

中华人民共和国行业标准

水沙水槽试验规程

JTS/T 248—2023

主编单位：水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院

批准部门：中华人民共和国交通运输部

施行日期：2024年2月1日

人民交通出版社股份有限公司

2023·北京

交通运输部关于发布 《水沙水槽试验规程》的公告

2023 年第 63 号

现发布《水沙水槽试验规程》(以下简称《规程》)。《规程》为水运工程建设推荐性行业标准,标准代码为 JTS/T 248—2023,自 2024 年 2 月 1 日起施行。

《规程》由交通运输部水运局负责管理和解释,实施过程中具体使用问题的咨询,由主编单位水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院答复。《规程》文本可在交通运输部政府网站水路运输建设综合管理信息系统“水运工程行业标准”专栏(mwtis.mot.gov.cn/syportal/sybz)查询和下载。

特此公告。

中华人民共和国交通运输部
2023 年 12 月 15 日

制定说明

本规程是根据《交通运输部办公厅关于下达 2019 年度水运工程标准编制计划的通知》(交办水函〔2019〕778 号)的要求,由交通运输部水运局组织有关单位编制。

水沙水槽试验是水运工程中基础性试验研究工作,是科研、设计和施工的重要辅助手段。为规范水沙水槽试验并控制成果质量,在总结已有水沙水槽试验技术与实践经验的基础上,经深入调查研究,广泛征求意见,反复修改完善,制定本规程。

本规程共分 7 章 3 个附录,并附条文说明,主要内容包括水流水槽试验、波浪水槽试验、泥沙运动水槽试验、试验报告等。

本规程主编单位为水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院,参编单位为上海河口海岸科学研究中心、交通运输部天津水运工程科学研究院、长沙理工大学、西南水利水运工程科学研究院。本规程编写人员分工如下:

- 1 总则:曹民雄 假冬冬
- 2 术语:常留红 林 江
- 3 基本规定:常留红 侯志强 吴华林 假冬冬 黄海龙
- 4 水流水槽试验:侯志强 常留红 高祥宇 闫 勇 何进朝 万远扬
- 5 波浪水槽试验:吴华林 黄海龙 王兴刚
- 6 泥沙运动水槽试验:假冬冬 刘高峰 庞启秀 许 慧
- 7 试验报告:常留红 何进朝 许 慧

附录 A:曹民雄 侯志强

附录 B:侯志强

附录 C:闫 勇

本规程于 2023 年 1 月 17 日通过部审,2023 年 12 月 15 日发布,自 2024 年 2 月 1 日起施行。

本规程由交通运输部水运局负责管理和解释。各单位在执行过程中发现的问题和意见,请及时函告交通运输部水运局(地址:北京市建国门内大街 11 号,交通运输部水运局技术管理处,邮政编码:100736)和本规程管理组(地址:南京市广州路 223 号,水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院,电话:025-85829300,邮政编码:210029),以便修订时参考。

目 次

1	总则	(1)
2	术语	(2)
3	基本规定	(3)
3.1	一般规定	(3)
3.2	水槽类型及适用条件	(3)
3.3	水槽建造及精度要求	(3)
3.4	水槽试验大纲	(4)
3.5	模型制作及技术要求	(4)
3.6	试验设备	(5)
3.7	试验记录与资料整理	(5)
4	水流水槽试验	(6)
4.1	一般规定	(6)
4.2	水槽设计	(6)
4.3	模型设计	(6)
4.4	试验方案	(8)
4.5	量测及技术要求	(9)
5	波浪水槽试验	(10)
5.1	一般规定	(10)
5.2	水槽设计	(10)
5.3	模型设计	(10)
5.4	试验方案	(11)
5.5	量测及技术要求	(12)
6	泥沙运动水槽试验	(13)
6.1	一般规定	(13)
6.2	水槽设计	(13)
6.3	模型设计	(14)
6.4	试验方案	(16)
6.5	量测及技术要求	(16)
7	试验报告	(18)
7.1	试验报告格式及要求	(18)
7.2	试验报告编写	(18)

附录 A 模型加糙方法	(19)
附录 B 常用材料糙率值	(20)
附录 C 本规程用词说明	(21)
引用标准名录	(22)
附加说明 本规程主编单位、参编单位、主要起草人、主要审查人、总校人员 和管理组人员名单	(23)
条文说明	(25)

1 总 则

1.0.1 为规范水运工程水沙水槽试验的方法和要求,保证试验研究的科学性、准确性和可靠性,控制试验质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于水运工程中水流、波浪和泥沙运动的水槽试验。

1.0.3 水运工程水沙水槽试验除应符合本规程的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 水沙水槽 Flow and Sediment Flume

研究水流、波浪和泥沙运动特性的试验水槽,包括水流水槽、波浪水槽和泥沙运动水槽;水槽形态主要包括直水槽和环形水槽等。

2.0.2 直水槽 Straight Flume

水槽平面呈直线形的试验水槽,包括定坡水槽和变坡水槽。

2.0.3 环形水槽 Circular Flume

通过水槽与剪力环单独或组合运动,模拟无限长均匀水流的试验水槽。

2.0.4 相似准则 Similarity Criterion

模型与原型的物理现象保持相似所必须遵守的规则。

2.0.5 系列模型延伸法 Extrapolation Method of Series Models

将泥沙起动不相似的三种及以上不同比尺的试验结果,延伸到比尺相似的正态模型,实现模型试验成果同原型相似的试验方法。

3 基本规定

3.1 一般规定

- 3.1.1 水沙水槽试验应根据项目技术要求和试验内容选用相应的水槽类型和水槽形态。
- 3.1.2 水沙水槽试验工作应包括试验大纲编制、模型制作、试验设备和量测仪器安装、水槽试验和试验报告编写等环节。
- 3.1.3 试验前应进行量测仪器率定和模型校验等工作。
- 3.1.4 置于水中的量测仪器不应破坏整体流场或波形。

3.2 水槽类型及适用条件

- 3.2.1 水槽类型应根据研究内容选用水流水槽、波浪水槽、泥沙运动水槽；水槽形态可选用直水槽或环形水槽等。
- 3.2.2 研究水流特性、水流与建筑物或植被等相互作用的试验应采用水流水槽。
- 3.2.3 研究波浪、波浪与水流、波浪与建筑物或岸滩等相互作用的试验应采用波浪水槽。
- 3.2.4 研究水流泥沙运动和波浪泥沙运动的试验应采用泥沙运动水槽，并应符合下列规定。
 - 3.2.4.1 研究泥沙起动、输移和床面糙率宜采用直水槽。
 - 3.2.4.2 研究细颗粒泥沙起动、沉降和挟沙力可采用环形水槽。

