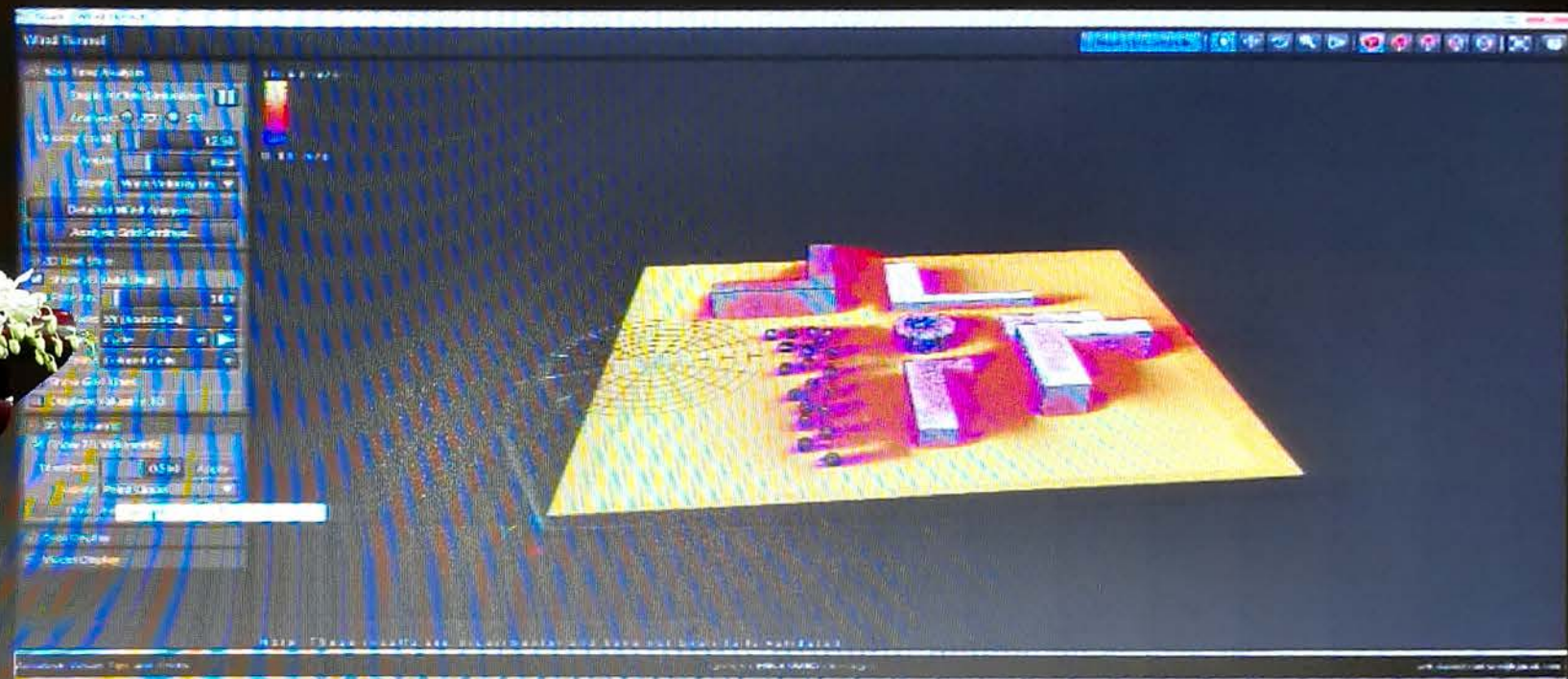
根据日照数据开窗 (Rhino)



阿斯塔纳国家图书馆 (丹麦BIG建筑师事务所)

