

索穹顶模拟施工安装及断索试验



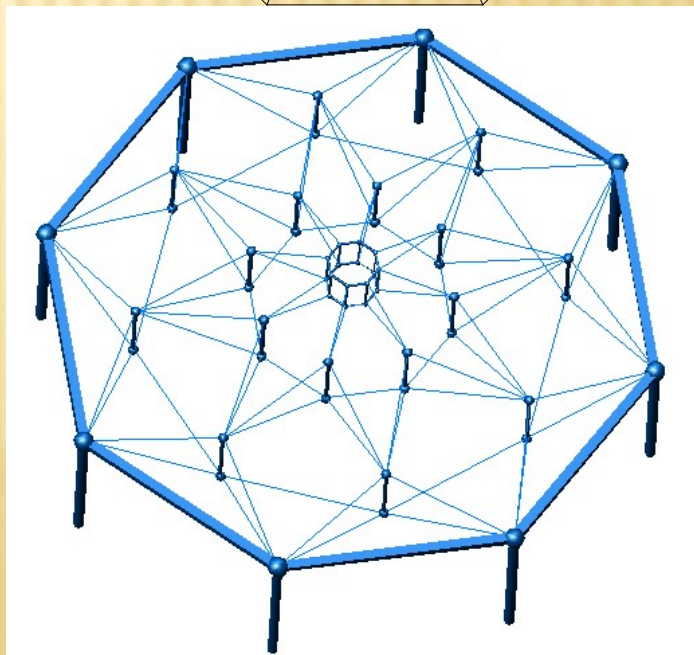
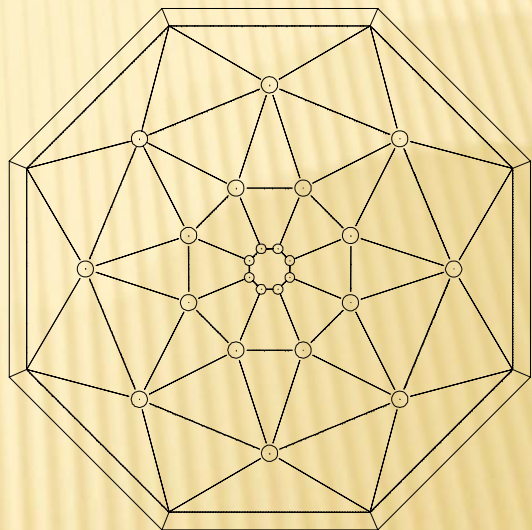
项目内容简介

- 1.首先进行索穹顶结构的模拟施工安装方案设计，然后试验索穹顶结构的模拟施工安装。
- 2.通过对索穹顶的断索实验对索穹顶的受力特性以及断索情况下的安全性有一个初步的认识。通过对断索装置的设计应用增强我们对一些简易实验装置的设计能力，并努力有所创新，为今后的该类实验服务。

