

**T/CECS ×××－2025**

**中国工程建设标准化协会标准**

核电厂温排水影响监测评估技术规程

Technical specification for monitoring and assessment of the impact of thermal discharge from nuclear power plant

（征求意见稿）

**××××出版社**

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2019年第一批协会标准制定、修订计划〉的通知》（建标协字〔2019〕12号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结工程实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本标准。

本标准共分7章，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、温度场监测技术要求、温排水影响评估技术要求、监测与评估成果、质量控制。

本标准由中国工程建设标准化协会工业给水排水专业委员会归口管理，由中国水利水电科学研究院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送标准主编单位中国水利水电科学研究院（地址：北京市海淀区复兴路，邮政编码：100013），以便今后修订时参考。

主编单位：中国水利水电科学研究院

参编单位：生态环境部核与辐射安全中心、中国核电工程有限公司、深圳中广核工程设计有限公司、国家电投集团国核电力规划设计研究院有限公司、山东核电有限公司

主要起草人：

主要审查人：

目 次

[1 总 则 1](#_Toc190092461)

[2 术 语 2](#_Toc190092462)

[3 基本规定 4](#_Toc190092463)

[3.1 监测与评估的基本内容 4](#_Toc190092464)

[3.2 监测与评估技术流程 4](#_Toc190092465)

[4 温度场监测技术要求 6](#_Toc190092466)

[4.1 基本要求 6](#_Toc190092467)

[4.2 直接接触测量技术要求 7](#_Toc190092468)

[4.3 航空红外遥感测量技术要求 9](#_Toc190092469)

[4.4 卫星红外遥感技术要求 10](#_Toc190092470)

[4.5 温度场监测成果综合分析 11](#_Toc190092471)

[5 温排水影响评估技术要求 12](#_Toc190092472)

[5.1 基本要求 12](#_Toc190092473)

[5.2 本底水温确定技术要求 13](#_Toc190092474)

[5.3 评估模型技术要求 13](#_Toc190092475)

[5.4 温升场确定技术要求 15](#_Toc190092476)

[5.5 评估内容、评估方法技术要求 16](#_Toc190092477)

[6、监测与评估成果 17](#_Toc190092478)

[6.1 温度场监测成果 17](#_Toc190092479)

[6.2 温排水影响评估成果 17](#_Toc190092480)

[7、质量控制 19](#_Toc190092481)

[7.1 工作大纲与质量保证大纲 19](#_Toc190092482)

[7.2 数据记录及整理 19](#_Toc190092483)

[7.3 报告编写及提交 20](#_Toc190092484)

[本规程用词说明 21](#_Toc190092485)

[引用标准名录 22](#_Toc190092486)

[条文说明 23](#_Toc190092487)

# Contents

[1 General provisions 1](#_Toc96091771)

[2 Terms 2](#_Toc96091772)

[3 Basic requirement 4](#_Toc96091773)

[3.1 Basic content of monitoring and assessment](#_Toc96091775) 4

[3.2 Technical process of monitoring and assessment](#_Toc96091776) 4

[4 Technical requirement for temperature field monitoring](#_Toc96091774) 6

[4.1 Basic requirements](#_Toc96091775) 6

[4.2 Techinical requirement for direct contact measurement](#_Toc96091776) 7

[4.3 Techinical requirement for aerial remote sensing](#_Toc96091777) 9

[4.4 Techinical requirement for satellite remote sensing 10](#_Toc96091778)

[4.5 Comprehensive analysis of temperature field monitoring results 1](#_Toc96091778)1

[5 Technical requirement for thermal dischage impact assessment 12](#_Toc96091779)

[5.1 Basic requirements 12](#_Toc96091785)

[5.2 Techinical requirement for determining background temperature 12](#_Toc96091786)

[5.3 Techinical requirement for assessment model 13](#_Toc96091787)

[5.4 Techinical requirement for determining temperature rise field 1](#_Toc96091787)5

[5.5 Techinical requirement for assessment content and methods 1](#_Toc96091787)6

[6 Results of monitoring and assessment 1](#_Toc96091779)7

[6.1 Results of temperature field monitoring 1](#_Toc96091785)7

[6.2 Results of thermal dischage impact assessment 1](#_Toc96091786)7

[7 Quality control 1](#_Toc96091779)9

[7.1 Work outline and quality assurance outline 1](#_Toc96091785)9

[7.2 Data recording and processing 1](#_Toc96091786)9

[7.3 Reports writing and submission 20](#_Toc96091787)

[Explanation of wording 21](#_Toc96091788)

[List of quoted standards 22](#_Toc96091789)

