

附件 1

2017 年首届陕西省大学生结构设计竞赛赛题

一、赛题与背景

渡槽支承系统结构设计制作

我国是一个水资源短缺的国家，且水资源时空分布不均匀。总体来看，时间上，夏秋多、冬春少；空间上，南方多、北方少。在这种情况下，积极发展输水工程，是我国合理利用水资源的重要手段。

在地形复杂的地区修建输水工程，渡槽是一种常见的结构（图 1），它可以有效减小地形对输水的限制。本次结构设计竞赛以渡槽支承系统结构为背景，通过制作渡槽支承系统结构模型并进行输水加载试验，共同探讨输水时渡槽支承系统结构的受力特点、设计优化、施工技术等问题。



图 1 渡槽结构

二、赛题总体情况

赛题总体示意图如图 2 所示，包括输水装置、承台、支撑箱体、模型底板及支承系统结构模型。

2.1 输水装置

输水装置主要由容积为 128L 的水桶、水泵 (0.75kW)、进水管、出水管、输水管等组成。水桶下设有电子秤。进水管及出水管为硬管，进水管装有排气管 (兼做溢流管，可回流至水桶)，出水管装有阀门及排气管 (兼做溢流管，可回流至水桶)。输水管为加筋软管 (内径为 100mm，壁厚 0.7mm，质量约为 0.58 kg/m)，两端分别与进、出水管相连，其自然状态长度为 6.5m。进水管管口底部到模型底板面高度为 450mm，出水管管口底部到模型底板面高度为 250mm。

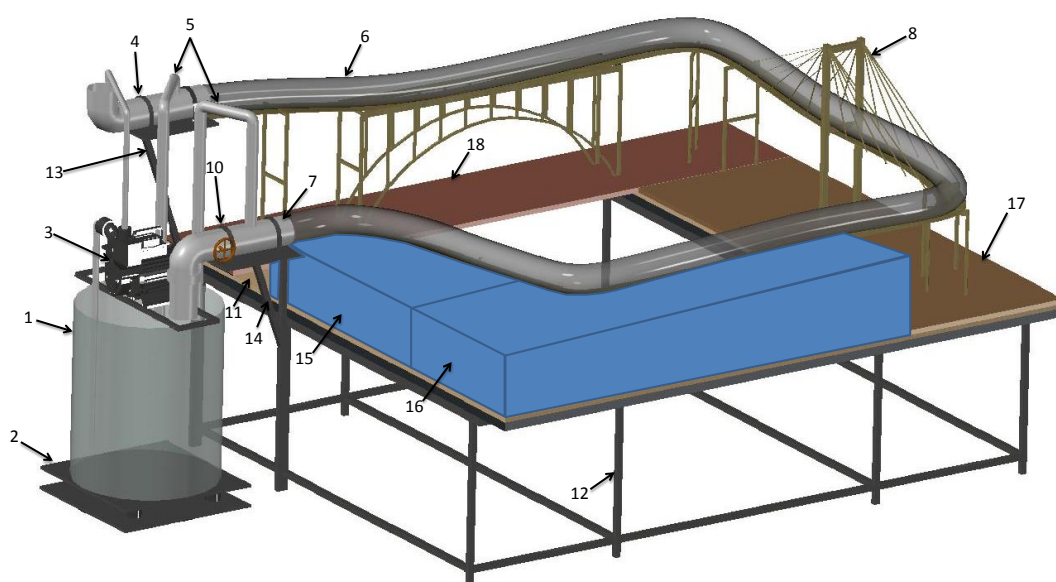
2.2 承台

承台包括钢管加劲承台板及承台支架，承台板直接固定在承台支架上。承台板用于固定模型底板及支撑箱体，承台板的平面尺寸如图 2b 所示，采用免漆木芯板板材，厚度为 17mm，板面设有二个固定灌溉点 A、B。

