

Structure

Architecture

『2013 建筑、结构巅峰对话 · 结构成就建筑之美』  
2<sup>ND</sup> DIALOGUE OF ARCHITECTURE AND STRUCTURE

# Design Strategy about the Structure of Architectural Aesthetics

## 关于结构的建筑美学设计策略



**汪恒**

**Wang Heng / Executive Architect / CAG**

中国建筑设计研究院（集团）执行总建筑师

**代表作品：**中关村金融中心、百度大厦、中国人寿大厦、北京亦庄亦城国际中心、新华日报报业集团新闻传媒中心、南京青奥中心等。



扫描二维码  
可进入报告视频

## 引言

本文内容属于设计应用学范畴、层面，仅从建筑美学（视觉）角度来研讨。建筑美学涵盖面很广，本文仅涉及与结构相关的方面。并不是建筑因采用了直接表达结构（结构可视化）的策略就一定会美；设计策略指设计开始和设计中建筑师和结构师选择的设计方向、思路、路径；本文目的是强调建筑师和结构师博弈、协同、互动、合作，主动、灵活选择并创新应用关于结构的建筑美学设计策略。

结构将力传递给大地，成就建筑完成形态与空间设计，以满足人的物质使用与精神人文需求；这是 18 世纪中叶第一次工业革命开始的结构师与建筑师的分工之界。二者的分离极大推动了各自领域的发展，尽管建筑与结构技术都各自极大地进步，但在建筑设计时二者作用不可或缺。

由于建筑师和结构工程师态度不同（即所采取的设计策略不同），建筑美学呈现多样性（包括对于结构美学的表达呈现出多样的变化）。客观地梳理分析这些现象，有助于双方较全面地再认识二者的关系，有助于二者在工作设计中根据制约条件和目标进行主观能动地决策和进行美学表达。特别是当代的问题，除单一或重复的形态空间之外发展了多种复杂的组合式形态空间，简单的思维已无法解决问题，这需要结构师和建筑师更深入地分析和认识。

## 1 原则性设计策略分类

### 1.1 建筑表达结构美之策略

建筑美学（视觉）直接表达（全面或部分）真实的结构（全部或局部），强调建筑结构视觉化、艺术化。各种屋面结构、大跨度结构、超高层结构等，都可以被建筑师作为美的元素或者形态直接展现出来，譬如埃菲尔铁塔是表达这一策略的典型案列，最直接地把结构展现给大家，体现出结构之美。

### 1.2 结构实现建筑美之策略

建筑不以展现结构为建筑美学内容，结构作为“无形”之美，作为纯技术成就建筑，也成就建筑其他之美。实现建筑美的策略其实也可以说是更大的范畴，所有的建筑立面背后一定有结构师在支撑。譬如自由女神像把结构完全隐藏在里面，在外面看不见任何内部的结构，可谓是无形之美。

## 2 建筑表达结构美之操作策略

结构遵循自身逻辑之真实、有效，安全、耐久、合理、经济地完成力的传递、平衡，这是结构成为美之基础。如果设计策略采用“建筑表达结构美”，结构师应清楚地知道其工作的结构形态会被直接变成建筑美的形态，所以结构师更要与建筑师进行紧密合作，以直接彰显结构的力量。

### 2.1 一元单纯之美之操作性策略

#### （1）强力之美策略

强力之美策略主要是突出结构力度，挑战地球引力，这与材料、结构系统有关，特别是传统砖、石、混凝土建筑更容易做到强力之美，比如埃及金字塔、勒·柯布西耶的马赛公寓、昌迪加尔议会中心都是传递出力量感或体现出体量感、重量感的强力之美。建筑师进行创作的时候常常是有意地根据不同的设计要求，需要表达出一种强力的美，结构师相应地共同完成它。



强力之美策略



轻柔之美策略



朴实之美策略

### （2）轻柔之美策略

随着科技的进步，轻型的屋面材料、玻璃材料、膜材料与轻钢结构、薄壳结构、索网结构等新材料、新结构形式的出现，使得建筑师可以实现轻柔之美。有些建筑师力图消隐结构，以“隐、细、薄、轻、无”为美，比如说贝聿铭先生设计的卢浮宫金字塔，以及上海苹果概念店完全用透明玻璃做的建筑，可以说表达轻柔之美达到了极致。很多日本建筑师诸如妹岛和世、石上纯也等也在追求轻柔之美，建筑仿佛消失在自然之中，轻灵飘渺却又耐人寻味。