索穹顶结构的模拟施工安装

1. 模型简介

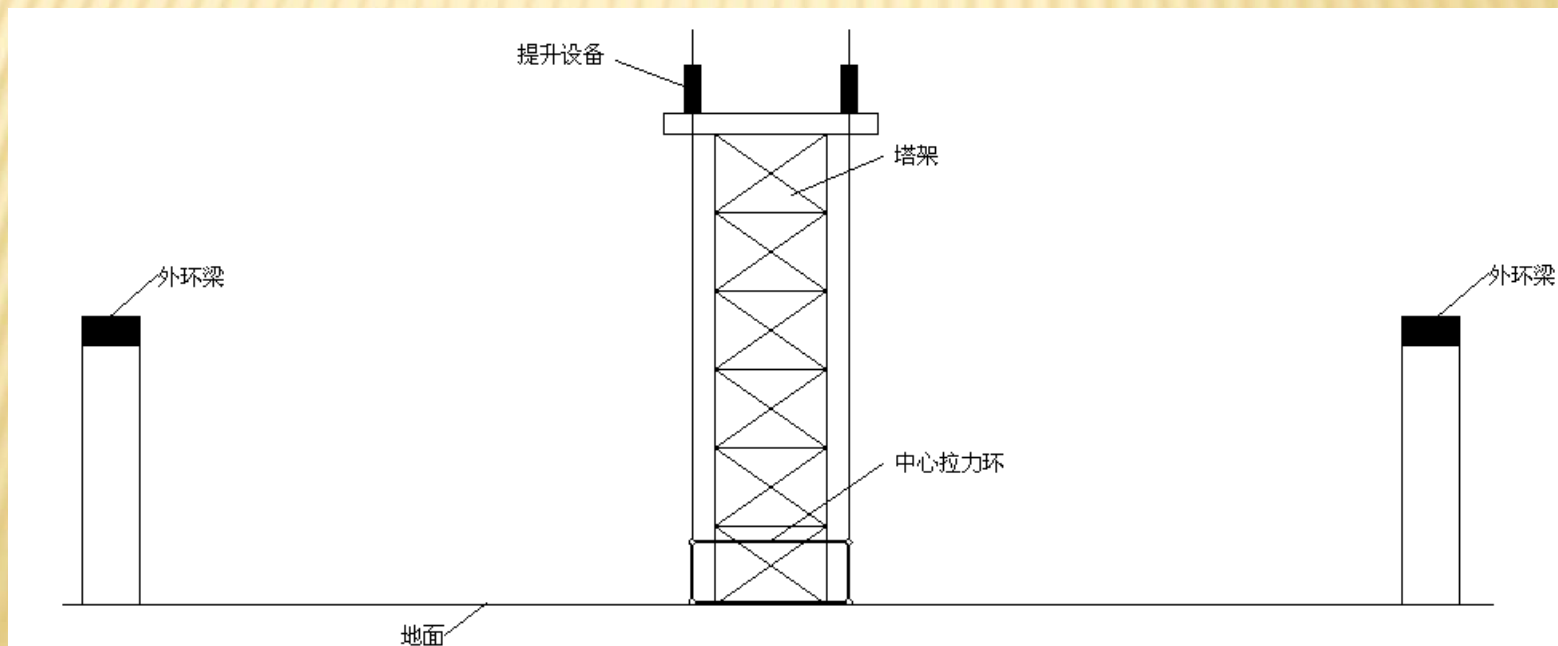
试验模型为一设有中心拉力环的圆形平面混合型索穹顶结构（直径6米）。试验模型为中心对称结构，周向均匀为8个单元，径向设置两道环索和一道中心拉力环。整个模型由40根脊索、40根斜索、24根桅杆、2根环索、以及外环梁和中心拉力环组成；共有56个点，其中8个支座节点，48个桅杆节点（如图）。