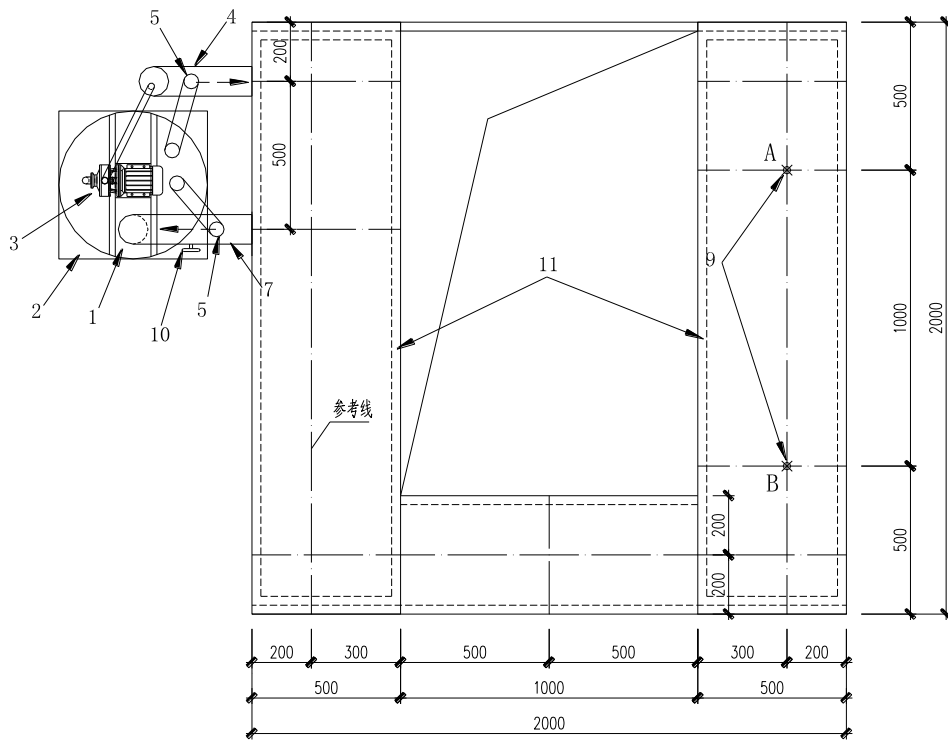
2.3 支承系统

支承系统用于支承输水管，包括支固定在承台上的支撑箱体及固定在模型底板上的支承结构模型。支撑箱体为 L 形平面结构，由两个独立的箱体结构拼接而成，如图 2a 中 15、16 所示，采用厚度为 17mm 的矩形免漆木芯板裁切组装而成，其安装位置及尺寸如图 2c、2d、2e 所示，详图如图 2g、2h 所示。支撑箱体固定于承台板上，支撑箱体最高处到模型底板面高度为 350mm，支撑箱体最低处到模型底板面高度为 250mm。模型底板由两块独立的板面组成，模型底板 1 尺寸为 1600mm × 500mm × 17mm，模型底板 2 尺寸为 2000mm × 400mm × 17mm。模型底板用于安装支承系统结构模型，其中模型底板 2 中部 1000mm 范围内的板面内不允许设置及固定任何构件，如图 2c 所示。输水管一部分直接搁置并固定在支撑箱体上，参赛队员只需