### （3）朴实之美策略

朴实之美策略更加注重常规朴实、理性、经济之美，结构系统直接传力，建筑师的表现重心不在结构方面，但是做得好的这类建筑主要是通过结构的合理性、直接性表达出一种朴实之美。比如现代主义建筑的经典作品萨伏伊别墅传递出朴实无华的独有韵味，又比如北京的建外 SOHO 用最简单的结构形式表达出一种无装饰的纯粹美感。

### （4）解构之美策略

解构之美策略表达结构时把不完整的结构、断裂结构、非“完成”态的结构直接作为建筑美学语言表达出来。彼得·艾森曼、伯纳德·屈米的诸多作品是这方面的典型代表，如威克斯纳视觉艺术中心、巴黎拉维莱特公园等。

### （5）始创之美策略

始创之美策略指结构之新奇美，特别是指原始的创新，如对结构基本体系、结构形态的创新。建筑师如果能够敏锐地发现并展现给大家，一定会带来新鲜、奇特的美感。其实每一种新的结构系统在出现的时候都会让人有这种感觉，只不过随着时间的推移，新奇美的效应会降低，慢慢变成常规和习以为常。这样的作品在每个时代都层出不穷，如福斯特的汇丰银行是高技派建筑的杰作，结构桁架柱梁吊挂楼层新颖巧妙，造型光彩夺目、



解构之美策略



始创之美策略



再创之美策略

修饰之美策略

充满活力；又如伊东丰雄的仙台媒体中心打破了传统的“多米诺系统”，垂直主体结构分解为许多螺旋状通透的管柱，管柱贯通了地板，它们不仅支撑这幢大楼，管道内还容纳电梯、楼梯和机械系统，是对常规结构体系的新挑战。

#### (6) 再创之美策略

结构演变再创新之美，指同一类结构基本体系可演变出不同的新的结构形态，这正是设计师主要创新之处，对于大多数建筑师和结构师来说，是更应该加以关注的一种策略。如伊东丰雄近期建成的东京 Tama 大学图书馆把柱改为连续拱柱结构形态，突破了传统的梁板柱结构，使得整个空间具有整体的连续性，与众不同。

#### (7) 修饰之美策略

结构视觉化的形式之建筑美学提升之美。修饰之美最典型的案例是西班牙伟大的设计师高迪的建筑，结构清晰展现但又运用精彩、独特且深富创意的装饰，让每一件作品都独一无二，令人叹为观止，如神圣家族大教堂、米拉公寓等。西班牙当代建筑大师卡拉特拉瓦的作品也是这方面的典范，他的作品在解决工程问题的同时也塑造了形态美学特征。

#### (8) 结构构件、节点之美策略

结构构件、节点之美策略是形与构造工艺美的直接表达，带给人细节美的感受和感动。西班牙当代建筑大师卡拉特拉瓦不仅修饰塑造了整体结构形态美，表达自由曲线的流动、组织构成的形式及结构自身的逻辑，同时也关注每个细部细节，而运动贯穿在这样的结构形态中，也潜移默化地影响每个细节。

#### (9) 结构材料之美策略

结构材料之美策略指不同材料特性不同，给人的感受不同，如木材做的屋面结构和钢材做的屋面结构给人感受是完全不同的，但如果同一个建筑结构由不同材料构成，如钢木结合，则又会展示出两种材料的组合之美。



结构构件、节点之美策略

结构材料之美策略



仿形意象之美策略

隐喻结构概念之美策略



“反”结构之美策略

“无形”结构之美策略

### （10）仿形意象之美策略

建筑不直接展现真实的结构，而是通过仿形表达结构意象之美。中央电视台立面疏密的网纹变化反映出内部结构力的大小变化，是仿形意象之美策略的代表作品。GMP的北京中青旅大厦幕墙展现的柱梁立面仿形直接反映出其背后的结构关系，建筑师考虑到尺度问题而每隔一层仿一道楼层梁，表达的是结构意象。