3.2 性能化环境分析：气流组织模拟

- 利用软件对建筑室外风环境进行模拟仿真
- 设置布景及中

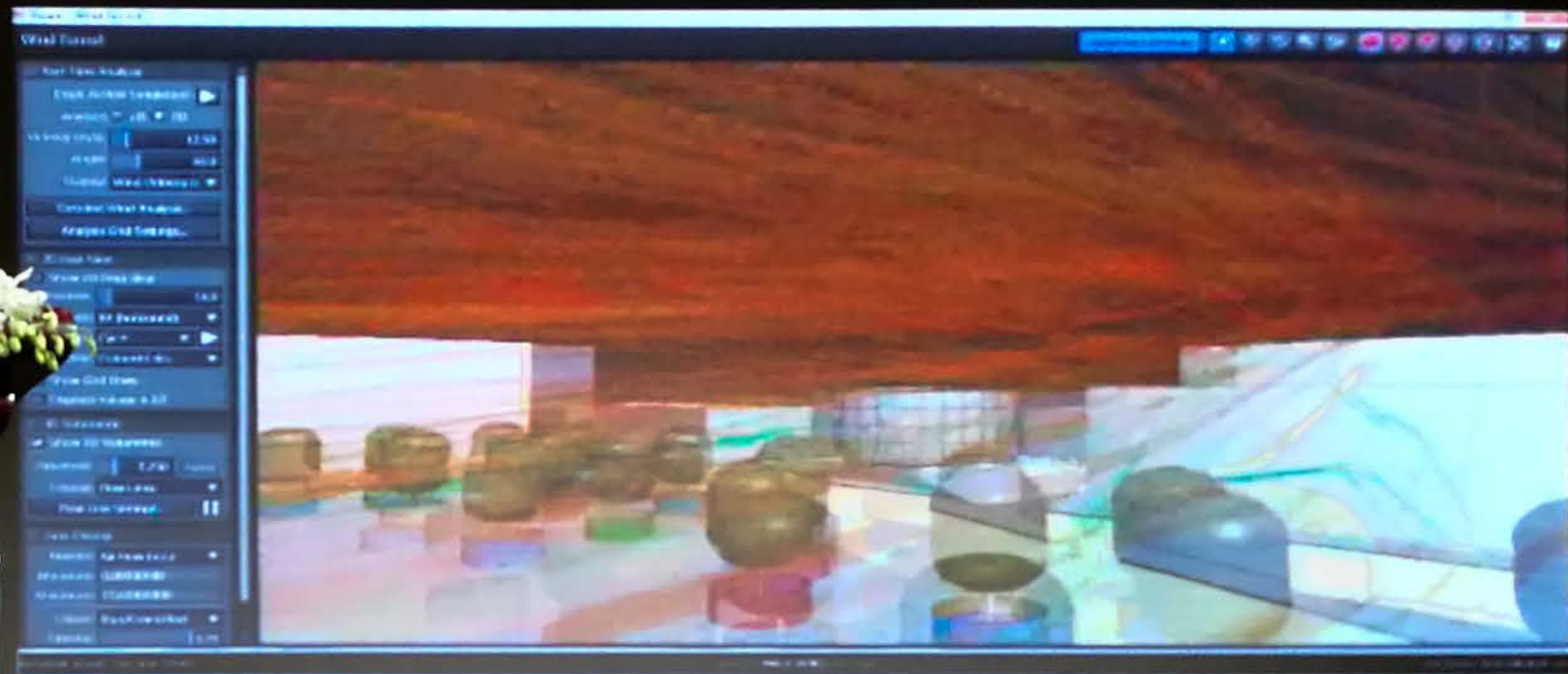


JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天廣場JW萬豪酒店

3.2 性能化环境分析：气流组织模拟

- 利用CFD软件对建筑室外风环境进行模拟仿真

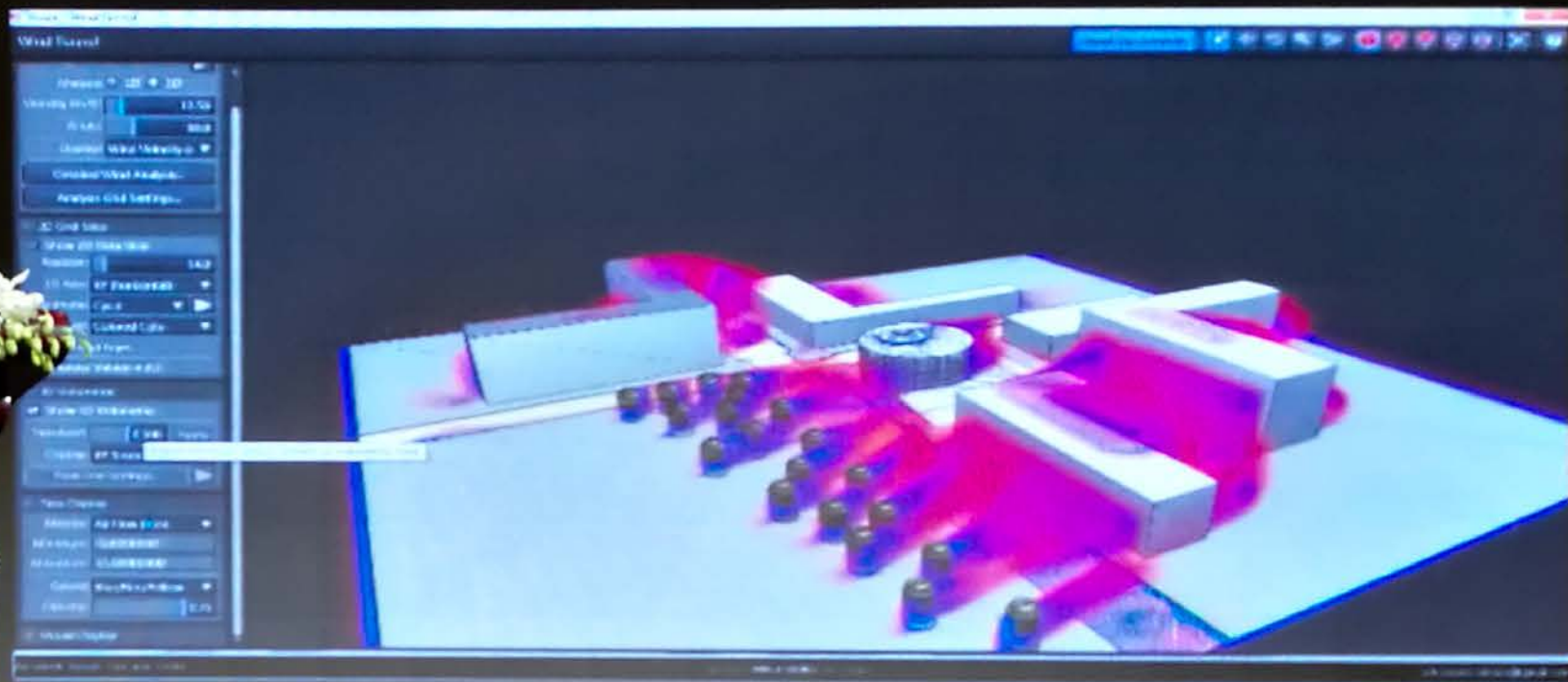
- 风环境模拟仿真



3.2 性能化环境分析：气流组织模拟

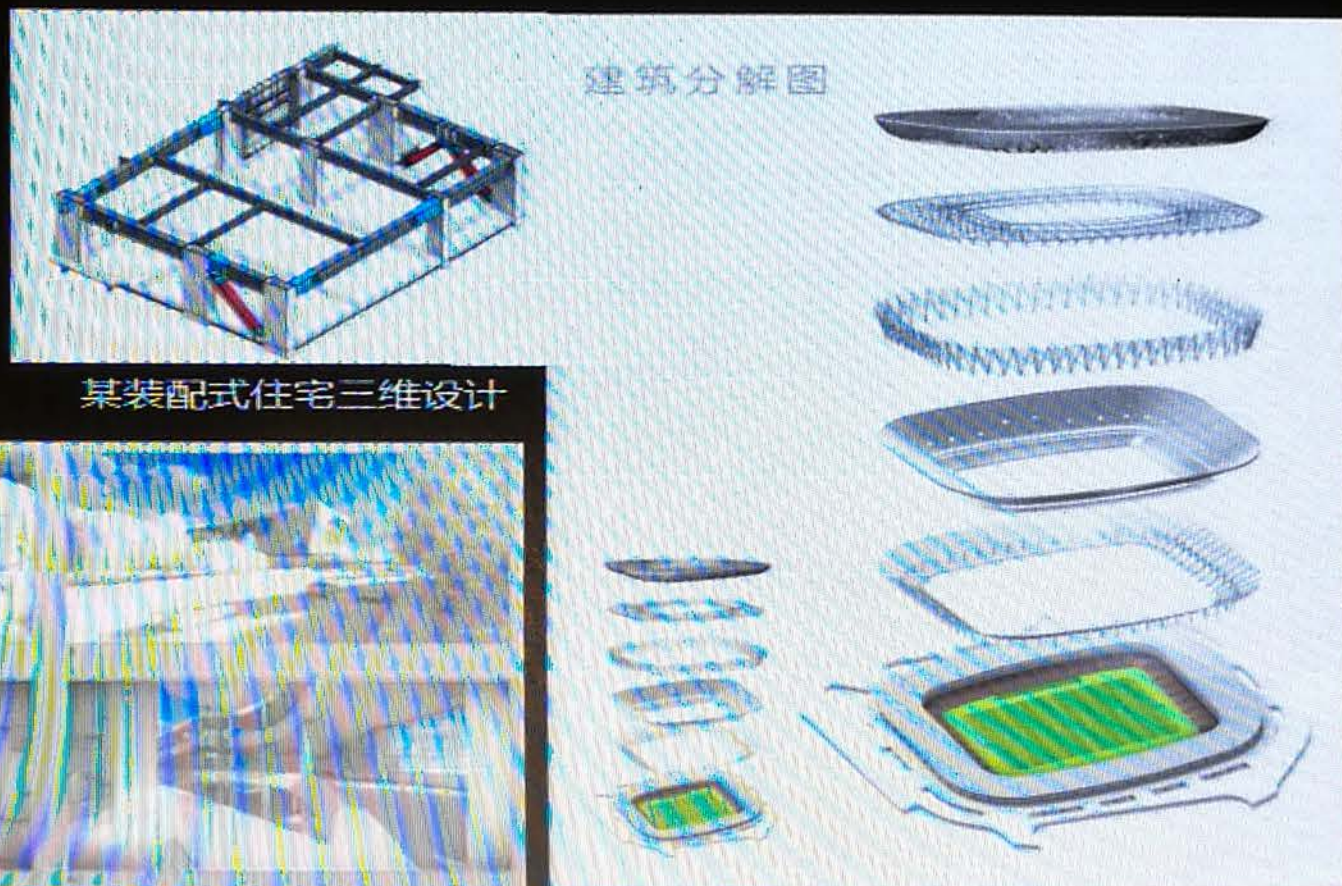
利用CFD软件对建筑室外风环境进行模拟仿真

室外风环境
分布及建筑中的



4.1 建筑设计：创作过程可视

- 效果展示更直观，有说服力
- 实时渲染引擎可以给建筑师反馈光线照射、环境模拟结果
- 建筑可视化实时合



科技馆实时光线渲染

某足球场建筑结构分解图

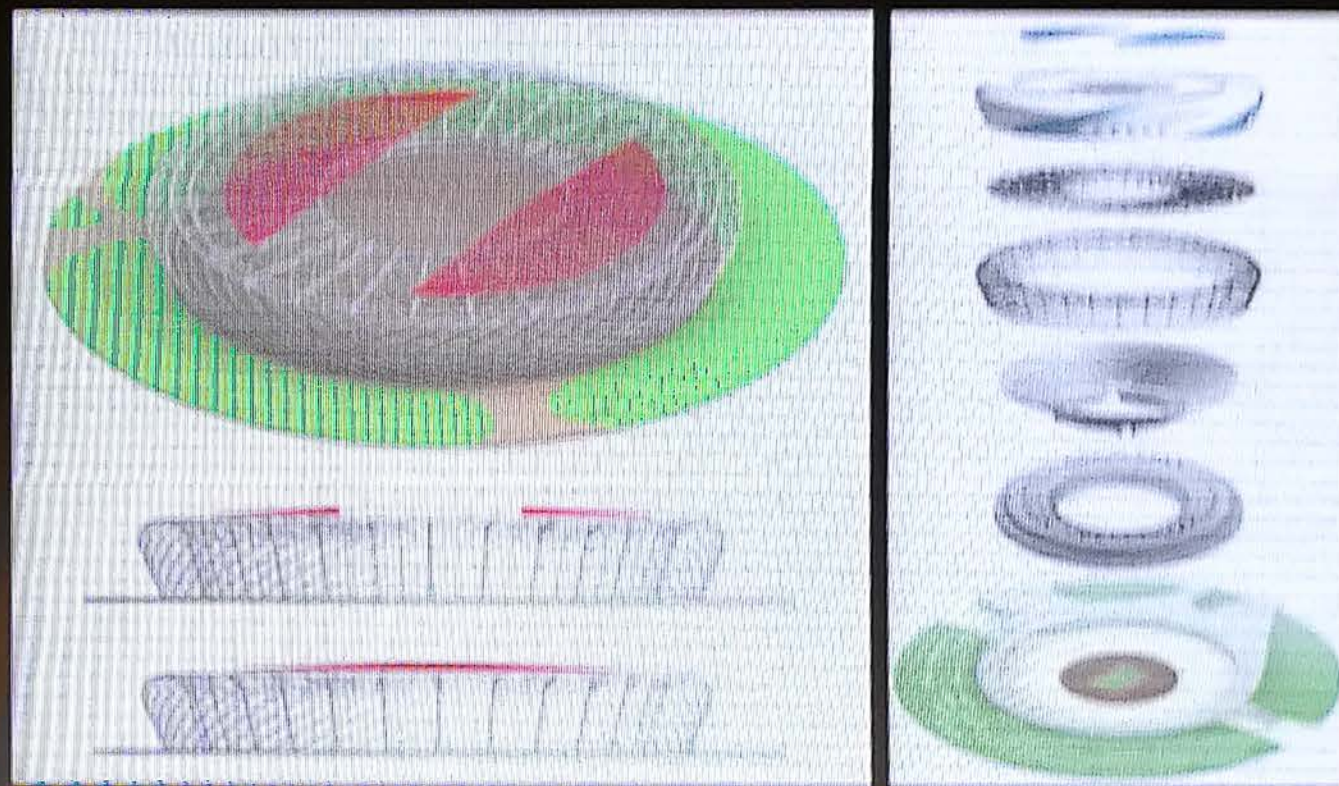
1.1 建筑设计：创作过程可视

- 复杂结构体系三维建模、分解

- 给设计师提供更直观的视觉

- 帮助设计师更直观地

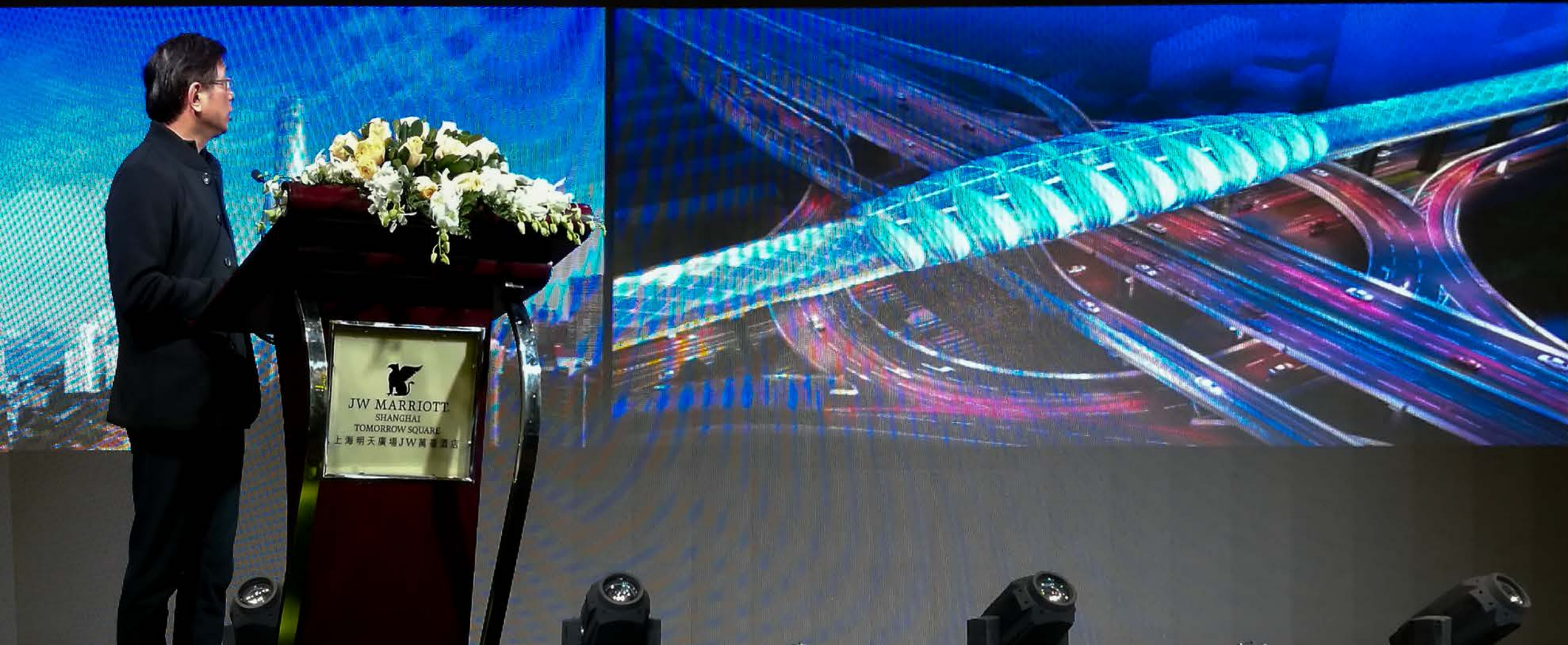
- 帮助设计师更直观地



4.1 建筑设计：建筑造型生成



4.1 建筑设计：建筑造型生成



4.1 建筑设计：建筑表皮创作



4.1 建筑设计：设计成果展示

- 定点的360度全景图，
结合效果增强



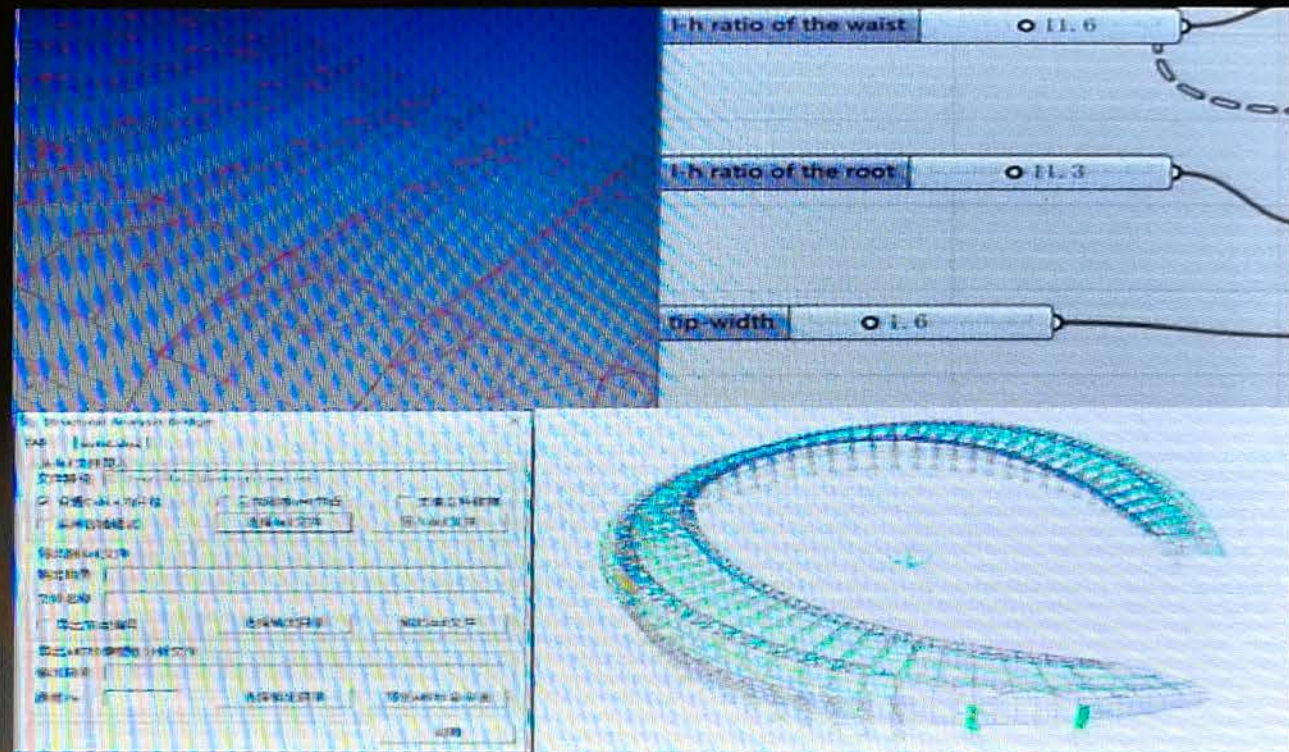
JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天廣場JW萬豪酒店