[Addition: Explanation of provisions](#_Toc96091790) 23

# 1 总 则

**1.0.1**为规范在运核电机组温排水影响监测方法及其水环境影响评估工作，保证科学、客观、准确地监测与评估温排水影响范围及程度，制定本规程。

**1.0.2**本标准适用于滨海核电厂在运机组温排水影响范围的监测与评估。在运滨海火电厂及其他热排放工程的温排水监测与评估可参照执行。

**1.0.3**核电厂温排水影响监测与评估除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2 术 语

**2.0.1** 温排水 thermal discharge

火、核电厂及其他工业冷却水系统运行时向环境水体排放的高于环境水体温度的水。

**2.0.2** 温度场 temperature field

水体温度在空间上的分布。

**2.0.3** 本底温度场 background temperature field

未受人类生活或生产活动影响的自然水体在当时当地水文气象条件下形成的温度场。

**2.0.4** 温升场 temperature rise field

温排水排入受纳环境水体后造成的温升分布。

**2.0.5** 典型潮 typical tide

工程海域潮差出现累积频率分别满足10%±5%、50%±5%、90%±5%的大潮、中潮、小潮。

**2.0.6** 特征潮态 typical tide state

一个潮周期过程中具有涨急、涨憩、落急、落憩代表性的潮流运动状态。

**2.0.7** 温排水影响监测方法 field measurement for thermal discharge

在受纳环境水体现场监测温排水扩散范围的方法。

**2.0.8** 直接接触测量 direct contact measurement

将测量仪器的传感器与水体直接接触获得测量参数值的方法。

**2.0.9** 走航测量 underway measurement

采用船只搭载仪器设备在环境水域进行规划航线、点位的水文、水质参数（如水温、盐度等）测量的方法。

**2.0.10** 漂流测量 drift measurement

采用漂流浮标搭载GPS及测温传感器在环境水域进行漂流轨迹以及温度测量的方法。

**2.0.11** 红外遥感 thermal infrared remote sensing

应用红外传感器（如红外摄像仪、红外扫描仪）探测采集地物的热红外信息，并利用其识别地物或反演地表温度等参数的技术。

**2.0.12** 航空红外遥感 aerial remote sensing

采用无人飞行器或有人机搭载红外热像仪对地物（环境水体）表层温度进行遥感测量。

**2.0.13** 卫星红外遥感 satellite remote sensing

采用太空卫星搭载红外热像仪进行地物（环境水体）表层温度场测量。

**2.0.14** 全场监测 full-field monitoring

选择特定时段（大、中、小潮）在工程海域开展大范围、全潮程（包含涨急、涨憩、落急、落憩特征潮态）的温度场监测。

**2.0.15** 日常监测 routine monitoring

在核电运行寿期内开展的包含固定点连续监测、卫星红外遥感监测等在内的长期常态化监测。

**2.0.16** 评估模型 assessment model

能够模拟水体流动换热、水体表面热交换、陆底床与水体热交换、温排水影响等物理过程的三维水环境数学模型。

**2.0.17** 温排水影响评估 environmental impact assessment of thermal discharge

核电在运机组温排水排放对海域环境温升影响范围、影响程度等的分析评估。

**2.0.18** 数据同化技术 data assimilation technology

通过数据同化算法不断融合时空上离散分布的不同来源、不同分辨率的直接或间接观测信息（日常监测数据）来自动调整模型参数，以改善模型计算精度、提高模型预测能力的技术。

**2.0.19** 公式拟合法 analogical analysis method

基于工程海域本底温度场规则、确定的变化规律，给出本底水温分布关联性估算公式的方法。

# 3 基本规定

## **3.1 监测与评估的基本内容**

**3.1.1** 核电厂运行前工程海域温度（场）监测、资料收集应符合下列规定：

1 应收集核电厂运行前夏季与冬季卫星红外遥感监测温度场、工程海域水文测验资料。

2 对于新建厂址，宜至少开展一次夏季与冬季大、中、小潮大范围、全潮程的本底温度场全场监测。

**3.1.2** 核电厂运行后工程海域温度（场）监测、资料收集应符合下列规定：

1 监测内容应包括全场监测与日常监测两部分。

2 核电各期机组运行后，应至少开展一次满功率运行条件下夏季与冬季大、中、小潮大范围、全潮程的温排水全场监测。

3 核电首期机组运行后应及时开展温排水的日常监测，包括固定点长期连续监测与定期卫星红外遥感监测。

4 收集工程海域岸线、地形、水文、气象等资料，资料时效性应符合现行行业标准《核动力厂取排水环境影响评价指南》（试行）HJ 1037的相关规定。

**3.1.3** 核电厂在运机组温排水影响（温升场）评估应符合下列规定：

1 评估内容应包括全场监测期间温排水影响评估、日常监测期间实时水文气象条件下的温排水影响评估、典型水文气象条件下的温排水影响评估。

2 全场监测期间温排水影响评估应结合温度场监测数据、本底水温模拟或分析成果进行。

3 实时水文气象条件和典型水文气象条件下温排水影响评估应结合日常监测数据与评估模型模拟结果进行。

## **3.2 监测与评估技术流程**

**3.2.1** 全场监测与评估技术流程如下：

1 资料收集与分析。

2 现场试测。

3 监测方案规划。

4 现场监测实施。

5 评估模型校验。

6 确定本底水温。

7 提出温升场。

8 温排水影响评估。

**3.2.2** 日常监测与评估技术流程如下：

1 资料收集与分析。

2 监测方案规划。

3 基于数据同化技术进行评估模型校验与参数修正。

4 评估模型模拟提出实时温升场或典型水文气象条件下温升场。

5 温排水影响评估。

**3.2.3** 对于新建厂址，在工程运行前还宜开展本底水温全场监测，并据此补充开展评估模型校验。基本流程如下：

1 资料收集与分析。

2 现场试测。

3 监测方案规划。

4 现场监测实施。

5 评估模型校验。

6 本底温度场模拟分析。

# 4 温度场监测技术要求

## **4.1 基本要求**

**4.1.1** 监测方法可分为直接接触测量与红外遥感测量。直接接触测量宜包括水面走航测量、固定点连续测量、漂流测量。红外遥感测量宜包括航空红外遥感测量、卫星红外遥感测量。

**4.1.2** 全场监测应符合下列基本要求：

1 应针对核电运行前、不同分期机组运行后进行。核电首期机组运行后，应在2年内针对满负荷运行工况完成全场监测。核电扩建机组运行后，宜在5年内针对满负荷运行工况完成全场监测。

2 全场监测宜采用航空红外遥感测量与同步水上走航测量、固定点测量相结合，辅以同期卫星红外遥感测量的方法进行。

3 全场监测应在良好气象条件（如无雨、云量少、风浪小等）下进行。在运核电机组全场监测应选取机组满功率平稳运行时段开展，观测前应至少平稳运行2天以上。

4 航空红外遥感测量与同步水上走航测量宜选取大、中、小潮一个完整涨落潮过程中的特征潮态（涨急、涨憩、落急、落憩）进行。固定点测量宜在包含大、中、小潮在内的时段连续进行。

5 单个潮态航空遥感测量与同步水上走航测量宜在1内完成。观测海域潮流变化较快时，应进一步缩短观测历时。

6 核电厂运行前，全场监测范围应反映工程区域本底水温分布特点，且宜至少覆盖核电规划装机容量下可能的夏季温排水1℃温升影响范围。在运机组全场监测范围宜至少覆盖温排水夏季1℃温升影响区域以及部分不受温排水影响的自然水温分布区。固定点监测宜选取距离排放口近、中、远不同区域特征位置进行不同深度水层温度的测量。卫星遥感监测范围宜选取至少包含取排水工程在内的1500 km2以上海域。

**4.1.3** 日常监测应符合下列基本要求：

1 可采用固定点测量与卫星红外遥感测量相结合的方法进行。

2 应在核电首期机组运行后一年内开始固定点长期连续监测及卫星红外遥感监测。卫星红外遥感监测间隔时间不宜超过一个季度（3个月）。工程海域岸线、地形等自然条件发生变化时，应增加监测次数。

3 卫星红外遥感监测宜包含冬季与夏季大、中、小潮的特征潮态。

4 固定点连续监测宜结合不同阶段在运机组全场监测温排水扩散范围、环境敏感目标等因素选取有代表性特征点进行。卫星遥感监测范围宜选取至少包含取排水工程在内的1500 km2以上海域。

## **4.2** **直接接触测量技术要求**

**4.2.1** 测量内容应符合下列规定：

1 在运核电机组全场监测直接接触测量应包括特征断面表层温度测量、特征点位连续温度测量、特征垂线垂向温度测量、漂流轨迹及沿程温度测量。全场监测期间应同步开展全潮水文测验与海面气象观测。全潮水文测验观测参数应至少包括短期潮位、温度、盐度、海流观测。海面气象观测参数宜包括海面1.5m风速、气温、相对湿度等。工程海域存在较大范围潮间带时，宜增加岸滩不同深度土壤温度、含水率、导热率等参数的观测。

2 核电运行前本底温度场全场监测直接接触测量应包括特征断面表层温度测量、特征点位连续温度测量、特征垂线垂向温度测量。全场监测期间应同步开展全潮水文测验与海面气象观测，测量要求同在运核电机组相关规定。

3 日常监测应选取特征站位进行固定点连续潮位、水温以及气象参数测量。气象参数宜包括风速风向、气温、湿度、气压、太阳辐射总量等。

4 应收集观测期间厂址周边海域水文气象资料、核电机组运行资料、周边已运行火电厂及其他热源资料等。

**4.2.2** 测量精度与感温响应时间应符合下列规定：

1 测温仪器分辨率应不大于0.01℃、准确度不低于±0.05℃。感温响应时间应不大于1 s。

2 测温仪器应在监测开始前、监测结束后72内各开展一次现场校准。测点平面定位误差应不大于2 m。

3 全潮水文测验、海面气象观测各参数的测量精度应符合国家现行标准《海洋观测规范第2部分：海滨观测》GB/T 14914.2和现行行业标准《水运工程水文观测规范》》JTS 132的相关规定。

**4.2.3** 测量方法应符合下列规定：

1 特征断面表层温度测量宜采用走航测量法，可结合测船条件采用侧弦悬挂式固定仪器开展水表温度测量。测温探头入水深度宜不大于0.5 m。走航观测时，船速不应大于4 kn。测温仪器采样间隔应小于1 s，且应保证每5 m测点数不少于1个，应同步记录仪器定位，定位频率应与测温频率一致。对于重要测线宜采用双测温仪器交叉验证。

2 特征点位连续温度测量可将测温仪器固定于相应站点进行测量。测量仪器应优先采用自容存储式或实时远程式测温仪。表层测温应采用浮标等装置保证探头入水深度恒定。对于温排水主影响区垂向水温分层明显的区域，水深小于5 m时测温水层宜至少包含表层（水面以下0.5 m）、底层（海床以上0.5 m）；水深5 m~10 m时测温水层宜至少包含表层、0.2H、0.6H和底层；水深大于10 m时测温水层宜至少包含表层、0.2H、0.6H、0.8H和底层。采样时间间隔应不大于1 s。

3 特征垂线垂向温度测量可将走航测船临时悬停于相应位置，沿水深方向进行测量。宜采用带有深度模式的温深仪进行温盐观测。测温仪器下放（提升）速度不应大于仪器响应速率。