3.3 水槽建造及精度要求

- 3.3.1 水槽建造应包括水槽总体设计、水槽制作、校核和验收等过程。
- 3.3.2 水槽主体应由进水部分、进口控制段、上游过渡段、试验段、下游过渡段和出口控制段组成。
- 3.3.3 水槽制作材料可选用有机玻璃、钢化玻璃、塑料、金属材料 and 水泥等，试验段槽壁宜采用透明材料制作。
- 3.3.4 水槽建造及精度应符合下列规定。
 - 3.3.4.1 水槽建造应满足下列精度要求：
 - (1)槽体平面导线方位允许偏差为 $\pm 0.1^\circ$ ；
 - (2)水准基点和测针零点允许偏差为 $\pm 0.1\text{mm}$ ；
 - (3)高程允许偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$ ；
 - (4)水槽试验段侧壁不平整度允许偏差为 $\pm 0.2\text{mm}/\text{m}^2$ 。
 - 3.3.4.2 水槽底面控制可采用断面板法和桩点法，控制断面间距可取 $0.5\text{m} \sim 1.2\text{m}$ 。

- 3.3.4.3** 水槽侧壁与水槽中轴线距离允许偏差应为 $\pm 2.0\text{mm}$,水槽侧壁应平整光滑。
- 3.3.5** 直水槽宽度不应小于 0.5m ,环形水槽宽度不应小于 0.2m ,试验段内的水流速度分布应均匀,流态应平稳。
- 3.3.6** 直水槽进口流量允许偏差应为 $\pm 2.0\%$,应设置稳流装置保持流量稳定。
- 3.3.7** 水槽校核和验收应符合下列要求:
- (1)水槽安装完毕后进行全面质量检验和精度校核,并完整记录;
 - (2)校核完毕后进行试放水,发现问题及时修整;
 - (3)根据水槽设计技术要求,提出检验方法和测点数量等并进行验收,精度合格率不低于 90% 。

3.4 水槽试验大纲

- 3.4.1** 试验前应根据试验任务的要求,编制试验大纲。
- 3.4.2** 试验大纲应包括下列主要内容:
- (1)项目概况,主要包括研究背景、试验目的和内容、试验依据和技术标准、基本资料等;
 - (2)水槽选择或设计、模型设计、模型制作、试验设备和量测仪器;
 - (3)试验方案与试验条件;
 - (4)预期试验目标和成果;
 - (5)试验进度与人员安排;
 - (6)试验经费预算;
 - (7)成果质量保证措施。

3.5 模型制作及技术要求

- 3.5.1** 模型制作宜包括地形模型制作、建筑物模型制作等。
- 3.5.2** 地形模型制作前应在水槽底部进行主辅导线放样,确定位置。
- 3.5.3** 地形模型可采用断面法、等高线法、桩点法制作,并应符合下列规定。
- 3.5.3.1** 复杂地形宜采用断面法控制,制模断面布置应反映原型地形的特征及其变化,模型断面间距可取 $0.5\text{m} \sim 0.8\text{m}$,地形复杂处应加密。
- 3.5.3.2** 断面各点高程的量读应采用实测数值,对断面线未经过实测点的部位,宜采用等高线或实测点高程内插求得,各点高程允许偏差应为 $\pm 1.0\text{mm}$ 。
- 3.5.3.3** 地形较规则、起伏变化不大、较平顺的地形可采用桩点法控制,桩点间距不应大于水槽宽度的 $1/2$ 。
- 3.5.3.4** 特殊地形和微地形宜采用等高线法制作。
- 3.5.3.5** 断面或桩点宜按放样断面线或桩点位置架设并固定,其高程应采用水准测量控制。
- 3.5.3.6** 制模断面板应采用不易变形的材料。
- 3.5.4** 建筑物模型应选择耐腐蚀且不易变形的水泥、砖、木材、塑料板、有机玻璃板或镀

锌钢板等材料。采用木材时应进行浸蜡或涂漆等防水处理。

3.5.5 建筑物模型应满足下列要求：

- (1) 加工尺寸允许偏差为 $\pm 0.3\text{mm}$ ；
- (2) 高程允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ ；
- (3) 平面位置允许偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$ ；
- (4) 重心位置允许偏差为 $\pm 2.0\text{mm}$ ；
- (5) 质量允许偏差为 $\pm 3\%$ ，其中浮式建筑物质量允许偏差为 $\pm 2\%$ ；单个护面块体、垫层、棱体、基床和护底块石质量允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

3.6 试验设备

3.6.1 试验设备应通过检验或率定，技术指标应满足试验精度和稳定性的要求。

3.6.2 供水系统设施宜包括蓄水池、水泵及管道、平水系统、输水管道和回水系统等，各部分选型及技术要求应符合下列规定：

- (1) 蓄水池容量满足循环系统中最大用水量要求，并保持一定富余水量；
- (2) 根据模型试验用水总量、峰值用水量、运行情况及管道特性确定水泵型号与数量以及配套设备；
- (3) 平水系统根据试验供水需求，采用相应的平水方式；
- (4) 输水管道安装控制阀门，必要时采取防冻措施；
- (5) 回水系统采用环状布置时，回水总管或回水槽的断面面积按能自流排泄试验总流量计算确定，管道或渠底坡度大于 $1/200$ ，并加设拦污栅和集水井。

3.6.3 循环式供水系统和流量控制方式应根据流量大小和试验场地选择，满足水槽试验用水量、水质和循环的要求，用水量应留有富余。

3.6.4 供沙设备应满足下列要求：

- (1) 推移质加沙装置的加沙能力满足模型最大和最小加沙量要求；
- (2) 搅沙池含沙浓度均匀一致，各部位含沙浓度相差小于 10% ；
- (3) 水沙循环运行系统采用沙泵进行水沙循环。

3.7 试验记录与资料整理

3.7.1 根据试验内容和要求，应制定操作规程和校核制度。

3.7.2 试验过程应做好试验记录，并做到随测随记，记录值发生错误时应更正。

3.7.3 试验资料应及时整理、校核和装订成册。资料的整理应真实、完整，不得挑选、取舍、修改。

3.7.4 试验资料宜包括纸质资料、电子文档、照片与录像等。

3.7.5 试验过程的原始数据、中间成果和最终成果应分别保存并备份。

4 水流水槽试验

4.1 一般规定

4.1.1 水流水槽试验应根据研究目的和研究对象选择定坡或变坡水槽,确定相应模型试验研究方案。

4.1.2 水流水槽试验模型应根据研究内容进行设计,并应满足必要的相似条件和限制条件。

4.2 水槽设计

4.2.1 水槽设计应符合下列规定。

4.2.1.1 试验段长度不宜小于5倍水槽宽度。上游过渡段长度不宜小于10倍试验水深,下游过渡段长度不宜小于5倍试验水深。

4.2.1.2 进口控制段应布置消能设施和整流设施。

4.2.1.3 变坡水槽除应满足第4.2.1.1款和第4.2.1.2款的要求外,其基座应采用刚性结构,槽体宜采用钢框架结构,水槽侧壁与底板宜采用钢化玻璃,水槽顶部宜设置导轨,并应满足下列要求:

(1)侧壁、底板内表面整体允许偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$;

(2)水槽顶部两导轨间距允许偏差为 $\pm 2.0\text{mm}$,高程允许偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$;

