

附件：

第五届中国中南地区大学生结构设计竞赛赛题

高压输电塔结构设计

一、选题背景

高压输电塔线体系是高压电能的输送载体（如图 1 所示），是极其重要的生命线工程，具有塔体高、跨距大、柔度大等高耸结构和大跨结构的共同特点，对地震、强风等水平动力作用响应灵敏，容易发生振动疲劳损伤，甚至会引起结构倒塌破坏，造成严重的灾害。

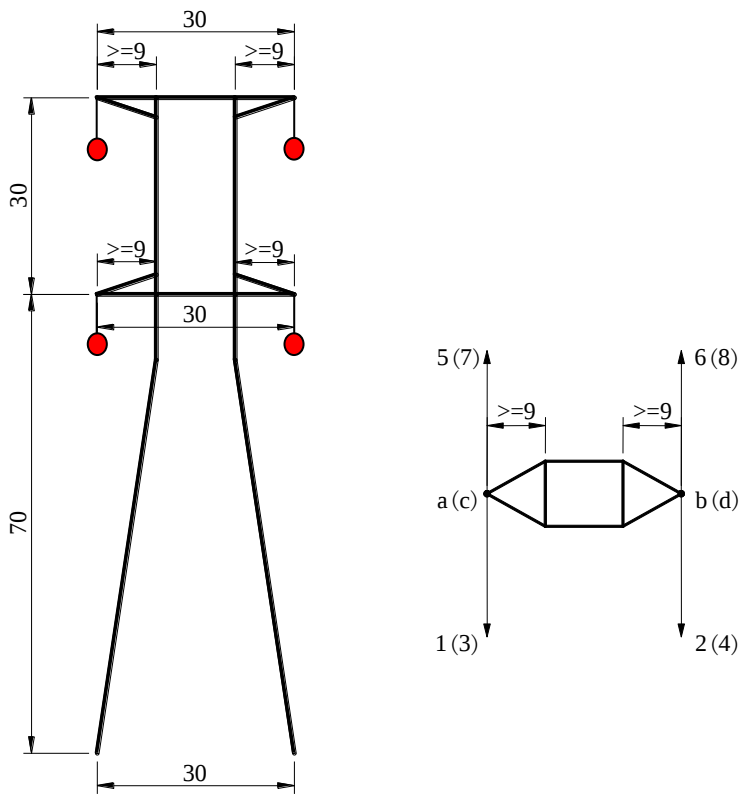
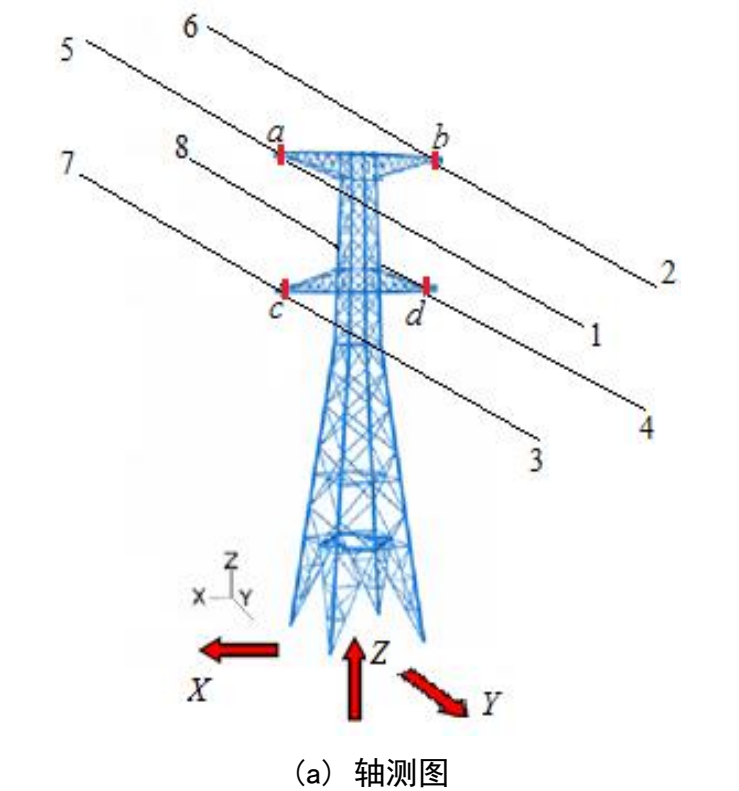


