

内部培训系列讲座 结构专业

建筑与结构

关系与理解

徐珂

201704

一、建筑与结构的关系

二、结构工程师是否真的懂结构

三、建筑师如何表达结构设计要求

四、中国古建筑的结构问题分享

五、两个简单的作业

一、建筑与结构的关系

二、

三、

四、

五、

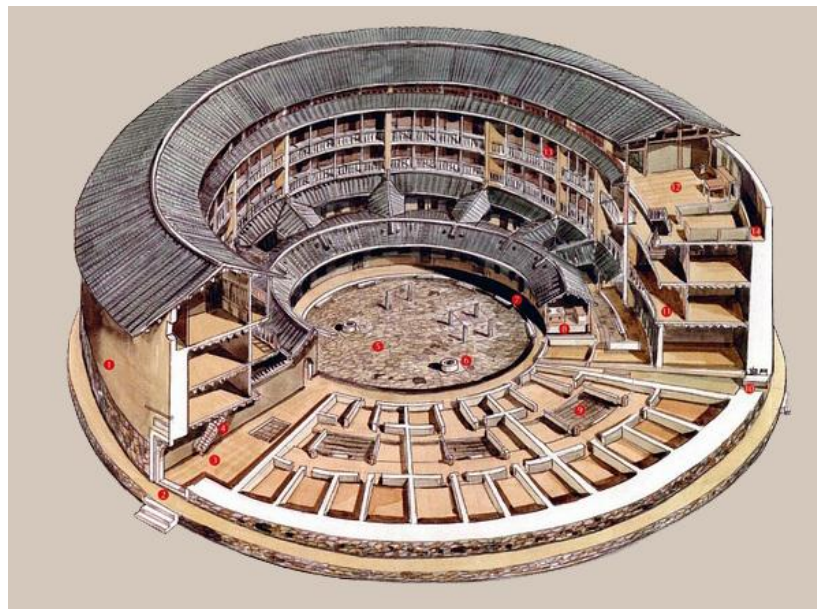
一、建筑与结构的关系

从古至今，建筑和结构两个专业都是紧密结合的。



一、建筑与结构的关系

在古代的时候，建筑师和结构师是合二为一的。中国称为“工匠”，即要承担美观效果，又要保证安全使用。



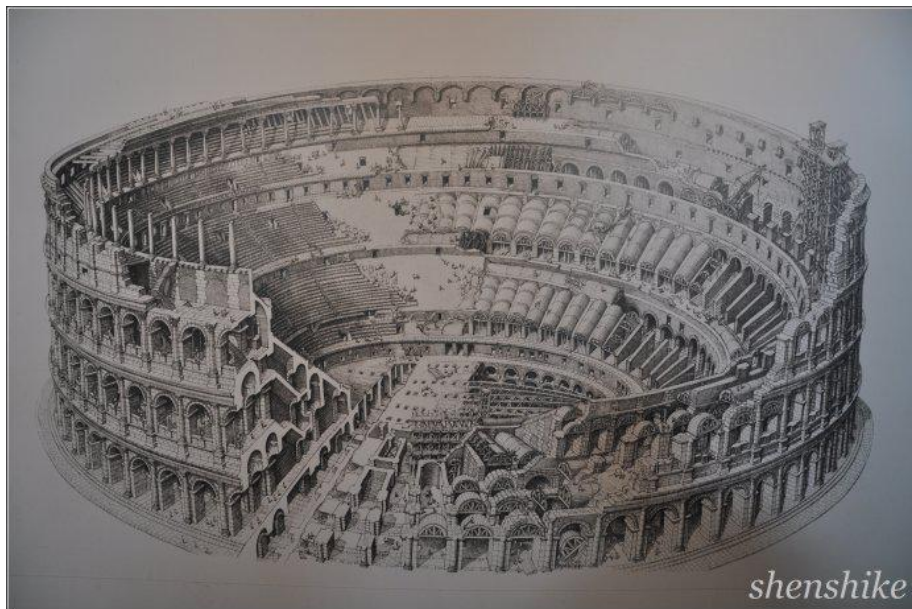
一、建筑与结构的关系

欧洲也是如此，拥有众多的石砌建筑，但是并不知道是谁设计的。



一、建筑与结构的关系

即使像罗马斗兽场这种多功能建筑，可以容纳9万人观看，也不清楚他的设计师是谁，只知道是罗马韦帕芻皇帝在公元一世纪建造，前后用了八年时间（公元72~80）。



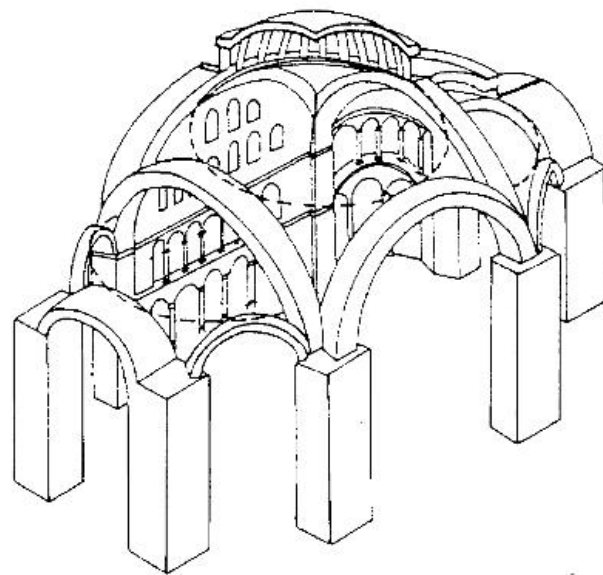
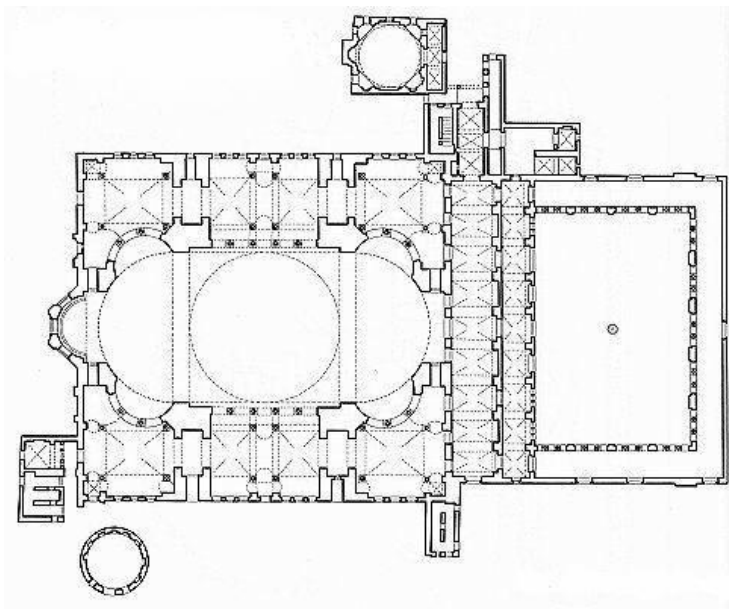
一、建筑与结构的关系