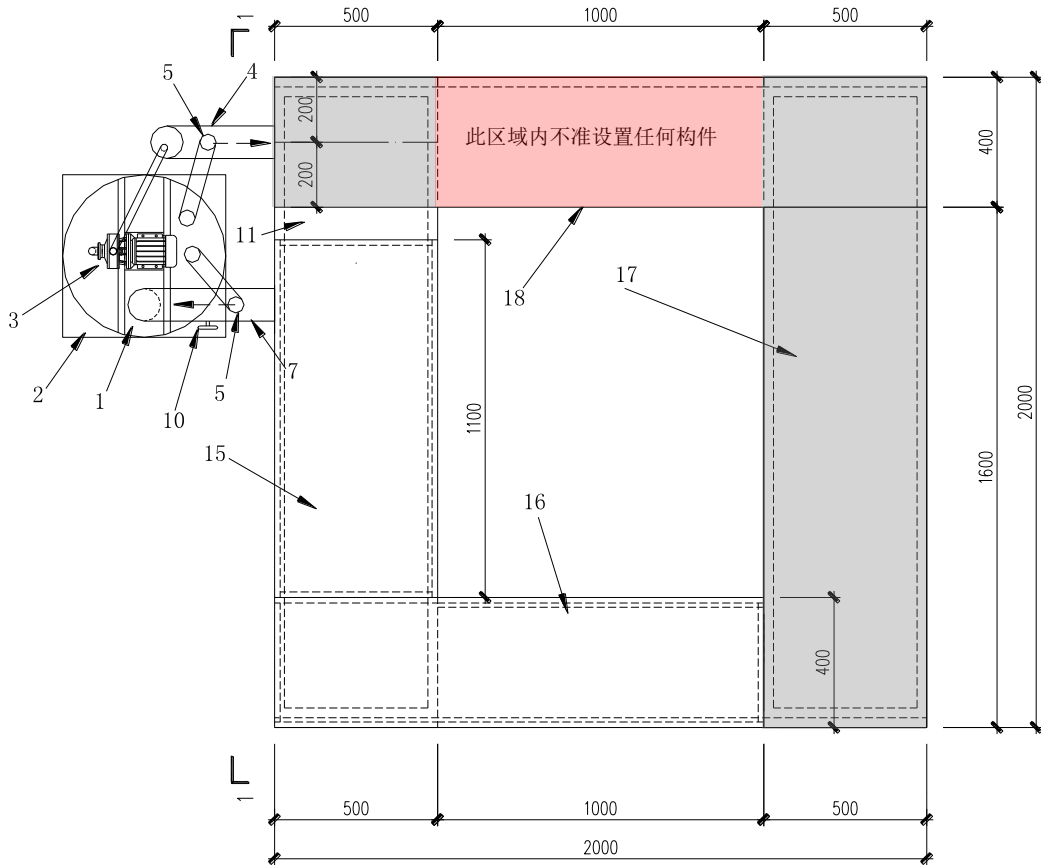
在进水管与支撑箱体之间的模型底板上布置渡槽支承结构模型，此段输水管的自然长度为 3.9m。图 2c 所示灰色阴影区域的模型底板上为渡槽支承系统结构模型的安装区域，红色阴影部分所示的板面上不能设置及固定任何构件。参赛队员可以自行在模型底板区域内选定输水路线，但应经过指定的两个灌溉点 A、B，即输水管在承台板上的正投影应覆盖 A、B 二点。加载时，参赛选手通过 C 型夹将模型底板固定于加劲承台板上，安装位置如图 2c 所示。



