

ICS 27.140

P 59

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 160—2012

替代 SL 160—95

冷却水工程水力、热力模拟技术规程

Regulation for hydraulic and thermal
model in cooling water projects

2012-07-13 发布

2012-10-13 实施



中华人民共和国水利部 发布

https://www.sljzjxx.com
水利造价信息网

http://www.slzjxx.com
水利造价信息网

中华人民共和国水利部

关于批准发布水利行业标准的公告

2012 年第 19 号

中华人民共和国水利部批准《冷却水工程水力、热力模拟技术规程》(SL 160—2012) 标准为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	冷却水工程水力、热力模拟技术规程	SL 160—2012	SL 160—85	2012. 7. 13	2012. 10. 13

二〇一二年七月十三日

http://www.sljzjxx.com
水利造价信息网

前 言

根据水利部水利行业标准制修订计划，按照《水利技术标准编写规定》(SL 1-2002)的要求，对《冷却水工程水力、热力模型试验规程》(SL 160-95)进行修订。

本标准共5章15节61条，主要技术内容有：

——总则；

——一般规定；

——基础资料；

——数学模型计算；

——物理模型试验；

本次修订的主要内容有：

——增加数学模型计算等内容；

——增加包括核电厂放射性液态流出物、余氯等的输移扩散模拟等内容；

——增加一般规定，对模拟工作资料要求、技术分类及应用条件等做出明确规定；

——增加基础资料，对地形、水文等资料做出明确的要求；

本标准全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本为：

——SL 160-95

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利水电规划设计总院

本标准解释单位：水利水电规划设计总院

本标准主编单位：中国水利水电科学研究院

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：纪平 袁珏 赵顺安 赵懿璐

贺益英 秦晓 张强 陈小莉

梁洪华 何 耘 康占山

本标准审查会议技术负责人：温续余

本标准体例格式审查人：陈 昊

<http://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

目 次

1 总则	1
2 一般规定	2
2.1 基础资料	2
2.2 模拟技术类别与选择	2
2.3 工作大纲与质量保证大纲	2
2.4 资料记录及整理	3
2.5 报告编写及提交	3
3 基础资料	4
4 数学模型计算	5
4.1 计算模型与参数	5
4.2 模拟范围及计算网格尺度	6
4.3 模型验证与计算水文条件	7
4.4 计算内容与成果分析	7
5 物理模型试验	8
5.1 物理模型试验相似准则	8
5.2 模型设计	9
5.3 试验设备与检测仪器	9
5.4 模型制作与安装	10
5.5 试验要求	10
5.6 试验内容与成果分析	11
标准用词说明	12
条文说明	13

http://www.sizjxx.com/

http://www.sizjxx.com/

http://www.sizjxx.com/

1 总 则

1.0.1 为统一冷却水工程水力、热力模拟技术和方法，提高研究成果的科学性、准确性和可靠性，编制本标准。

1.0.2 本标准适用于电厂利用天然及人工水体进行冷却的工程水力、热力模拟研究，以及放射性液态流出物、余氯等稀释扩散模拟研究。

1.0.3 本标准的引用标准主要有以下标准：

《水工（常规）模型试验规程》（SL 155）

《电力工程水文技术规程》（DL/T 5084）

1.0.4 冷却水工程水力、热力模拟技术除符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 一般规定

2.1 基础资料

2.1.1 基础资料是开展相关模拟研究工作必备的基础条件，应包括原体观测、工程设计、工程水域内已有电厂运行情况、环境功能区划及岸线规划等。

2.1.2 基础资料应与同一工程其他研究工作的资料相协调。

2.2 模拟技术类别与选择

2.2.1 冷却水工程水力、热力模拟可采用物理模型试验和数学模型计算两种方法进行。

2.2.2 物理模型试验宜用于电厂取排水近区水域水力、热力预报。为电厂可行性论证及其取排水工程方案的比选优化提供依据，也可为电厂排水口近区水环境影响评价等提供依据。

2.2.3 数学模型计算宜用于大范围水域水力、热力预报。为电厂可行性论证、电厂取排水方案初步比选以及工程水域水环境影响评价等提供依据。

2.2.4 初步可行性研究阶段可采用数学模型计算开展研究工作；可行性研究阶段和初步设计阶段宜采用数学模型计算和物理模型试验相结合的方法。

2.2.5 对于宽浅型水域、取排水口远区，电厂水力、热力的数值模拟宜采用成熟的平面二维数学模型；对于取排水口近区、深水型湖库、水池等三维水流特征明显的水域，宜采用三维数学模型；对于充分混合的河道可采用一维数学模型。

2.3 工作大纲与质量保证大纲

2.3.1 冷却水工程水力、热力模拟宜编写工作大纲与质量保证大纲。

2.3.2 工作大纲及质量保证大纲的编写应符合相关规范及任务书的要求。

2.4 资料记录及整理

2.4.1 资料记录及整理应符合相关规定与模拟工作任务的要求。

2.4.2 应根据工作的要求做好记录；当发现资料有疑问和差错时应查明原因，重新检测或计算；自动生成的数据文件应有统一编码、生成时间；数据文件应及时备份。

2.4.3 资料应及时整理、校核。资料的整理应遵循精度和谐及误差处理的基本原则，不应任意挑选和取舍资料。

2.5 报告编写及提交

2.5.1 报告编写应符合基本格式要求。

2.5.2 报告内容主体应包括工程概况、自然条件、研究目的与内容、研究工作技术路线、遵循的技术标准、资料选取、模型验证、成果分析、主要结论等。物理模型试验还应包括模型设计、制作以及主要仪器设备性能、精度分析；数学模型计算还应包括模型、计算方法以及主要参数取值的合理性分析等。

2.5.3 对同一研究对象采用几种方法进行模拟时，应针对其主要成果进行综合分析并提出相应的报告。

2.5.4 研究报告应按规定的程序审核后提交，相应资料应归档备查。

3 基础资料

3.0.1 地形资料应满足下列要求：

1 模拟范围要求，应包括工程水域和电厂排放物质可能的影响区域。

2 工程初步可行性研究阶段的数学模型计算工作宜以收集已有资料为主；工程可行性研究阶段和初步设计阶段相应研究工作，取排水工程附近水域应采用实测地形资料，其他区域可采用已有资料。