4.2 结构设计：结构参数比选

- 基于程序数学逻辑的建模

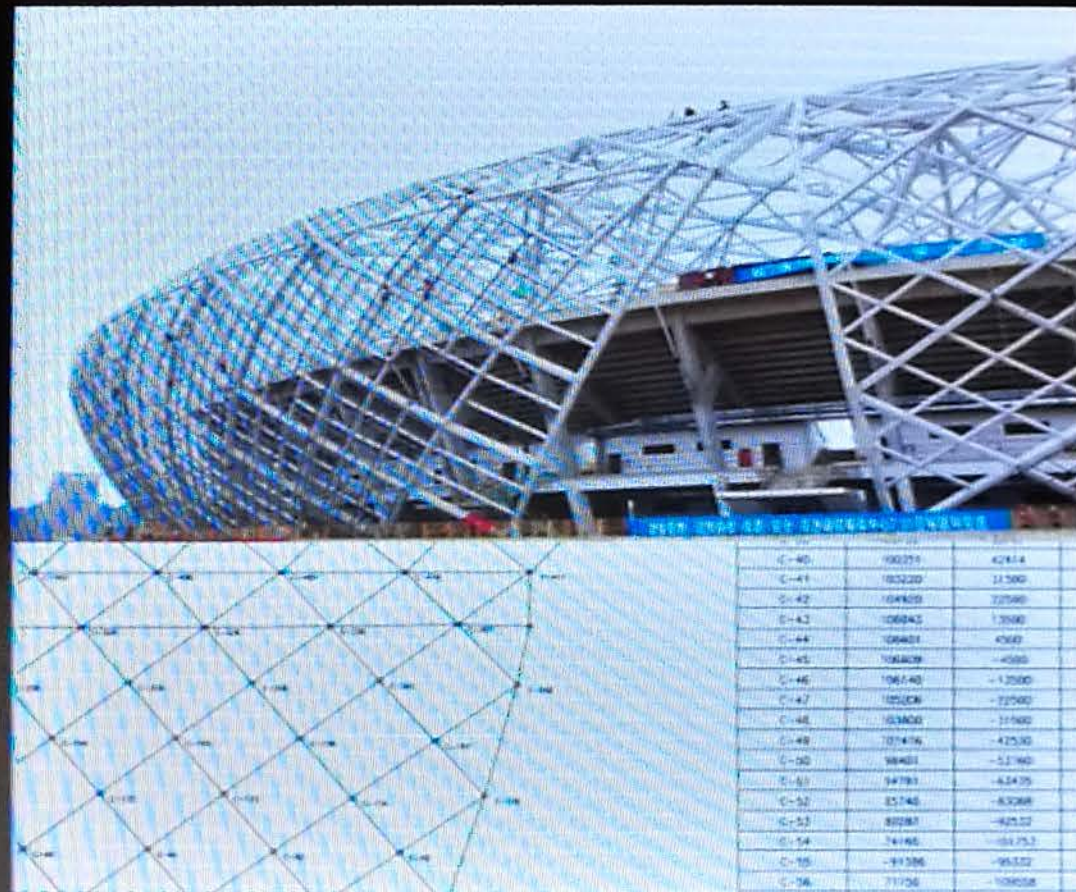
- 分析计算

- 大 时间和人力投入



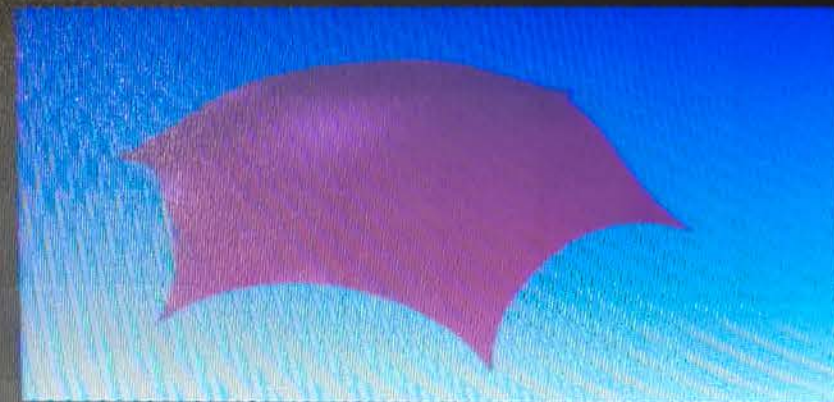
4.2 结构设计：构件空间定位

- 复杂空间结构难以二维表达
- 利用数字化方法对定位数据进行表示



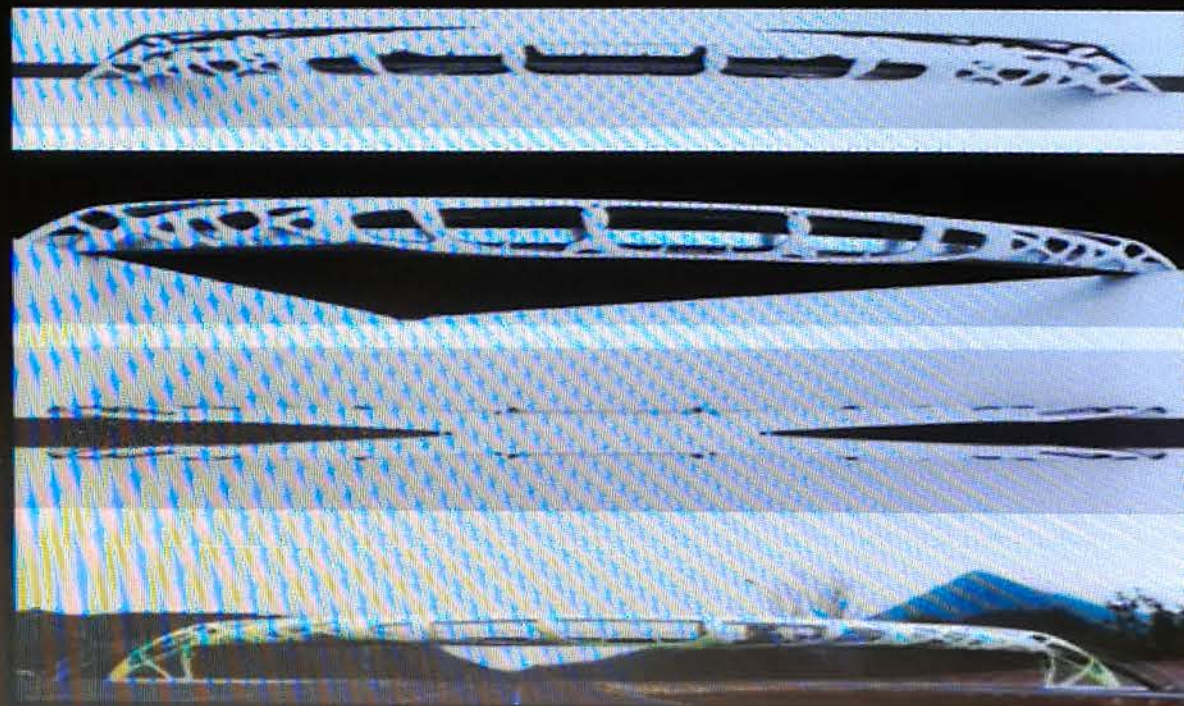
4.2 结构设计：柔性结构找形

- 原/净/动力/密度法、有限元
- 佳法也可以实



4.2 结构设计：结构几何生成

- 原理：密度法、渐进优化法等



4.2 结构设计：结构形态优化

- 原理：结构性能、刚度、频率

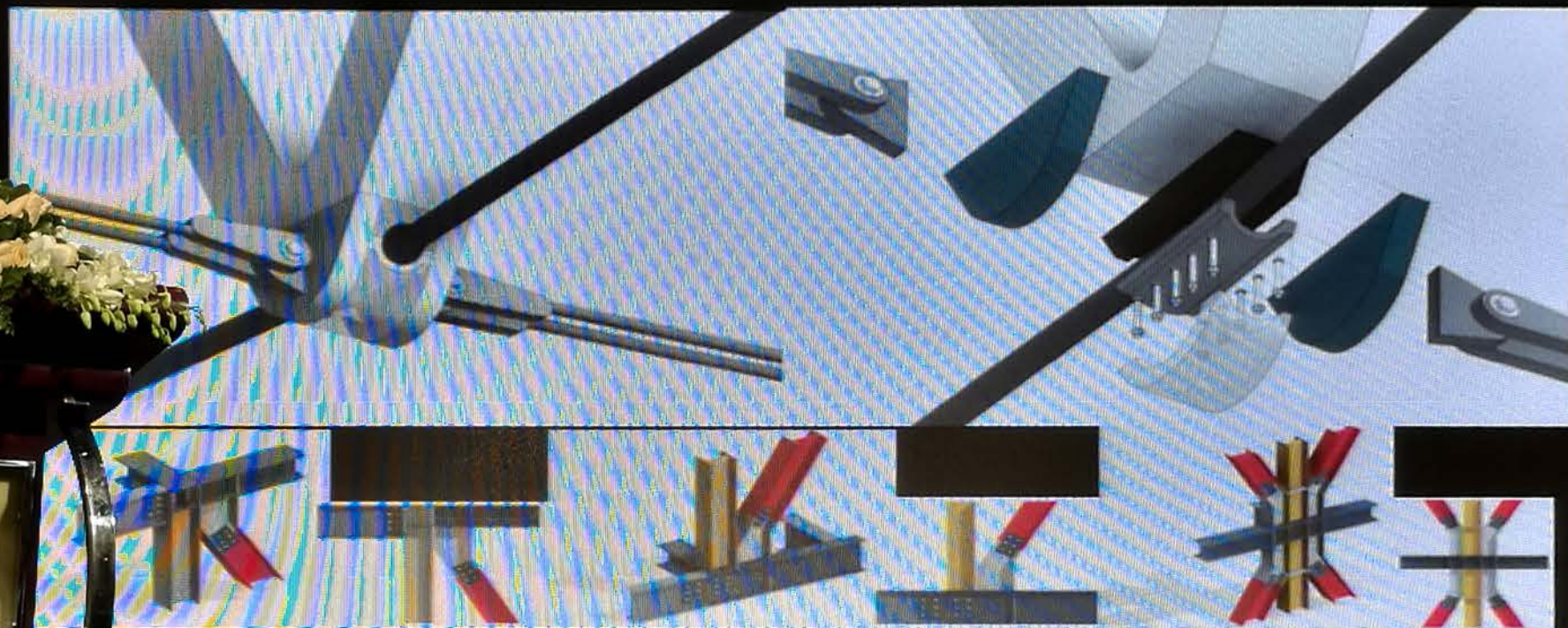


4.2 结构设计：节点精细设计

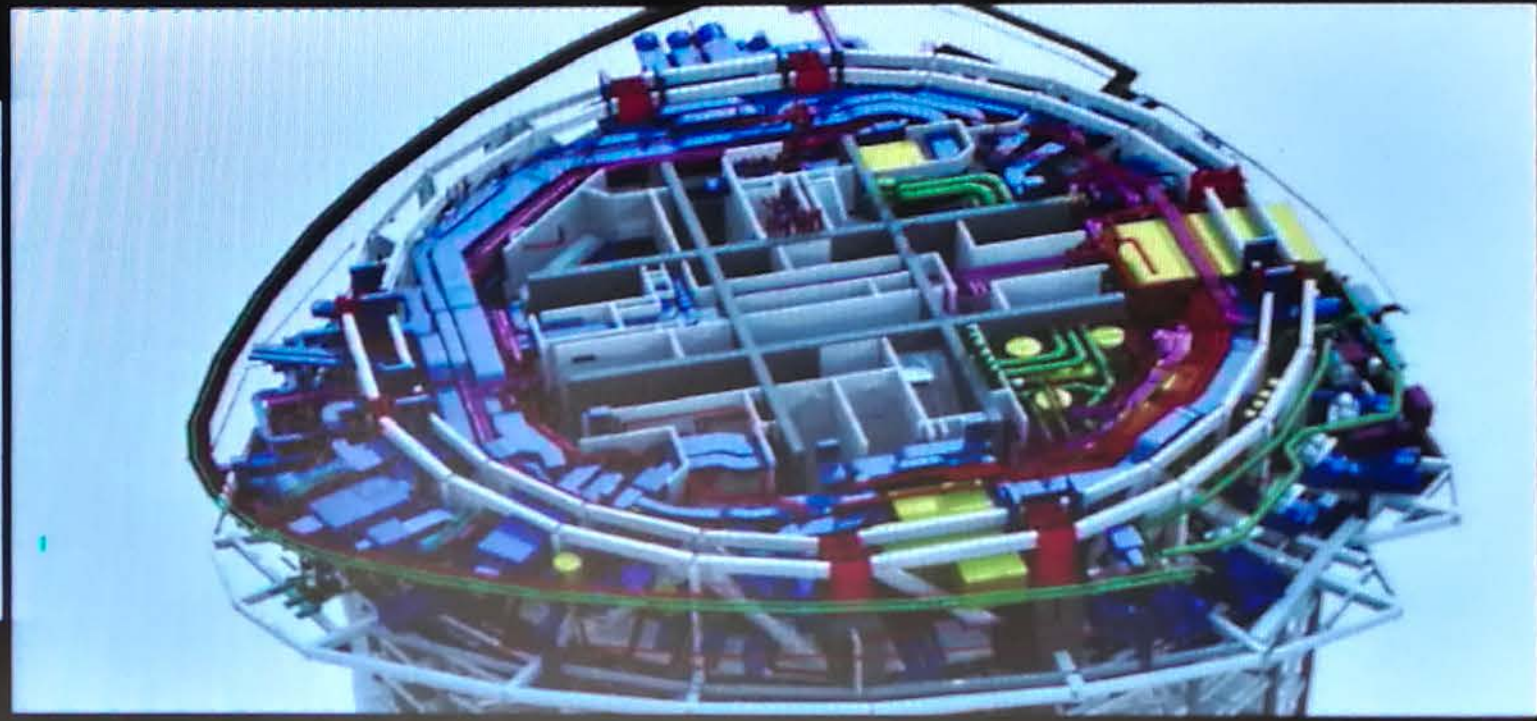
- 更精美节点设计

- 精

- 重

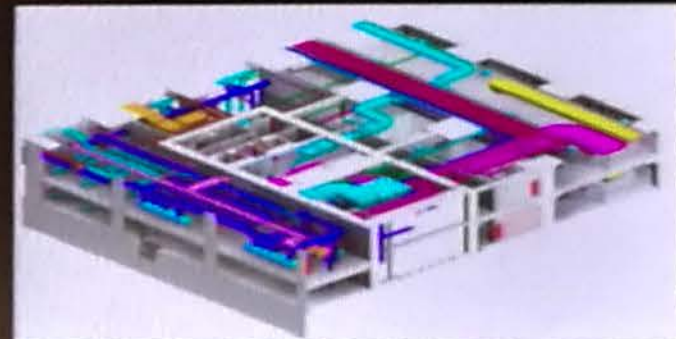
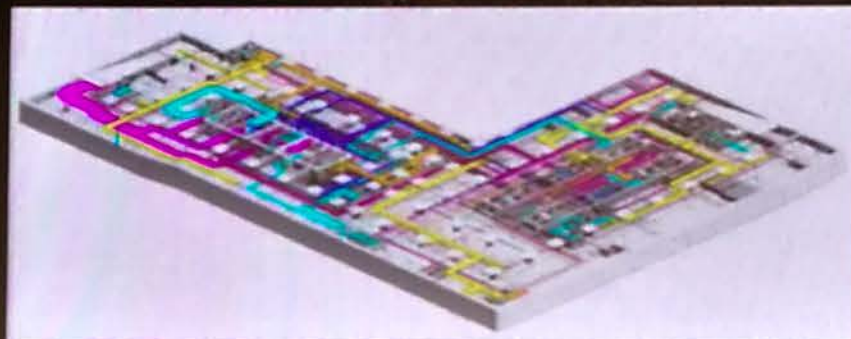
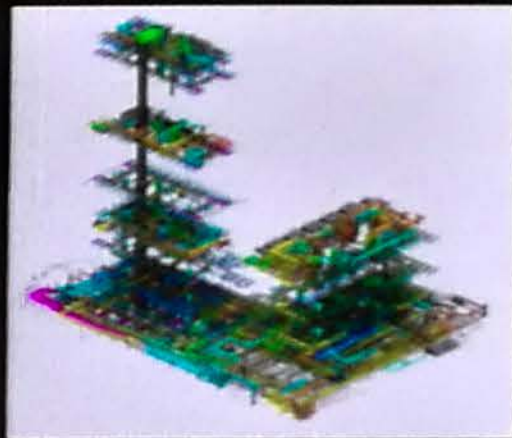
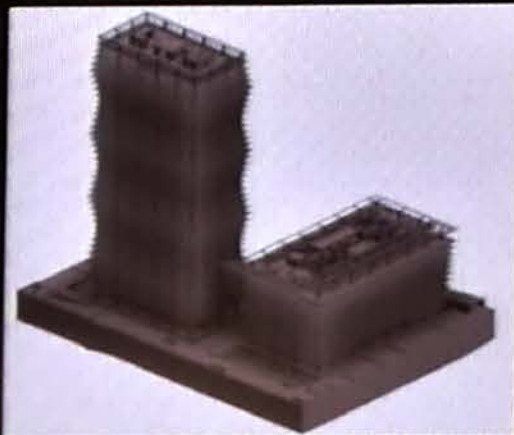
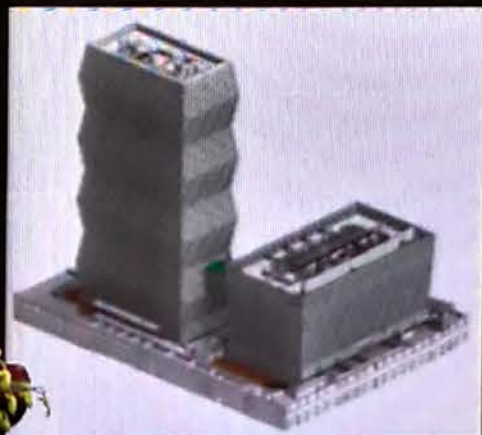


4.3 机电管线综合: 管线综合优化



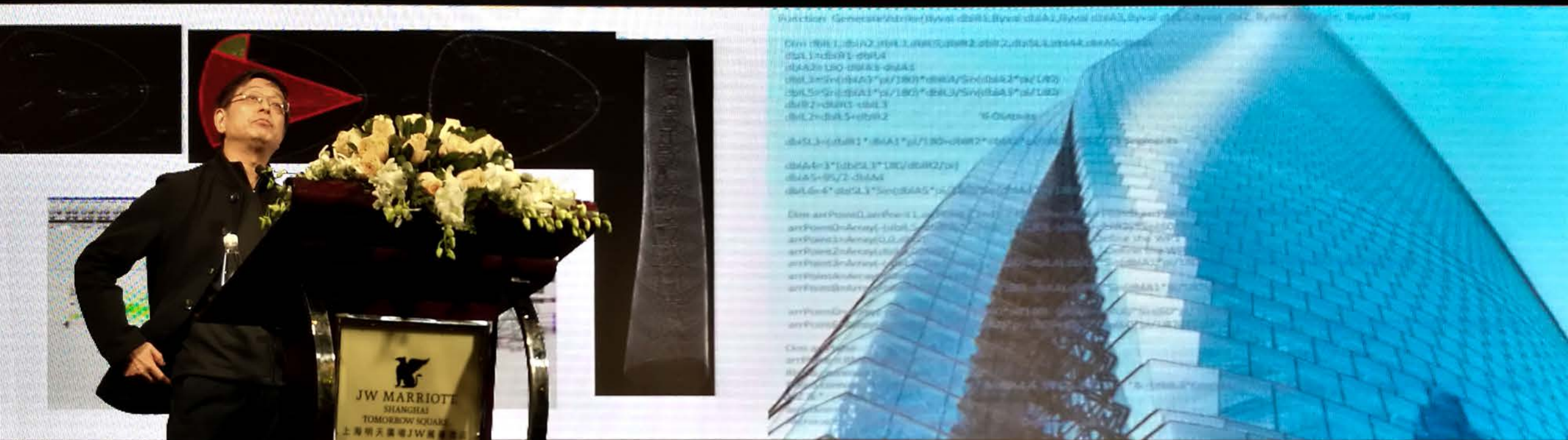
上海中心 基于BIM模型的设备层机电管线综合

4.3 机电管线综合: 管线综合优化



古北SOHO 基于BIM模型的全楼机电管线综合

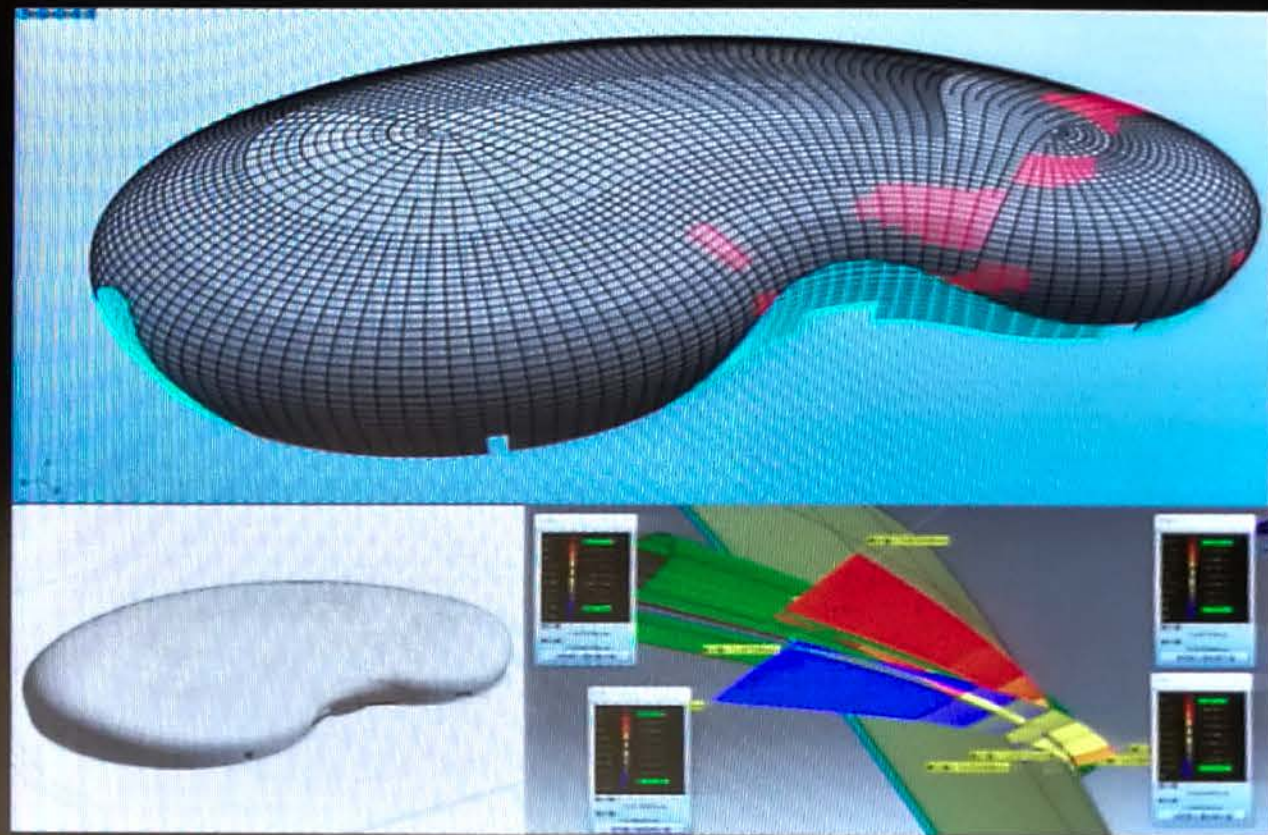
4.4 幕墙设计：复杂曲面的定位



面生成与分片定位 (Rhino+grasshopper+visual basic编程)