(3)水槽变坡范围按照研究需求确定。

4.2.2 水槽供水设备的供水能力应满足试验段设计最大流量要求,额定供水能力不宜小于设计最大流量的1.5倍。

4.3 模型设计

4.3.1 水流水槽试验宜采用正态模型,模型的相似条件应符合下列规定。

4.3.1.1 水流水槽试验应满足下列基本相似条件:

几何相似

$$\lambda_l = \frac{l_p}{l_m} \quad \text{及} \quad \lambda_h = \frac{h_p}{h_m} \quad (4.3.1-1)$$

水流连续性相似

$$\lambda_{v_1} = \frac{\lambda_l}{\lambda_h^{1/2}} \quad (4.3.1-2)$$

重力相似

$$\lambda_v = \lambda_h^{1/2} \quad (4.3.1-3)$$

阻力相似

$$\lambda_n = \frac{\lambda_h^{7/6}}{\lambda_v \lambda_l^{1/2}} \quad \text{或} \quad \lambda_n = \frac{\lambda_h^{2/3}}{\lambda_l^{1/2}} \quad (4.3.1-4)$$

流量相似

$$\lambda_Q = \lambda_l \lambda_h^{3/2} \quad (4.3.1-5)$$

式中 λ_l ——平面几何比尺；
 l_p ——原型平面几何尺度；
 l_m ——模型平面几何尺度；
 λ_h ——垂直几何比尺；
 h_p ——原型垂直几何尺度；
 h_m ——模型垂直几何尺度；
 λ_{t_1} ——水流时间比尺；
 λ_v ——流速比尺；
 λ_n ——糙率比尺；
 λ_Q ——流量比尺。

4.3.1.2 根据不同试验内容,模型试验还应满足下列相似条件:

(1) 针对桩群水流试验,满足桩群阻力的相似条件:

$$\lambda_{c_D} \lambda_{A/A_0} = 1 \quad (4.3.1-6)$$

式中 λ_{c_D} ——桩群阻力系数比尺；
 λ_{A/A_0} ——桩群阻水面积比比尺；
 A ——垂直于水流方向平面上各单桩投影面积之和；
 A_0 ——垂直于水流方向平面上桩群外包线的面积；

(2) 针对水流作用的相关力学试验,采用正态模型,满足下列相似条件:

$$\lambda_F = \lambda_l^3 \quad (4.3.1-7)$$

$$\lambda_e = \lambda_l^4 \quad (4.3.1-8)$$

式中 λ_F ——力比尺；
 λ_l ——平面几何比尺；
 λ_e ——能量比尺。

4.3.2 水流试验地形应布置在试验段,地形除应满足几何相似和阻力相似外,尚应符合下列规定。

4.3.2.1 垂直几何比尺应根据下列公式确定:

$$\lambda_h \leq 4.22 \left(\frac{V_p H_p}{\nu} \right)^{2/11} \xi_p^{8/11} \lambda_l^{8/11} \quad (4.3.2-1)$$

$$\xi_p = 2g \frac{n_p^2}{H_p^{1/3}} \quad (4.3.2-2)$$

式中 λ_h ——垂直几何比尺;
 V_p ——原型平均流速;
 H_p ——原型平均水深;
 ν ——运动黏滞系数;
 ξ_p ——原型阻力系数;
 λ_l ——平面几何比尺;
 n_p ——曼宁糙率系数。

4.3.2.2 当垂直几何比尺 λ_h 不满足第 4.3.2.1 款要求时,断面平均的水流雷诺数应大于 1000。

4.3.2.3 模型水流应避免表面张力影响,试验段最小水深不宜小于 3.0cm。

4.3.2.4 模型糙率应通过原型床面糙率和由式(4.3.1-4)的糙率比尺计算初定。当模型需要加糙时,可参照附录 A 计算进行加糙。模型加糙不应影响最小水深,过水断面面积与原型相似。

4.3.2.5 非恒定流试验模型应满足重力相似。

4.3.3 建筑物模型设计制作应符合下列规定。

4.3.3.1 建筑物模型除应满足几何相似外,尚应结合试验要求满足建筑物质量相似和重心相似,并考虑变形和表面糙率等因素的影响。

4.3.3.2 对于模型本身具有运动特征的试验,置于试验区量测仪器的质量应作为模型本身的质量。

4.3.4 构件模型设计制作应符合下列规定。

4.3.4.1 构件模型刚度应考虑变形相似要求。

4.3.4.2 水下管线、浮式构件等应考虑糙率相似要求,模型制作材料可参照附录 B 选择。

4.4 试验方案

4.4.1 试验准备工作应符合下列规定。

4.4.1.1 试验开始前,应进行水槽及仪器设备的检测和维护。

4.4.1.2 试验用水应符合水质要求。

4.4.1.3 水槽方案试验前,应开展率定或验证试验,并应满足下列要求:

(1)通过糙率调整,达到水面比降与原型一致;

(2)垂线流速分布与原型基本一致;

(3)建筑物周围的流态与原型基本一致;特殊流场分布与原型基本一致,必要时验证泡漩水的泡高或回流区的回流速度。

4.4.2 试验控制应符合下列规定。

4.4.2.1 采用恒定流试验时,流量允许偏差应为 $\pm 2\%$,水位允许偏差应为 $\pm 0.1\text{mm}$;

4.4.2.2 采用非恒定流试验时,流量允许偏差应为 $\pm 5\%$,水位允许偏差应为 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

4.4.2.3 试验最高水位宜低于侧壁顶部 0.1m。

4.4.2.4 变坡水槽的变坡过程应平稳,变坡精度允许偏差应为 $\pm 1\%$ 。

4.4.2.5 变坡水槽应布置多个水位测点,测点间距不宜大于2.0m。

4.4.3 试验操作应符合下列规定。

4.4.3.1 试验测量工作应在水流稳定后开始。

4.4.3.2 潮汐过程验证试验应满足下列要求:

(1) 高低潮时间的相位允许偏差为 $\pm 0.5\text{h}$,最高、最低潮位值允许偏差为 $\pm 0.1\text{m}$;

(2) 憩流时间和最大流速出现的时间允许偏差为 $\pm 0.5\text{h}$,流速过程线的形态基本一致;

(3) 测点涨、落潮时段平均流速允许偏差为 $\pm 10\%$;试验水域流速较小时,涨落急时段平均流速允许偏差为 $\pm 10\%$;

(4) 测站主流流向允许偏差为 $\pm 10^\circ$,平均流向允许偏差为 $\pm 10^\circ$;

(5) 断面潮量允许偏差为 $\pm 10\%$ 。

4.4.3.3 浮体系统试验时,应对系泊系统的初张力进行调节,各根锚泊线的张力允许偏差为 $\pm 5\%$ 。正式试验前,应进行水平刚度试验和单自由度运动衰减试验。

4.5 量测及技术要求

4.5.1 水流水槽量测仪器宜包括测量水位、流速、流向、流场等的仪器,对建筑物受力条件研究还可包括测量拉压力、力矩、应力、应变、速度、加速度与位移等的仪器。量测仪器的种类、形式和数量应根据试验要求、测量精度、模型布置确定。

