**《中尺度流域水文模型构建技术指南》（征求意见稿）编制说明**

**一、工作简况（包括任务来源、协作单位、主要工作过程、起草组组成成员及其所做的主要工作等）**

**任务来源：**气候变化影响水资源时空格局，水资源的动态变化又对人们的生产和生活产生较大影响。通常情况下，人们结合气候模式与水文模型评估未来气候变化的水资源效应，从而定量解析气候变化对水资源的影响。然而，关于如何构建水文模型，尚缺乏详尽的技术指南。因此，制订操作性强、技术要求详尽的水文模型构建的技术指南对于流域水资源综合管理至关重要。

**主要工作过程：**本标准以国家重点研发计划课题、国家自然科学基金、陕西省重点研发计划等项目的研究成果为基础，从2019年开始进行资料收集及流域水文模型构建和水文过程模拟。经过三年多的资料累积、科研理论、模型模拟及案例研究，经过多次讨论修改于2023年1月形成了《中尺度流域水文模型构建技术指南（征求意见稿）》。

**起草组成员及所做的主要工作见表1**。

**表1 标准起草人主要工作**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **姓名** | **职称** | **工作单位** | **主要工作** |
| 1 | 吴一平 | 教授 | 西安交通大学 | 负责人 |
| 2 | 赵富波 | 助理教授 | 西安交通大学 | 编制人 |
| 3 | 邱临静 | 副教授 | 西安交通大学 | 编制人 |
| 4 | 孙彭成 | 中级工程师 | 黄河水利委员会黄河水利科学研究院 | 结果分析 |
| 5 | 黄强 | 教授 | 西安理工大学 | 编制人 |
| 6 | 刘登峰 | 教授 | 西安理工大学 | 编制人 |

**项目的前期科研情况：**

标准制订过程中，以国家重点研发计划、国家自然科学基金、国家人才计划项目、陕西省科技创新团队等的科研成果为支撑，通过前期研究和实践，提炼总结出本标准的主要内容。针对水文模型的校验工作，通过在黄土高原、祁连山地区等多个流域的模拟验证，表明模型对水文过程的模拟较为可靠，水文模型具有较强的实用性（见表2和图1），这为本标准的制订提供了先决条件。随着项目实施的不断深入，对标准不断完善，保障了标准的实用性、高效性和可操作性，该标准可以为相关项目的实施提供具体的技术支持，具有普适性和重要的推广价值。

**二、标准编制原则和确定标准主要内容：包括技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等的依据（包括试验、统计数据）；地方标准修订项目还应当列出和原标准主要差异情况；**

（一）编制原则

本标准从水文模型数据收集、数据核查与评估、模型构建、参数率定和验证、模型的应用等方面做了详细技术规范。

（二）主要内容

1、适用范围

本标准适用于中尺度（空间范围在200km2-2000km2）流域水文模型的构建与应用。

2、术语和定义

本标准涉及的术语除在已有的相关资料有明确的定义外，还有部分重要术语需要加以界定。因此，在本标准中，通过提炼总结，对中尺度流域、水文模型、参数率定给出了定义。

3、模型搭建及适用性评估

（1）基础数据资料的收集

本标准的核心工作是基于模型法的水文模拟，因此需要收集批量基础数据资料用以模型搭建。基础资料收集应根据所选模型的要求，尽可能收集到高分辨率的空间数据和时间序列尽可能长的气候及水文观测资料。水文观测应遵循GB 50179河流流量测验规范。涉及的气象数据应遵循GB/T 35221 地面气象观测规范。

（2）流域水文模型构建

水文模型搭建过程应根据所选的水文模型手册进行，模型使用者应根据模型手册配置相应的软硬件。

（3）模型参数率定与验证

模型适用性评价包括模型参数的率定和模拟结果验证。模型参数的先验分布应设定在参数合理范围内（确保参数具有物理意义），参数初始值根据文献调研和经验确定。参数采样和敏感性分析方法有多种，可根据流域特性选择适用性方法。模型评价应最少采用NSE、PB及R2三个指标。