4.4 幕墙设计：幕墙的分片与误差消融

- 利用数字化设计玻璃形状
- 设计玻璃片之间的
- 误差消除能力与效果



某双曲幕墙的平板拟合及误差消融 (Rhino+CATIA)

4.5 滇池水上乐园：项目概况

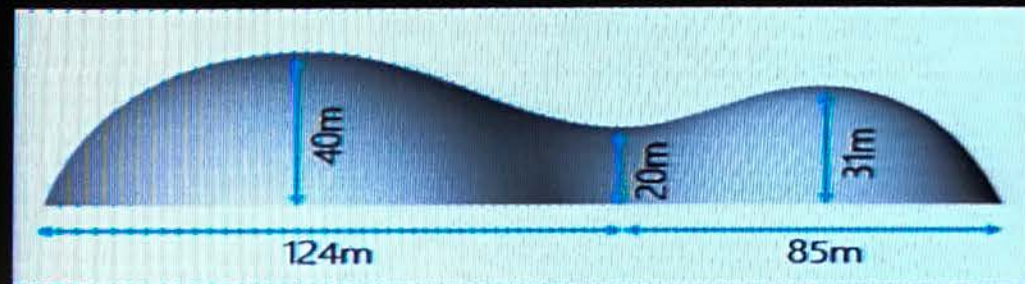
项目名称	昆明滇池水上乐园方案设计
设计年份	2017年
地下建筑面积	约27000m ²
设计单位	清华大学建筑设计研究院
建设地点	云南·昆明
项目概况	



建筑效果

建筑效果

4.5 滇池水上乐园：项目概况



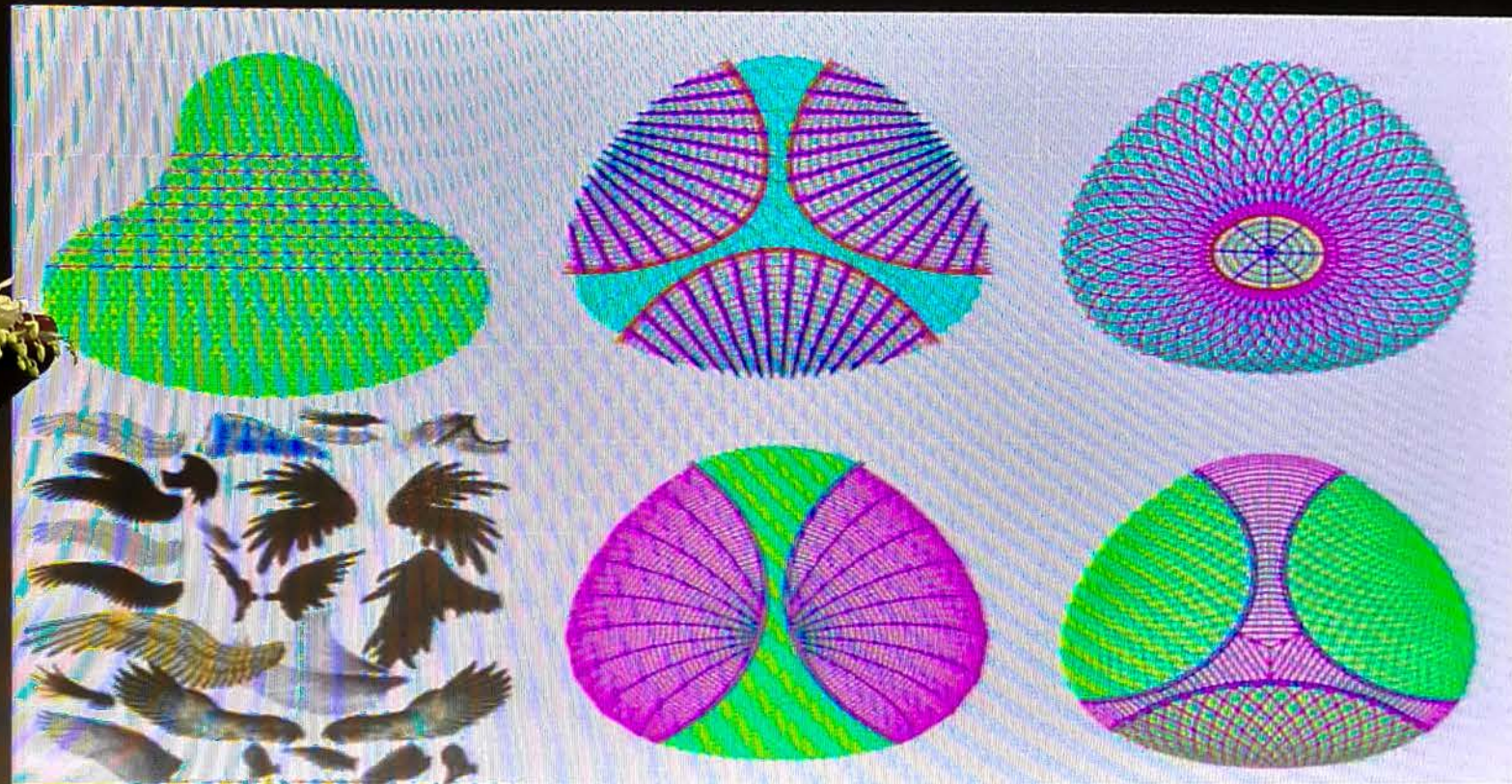
表皮面积: 34971m^2
投影面积: 27492m^2
矢跨比: $1/5.2$ (大面) 和 $1/2.7$ (小面)

建成后将成为世界最大的无柱单层网壳结构

4.5 滇池水上乐园：体系——基于参数化方法的多方案比选

参数化技术带来更丰富的结构形式

- 参数化手段赋予了结构形式更多的可能性

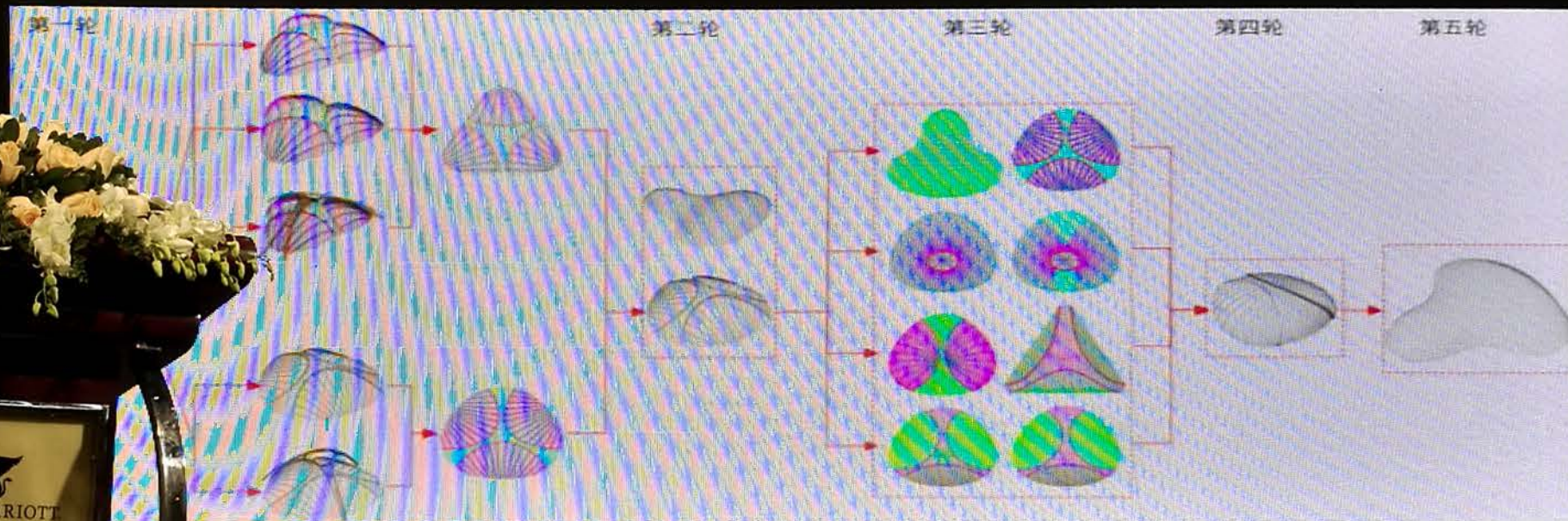


JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天廣場JW萬豪酒店

4.5 滇池水上乐园：体系——基于参数化方法的多方案比选

参数化技术带来更丰富的结构形式

- 参数化设计手段赋予了结构方案更多的可能性



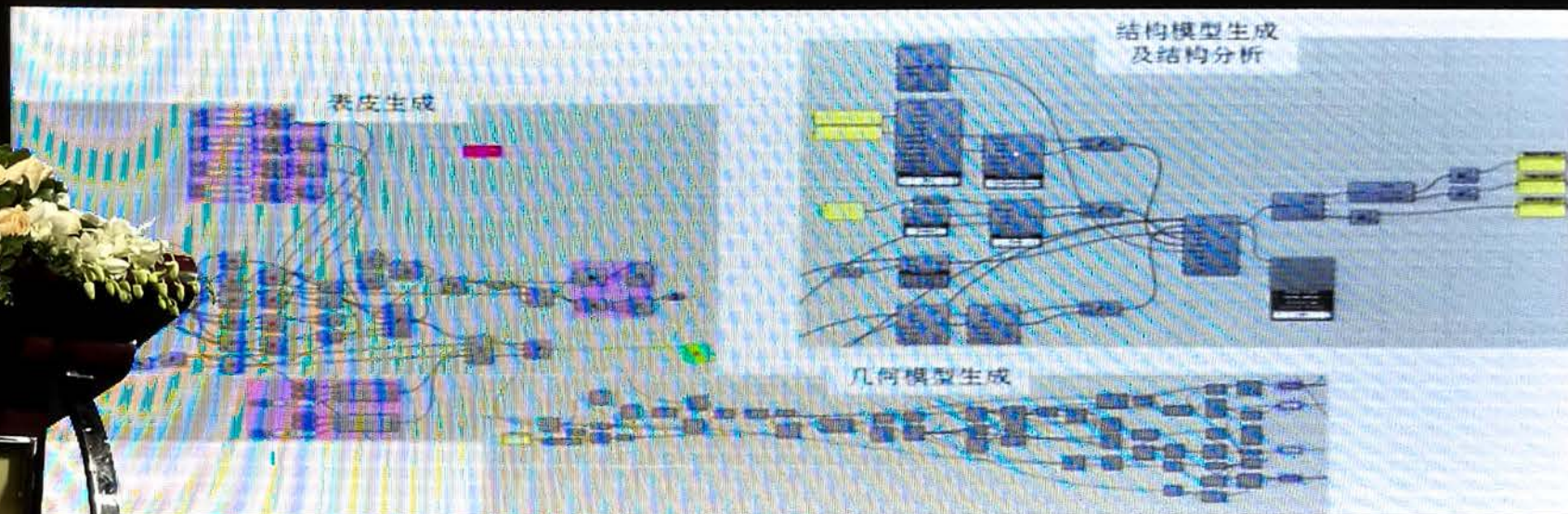
4.5 滇池水上乐园：体系——基于参数化方法的多方案比选

随形变化的结构

- 参数通过 Grasshopper

- 本生

-



Grasshopper参数化建模

JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天廣場JW萬豪酒店

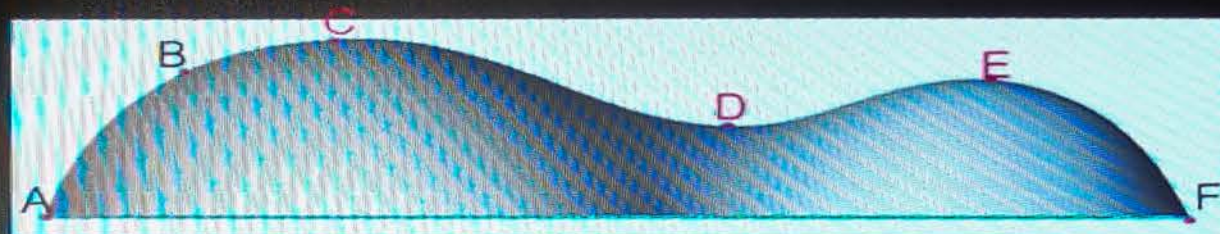
4.5 滇池水上乐园：形态——性能导向的结构找形

优化目标与优化变量（参数）

- 由少量参数控制复杂结构几何的方法使结构优化简单可行
- 应...对壳体结构而
- 在建...点的最优位置

$$\min(E)$$

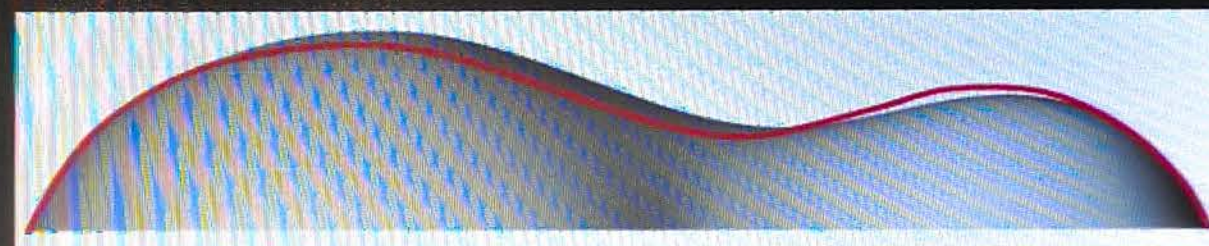
$$\text{where } E = \int u dV = \int \sigma d\epsilon$$



4.5 滇池水上乐园：形态——性能导向的结构找形

优化算法

- 多参数、多目标优化问题，通过优化算法来寻找一个较优解。
- 单目标、多参数优化问题，通过优化算法来寻找一个较优解。

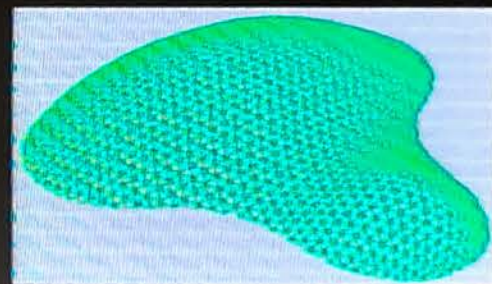
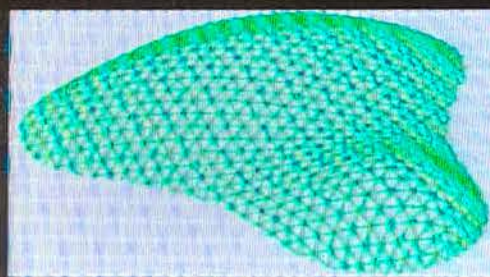
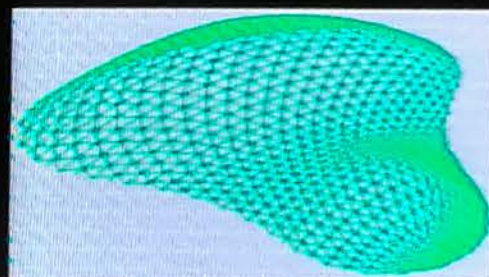
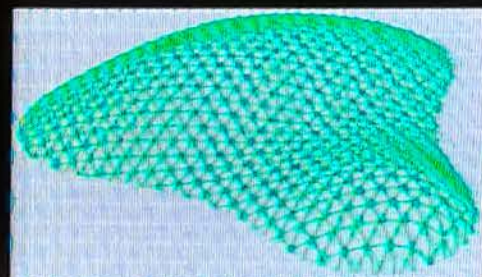


CD点右移10m, E点右移4m, 上移4m
最大支座推力降低27%, 竖向变形降低60%

4.5 滇池水上乐园：构件——网格几何的一体化设计

参数化技术带来更丰富的结构形式

- 借助非均匀有理B-样条 (Non-Uniform Rational B-Spline, NURBS) 控制点插值方法实现高效的几何设计
- 通过参数化设计生成更丰富多变的几何形式。