3 测图比例可根据工程水域自然地形条件等因素确定。

3.0.2 河流或河道型水库水文资料应包括下列内容：

1 流域基本特征及水利工程运行调度资料。

2 上下游控制断面丰水期、平水期和枯水期水位、流量资料。

3 模拟范围内丰水期、平水期和枯水期的水面线资料。

4 不少于5个断面的同步水文测验资料；如有支流，宜增设测验断面。

3.0.3 海域水文资料应包括下列内容：

1 工程海域的基本水动力特征。

2 厂址或周边海洋观测站的长期水文资料。

3 不少于3个测站的连续一个月的潮位资料。

4 不少于9个测点的大潮、中潮、小潮的全潮同步水文测验资料。

3.0.4 其他资料应包括气象资料、工程设计以及工程水域内已有电厂运行、环境功能区别及岸线规划等资料。

4 数学模型计算

4.1 计算模型与参数

4.1.1 计算应采用下列基本方程:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u\phi)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v\phi)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w\phi)}{\partial z} \\ & = \frac{\partial}{\partial x} \left[\Gamma_x \frac{\partial\phi}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\Gamma_y \frac{\partial\phi}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\Gamma_z \frac{\partial\phi}{\partial z} \right] + S \end{aligned} \quad (4.1.1)$$

式中 ϕ ——通用变量, 代表 u, v, w, T, C 等;

$\Gamma_x, \Gamma_y, \Gamma_z$ —— x, y, z 方向的广义扩散系数;

$\frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t}$ ——瞬态项;

$\frac{\partial(\rho u\phi)}{\partial x}, \frac{\partial(\rho v\phi)}{\partial y}, \frac{\partial(\rho w\phi)}{\partial z}$ —— x, y, z 方向的对流项;

$\frac{\partial}{\partial x} \left[\Gamma_x \frac{\partial\phi}{\partial x} \right], \frac{\partial}{\partial y} \left[\Gamma_y \frac{\partial\phi}{\partial y} \right], \frac{\partial}{\partial z} \left[\Gamma_z \frac{\partial\phi}{\partial z} \right]$ —— x, y, z 方向的扩散项;

S ——广义源汇项。

通用变量不同取值情况下, ϕ, Γ, S 的取值见表 4.1.1。

4.1.2 边界条件应符合下列要求:

1 固体边界的法向流速为零, 温度、浓度的法向梯度为零:

$$\vec{v} \cdot \vec{n} = 0$$

$$\frac{\partial\phi}{\partial n} = 0$$

2 水边界采用给定的水位或流量(流速)过程:

$$\xi(x, y, t) \Big|_b = \xi^*(x, y, t)$$

$$Q(x, y, z, t) \Big|_b = Q^*(x, y, z, t)$$

$$\vec{V}(x, y, z, t) \Big|_b = \vec{V}^*(x, y, z, t)$$

3 温度场、浓度场宜考虑边界回归处理。

表 4.1.1 通用变量不同取值情况下 ϕ , Γ , S 的取值

通用变量	ϕ	Γ	S
连续方程	1	0	0
动量方程	u, v, w	μ	$-\frac{\partial p}{\partial x_i} + S_i$
能量方程	T	E_T	$K \frac{\Delta T}{C_p} - S_T$
浓度方程	C	E_C	$(\lambda C + k_d C + \dots) \rho$

注： u, v, w — x, y, z 方向流速分量；
 T —水温；
 C —水体中放射性液态流出物、余氯等的浓度；
 ΔT —温升；
 K —综合散热系数；
 μ —广义粘性系数；
 E_T, E_C —扩散系数；
 λ —衰减系数；
 k_d —广义分配系数；
 S_i, S_T —广义源汇项。

4 潮间带的模拟宜采用动边界技术进行处理。

4.1.3 模型参数选取应遵循相应规范规定，对没有规范规定的参数，应依照已有研究成果、类似研究工作所取得的实践经验进行选取，同时采用必要的手段进行率定或敏感性分析。

4.2 模型范围及计算网格尺度

4.2.1 模型范围选取应遵循以下原则：

1 根据研究目的，结合水流、地形条件、工程建筑物对水域流场影响范围以及电厂冷却水对受纳水体可能的影响区范围等确定。

2 满足水体热量（或放射性液态流出物）扩散效应的模拟要求。

3 反映相邻工程（电厂等）冷却水的相互影响。

4.2.2 模型网格尺度的选取应满足计算精度的要求，反映水工

构筑物等对其水力、热力特性变化的影响。

4.3 模型验证与计算水文条件

4.3.1 模型验证应包括下列内容：

- 1 河流或河道型水库模型应进行水面坡降、断面流量、流速、流向验证。
- 2 海域模型应进行大潮、中潮和小潮的潮位、流速与流向过程验证，并符合原体整体流态。
- 3 有温度（场）的实测资料时，应在模型中验证。

4.3.2 计算水文条件应符合下列要求：

- 1 河流或河道型水库模型应按全年、夏季设计枯水等水文条件开展相应的冷却水（或放射性液态流出物等）模拟工作。
- 2 海域模型应依据工程各阶段要求采用有代表性潮型（大潮、中潮、小潮）或代表性半月潮型开展相应的模拟研究工作，应考虑风生流、沿岸流等影响。
- 3 计算水文条件选择应符合 DL/T 5084 的要求。

4.4 计算内容与成果分析

4.4.1 计算内容应符合下列要求：

- 1 河流或河道型水库模型应计算不同设计工况和不同水文条件下的水面线、流场、温度场（或浓度场）。
- 2 海域模型应计算不同设计工况和不同水文条件下潮位、流场、温度场（或浓度场）。

4.4.2 成果分析应包括以下内容：

- 1 绘制水流、温度、浓度时空分布图表，包括温升、浓度过程线及包络图表等。
- 2 分析水流、温度、浓度时空分布变化规律。
- 3 计算成果合理性分析。

5 物理模型试验

5.1 物理模型试验相似准则

5.1.1 模型应满足几何相似、水流运动相似、动力相似和热力相似。

5.1.2 冷却水模型的相似准数应按下列公式计算：

$$(Eu)_r = (Fr)_r = (F_s)_r = (Re)_r = (Fo)_r = (Pe)_r = 1 \quad (5.1.2-1)$$

$$\left(\frac{K(T - T_{\infty})L^2}{\rho C Q \Delta T} \right)_r = 1 \quad (5.1.2-2)$$