图 1 高压输电塔

二、竞赛模型及制作要求

2.1 竞赛模型

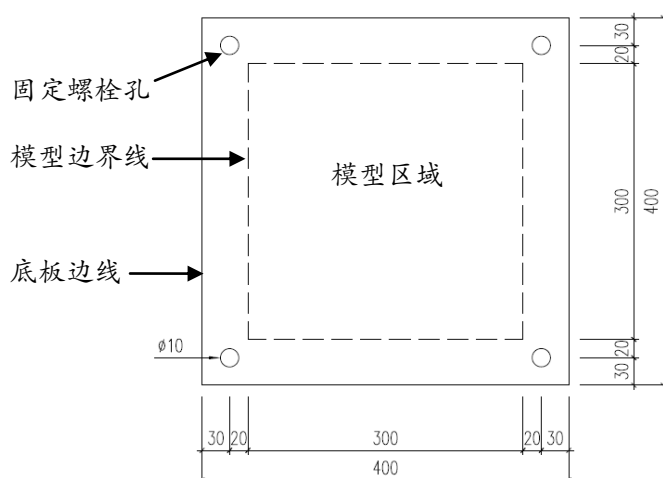
采用高压输电塔作为竞赛模型，图 2 为输电塔实例照片（输电塔并不局限于该形式）。



(b) 立面图(单位：cm) (c) 俯视图(单位：cm)

图 2 模型示意图

图 2 为输电塔轴测图、立面图和俯视图。数字 1 到 6 表示与输电塔连接的六根输电线（输电线方向沿 Y 向水平布置），a、b、c、d 分别为输电线与输电塔的连接点，其中 a 点和 b 点同高，c 点或 d 点同高。模型高度（Z 轴方向）为 1000mm，允许误差为 $\pm 5\text{mm}$ ；a 点和 d 点距底板高度为 300mm；c 点和 d 点距底板高度为 700mm；1 和 2、3 和 4、5 和 6、7 和 8 号输电线之间的间距均为 300mm。模型底面 X 和 Y 方向尺寸限制在 $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 以内，模型底脚用热熔胶固定于底板之上，底板尺寸及预留空洞见图 3 所示。



2.2 模型制作要求

- (1) 输电塔采用格构式结构；
- (2) 下部净空尺寸要求：底层中部空间能容纳一个底面直径 250mm、高 700mm 的圆锥；
- (3) 1 和 5 号输电线与输电塔的连接点为同一点（即 a 点），2 和 6 号输电线与输电塔的连接点为同一点（即 b 点），3 和 7 号输电线与输电塔的连接点为同一点（即 c 点），4 和 8 号输电线与输电塔的连接点为同一点（即 d 点）；
- (4) 输电线与输电塔的连接点的悬挑长度 l 不得小于 90mm；
- (5) 除竖向高度外，模型其他尺寸精度要求为 $\pm 3\text{mm}$ ；
- (6) 加载点 a、b、c、d 处竖向配重各 2 kg。

三、模型材料

竞赛期间，承办方为各队提供如下材料用于模型制作，不得擅自使用其它材料。

表 1. 竹材规格及数量

竹材规格	竹材名称
1250*430*0.50mm	本色侧压双层复压竹皮
1250*430*0.35mm	本色侧压双层复压竹皮
1250*430*0.20mm	本色侧压单层复压竹皮

- (1) 竹材：用于制作结构构件。竹材规格及数量见表 1。
- (2) 502 胶水：用于模型结构构件之间的连接固定。
- (3) 热熔胶：用于模型与底板之间的固定。
- (4) 尼龙绳及挂钩：用于配重与模型的连接以及加载线与模型的连接。
- (5) 模型安装底板：底板材料为竹制，尺寸为厚度 400mmX400mmX20mm。底板上除预设孔洞外不得另行钻孔。