映射、投影、等分等不同手法建立的结构形式

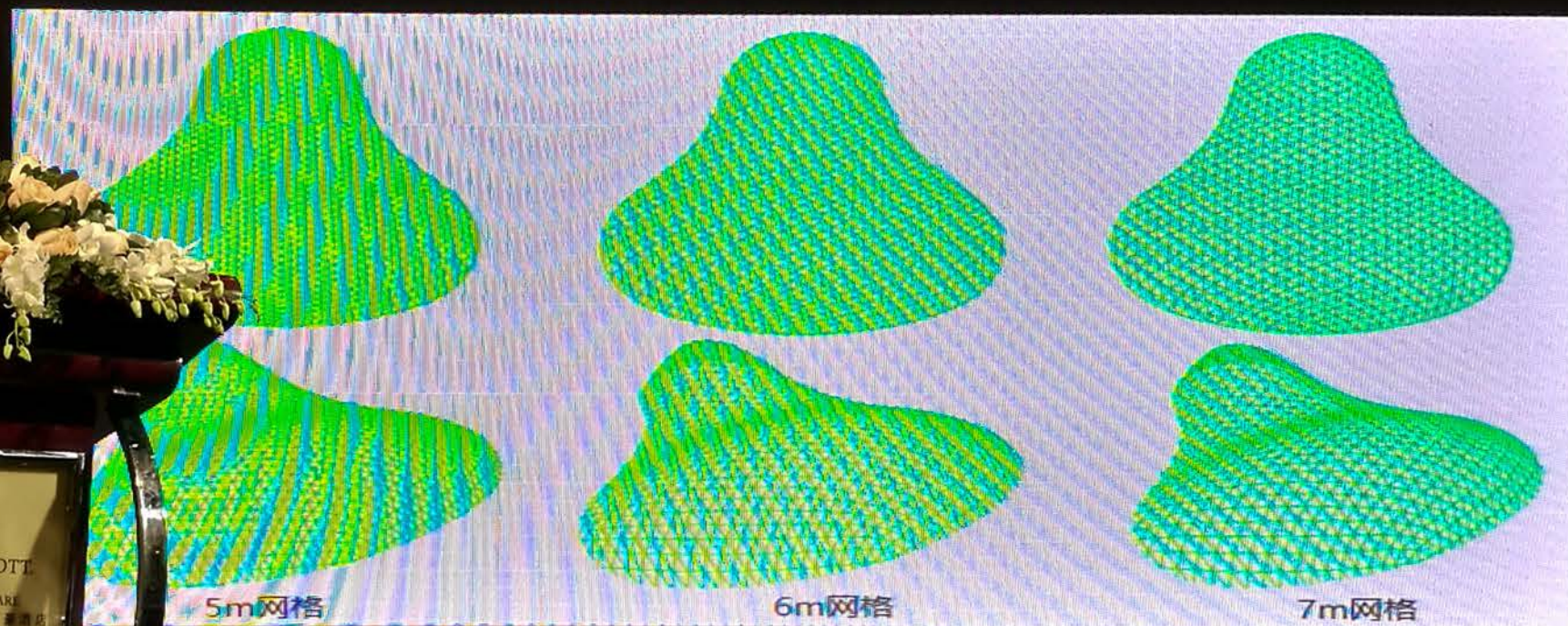
4.5 滇池水上乐园：构件——网格几何的一体化设计

参数比选效率的提高

- 数字通过几个

- 高对

- 准



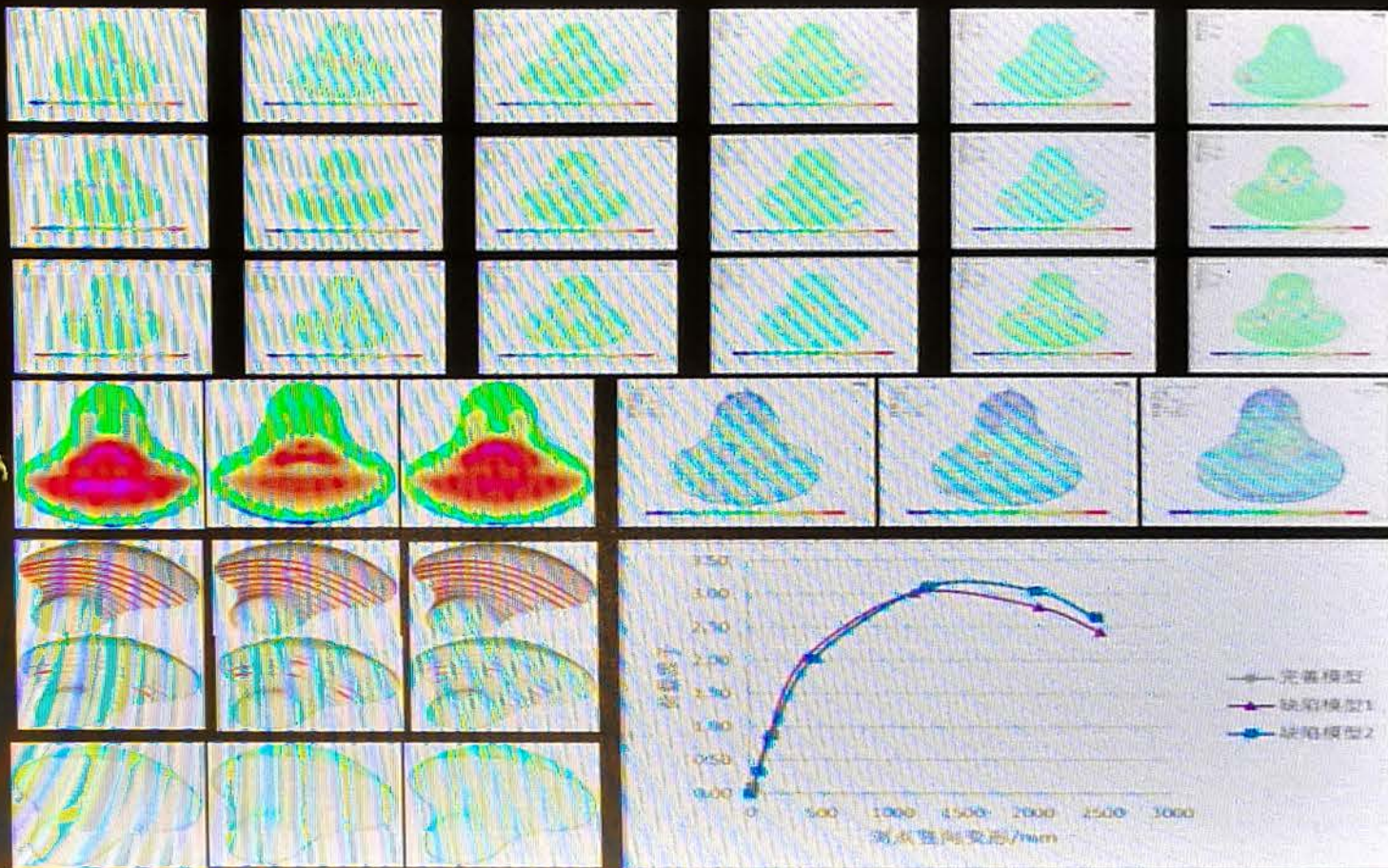
网格疏密对比



4.5 滇池水上乐园：分析——简捷便利的结构计算

建模-分析数据对接

- 通过工具与分析工具的数据传递，实现快速的结构分析



屈曲分析与抗连续倒塌分析

4.5 滇池水上乐园：展示——全方位的数字化体验

3D打印展示

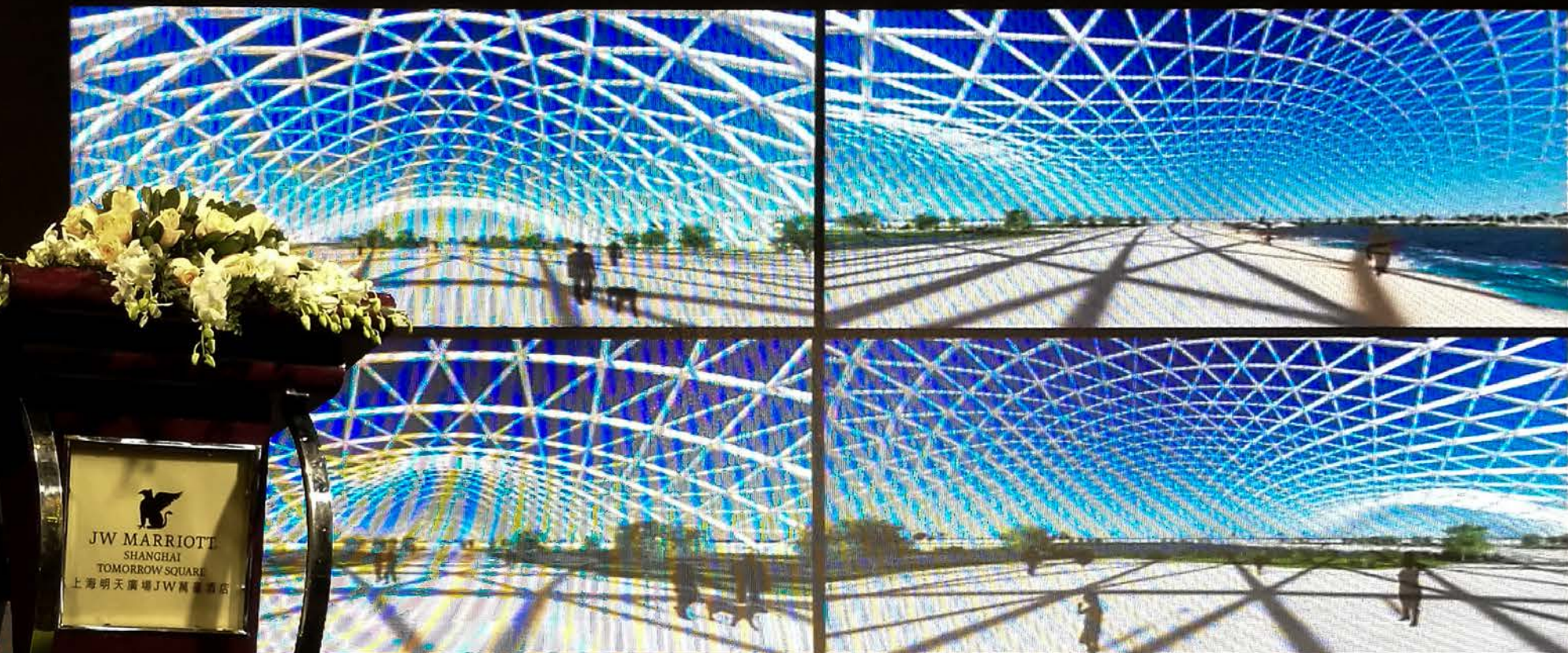
- 通过3D打印获得
- 的
-
- 精



4.5 滇池水上乐园：展示——全方位的数字化体验

BIM漫游展示

- 利用BIM技术对整体效果、关键构造进行分解展示



昆明滇池水上乐园方案设计小结

几何形体生成及优化

通过结构分析，发挥形态作用，寻找
结构结合

提高结构比选

极大

设，优化决策流程

JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天广场JW万豪酒店



5

建造过程的设计控制

Design Control During Fabrication

建造过程的设计控制

5.1 设计控制与建筑完成度

5.2 深化设计整体把控

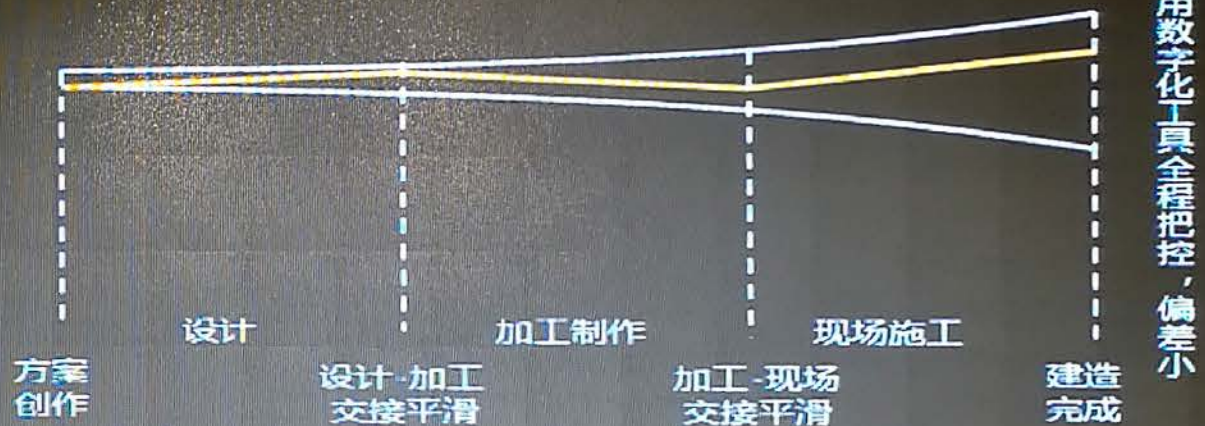
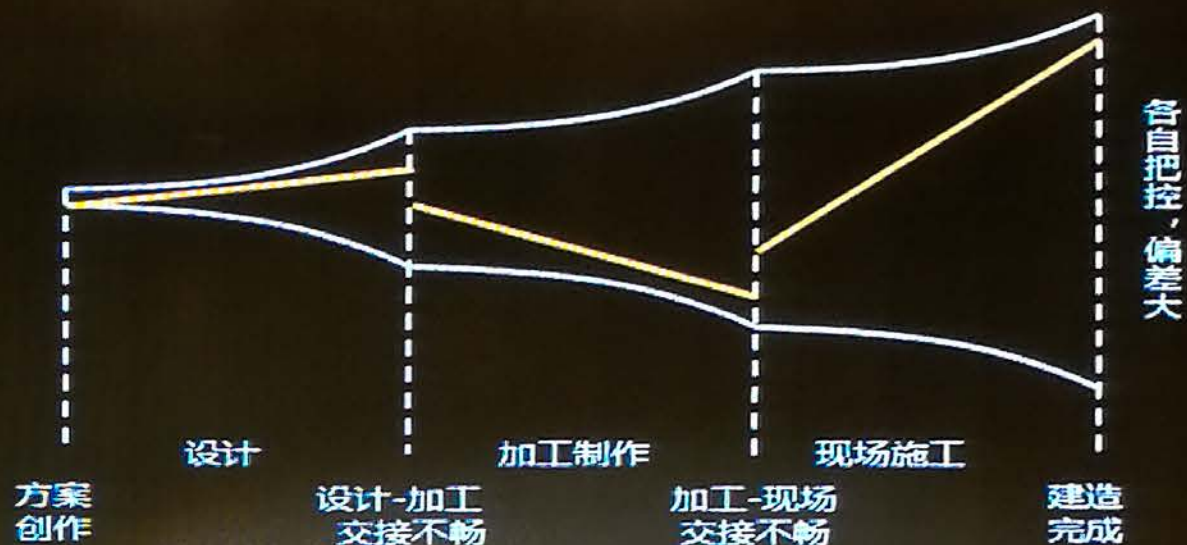
5.3 机器人建造