4 漂流轨迹及沿程温度测量可采用搭载GPS、温度传感器的浮标进行测量。全场监测期间宜开展涨潮、落潮时段以排口为起点的漂流水温观测，漂流浮标应符合国家现行标准《海洋观测规范第3部分：浮标潜标观测》GB/T14914.3有关规定。测温仪器探头入水深度同走航观测，采样间隔应不大于60 s。

**4.2.4** 测量时段应符合下列规定：

1 全场监测选取的潮型、潮态应满足4.1.2要求。潮位观测时间应包含温度观测大、中、小潮在内，且至少连续半个月。温度、盐度、海流观测时间应与温度观测大、中、小潮同期，单潮连续观测时长应不少于25h，应至少每小时观测一次，转流时可加密测量，观测时段应覆盖温度观测的特征潮态。水面气象观测应覆盖完整的全潮水文测验时段。

2 日常监测时特征点位（固定点）水温、潮位、气象连续测量应自核电首期机组运行后一年内开始连续进行，至少给出每小时监测数据。当核电站已设有厂址气象站时，可通过收集厂址气象站资料获得气象数据。

**4.2.5** 测量规划应符合下列规定：

1 全场监测测量范围应满足4.1.2要求。温度测量断面、点位布设应遵循“近密远疏”的原则。测温断面宜不少于5条，走向宜与主流流向或岸线垂直；每条断面宜设3~5个位置进行垂线测温。固定连续测温站宜不少于10个，至少包括排水口、取水口、温排水主影响区特征位置、不受温排水影响的自然水温分布特征位置。对于水深较浅、船测线路无法覆盖的区域，应增加固定测温点。全潮水文测验应至少包括1个潮位观测站、3个海流测站。海面气象站应不少于1个。

2 日常监测固定连续测温站应不少于5个，至少包括排水口、取水口、温排水主影响区特征位置、环境敏感目标位置、不受温排水影响的自然水温分布特征位置。潮位观测站应不少于1个。固定连续水温监测站宜结合不同阶段在运机组温排水扩散范围监测成果、环境敏感目标等因素进行必要的调整、增补。气象站应不少于1个。

**4.2.6** 数据处理应符合下列要求：

1 数据内容应包括时空定位数据、潮位观测数据、定点流速流向及温盐观测数据、固定点连续水温观测数据、断面走航温度观测数据、定点垂向水温观测数据、漂流轨迹线位置及温度观测数据、气象观测数据。

2 平面坐标系宜采用CGCS2000国家大地坐标系和与核电厂址采用的平面投影坐标系，垂向高程宜采用1985国家高程基准。

## **4.3 航空红外遥感测量技术要求**

**4.3.1** 测量内容应符合下列规定：

1 核电运行前、后应至少开展一次夏季与冬季大、中、小潮特征潮态（涨急、涨憩、落急、落憩）的全场红外表层温度遥感观测。

2 工程海域存在较大范围潮间带时，全场监测期间还宜开展高潮位、低潮位下的可见光影像观测，用以辅助识别海陆分界线。

**4.3.2** 仪器选择应符合下列规定：

1 观测设备应包括红外热像仪、可见光相机、飞行搭载平台（含定位系统、控制系统）和后处理软件等。

2 热红外传感器空间分辨率应不大于640 pix×480 pix，温度测量范围应不小于-10℃~55℃，温度分辨率不应大于0.2℃，帧频不应小于32 hz。

3 可见光相机主要性能指标应满足行业现行标准《入河（海）排污口排查整治无人机遥感航测技术技术规范》HJ 1233的有关规定。

4 飞行搭载平台可选择有人机或无人机。任务载重宜不小于2 kg，抗风能力宜不小于5级，续航时间宜不少于2，可在-10℃～55℃温度环境中能正常工作。

5 当采用无人机搭载平台时，宜选择垂直起降无人机。POS定位系统主要性能指标要求应满足行业现行标准HJ 1233的有关规定。

**4.3.3** 测量规划应符合下列规定：

1 测量时段、测量范围、单个潮态测量时长等应满足4.1.2要求。

2 测量范围较大时，可采用多架飞行器同步分片区观测作业。

3 航线敷设宜平行或垂直岸线，可基于前期模拟和监测成果、飞行控制距离、起降点等确定。规划航线应避开核电核岛上方空域。

4 多架飞机分区同步观测宜优先采用“温排水高温升（4℃以上）影响区由单一飞机观测”的原则规划飞行航线。

5 航线规划时重叠度设计宜满足国家现行标准《低空数字航摄与数据处理规范》GB/T 39612的相关规定。

**4.3.4** 航空红外遥感观测宜选择条带飞行的“固定镜头正射式”，测量面积较小时也可采用“旋转镜头扫描式”。采用“固定镜头正射式”时，飞行器应配备稳定云台或倾角仪以控制拍摄角度；采用“旋转镜头扫描式”时应确保镜头畸变校正、几何校正、大气校正后的影像成果满足4.3.3要求。

**4.3.5** 飞行前应向空域管理部门申请飞行空域，经批准后方可开展飞行作业。

**4.3.6** 飞行姿态、飞行速度、飞行高度以及影像倾角与旋角应满足国家现行标准GB/T 39612的相关规定。

**4.3.7** 航空红外遥感成果数据处理应包括数据预处理、几何校正、图像拼接、海陆分离、温度反演、温度校正与精度评价、制作温度场成果图。数据处理、测温精度、影像质量应符合下列规定：

1 数据预处理、几何校正、图像拼接、海陆分离、制作温度场成果图应满足国家现行标准GB/T 39612、国家现行标准《遥感影像平面图制作规范》GB/T 15968的相关规定。

2 温度反演算法可选择单通道（单窗）算法、多通道（劈窗）算法、辐射传输算法。

3 经反演计算后的遥感温度场应采用同步实测表层水温进行校正与精度评价。可将海面同步实测温度数据分为独立的两部分，其中不少于70%的数据用于校验，剩余30%数据用于精度评价。校正后的测温误差宜不大于0.3℃。

4 海面实测数据与遥感测温数据的时空偏差应满足下列要求：温排水高温升（4℃及以上）影响区时间最大偏差为10 min，空间最大偏差为10 m。距离排口较远、温度变化较缓区域，时间最大偏差为30 min，空间最大偏差为30 m。

5 温度场成果图应提供包含空间、温度信息的全场数字温度图像。平面坐标系宜采用CGCS2000国家大地坐标系和与核电厂址采用的平面投影坐标系。图像分辨率应不大于1 m，平面定位误差应不大于2 m，绘图误差应不大于0.5 m。

## **4.4 卫星红外遥感技术要求**

**4.4.1** 核电运行前、各期机组运行后应至少开展夏季、冬季不同潮型、潮态卫星红外遥感温度场监测。监测范围、频次应满足4.1基本要求。

**4.4.2** 空间分辨率应不大于300 m，优先采用分辨率小于100 m的卫星资源，卫星重访周期应小于16天。

**4.4.3** 监测范围内云层覆盖率不宜超过5%。

**4.4.4** 应采用海面同步温度实测数据进行校准，测温误差应不大于0.5℃。同步性要求应与4.3.8条一致。

**4.4.5** 温度场成果图应提供包含空间、温度信息的全场数字温度图像。平面坐标系宜采用CGCS2000国家大地坐标系和与核电厂址采用的平面投影坐标系。

**4.4.6** 遥感数据源选取、遥感反演、数据处理、影像制作等应满足现行行业标准《滨海核电厂温排水卫星遥感监测技术规范（试行）》HJ 1213的相关规定。

## **4.5 温度场监测成果综合分析**

**4.5.1** 核电运行前本底温度场监测成果综合分析应符合下列规定：

1 结合工程海域岸线、地形、海流特点以及核电运行前航空、卫星红外遥感温度场监测成果，分析工程海域夏季、冬季本底水温时空分布特征。

2 对于开展本底温度场全场监测的厂址，对比红外遥感监测成果（航空、卫星遥感温度场）、同步海面直接接触测量成果（特征断面表层温度、固定点连续温度、特征垂线垂向温度测量），给出红外遥感温度场的精度分析。