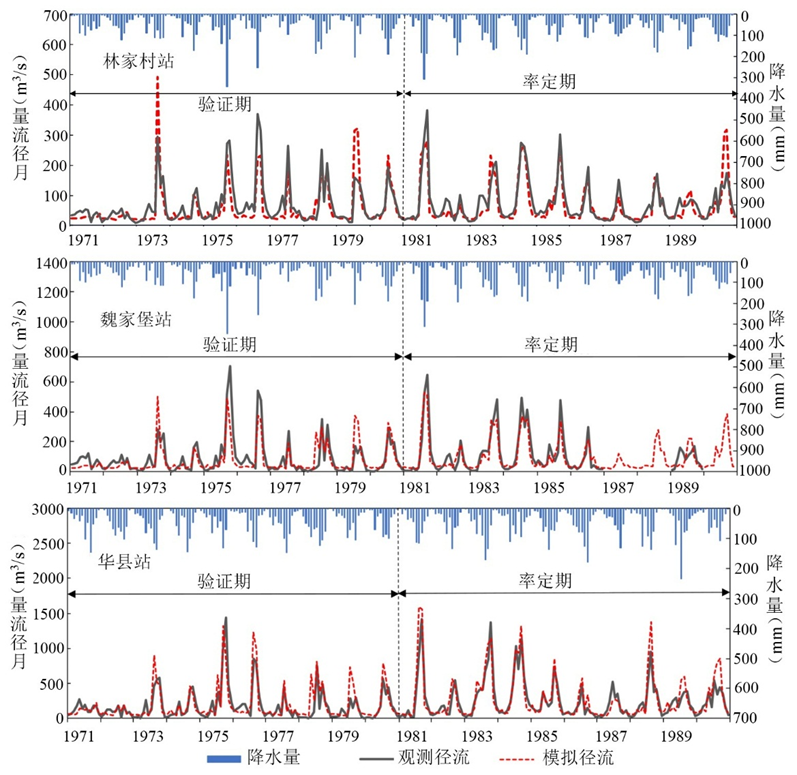
**三、模型训练与验证**

本标准基于模型法对气候变化影响下的流域水文过程进行评估，因此模型训练与验证是至关重要的步骤，具有决定性作用。截止到2022年底，我们依托国家重点研发计划课题和国家自然科学基金等项目，利用广泛应用的分布式流域水文模型SWAT在黄土高原地区以及祁连山地区开展了多流域的模型训练及验证。其中包括了多流域、月尺度径流模拟校验、历史及未来气候数据的演变分析、未来水资源的预测等工作。这些成果为项目实施提供了有力的技术支撑。

如图1和表2所示，选取黄土高原主要流域渭河作为模拟对象，三个主要水文站径流数据用以校验模型。3个水文站月模拟径流和观测径流吻合较好，我们利用决定系数R2、纳什系数NSE和百分数偏差PB评价水文模型在率定期和验证期的表现，发现3个水文站点的模型表现在率定期和验证期凭借R2 > 0.70，NSE > 0.60，|PBIAS| < 20%被判定为良好。表明模型可以用来模拟该区域的水文过程，模拟结果可用于下一步研究。这些结果表明所采用的水文模型SWAT可以很好地表征黄土高原地区的水文过程，从而进一步表明利用水文模型进行流域水文模拟的可行性。

