

1. 特等奖成果

1.1 西辽河平原“水—生态—经济”安全保障研究

➤ 简要信息

【获奖类型】应用特等奖

【任务来源】水利部公益性行业科研专项

【课题编号】201101021

【课题起止时间】2011年1月~2012年12月

【完成单位】中国水利水电科学研究院

松辽水利委员会水文局

沈阳农业大学

内蒙古自治区水文总局

内蒙古农业大学

【主要完成人】陈敏建、李和跃、汪林、何俊仕、张秋霞、李畅游、何桥、徐凯、陆垂裕、孔庆辉、董克宝、张生、秦长海、陈根发、王鹏

➤ 立项背景

我国北方半干旱区多年平均年降雨 200~400mm、水面蒸发大于 1000 mm、干旱指数 3~7，属于西北内陆河干旱区与北方半湿润区之间的过渡地带。以灌溉农业为标志的区域经济开发产生了一系列影响重大的水土资源与生态安全问题。由于缺少针对性的理论与技术，长期以来问题积累很多却又得不到有效解决，成为西北干旱区与北方半湿润区之间的技术真空地带。

西辽河流域具有半干旱区的所有属性。长期以来，对西辽河乃至半干旱区草原农牧区水问题研究滞后，有关松辽流域的水资源规划与管理，以及与之相关的资源环境课题都是将西辽河作为一个基本单元进行总体分析，没有对其进行深入分析，缺少草原农牧区的水资源高效合理利用与生态保护的技术研究，是松辽流域没有提出有效办法的技术真空地带。维护西辽河流域用水安全和生态安全，对松辽流域西部草原农牧区的水利工作具有决定性的意义。

➤ 详细科学技术内容

(1) 总体思路

通过分析草原农牧区人文社会生产力演变带来的资源环境问题,研究西辽河平原区水文循环及其对生态的影响,建立水文循环与生态系统演变的动态关系,提出地下水安全合理利用与草原农牧区生态安全的管理目标与技术方法,提出与水资源及生态基础相适应的经济结构和社会发展模式,形成西辽河平原“水—生态—经济—社会”安全保障体系。

(2) 主要研究内容

1) 西辽河平原地下水补给机理研究:西辽河平原区降雨不直接产生地表径流,部分降水入渗补给地下水。地下水蓄存状态是关系到水资源高效利用和生态景观稳定的关键因素。研究西辽河独特的降雨径流关系,通过实测实证,评价地下水安全补给的条件。

2) 西辽河平原地下径流耗散结构与生态安全研究:西辽河平原潜水蒸发为地表植被生态的重要支撑,分析草原植被—潜水蒸发—地下水位之间的定量关系。研究提出保障植被生态安全的地下水埋深。

3) 西辽河平原地下水可持续利用技术研究:根据地下水补给与耗散机理,确定生态地下水位,作为地下水合理利用和草原生态安全控制性指标,研究地下水开发利用顺序与优先级。

4) 西辽河流域“水—生态—经济”安全研究:分析流域产业结构、经济发展与水资源需求之间的关系,研究流域水资源对经济发展的促进与制约因素。将经济结构、社会发展方式指标反馈到“水—生态—经济”评价系统,研究与水相适应,维持地下水涵养能力与生态稳定的安全保障体系。

(3) 创造性的关键技术成果

本项目重点研究了草原农牧区影响全局的水文循环、生态系统安全与管理等基础问题,获得了重大突破,填补了一系列技术空白。

1) 提出了半干旱区垂直水文循环与生态安全理论:通过对水文循环及其生态效应深入分析研究,并进行比较水文学研究,原创提出了我国北方半干旱区垂直水文循环与生态安全理论。半干旱区水文循环特点是:平原为降雨—地表蒸发、下渗补给地下水—潜水蒸发—植被土壤蒸腾发的垂直水文循环,降雨只产生地下