### （11）隐喻结构概念之美策略

虽未直接展现真实的结构，但借助结构传力的概念，用建筑造型语言表达出力学之美。表现如挑战重力之大悬挑；体块叠加（如建筑群是一个体型压着另一个体型，像砖石的传力，能够让人感受到对地球引力的挑战与挣脱）；动态平衡之美（如中央电视台大楼形态）等，是对结构概念的隐喻。

南京青奥中心并没有最直接地把结构外露展现出来，但实际上这个建筑仍然是有隐喻结构之美的，裙楼像石头一样，表达的是一种力量；作为2014年青奥会主要建筑之一，希望表达青年人的力量力度，两个主楼向上伸展的感觉是对地球引力的挣脱，某种意义上也是对结构的隐喻。

### （12）“反”结构之美策略

隐藏真实的结构（受力关系），建筑表现有意违背结构（传力）常规逻辑，导致出现奇幻、幽默之美。如澳门美高梅金殿是由世界著名艺术家 Dale Chihuly 设计的，以波浪式的三种不同颜色（金色、银色及铜色）的玻璃铺设外墙，三种颜色的体块互相错动、间隔脱开，让人错觉结构传力断了，却形成建筑艺术之轻盈飘逸感；中央电视台新大楼结构传力不合常规，经济代价过高，但是从建筑的艺术表达角度来说，某种程度上表达出幽默奇幻的感觉。

### （13）“无形”结构之美策略

隐藏真实的结构（受力关系），建筑师之建筑美学不在结构方面；结构是无名英雄，但建筑（形态）仍要受其逻辑制约。这种无形之美划分从某种程度上说等同于结构实现建筑之美的策略。如美国解构主义建筑大师弗兰克·盖里的作品往往将形式脱离于功能，结构隐藏在建筑内外壳中，他把建筑工作当成雕刻一样对待；南京青奥中心也是一个结构“无形”的建筑，结构师帮助建筑师实现了建筑之美。

还有很多分类之可能……

## 2.2 二元辩证之美之操作性策略

### （1）真与假之美策略

在北京万达广场整个外部设计中，建筑师希望体现结构之美，它的表达有一定的真和假共存，一、二层是架空柱子，直接把结构受力情况做了展示，上部建筑幕墙想表达出一种结构关系，每一跨真实结构柱改为多个小跨小柱，但同已被幕墙遮住的结构不是对应的关系，这样一种真假二元关系在某种程度上说其实也能创造出一种对立的美学关系。



真与假之美策略



内与外之美策略

繁与简之美策略

#### (2) 内与外之美策略

内外之美策略有三种表现形式，或内外兼顾（如奥运场馆水立方屋顶和外墙），或内显外藏（如上海虹桥机场 T1 航站楼），或外显内藏（如图示拱结构在室内看不见）。

#### (3) 繁与简之美策略

繁与简即结构是转换间接传力与最短直接传力。如伊东丰雄的台中大都会歌剧院摆脱制式框架，以一座在公园里的歌戏院传达“声音涵洞”的意念，网状钢梁打下三维弯曲墙面的基础，最后用“shotcrete”（一种用于隧道工程的可喷的混凝土）来凝固这个金属网，“shotcrete”需要喷两次，并尽力准确喷出想要的形状。之后，工人们会用一种稍微不同一些的混凝土做些调整，整理出所需要的具体形状和大小。毋庸置疑，这绝对是世界上第一座用这种方式、以这种规模制造出来的大剧院，所创造出的空间效果也是绝无仅有的。建筑大师福斯特的香港汇丰银行大厦结构楼层荷载通过吊柱先向上传力，然后经桁架梁传给两端桁架柱，再向下传给大地。

#### (4) 露与藏之美策略

露与藏即是对结构部分显露、部分隐藏。如由弗兰克·盖里设计的毕尔巴鄂古根汉姆美术馆由一群外覆钛合金板的不规则双曲面体量组合而成，其形式超越任何建筑经验之外，仅建筑的入口处暴露出扭转错动的钢结构，是对内部结构的一种直接的表现，而其他部分的结构则均隐藏在内，由金属板覆盖，体现了另一种流动纯粹之美。

还有很多分类之可能……

### 2.3 多元复杂之美之操作性策略

多种结构系统组合表达“智慧、巧趣之美”，呈现出复杂的技术之美。在实际过程中建筑师和结构师可以通过对上述的表达方式进行多重组合，展现出智慧技术之美。南京青奥中心就是这方面的典型代表。