式中 Eu ——欧拉数；

Fr ——弗劳德数；

F_s ——密度弗劳德数；

Re ——雷诺数；

Fo ——傅里叶数；

Pe ——贝克来数；

K ——水面散热系数， $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ；

T ——水温， $^\circ C$ ；

T_{∞} ——自然水温， $^\circ C$ ；

L ——水平长度， m ；

ρ ——水的密度， kg/m^3 ；

C ——水的比热， $J/(kg \cdot ^\circ C)$ ；

Q ——取排水流量， m^3/s ；

ΔT ——取排水温差， $^\circ C$ ；

r ——原体与模型比值。

5.1.3 当 5.1.2 条不能同时满足时，根据试验的主要任务，应满足主要相似准则，可舍弃或松弛次要的相似准则。

5.1.4 冷却水模型试验宜满足弗劳德数 (Fr) 及密度弗劳德数

(P_{Δ}) 相似，散热相似模型应满足散热相似条件式 (5.1.2-2)。

5.1.5 模型雷诺数应大于临界雷诺数，模型最小水深宜大于 3cm。

5.1.6 涉及风效应的冷却水模型试验，应补充风效应的相似条件。

5.1.7 涉及冰冻、泥沙及风浪等问题的冷却水模型试验，应补充相应的相似条件。

5.1.8 放射性液态流出物扩散试验与冷却水模型试验相似准则应相同。

5.2 模型设计

5.2.1 冷却水模型设计应按照 5.1 节相似准则进行。试验可采用正态模型或变态模型。模型变态率应按以下原则选择：

1 重点研究取排水工程布置及其近区的流场和温度场特性的试验，宜采用正态模型或小变态模型。

2 重点研究整个受纳水域的散热能力试验，宜采用变态模型，并按照散热相似设计模型，选定模型比尺。

3 在同一模型中受纳水域包括近区和远区，且两者存在水力、热力上的因果影响，模型的几何变态率应进行专门论证。

5.2.2 模型设计应考虑流速、流量、温度、浓度等量测仪器的测试精度。

5.2.3 其他常规要求应符合 SL 155 的规定。

5.2.4 模型范围选取宜参照数学模型计算结果，并考虑下列因素：

- 1 工程水域水上构筑物对水域流场的影响。
- 2 电厂冷却水对受纳水体的主要影响区。
- 3 相邻工程（电厂等）冷却水的相互影响。
- 4 模型试验水域开边界的进流、出流调整段。

5.3 试验设备与检测仪器

5.3.1 冷却水工程水力、热力以及放射性液态流出物模型试验，

除有特殊模拟要求外，应在室内进行。

5.3.2 冷却水试验用的加热系统应保证恒定供热，控温精度为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ；放射性液态流出物试验用的示踪剂添加系统，其示踪剂添加系统流量控制精度要求为 $\pm 1\%$ 。

5.3.3 试验用潮汐模拟系统应满足试验潮汐模拟参数精度要求。

5.3.4 试验测量仪器仪表的技术指标应满足测试要求。

5.3.5 自行研制的仪器仪表，应经相应技术监管部门检定合格，方可使用。

5.3.6 试验开始前应对所有检测仪器、设备进行检查、校核，检验合格后方可使用。

5.3.7 试验应包括以下主要专用测量设备：

- 1 流量、流速测试仪器。
- 2 水位量测仪器。
- 3 测温仪器，精度 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。
- 4 示踪剂（放射性液态流出物试验）浓度检测仪器，精度 $\pm 10\%$ 。
- 5 海域模型试验水位跟踪测架的响应时间应与潮位变化相匹配。

5.3.8 其他试验设备应符合 SL 155 的规定。

5.4 模型制作与安装

5.4.1 应绘制模型总体布置图、结构物制模图、测点布置图，并提出制模加工及安装要求。

5.4.2 模型制作、安装完成后，应进行检验与校核，并有完整记录。

5.4.3 其他有关模型制作、安装及测量设备安装等要求应符合 SL 155 的规定。

5.5 试验要求

5.5.1 模型验证应参照数学模型计算相关内容，见 4.3.1 条。

5.5.2 模型试验控制应符合下列要求：

- 1 模型水质应按试验要求控制。如无明确要求时，水质应保持洁净。
- 2 量测仪器及测控设备应进行现场检验和调试。
- 3 模型温度场（或浓度场）应达到稳定状态后方可正式量测。
- 4 放射性液态流出物试验的示踪剂应选择化学性质稳定、不易被吸附、对环境条件不敏感、无毒、对环境水体密度影响小的物质。

5.5.3 试验水文条件应符合下列要求：

- 1 河流或河道型水库模型应按全年枯水、夏季枯水等水文条件开展相应的冷却水（或放射性液态流出物）模拟研究工作。
- 2 海域模型应依据工程各阶段要求采用有代表性潮型（大潮、中潮、小潮）开展相应的模拟工作。

5.6 试验内容与成果分析

5.6.1 模型验证内容要求应同数学模型计算相关内容，见4.4.1条。

5.6.2 试验成果分析内容要求应同数学模型计算相关内容，见4.4.2条。

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	

中华人民共和国水利行业标准

冷却水工程水力、热力模拟技术规程

SL 160—2012

条文说明

<http://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

目 次

1 总则.....	15
2 一般规定.....	16
3 基础资料.....	19
4 数学模型计算.....	21
5 物理模型试验.....	25

http://www.sizjxx.com
水利造价信息网

1 总 则

1.0.2 本条为本标准的适用范围。电厂等工业冷却水按冷却机理，一般可分为水面冷却、水滴和水膜冷却两类。后者是各类冷却塔及喷水冷却，其测试技术已另有规定，本标准适用于通过自由水面来冷却的各种冷却水工程模拟，同时也适用于伴随冷却水排放的放射性液态流出物、余氯等在水体中掺混稀释过程模拟。

1.0.3 本条说明本标准与《水工（常规）模型试验规程》（SL 155）的关系。冷却水模型试验与一般水工模型试验不同之处在于增加了温度等变量，一般要求不仅满足水力相似准则，还应满足热力及物质输运相似准则。数模计算中需考虑相应的物质输运方程。如不考虑水体的温差效应与水气交面的热交换效应，水力、热力等扩散模型试验与一般水工模型试验相同。