水；生态系统支撑条件及生态效应为：地带性植被与非地带性植被并存，草原非地带性植被由降雨入渗形成的潜流场支撑；在水土资源利用等人工干扰下，地下水位下降，草原非地带性植被向地带性植被演替。西辽河平原水-生态安全的核心问题是保持垂直水文循环的畅通。一是要保障地下水的自更新能力，控制降雨入渗补给的地下水位；二是要在牧区保障地下水对草原植被的涵养能力，需要维持草原非地带性植被耗散的地下水位。两个不同的潜水埋深不可混为一谈。

2) 发现植被演替的大量证据，揭示了草原生态演变过程和驱动成因：发现西辽河平原近 15 年来非地带性植被面积减少、演替和地带性植被面积增加的趋势。反映了由地下水补给能力下降导致的“非地带性—演替过渡—地带性”衰退过程，这对整个区域的经济社会与生态安全是一个重大隐患。

3) 揭示了西辽河平原生态水文机理，建立了反映物理过程的地下水生态水位计算方法：对地下水的形成与耗散机理进行了深入研究，提出了涵养地下水与保障植被补给的临界埋深，通过揭示临界地下水位的内在机理，原创建立反映其物理机制的科学计算方法。

4) 提出了地下水利用控制性指标与安全管理对策：根据临界埋深分别确定灌区和牧区的生态地下水位，确定地下水利用控制性指标。灌区管理以严格限制地下水超采、保护含水层安全为目标，草原牧区管理以保障地下水补给植被、保护草场生态安全为目标。

5) 提出了西辽河平原地下水动态补给与耗散结构，摸清了补排规律：利用 MODCYCLE 模型模拟计算了西辽河平原区水循环转化关系，研究提出了地下水空间分布图（潜流场：水位与埋深）。模拟了西辽河平原地下水动态补给结构与耗散结构。

6) 揭示了西辽河平原资源生态安全与经济社会发展的五大结构关系，建立了“水—生态—经济”驱动关系与安全保障体系：提出了资源生态安全与经济社会发展的五个环环相扣的结构关系，通过西辽河降水—河川径流—地下潜水位—生态结构演变关系，建立起西辽河平原草原农牧区“水—生态—经济”驱动分析模式。构成西辽河平原“水—生态—经济”安全保障体系。构建了西辽河平原“水-生态-经济”安全评估准则，提出了符合“水—生态—经济”安全的西辽河平原经济结构和经济社会发展方式。

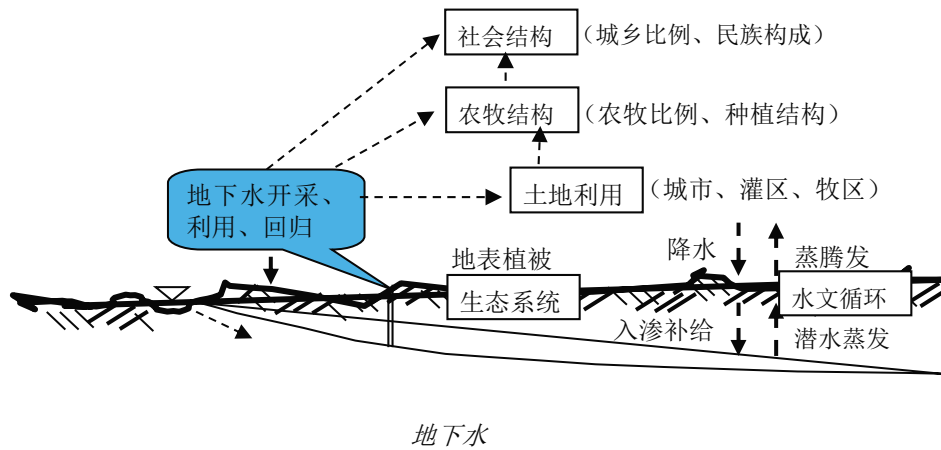


图 1 西辽河平原地下水开发利用驱动的一系列问题

➤ 发明及创新点

本项目有如下六个方面突出的原始创新、发明和发现：

(1) 半干旱区垂直水文循环与生态安全理论：原创提出我国半干旱区水文循环与生态安全的理论技术，既不同于内陆河干旱区为代表的西北模式，也不同于以黄淮海流域为代表的华北模式。形成了半干旱区水文水资源与生态安全新的技术模式：降水—入渗—地下水，垂直水文循环理论，地下水形成与耗散的生态水文效应。