典型的一个案例是土耳其索菲亚第三大教堂，被称为拜占庭建筑典范，设计者是物理学家伊西多尔和数学家安提莫斯，主要解决大跨度实现问题，证明当时并没有结构学科。



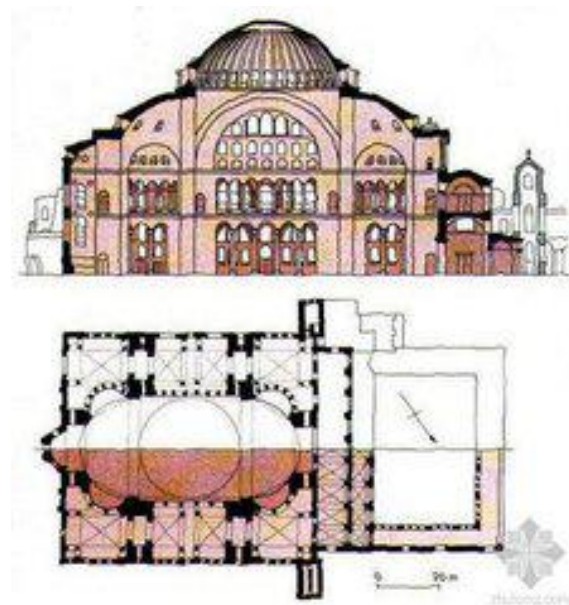
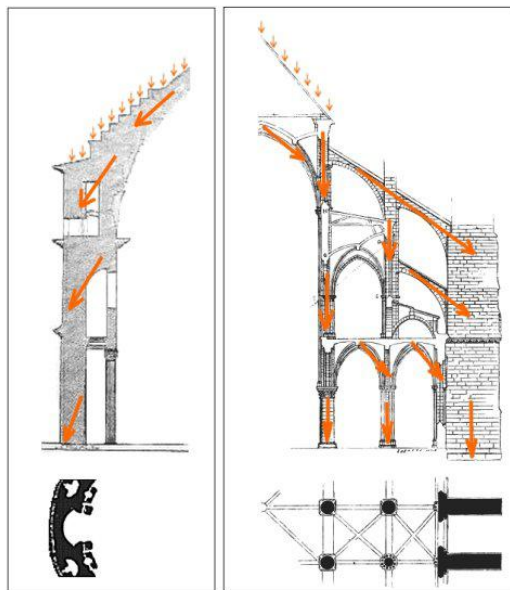
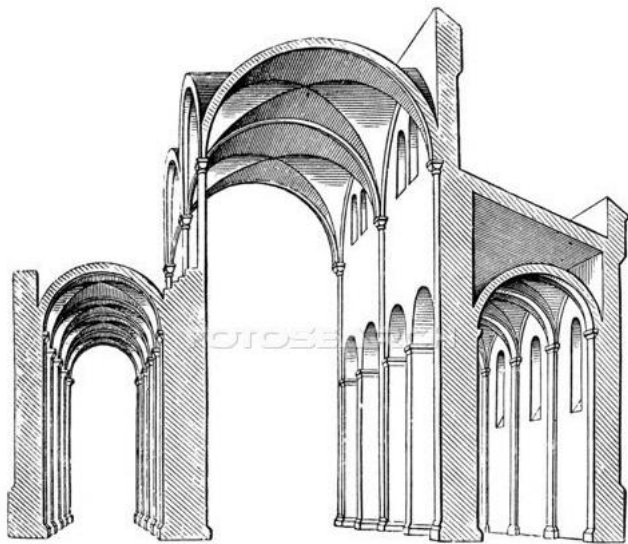
一、建筑与结构的关系

土耳其索菲亚第三大教堂，不仅是建筑设计经典，也是结构设计经典，因为它首次建成后，倒塌过三次，世人现在看到的教堂是一个不断改进后的结果。



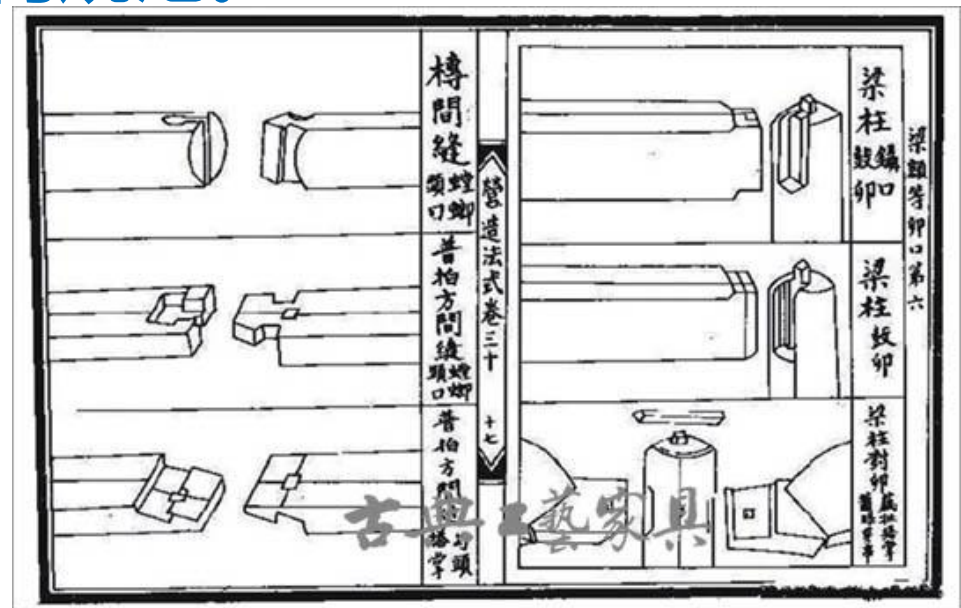
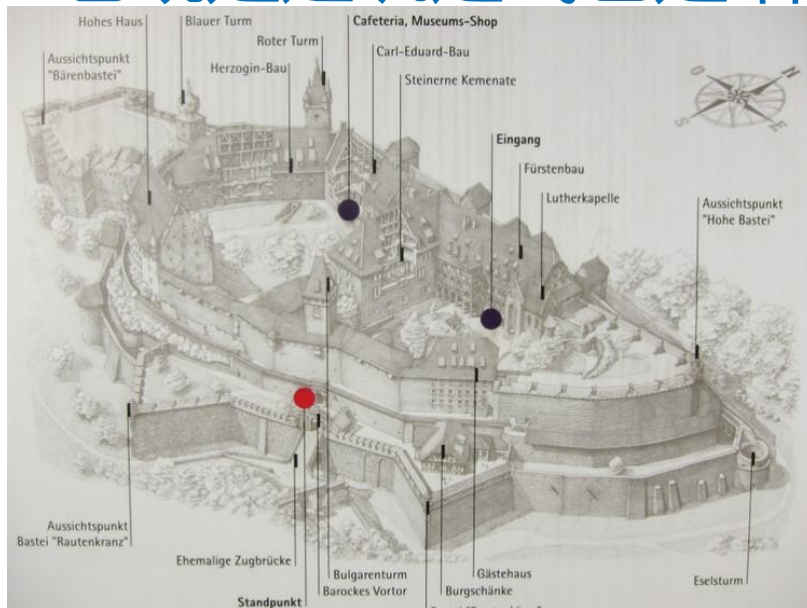
一、建筑与结构的关系