露与藏之美策略

### 3 建筑师与结构工程师协同设计的常规流程与关注重点

建筑师与结构师的工作流程常常是遵循如下5个步骤：1)建筑构思、方案设计；2)结构选型；3)找形、优化；4)材料选择；5)节点、构件装饰。这是常见的设计流程，但不排除特殊项目要特殊对待，不必完全机械执行。

在配合过程中，建筑师和结构师的角色不同，所关注的侧重点也不同。建筑要考虑的问题很多，结构只是其一，所以建筑师首先要进行原则性决策。在确定结构形式的过程中，建筑师与结构工程师要互动博弈、协同确定结构基本体系的选型。之后再找形、优化，确定结构形态与形式，确定建筑要表达结构的操作性策略。整个过程，上述5个流程双方都应尽早主动参与，紧密合作。流程也不是简单的单向流程，需要反复进行。

### 4 青奥中心展现的复杂智慧之结构美

南京青奥中心位于南京市河西新城中部，由英国扎哈建筑师事务所和中国建筑设计研究院联合设计。总建筑面积约为49万 $m^2$ ，建成后首先作为第二届世界青年奥林匹克运动会会议中心及接待酒店使用。按照使用



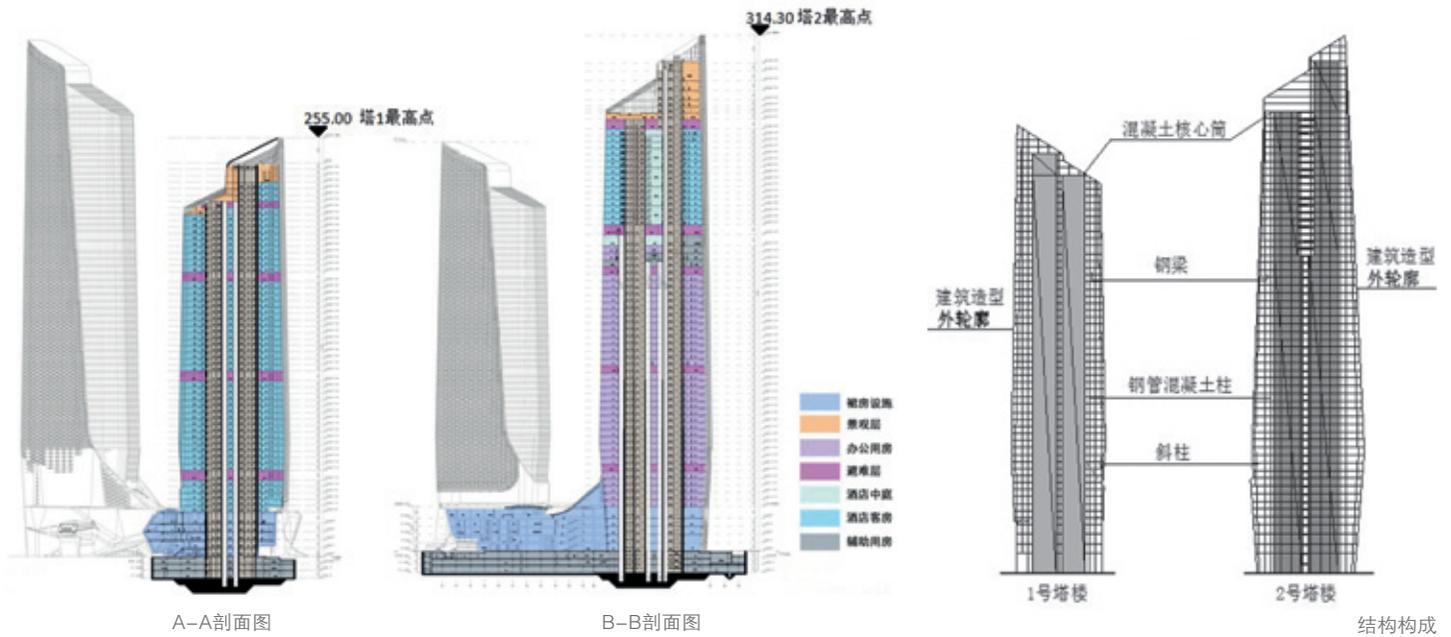
功能不同分为会议中心、星级酒店、商业办公建筑，为城市超高层建筑，会议中心地上6层，建筑高度45m，建筑面积约12万 $m^2$ ；星级酒店和商业办公建筑地上建筑面积约25万 $m^2$ ，分为两栋高度分别为255m（1号酒店塔楼）和314.5m（2号办公与酒店塔楼）的超高层建筑以及裙房，与会议中心用天桥连成整体。