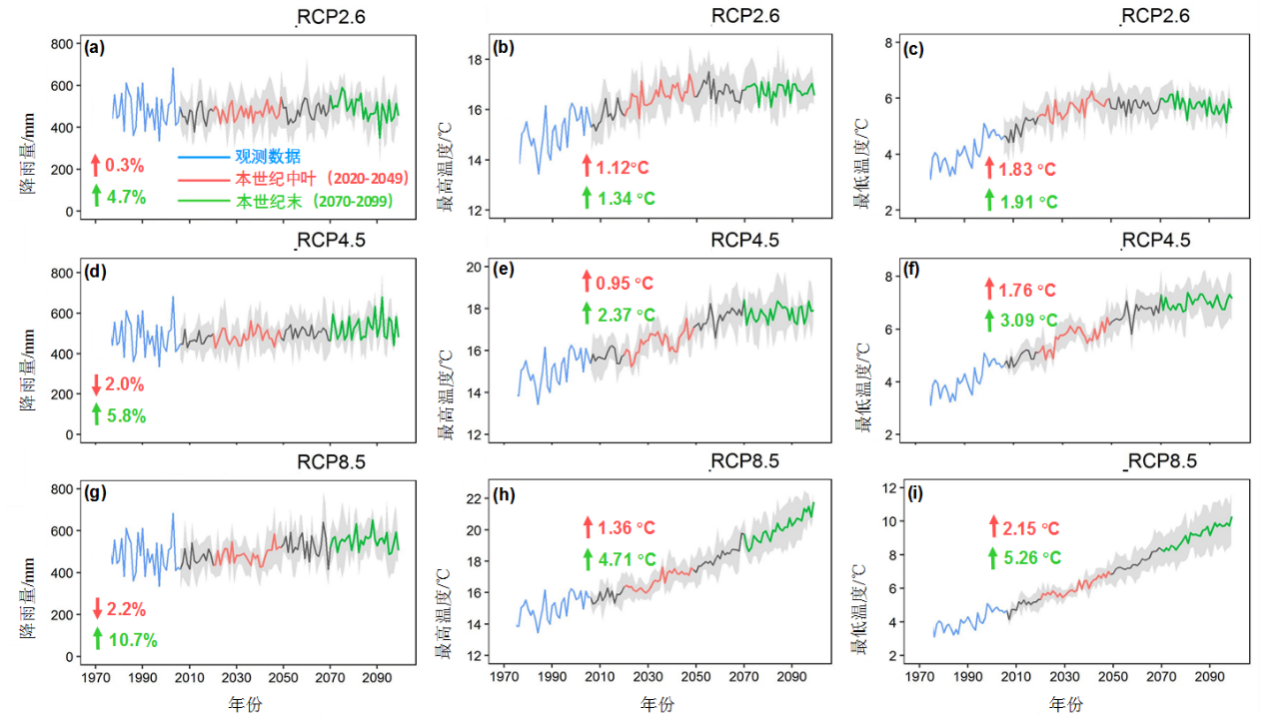
**表2 黄土高原渭河流域林家村、魏家堡和华县水文站点的径流模拟结果评价**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 站点 | 时期 | NSE | PBIAS（%） | R2 |
| 林家村站 | 1971-1980 | 0.61 | -15.4 | 0.68 |
| 1981-1990 | 0.72 | -10.2 | 0.76 |
| 魏家堡站 | 1971-1980 | 0.60 | -13.5 | 0.62 |
| 1981-1990 | 0.84 | -10.9 | 0.86 |
| 华县站 | 1971-1980 | 0.61 | 11.1 | 0.71 |
|  | 1981-1990 | 0.77 | 11.1 | 0.85 |