土耳其索菲亚第三大教堂，第一次倒塌是因为穹顶较为平缓，第二次倒塌是因为穹顶较为高耸，第三次倒塌是因为地震作用。



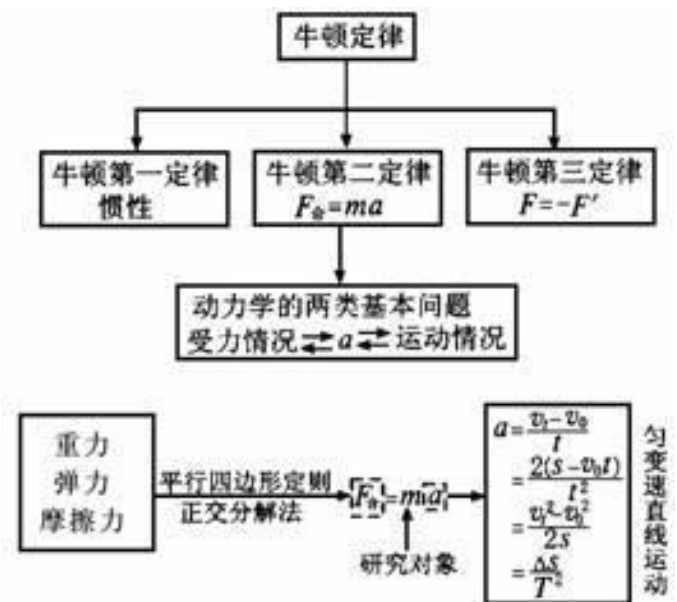
一、建筑与结构的关系

土耳其索菲亚第三大教堂的三次坍塌时间正好处于欧洲的中世纪时期，宗教建筑的设计要求，以及阶级等级的限制，很缓慢地促进结构设计出现。中国则是《营造法式》影响深远，它既是建筑定式也是结构规范。



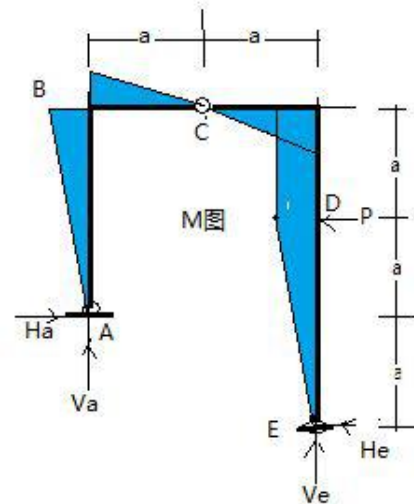
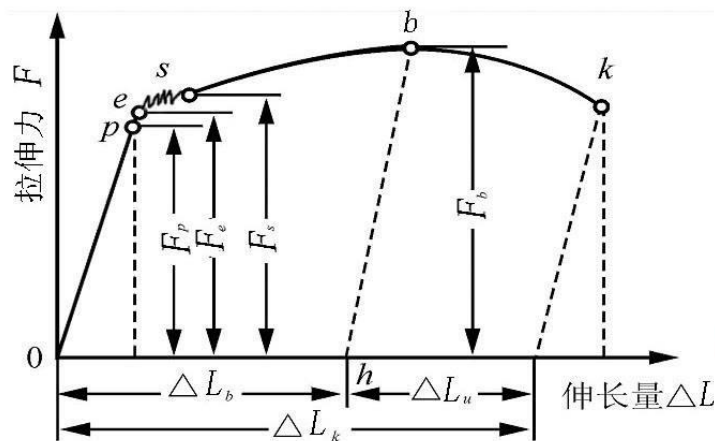
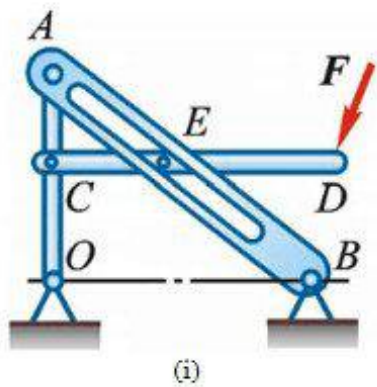
一、建筑与结构的关系

到文艺复兴时期以后，尤其是牛顿被苹果砸了一下，提出万有引力和三大定律，结构在十八世纪成为重要的学科，建筑师与结构师开始分开思考各自专业的问题。



一、建筑与结构的关系

结构主要研究力学问题，传统上分为理论力学、材料力学、结构力学。分别代表结构设计需要面对的三大问题：1、结构的平衡与稳定；2、结构材料的应用；3、结构的变形与应力规律。