2 一般规定

2.2 模拟技术类别与选择

2.2.2~2.2.5 说明在现阶段技术水平基础上的冷却水问题模拟研究方法及其应用条件。物理模型试验可较好地反映取水近区水域水力、热力及放射性液态流出物、余氯等的渗混稀释特性，主要用于电厂取水近区水域水力、热力及放射性液态流出物、余氯等的稀释扩散的模拟预报。数学模型计算不受试验条件、比尺效应等限制，主要用于大范围水域水力、热力及放射性液态流出物、余氯等的稀释扩散的模拟预报。数学模型可分为一维、二维、三维模型，在具体实施时需结合研究对象具体条件、研究目的加以运用。

三维数学模型从原理上可更好地反映原型实际，但目前三维数学模型尚处于发展之中，有待进一步深化研究。

2.3 工作大纲与质量保证大纲

2.3.1、2.3.2 冷却水模拟研究工作宜编写工作大纲。对于重要工程（如核岛工程、大型火电厂工程等）应编写两纲（工作大纲与质量保证大纲），两纲需根据任务书的要求及相关规程规范进行编写，经由具有相应资质的专家审查通过后方可执行。

(1) 工作大纲包括但不限于下列内容：

- 项目概况（包括工程自然条件概况）、研究目的与要求、研究内容与所采取的技术路线；
- 研究工作依据及执行标准；
- 模型选择或规划设计；
- 主要研究人员、试验仪器设备和所需的各项基础资料；
- 研究工作进度计划、预期成果；
- 国家重点项目或大型、中型工程项目应有国内外研究水

平和动态。

(2) 质量保证大纲包括但不限于下列内容：

- 项目概况（包括工程自然条件概况）、质量保证大纲编制依据与适用范围、承担单位责任及其质量方针、目标；
- 质量保证大纲编写、评审、批准程序；
- 组织构成；
- 文件控制；
- 检查（含质量控制点）；
- 对不符合项的控制；
- 纠正措施与预防措施。

2.5 报告编写及提交

2.5.1~2.5.4 对研究报告的编写格式、内容及其相应质量控制提出了要求。具体如下：

(1) 报告编写。

①封面应有报告全称、版次以及承担单位名称、报告出版日期。

②扉页宜包括项目名称、承担单位名称以及协作单位名称（如果有），项目负责人、项目主要参加人、报告编写人、报告审查人、报告审定人（项目承担单位技术负责人）、报告审批人〔项目承担单位主管院（所）长〕。

③目录。

④摘要。

⑤正文。

⑥附图或插图。

⑦参考文献和资料。

(2) 报告正文编写。

①前言，说明研究项目所涉及工程基本情况、问题提出、研究目的、主要内容、研究工作技术路线及其他所需说明的问题。

②研究项目所涉及水域地形、水文、气象以及工程水域水工构筑物等基本情况介绍与总结分析。

③模型设计或数值模拟计算方法选择。模型设计应包括模型相似条件，模型限制条件，模型比尺、模型变态率（对于变态模型），模型循环冷却水最小流量，模型水域开边界条件处理，模拟水域范围等；数学模型应包括水流、温排水或放射性液态流出物、余氯等输运基本控制方程、辅助方程、参数、求解方法、离散格式与网格尺度、边界条件及处理方法、模拟计算域范围等。

④模型制作及量测仪器设备，模型制作的方法和精度，主要量测仪器设备的性能及精度。

⑤验证试验与验证计算，检验模拟水域水流运动的相似性，对于模拟水域已有运行电厂情况可进行必要的温度场、取水温升相似性验证。数值模拟计算应对计算参数、模拟区域边界温度场、浓度场回归影响等进行必要的敏感性分析。

⑥工程方案试验或计算成果分析，论述设计方案的合理性及存在问题，修改方案的指导思想及效果，方案比选、优化结果，为取排水工程的最终方案确定提供依据。

⑦结语，其中应包含主要结论、存在的问题和建议等方面内容。

(3) 鉴于工程的重要性以及各种研究手段的优点、缺点，研究工作往往需采用数模计算与物模试验相结合的技术路线进行。此时，需根据不同模型特点对其主要研究成果进行对比分析，给出其明确、可信的结论，提出相应的综合分析成果报告。

(4) 研究报告审核程序一般应包括：审查、审定、批准。工作结束后，试验所用的原型资料和模型试验的主要资料、分析计算成果、报告底稿、项目任务书、报告审批表、审查鉴定意见书等应按科技档案管理要求整理归档。

3 基础资料

3.0.1 本条说明了基础地形资料的基本要求。

(1) 现场实测水下地形范围包括规划的取排水工程区域及其排放物质影响主要敏感区；应满足模拟研究工作需求，如相邻工程的影响、模型水域边界过渡段范围以及验潮站设置情况等。

(2) 工程水域水下地形一般采用近期实测结果，其中取排水工程附近水域应采用最新实测资料。量测高程视具体工程问题而定。

(3) 测图比例根据工程水域自然地形条件、研究问题性质等确定。一般情况下，取排水口近区水域水下地形比尺不小于1/2000，其余区域可采用更小比尺的地形图或海图。

(4) 测图换算成统一的基准面和坐标系，一般采用国家85高程系、北京坐标系。

(5) 水位、测流点或断面位置一般标注在地形图上。

3.0.2、3.0.3 说明了水文资料的基本要求。水文观测包含：水位、流速、流量、水温、盐度、放射性本底浓度（核电厂项目试验要求，火电项目研究无此要求）等内容。

(1) 河道或水库型水域水文测验断面，测站布置能够反映工程水域基本特性。电厂取水口、排水口附近应至少布置一个水文测验断面；弯道区域一般增设断面并应在两侧岸边各设一个水位测站。

(2) 对于有顶托影响水域，给出不同顶托条件下的测站水位、水面线资料。

(3) 河口、海岸型水域一般顺岸向设置潮位站，其中至少一个测站应布置在取水口附近。对于半封闭海湾，则需在湾口海流入口两侧岸边各自布置一个测站，而湾底至少布置一个测站。

(4) 河口、海岸型水域水文测验需结合工程海域潮汐的代表

性要求进行，给出工程海域有代表性潮型及其连续半月潮资料。

①工程海域有代表性潮型：即潮型有代表性、潮差出现频率分别满足 10%、50%、90%要求的实测大潮、中潮、小潮，其选择、施测基本原则如下：

- 潮差频率分析一般采用平均潮差进行，潮差出现频率可按冬、夏两季考虑。鉴于实测资料难以完全满足潮差频率等要求，具体实施时可选择尽量接近的结果，但其出现频率偏差一般不超过±5%；
- 不同海域海流特性各异，在依据潮差频率选取潮流观测时段时，要注意潮型的代表性；
- 每个潮周的平均潮位要与当地平均潮面接近，其偏差不得超过±10cm。