4.5.2 仪器设备宜采用非接触式;采用接触式量测仪器时,不宜对流场产生干扰。

4.5.3 仪器设备安装完毕,在单独检查和调试后,应进行联合调试运转。

4.5.4 试验段边界断面应布置水位和流速量测仪器,量测仪器数量及布置宜按断面宽度确定。

4.5.5 水位测量时应满足下列要求:

(1) 水位计的选型满足量程范围和响应频率的要求;

(2) 恒定流水位测量允许偏差为 $\pm 0.1\text{mm}$;

(3) 非恒定流水位测量允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$,测量间隔小于2s。

4.5.6 拉压力、总力、力矩量测的精度应为 $\pm 5\%$,加速度量测的精度应为 $\pm 5\%$,位移量测的精度应为 $\pm 5.0\text{mm}$ 。

5 波浪水槽试验

5.1 一般规定

5.1.1 波浪水槽宜由水槽主体结构、造波设备、造流设备、造风设备、供排水系统、消波装置和测控设备组成。

5.1.2 波浪水槽试验的造波设备产生的波形应平稳,重复性好;造流设备产生的水流应平稳。

5.2 水槽设计

5.2.1 波浪水槽应符合下列规定。

5.2.1.1 波浪水槽有效段长度应大于 10 倍平均波长,水槽宽度不宜小于 0.5m。

5.2.1.2 试验段与造波机间的距离应大于 6 倍平均波长,试验段与水槽尾部消波设备间的距离应大于 2 倍平均波长。

5.2.1.3 水槽的首尾两端应设消能装置,且尾部消浪装置应能消除 90% 以上的反射波,并应采取措施消除或减小造波机二次反射波的影响。

5.2.2 造波机应能生成规则波或不规则波。不规则波宜能模拟工程水域的实测波谱。无实测波谱时,可采用现行行业标准《港口与航道水文规范》(JTS 145)中规定的波谱。

5.3 模型设计

5.3.1 波浪水槽试验应采用正态模型,并应满足重力相似准则。

5.3.2 模型几何比尺应满足下列要求:

- (1) 斜坡式、直墙式建筑物和水下管线不大于 40;
- (2) 基桩、墩柱不大于 60;
- (3) 浮式建筑物不大于 80。

5.3.3 波浪与建筑物相互作用的模型设计与制作,比尺应按下列公式确定:

$$\lambda = \frac{l_p}{l_m} \quad (5.3.3-1)$$

$$\lambda_t = \lambda^{1/2} \quad (5.3.3-2)$$

$$\lambda_f = \lambda^{-1/2} \quad (5.3.3-3)$$

$$\lambda_v = \lambda^{1/2} \quad (5.3.3-4)$$

$$\lambda_p = \lambda \quad (5.3.3-5)$$

$$\lambda_F = \lambda^3 \quad (5.3.3-6)$$

$$\lambda_Q = \lambda^{5/2} \quad (5.3.3-7)$$

$$\lambda_q = \lambda^{3/2} \quad (5.3.3-8)$$

$$\lambda_e = \lambda^4 \quad (5.3.3-9)$$

式中 λ ——几何比尺；
 l_p ——原型长度；
 l_m ——模型长度；
 λ_t ——时间比尺；
 λ_f ——频率比尺；
 λ_v ——流速比尺；
 λ_p ——压强比尺；
 λ_F ——力比尺；
 λ_Q ——流量比尺；
 λ_q ——单宽流量比尺；
 λ_e ——能量比尺。

5.3.4 与稳定性试验有关的建筑物模型设计与制作,除应满足几何相似外,尚应满足质量、重心位置相似。

5.3.5 波浪与浮式建筑物相互作用的建筑物和船舶模型设计与制作,除应满足几何相似外,尚应满足惯性矩和自摇周期相似,其锚系结构尚应满足质量和弹性相似。

5.3.6 波浪与桩基、墩柱建筑物和 underwater 管线相互作用的建筑物及其构件的模型设计与制作,应满足与原型几何相似;当桩和 underwater 管线模型刚度较小时,还应计入弹性影响。

5.3.7 波浪作用下系泊船舶对码头撞击力的护舷模型设计与制作,应满足弹性相似。

5.4 试验方案

5.4.1 波浪模型试验时应先率定波浪、水流要素,再布置模型。

5.4.2 当受水深条件限制,建筑物模型前不能产生要求的波浪要素时,可在建筑物模型前调整地形底坡坡度,但不应陡于 1:15。

5.4.3 模型需要密实时,正式试验前应使用小波连续作用一段时间。

5.4.4 模型波浪作用的累计时间,应根据原型波浪的持续时间确定。建筑物稳定性试验时,暴风浪模拟的原型波作用时间不宜少于 2h。

5.4.5 试验的原始入射波,规则波波高不应小于 20.0mm,波周期不应小于 0.5s;不规则波有效波高不应小于 20.0mm,谱峰周期不应小于 0.8s。

5.4.6 采用规则波试验时,规则波模拟的平均波高和波周期允许偏差应为 $\pm 5\%$ 。

5.4.7 采用不规则波试验时,不规则波模拟的允许偏差应满足下列要求:

(1) 波能谱总能量的允许偏差为 $\pm 10\%$;

(2) 峰频模拟值的允许偏差为 $\pm 5\%$;

(3) 在谱密度大于或等于 0.5 倍谱密度峰值的范围内,谱密度分布的允许偏差为 $\pm 15\%$;

(4)有效波高、有效波周期和谱峰周期的允许偏差为 $\pm 5\%$ ；

(5)波列中1%累积频率波高与平均波高比值、有效波高与平均波高比值的允许偏差为 $\pm 15\%$ 。

5.4.8 水流平均流速的允许偏差应为 $\pm 5\%$ 。

5.4.9 试验模拟的波浪应具有良好的重复性,并取其多次测量均值作为试验波浪要素。

5.4.10 波浪和水流共同作用试验应符合下列规定。

5.4.10.1 试验基本资料分别给出波浪和水流要素时,应在试验水槽放置建筑物模型之前,在试验区域先模拟水流的流速和流向,再模拟无流时的波浪,并进行波流共同作用模拟。

5.4.10.2 试验基本资料给出波浪和水流合成要素时,可先进行波、流分离,再模拟要求的水流和波浪。

5.4.11 建筑物越浪量试验宜采用不规则波,模拟风速允许偏差应为 $\pm 5\%$ 。

5.4.12 护面块体稳定性试验时,每组应至少重复3次。当3次试验的失稳率差别较大时,应增加重复次数。

5.4.13 工程方案试验结束后应对波浪、水流等试验数据进行复核。

5.5 量测及技术要求

5.5.1 波浪数据采集和处理应符合下列规定。

5.5.1.1 规则波试验的波浪数据采集时间间隔应小于平均波周期的 $1/20$ 。在波浪稳定条件下,连续采集的波浪个数不应少于10个,并应取其平均值作为代表值。