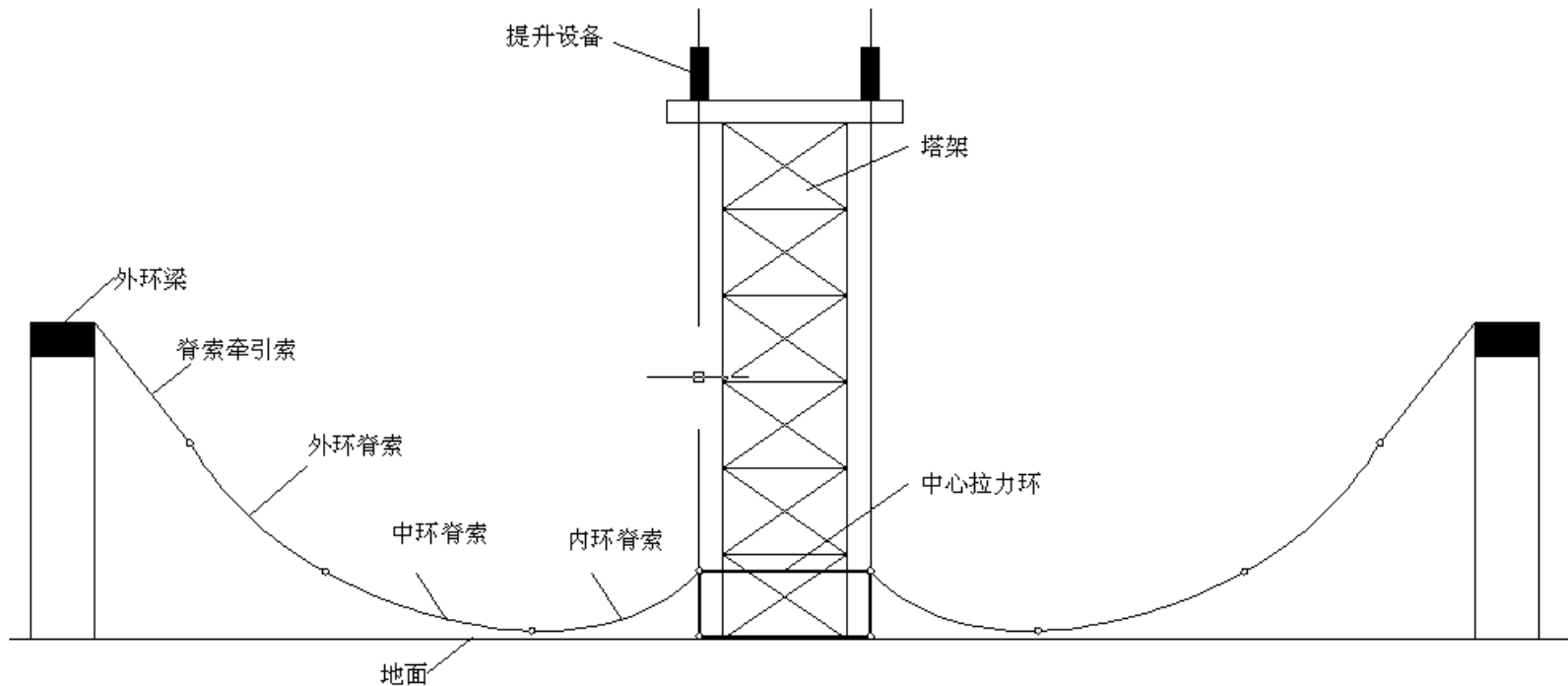
模拟安装施工方法步骤

本实验中，索穹顶的预应力施加方法为张拉最外圈斜索法，其具体施工步骤为：

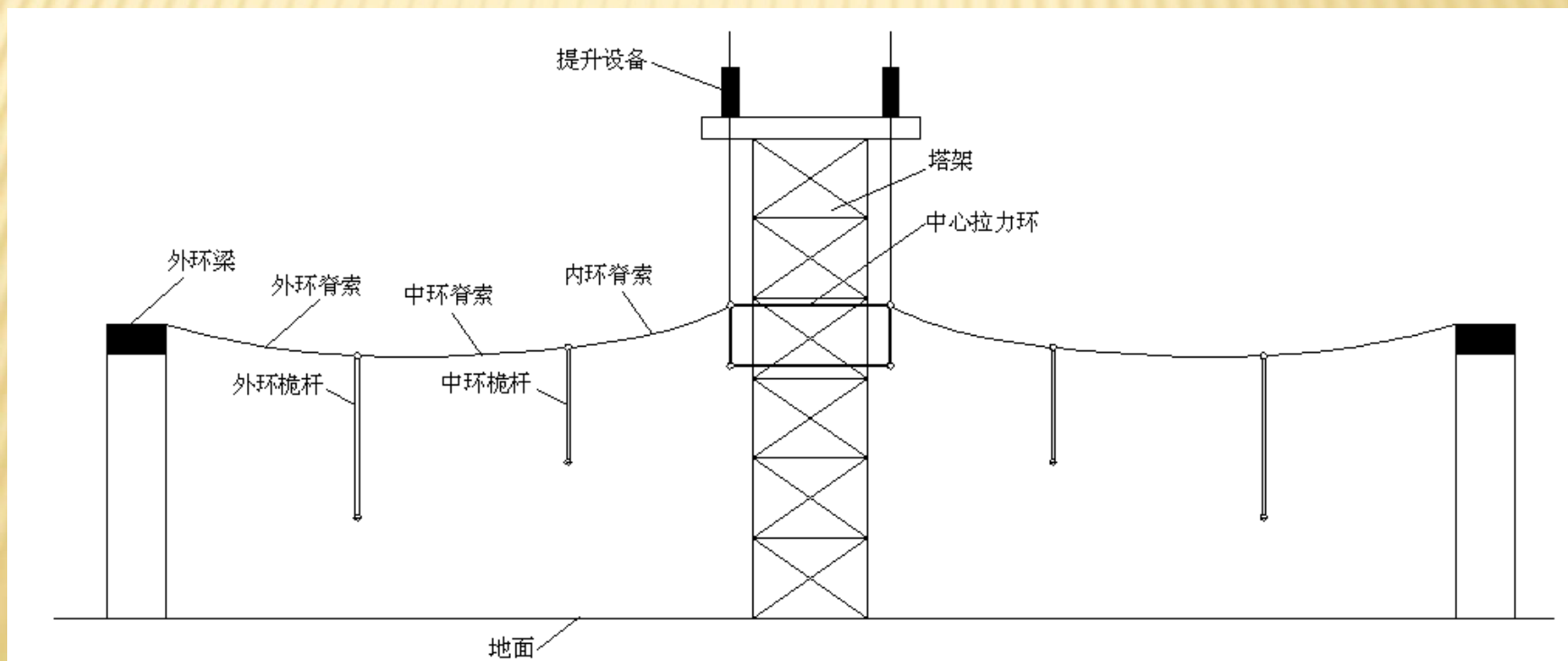
- (1) 在中心搭建临时塔架，将中心张力环吊装就位，采取可靠的固定措施将中心张力环固定于塔架上；