②连续半月潮是指包含上述有代表性大潮、中潮、小潮在内的连续半个月的实测潮过程。

③对实测潮代表性进行分析，当其不满足要求且不具备重新测量条件下可考虑采用构造潮（依据历史资料推算分析给出的典型潮型）替代。

3.0.4 本条说明了工程区域气象条件、取排水工程布置、环境保护要求等方面资料要求。

(1) 给出工程区域包括气温、湿度、风速、风向、太阳辐射、云量等在内的多年逐月最高、平均、最低值资料。

(2) 工程水域已有取排水工程及其水工构筑物工程布置、结构形式等资料。

(3) 工程水域功能区划及其环境保护要求资料。

(4) 工程水域通航要求资料。

4 数学模型计算

4.1 计算模型与参数

4.1.1~4.1.3 给出了冷却水工程水力、热力及放射性液态流出物等排放计算模型的基本控制方程、模型边界条件处理、参数选择等的原则、方法。

(1) 在实际运用时,根据具体情况选用成熟、适宜的模型与计算方法。鉴于现有技术条件所限,放射性液态流出物计算模型中关于核素物质的吸附、转移等方面问题尚难以在模型中完整、准确地反映。对此,可根据实际情况,借鉴已有工程经验予以简化处理,但需对其影响予以分析,保证研究成果安全、可靠。

(2) 模型边界条件处理需与边界物理量实际变化情况协调一致,保证边界条件处理上的差异不会对计算结果产生明显影响。对模型水域开边界浓度回归影响宜进行敏感性计算分析,给出其可能的误差范围,一般要求其相对误差小于1%。

(3) 依据现阶段技术水准及其认识,模型计算主要参数选取的原则、方法如下:

①水面的综合散热系数(K)。首先考虑依据工程所在地区的水面散热实测资料确定;当缺乏实测资料时,可按本标准提供的相关计算公式确定。

$$K = (k + b)\alpha + \epsilon\sigma(T_s + 273)^4 + \Delta K \quad (1)$$

$$\Delta K = \frac{80(1 + km)}{\alpha} [b(T_s - T_a) + \Delta\epsilon] \quad (2)$$

$$\Delta\epsilon = \epsilon_s - \epsilon_a$$

$$k = \frac{\partial \epsilon_s}{\partial T_s} \quad (3)$$

$$m = \frac{0.378}{P}(T_s + 273) \quad (4)$$

$$\alpha = [22.0 + 12.5V_w^2 + 2.0(T_s - T_w)]^2 \quad (5)$$

$$b = 0.66 \times \frac{P}{1000} \text{ hPa}/^\circ\text{C}$$

式中 K ——水面综合散热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

a ——水面蒸发系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{hPa})$;

ϵ ——水面辐射系数, 可取 $\epsilon=0.97$;

σ ——Stafan - Boltzman 常数, $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}^4)]$;

T_w ——水面水温, $^\circ\text{C}$, 夏季一般选用连续 3 个最热月 10% 保证率日平均值, 冬季一般选用连续 3 个最冷月月平均值;

T_s ——水面上 1.5m 处气温, $^\circ\text{C}$, 一般选用不同季节的月平均值。

e_w ——对应于水面温度 T_w 的饱和水汽压, hPa;

e_s ——水面上 1.5m 处的水汽压, hPa;

V_w ——水面上 1.5m 处的风速值, m/s, 一般选用不同季节的月平均值;

P ——水面上 1.5m 处的大气压强, hPa。

②广义黏性系数 μ 、物质扩散系数 E_L 、 E_C 随不同计算模式、不同模拟对象而有一定差别。因此, 具体应用时可依照已有研究成果、类似研究工作所取得的实践经验进行选取, 同时采用必要的手段进行验证或敏感性分析。

③广义分配系数 k_d : 与排放物类型、受纳水体水质等有关, 需考虑排放物在水体中的吸附转移等效应, 一般通过实验室试验和现场试验数据统计而得。在核电站核素水体污染预报模型中, 可对此项做保守处理, 即不考虑核素吸附转移等影响, 取用 $k_d=0$ 。

④随着技术水平的不断提高, 对计算模型、计算参数的认识也在不断加深, 研究工作应注意吸收这些先进的经验与研究成果, 借此不断提高研究水平。

4.2 模型范围及计算网格尺度

4.2.1、4.2.2 说明了数学模型模拟范围、计算网格尺度选取的基本原则。

(1) 模型范围选取尽量结合已有实测水位、水流（如国家长期水文站、潮汐测站等）等测站，以提高模拟精度。在取排水近区水域，模型计算网格尺度应足以反映其水力、热力及放射性液态流出物、余氯等的输运特性，一般情况下，其水平方向最小网格尺度应不超过取排水口宽度的 1/3 且不宜超过 50m。

(2) 大范围水域三维数学模型计算工作量较大，可以考虑采用二维、三维结合的嵌套模型，适当减少三维计算区域。在保证成果质量基础上提高工作效率。

4.3 模型验证与计算水文条件

4.3.1 本条说明了数模计算模型验证基本要求。

参照类似规范情况 [《内河航道与港口水流泥沙模拟技术规程》(JTJ/T 232)、《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》(JTJ/T 233)]，模型验证控制指标基本要求如下。

(1) 河道、水库模型应根据不同任务要求进行不同来流量下的水面线验证。水位允许偏差：山区河流为原型 $\pm 0.1\text{m}$ ；平原河流为原型 $\pm 0.05\text{m}$ 。水面比降和落差应与原型一致。与水面线验证同步开展流速分布和断面流量验证工作，其中断面流速分布规律应与原型基本一致，实测流量允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

(2) 海域模型需进行定点潮位、流速与流向过程验证。通过调整模型糙率、开边界水力参数等手段，达到模拟精度要求，以保证流场的相似性。各参数验证精度要求如下：

- 潮位，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 $\pm 0.1\text{m}$ ；
- 流速，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，涨、落潮段平均

流速允许偏差为 $\pm 10\%$ ；

- 流向，往复流时测点主流流向允许偏差为 $\pm 10^\circ$ ，平均流向允许偏差为 $\pm 10^\circ$ ；旋转流时测点流向允许偏差为 $\pm 15^\circ$ 。

