

结构新体系为建筑师开辟更大的创作空间
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__E7_BB_93_E6_9E_84_E6_96_B0_E4_c58_586002.htm 随着社会的进一步发展，在自我私有空间逐渐扩大的同时，公共活动空间如文化体育场馆等的需求也与日俱增，这些需求带动了结构体系，特别是空间结构体系的发展。建筑的结构体系不仅呈现出多样化的特征，而且已经发展到概念设计的阶段。所谓概念设计指的是，结构设计不仅把结构的安全、效率及经济作为结构设计的目标，而且更重要地把结构美表现出来，即在结构上体现出文化的内涵，这就是结构哲学的主要研究范畴。大空间建筑中最需要建筑与结构的紧密配合，因为力学上合理的建筑造型是能体现结构美，进而可以充分表现出文化内涵。在结构哲学研究的背景下，近来发展起来的新型空间结构体系有：穹顶结构、膜结构、开合结构、透明建筑、树状结构、攀达穹顶、卡斯滕结构、弦支穹顶、不完整桁架及张拉整体结构等。穹顶结构穹顶结构，在建筑上，有可以用最小的表面积覆盖最大空间的优点，在结构上，具有三维高效传力的特性，因此一直受到建筑师和结构工程师的重视。以日本为例，穹顶结构已从原来的天空穹窿状结构的含义延伸为非平面型的屋顶结构。特别是1988年东京穹顶建成以来，穹顶建设热逐渐升温，1997年达到一个高潮，除两个超级穹顶（大阪穹顶及名古屋穹顶），四个大型穹顶（小松穹顶、大馆树海穹顶、熊本穹顶及札幌穹顶）的建成外，还有数个各种规模的穹顶结构建成，到目前为止，穹顶的建设热仍在持续之中。快把结构工程师站点加入收藏夹吧！商业性穹顶建

筑以赢利为目的，要求座位多，空间大，因此跨度较大，如大阪穹顶和名古屋穹顶的跨度均超过了150m，虽然结构形式各有不同，大阪穹顶为双层网壳式，而名古屋穹顶却是单层网壳，但二者均采用了提升类的施工方法。市民公用性的穹顶建筑是日本穹顶结构盛行的一个最重要的因素。1997年建成的穹顶中除两个超级顶外，跨度在100m以上的大型穹顶均为此类。日本社会的各种团体、协会成千上万，多至数万人，少至十几人都可以结成社团，进行各式各样文化、体育甚至仅仅是座谈等的活动。为了使市民的活动不受天候的干扰，如今在日本各地市，就像图书馆一样，穹顶建筑正渐成为必备的设施。特别是在寒冷地区，市民的穹顶建筑普及很快。市民穹顶建筑因没有商业性要求，一般预算许可的范围内，都尽量地反映当地的文化特色，所以建筑及结构形式更是多样化。如小松穹顶做成了机械控制的中间龙骨梁支承的开启式屋顶，而熊本穹顶则是组合的充气膜结构。新型的穹顶结构体系也在不断的探索实验中。而且现仍有多项大型的穹顶结构在设计施工中。结构原理：单层钢网壳、双层钢网壳、集成木材网壳、充气穹顶及各种构件与膜的组合形式等。跨度：最大已经作到圆形平面直径为222m的建筑。矢高比：1/2 ~ 1/7，常用1/3 ~ 1/5。1) 攀达穹顶 攀达穹顶结构是日本川口卫教授针对大跨度穹顶的施工而提出的专利结构体系。它把穹顶结构的环向作用和径向作用分解开，撤去部分环向构件，使其成为仅有一维自由度的结构，从而可以将结构整体折叠，在接近地面的高度进行拼装，然后把折叠的穹顶顶升到预定高度，再加上撤去的环向杆件，穹顶即告完成。1999年完工的奈良大会堂2000年将要开工的集散煤穹顶使攀

达穹顶结构体系又有了新的发展。特别是集散煤穹顶，它首次把攀达穹顶用于一个建筑群中，成功地解决了铰链组共同工作的问题。攀达穹顶的结构及灯光、音响、通风管道等设施均可在接近地面的高度安装，避免高空作业，提高了施工安全性，便于监理检查，可较好保证安装精度；体系仅有竖向自由度，施工过程中也可以抵抗风及地震力的作用；可以提高施工速度，降低工程造价。跨度：已建成的实例中，从60m到180m 高度：30m到60m 造型：穹窿状、棱锥形、某种特殊的施工态

2) 弦支穹顶 把张拉整体的概念用于与单层网壳结构的杂交组合中，形成刚性的上弦层，中间为相互独立的撑杆，下弦为张拉整体的连续受拉单元，就得到弦支穹顶结构。其原理可以理解为张拉整体加固的单层网壳结构，也可以认为是用刚性层取代张拉整体的柔性上弦。弦支穹顶比单层网壳的稳定性高；对边界的约束要求低；刚度大，可提高结构跨度；层面材料用刚性或柔性均可；具有穹顶结构的优势。跨度：已建到了90m 高度：矢高取跨度的 $\frac{1}{3}$ 到 $\frac{1}{5}$ 造型：穹窿状、椭球状及坡形层顶