5.4 4D虚拟建造

JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天广场JW万豪酒店

5.1 设计控制与建筑完成度的关系

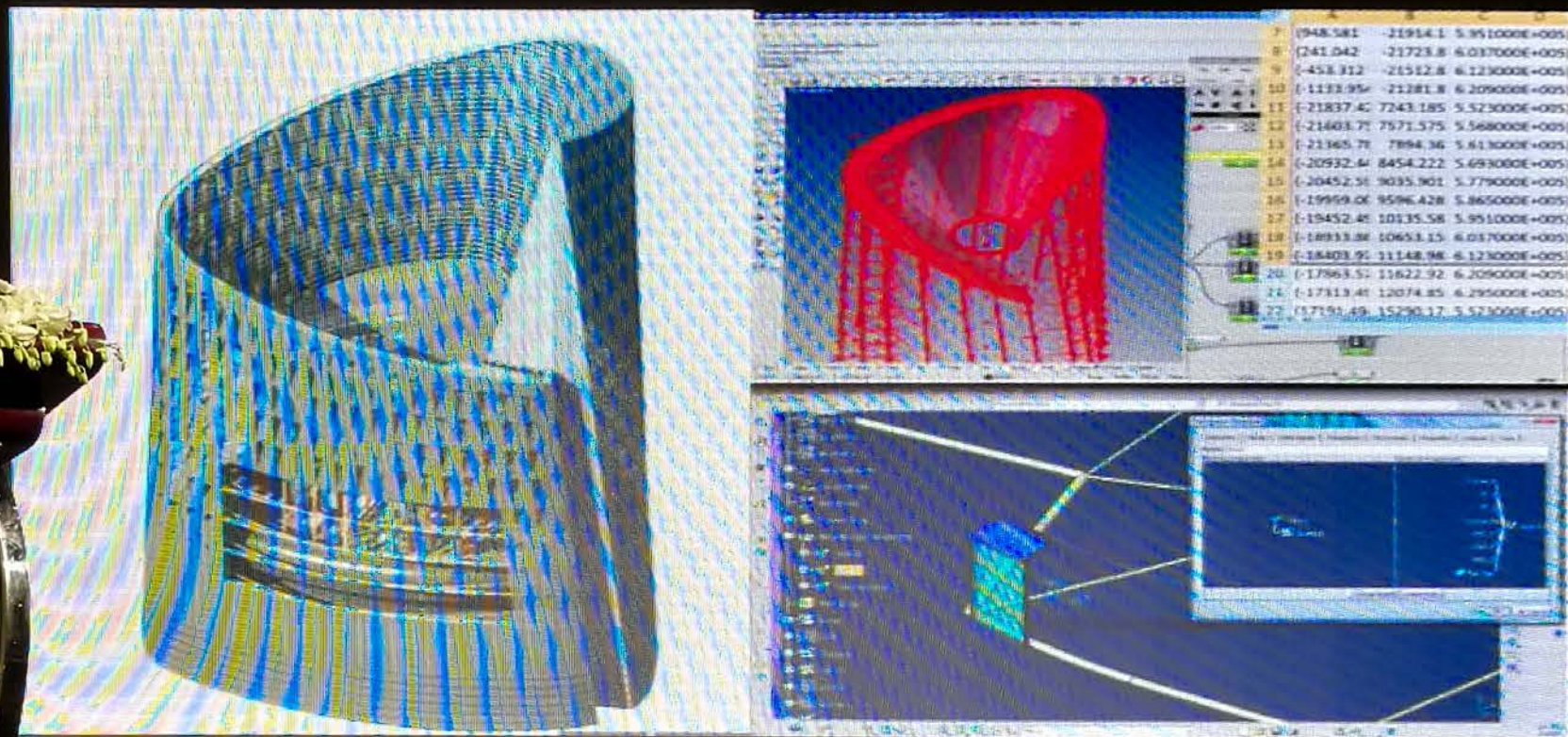
- 从设计到建造完成难免有偏差
- 各自把控，偏差大
- 各自主观角度，宽紧不一



数据和三维
可以有效减

5.2 深化设计整体把控

- 通过BIM精细把控钢结构深化设计，设计结果数据传递用于深化设计
- 塔冠
- 导出
- 通过
- 生成
- 根据



5.2 深化设计整体把控

- 利用数字技术精确控制核心树状柱筒(曲/弯扭/变截面)的空间形状



5.3 米兰世博会中企馆：方案构思

项目名称 米兰世博会中企馆
设计年 2014年
建成年 2015年
地下建 0层
设计单 上海明天广场JW万豪酒店
建设地 意大利米兰
项目概 项目概况



2015年意大利米兰世博会中企馆选择“中国种子”作为主题意象，建筑表皮卷裹是对种子萌发过程的模拟；双重环形坡道则是对DNA分子结构的隐喻。BIM技术的应用有效应对了非线性、空间小、结构复杂、净高要求高的项目难题，架起了了中外协作沟通的桥梁。

5.3 米兰世博会中企馆：基于BIM的数字化技术应用

● 建筑结构一体化设计

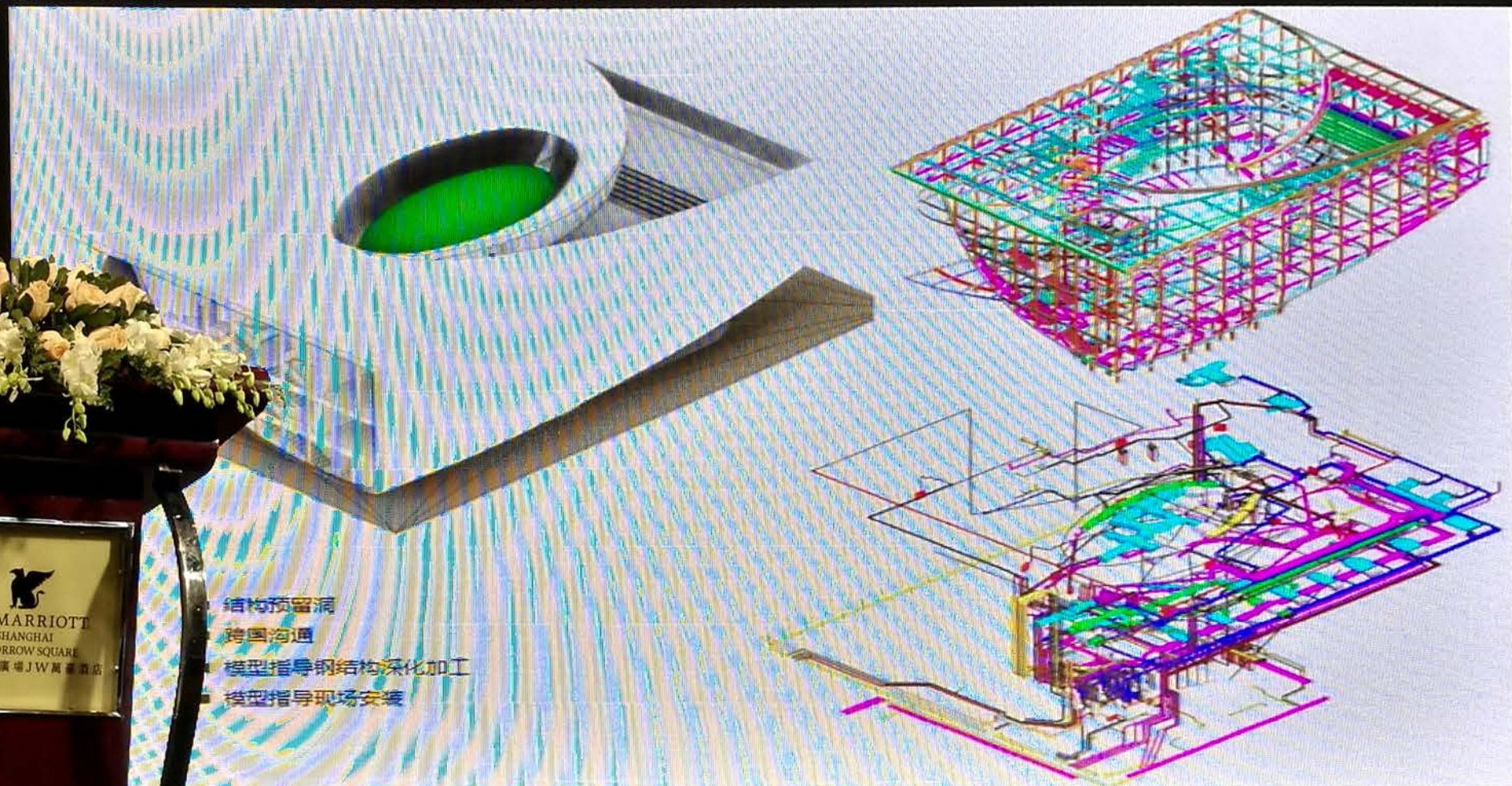
数字化手段精确设计方案，结构根据建筑模型进行结构设计，建筑结构高度与建筑高度一致。

● 结构设计

国内外
行加工
制加工

● 建成效果

悬挑、核



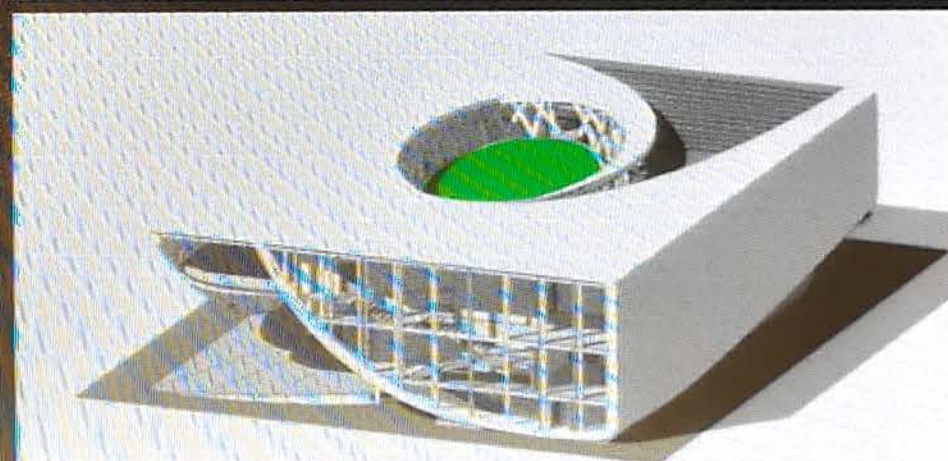
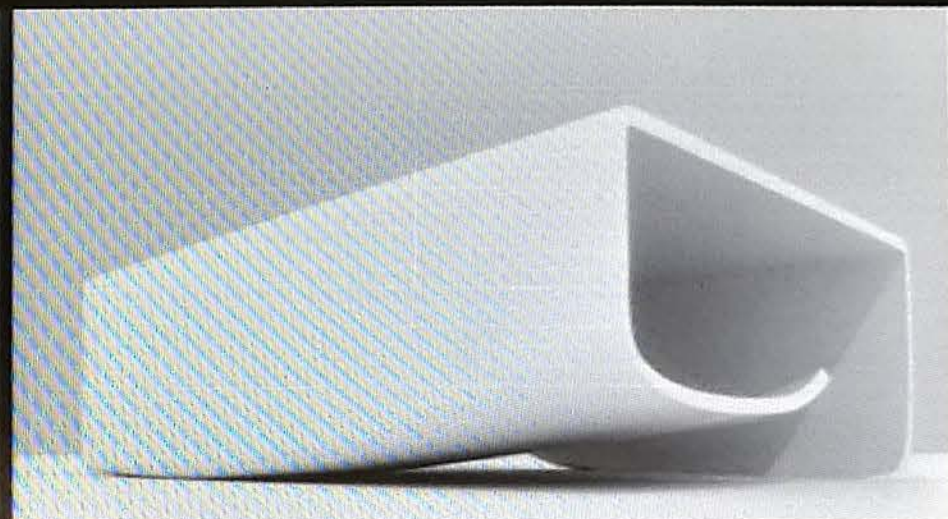
5.3 米兰世博会中企馆：基于BIM的数字化技术应用

01 立面构架

方案设计策略是简化外立面元素，用纯净的材料、简约的细部使建筑充满力量感。建筑入口处，外表皮向上掀起，划出一道与地面相切、直落垂直的大弧线。结构则选用适应建筑轮廓的立面构架形式，高效地实现了力流的转化和落地，实现了“倚靠掀起”的效果。同时，采用大量玻璃窗定义了立柱，模糊了建筑内外空间的边界，从而实现了建筑出入口的开放空间。

立面构架一图了然

完美的拱形与支撑



JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天廣場JW萬豪酒店

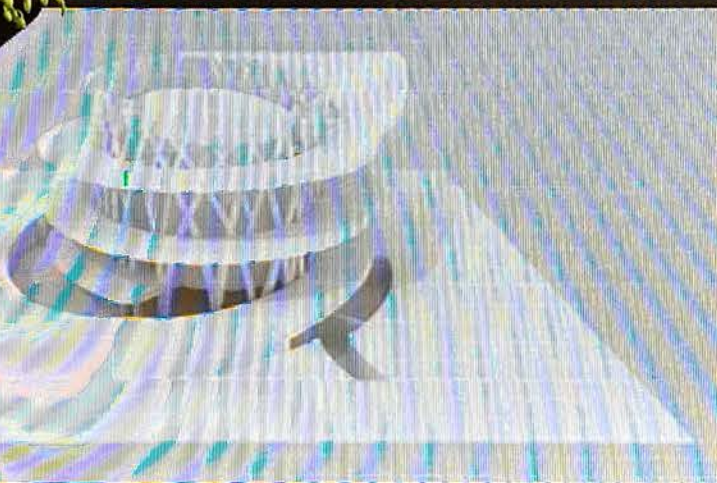
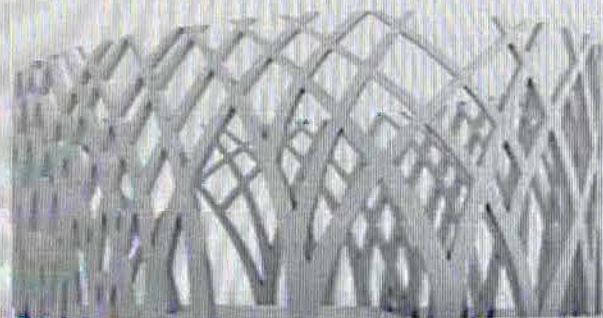
5.3 米兰世博会中企馆：基于BIM的数字化技术应用

02 树状柱设计

树状柱为建筑设计的亮点。绿核影厅由树状柱高悬挂，可取消影厅下部立柱，-2m展厅的边界得以无碍地延伸到树状柱。环形光井被纳入展厅空间。此外，树状柱还承担环形坡道的重量，是结构设计中的关键部位。在树状柱的生产 and 安装方案中，柱筒整体被分成内、外两个展开面以及若干小的侧面来拼装，实现了很好的表面平整度。