(3) 当模型验证试验个别测点流速、流向、水位等结果超出允许偏差时，应对比现场实测资料，分析产生偏差的原因；并应采取相应的措施。

4.3.2 本条说明了模型计算水文条件应符合的基本要求。

(1) 内陆水域情况：

①天然河道：应按全年和夏季 97% 保证率最小日均流量、90% 保证率最小月均流量等设计枯水等水文条件开展相应的电厂温排水模拟研究工作；核电厂放射性液态流出物、余氯等计算宜采用多年年平均来流量、保证率 90% 最小月平均流量、10 年一遇连续 7 天低流量 (7Q10) 等进行。

②水库、湖泊：应按 90%、97% 保证率枯水年最小供水量等水文控制条件开展相应的电厂温排水模拟研究工作。对于放射性液态流出物模拟计算可考虑采用进水库、出水库 (湖泊) 水域的年设计枯水流量 (90% 保证率逐月平均进流量、出流量) 过程。

(2) 滨海、河口水域应采用有代表性潮型 (大潮、中潮、小潮) 或代表性半月潮型水文条件同时应考虑风生流、沿岸流等影响。放射性液态流出物模拟计算工作可考虑同时采用代表性潮型 (大潮、中潮、小潮) 和代表性半月潮型水文条件开展计算工作。

5 物理模型试验

5.1 物理模型试验相似准则

5.1.2、5.1.3 为 5.1.1 条中的动力、热力相似条件。欧拉数为压力与惯性力之比；弗劳德数为重力与惯性力之比；密度弗劳德数为浮力与惯性力之比；雷诺数为黏滞力与惯性力之比；傅里叶数为流动时间与导热时间之比；贝克莱数为对流传热与分子传热之比；式 (5.1.2-2) 为水面散热通量与对流换热之比。上述相似条件包括了不少物理变量，其比尺关系在各个相似条件中要求不尽相同，在具体应用时必须根据试验的主要任务放弃或放松一些次要的相似条件来迁就主要相似条件的满足，如对于傅里叶数，在模型最小水深不小于 3cm 条件下，该数的影响可忽略不计；贝克莱数在模型水流处于紊流状态下时，该数的影响可忽略不计。根据试验重点要求，可将模型大致分为两类：

(1) 试验重点是整个接纳水域的散热能力，一般是水库型或上游来水量不大的河道型或海域型冷却水模型，宜采用几何变态模型。

(2) 试验重点是排水口地区的出流流态，局部掺混及与之相应的温度场，一般是细化研究排水口工程布置的冷却水模型，宜采用几何正态模型。

但实际情况往往是排水口、取水口包含在同一模型中，接纳水域包括了排水的近区和远区，而且两者有着水力、热力上的因果影响，因此模型的几何变态率要依据和权衡多方面因素来最终确定。综上所述，冷却水模型的相似要求可参考表 1。

5.1.5 本条是对模型中水流整体紊动相似的视同条件。如果模型中临界雷诺数不易确定，可用模型流量大于临界流量替代。临界流量的含义为对于冷却池模型，当冷却水量超过此值后，接纳水域的整体流态已不随流量增大而明显改变。

表 1 两类模型的设计要求

项目	第 I 类模型				第 II 类模型			
几何相似	$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_5$ $\lambda_m > \lambda_{min}$ $Q_m > Q_c$							
雷诺相似	$(Re)_m > Re_{cr}$ 或 $\lambda_1 \leq \left[\left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)^{1/3} \frac{Re_c}{Re_m} \right]^{3/2}$							
模型类型	IA	IB	IC	IIA	IIB	IIC	IID	
特点	使 $Q_1 = K_1 \rho^{1/3}$ 或 $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_5$				使 $\lambda_1 \approx \lambda_2$ 或 $Q_1 = K_1 \rho^{1/3}$			
模型相似准则	使 $\left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)_m = 1$ $K_1 = 1$	使 $\left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)_m = 1$ 或 $\lambda_1 = 1$	使 $\left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)_m = 1$ 或 $\lambda_1 = 1$	使 $\left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)_m = 1$ 或 $\lambda_1 = 1$	使 $\left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)_m = 1$ 或 $\lambda_1 = 1$	使 $\left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)_m = 1$ 或 $\lambda_1 = 1$	使 $\left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)_m = 1$ 或 $\lambda_1 = 1$	使 $\left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)_m = 1$ 或 $\lambda_1 = 1$
	$\rho^{1/3}$	$K_1^{1/3} \rho^{1/3}$	$K_1^{1/3} \rho^{1/3}$	$\rho^{1/3}$	$\rho^{1/3}$	$\rho^{1/3}$	$\rho^{1/3}$	$\rho^{1/3}$
	$\rho^{1/3}$	$K_1^{1/3} \rho^{1/3}$	$K_1^{1/3} \rho^{1/3}$	$\rho^{1/3}$	$\rho^{1/3}$	$\rho^{1/3}$	$\rho^{1/3}$	$\rho^{1/3}$

表 1 (续)

项 目	第 I 类模型			第 II 类模型			
	$(F_0)_c = 1$ $(F_0)_c = -1$ $t_c = t_c/V_r$ $\lambda_c = \frac{t_c}{t_r}$	$g^{1/2}$	$K_c^{-1/2} g^{1/2}$	$K_c^{-1/2} \left(\frac{\Delta g}{\rho}\right)^{-1/2} g^{1/2}$	$Q^{1/2}$	$\left(\frac{\Delta g}{\rho}\right)^{1/2} t^{1/2}$	$\sigma_r^{-1/2} t_r$
校核	Q_c	$K_c g^{1/2}$	$K_c g^{1/2}$	$\rho^{1/2}$	$\left(\frac{\Delta g}{\rho}\right)^{1/2} g^{1/2}$	$t_c g^{1/2}$	$\left(\frac{\Delta g}{\rho}\right)^{1/2} t_c g^{1/2}$
相似	λ_r	$K_c^{1/2} t_r^{-1/2}$	$K_c^{1/2} \left(\frac{\Delta g}{\rho}\right)^{1/2} t_r^{1/2}$	1	1	$\sigma_r t_r^{-1}$	$\sigma_r t_r^{-1}$
准则	$(T - T_{\infty})_c$	$(T - T_{\infty})_r$			$(T - T_{\infty})_r$		

注: r ——模型比尺; m ——模型; λ ——阻力系数; t_c, Z_c, V_c, Q_c, K_c ——平面长度, 厚度, 流速, 时间, 流量, 综合系数模型的模型比尺; t_{min} ——最小模型水深; R_{Re} ——排水出流雷诺数; R_{Co} ——佛劳智雷诺数; R_{Co_m} ——最小雷诺数; T ——水头; T_{∞} ——自然水头; p ——密度。