一、建筑与结构的关系

理论力学----探讨结构的平衡与稳定。问题来了，如果做一个凳子需要几条腿？



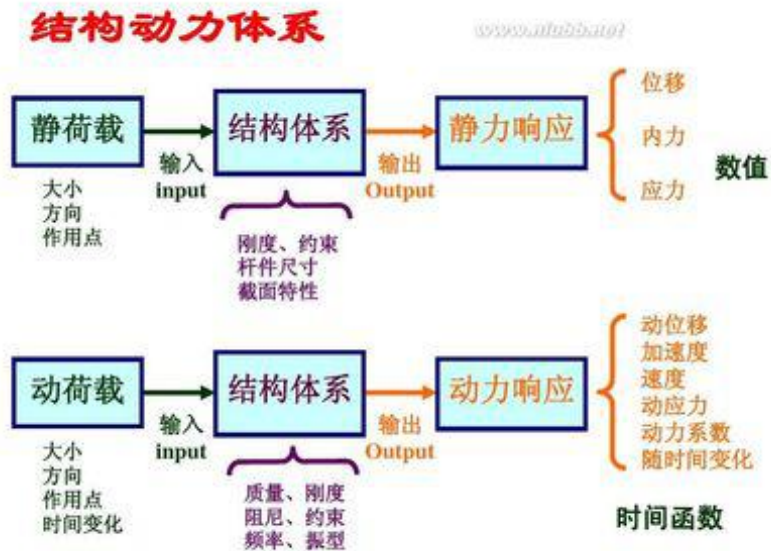
一、建筑与结构的关系

材料力学----探讨结构材料的合理应用。问题来了，为什么会有豆腐渣工程？



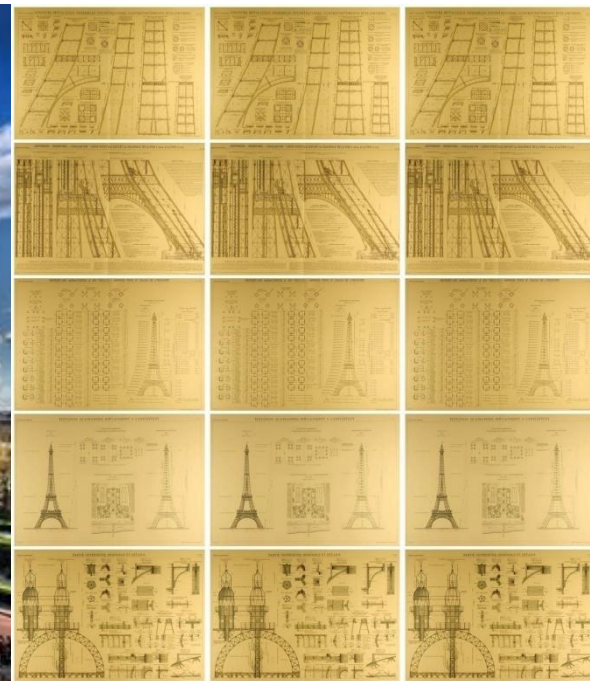
一、建筑与结构的关系

结构力学----探讨结构的变形与应力规律，它是从理论力学和材料力学发展而来的学科，又分为结构静力学和结构动力学。问题来了，静力和动力有什么区别？



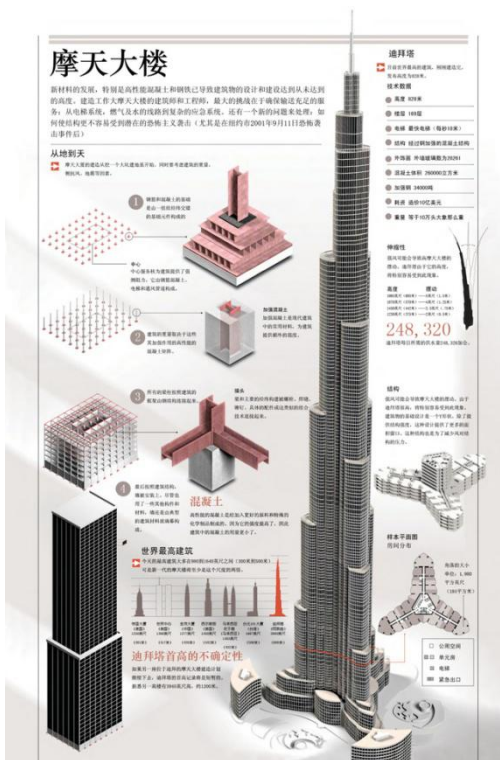
一、建筑与结构的关系

结构专业成为独立学科的工程标志是法国埃菲尔铁塔。使雄伟建筑不再是宗教或皇室的标志，其方案和建造过程受到法国建筑界强烈反对，因为它是现代技术和工业革命产品。



一、建筑与结构的关系

结构专业随着建筑行业的发展，已经有了巨大的发展，但其仍然受到结构理论、结构材料、结构技术的制约，而不能让建筑师天马行空。



一、建筑与结构的关系

结构所使用的材料相比古代，已经有很多种选择，常用的有：

混凝土
金属
砌体
玻璃
木

。 。 。 。 。 。

组合材料



一、

二、结构工程师是否真的懂结构

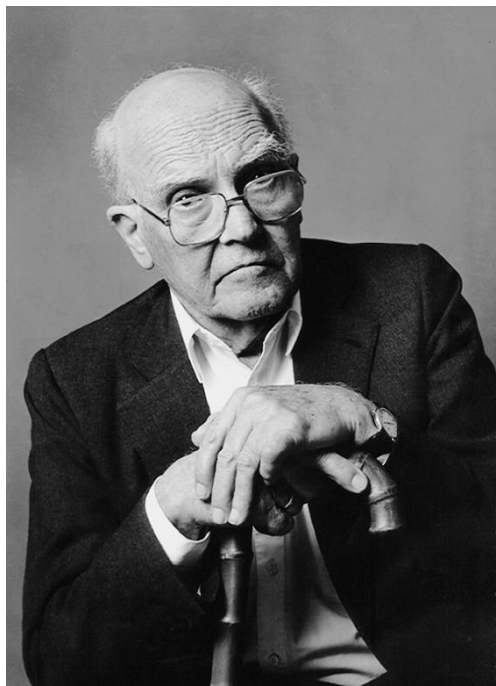
三、

四、

五、

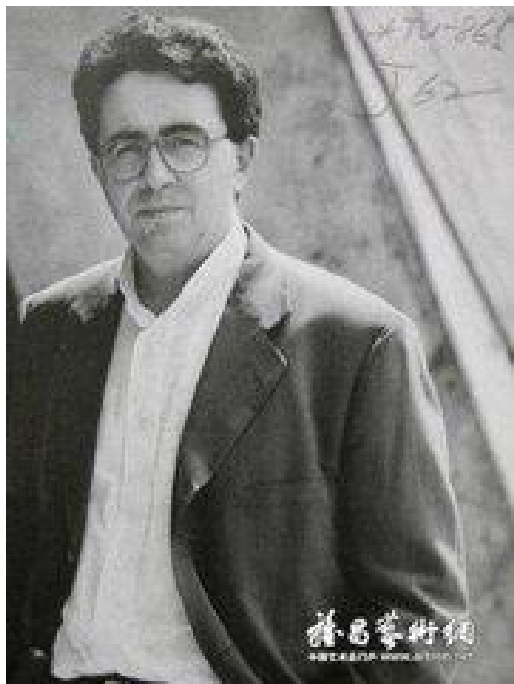
二、结构工程师是否真的懂结构

之所以提出这个问题，先看几个牛X人物的作品。第一个是乌拉圭的Eladio Dieste，砌体结构作品。 -- “轻盈而不知疲倦的舞蹈”



二、结构工程师是否真的懂结构

第二个是西班牙的Santiago Calatrava，钢结构作品。--“我对绘画感兴趣”



二、结构工程师是否真的懂结构

第三个是日本的yoshikatsu tsuboi 坪井善勝，悬挂结构作品。-- “结构的美存在于少许偏离结构合理性的地方。”



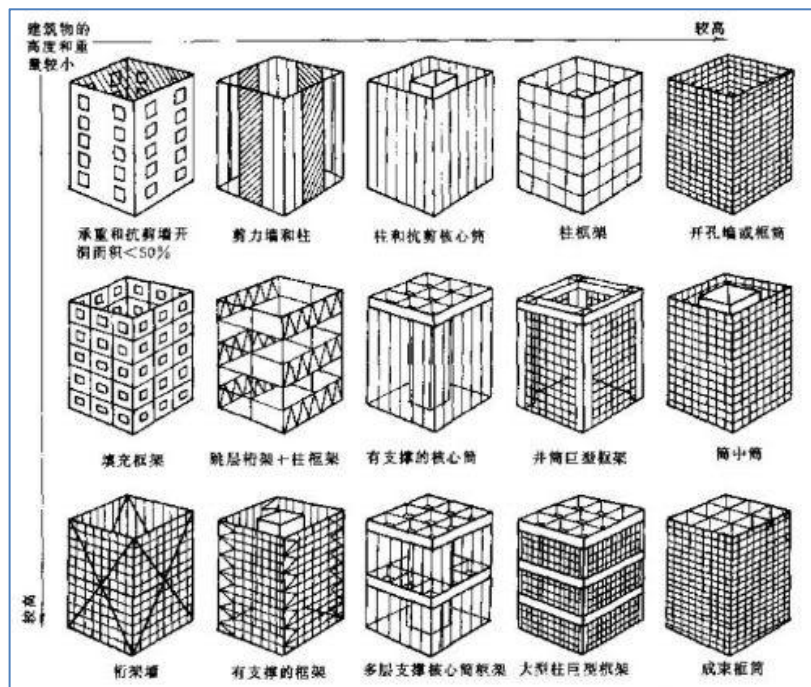
二、结构工程师是否真的懂结构

第四个是美国的贝聿铭，三角形、桁架结构作品。-- “艺术和历史才是建筑的精髓”



二、结构工程师是否真的懂结构

第五个是美国的Fazlur Khan 法茨拉·卡恩，
高层结构作品。-- “高层建筑的社会影响和外观
效果才是我探讨新结构体系的真正动力”