BIM解决方案

- 树状柱三维定位
- 机电管线定位



5.3 米兰世博会中企馆：基于BIM的数字化技术应用

03 管线综合出图

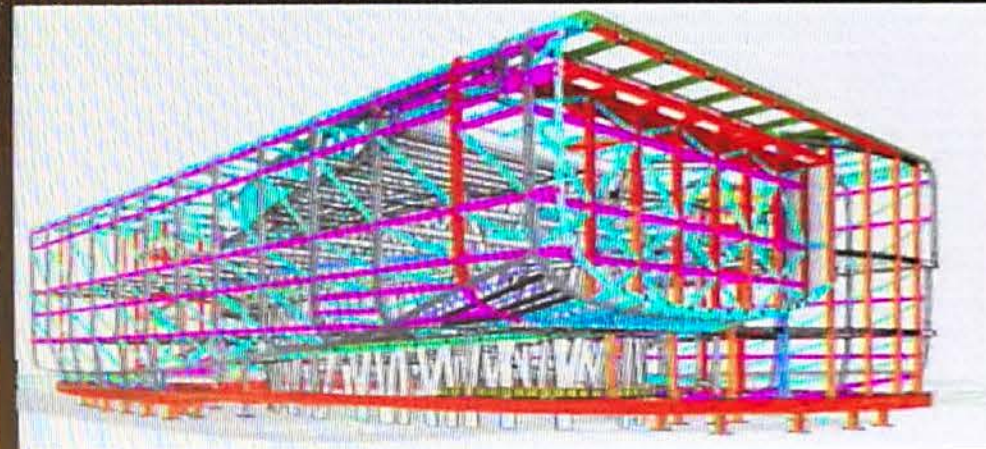
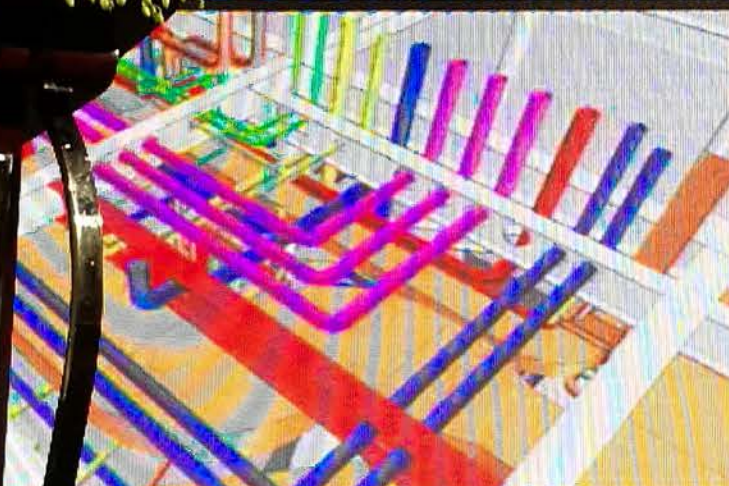
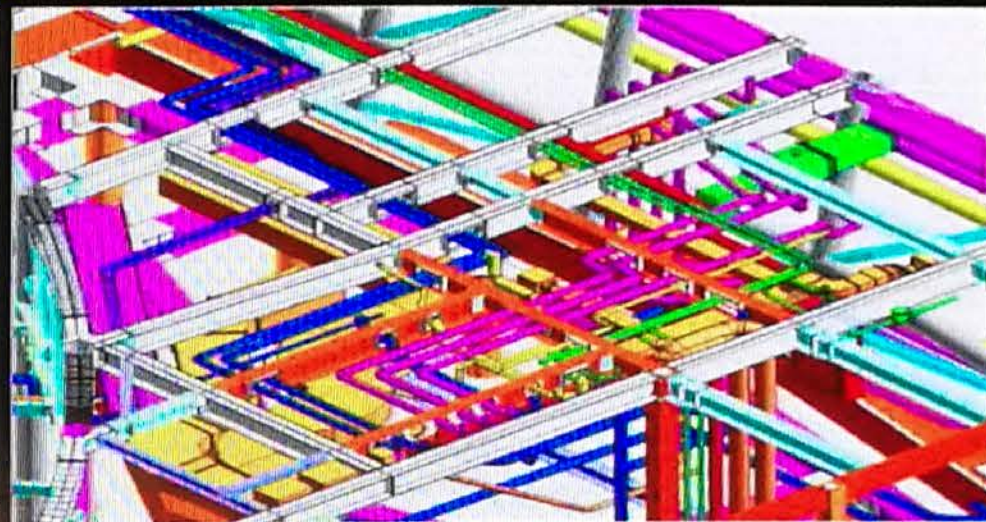
企业馆的总高度限制在12m以内，而且主要室内空间要满足至少3m净高的舒适度要求，再加之本项目对通风、照明的要求极高，因此如何在有限的空间内实现管线的最优排布，成了后期设计关注的重点。

BIM管线综合方案

■ 确定管线走向

给排水走向位置

暖通走向位置



JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天廣場JW萬豪酒店

5.3 米兰世博会中企馆：基于BIM的数字化技术应用

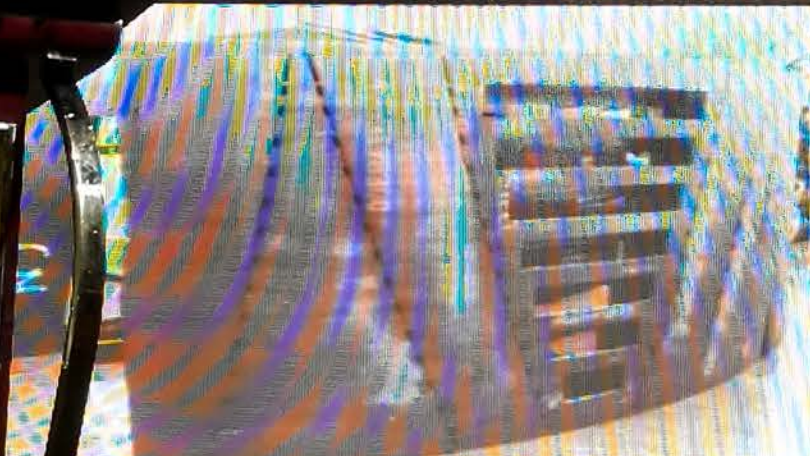


04 BIM助力跨文化交流

中企馆项目是一个多方参与的国际化项目，项目的设计方与管理方是中国人，施工与产品供应商是意大利人。此时，BIM的可视化在助力跨文化交流方面发挥了积极的作用。

BIM解决方案

- 虚拟模型可视化
- 模型指导钢结构深化加工
- 模型指导现场安装

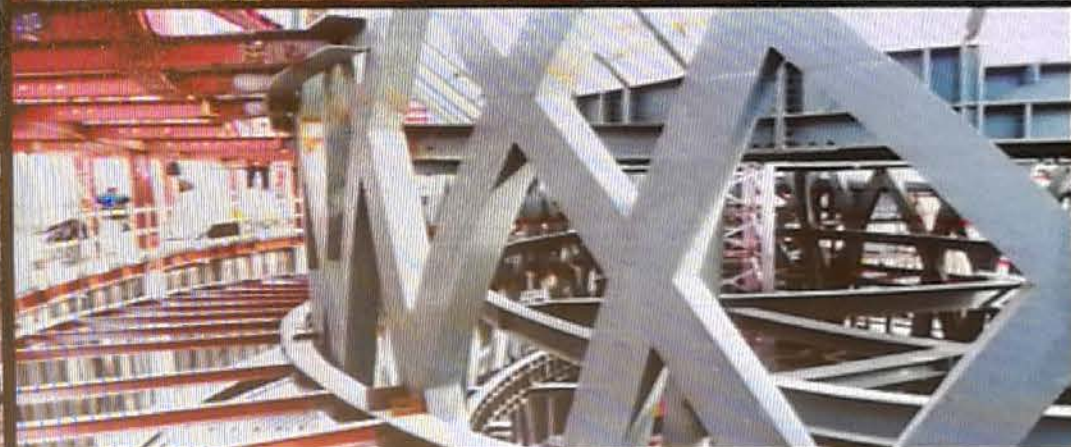
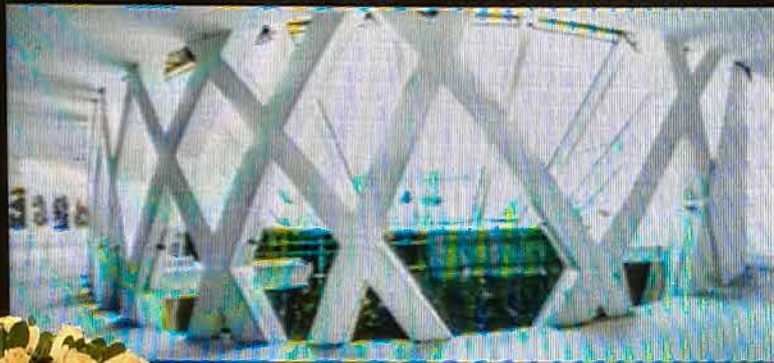


5.3 米兰世博会中企馆：基于BIM的数字化技术应用

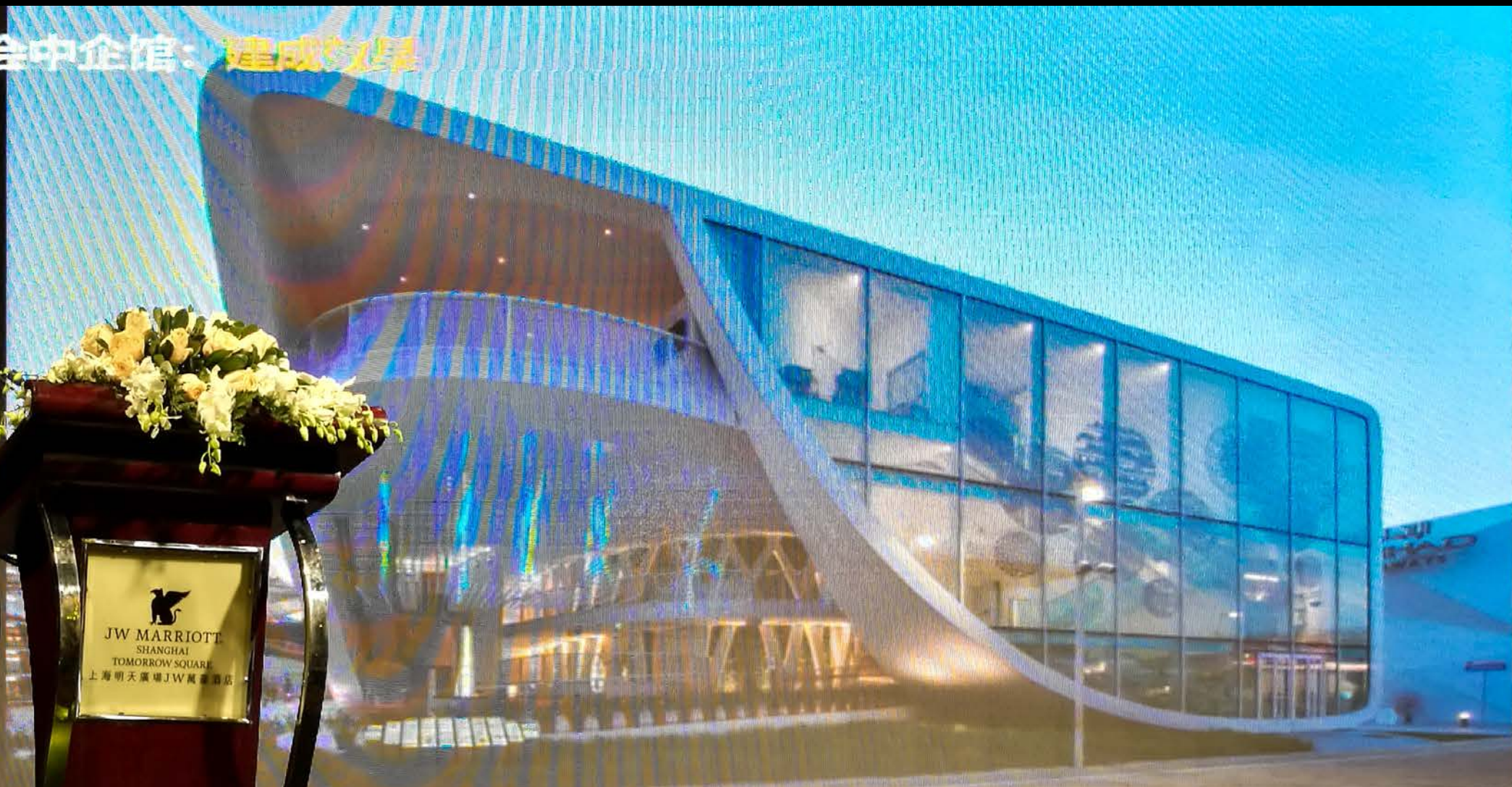


模型指导钢结构深化加工

5.3 米兰世博会中企馆：基于模型指导现场安装



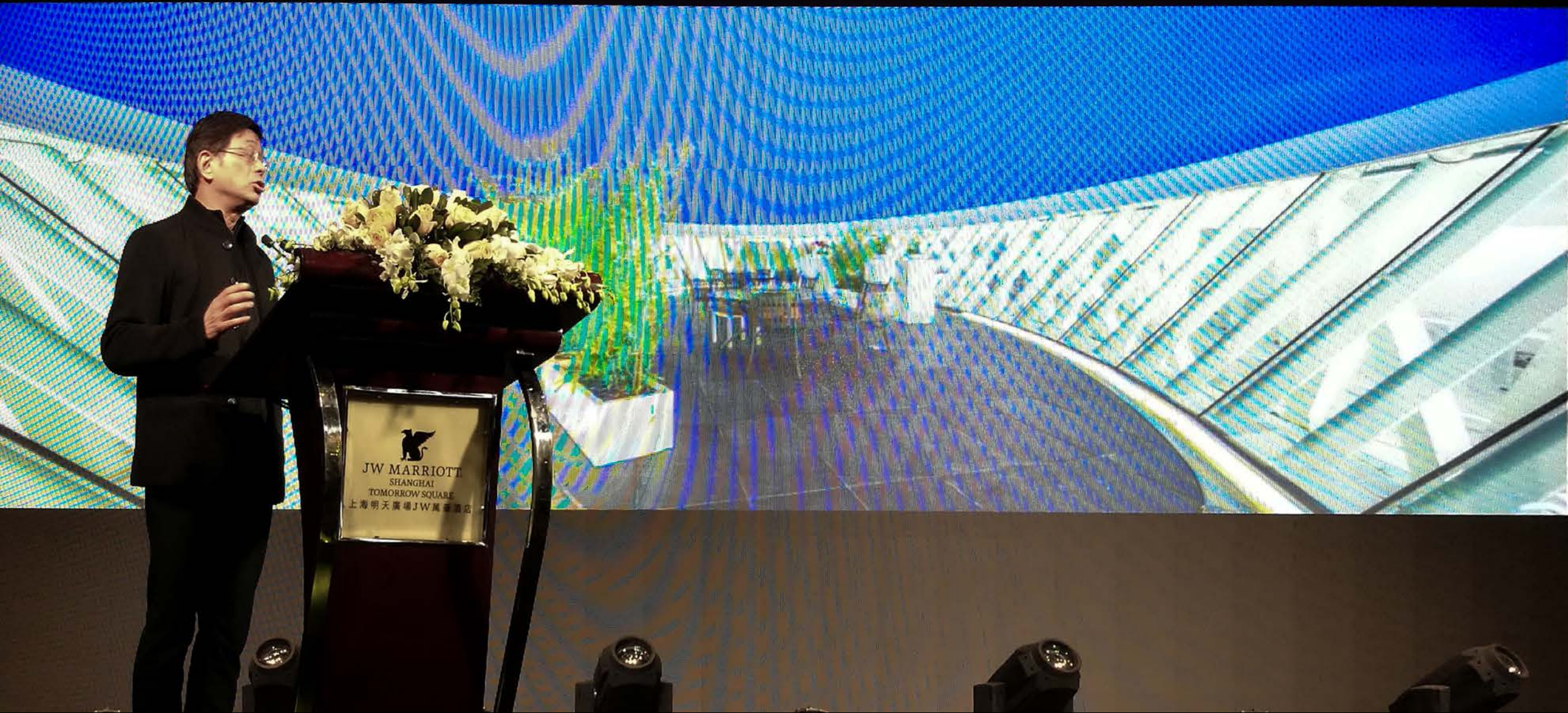
5.3 米兰世博会中企馆：建成较早



5.3 米兰世博会中企馆：建成效果



5.3 米兰世博会中企馆：建成效果



米兰世博会中国企业联合馆小结

(1) 建筑结构一体化设计

(2) 结构

(3)

一体化加工

(5)

