

一级结构师辅导：膜结构简史结构工程师考试 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

[https://www.100test.com/kao\\_ti2020/569/2021\\_2022\\_\\_E4\\_B8\\_80\\_E7\\_BA\\_A7\\_E7\\_BB\\_93\\_E6\\_c58\\_569708.htm](https://www.100test.com/kao_ti2020/569/2021_2022__E4_B8_80_E7_BA_A7_E7_BB_93_E6_c58_569708.htm)

1917年有一位名为兰彻斯特的美国人建议利用新发明的电力鼓风机将膜布吹胀，作野战医院。像许多专利申请案一样，这只是一种构思，而没有真正成为使用的产品。1946年，有一位名为华特贝尔德的人为美国军方做了一个直径 15m圆形充气的雷达罩，可以保护雷达不受气候侵袭，又可使电波无阻的通过，从而使相隔了19年的专利付诸实用。由此而衍生出了一个新的工业产业，在1956年以后美国一共建立了约50多家的膜结构公司，制造各种膜产品，用做体育设施、展览场、设备仓库、轻工业厂房等，不一而足。但多因设计不周全，或制作粗糙，或是业主维护不当，以致造成许多不幸事件，大多数的工厂亦因之倒闭。1960年间，德国斯图加特大学的弗赖奥托先生，先后于1962和1965年发表了研究膜结构的成果，并同帐篷制造厂商合作，做了一些帐篷式膜结构和钢索结构，其中最受人注目的是1967年在蒙特利尔博览会的西德馆，其在欧洲，尤其是德国，可以说是开了膜结构商业化的先河。1968年，美国纽约的建筑师布罗迪和哥伦比亚的大卫盖格教授合力争取到了日本大阪世界博览会美国馆的设计权。原先的经费2500万美元，被一再消减到250万美元，此设计组承受了无比的挑战，在穷则变，变则通的情况下，将基地挖一大坑，将废土堆在四周，筑成围墙，其上浇注一混凝土压力环，将钢索网固定在环上，再将膜布固定在钢索网上，加以充气，就做成了9290m<sup>2</sup>的展览馆，从而开启了气撑式膜结构的新页

。1968年到1987年之间，有8座室内运动馆是以此方法设计建造的。在大阪世博会，盖格公司成功地向世人推出气撑式膜结构的新设计技术，而受到建筑工程界一致认可后，又面临所使用的膜材料问题。这种膜材只有7年8年的寿命，在太阳紫外线及风、雨的交互作用下，膜布会变得硬脆、破裂，而失去结构性能。只有使用好的膜布材料，才能使这种大跨距的屋顶，成为永久性的建筑。正在此时，美国福特基金会下属的教育设施实验室给盖格公司一笔资金，用来开发此种永久性的建筑膜。在盖格公司领导下，同美国的杜邦公司、康宁玻纤公司、贝尔德建筑公司、化纤织布公，五家共同开发永久性的结构膜。产品很顺利地就制成了，化纤公司将康宁公司提供的玻璃纤维，先集成线再织成布纱，经过矽胶浸泡，先制成水密坯布，再多次快速放入特氟隆溶液中，使坯布两面皆有均匀的特氟隆涂层，永久性的PTFE膜正式诞生。经过加速气候实验，其物理稳定性确定后，盖格公司又设计各种结构配件及确定设计程序，以建造不同性质的膜结构。堪萨斯城的建筑师约翰西弗率先使用此产品，在加州的拉弗恩建了一座学生活动中心，另外，几乎同时即1973年在圣太克罗拉的加州分校办建了一座气撑游泳馆（活动屋顶）及学生活动中心，从此永久性膜结构便正式在美国风行。

1. 关于结构膜一般钢结构屋顶，是由桥梁支撑屋面板，上面覆盖防水、隔热层，这些屋面材料皆不承受结构力。但膜结构中的膜本身就承受活荷载包括风压、温度应力等，膜既是覆盖物，亦是结构的一部分。以材质分类，结构膜有以下两种：

1) 平面不织膜：由各种塑料，在加热液化状态下挤出的膜，它有不同厚度、透明度及颜色，最通用的是聚乙烯膜。亦有

以聚乙烯和聚氯乙烯热熔后制成的复合膜，其抗紫外线及自洁性强，且使用年限可从7年延长到15年，此种膜因张力强度不大，而自跨度不大，属于半结构性的膜材。

2) 织布合成膜：以聚酯丝织成的布心，双面涂以PVC树脂，再用热熔法覆盖上一层聚氯乙烯膜，制成复合膜，使用年限从7年延长到15年。因布心的张力强度较大可以用于多种的张拉力型结构，跨度可达8m - 10m，在美、日、法等国皆生产多种品牌。