5.1.6 本条是试验任务涉及风效应时的补充相似条件,包括:

- (1) 水上地形和建筑物的几何相似。
- (2) 气流雷诺数进入自模区。
- (3) 风面热交换通量相似。
- (4) 风作用于水面后水域流速场相似。
- (5) 风吹效应对水面坡降及沿程能量变化相似。

5.1.8 现状技术条件下,尚难以在大水域物理模型试验中模拟放射性液态流出物(如核电厂排放物中的核素)自身衰变、物质吸附转移等对其浓度场的影响,只能采用适宜的示踪剂模拟其在环境水体中的掺混、稀释效应。由此,放射性液态流出物扩散模型试验可考虑与冷却水试验在同一模型中进行。

5.2 模型设计

5.2.1 本条说明了模型设计及其几何变态率选取应遵循的原则。

(1) 模型比尺的选定及最终依循的模型相似条件要根据试验研究的重点内容及试验客观条件而定,具有一定的自由度。根据已有冷却水模型试验的实践经验,将模型分类及其相似要求列于表2。

(2) 对于在同一模型需同时考虑受纳水域包括近区和远区影响的整体模型,其模型的几何变态率应依据主要研究目的、内容进行系统分析论证后确定,在一般情况下,此类模型变态率宜选择 $\epsilon = L_r/Z_r \leq 5$ 。

5.2.4 本条为模型模拟范围选择说明,具体操作时尚需结合5.1.1条及5.2.1条的要求确定。对于模型的正态、变态及变态率的选择原则,可参见5.1.2条说明。

物理模型试验需依据任务要求选择足够大的模拟范围。一般情况下,需保证 1°C 以上温升影响区(或稀释倍率10倍以上区域)在模拟范围内。模拟边界需考虑温度或浓度回归影响,具体可采用数模计算(或估算)方法给出边界进出流温差(或浓度差)并据此进行修正。

表 2 冷却水模型的分类及相似要求

模型分类编号	模型特征	模型研究重点 研究内容	试验装置 条件	模型特点	模型相似要求	
					必须满足的条件	台阶满足的条件
A	几何变 态水力热 力模型	(1) 热水受纳水核整体流量及 水力热力特性; (2) 非取水口工段布置; (3) 水质散热能力, 冷却 容量; (4) 工程方案比较及优化; (5) 环境循排料, 水环境评估	模拟范围较 大, 试验装置 较大	(1) 主要模拟 近区; (2) 提高精度 主要因素之一; 远区作为模型内 边界水力热力 模拟	(1) $L_1/\alpha_1 = 1$; (2) $Q_1 > Q_0$; (3) $h_m > h_{min} \approx 5cm$; (4) $\alpha_1 \approx K_1^2/\rho^2$; (5) $\alpha_1 - L_1^{1/2} \approx 2$	(1) $L_1/\alpha_1 < 3 \sim 5$; (2) 非取水口局部出流 情况与上述情况接近
B	几何正 态(或小 变态)水 力热力 模型	(1) 排水口或取水口局部水核 水力热力特性; (2) 非取水口或取水口到排水工 布置及优化; (3) 非取水口附近, 可以始 切线形的排水口水核水力热力 (4) 上管束水量较大, 水而散 热能力比重不占主体的水力热力 布置及优化; (5) 垂向分层间温差垂直通 运动; (6) 溢流池管工系布置及水力 热力特性	(1) 模拟范围 较小, 试验装置 面积不大; (2) 非取水口 布置, 可以 一定精度 模拟; (3) 取水口, 非取水口局部区域 复杂, 几何变态 影响显著	(1) 主要模拟 近区; (2) 提高精度 主要因素之一; 非取水口作为边界 水力热力 模拟	(1) $L_1/\alpha_1 = 1 \sim 2$; (2) $(F_{\Delta})_1 = 1$; (3) $h_m > h_{min}$; (4) $h_m > h_{min} \approx 5cm$	(1) $(\Delta p/\rho)_1 = 1$; (2) 模拟水核底部尺 量关系; (3) $\alpha_1 - L_1^{1/2}$ 或 $\alpha_1 - L_1^{1/2} \approx 2$, 如同小变态 模型

表 2 (续)

设计分类序号	设计地区	模型研究亚点 研究对象	试验客观 条件	模型特点	模型相似要求	
					必须满足的条件	争取满足的条件
C	几何变 态水力 模型	(1) 直接取水情况下, 取水口 或非取水口布置及其优化; (2) 水流水深较浅, 不出现阻 滞分层现象情况下, 取水口、排 水口墙体结构及方案布置; (3) 取水口泥沙淤积及防冲 措施。	(1) 试验态供 水能力较大; (2) 有供试验 型床沙条件	(1) 不考虑水 面稳态或水体 分层; (2) 一般水力 模型或一般定床 河工模型(正 态)。	同一水力模型相似要求: (1) $Fr = 1$; (2) $Re_m > Re_m$; (3) $h_m > h_{min}$; (4) $u_r = u^*$	(1) 模型水成范围应沿 取水口; (2) 泥沙中粗颗粒; (3) $d_r = \alpha_r (d_p)^{-1}$ $\Delta p^* = \rho^* h$
D	几何变 态水力热 力水力 模型	有盐水入侵或淡水注入河水水 域情况下: (1) 热水型的水域水体蒸发及 水力热特性; (2) 取水口水工布置; (3) 水层散热能力、冷冲 济量; (4) 工程方案比较及优化; (5) 环境影响、水环境评估	(1) 模型范围 较大, 试验态地 域大; (2) 有热水网 络、测温系统	需同时考虑阻 滞分层、水气交 换及蒸发散热水分 层现象	(1) $Fr = 1$; (2) $(\rho_m/\rho_r) = 1$; (3) $(\Delta p^*/\rho_r) = 1$; (4) $\Delta p^* = \rho_m h - \rho_m^* h$; (5) $Q_m > Q_r$; (6) $h_m > h_{min}$	(1) $\alpha_r = R^{1/3} d_r^2$; (2) $L_r/\alpha_r < 0.7 \sim 1$

表 2 (续)