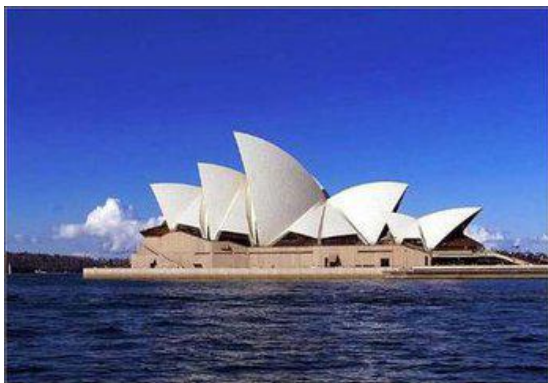


二、结构工程师是否真的懂结构

一个建筑的成功

建筑形态应符合自然规律，建筑师有仿生学感受。

结构受力应发挥材料特性，结构师有拟合性感受。



二、结构工程师是否真的懂结构

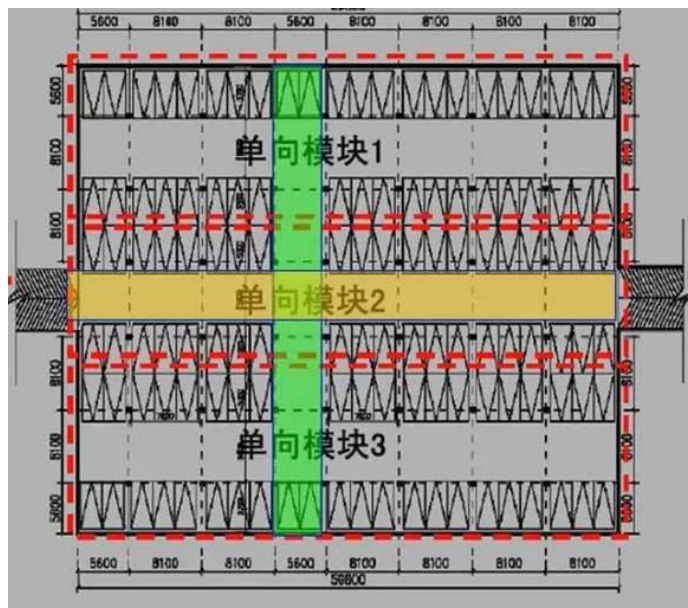
为什么结构工程师会觉得很多结构不合理？

为什么结构师变成痛苦的“思想者”？



二、结构工程师是否真的懂结构

结构专业成为单独专业后，逐步脱离建筑的思考方式，导致结构工程师倾向维护本专业设计需求的单向思维方式。-- “适用、经济”



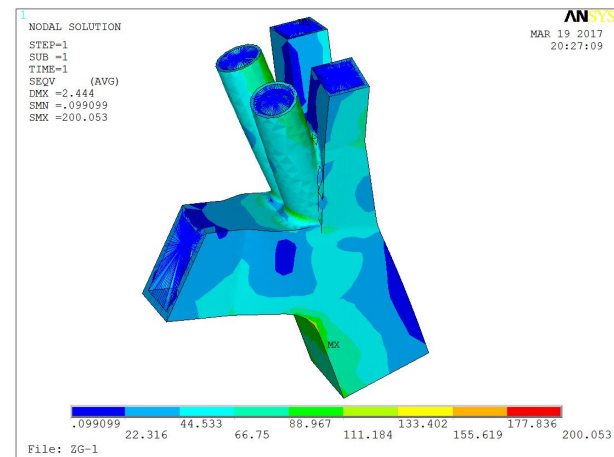
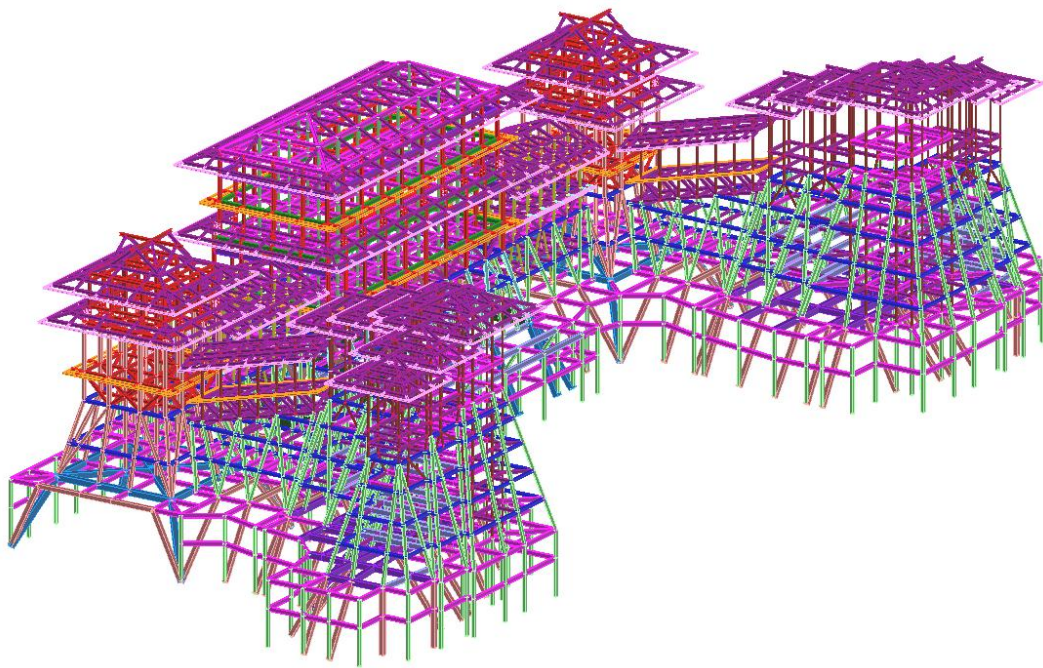
二、结构工程师是否真的懂结构

建筑设计多样性决定建筑师的思维具有发散性，结构设计安全性决定结构师的思维具有归一性。-- “安全重于一切”