3 分析不同潮型、潮态特征断面表层温度变化规律以及表层本底温度场分布特征；不同潮型、潮态特征位置垂向温度分布规律；特征位置温度的随潮变化规律。

**4.5.2** 核电运行后温度场全场监测成果综合分析应符合以下规定：

1 对比红外遥感监测成果（航空、卫星遥感温度场）、同步海面直接接触测量成果（特征断面表层温度、固定点连续温度、特征垂线垂向温度测量、漂流轨迹及沿程温度），给出红外遥感温度场的精度分析。

2 分析取排水口、温排水主影响区（1℃及以上温升区）、不受温排水影响的自然水温分布区特征位置温度的随潮变化规律；不同潮型、潮态特征断面表层温度变化规律以及表层温度场分布特征；不同潮型、潮态特征位置垂向温度分布规律；不同潮型、潮态的漂流轨迹及沿程温度变化规律。

**4.5.3** 核电运行后温度场日常监测成果综合分析应符合以下规定：

1 分析不同潮型、气象以及机组运行条件下工程海域特征点位（固定点）温度随潮变化规律。

2 对比卫星红外遥感监测成果与固定点温度测量结果，给出卫星红外遥感温度场的精度分析。

3 分析不同潮型、潮态、气象以及机组运行条件下的温度场分布特征。

# 5 温排水影响评估技术要求

## **5.1 基本要求**

**5.1.1** 核电厂各期机组运行后应至少开展一次全场监测期间温排水影响评估。核电首期机组运行后，应在2年内完成全场监测期间温排水影响评估。核电扩建机组运行后，宜在5年内完成全场监测期间温排水影响评估。

**5.1.2** 核电厂首期机组运行且首次全场监测完成后应基于日常监测数据与评估模型开展实时水文气象条件、典型水文气象条件下的温排水影响评估。

**5.1.3** 评估模型应采用核电运行前、核电运行后监测资料进行模型校验。应至少开展一次基于核电运行后全场监测成果的模型校验，依据同期的水文、气象、温排水排放数据进行模拟计算，建立适合该厂址的评估模型与模型参数。与此同时，可根据日常监测数据，采用数据同化技术，不断完善模型校验与参数修正，提高评估模型计算成果模拟精度。

**5.1.4** 全场监测期间温排水影响评估应符合下列规定：

1 评估范围应与监测范围一致。

2 宜针对全场监测潮型（大、中、小潮）特征潮态温升影响进行评估。

3 应依据全场监测期间现状地形岸线、实时水文气象、机组排热（流量、温升）等条件进行评估。

4 可采用航空遥感温度场扣减同期本底温度场得到温升场，也可采用评估模型模拟得到温升场。

**5.1.5** 日常监测期间实时水文气象条件下的温排水影响评估应符合下列规定：

1 评估范围应至少包含冬、夏季1℃以上温升影响区域。

2 可针对日常监测过程中的某一时间段逐时温升影响进行评估。

3 应依据日常监测期间现状地形岸线、实时水文气象、机组排热（流量、温升）等条件进行评估。

4 应采用评估模型模拟得到温升场。

**5.1.6** 典型水文气象条件下的温排水影响评估应符合下列规定：

1 评估范围应至少包含冬、夏季1℃以上温升影响区域。

2 宜针对冬季、夏季代表性半月潮（包含典型大、中、小潮）全潮最大、全潮平均温升影响进行。

3 应依据现状地形岸线、冬季与夏季典型水文气象、各期机组设计排热量（流量、温升）等条件进行评估。当工程海域岸线、地形变化较大时，也应针对规划岸线、冲淤平衡地形条件进行预报评估。

4 应采用评估模型模拟得到温升场。

## **5.2 本底水温确定技术要求**

**5.2.1** 本底水温确定方法可分为均一本底法、公式拟合法、数值模拟法。

**5.2.2** 观测海区本底水温空间分布差异小于0.5℃，可采用均一本底法，也可采用数值模拟法。

**5.2.3** 观测海区本底水温时空变化特征规则，能够用与离岸距离、水深等参数关联的公式表达，可采用公式拟合法，也可采用数值模拟法。

**5.2.4** 观测海区本底水温时空变化规律复杂，应采用数值模拟法。

**5.2.5** 采用数值模拟法确定本底温度场时，应采用经过校验的评估模型模拟确定，并说明数值方法、初始条件、边界条件、参数取值等。

**5.2.6** 应结合观测海区本底水温分布特征说明所选取本底水温确定方法的合理性。

## **5.3 评估模型技术要求**

**5.3.1** 评估模型应采用三维斜压数学模型，可模拟海水流动换热、自由面水气热交换、潮间带水体与海床的热交换过程。

**5.3.2** 评估模型基本方程应包括连续方程、运动方程、温度方程。连续方程可采用式（5.3.2-1），运动方程可采用式（5.3.2-2）、（5.3.2-3），温度方程可采用式（5.3.2-4）。

（5.3.2-1）

式中：——笛卡尔坐标方向的速度分量；

——笛卡尔坐标方向的速度分量；

——笛卡尔坐标方向的速度分量；

——点源的源汇项。

（5.3.2-2）

（5.3.2-3）

式中：——柯氏力参数；

——重力加速度；

——自由面高程；

*——*水参考密度；

*——*海水密度；

*——*大气压力；

*——*垂向涡粘系数；

*——*水平涡粘系数；

*——*点源排入水体在方向的速度分量；

*——*点源排入水体在方向的速度分量。

（5.3.2-4）

式中：——温度（温升），热通量模式为温度、增温模式为温升；

——垂向扩散系数；

——水平扩散系数；

——热交换源项，包含了自由水面水气热交换项、潮间带海床与水体热交换项，其中自由水面水气热交换项包括蒸发散热、对流散热、短波辐射和长波辐射散热。

——点源排放温度（温升）。

**5.3.3** 初边界条件应符合下列要求：

1 固体边界可设置为法向流速为零、温度的法向梯度为零。

2 开边界水位可采用全球潮汐模型提取，并经过长期潮位站或临时潮位站实测资料进行订正。开边界水温、盐度分布可依据实测数据或再分析数据给定。

3 自由水面气象条件可通过再分析资料或长期气象站观测资料给定。

4 潮间带的流场模拟宜采用动边界技术进行处理。

5 潮间带较为宽阔时，宜考虑海床与水体发生热交换。

6 评估模型宜至少提前1个月开始计算，初始场可依据实测数据或再分析数据给定。

**5.3.4** 模拟范围应遵循下列原则：

1 宜结合岸线、地形、潮流条件、水工构筑物对流场的影响范围以及温排水潜在可能的影响范围等要素确定。

2 应至少包含规划容量下温排水可能的0.01℃温升影响范围。

3 应反映相邻热排放工程的相邻影响。

**5.3.5** 网格尺度应遵循下列原则：

1 应能反映岸线、地形、水工建（构）筑物等对水力、热力特性的影响，并满足计算精度的要求。

2 应遵循取排水口近区网格尺度小、远区网格尺度大，近密远疏的原则。

3 对于明渠取排水方案，最小网格尺度不应超过明渠宽度的1/3且不超过30m。

4 对于暗涵取排水方案，最小网格尺度应与取排水口构筑物尺度相协调。

**5.3.6** 模型参数应包括底摩阻系数、涡粘系数、扩散系数，并符合下列要求：

1 底摩阻系数、涡粘系数应依据工程海域实测潮位、潮流资料进行率定。

2 扩散系数应依据温度场监测成果进行率定。

**5.3.7** 评估模型应依据全潮水文测验资料、温度场监测资料进行潮流场、温度场的验证。验证内容、验证方法与验证精度应符合下列要求：

1 潮流场验证内容应包括潮位验证、流速流向验证，验证精度符合现行团体标准《冷却水工程水力、热力模拟技术规程》T/CHES 49。有漂流轨迹实测结果时，还宜进行漂流轨迹验证。