模型编号	模型性质	模型研究重点 对象内容	试验参数 条件	模型特点	必须满足的条件	模型标准要求	取得满足的条件
E	几何变 态含盐水 力热质 耦合 模型	(1) 涌水运动情况下, 给定取 水口、排水口上的取水流量和 涌水变化; (2) 整体方案比较; (3) 水环境随涌水变化	模拟范围大, 有足够的试验 周期	(1) 热水上涌 范围在模型范围 之内; (2) l_1/s_1 较大	(1) $Pr = 1, (\Delta\rho/\rho) = 1$; (2) $Q_{in} > Q_{ex}$; (3) $k_{in} > k_{ex} \approx 5cm$; (4) $\sigma_1 \approx R_1^2/\rho^2$; (5) $n_1 = 1/2 \sigma_1^2$; (6) l_1/s_1 按 A 类可大些	在小变态或正变态 模型的范围	
F	几何变 态含盐水 力热质 耦合 模型	(1) 涌水运动情况下, 给定取 水口、排水口上的取水流量和 涌水变化; (2) 整体方案比较; (3) 水环境随涌水变化; (4) 考虑盐浓度变化的影响	(1) 模拟范围 大, 有足够的 试验周期; (2) 试验室有 完善循环及测量 系统	(1) 热水上涌 范围在模型范围 之内; (2) l_1/s_1 较大; (3) 条件比较 复杂	(1) $Pr = 1, (\Delta\rho/\rho) = 1$; (2) $Q_{in} > Q_{ex}$; (3) $k_{in} > k_{ex} \approx 5cm$; (4) $\sigma_1 \approx R_1^2/\rho^2$; (5) $n_1 = 1/2 \sigma_1^2$; (6) $(\Delta\rho/\rho) = 1$	(1) $l_1/s_1 < 5 \sim 7$; (2) 有小变态或正态 模型的范围	

注 1: 模拟性液态涌出新管试验与冷冲水试验在同一模型中进行, 相应模型试验要求与之相同。

注 2: 试验条件方面需增加示踪剂添加系统。

注 3: n 为糙率; d 为管径。

5.3 试验设备与检测仪器

5.3.1 为了避免露天的不稳定气象因素影响模型的水力、热力模拟而强调要在室内进行试验。

模拟冷却水运动浮力效应的水体密度差是由水温差控制的，水的密度与水温是非线性关系，水面散热系数也随气象条件而异，因此要保持冷却水运动的水力、热力相似，模型试验环境水温、气象等因素应尽量保持适宜的稳定条件。一般要求试验室内无风、试验期间室内气温变幅不超过 5°C ，环境水温变幅不超过 0.5°C 。

5.3.2 模型恒温加热系统用于控制取排水流量、温差的设备；示踪剂添加系统则为用于控制示踪剂流量、浓度的设备。

5.3.3 潮汐发生及控制系统用于控制模型开边界潮汐参数的专用设备，由量测系统、控制系统组成，目前多采用模型开边界分段进出流量自动控制系统来实现。

5.3.7 本条所列仪器仪表为冷却水试验常用仪器，不包括含沙量等专用仪器。

5.3.8 其他量测仪器如压力、水位、流量等与土工模型试验相同。

5.4 模型制作与安装

5.4.1 模型的制作、安装应按图进行以利于验收。

5.4.2 为避免模型发生错误，对模型成品的检验要求。

5.4.3 模型本身及一般量测仪器的安装与常规土工模型相同，无特殊之处。

5.5 试验要求

5.5.2 本条说明了模型试验控制过程中的基本要求。

(1) 对模型试验水质的基本要求。

(2) 主要指电测仪器、设备的调试，如现场电压指标，电磁

干扰等影响的排除，确保仪器设备的安全、稳定运行。

(3) 模型中的水力、热力及其他液态排放物参数随水体蓄热（或其他液态排放物的蓄积等）而渐趋稳定，试验要监测模型中特定点的温度或排放物浓度，待其趋于稳定后（恒定流水域不同时刻温度值或浓度值的差值小于1%；潮汐水域相邻两个温度值或浓度值随潮变化过程线上同时刻点对应的温度值或浓度值的差值小于1%）认为模型水力、热力或液态排放物参数已达稳定。

(4) 放射性液态流出物试验示踪剂选择的基本要求。现阶段常用示踪剂包括：钠盐（氯化钠、氟化钠）、荧光物质（荧光素钠、罗丹明B）等。

5.3.3 本条说明了模型试验水文条件基本要求。

(1) 内陆水域冷却水、放射性液态流出物等试验可参照4.3.2条相应条款进行。

(2) 滨海、河口水域冷却水、放射性液态流出物等试验宜采用有代表性潮型（大潮、中潮、小潮）水文条件进行，同时应考虑风生流、沿岸流等影响。连续半月潮持续时间较长，试验室条件气象等客观因素变化对其试验结果影响较大且难以修正。半月潮结果可考虑采用代表性潮型（大潮、中潮、小潮）试验成果的叠加方式近似替代。

中国水利水电出版社

水利水电技术标准咨询服务中心简介

中国水利水电出版社，一个创新、进取、严谨、团结的文化团队，一家把握时代脉搏、紧跟科技步伐、关注社会热点、不断满足读者需求的出版机构。作为水利部直属的中央部委专业科技出版社，成立于1956年，1993年获首届“全国优秀出版社”的光荣称号。经过多年努力，现已发展成为一家以水利电力专业为基础，兼顾其它学科和门类，以纸质书刊为主、兼顾电子音像和网络出版的综合性出版单位，迄今已经出版近三万种、数亿余册（套、盒）各类出版物。

水利水电技术标准咨询服务中心（第三水利水电编辑室）主要负责水利水电技术标准及相关出版物的出版、宣贯、推广工作，同时还负责编辑出版水利水电类科技专著、工具书、文集及相关职业培训教材。

感谢读者多年来对水利水电技术标准咨询服务中心的关注和垂爱，中心全体人员真诚欢迎广大水利水电科技工作者对标准出版及推广工作多提意见和建议，我们将秉承“服务水电，传播科技，弘扬文化”的宗旨，为您提供全方位的咨询服务，进一步做好标准出版工作。

联系电话：010-68317913（传真）

主 任：王鹤鸿 010-68545951 wdh@waterpub.com.cn

主任助理：陈 昊 010-68545981 hero@waterpub.com.cn

策划编辑：林 京 010-68545948 lj@waterpub.com.cn

三 唐 010-68545982 wqi@waterpub.com.cn

杨露茜 010-68545995 ylx@waterpub.com.cn