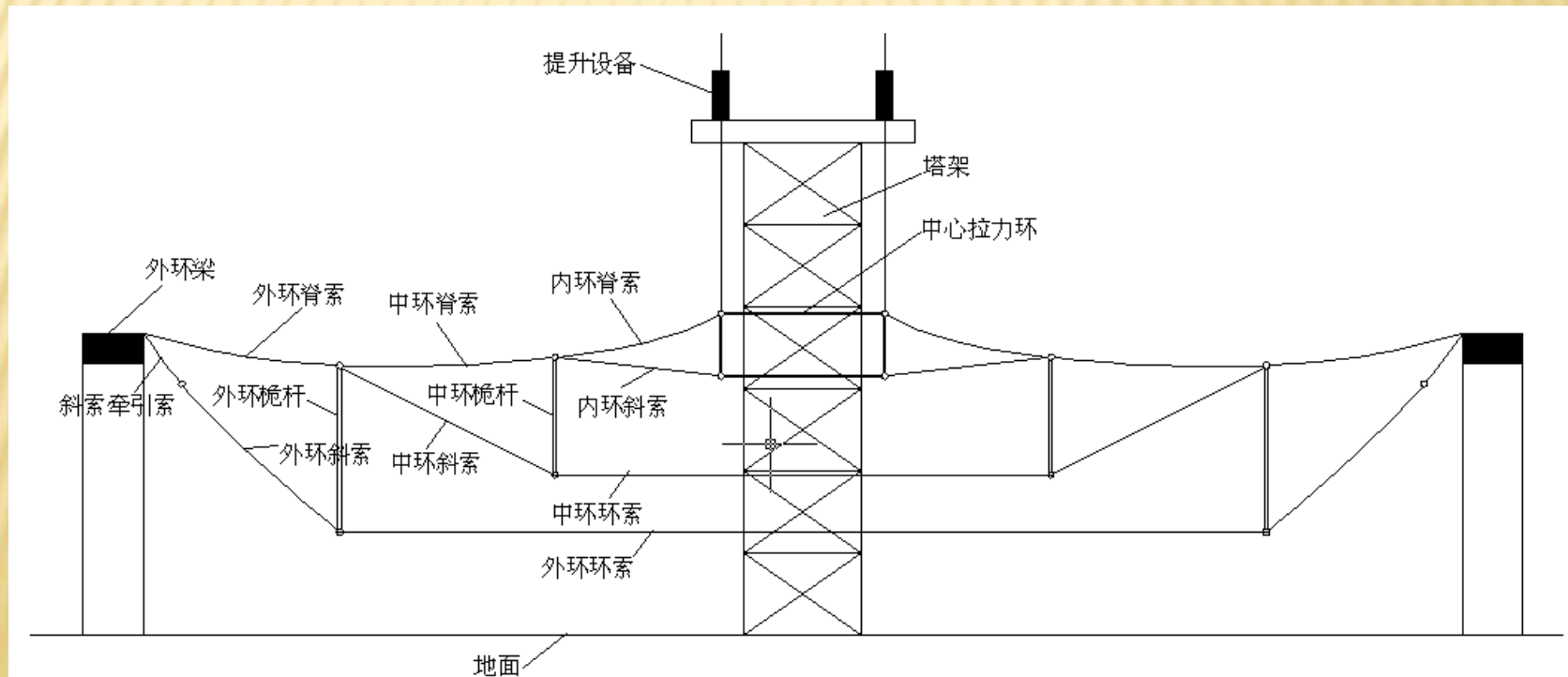
(2) 连接脊索，由于脊索采用不能通长布置的形式，先将脊索在地面组装成一定规格的索网，然后通过提升装置，提升中心张力环到一定高度，停止提升，再用脊索网将中心张力环和外环梁连接起来