2 温度（温升）验证内容应包括固定点连续温度验证、垂向温度验证、特征断面温度验证、温升分布形态与温升影响面积验证等。

3 温度（温升）验证宜采用点（固定点连续水温）、线（特征潮态断面及垂向测线水温）、面（特征潮态温升分布）相结合的验证方法。

4 温度（温升）验证潮态宜选取1小时内潮流、温度相对稳定的潮态。

5 固定点验证点位应包括取水口、排水口、温排水潜在主影响区（1℃及以上温升区）特征位置、不受温排水影响的特征位置。评估模型模拟的温度随潮变化规律与实测结果相近，温度平均误差宜在±0.5℃以内。

6 特征潮态垂向水温验证站位应包括取水口、排水口、温排水潜在主影响区特征位置、不受温排水影响的特征位置。评估模型模拟的水温垂向分布规律应与观测结果相近，温度平均误差宜在±0.5℃以内。

7 特征潮态断面水温验证可选取走航断面进行。评估模型模拟的断面水温梯度变化趋势应与观测结果一致，温度平均误差宜在±0.5℃以内。

8 特征潮态温升分布形态、温升面积验证宜采用全场监测温升场进行。评估模型模拟的温升分布形态应与实测结果一致，1℃～4℃温升影响面积偏差宜在±20%以内。

9 宜依据数据同化技术，结合日常监测结果，不断完善温度（温升）验证品质，提高评估模型计算成果精度。

## **5.4 温升场确定技术要求**

**5.4.1** 温升场应包括全场监测期间温升场、日常监测期间实时温升场、典型水文气象条件下的温升场。

**5.4.2** 将绝对温度场扣减本底温度获得温升场，应符合下列要求：

1 全场监测期间温升场宜采用各潮型、潮态温度场监测结果扣除相应本底温度场确定特征潮态温升场。

2 日常监测期间温升场应采用评估模型模拟某时段（或某潮型）逐时温度场以及同步本底温度场，将温度场扣减本底温度场得到温升场。

3 典型水文气象条件下的温升场应采用评估模型的“增温模式”直接模拟冬季与夏季典型水文气象条件下，代表性半月潮的逐时温升场。应统计模型运行稳定后的结果。

## **5.5 评估内容、评估方法技术要求**

**5.5.1** 评估内容应包括全场监测期间温排水影响评估、日常监测期间实时水文气象条件下的温排水影响评估、典型水文气象条件下的温排水影响预报评估。

**5.5.2** 温排水影响采用温升场进行评估，应符合下列要求：

1 全场监测期间温排水影响评估应给出监测期间大、中、小潮特征潮态相应的4℃、3℃、2℃、1℃温升等值线以及温升影响面积，给出特征位置垂向温升分布、敏感目标温升值、取水温升等。

2 日常监测期间实时温排水影响评估可结合需求给出某一时间段逐时的4℃、3℃、2℃、1℃温升等值线以及温升影响面积，给出特征位置特征潮态垂向温升分布，给出敏感目标最大温升、平均温升统计值，给出取水温升随潮变化过程以及最大取水温升、平均取水温升统计值等。

3 典型水文气象条件下的温排水影响预报评估可给出冬季与夏季多年逐月平均水文气象条件下，有代表性半月潮全潮最大、全潮平均4℃、3℃、2℃、1℃温升等值线以及温升影响面积，给出特征位置特征潮态垂向温升分布，给出敏感目标最大温升、平均温升统计值，给出取水温升随潮变化过程以及最大取水温升、平均取水温升统计值等。

# 6、监测与评估成果

## **6.1 温度场监测成果**

**6.1.1** 航空红外遥感监测成果应符合下列要求：

1 监测成果应包括观测潮型、特征潮态的热红外影像图、遥感温度场编码图、可见光遥感监测成果。

2 遥感温度场应给出相应的岸线、潮型、潮态、机组运行情况、气象条件等说明。

3 成果形式宜包括监测数据、图件、分析报告等。监测数据应包括原始遥感数据、预处理后遥感数据、海表温度反演结果数据等。数据、图件应整理为格式统一的电子数据，可采用\*.dat、\*.shp、\*.Tiff等文件格式。分析报告应采用\*.doc文件格式。

**6.1.2** 卫星红外遥感监测成果应符合6.1.1条的要求。

**6.1.3** 海面水文测验及温度监测成果应符合下列要求：

1 海面水文测验成果应包括潮位、海流、温度、盐度等测量成果。

2 海面温度监测成果应包括固定点连续测温成果、特征潮态走航表层测温成果、特征潮态垂线垂向测温成果、涨落潮漂流轨迹及沿程温度测量成果等。

3 测量成果应给出相应的岸线、潮型、潮态、机组运行情况、气象条件等说明。

4 成果形式应包括测量数据、图件、统计表格、分析报告。数据、图件、表格应整理为格式统一的电子数据，可采用\*.dat、\*.shp、\*.cad等文件格式。分析报告应采用\*.doc文件格式。

**6.1.4** 工程海域同期水文资料收集成果宜包括潮位、径流、温度、盐度等资料及其分析成果。

**6.1.5** 工程海域气象观测、资料收集成果宜包括厂址气象站、厂址附近气象站的温度、湿度、风速、风向、太阳辐射、降雨、云量等气象资料及其分析成果。

**6.1.6** 机组运行资料应包括但不限于观测期间核电、周边已运行火电的机组运行功率、凝汽器进出口温度、循泵流量及运行状况等资料及其分析成果。

## **6.2 温排水影响评估成果**

**6.2.1** 全场监测期间温排水影响评估成果应符合下列规定：

1 评估成果应包括全场监测期间大、中、小潮特征潮态相应的温升等值线（4℃、3℃、2℃、1℃）及影响面积、敏感目标温升值、取水温升值。

2 成果形式宜包括数据、图件、统计表格、分析报告。数据、图件、表格应整理为格式统一的电子数据，可采用\*.dat、\*.shp、\*.cad等文件格式。分析报告应采用\*.doc文件格式。

**6.2.2** 日常监测期间实时温排水影响评估成果应符合下列规定：

1 评估成果应包括日常监测某一时间段内逐时温升等值线（4℃、3℃、2℃、1℃）及影响面积、敏感目标全潮最大温升与全潮平均温升统计值、全潮最大取水温升与全潮平均取水温升统计值。

2 成果形式应符合第6.2.1条。

**6.2.3** 典型水文气象条件下的温排水影响预报评估成果应符合下列规定：

1 评估成果应包括冬季与夏季多年逐月平均水文气象条件下，有代表性半月潮全潮最大温升等值线（4℃、3℃、2℃、1℃）及影响面积、全潮平均温升等值线（4℃、3℃、2℃、1℃）及影响面积、敏感目标全潮最大温升与全潮平均温升统计值、全潮最大取水温升与全潮平均取水温升统计值。