二、结构工程师是否真的懂结构

日益复杂的结构理论，更多的关注结构细节，使结构工程师的注意力聚焦在内部而非外部。



一、

二、

三、 建筑师如何表达结构设计要求

四、

五、

三、建筑师如何表达结构设计要求

建筑形态符合自然规律时，也就决定其可行性，只是有些形态不同寻常而已，结构主要是解决重力和外力对建筑的影响。

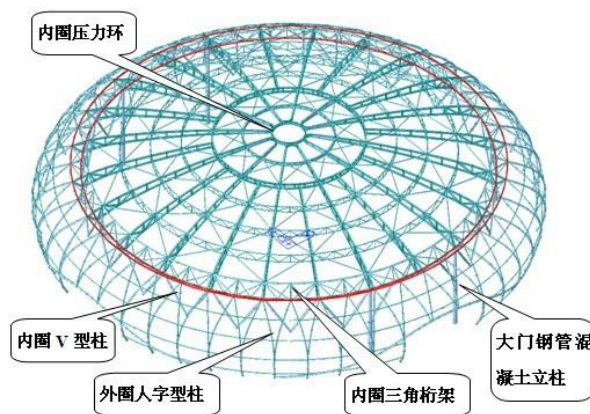


三、建筑师如何表达结构设计要求

结构三大力学是结构物理性能的数学解释，所以建筑师要理解结构基本受力特点，比如结构整体构件永远都是在解决平衡、稳定、冗余、薄弱的问题。



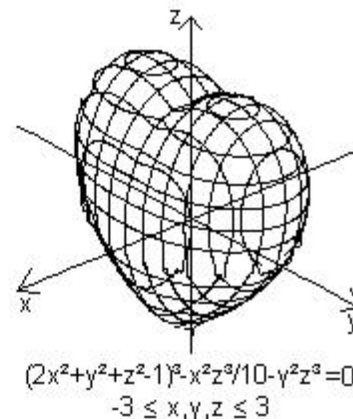
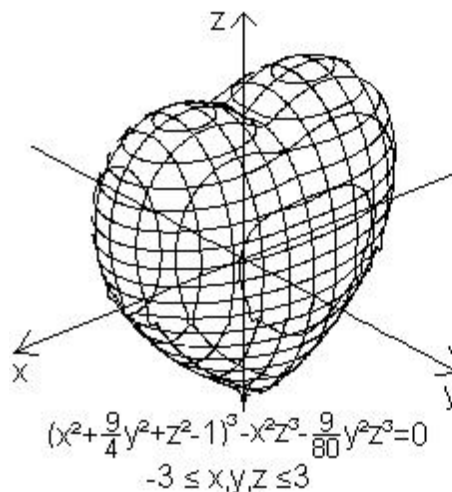
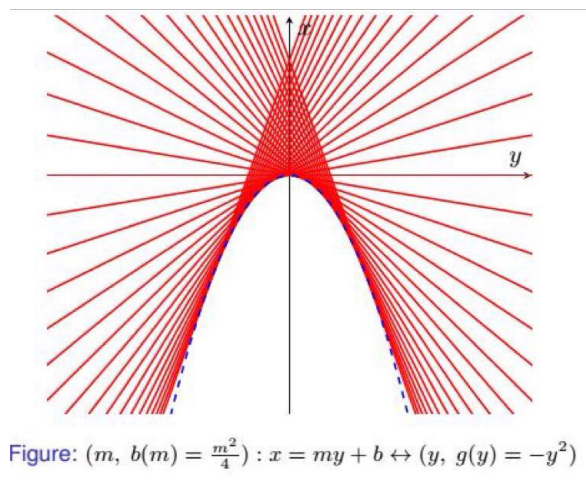
图 2 桁架拱的屈曲变形



三、建筑师如何表达结构设计要求

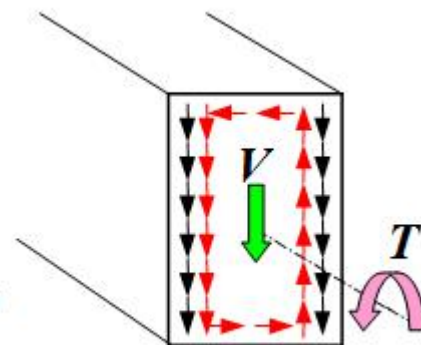
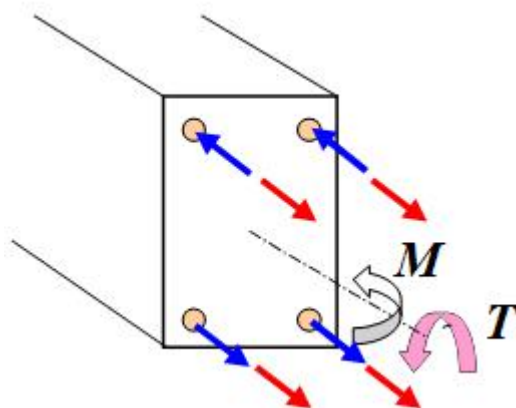
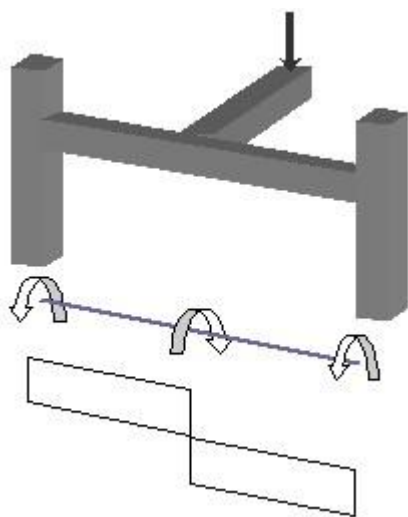
结构三大力学到底是什么？

建筑受力体系的物理性能用数学来表达解释。



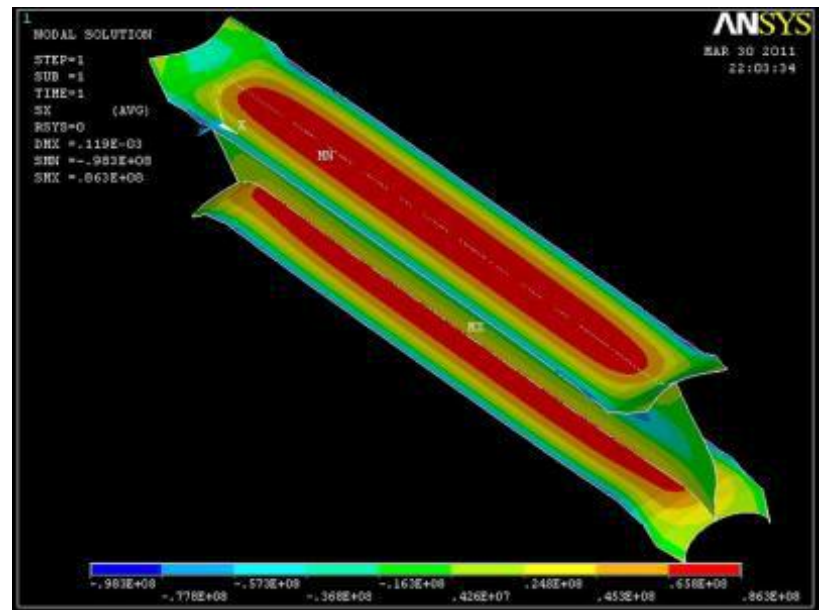
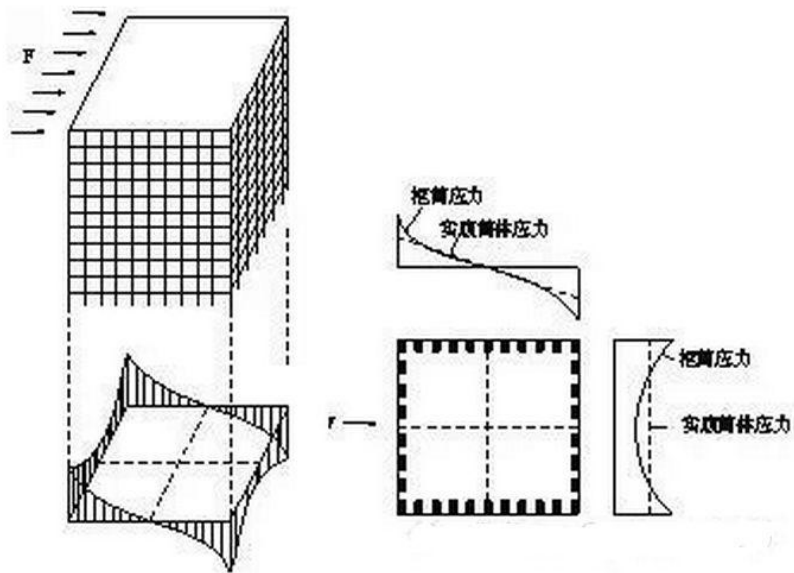
三、建筑师如何表达结构设计要求