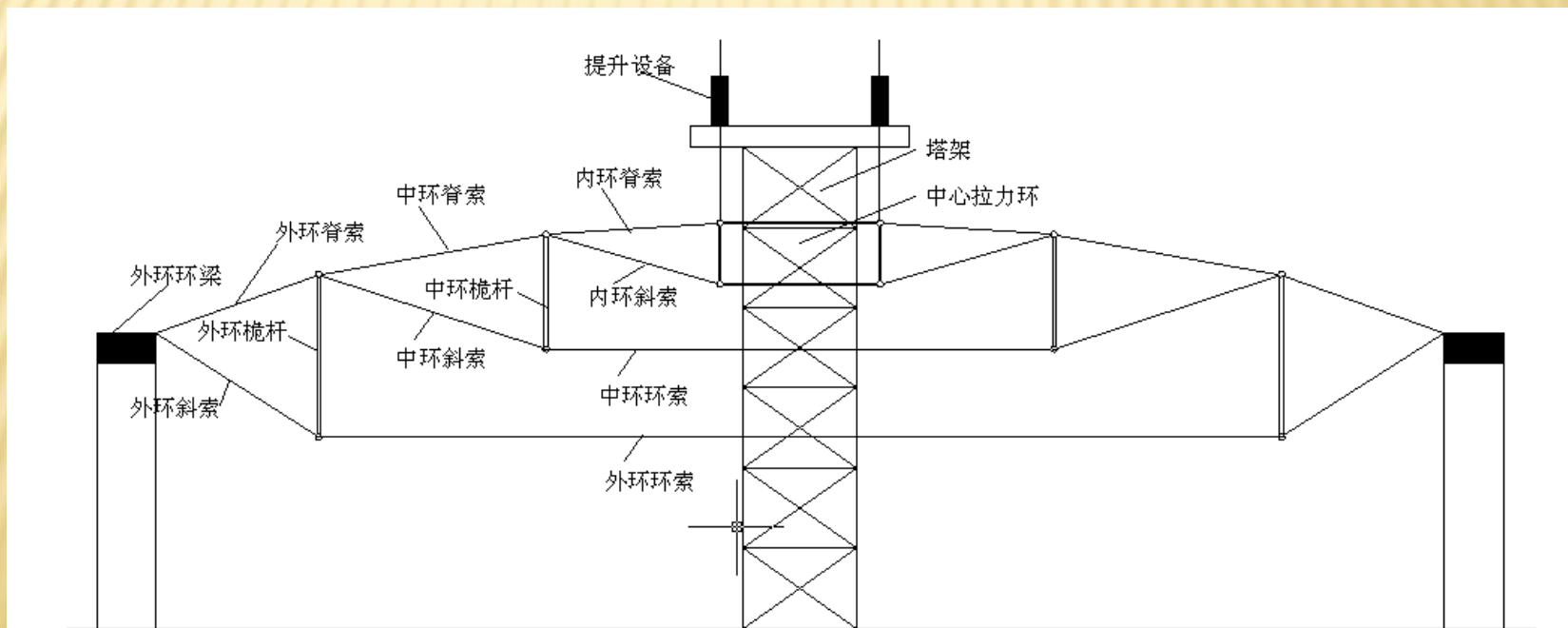
(3) 继续提升整个脊索网，到一定高度后停止。
安装桅杆与脊索相连



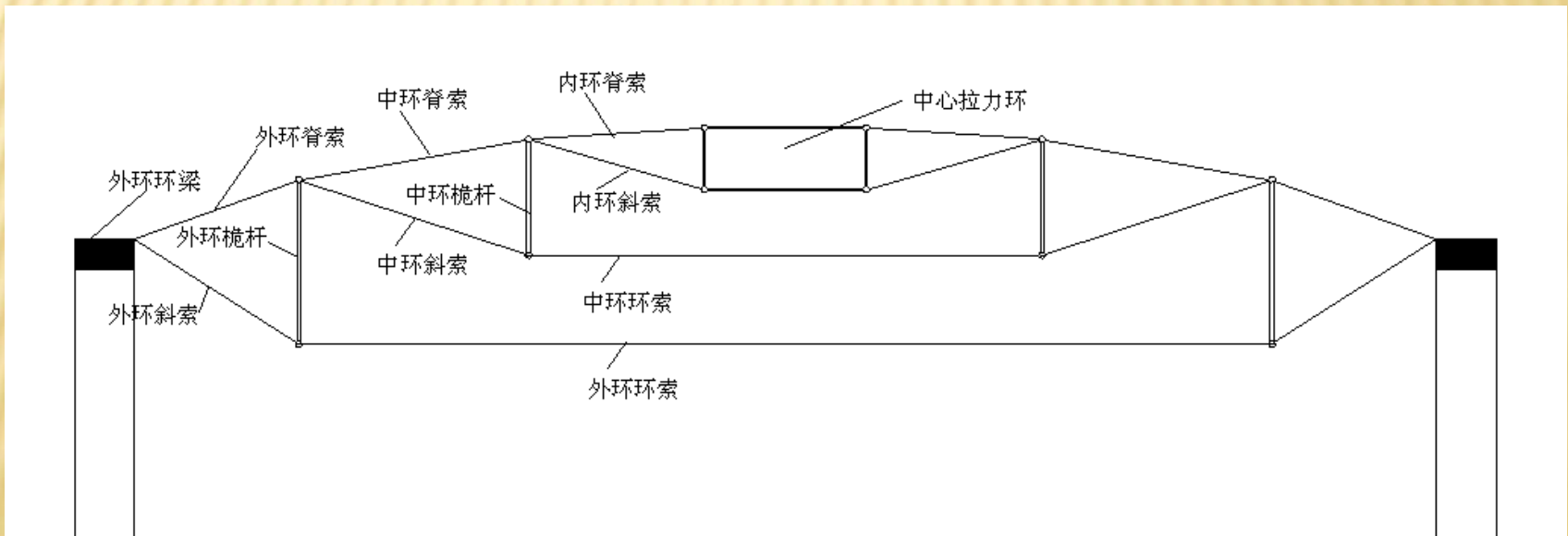
(4) 微微提升中心张力环，同时安装斜索和环索（自内而外的安装顺序），斜索的上端与脊索和桅杆顶部的节点相连，斜索的下端与桅杆底部的节点连接，环索与桅杆下端相连，外斜索通过辅助牵引装置临时与支座连接固定