2 成果形式应符合第6.2.1条。

# 7、质量控制

## **7.1 工作大纲与质量保证大纲**

**7.1.1** 应编写工作大纲与质量保证大纲。

**7.1.2** 工作大纲及质量保证大纲编写应符合相关规定。

**7.1.3** 工作大纲应包括但不限于下列内容：

1 项目概况（包括工程自然条件概况）。

2 监测与评估目的与技术要求、监测与评估内容。

3 工作依据及执行标准。

4 研究工作关键问题分析、技术路线。

5 监测实施方案（包括监测范围、监测时间、站位布设、航线规划、仪器设备及测量方法、遥感反演方法等）。

6 评估模型选择或规划设计（包括数学模型控制方程、模拟范围、参数选取方法等）。

7 项目负责人与主要参加人员。

8 工作进度计划、预期成果。

**7.1.4** 质量保证大纲应包括但不限下列内容：

1 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。

2 质量保证大纲编写、评审、批准程序。

3 组织机构。

4 文件控制。

5 仪器设备控制。

6 过程控制。

7 记录控制。

8 检查（含质量控制点）。

9 对不符合项的控制。

10 纠正措施与预防措施。

## **7.2 数据记录及整理**

**7.2.1** 应在规定有效期内按规定的程序使用符合质量要求的仪器、设备、工具和材料。

**7.2.2** 数据处理和分析质量控制应按现行国家标准《海洋监测规范第2部分:数据处理与分析质量控制》GB/T 17378.2、现行国家标准GB/T 39612的有关规定执行。

**7.2.3** 数据记录及整理应符合相关规定与工作任务的要求。

**7.2.4** 应根据工作的要求做好数据记录。当发现数据有疑问和差错时应查明原因，重新复核、量测或计算。数据文件应有统一编码和记录时间，数据文件应及时备份。

**7.2.5** 数据应及时整理、校核。数据的整理应遵循精度和谐及误差处理的基本原则，不应随意挑选和取舍资料。

## **7.3 报告编写及提交**

**7.3.1** 报告编写应符合基本格式要求。

**7.3.2** 报告内容应包括如下内容：

1 工程概况、自然条件、监测与评估目的与内容。

2 遵循的技术标准。

3 基础资料分析。

4 技术路线。

5 温度场监测实施方案、主要仪器设备性能及精度、遥感温度反演与校验、数据处理流程、监测成果分析、主要结论等。

6 温排水影响评估数学模型、数值方法、初边条件、主要参数取值及合理性分析、模型验证、本底水温分析、温排水影响评估分析（温升场、敏感目标温升值、取水温升等）、主要结论等。

**7.3.3** 采用多种方法进行温度监测时，应针对各方法的主要成果进行综合分析并提出相应的结论。

**7.3.4** 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。

**本规程用词说明**

1 为了便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

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该这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

**引用标准名录**

1. 《核动力厂取排水环境影响评价指南》（试行）HJ 1037
2. 《海洋观测规范第2部分：海滨观测》GB/T 14914.2
3. 《海洋观测规范第3部分：浮标潜标观测》GB/T14914.3
4. 《海洋监测规范第2部分:数据处理与分析质量控制》GB/T 17378.2
5. 《水运工程水文观测规范》JTS 132
6. 《滨海核电厂温排水卫星遥感监测技术规范（试行）》HJ 1213
7. 《遥感影像平面图制作规范》GB/T 15968
8. 《低空数字航摄与数据处理规范》GB/T 39612
9. 《入河（海）排污口排查整治无人机遥感航测技术技术规范》HJ 1233
10. 《冷却水工程水力、热力模拟技术规程》T/CHES 49

**中国工程建设标准化协会标准**

核电厂温排水影响监测与评估技术规程

Technical specification for monitoring and assessment of the impact of thermal discharge from nuclear power plant

（征求意见稿）

**条文说明**

**制定说明**

《核电厂温排水影响监测与评估技术规程》T/CECS-XXX202X，经中国工程建设标准化协会2019年6月6日以建标协字〔2019〕12号文件批准、发布。

本标准在编制过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国核电厂温排水影响监测与评估的实践经验，同时参考了有关国家标准、行业标准。

为便于广大设计、科研院所、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，标准编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

**目次**

[1 总则 26](#_Toc190092490)

[2 术语 26](#_Toc190092491)

[3 基本规定 27](#_Toc190092492)

[4 温度场监测技术要求 28](#_Toc190092493)

[4.1 基本要求 28](#_Toc190092494)

[4.2 直接接触测量技术要求 29](#_Toc190092495)

[4.3 航空红外遥感测量技术要求 30](#_Toc190092496)

[4.4 卫星红外遥感技术要求 31](#_Toc190092497)

[5 温排水影响评估技术要求 31](#_Toc190092498)

[5.1 基本要求 31](#_Toc190092499)

[5.2 本底水温确定技术要求 32](#_Toc190092500)

[5.3 评估模型技术要求 32](#_Toc190092501)

[5.4 温升场确定技术要求 33](#_Toc190092502)

**1 总则**

**1.0.1** 本条规定了制订本标准的目的，并遵循科学性、可靠性、可操作性的原则进行制定。本规程涉及的“温排水影响”特指温排水扩散的物理影响，用温升影响范围、温升值进行表征。

**1.0.2** 本条规定了本标准的适用范围。目前我国在运核电机组均布设在沿海地区，本规程适用于以海域、河口作为温排水受纳水体的情况。

**1.0.3** 对国家已颁布的相关标准、规范已有的内容，除必要的重申外，本规程不再重复。

**2 术语**

**2.0.2** 当环境水体中有温排水排放时，温度场包含了自然水体本底水温与温排水的叠加影响。海域中的温度场空间分布不均匀，且随潮变化。

**2.0.3** 本底温度场受水文、气象、地形、岸线等复杂因素影响，具有时空变化特性。

**2.0.6** 通常习惯上把海面铅直向涨落称为潮汐、水平向流动称为潮流。本条特征潮态针对潮流而言，涨急为涨潮流速较大的潮态、涨憩为涨末转落的潮态、落急为落潮流速较大的潮态、落憩为落末转涨的潮态。

**2.0.7** 温排水影响监测方法分为直接接触测量、红外遥感测量等。直接接触测量包括固定点测量、走航测量、漂流测量。红外遥感测量包括航空红外遥感测量与卫星红外遥感测量。不同的测量方法均有各自的优缺点。直接接触测量优点是测量精度高，便于进行水体表层以及垂向不同深度的参数测量；缺点是仅能获得散点测量数据。红外遥感测温精度相对较低，测量得到的是表皮温度，采用海面同步实测表层温度校验后可以提供表层温度场。航空红外遥感，能够进行较大范围的水体表皮温度测量，其优势在于可获得规划时间、规划区域连续的温度场分布，具有较高的空间分辨率，但受扫描宽度限制所获的温度场为准同步。卫星红外遥感，可以获得大范围水体同步表皮温度，其缺点是受卫星过境时间限制，难以获得规划潮型、潮态的温度场，且空间分辨率较低，测量结果容易受到云雾等条件影响。

**2.0.8** 在水体测温领域，接触式温度传感器主要包括热敏电阻式传感器、铂电阻传感器、热电偶传感器等。

**2.0.11** 热红外遥感技术用于水体表皮温度测量，通常分为航空红外遥感与卫星红外遥感。红外波段按波长划分为近红外、中红外和远红外，常温的地物发射的红外能量主要在大于3μm的中远红外区。

**2.0.14** 全场监测针对特定潮型、潮态开展，是短期的、系统化的监测，通常采用航空遥感为主、卫星遥感为辅、同步海面实测（水文测验、固定点连续测温、走航测温、漂流轨迹测温等）相结合的方法。一般选取夏季与冬季大、中、小潮特征潮态（涨急、涨憩、落急、落憩）开展。大范围是指监测区域较大，一般需要覆盖核电规划装机容量下可能的夏季温排水1℃温升影响范围，大约几十或上百平方公里。全潮程是指监测的潮态能够反映一个完整涨落潮过程的特征潮态。

**2.0.15** 日常监测是长期的、常态化的监测，通常采用固定点连续监测与卫星红外遥感相结合的方法。与全场监测相比，固定点的站位相对较少，但需要有代表性，因此建议结合潮流、温排水扩散特点、环境敏感目标、功能区划等要求进行设置。卫星红外遥感定期进行，鉴于数据源比较丰富，出于监测季节代表性考虑，一年春、夏、秋、冬均有相应的监测成果，因此监测时间间隔通常不超过一个季度（3个月）。

**2.0.16** 评估模型经温排水监测数据校验后，用于本底温度场模拟以及温排水影响评估。评估模型分为“热通量模式”与“增温模式”。“热通量模式”求解“绝对水温”，能够模拟岸线地形、温排水、实时变化的水文气象条件等多因素作用下海域水温的时空变化规律。“增温模式”求解“温升”，基于均一环境水温值模拟温排水排入海域后造成的温升影响，计算过程中自由面热交换仅考虑温排放引起的水面散热通量值。本规程中未经特殊说明，评估模型均指“热通量模式”。“增温模式”仅用于典型水文气象条件下的温排水影响评估。