膜结构 膜结构主要分为充气膜及张拉膜两种。充气膜结构是由一定压力的空气支承的膜结构，其中还分气承式和气胀式两类，区分的标准是结构工作机理和气压大小的不同。因为充气膜结构利用了空气这种唯一免费的建筑材料，而且受压的空气没有屈曲的问题，结构有相当的优势。但是，从维护的角度上看有不利的一面，就是充气膜需要经常的鼓风充气以保证一定的内压。气承式膜结构传力效率高，因此只需要较低的内气压，但需要室内密闭，这要通过设置空气前室或旋转门来实现。气胀式膜结构需要较高的内气压，比如800~1000mm水柱，是气承式

膜结构中气压的数十倍，但室内不需要密闭，人们可自由进出。张拉膜结构不需要气压，但对膜的裁剪有很高的要求，不精确的裁剪经常导致皱褶的出现。从造型上看，充气膜结构常是穹窿状或者某种变化形式甚至小型单元的组合，张拉膜的变化则可以多种多样。到目前为止，世界上最大的气胀式膜结构仍是川口卫设计的富士馆，最大的气承式膜结构是东京穹顶。覆盖单体建筑面积最大的张拉膜结构是世纪穹顶，其圆形底面的直径为320m。结构中无柱支承的最大的张拉膜结构是用于张拉整体结构的覆盖层上，比如乔治亚穹顶，跨度达到200m的数量级。把膜结构仅用做层面材料的工程也很多，特别是在寒冷地区。在双层膜材料间送热风是处理大雪地区屋面化雪的常用手段之一。开合结构 开合结构指屋顶结构可以开启和关闭的结构体系。在开合结构的使用中，人们已充分领略到这种结构的优越性：当出现风、雨或雪的天候时，将屋盖关闭，享受一种温馨与热烈；当风和日丽的时候，将屋盖打开，可充分享受自然。开合结构开启或关闭所需的时间一般为10~30min，开合效率以透光率评价。日本已成为具有开合结构最多的国家之一，大小共有几百座。不仅如此，许多民宅的大空间也采用了开启的屋顶结构。日本的公司在与加拿大人合作建成了加拿大的多伦多天空穹顶（直径203m）之后，很快在福岗建成了更大的可开启福岗穹顶，直径达到222m。连同水上世界的宫崎穹顶等，日本的大型开启穹顶已有十几座。值得一提的是，一向追求高新技术的日本，却在最新建的小松开启穹顶中，采用了更简捷的技术。开合的方式主要有三种，水平移动、旋转及叠合。水平移动的方式最简捷，容易控制；旋转开合经常伴随有水平的二次

运动；叠合的种类较多，有上下移动方式，有水平移动的折叠，还有包括前两种运动方式的连动开合方式。开启穹顶的技术是建筑结构、机械及自动化三者结合的题目。一方面，日本仍在花大量人力物力研究更新更好的开启体系，如前田工业就新提出了轨道折叠式开启屋顶，还准备采用太阳工业的新技术连同屋面膜一同折叠开启。另一方面，小松穹顶却采用了机械关闭，仅靠自重开启的结构体系，这种简捷的技术手段克服了许多高科技带来的复杂、非人控环节，值得我国建筑师及结构工程师借鉴。

透明建筑 透明建筑的结构含义就是用玻璃作为主要结构构件的建筑。早在半世纪前就开始了玻璃幕墙的建筑尝试。现在，用较大的结构来支承的玻璃幕已不能满足人们的需要。东京会议中心的建成在日本引起了轰动，不仅仅因为其独特的船体造型，更主要的是玻璃成为主要结构构件，玻璃索杆的结构体系不仅使东京会议中心室内外一体化，而且白天采用自然光，晚上的灯光效果更成为一种地标象征。由于玻璃的脆性、易碎及低受弯强度，玻璃建筑的关键就成为结构工程师的工作，日本已有一些关于玻璃索杆结构的专利申请。玻璃材料的性能已有相当大的改善，如在抗冲击破碎方面。玻璃板作为结构受压构件已较多，玻璃的其它截面形式值得研究。

树状结构 顾名思义，树状结构为形状像树木构造的结构，像仿生学得到的其它结构一样，树木具有强大的生命力，树状结构的开发研究也应有相应的价值。德国在树状结构的研究上起步较早，已有像斯图加特机场后机大厅这样规模的工程，日本目前树状结构的研究仅在形态学分析及静力性能的研究阶段上。索的新结构体系索做为一种结构单元，不仅最富于变化，也具有活力，因

此是最有生命力的结构形式之一。特别在超大跨度的结构中，如悬索和斜拉结构，索将扮演更为重要的角色。近来日本发展了两种特色的索结构形式，一种是索与梁、拱、壳等的组合（杂交）结构，另一种是从桁架（平面的或空间的）发展而来，用拉索取代桁架结构中的拉杆，并对新结构施加预压应力使拉索在任何荷载下都不松弛，再将部分多余杆件去掉后，就成为所谓的不完整桁架结构，以上两种新索结构体系均有工程应用。不完整桁架结构可以最大限度地发挥材料优势，受压上弦可用混凝土、石材等做成，下弦用高强度钢索；仅保留必须的部分腹杆单元；整个结构体系达到了少一根杆不行，多一个单元就多余的结构境界，因此，工程造价可降低至一种极限状态。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