#### 4.1 超高层部分的结构

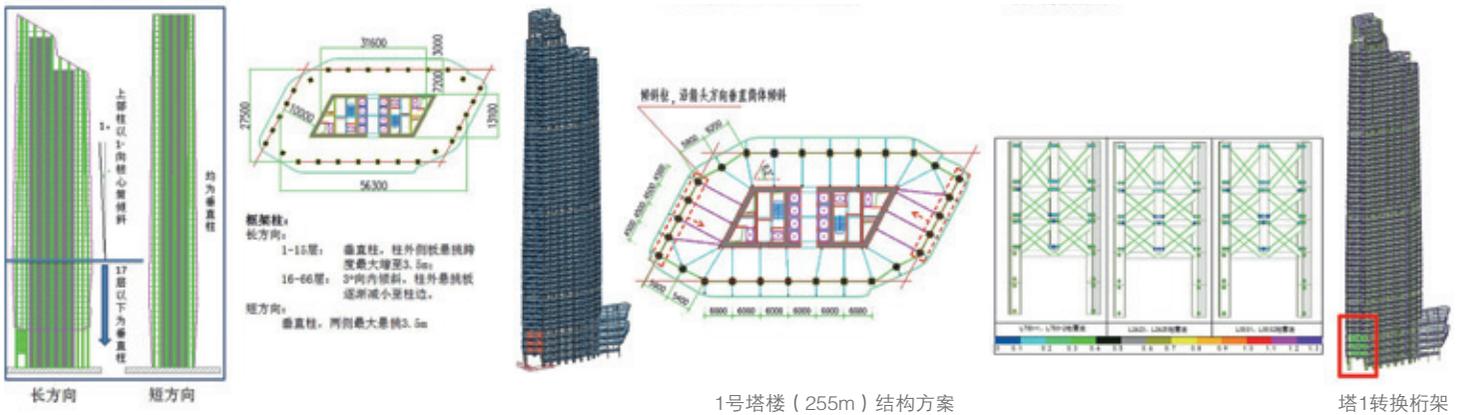
两栋超高层建筑采用了矩形钢管混凝土密柱、钢梁框架-钢筋混凝土核心筒的混合结构体系；平面两短边外框柱随形柱为折线柱，其斜率小于立面斜度，平面两长边外框柱为竖直柱，建筑平面及外立面以楼面梁外挑形式实现不同楼层的轮廓变化；外框柱间距依据建筑平面开间尺寸确定为6m和4.5m，形成较密间距的外框架，取消利用避难层设置的伸臂桁架加强层。



南京青奥中心

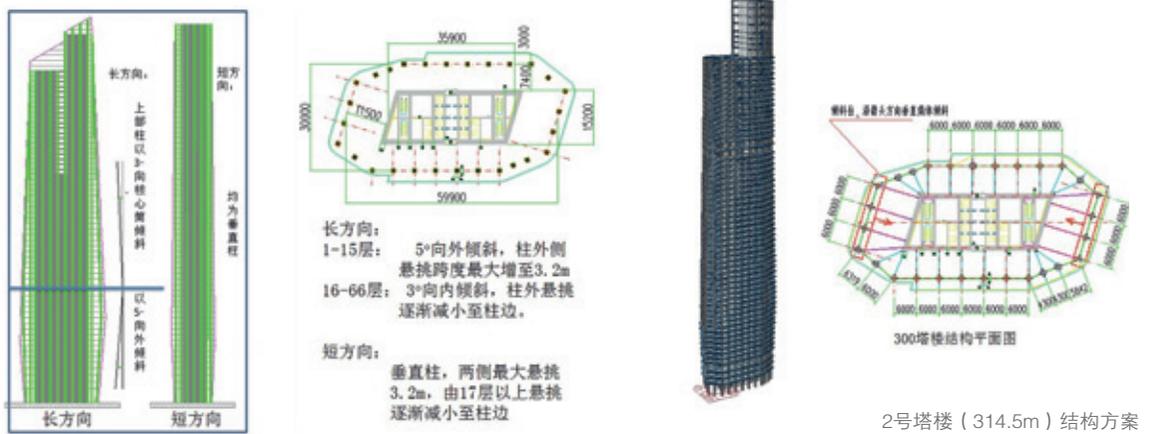


结构构成



1号塔楼 (255m) 结构方案

塔1转换桁架



2号塔楼 (314.5m) 结构方案

(1) 1号塔楼 (255m)