(2) 地下水形成与耗散的生态水文机理：揭示了半干旱区生态水文机理，指引发现了分级生态地下水位。一是反映地下水形成能力，保障地下水形成；二是反映地下水补给植被生态的能力，保障生态用水。这是两个不同的生态水位。

(3) 地下水补给植被原理与分析计算模型：揭示地下水补给植被的内在物理机制，通过模拟毛管水与植被根系相互作用的物理过程，原创建立模型计算方法。

(4) 入渗补给地下水原理与分析计算模型：揭示入渗补给地下水的内在物理机制，通过模拟入渗水在包气带中下渗的物理过程，原创建立模型计算方法。

(5) 发现西辽河平原生态格局演变：以地下水开采灌溉为主要形式的水资源开发利用驱动土地资源开发，引起土地利用格局变化，导致了农进牧退，灌区与牧区比例失衡的局面。

(6) 发现五大结构关系及其传递与制约：发现了西辽河资源生态安全与经济社会发展的五个环环相扣的结构关系，构成水资源可持续利用、生态安全、经

济发展安全、社会安定的基础。建立起西辽河平原草原农牧区“水—生态—经济”驱动分析模式，构成西辽河平原“水—生态—经济”安全保障体系。

➤ 与当前国内外同类研究、同类技术的综合比较

水文循环具有显著的区域特点，水文学不存在普遍适用的通用模式。迄今为止，国内外还没有出现对 200-400mm 降水区的资源生态系统研究，也未出现垂直水文循环的概念。与国内外同类研究比较，本项目对半干旱区的典型区域西辽河平原研究成果突破了以往观念、自主创新：理论原创，方法原创，结论新颖，成果实用，效果显著。研究成果改变了半干旱区长期处于西北模式与华北模式间摇摆的状态，明确提出了基于垂直水文循环的一系列理论与技术方法，完成了“实践—理论—实践”的完整循环。在水文水资源与生态水文研究领域独具特色，填补了国内外半干旱区水文水资源与生态安全重大理论与技术空白。

➤ 成果应用情况及社会效益

研究成果在通辽市得到了高度评价和重视，并在实践中得到及时应用与迅速推广，取得了显著的生态效益、社会效益和巨大的经济效益。1) 项目原创提出的半干旱区垂直水文循环生态安全理论，填补了长期困扰西辽河流域乃至内蒙东部以及整个东北地区水资源合理利用与生态保护的技术空白，促成了通辽市形成对本区域水问题的正确认识。2) 摸清了通辽市水资源家底。3) 项目原创提出的西辽河平原降水补给地下水的临界埋深和支撑草原地表植被生态需水的临界埋深，解决了地下水安全利用和草原生态安全的关键难题，为水资源合理利用提供了明确的途径。4) 农灌区地下水位控制埋深为 7-8m，牧区草场地下水位控制埋深为 2-3m，使全市水资源管理状况发生了根本性改变。5) 根据西辽河平原水—生态—经济驱动关系，提出了牧区产业发展合理规划与布局方案。全市农牧业 8511521113 工程（通政字 [2012] 5 号）中退耕还草实施方案用 5 年时间退耕还草面积为 500 万亩，与本项目要求初步达到五五开完全一致。

项目成果还在松辽委在流域西部各项水利工作如地下水与生态安全管理规划等工作中得到应用，西辽河平原水资源与生态安全管理实践得到自治区重视，已在内蒙古同类地区推广；成果还受到国家有关部门重视，在相关的规划与建设管理工作中持续应用推广。