建筑师要理解和感受结构基本受力特点，比如结构构件分析永远都是在解决轴力 N 、剪力 V 、弯矩 M 、扭矩 T 的问题，剪切是最重要的环节。



三、建筑师如何表达结构设计要求

无论哪种受力状态，基本上都符合自然感受，包括困扰结构工程分析的剪力滞后效应。



三、建筑师如何表达结构设计要求

建筑师一定要清楚建筑通过什么样的结构形式实现，而不能只有模糊的概念谈论建筑方案。

建筑师：“我设计的楼板像纸一样薄！”

结构师：“这不现实？”

建筑师：“我就觉得楼板像纸一样薄！”

结构师：“这样做有什么目的？”

建筑师：“我就想要楼板像纸一样薄！”



三、建筑师如何表达结构设计要求

利用视觉差来实现很薄的结构案例。



三、建筑师如何表达结构设计要求

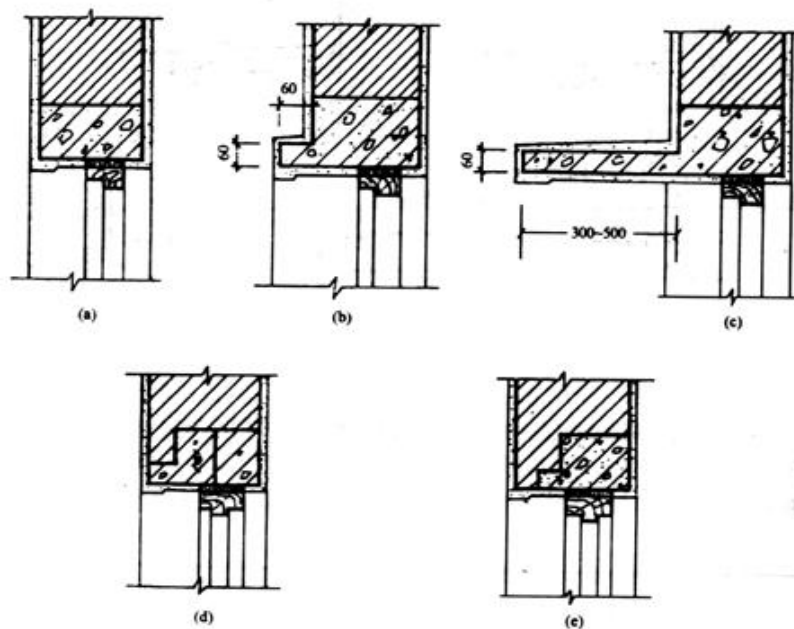
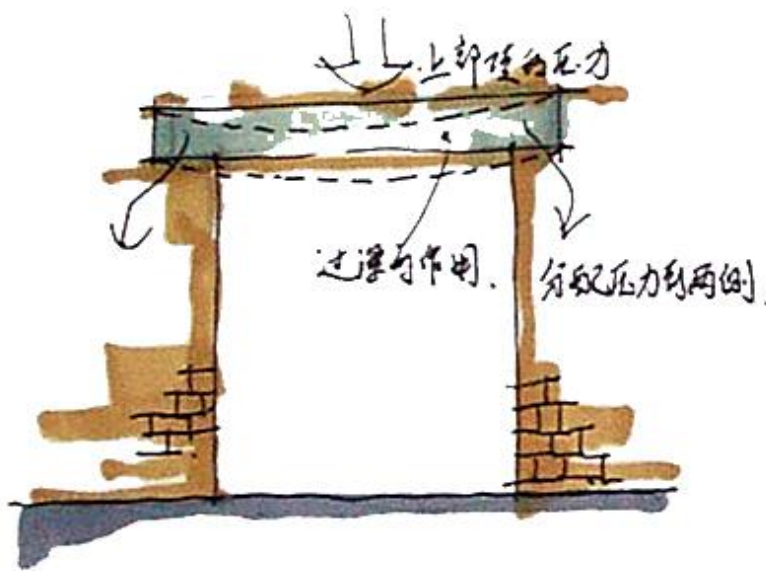
利用限制手段来实现很薄的案例。