安凌

JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天广场JW万豪酒店



5.4 机器人建造



工业机器人实现汽车工业自动化

5.4 机器人建造



池上波浪形砖砌立面（同济大学 袁烽 教授）

5.4 机器人建造

- 运动路计划
- 实时传感器
-
-
- 九



5.4 机器人建造

- 运动规划

- 位置传感

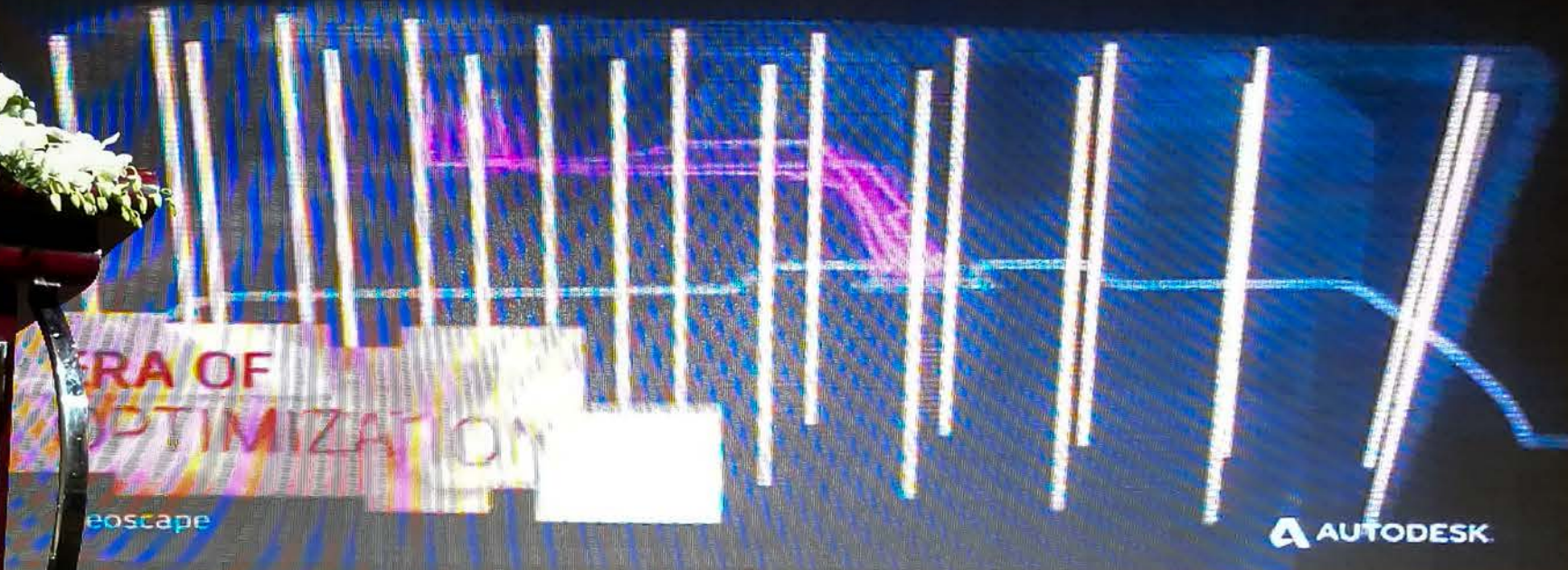
- 联合



5.5 4D虚拟建造

- 三维空

- 通过



6

对技术的思考

Thinking about Tech Future

6.1 数字化设计的价值

6.1.1 数字化引领的设计思想和方法的变革

6.1.2 数字化发展过程的技术红利

6.2 数字化设计的未来

6.2.1 建筑的高端制造化

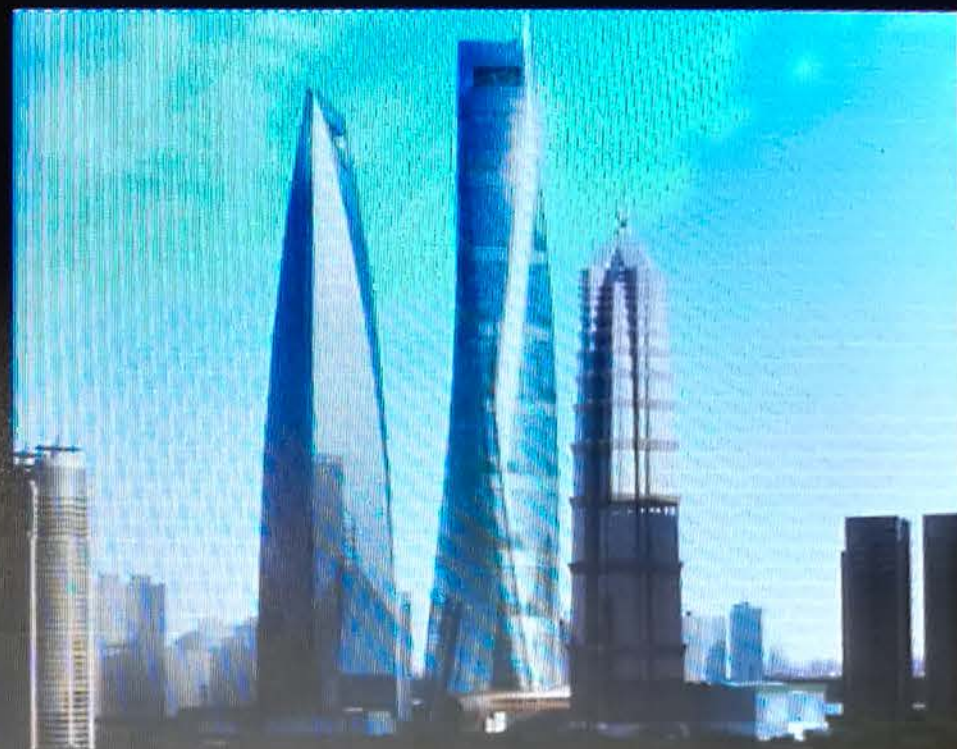
6.2.2 贯穿建筑生命周期的大数据

6.2.3 人工智能与深度学习的应用前景

JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天广场JW万豪酒店

6.1 数字化设计的价值：数字化引领的设计思想和方法的变革

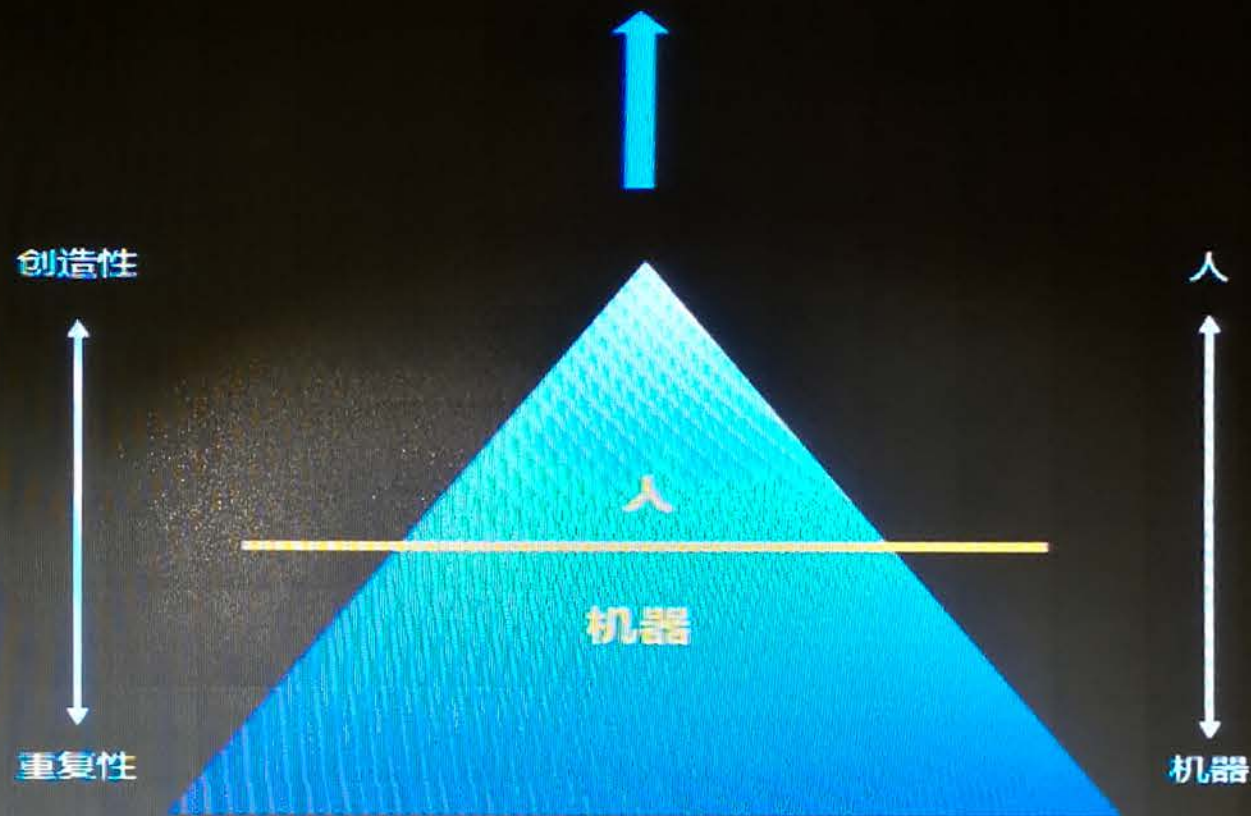
- 设计出发点从二维到三维
- 设计自由度越来越大
- 设计越来越容易



JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天广场JW万豪酒店

6.2 数字化设计的价值：数字化发展过程的技术红利

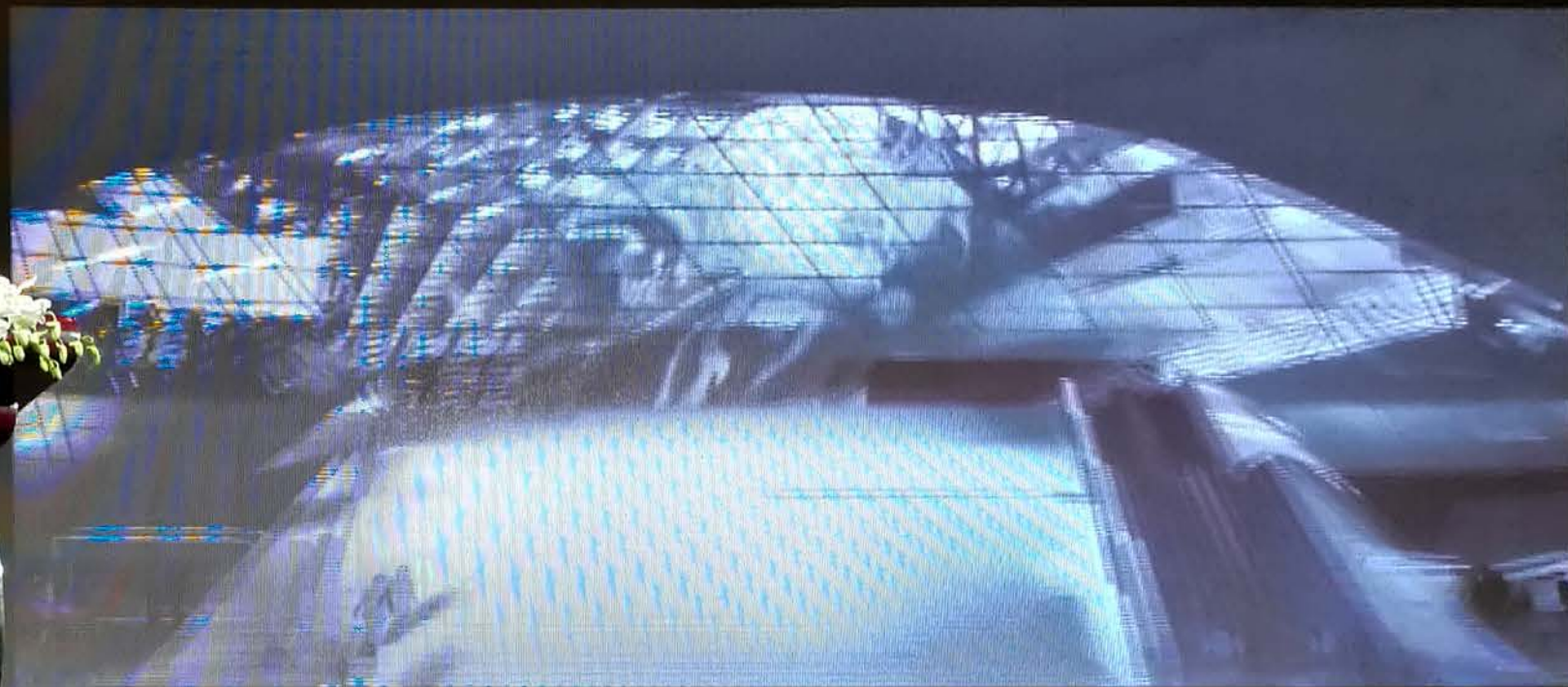
- 数字化设计技术使得设计师可以将更多工作交给机器，设计师可以更专注于设计目标本身，减少重复性劳动；
- 数字化设计技术可以降低设计成本，



6.2 数字化设计的未来：建筑的高端制造化

● 数字设计技术结合装配式

建筑



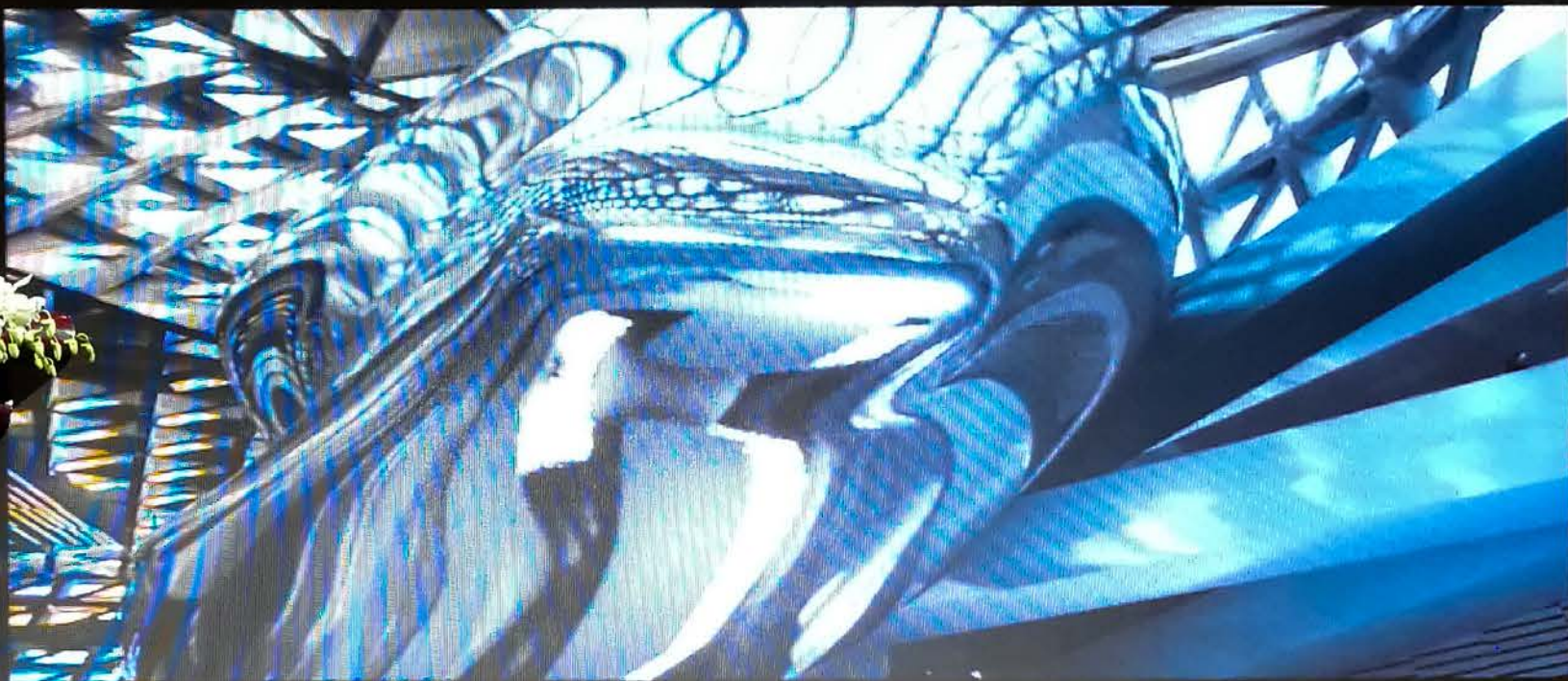
本视频来自网络

JW MARRIOTT
SHANGHAI
TOMORROW SQUARE
上海明天广场JW万豪酒店

6.2 数字化设计的未来：建筑的高端制造化

● 数字化设计技术结合装配式

建筑



本视频来自网络



6.2 数字化设计的未来：建筑的高端制造化

- 数字化设计技术结合装配式

建筑 策略

- 无

- 朴

本视频来自网络

6.2 数字化设计的未来：贯穿建筑生命周期的大数据

- 数字化设计的基础是数据，设计阶段的数据不仅只用于建造，在建筑全生命周期中都将发挥作用。
- 从单一建筑到多建筑互动，设计建造出会根
- 随着数据积累，从单一建筑到多建筑互动。
- 数字设计：从建筑“出生”前就开始积累数据

智慧城市：协同、高效的运营



数字设计：从建筑“出生”前就开始积累数据

6.2 数字化设计的未来：人工智能与建筑业结合的应用前景

- 目前国内建筑业处于“手工-工业-智能”演进过程中的早期阶段，而这一阶段仅仅开始了不到三十年。
- 随着人工智能的发展，数字化设计技术将从执行端至决策端的延伸。
- 通过数据积累和算法优化，实现自我调整的建筑设计。
- 几亿人需要人类提供大量重复性的软件则可能直接向AI寻求解决方案。