长方向: 1~15层: 垂直柱, 柱外侧板悬挑跨度最大增至3.5m; 16~66层: 3°向内倾斜, 柱外悬挑板逐渐减小至柱边。

短方向: 垂直柱, 两侧最大悬挑3.5m。

(2) 2号塔楼 (314.5m)

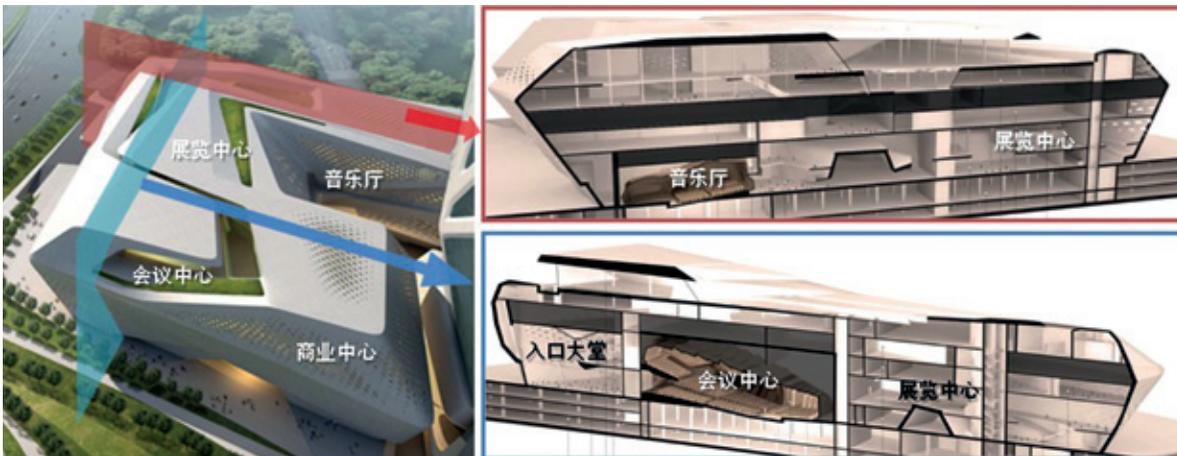
长方向: 1~15层: 5°向外倾斜, 柱外侧悬挑跨度最大增至3.2m。16~66层: 3°向内倾斜, 柱外悬挑逐渐减小至柱边。

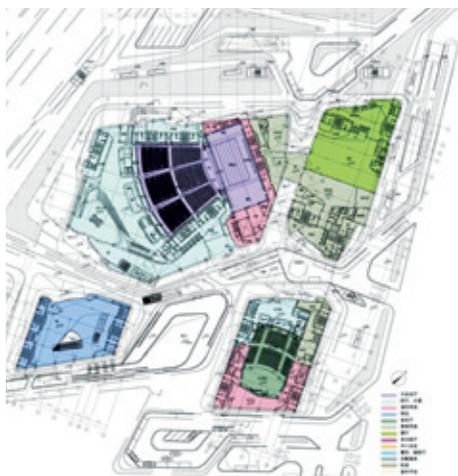
短方向: 垂直柱, 两侧最大悬挑3.2m。



#### 4.2 会议中心的结构

青奥会议中心的建筑承担的功能为会议中心、展览中心、商业中心、音乐厅。二层是夹层，三层是多功能厅、宴会厅，三层连成一片，由于消防原因只能在三层做大空间，小的会议空间放到五、六层。各分区特点如下：会议中心是在大空间上面安排小空间，垂直重叠符合形态功能和消防需求，结构成为关键。结构的处理方式与建筑师密切协商后决定采用钢结构框架 - 中心支撑束筒的结构体系。15m 以下由 4 个独立的单体组成，每个独立单元由若干钢结构中心支撑楼梯筒作为主要竖向受力构件，和周边钢柱共同抵抗水平和竖向荷载作用；15m 以上连成整体，形成约 160m × 190m 的独立建筑物，在局部较大空间区域，利用大空间的顶部设置矢高为 4.5m~6m 的整体交叉桁架层，将底部 4 个单元连为整体；27m 以上以空间桁架层为支承，由框架结构体系实现建筑功能及平面布置。