(5) 通过张拉最外圈的斜索，给结构分批逐步施加预应力。要注意分级同时对称张拉16根外斜索（可多人同时对称调节螺栓，通过控制螺栓上螺纹拧入的数量控制相等的锚入长度），直到结构成型，并达到设计索力



(6) 当中心提升装置不再受力时予以拆除。



模拟拆除施工方法具体施工步骤

拆除方法的总体步骤基本与张拉施工过程相反；

- (1) 在中心搭建临时塔架，调整至中心张力环高度并将中心张力环固定于塔架上；
- (2) 同时对称逐步放松最外环斜索，直至预拉应力全部释放完成。同样可多人同时对称调节螺栓，通过控制螺栓上螺纹拧出的数量控制相等的拧出长度，注意要逐步慢慢放松；
- (3) 微微降低中心张力环，使塔架承担重量。此时可拆开与环梁支座固定的外斜索，然后再拆除其他斜索和环索（自外而内的拆除顺序）以及桅杆；
- (4) 继续降低塔架，使中心张力环到达地面，然后即可拆除所有的脊索。
- (5) 拆除完毕后注意整理好所有的构件不要弄乱，脊索、斜索、螺栓等的搭配不要搞混，也可对构件的位置进行编号以区别。

中心张力环、脊索、环索及桅杆安装就位



斜索及桅杆安装







张拉成型

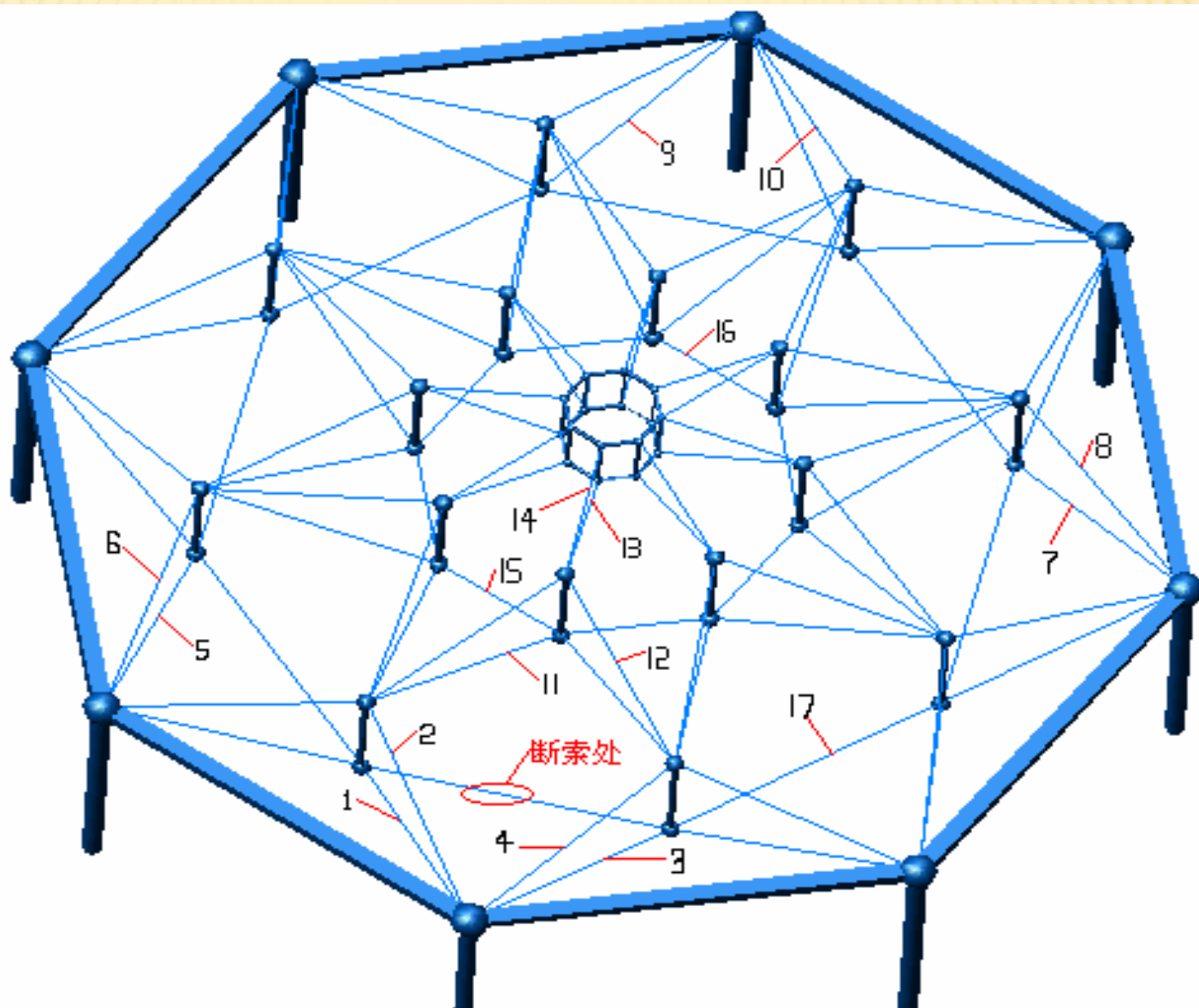


索穹顶结构断索试验以及断索装置设计

轻盈的索穹顶结构在大跨结构中具有巨大的优势，但是笔者却担心在火灾等偶然因素导致断索的情况下，索穹顶结构是否具有足够的安全性。

为了了解在断索之后结构的受力状况，需进行一次模型的断索试验。