5.5.1.2 不规则波试验的波浪数据采集时间间隔应小于有效波周期的 $1/10$,且不宜大于高频截止频率对应周期的 $1/4$,在波浪平稳条件下,连续采集的波浪个数不应少于100个。

5.5.1.3 波高和波周期分析应采用跨零点法,并应设阈值。

5.5.1.4 试验数据处理前,应进行数据可靠性检查并去除异常值。数据的取值应与仪器测量精度相匹配。

5.5.2 波浪爬高和落深数据采集和处理,应在静水位处设阈值,并应以静水位为界,按波浪的数据采集和处理方法进行。波浪力的数据采集时间间隔应小于波浪数据采集的时间间隔,破波冲击力采集时间间隔设置应避免漏掉压力峰值。

5.5.3 建筑物反射系数和透射系数的数据采集和处理应符合现行行业标准《港口与航道水文规范》(JTS 145)的有关规定。

5.5.4 波流共同作用试验时,水流模拟的流速测点布置和数量应按试验条件和要求确定,测点流速的测量应重复3次,取其平均值。

5.5.5 量测仪器应满足灵敏度和稳定性的要求。满量程条件下2h内的零漂允许偏差应为 $\pm 5\%$,波高仪线性允许偏差应为 $\pm 2\%$,总力仪和波压仪的线性允许偏差应为 $\pm 5\%$ 。

6 泥沙运动水槽试验

6.1 一般规定

6.1.1 泥沙运动水槽试验可包括水流泥沙运动水槽试验、波浪泥沙运动水槽试验和波流共同作用的泥沙运动水槽试验,应根据研究内容和研究对象选用相应试验水槽。

6.1.2 研究以推移质泥沙输移为主的床面冲淤变化时,应采用推移质泥沙运动水槽试验;研究以悬移质泥沙输移为主的床面冲淤变化时,根据淤积和冲刷的特性,可采用悬移质泥沙定床水槽或动床水槽试验;研究细颗粒泥沙起动、沉降和挟沙力可采用环形水槽试验。

6.2 水槽设计

6.2.1 泥沙运动水槽设计除应进行水流水槽或波浪水槽设计外,尚应进行加沙装置、集沙槽、动床试验段等设计,并应符合下列规定。

6.2.1.1 泥沙运动水槽加沙装置应满足最大和最小加沙量的要求。

6.2.1.2 泥沙运动水槽集沙槽布置不得影响水槽内试验段的水流或波浪运动,集沙槽容积应大于试验可能出现的最大输沙量。

6.2.1.3 水槽动床试验段范围应大于研究对象冲淤影响范围。

6.2.2 环形水槽应包括环形槽、剪力环和驱动系统等,并应符合下列规定。

6.2.2.1 水槽底面的水平允许偏差应为 $\pm 1.0\text{mm}$,剪力环底面的水平允许偏差应为 $\pm 1.0\text{mm}$,环形槽槽宽允许偏差应为 $\pm 1.0\text{mm}$,环形槽半径允许偏差应为 $\pm 1.0\text{mm}$ 。

6.2.2.2 环形槽和剪力环的运转应满足下列要求:

- (1)能各自独立转动,并能同时以相反的方向转动;
- (2)各自的转速可调。

6.2.2.3 环形槽外壁宜满足流速仪、取样管和浊度仪等仪器的安装要求。

6.2.2.4 驱动系统应满足下列要求:

- (1)可靠、稳定、响应灵敏;
- (2)驱动电机的转速随控制信号变化能连续平滑变化;
- (3)控制信号与环形槽、剪力环的转速分别线性相关;
- (4)能在低速或高速状态下长时间运行。

6.2.3 泥沙运动水槽设计应考虑铺沙、加沙、样品采集、泥沙回收和水槽清洗等试验操作因素。

6.2.4 泥沙运动水槽水动力应满足开展泥沙起动、冲刷、运移和淤积等试验要求。

6.3 模型设计

6.3.1 泥沙运动模型设计除应满足水动力相似条件外,应根据研究对象类型满足相应的泥沙运动相似条件。

6.3.2 泥沙运动水槽试验宜采用正态模型;采用变态模型时,变率不宜大于3。

6.3.3 研究推移质泥沙运动的水槽试验应满足下列相似条件:

泥沙起动相似

$$\lambda_{v_0} = \lambda_v \quad (6.3.3-1)$$

推移质输沙率相似

$$\lambda_p = \lambda_{p_0} \quad (6.3.3-2)$$

推移质河床变形相似

$$\lambda_{t_2} = \frac{\lambda_{\gamma_0} \lambda_l \lambda_b}{\lambda_p} \quad (6.3.3-3)$$

式中 λ_{v_0} ——泥沙起动流速比尺;

λ_v ——流速比尺;

λ_p ——推移质输沙率比尺;

λ_{p_0} ——推移质输沙能力比尺;

λ_{t_2} ——推移质泥沙冲淤时间比尺;

λ_{γ_0} ——泥沙干重度比尺;

λ_l ——平面几何比尺;

λ_b ——垂直几何比尺。

6.3.4 研究悬移质泥沙运动的水槽试验应满足下列相似条件:

泥沙沉降相似

$$\lambda_{\omega} = \lambda_v \frac{\lambda_b}{\lambda_l} \quad (6.3.4-1)$$

泥沙悬浮相似

$$\lambda_{\omega} = \lambda_v \left(\frac{\lambda_b}{\lambda_l} \right)^{1/2} \quad (6.3.4-2)$$

水流挟沙力相似

$$\lambda_s = \lambda_{s_0} \quad (6.3.4-3)$$

泥沙起动相似

$$\lambda_{v_0} = \lambda_v \quad (6.3.4-4)$$

悬移质河床冲淤变形相似

$$\lambda_{t_3} = \frac{\lambda_{\gamma_0} \lambda_l}{\lambda_v \lambda_s} \quad (6.3.4-5)$$

式中 λ_{ω} ——泥沙沉降速度比尺;

λ_v ——流速比尺;

- λ_h ——垂直几何比尺；
 λ_l ——平面几何比尺；
 λ_s ——含沙量比尺；
 λ_{s_s} ——挟沙力比尺；
 λ_{v_0} ——泥沙起动流速比尺；
 λ_{t_s} ——悬移质泥沙冲淤时间比尺；
 λ_{γ_0} ——泥沙干重度比尺。

6.3.5 研究局部冲刷问题时,可采用系列模型延伸法。系列模型延伸法应满足下列相似条件:

偏离正态模型冲刷相似

$$\frac{\lambda_{H_s}}{\lambda_H} = \left(\frac{\lambda_{H_0}}{\lambda_H} \right)^\alpha \quad (6.3.5-1)$$

模型冲刷相似

$$\lambda_{H_s} = \frac{H_{s_p}}{H_{s_m}} \quad (6.3.5-2)$$

系列模型冲刷相似

$$H_{s_p} = \lambda_H H_{s_m} \left(\frac{\lambda_{H_0}}{\lambda_H} \right)^\alpha \quad (6.3.5-3)$$