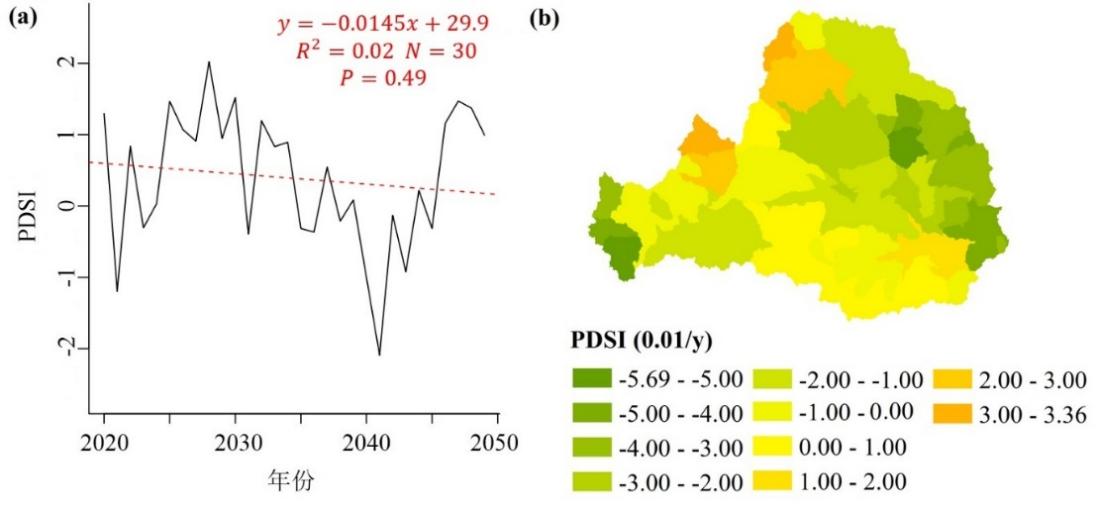
**图1 SWAT模型在黄土高原渭河流域的径流模拟验证**

图2为历史时期和三种气候情景五种模式下黄土高原泾河流域（渭河一级支流泾河）平均降雨、最高气温和最低气温的年变化，图中彩色阴影部分是五个模式的标准差，数据来源于IPCC所采用的全球气候模式数据。将未来划分为两个时间段分别为2020–2049（未来近期），2070–2099（未来远期）。在RCP8.5情景下，未来的降雨量呈增加趋势。与历史时期相比，降雨量在三种气候情景下本世纪末期均是增加的，增加程度: RCP2.6<RCP4.5<RCP8.5，其中RCP8.5情景下降雨量在本世纪末增加10.7%。未来最高温和最低温在该区域保持升高的趋势。本世纪中叶，三种情景的最高温相比历史时期增幅差异较小，分别升高1.12℃、0.95℃、1.36℃，而在本世纪末，RCP8.5情景温度剧烈升高，较历史上升4.71℃，RCP4.5和RCP2.6情景分别上升2.37℃和1.34℃。这些气象数据的分析为我们进一步产生未来气象数据组合提供了基础条件，支撑了随机气象组合和模型情景模拟。



**图2 黄土高原泾河流域历史及未来气候变化**

对RCP8.5情景下5个全球气候模式下的PDSI进行平均获得渭河流域2020-2049年的PDSI数据（图3）。如图所示，渭河流域的PDSI在2020-2049年呈现波动下降的趋势，趋势不显著，下降幅度为1.45/100y。PDSI低于2020-2049年多年平均值的年份有2021年、2023-2024年、2031年、2035-2036年以及2038-2045年，特别是2021年、2040年、2041年和2043年。渭河流域大部分地区的PDSI呈下降趋势，特别是流域源区；在西吉气象站点附近地区、泾河子流域源区以及渭河流域中南部地区，PDSI呈下降趋势。



**图3 黄土高原渭河流域PDSI未来变化模拟预测**

图4为利用SWAT模型模拟的未来两个时期祁连山地区产水量相比历史时期的变化。RCP2.6情景下，本世纪中叶研究区产水减少的区域面积明显高于本世纪末期，主要归因于降雨量的减少。而在其他两种情景下，研究区西北部产水量均增加，但大部分区域增加幅度较小，处在1.0–7.2mm之间，而在石羊河流域增幅较大；同时发现在降雨量相对较高的大通河和疏勒河流域产水量却明显减少，说明未来温度的升高对水资源的减少大于降水增加对水资源的补充。这些基于气候模式的水文过程时空模拟表明模型方法可以较为准确地定位流域水文过程演变的时空状态。