**2.0.17** 温排水影响评估重点关注排放口周围1℃～4℃温升影响区范围与目标区域的温升值。例如全潮最大、全潮平均温升影响范围与影响面积；环境敏感目标温升值、核电取水温升值等。

**2.0.19** 公式拟合法适用于本底温度场分布规律性较好、能够用拟合公式表达的海域。例如某核电工程海域，本底水温随水深或离岸距离呈线性变化，本底水温可以表达为与距离与水深相关的线性公式。

**3 基本规定**

**3.1.1** 本条规定了核电运行前温度监测、收资基本内容。核电运行前温度（场）资料，一方面为了解本底水温分布规律提供依据，另一方面也为本底水温数学模型提供验证资料。对于已经商运的核电厂址，不具备开展本底水温全场监测的条件，建议收集运行前的卫星红外遥感资料、定点水温观测资料等。对于新建厂址，通过开展本底温度场全场监测，同步开展水文、气象监测，为本底水温数学模型校验提供更加丰富、细致的资料。通常工程海域的卫星红外遥感资料比较丰富，历时也较长，收集历史卫星红外遥感资料时尽可能齐全，能够反映不同季节（夏季、冬季）、不同岸线时期的本底温度场。

**3.1.2** 本条规定了核电运行后温度监测基本内容。

2 全场监测的目的有两方面，其一是为在运机组温排水影响后评估提供科学依据，其二是为评估模型验证提供基础资料。从后评估角度，需要开展核电分期运行后冬季与夏季的监测。

3 日常监测要求在核电首期机组运行后尽快开展，日常监测的测量内容、站位数量与全场监测相比大为减少，侧重于长期连续监测，其监测点位具有代表性且需要根据岸线地形、机组投运数量、敏感区域变化等进行适当调整、增补。日常监测的目的有两方面，一方面关注特征站位如取水口、环境敏感点、功能区划边界点的温升是否满足设计或环保要求；另一方面持续为评估模型数据同化校验提供基础资料。

**3.1.3** 本条规定了核电厂在运机组温排水影响评估的基本内容。温排水影响评估考核指标为“温升”。全场监测、日常监测得到的绝对温度场包含了本底与温排水的共同影响，需要合理扣除本底水温，才能得到温升。

**4 温度场监测技术要求**

## **4.1 基本要求**

**4.1.2** 本条规定了全场监测的基本要求。

1 核电通常分期规划建设。首期运行后要求尽快开展全场监测，以便为扩建机组温排水数学模型校验及参数选取及时提供基础资料，因此要求2年内完成全场监测。后期扩建机组运行后，与环评资料时效性保持一致，要求5年内完成全场监测。

3 全场监测需要选择无雨的天气进行，避免下雨对海面温度场的干扰，具体实施窗口需结合技术手段对观测现场条件的要求确定。例如航空红外遥感测量，要求晴朗少云、风力一般小于5级。海面航测要求风浪小，作业安全。对于在运机组全场监测，为保证观测期间温度场为达到稳定后的温度场，要求在观测前机组至少平稳运行两天以上。

4 从作业安全性考虑，全场监测通常在白天进行。对于半日潮海区，一个完整涨落潮过程大约6小时，容易选取合适的涨急、涨憩、落急、落憩潮态观测。对于全日潮开区，观测潮态可以适当放松。因此，本规程关于测量潮态未进行强制规定，提出“宜选取大、中、小潮一个完整涨落潮过程中的特征潮态（涨急、涨憩、落急、落憩）进行”。

5 鉴于特征潮态全场监测范围至少几十乃至上百平方公里，无论航空遥感测量还是海面走航测量，均需要一定时间才能完成测量，获得的是准同步温度场。为尽量保证测量结果的同步性，结合前人已有研究工作实践经验，提出单个潮态测量在1小时内完成，当观测海域潮流变化较快时，建议进一步缩短观测历时。

6 温排水环境影响评价通常关注夏季1℃、冬季2℃及其以上温升影响范围，通常情况夏季1℃范围远大于冬季2℃范围，一般能覆盖冬季2℃范围，为此本规程全场监测范围提出至少覆盖核电规划容量下夏季1℃温升影响范围。

**4.1.3** 本条规定了日常监测的基本要求。

2 卫星红外遥感监测间隔时间一般不超过一个季度（3个月），以满足不同季节温排水影响评估要求。

3 卫星红外遥感过境时间不可控，因此对潮态未做强制规定。

4 鉴于核电不同机组运行后温排水扩散范围发生较大改变，并且有些工程海域岸线、地形变化也比较显著，固定点数量、站位需要根据不同阶段全场监测成果以及日常监测中的卫星红外遥感监测成果进行调整、增补。

## **4.2 直接接触测量技术要求**

**4.2.1** 本条规定了直接接触测量的内容。

1 核电运行前本底温度场全场监测，核电没有温排水排入海域，因此不要求必须开展漂流轨迹及沿程温度测量。海域温度场与水文、气象密切相关，为此要求同步开展水文测验与气象观测。海面气象观测要求海面以上1.5m处的参数，与现行团体标准《冷却水工程水力、热力模拟技术规程》T/CHES 49中计算表面综合散热系数的相关规定一致。工程海域存在较大范围潮间带时，潮间带为干湿循环的滩涂区域，当处于干滩状态时，滩涂与大气发生热交换；当干滩被水淹没时，滩涂底床与水体发生热交换，为此需要增加滩涂不同深度土壤参数的测量。

3 日常监测期间的气象参数可以直接采用厂址气象站资料。若核电没有厂址气象站，则需要专门设立气象观测站。

4 观测期间核电机组或周边火电厂运行资料主要包括运行功率、凝汽器进出口温度、循泵流量及运行状况等。

**4.2.2** 本条规定了测量精度与感温响应时间。

1 感温响应时间的要求主要考虑两方面因素：一方面，测温仪器从被定位到测量点位开始，需要经历一定时间才能获得该位置的温度。另一方面，走航表层测温及垂线垂向测温时，测温仪器需要快速跟踪不同位置的水温。结合已有研究工作经验，提出响应时间不大于1s的要求。

**4.2.3** 本条规定了直接接触测量的测量方法。

1 特征断面走航测温时，为减小行船对水流和温度场的干扰、便于测温仪器及时准确地追踪不同位置的水温，对船速进行了规定。此外，为准确获得测温数据的时间与位置信息，要求同步记录仪器定位，且定位频率与测温频率协调一致。

3 本款提出了测温仪器下放与提升速度的相关要求，以保证仪器能够及时准确地跟踪测量不同深度的温度。现行国家标准《海洋观测规范 第2部分：海滨观测》GB/T 14914.2推荐下放与提升速度控制在1m/s左右。

**4.2.5** 本条规定了全场监测与日常监测测量规划的技术要求。

1 全场监测在布设测量断面、点位时遵循“近密远疏”的原则，指靠近排口或近岸温度梯度较大的区域布设较多的走航断面、监测点位，以捕捉比较全面的温度信息；而在远离排口、温度变化平缓区域可以适当减少。此外，全场监测期间走航线路上如果有水深较浅的水域，需要考虑低潮时段船测的可行性，若船无法达到，就需要布设固定点替代。同步开展的水文测验，潮位站不少于1个，通常布设在厂址附近；测流站不少于3个，通常取排水附近布设1个，其余测站结合地形潮流特点确定；此外测站尽量与工程海域已有全潮水文测验成果的测站位置相近，以便做对比分析。潮位与测流站通常都布置在航空遥感测量区域内。1个海面气象站通常设在取排水附近的测流站。