- 式中 λ_{H_s} ——冲淤深度比尺；
 λ_H ——偏离正态模型几何比尺；
 λ_{H_0} ——正态模型几何比尺；
 α ——不同变率模型导致的偏差率；
 H_{s_p} ——原型深度；
 H_{s_m} ——模型深度。

6.3.6 系列模型延伸法中不应少于3个比尺,各比尺应有较大差异。

6.3.7 模型沙应根据原型泥沙颗粒级配、水力特性、挟沙力或输沙率等特征,按模型比尺和试验要求确定,并应符合下列规定。

6.3.7.1 模型沙材料的颗粒形状、级配、力学性能应保持稳定,无污染、不板结,当选用含有机质轻质材料作模型沙时,宜进行脱脂防腐处理。

6.3.7.2 模型沙的颗粒级配曲线宜与原型沙颗粒级配曲线平行。

6.3.8 模型沙的密度、沉降速度、起动流速等性能指标应通过预备试验测定,且达到相似性要求。原型沙的沉降速度、起动流速宜采用现场可能冲刷范围内的沉积物通过试验测定,也可通过计算确定。

6.3.9 模型冲淤时间比尺应按式(6.3.3-3)或式(6.3.4-5)计算初定,并应根据原型实测含沙量或输沙率,经地形冲淤验证,按达到与原型相似的要求确定。

6.3.10 泥沙运动模型动床部分制作应符合下列规定。

6.3.10.1 水槽试验中试验段动床范围宜做成固定底层和可动层,应充分考虑模型可能

出现的最大冲刷深度,固定底层高程宜低于最大冲刷坑底部高程 5cm ~ 10cm。

6.3.10.2 水槽试验定床与动床之间应设置平顺衔接的过渡段。

6.3.10.3 水槽试验中动床部分可采用断面法、等高线法等制作地形。

6.3.10.4 模型沙应浸泡密实后再刮制地形,并进行模型地形校核,高程允许偏差应为 $\pm 1.0\text{mm}$,平面位置允许偏差应为 $\pm 10.0\text{mm}$ 。

6.4 试验方案

6.4.1 泥沙运动水槽动床部分应采用模型沙铺制起始床面地形。

6.4.2 泥沙运动试验进水、退水时应保证水槽内水位缓慢涨落,不得破坏试验前后的床面地形。

6.4.3 悬移质泥沙运动试验前应清洗水槽。

6.4.4 推移质加沙应满足下列要求:

(1)在模型进口来流方向加沙,并避免加沙对试验段的影响;

(2)满足加沙量过程要求,总加沙量允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

6.4.5 悬移质加沙应满足下列要求:

(1)在模型进口来流方向加沙,并避免加沙对试验段的影响;

(2)水槽悬移质含沙量允许偏差为 $\pm 10\%$ 。

6.4.6 采用环形水槽开展泥沙运动特性研究时,环形水槽控制应满足下列要求:

(1)环形水槽注水后,剪力环底面浸入水中的深度为 4mm ~ 6mm;

(2)环形水槽使用前进行预备试验,通过调节环形槽和剪力环的转速,获得试验所需的水流条件,流速分级不超过 0.1m/s,并根据示踪粒子的运动情况判定横向流的消减程度,建立不同流速条件与环形槽和剪力环转速之间的关系。

6.4.7 泥沙运动水槽试验具备原型实测资料时,宜开展验证试验。根据地形验证情况,可调整含沙量或输沙率比尺和冲淤时间比尺。

6.4.8 工程方案试验前,应根据试验目的开展水沙运动特性预备试验,确定相关本底数据。

6.4.9 工程方案试验应包括基础方案试验和优化方案试验。

6.4.10 泥沙运动水槽试验应进行重复试验,两次试验冲淤量的允许偏差应为 $\pm 10\%$ 。

6.5 量测及技术要求

6.5.1 水槽含沙量的测量可采用烘干称重法、比重瓶置换法、光电测沙仪和超声波测沙仪等,并应满足下列要求:

(1)烘干称重法、比重瓶置换法符合现行国家标准《土工试验方法标准》(GB/T 50123)的有关规定;

(2)光电测沙仪、超声波测沙仪在试验前进行率定;含沙量与仪表读数允许误差为 $\pm 15\%$ 。

6.5.2 泥沙颗粒级配的测量可采用人工分析法、激光粒度分析仪和光电颗粒分析仪等,并应满足下列要求:

- (1)人工分析法符合现行国家标准《土工试验方法标准》(GB/T 50123)的有关规定;
- (2)激光粒度分析仪、光电颗粒分析仪在试验前进行率定,允许偏差为 $\pm 1\%$ 。

6.5.3 地形测量的仪器可采用测针、超声波式地形仪、电阻式地形仪、光电式地形仪等,并应符合下列规定。

6.5.3.1 测点较少的地形测量可选用测针法,测量精度应为 $\pm 0.1\text{mm}$ 。

6.5.3.2 较平整的模型地形测量,可选用超声波地形仪进行非接触测量。

6.5.3.3 试验用沙为非良导体模型沙,最大含沙量小于 $40\text{kg}/\text{m}^3$ 的浑水模型地形测量,可选用电阻式地形仪,测量精度应为 $\pm 1.0\text{mm}$ 。

6.5.3.4 模型沙界面反光强弱差别较大,最大含沙量小于 $1\text{kg}/\text{m}^3$ 的浑水模型地形测量,可选用光电式地形仪,测量精度应为 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

6.5.3.5 地形测量允许偏差应为 $\pm 2.0\text{mm}$ 。

7 试验报告

7.1 试验报告格式及要求

7.1.1 试验报告应包括前置部分、主体部分、后置部分,并应符合下列规定。

7.1.1.1 前置部分应包括封面、扉页、摘要、目录,并应满足下列要求:

- (1)封面包括报告名称、单位名称、项目编号、密级和日期等;
- (2)扉页包括单位主管、项目负责人、报告编写人和主要参加人等;
- (3)摘要简要说明试验背景、目的、方法、方案和成果等;
- (4)目录包括试验报告的章、节名称和页码等。