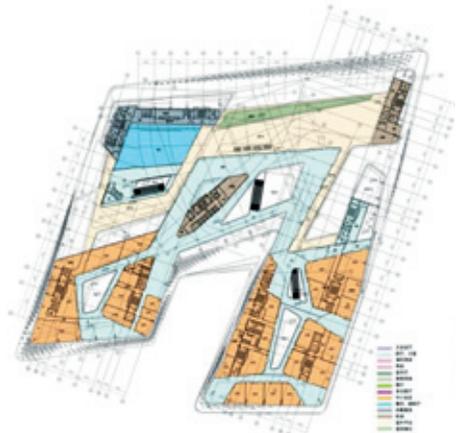
一层组合平面图



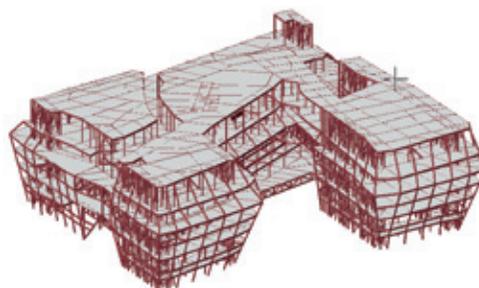
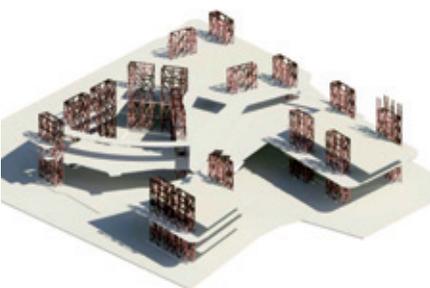
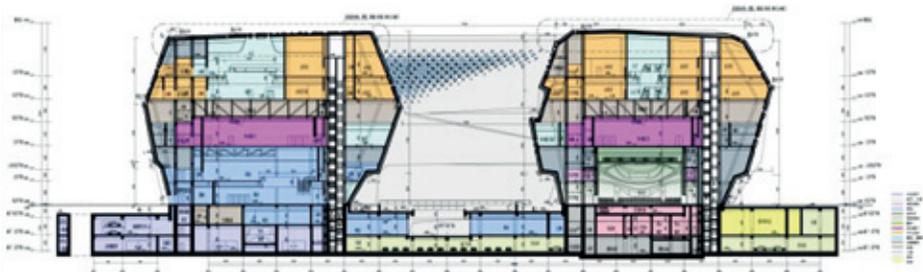
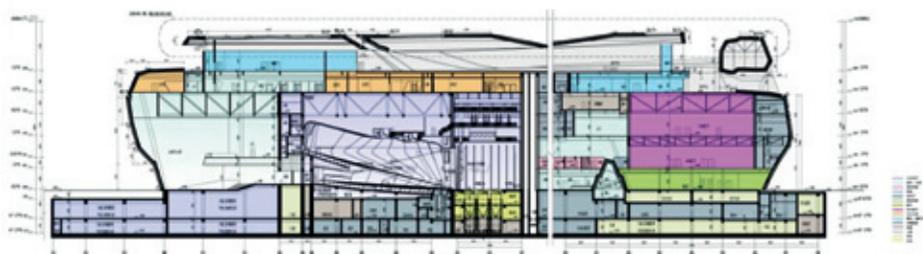
三层组合平面图



五层组合平面图



六层组合平面图



#### 4.3 一次结构和二次结构

南京青奥中心还把一次结构和建筑维护结构进行了分离，实现了带着镣铐却能轻松跳舞之美。

#### 结语

南京青奥中心采用了上述多种“关于结构的建筑美学设计策略”，并进行多元组合，建筑呈现出复杂的技术之美、“智慧、巧趣之美”，结构成就了建筑之美。At