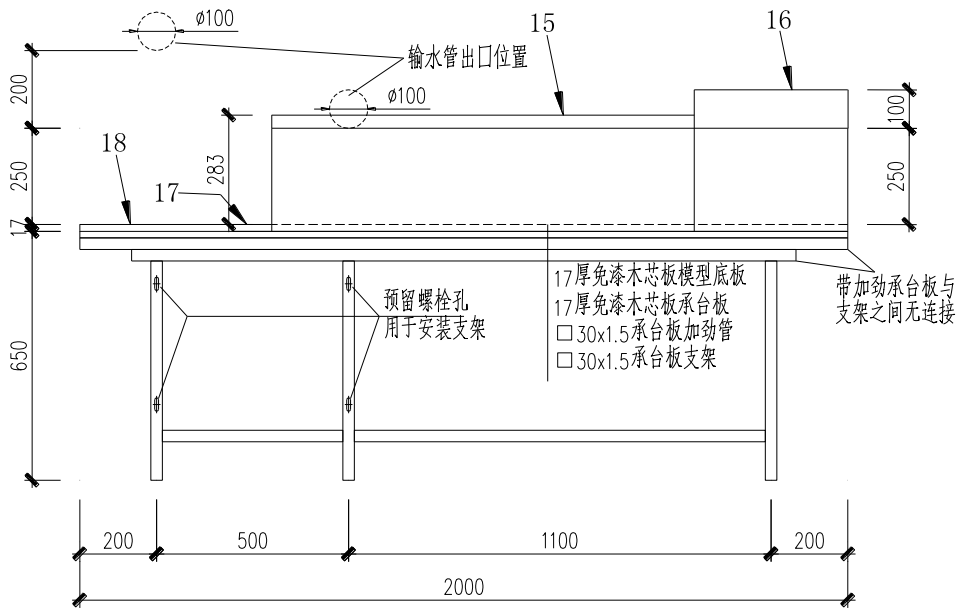
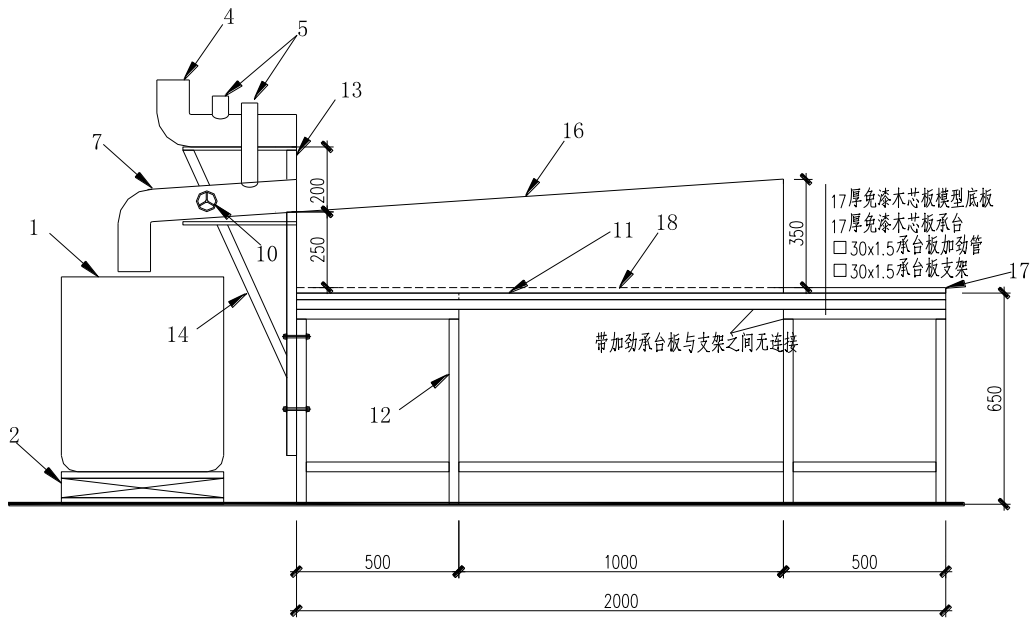
(a) 三维示意图