2 日常监测期间，考虑到固定点连续水温监测站的位置、数量选择与岸线地形、运行机组数量、环境敏感目标等密切相关，故此建议结合岸线地形条件、不同阶段在运机组全场监测温排水扩散范围、环境敏感目标等因素进行必要的调整、增补。

## **4.3 航空红外遥感测量技术要求**

**4.3.1** 本条规定了航空红外遥感测量的内容。

1 航空红外遥感直接测量获得的是海域的表皮温度场，经过海面表层水温实测资料校验后，能够提供表层温度场。

2 工程海域存在较大范围潮间带时，海陆分界线随潮变化，有时仅靠红外遥感测量难以准确识别海陆分界线，因此需要额外再增加可见光的测量。

**4.3.2** 本条规定了红外热像仪、飞行搭载平台等选择的技术要求。

1 从红外遥感温度测量结果的质量出发，红外热像仪通常具有分辨率高、实时刷新率高、测温稳定性好的特点。

4~5 飞行搭载平台通常采用无人机或有人机，需综合考虑续航时间、有效载重、巡航速度、机动性能、起降方式等特点比选择优确定。续航时间不小于2h，主要考虑了单个潮态飞行时间、起飞与返航时间以及逆风飞行的影响等因素。当采用无人机飞行时，考虑到垂直起降的飞机对起降场地要求较小、对热红外相机等固定装置冲击更小，因此优先推荐。

**4.3.3** 本条规定了航空红外遥感测量规划的技术要求。

2 为满足第4.1.2条中关于单个潮态测量时长的要求，当测量范围较大时，单架飞机难以在规定时间（如：1小时内）完成测量任务，因此可以采用多架飞机分区同步飞行的测量方式。

3 为保证飞行作业过程中不对核电安全造成影响，要求规划航线避开核电核岛上方空域。

4 温排水观测的重点是排口附近温排水的扩散情况，排口附近温排水高温升影响区（如4℃温升影响区）建议采用单一飞机测量，以避免不同飞机测量温度场叠拼的误差。

**4.3.7** 本条规定了航空红外遥感成果数据处理流程以及数据处理、测温精度、影像质量的相关技术要求。

3 航空红外遥感经反演计算后得到的温度场为表皮温度场，精度相对较低。为提高红外遥感测温精度，并且将表皮温度校正到海水表层温度，需要采用同步海面固定点、走航表层水温测量结果等进行校验。此外，校验完成后还需要评价校验精度是否满足要求。为此要求将海面同步实测温度数据分成独立分两部分，70%用于校验，30%用于精度评价。

4 海面实测数据与遥感测温数据的时空偏差遵循排口近区高温升区相对严格、远区适当放松的原则。时空偏差的技术要求结合已有研究工作经验给出。

## **4.4 卫星红外遥感技术要求**

**4.4.2** 本条规定了卫星的空间分辨率与重访周期。排放口近区温降梯度较大，温升影响范围较小，温度变化剧烈，空间分辨率太大就会造成温度场细部结构信息的丢失，因此优先推荐空间分辨率小于100m的卫星资源。为获得比较丰富的潮型、潮态的卫星遥感温度场，本规程规定卫星重访周期小于16天。

**4.4.3~4.4.4** 卫星红外遥感云层覆盖率、测温误差技术要求与现行行业标准《滨海核电厂温排水卫星遥感监测技术规范（试行）》HJ 1213保持一致。

**5 温排水影响评估技术要求**

## **5.1 基本要求**

**5.1.1** 本条规定了全场监测期间温排水影响评估的时间与频次，与温度场全场监测的相关要求保持一致。

**5.1.2** 本条规定了实时水文气象条件、典型水文气象条件下的温排水影响评估的时间，与日常监测的相关要求保持一致。

**5.1.3** 本条规定了评估模型校验的基本要求。海域温度场受岸线、地形、水文气象、核电排热等多因素共同影响随潮时空变化。为准确模拟原型海域温度场时空演变规律，需要尽可能多的利用实测资料进行流场、温度场的校验以及率定参数，包括核电运行前、运行后的监测资料。全场监测的数据最丰富，包括航空航天遥感、同步海面走航测温、固定点连续测温、漂流轨迹测温等数据，而且同步进行全潮水文测验、气象观测，因此是最为重要的校验资料。在此基础上，模型及参数还需要根据长系列的日常监测数据不断完善。

**5.1.5** 日常监测期间，无法通过有限数量的特征点位测温数据得到任意时间段的温度场或温升场，因此需要结合经过校验的评估模型模拟给出。评估模型模拟给出逐时温度场、本底温度场，将某时刻温度场扣减相应时刻本底温度场得到该时刻的温升场。

**5.1.6** 典型水文气象条件下的温排水影响评估同样需要采用评估模型模拟得到温升场，但并非模拟水文气象的实时变化过程，而是模拟工程海域具有代表性的潮型、气象条件下的温升场，计算时需要采用增温模式而非热通量模式。冬季与夏季典型水文气象条件，是指采用冬季、夏季代表性半月潮进行计算，与此同时冬季与夏季表面综合散热系数依据现行标准《冷却水工程水力、热力模拟技术规程》T/CHES 49相关规定进行计算。

## **5.2 本底水温确定技术要求**

**5.2.1~5.2.5** 在运机组温排水监测的温度场需要合理扣除同潮时本底温度场，才能得到温升场。均一本底法，就是观测海区不同位置本底水温相同或者差异较小，可以用不受温排水影响区域的水温作为本底水温，全潮给定均一值扣除。公式拟合法，就是观测海区岸线、地形、潮流都比较规则，而且不受温排水影响的区域本底水温分布与温排水影响区本底水温分布规律相同，同时本底水温分布又可以用与离岸距离、水深等参数拟合成公式表达，则不同区域本底水温就能通过拟合公式确定。对于绝大部分海区，本底水温往往具有较大的时空差异性，如果采用较为简单的均一本底法、拟合公式法，获得的温升分布与实际就会存在较大偏差，为此推荐采用能反映岸线、地形、水文气象等影响的评估模型模拟给出观测区域与温度场监测潮态相对应的本底温度场。与此同时，评估模型采用核电机组运行前、后水温观测资料进行多尺度、多源的充分校验。

## **5.3 评估模型技术要求**

**5.3.1** 本条规定了评估模型应具备的功能。在流场模拟方面，采用能够反映温盐对流场影响的斜压模型。在温度场模拟方面，能够反映水体流动热交换、水气热交换、海床与水体热交换等换热过程。

**5.3.3** 动边界处理技术一般有干湿法、窄缝法、淹没节点法、冻结法等。

**5.3.4** 本条说明了评估模型模拟范围的选取原则。模拟范围选取尽量结合工程海域已有的全潮水文测验潮位、海流测站布置，以提高流场模拟精度。海域温度场包含本底温度场与温排水的共同影响，受较长时间尺度、较大空间尺度水文气象的影响，因此一般模拟范围要大于工程前期可研阶段温排水预报模拟的范围。

**5.3.5** 本条说明了评估模型网格尺度的选取原则。与现行团体标准《冷却水工程水力、热力模拟技术规程》T/CHES 49一致。

**5.3.7** 本条规定了潮流场、温度场的验证内容、验证方法与验证精度。温度场验证是评估模型验证的难点。综合考虑了当前温度场监测技术手段的水平，结合前期研究实践经验，提出点、线、面相结合的验证方法，并从定性、定量角度对验证精度提出相关要求。鉴于海域温排水随潮扩散过程十分复杂，而数学模型往往对模拟对象进行一定概化与假设，难免存在模拟结果与实测结果偏差较大，超过规程规定误差的情况，因此当个别情况偏差较大时，应进行合理性分析。

## **5.4 温升场确定技术要求**

**5.4.2** 本条规定了全潮监测期间、日常监测期间、典型水文气象条件下温升场的确定方法。典型水文气象条件下，采用夏季最热或冬季最冷三个月的多年平均水文气象资料，潮流采用代表性半月潮，水文气象与水温时空变化不匹配。因此，需采用评估模型的增温模式进行模拟。