7.1.1.2 主体部分宜包括正文和参考文献。

7.1.1.3 后置部分宜包括附件、附图和封底等。

7.1.2 研究所用的原型资料和模型试验的主要资料、分析计算成果、研究报告、项目合同、报告审批表、审查验收或鉴定意见书等,应按国家科技档案管理有关规定整理归档。

7.2 试验报告编写

7.2.1 试验报告正文应包括目的与意义、研究内容、试验设计和成果分析等,并应符合下列规定。

7.2.1.1 目的与意义应说明试验的背景、目的、依据、主要内容及其他需要说明的问题。

7.2.1.2 研究内容应写明具体的研究事项。

7.2.1.3 试验设计应包括试验相似条件、试验限制条件、模型比尺、依据规范、模型布置、试验仪器设备和试验方案与组次等。

7.2.1.4 成果分析应包括试验数据的分析、整理和结果。

7.2.2 试验报告编写应符合下列规定。

7.2.2.1 报告应层次分明、条理清晰、语句精练通顺、用词规范、标点符号正确。

7.2.2.2 单位符号应使用法定计量单位。

7.2.2.3 术语应符合有关规定,无统一规定的应给出定义。

7.2.2.4 插图和附图应有图号和图名,表格和附表应有表号和表名。

7.2.3 试验报告应列出编写过程中参考的所有文献。

附录 A 模型加糙方法

A.0.1 模型加糙可采用水泥砂浆拉毛法。当水泥砂浆拉毛的糙率不满足要求时,可采用颗粒平铺密排加糙方法或颗粒有间距加糙方法。加糙颗粒粒度的计算应符合下列规定。

A.0.1.1 平铺密排加糙粒径可按下列式计算:

$$n = 0.015d^{1/6} \quad (\text{A.0.1-1})$$

式中 n ——模型糙率;

d ——加糙粒径(mm)。

A.0.1.2 梅花形排列或正方形排列的有间距加糙粒径可按下列式计算:

$$n = cd^{1/6} \quad (\text{A.0.1-2})$$

式中 c ——系数,可根据加糙颗粒间距 L 与加糙粒径 d 之比,按图 A.0.1 确定。

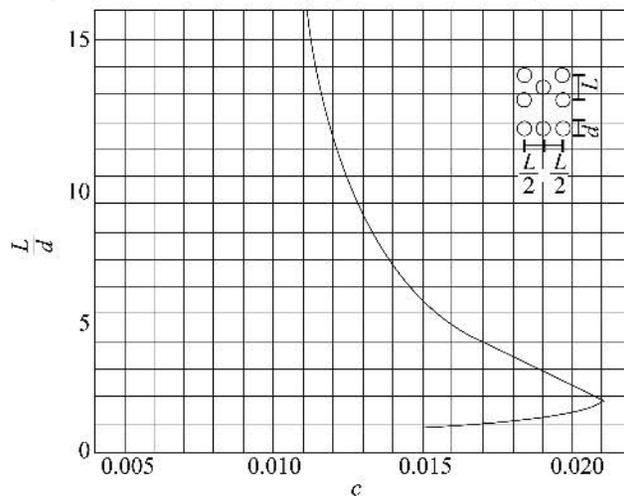


图 A.0.1 c 与 L/d 关系曲线

A.0.2 根据模型试验需要,可采用水泥砂浆拉毛、平铺密排和有间距组合加糙方法,也可选择其他加糙材料覆盖模型表面进行加糙,其糙率应通过水槽预备试验确定。

附录 B 常用材料糙率值

B.0.1 材料的糙率应通过实测资料分析计算确定,无实测资料时,可按表 B.0.1 取值。

表 B.0.1 材料糙率值表

序号	材 料	糙 率 值
1	铜	0.006
2	光滑玻璃、有机玻璃板	0.007 ~ 0.009
3	加工良好表面覆蜡的木板	0.0085
4	普通水泥砂浆抹面压光	0.010
5	加工良好木板	0.010
6	新铁皮	0.011
7	新熟铁管	0.011
8	钢管	0.012
9	混凝土管和钢筋混凝土管	0.012 ~ 0.014
10	普通水泥砂浆抹面拉毛	0.013 ~ 0.017

附录 C 本规程用词说明

为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度的用词说明如下:

- (1)表示很严格,非这样做不可的,正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
- (2)表示严格,在正常情况下均应这样做的,正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
- (3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的,正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;
- (4)表示允许选择,在一定条件下可以这样做的采用“可”。

引用标准名录

1. 《土工试验方法标准》(GB/T 50123)
2. 《港口与航道水文规范》(JTS 145)

附加说明

本规程主编单位、参编单位、主要起草人、
主要审查人、总校人员和管理组人员名单

主编单位:水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院

参编单位:上海河口海岸科学研究中心

交通运输部天津水运工程科学研究院

长沙理工大学

西南水利水运工程科学研究院

主要起草人:曹民雄(水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院)

吴华林(上海河口海岸科学研究中心)

侯志强(交通运输部天津水运工程科学研究院)

常留红(长沙理工大学)

(以下按姓氏笔画为序)

万远扬(上海河口海岸科学研究中心)

王兴刚(水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院)

刘高峰(上海河口海岸科学研究中心)

闫 勇(交通运输部天津水运工程科学研究院)

许 慧(水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院)

何进朝(西南水利水运工程科学研究院)

林 江(西南水利水运工程科学研究院)

庞启秀(交通运输部天津水运工程科学研究院)

高祥宇(水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院)

黄海龙(水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院)

假冬冬(水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院)

主要审查人:徐 光

(以下按姓氏笔画为序)

王平义、仇伯强、史红玲、白玉川、刘怀汉、何 用、张 玮、

张绪进、金 生

总校人员:秦 川、李荣庆、张 玮、刘怀汉、史红玲、董 方、檀会春、

曹民雄、黄海龙、假冬冬、高祥宇、吴华林、侯志强、闫 勇、

常留红、何进朝

管理组人员: 曹民雄(水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院)

黄海龙(水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院)

假冬冬(水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院)

高祥宇(水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院)

中华人民共和国行业标准

水沙水槽试验规程

JTS/T 248—2023

条文说明

目 次

3 基本规定	(29)
3.3 水槽建造及精度要求	(29)
3.5 模型制作及技术要求	(29)
4 水流水槽试验	(30)
4.2 水槽设计	(30)
4.3 模型设计	(30)
4.4 试验方案	(30)
4.5 量测及技术要求	(30)
5 波浪水槽试验	(31)
5.4 试验方案	(31)
6 泥沙运动水槽试验	(32)
6.2 水槽设计	(32)
6.3 模型设计	(32)
6.5 量测及技术要求	(33)

3 基本规定

3.3 水槽建造及精度要求

3.3.3 本条所列举的水槽材料,考虑到材料性能、采购方便和加工可行性等综合因素,具体结合水槽的特点及便于观测等要求选用。

3.3.5 当水槽宽度小于0.5m时,往往受到边壁效应影响,因此规定直水槽宽度不应小于0.5m。

3.5 模型制作及技术要求

3.5.2 导线布置通常沿模型边墙,形成封闭导线网。若模型过大,一般在重要地段增设辅导线。同时,水准基点选在视野较好、不易人为破坏之处,基座不变形,高程通常取整数。

4 水流水槽试验

4.2 水槽设计

4.2.1.1 上游过渡段和下游过渡段指试验段与水流进出口或消能段之间的区域,主要用于将水槽进出口区域的不均匀水流调整为满足试验段要求的均匀水流。

4.3 模型设计

4.3.1.2 对于桩基码头,若以模型几何比尺缩小桩柱,则由于模型雷诺数的减小而导致模型与原型桩群阻力系数不相等,使模型与原型之间桩柱阻力不相似。因此,规定满足桩群阻力的相似条件。

4.3.2 本条是水动力模型设计需要符合的限制条件。垂直几何比尺的限制条件是模型满足阻力平方区的要求。模型水流的雷诺数的限制条件是保证模型水流处于紊流状态,避免模型与原型无法做到水动力相似。