1.断索位置及应变测量点示意



2. 试验过程

- 2.1 按设计位置对索段编号，贴应变片
- 2.2 对号接线，进行调试，确保线路及应变片不存在问题
- 2.3 松弛结构，消除结构预应力后，仪器调零（由于对中心拉坏的支撑，由自重产生的应力可以忽略）
- 2.4 进行张拉，通过应变测量仪的数据进行调节，达到预计张拉力之后进一步调节平衡使结构受力均匀，使试验结果更接近真实情况。
(考虑到试验人员安全，控制应断索的应变不超过400个微应变)
- 2.5 进行断索，记录下断索前后试验数据

3. 数据分析

试验数据 (应变单位/10E-06)

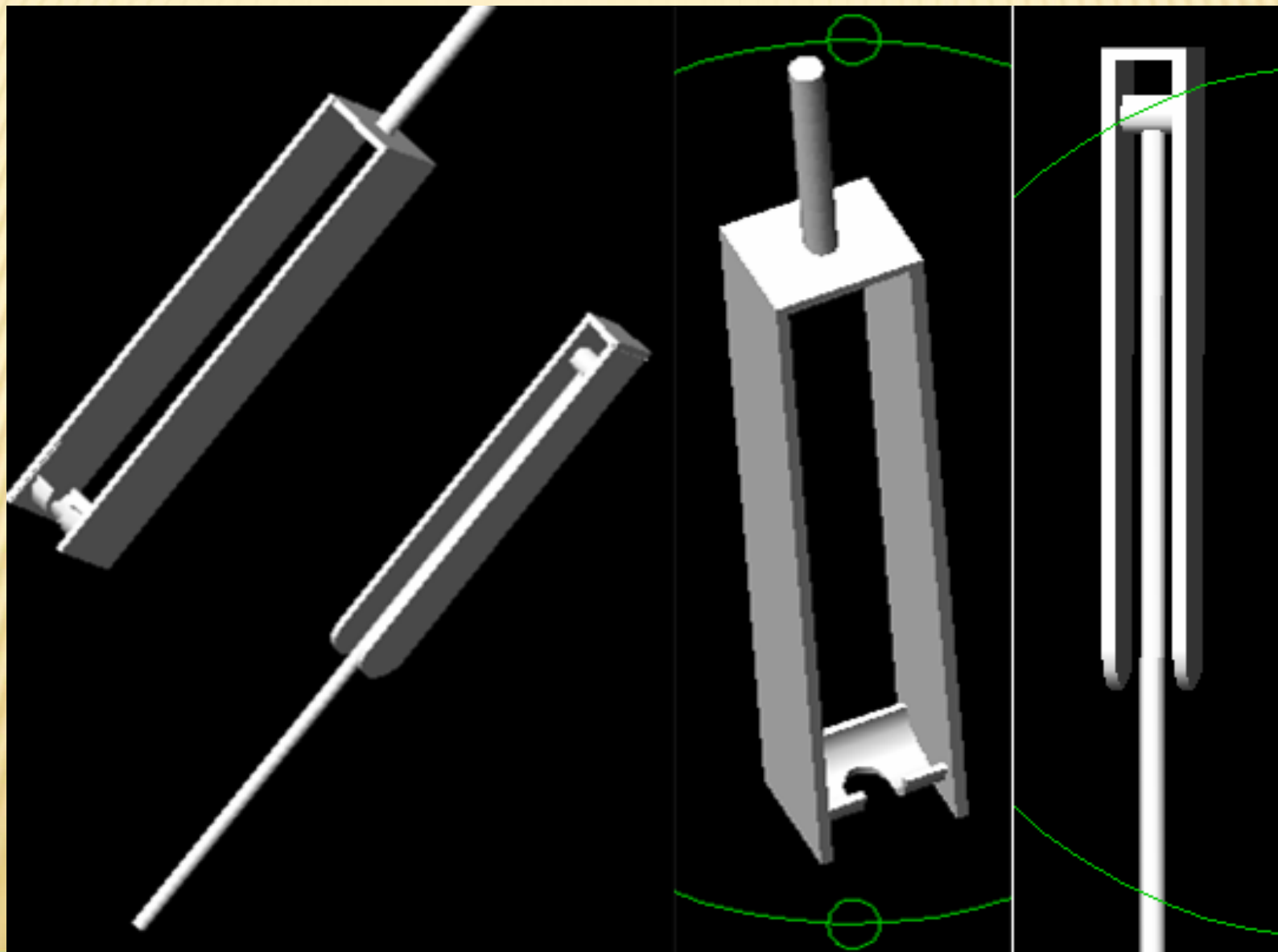
索段编号	初始应变	张拉后应变	断索后应变	应力变化率 (%)
1	0	238	136	-42.9
2	0	249	112	-55.0
3	0	189	165	-12.7
4	0	191	103	-46.1
5	0	194	82	-57.7
6	-1	203	91	-55.2
7	0	227	77	-66.1
8	0	252	63	-75.0
9	0	211	103	-51.2
10	0	241	89	-63.1
11	0	130	53	-59.2
12	-3	111	36	-67.6
13	0	108	41	-62.0
14	0	97	2	-97.9
15	0	126	156	23.8
16	0	303	213	-29.7
17	0	310	194	-37.4