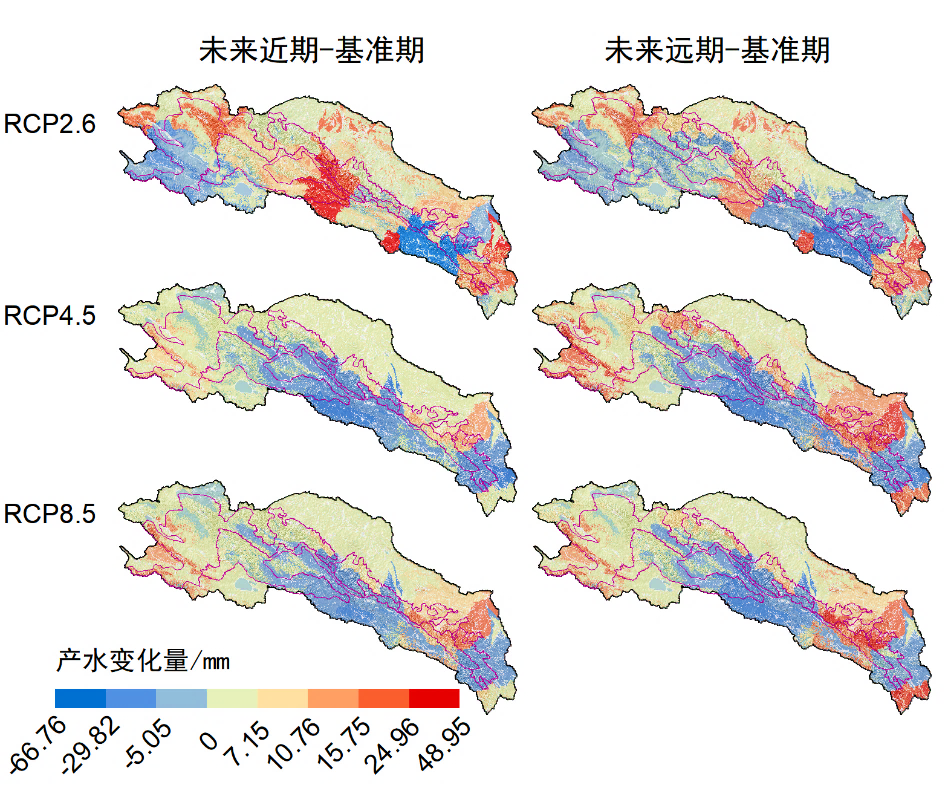


图4 祁连山产水量的未来变化模拟预测

**四、知识产权说明：标准涉及的相关知识产权说明**

项目主要成果是国家重点研发计划、国家自然科学基金、陕西省科技创新团队等项目产生的技术、软件、论文、专利等，属于自主知识产权，不涉及其它知识产权问题。

**五、采标情况：采用国际标准和国外先进标准的程度与国内同类标准水平的比较**

本标准的制订，参照了气象干旱等级等有关国家标准的最新版本和主要条款。本标准编制引用了如下标准或规范：

GB/T 21010 土地利用现状分类

GB 50179 河流流量测验规范

GB/T 35221 地面气象观测规范

HJ 724 环境基础空间数据加工处理技术规范

与同类标准水平比较，本标准主要特点是体现了详细的中尺度流域水文模型的构建过程，并对模型构建的每个环境做了详细技术规范。

**六、重大意见分歧的处理：包括处理过程、依据和结果；**

本标准无重大意见分歧。

**七、标准性质的建议说明：建议审批发布为推荐性标准或强制性标准的说明及理由**

气候变化已经并正在强烈影响流域水资源状况，已有大量研究和新闻事实报道气候变化影响下，我国诸多流域干旱、洪涝灾害发生频率和程度逐渐增加，严重影响了流域的社会经济及生态环境的健康发展，从而不利于区域可持续发展目标的实现。在气候变化背景下，确保水资源的持续向好及可持续发展对于保障流域的长治久安具有至关重要的意义，也是我省生态文明建设过程中的重要一环。因此，建议尽快颁布“中尺度流域水文模型构建技术指南”作为推荐性标准，以有效开展我省的流域尺度的水资源科学管理。

**八、其他应予说明的事项。**

无