建筑师石上纯也 8米桌子厚度8mm
结构师小希孝太 做近2000次试验



三、建筑师如何表达结构设计要求

对于细节设计要想清楚建筑设计形态。例如常见的过梁有很多种做法，需要建筑师来决定选用什么形式，否者结构师只会选择最简单的形式。



钢筋混凝土过梁形式

一、

二、

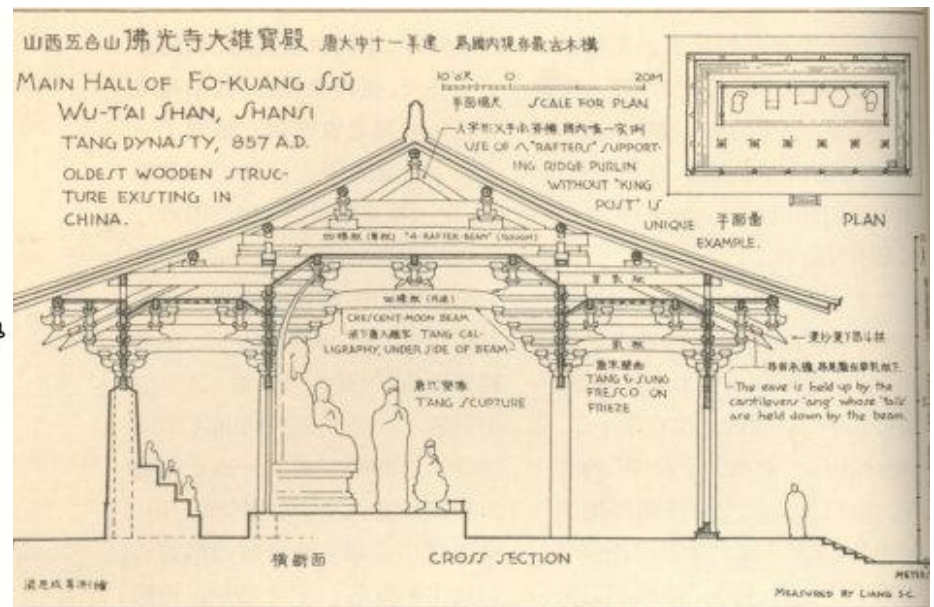
三、

四、中国古建筑的结构问题分享

五、

四、中国古建筑的结构问题分享

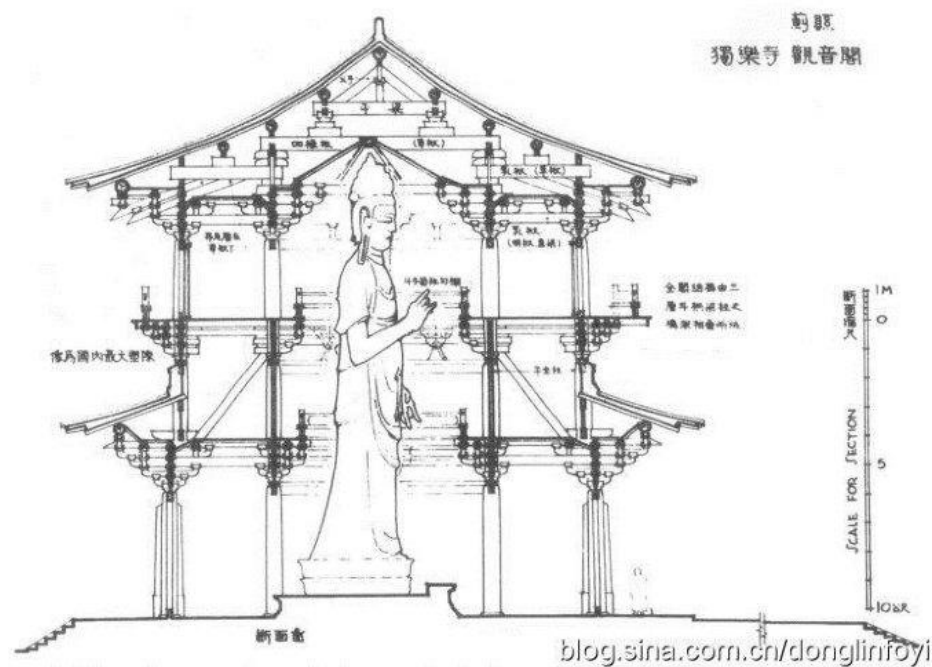
1、中国木结构建筑抗震性能好存疑，其抗震性能依靠东西山墙和北侧后檐墙，像佛光寺还有柱上铺作层，这是结构体系的优势，而非材料优势。



四、中国古建筑的结构问题分享

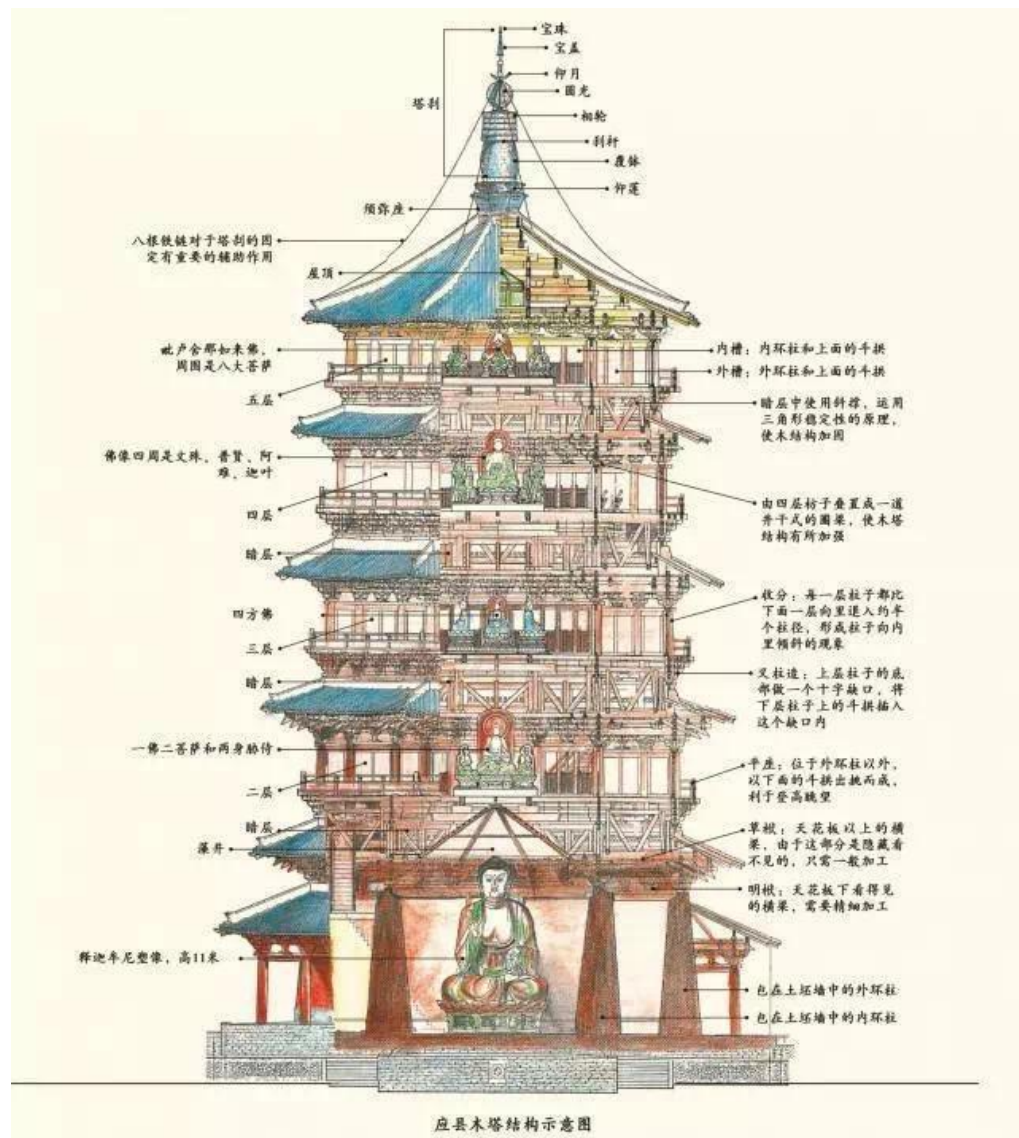
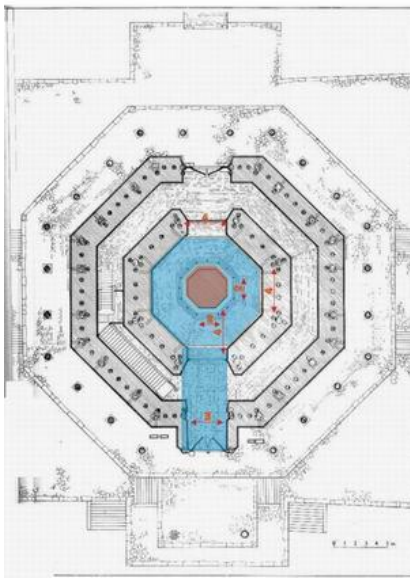
2、斗拱是中国官式建筑演变而成的具有结构属性建筑构件，带有现代装配式工业化产品特点，随着年代和地区的变化而不同。它有耗能作用，但与现代抗震目的没有直接联系。





四、中国古建筑的结构问题分享

4、应县木塔
底部十米为双层墙，
暗层为桁架层，明
层有井干式环梁及
铺作，楼层荷载轻。

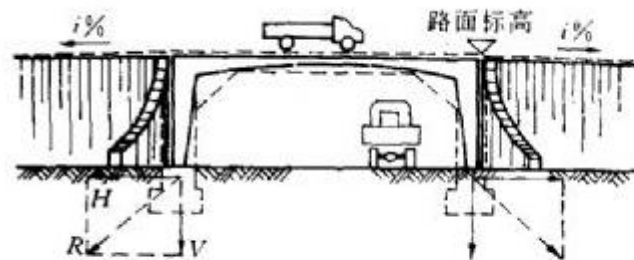


五、两个简单的作业

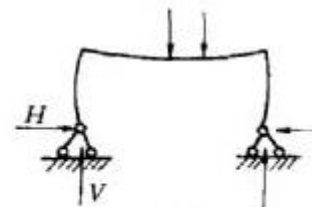
(一)

如果给你三根杆件，考虑各种连接方式（固结、铰接等等），一共可以组成多少种稳定可用的结构形式？

五、两个简单的作业



(a)



(b)

五、两个简单的作业

(二)

从直观的感觉，说一下德国保时捷展览馆的结构受力原理。



谢谢！