

衡量大跨度空间结构优劣的五个指标结构工程师考试 PDF 转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

[https://www.100test.com/kao\\_ti2020/586/2021\\_2022\\_\\_E8\\_A1\\_A1\\_E9\\_87\\_8F\\_E5\\_A4\\_A7\\_E8\\_c58\\_586051.htm](https://www.100test.com/kao_ti2020/586/2021_2022__E8_A1_A1_E9_87_8F_E5_A4_A7_E8_c58_586051.htm) 一、概述 所谓空间结构

( Spatial structures ) ，其形体呈空间状，并同时具有三维受力特性。优秀的空间结构具有荷载传递路线最短，受力均匀等特点；而平面楼盖结构，由于构件分为板、次梁和主梁等“级别”，荷载传递路线长，浪费材料。自然界也有许许多多令人惊叹的空间结构，如蛋壳、海螺等是薄壳结构；蜂窝是空间网格结构；肥皂泡是充气膜结构；蜘蛛网是索网结构；棕榈树叶是折板结构等等。因此，从某种意义上来说，空间结构是一种仿生结构，它们比平面结构更美观、经济和高效。如何衡量一个大跨度空间结构 ( l 60m ) 的优劣，本人曾提出四个指标[1]：1、材料强度充分发挥？2、基础推 ( 拉 ) 力 H 合理处理？快把结构工程师站点加入收藏夹吧！3、施工安装费小？4、跨度大？对大跨度结构来说，材料用量多，不仅是一个浪费，对结构的抗震，特别是竖向抗震极为不利。广东省注册中心在2000年举办的《国家一级注册建筑师讲座》上，我再增加了一个指标：5、结构的艺术作用这一指标，把结构的型式与建筑的空间艺术形象融合起来，即结构本身富有美学表现力。建筑师必须注意发挥这种表现力和利用这种装饰效果，自然地显示结构。所谓自然的显示结构，不是说结构就是美，而是要袒露具有美学价值的部分，通过建筑师的艺术加工，达到表现建筑美的目的，而不是简单地表现结构本身。这样，就可以使建筑最终达到实用、经济和美观的目的。美国雷里 ( Rauleigh ) 竞技馆的受力特点是：

受力明确，形成自平衡体系，索、拱的材料强度充分发挥，基础很小。几乎符合上述五个衡量指标。斜拱的周边以间距2.4m的钢柱支承，立柱兼作门窗的竖框，形成了以竖向分隔为节奏感很强的建筑造型。被认为是世界上第一座优秀的大跨度索网结构屋盖建筑，开创了现代索结构的历史。

## 二、梁的演变与空间结构的分类

从梁的弯矩图和应力图可见，梁沿跨度和截面上的受力都很不均匀，材料强度不能得到充分的发挥。对于通常跨度的楼盖梁来说，可将矩形截面变为工字型截面，进而采用格构式梁（桁架），以提高梁的承载力和刚度。为了实现结构的更大跨越，则必须把梁演变成拱和索，它的横向扩展就变成了空间结构。因此，空间结构又叫造形结构（Formative Structures）。更详细的分类，请参考文献[2]。

## 三、工程评介

### 1、美国亚特蓝大百年奥运会乔治亚穹顶。

椭圆形平面： $240.790\text{ m} \times 192.020\text{ m}$ ，它是世界上目前最大的双曲抛物型张拉整体体系（Tensegrity System）。该体系由美国MLevy开发的一种稳定性好的三角形划分网格穹顶，受力特点是：“连续拉，间断压”材料强度得到了最充分的发挥（指标1,2）。整个屋盖用钢量仅 $30\text{ kg/M}^2$ 。

### 2、法国巴黎国家工业与技术展览中心大厅。

是钢筋砼装配整体式薄壳结构，壳体跨度 $l$ 与壳的折算厚度 $t$ 之比： $l/t = 206\text{ m}/0.18\text{ m} = 1144$ 倍，而鸡蛋壳仅： $40\text{ mm}/0.4\text{ mm} = 100$ 倍。说明人类的巨大智慧（指标1和2）。

### 3、广东省湛江电厂干煤棚[4]。

平面尺寸： $113.400\text{ m} \times 113.400\text{ m}$ ，柱距 $79.800\text{ m}$ ，它是我国目前跨度最大的四柱支承平板网架屋盖。考虑到煤棚在调顺岛上，是台风多发区，网架上铺陶粒砼三角形（直角边 $4.200\text{ m}$ ）带助预制板（砼重力密度 $\gamma = 14.5\text{ kgf/M}^2$ ）。虽然平板网架是空间结

构体系科技含量较低的结构之一，但可通过精心设计，采取八面坡水，腹杆棋盘式布置等手段，强化了空间传力，用钢量仅70.3kg/M<sup>2</sup>（巴基斯坦体育馆柱距62.400m，铝皮轻屋面，用钢就达61kg/M<sup>2</sup>）。特别指出的是：由于采用了暗柱帽，网架的施工散装平台由5m减至1m左右，大大节省了施工费用（指标3）。1996年9月9至20日，湛江地区先后遭受了两次40多年未遇的强台风袭击，市内风速达57m/s（12级台风为33m/s）最强风时间持续1小时以上，大量的建筑物受到严重破坏，但位于台风登陆口的干燥棚完好无损，其陶粒砼屋面也未遭到任何破坏[5]。

4、罗马小体育馆，采用外露的叉形斜柱，有力的把巨大的装配整体式钢筋砼网肋型扁园球壳托起，结构清新、欢快，极富结构力度（指标5）。

四、小结

1、对大跨度空间结构体系来说，梁式结构是受力最差的结构；张拉整体体系--"连续拉、间断压"，是目前最经济的体系。法国著名建筑师保罗安德鲁中标设计的广州体育馆，用钢量160kg/M<sup>2</sup>；美国Nixon Ellerbe Becket（NEB）公司中标设计的广东奥林匹克体育馆场，用钢量200kg/M<sup>2</sup>，它们基本上都属于梁式结构体系，耗费如此多的用钢量也就不奇怪了。由于外国设计者不了解中国规范，我曾向广州市林树森市长建议，今后国际招标只作到方案阶段，初步设计应由国内设计院承担。

a) 广州体育馆（2001.3） b) 广东奥林匹克体育场（2001.9）

2、大跨度空间结构几乎都是钢结构，科技含量较高，本文提出的五个衡量指标是最基本的。要设计好一个大跨度空间结构建筑，建筑师和结构工程师的合作应当达到配合默契的程度。严格贯彻执行国家的技术经济政策，即技术先进、经济合理、安全适用、确保质量。由于篇幅有限，有

关大跨度空间结构的概念设计，原理和技巧，如刚柔结合等，与常用跨度的结构是不同的，将在另文与大家探讨。

100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问  
[www.100test.com](http://www.100test.com)