分析

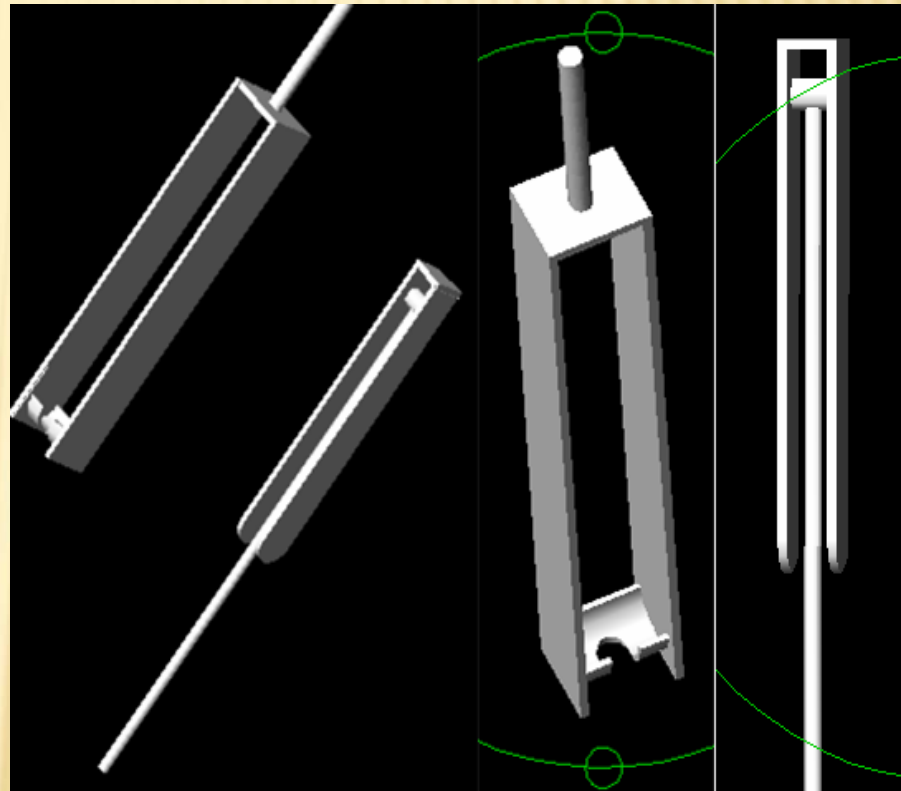
试验结果表明，就结构内力而言，在突然断索的情况下，结构内力是突然减小的（其中第15号索段虽有增加，仔细分析后认为应当是结构尺寸误差以及张拉过程不对称造成，不予考虑）。就变形而言，其挠度是急剧增大（断索处挠度增量为6cm，中心拉环处挠度增量为7cm）。

也就是说，在一根索突然断掉的情况下，只要其他索的承载力没有损失，就不会发生连续坍塌的情况，但是需要注意挠度多大而引起的安全隐患。

4.断索装置原理介绍



该断索装置的原理很简单，既是物理中学过的非稳定平衡，通过人为对非稳定平衡破坏而达到断索的目的。图示装置的巧妙之处在于可将拉索的拉力转化为装置中的压力，这就使非稳定平衡失稳成为可能。由于此装置对加工精度要求很高，在已有条件下未能成功做出。故试验采取了其他较为简单的断索方式。



谢谢各位老师！