四、模型制作工具

- (1) 美工刀（3 把）、1 米钢直尺（1 把）、剪刀（1 把）、三角板（2 块）、圆规（1 把），砂纸（10 张）、锉刀（1 把）、手套（3 付）、签字笔（1 支）、铅笔（1 支）、橡皮（1 块）。
- (2) 另外，公用热熔胶枪和砂轮机由承办单位提供。
- (3) 制作工具由竞赛承办单位在竞赛期间提供。

五、模型制作、现场安装、加载及测试步骤

5.1 模型制作

- (1) 参赛队提交模型的结构计算书及设计说明；

- (2) 参赛队领取制作材料、工具和底板；
- (3) 参赛队对模型制作，模型制作时间为 16 小时；
- (4) 提交模型。

5.1 赛前准备

- (1) 模型称重：将制作好的模型（不含底板）称重（精度 0.1g）；
 - (2) 将模型用热熔胶与底板牢固粘结，并将尼龙绳系在模型加载点上；
 - (3) 核查模型尺寸是否满足制作要求，量测加载点距离是否满足要求；
 - (4) 得到入场指令后，迅速将模型及底板运进场内，安装在加载台面上，紧固螺栓。
- 在各加载点安装竖向配重，准备进行水平加载。赛场内安装时间不得超过 8 分钟。
- (5) 以上过程由各队自行完成，会务人员负责监督、标定测量仪器和记录。如在此过程中出现模型损坏，则视为丧失比赛资格。

5.2 加载及测试步骤

- (1) 参赛队代表进行 2 分钟陈述，之后评委提问 2 分钟。
- (2) 依次进行两级加载，每级加载完成后依据 6.1 和 6.2 的失效评判准则评价模型是否失效。

六、加载方式

加载过程分为两级：

6.1 第一级荷载：单向水平加载

加载方法：对 1、2、3 和 4 号输电线通过滑轮施加单向水平荷载，1 和 2 号荷载值均为 35N，3 和 4 号荷载值均为 25N，加载持时为 30 秒钟。

评判准则：加载及持荷过程中不得出现输电线与输电塔连接点破坏、配重掉落、输电塔倒塌等情况，否则视为未通过第一级加载，且不可进入下一级加载。

6.2 第二级荷载：双向水平扭转加载

加载方法：对 1 和 6 号以及 3 和 8 号输电线施加水平荷载，1 和 6 号荷载值均为 35N，3 和 8 号荷载值均为 25N，持荷 30 秒钟。

评判准则：加载及持荷过程中不得出现输电线与输电塔连接点破坏、配重掉落、输电塔倒塌等情况，否则视为加载失败，即未通过第二级加载。

七、评分标准

评分按总分 100 分计算，具体的评分细则如下：

(1) 计算书及设计说明（共 10 分）

- a、计算内容合理性及完整性（6 分）
- b、图文表达的清晰性和规范性（4 分）

(2) 结构选型及制作质量（共 10 分）

- a、结构的合理性及创新性（5 分）
- b、模型制作质量及美观性（3 分）
- c、模型精度（2 分）

(3) 现场陈述（共 5 分）

- a、现场陈述（3 分）
- b、回答专家评委提问（2 分）

(4) 模型加载试验性能（75 分）：

分两级记分，参赛队得分为两级分数之和。

1)、第一级加载完成，总分为 35 分，第 i 组参赛队得分为：

$$F_{si1} = 35 \times \frac{M_{\text{模型min-1}}}{M_{\text{模型}i}}$$

$M_{\text{模型}i}$ 是通过第一级加载的第 i 个参赛队的模型质量， $M_{\text{模型min-1}}$ 是通过第一级加载

的所有参赛队的模型质量的最小值，未通过加载的参赛队本级加载得分为零。

2)、第二级加载完成，总分为 40 分，第 i 组参赛队得分为：

$$F_{si2} = 40 \times \frac{M_{\text{模型 min-2}}}{M_{\text{模型}i}}$$

$M_{\text{模型}i}$ 是通过第二级加载的第 i 个参赛队的模型质量， $M_{\text{模型 min-2}}$ 是通过第二级加载

的所有参赛队的模型质量的最小值，未通过第一级加载者不得进入第二级加载，

未通过加载的参赛队本级加载得分为零。

以上 (1) - (4) 各项得分相加，得参赛队最终得分。