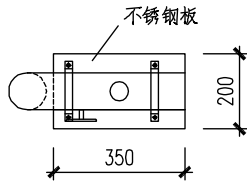


(b) 承台平面图

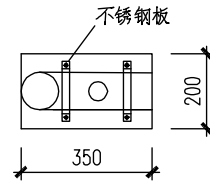


(c) 支撑箱体及模型底板安装平面图

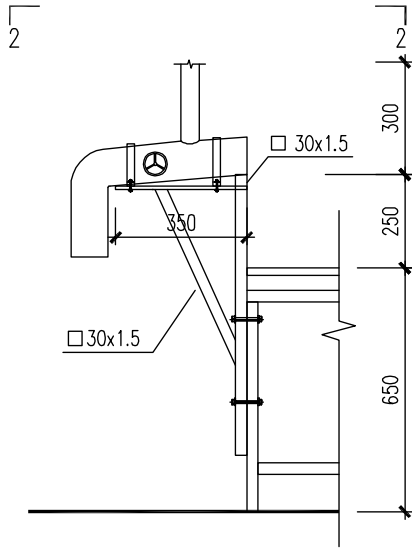




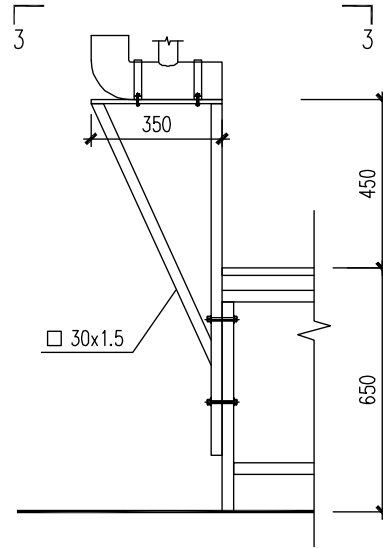
2-2



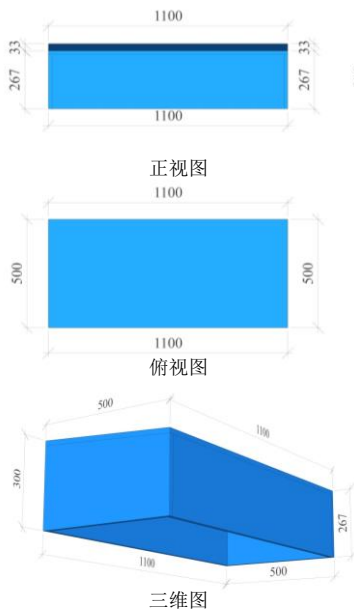
3-3



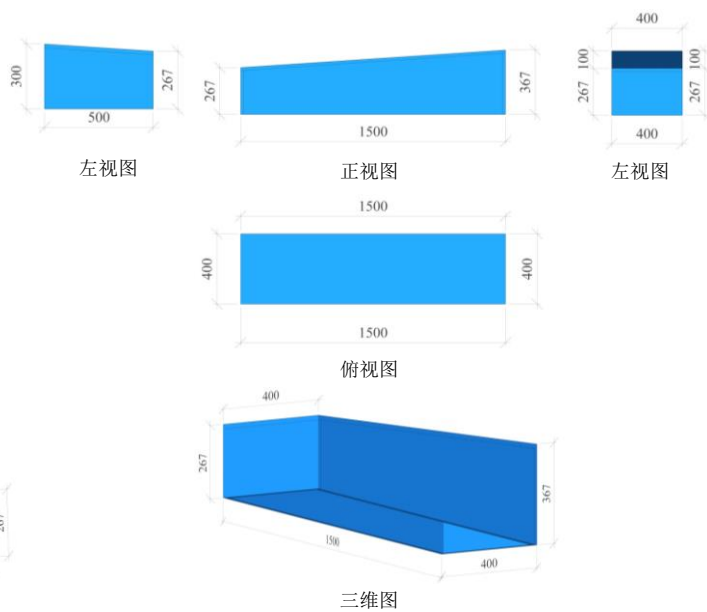
(e) 出水管支架详图



(f) 进水管支架详图



(g) 支撑箱体 1 详图



(h) 支撑箱体 2 详图

注：1—水桶；2—电子秤；3—水泵；4—进水管；5—排气管（兼溢流管）；
6—输水管；7—出水管；8—支承系统结构模型；9—灌溉点；10—阀门；
11—钢管加劲承台板；12—承台支架；13—进水管支架；14—出水管支

架；15—支撑箱体 1；16—支撑箱体 2；17—模型底板 1；18—模型底板 2

图 2 总体示意图

三、模型要求

1) 输水装置、承台、模型底板及支撑箱体由竞赛承办方统一提供，支承系统结构模型由参赛队制作；

2) 模型结构形式不限，支承个数不限，所有杆件、节点及连接部件均采用给定材料与胶水手工制作完成；

3) 输水管可捆绑、吊挂或搁置在模型上，只允许使用给定材料连接，不得直接使用胶水粘结输水管；

4) 模型与模型底板之间采用自攻螺钉连接；

5) 模型制作时间累计为 12 小时。

四、模型安装及加载

4.1 模型安装

1) 参赛队领取模型底板，安装前先对模型底板进行称重，记 M_1 (单位: g)；

2) 参赛队将模型安装于模型底板上，安装时模型构件与构件之间可使用胶水连接，构件与模型底板之间采用自攻螺钉 (1g/颗) 连接，安装后模型及模型底板总质量记为 M_2 (单位: g)，安装时间包含在模型制作时间 (12 小时) 内；

3) 工作人员进行模型检测，如未经过指定的两个灌溉点或者在模型底板 2 中部 1000mm 范围内的板面内设置及固定构件，则判定模型失效，不能进

行加载；

4) 参赛队将模型底板固定于加劲承台板上，将输水管与进水管相连，安装时间不得超过 5 分钟。此过程中若使用胶水（5 g/瓶）连接模型、或采用自攻螺钉（1g/颗）连接模型与模型底板，所增加的质量记为 M_3 （单位：g）。