2. 几种膜结构与上述结构膜结合的结构大约有下列几类：

- 1) 纯钢拱形结构 采用传统的梁柱系统，屋顶为圆拱式，柱梁间距一般为8m左右。
- 2) 混凝土结构主体加钢拱 以上两种最简单的膜结构，依平面的形状，如方形、菱形等，可有许多变化，拱的间距依使用的膜材强度、设计荷载、风力等确定。
- 3) 混凝土主体结构加钢索 脊索为上弯，位于膜布下面，谷索为下弯，位于膜上面。两种钢索的弯向相反张拉后造成相反方向的垂直力，使膜布受到垂直方向的张力，膜布中水平方向的张力直接张拉形成。
- 4) 混凝土主体结构加钢柱
- 5) 张拉式帐篷膜结构
- 6) 大型（跨度在200m以上）气撑式膜结构 用扁钢作的钢索加上膜布，可以做成大跨度的巨型屋顶。这种建筑，结构简单，施工方便，经济效益高，无需维修。但因需常年维持封闭，进出较不便，现已不再新建，但仍不失为一种好的结构形式。由于膜结构需要精确的设计及剪裁，以达到理想的效果，大卫、盖格和哥伦比亚大学的同僚迈克、马克麦克和约塞夫、赖特共同开发了非线性钢索计算程式，为气撑式大型膜屋顶工程设计奠定了基础。自1973年至1978年，在世界各地一连建造了12座气撑式膜结构大型室内体育馆，与同时期落成的其他球场比较，这些膜结构的

体育馆不但价格便宜，而且施工快。面积40000m<sup>2</sup>的银顶球场的屋顶只用了11.5个月即全部完成。为世界最大之室内体育馆。

快把结构工程师站点加入收藏夹吧！

### 7)钢索穹顶

1980年左右，盖格先生又创造了使用永久性结构膜的新技术，这种新技术是基于工程哲学家巴克明斯特·富勒的理论。富勒认为现代的结构都是在对抗地心吸引力，不断地争取压力的连续性，但自然界并非如此。这是一项看似平淡，实则非常智慧的哲理，1983年他发表的文章中建议在结构上逐步减少压力的影响，而增加张力的作用，富勒将他的新观念命名为“张力式”，英语是张力（Tension）和完整(Integrity)二字的合成。在这种理想的结构中“压力杆件是张力大海中的一个小岛”。盖格先生对富勒的哲理，则有更进一步的解释，他认为“空间的跨越是由连续的张力索和不连续的压力杆”完成的。在这一理论基础上，他提出钢索穹顶由以下杆件组成：中央张力环经由数目为四的倍数的脊索、环索、中继斜拉索、压力杆和斜拉索而到达压力环梁，形成一个完整封闭的张力拱结构系统。这一发明取得了专利。因其不需空气支撑，制作比较简便，故在大型场馆的建设中，逐步取代了气撑式膜结构。钢索穹顶在结构技术上，用预应力的原理建立了一种完全突破传统思维的新概念。将钢索结构加上预应力，使得原来应是压力的杆件亦成了张力件，并以钢索取代，由此压力杆件的数目减少，而形成非常轻巧的穹顶结构。传统的钢架结构自身重量随跨度加大而急剧增加，但在钢索穹顶的结构系统中，单位重量永远保持不变。这在结构学的理论上，是一个突破。钢索穹顶的结构系统，亦可配以其他传统建材，如钢板、玻璃等，结构自重不会超过20Kg/m<sup>2</sup>，是一项高功

效、多用途的新技术。钢索穹顶的特点在于: 1)单位重量轻: 一般说来建筑在70m300m之间时, 其平均自重(包括所有构件)均在15kg/m<sup>2</sup>~25kg/m<sup>2</sup>范围内。而且无论跨距多大, 单位面积自重, 都不会超过25kg/m<sup>2</sup>。 2)形状多样化: 通常做大跨距结构都是用圆形拱顶, 但钢索穹顶可有许多选择。 3)屋顶面材有多种选择: 钢索穹顶是张力拱, 可以接受任何块状屋面材料, 如钢板、玻璃、结构膜等。一般都将钢索穹顶和结构膜联想在一起; 但并非必然如此。 4)施工方便、工期短: 因为单位面积重量轻, 施工机具及吊装设备用的较小, 大部分钢索、杆件都在地面组装, 只要将斜拉索张拉, 即可将整个屋顶逐渐举起, 几乎不需临时支架。 5)不漏雨, 无维修: 大型屋顶遇到的最大问题是漏雨, 通常传统的拱形屋顶, 因受日照及其他气候因素影响, 屋面材料5年7年就会老化。一般情况下越大的屋顶, 漏雨问题越不好处理。如果钢索穹顶和结构膜一齐使用, 则可一劳永逸地解决漏水问题, 张力膜紧绷在张力钢索网上, 热胀冷缩只会使膜的预应力略为加减; 而不会被破坏。永久性的结构膜, 因为有特氟隆面层, 可吸收紫外线, 故老化现象十分缓慢, 保守而合理的推断可连续使用40年50年。最早建造的位于圣塔巴巴拉的加州大学的膜结构已有28年, 如今依然完好如新。因为不老化, 故无需修理及维护, 十分经济。 6)防风、抗震、防火、抗酸、碱、盐: 永久性膜的单位张力在100kg/cm以上, 可抗飓风。表面涂料及布心的玻璃纤维, 皆不自燃。因为自重只及传统钢拱屋顶的1/12, 故对地震水平力的减低至为可观。特氟隆涂料的化学稳定性, 对任何强酸、碱、盐份, 皆无反应。

100Test 下载频道开通, 各类考试题目直接下载。详细请访问