4.3.4.1 构件模型指由多个简单结构组合而成的试验对象,如水面浮式建筑物、水下悬浮建筑物、水下管线、桩柱等。

4.4 试验方案

4.4.1.1 试验使用的测量仪器在使用前需要进行检测,并符合国家或行业技术监督部门的计量认证规定。检测内容包括:校核模型几何尺寸、高程、质量等;检查电路情况和电压稳定性;检查水泵控制系统工作状态、水槽进出水阀门通畅性和水库水位,确保有足够的水量进行试验。

4.4.1.3 验证试验包括边界水面线过程、潮汐水位过程或流量过程,模型需要根据原型观测资料进行潮位、流速、流向、表面流迹线和局部流态验证。特殊流场包括泡漩水、回流等,多出现在管线、桩柱、群桩等的尾流场位置。

4.5 量测及技术要求

4.5.2 接触式量测仪器的质量要远小于模型质量,避免附加质量对模型荷载及运动响应造成影响;量测仪器的几何尺寸要尽可能小,外观呈流线型,避免对流场造成明显的影响。采用非接触式仪器测量时,需注意流体反射率对信号传输的影响。

5 波浪水槽试验

5.4 试验方案

5.4.2 由于水槽底部摩擦力或现场地形影响,同样建筑物前水深条件下水槽可能无法产生模型需要的设计波浪要素。在建筑物前增加设置斜坡有利于入射波浪推进,但是该斜坡需避免对波浪形态产生影响,因此规定坡度不应陡于1:15。

6 泥沙运动水槽试验

6.2 水槽设计

6.2.2 环形水槽相当于各断面水文条件相同的一条无限长水槽。通过调节环形槽、剪力环转速,可以减弱副流的影响,使水槽内流速分布相对合理。环形水槽结构如图 6.1 所示。

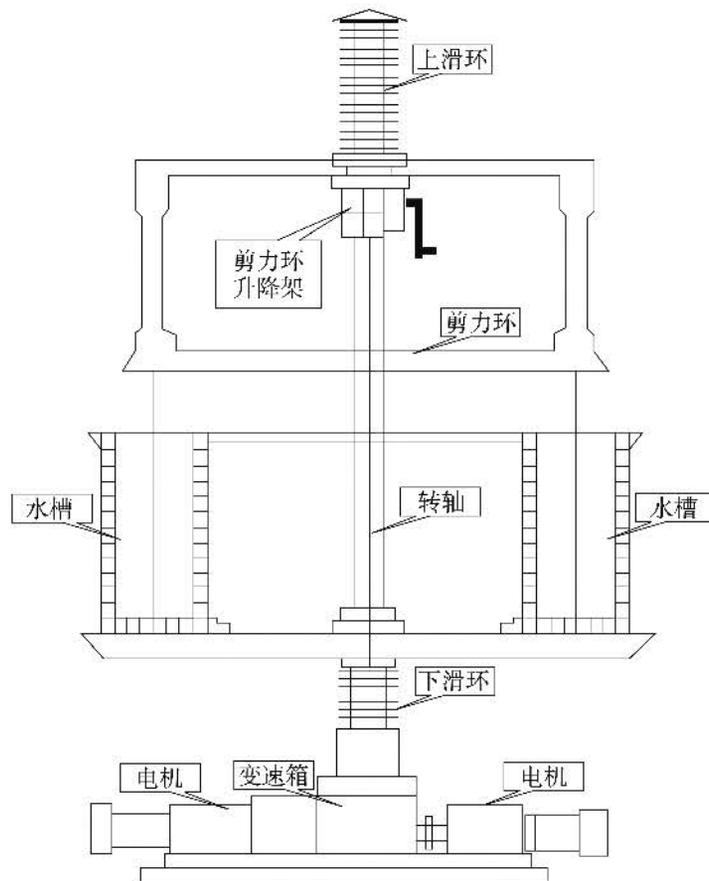


图 6.1 环形水槽结构示意图

6.3 模型设计

6.3.2 河口海岸变态模型的变率通常是 3 ~ 10,波浪潮流泥沙模型的变率是 3 ~ 6,但水槽属于精细模拟的模型,因此规定变率不宜大于 3。

6.3.5 系列模型延伸法是将若干不完全相似的模型试验成果延伸到比尺相似的正态模型,以消除偏差,实现模型试验成果同原型相似。该方法的操作步骤如下:设完全符合相

似条件的正态模型几何比尺为 λ_{H_0} , 当模型完全符合正态模型相似比尺时, $\lambda_{H_s} = \lambda_H = \lambda_{H_0}$ (λ_{H_s} 为冲淤深度比尺, λ_H 为模型几何比尺), 当模型偏离正态模型相似条件时 $\lambda_{H_s} \neq \lambda_H \neq \lambda_{H_0}$, λ_{H_s} 之所以偏离 λ_H , 是由于 λ_H 偏离 λ_{H_0} 造成的, 这种关系可以用函数关系表示:

$$\frac{\lambda_{H_s}}{\lambda_H} = \left(\frac{\lambda_{H_0}}{\lambda_H} \right)^\alpha \quad (6.1)$$

令 $\lambda_{H_s} = \frac{H_{s_p}}{H_{s_m}}$, 式(6.1)可以变为:

$$H_{s_p} = \lambda_H H_{s_m} \left(\frac{\lambda_{H_0}}{\lambda_H} \right)^\alpha \quad (6.2)$$

对式(6.2)两边取对数, 得:

$$\lg H_{s_p} - \lg \lambda_H H_{s_m} = \alpha (\lg \lambda_{H_0} - \lg \lambda_H) \quad (6.3)$$

在双对数纸上以 $\lambda_H H_{s_m}$ 为纵轴, λ_H 为横轴, 作图成直线关系, 当 $\lambda_H = \lambda_{H_0}$, H_{s_p} 为原型冲淤厚度。也可以用两个比尺模型的 λ_H 和 H_{s_m} 求出斜率 α 值, 再由式(6.2)计算出原型冲淤厚度。

6.5 量测及技术要求

6.5.2 光电颗粒分析仪适用于泥沙粒径变化不大的环境, 使用时首先进行筛分, 再用试验用水及待测泥沙制作沙样标定曲线方可使用。

6.5.3 使用测针测定河床高程时要注意缓慢放掉模型存水以避免破坏地形, 并在地形下陷前迅速完成测量。超声波地形仪、电阻式地形仪和光电式地形仪现已广泛应用, 注意当水沙界面不明显时, 首先设定以某一浓度作为床面, 调整好仪器再进行测量。地形测量的偏差主要受仪器精度和测量条件(模型沙特性、含沙量等)的影响, 目前主要地形测量仪器精度为 $\pm 0.5\text{mm} \sim \pm 1.0\text{mm}$, 根据模型制模地形高程允许偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$, 综合考虑后, 确定地形测量允许偏差为 $\pm 2.0\text{mm}$ 。