5) 安装完毕后，不得再触碰模型和输水管。

4.2 模型加载

1) 参赛队派 1 名队员进行 1 分钟作品介绍，然后回答专家提问；

2) 参赛队员关闭出水管阀门，工作人员记录电子秤读数 W_0 （单位：kg）；

3) 参赛队员打开水泵，将水抽入进水管加载，当载入水重不小于 50kg 时关闭水泵（如不能达到 50kg，则抽水时间不得多于 90 秒），工作人员记录电子秤读数 W_1 （单位：kg）。持荷 20 秒模型不发生整体垮塌（允许局部损坏，但输水管不得触碰承台板并且不能损坏），则加载阶段加载成功；否则加载失败，模型加载、卸载、输水效率得分均为 0 分；

4) 参赛队员打开阀门，将水排入水桶中，排水 2 分钟时工作人员记录电子秤读数 W_2 （单位：kg）。卸载成功的条件和加载相同，不成功则模型卸载、输水效率得分均为 0 分。

五、模型材料及制作工具

5.1 竹材

材料采用本色复压竹材，提供的竹材规格及数量如表 1 所示，竹材力学

指标参考表 2。

表 1 竹材规格及用量

类型	规格 (mm)	质量 (g/片或支)	数量 (片/支)
竹片	1250×430×0.2 (单层)	70	2
	1250×430×0.35 (双层)	123	2
	1250×430×0.5 (双层)	175	2
竹条	900×2×2	2.5	5
	900×3×3	5.6	5
	900×1×6	3.8	5

注：当提供的材料不够时，可申请增加材料用量，总质量不超过 300g。

表 2 竹材参考力学指标

密度	0.8g/cm ³
顺纹抗拉强度	60MPa
抗压强度	30MPa
弹性模量	6GPa

5.2 粘结胶水

粘结胶水采用 502 胶水，提供二种规格：20 g/瓶、5 g/瓶。

5.3 制作工具

美工刀（3 把），1 米钢尺（1 把），三角板（1 套），砂纸（4 张，粗砂、细砂各 2 张），锉刀（3 把）、剪刀（2 把）、手套（3 副）、签字笔（1 支）、铅笔（2 支）、橡皮（1 块）、带量角功能木制圆规（1 个）。

六、评分项及评分标准

6.1 评分项及分值

- 1) 计算书及设计说明 10 分；
- 2) 结构选型及制作质量 10 分；
- 3) 现场表现 5 分；
- 4) 模型加载 35 分；

5) 模型卸载 15 分;

6) 输水效率 25 分。

6.2 评分标准

1) 计算书及设计说明 F_1 (10 分)

a. 计算内容的完整性、准确性 6 分;

b. 图文表达的清晰性、规范性 4 分;

2) 结构选型及制作质量 F_2 (10 分)

a. 结构合理性与创新性 5 分;

b. 模型制作质量与美观性 5 分;

3) 现场表现 F_3 (5 分)

a. 赛前陈述 3 分;

b. 现场答辩 2 分;

4) 模型加载 F_4 (35 分)

$$F_4 = \alpha \frac{M_{\min}}{M} \times 35$$

其中: α 为系数, $\alpha = \frac{W_0 - W_1}{50}$, 当 $\alpha > 1.0$ 时取为 1.0;

M_{\min} 为所有加载、卸载成功且 $S \leq 6\text{kg}$ 的模型的最小自重;

S 为输水损失, $S = W_0 - W_2$;

M 为模型自重, $M = M_3 + M_2 - M_1$ 。

当 F_4 大于 35 时取为 35。

5) 模型卸载 F_5 (15 分)

$$F_5 = \frac{M_{\min}}{M} \times 15$$

如 $S > 6\text{kg}$, 模型卸载为 0 分。

6) 输水效率 F_6 (25 分)

$$F_6 = \left(1 - \frac{1}{6}S\right) \times 25$$

如 $S > 6\text{kg}$, 输水效率为 0 分。

最终模型总得分: $F = \sum_{i=1}^6 F_i$