**国家科技进步奖提名项目**

1. **项目名称**

陕北能源化工基地地下水勘查与绿色开发技术

1. **提名者及提名意见**

提名者：自然资源部

提名意见：陕北能源化工基地是我国首个被批准的国家级能源基地，其资源潜在价值约占全国的30%，在维护国家能源安全的战略布局中占有十分重要地位。水资源短缺与生态环境约束是制约陕北能源化工基地建设和发展瓶颈。

该项目围绕陕北能源化工基地水资源保障与生态环境保护的重大需求和关键科学技术问题，采用中、省、市联动，地调与科研高度融合方式，创建了地下水与植被生态耦合模型及风险防控技术，发展了水文地质学理论；建立了基于生态约束的地下水勘查与评价方法体系，探明了33处水源地，建立了基于伦理的水资源优化配置管理平台；从含水系统和水流系统角度，揭示了地下水系统的采动响应机制；研建了严重缺水区高效取水技术，解决极度缺水区人畜用水。

项目取得的创新成果改变了过去对旱区水资源、生态环境、矿产资源开发的一些传统认识，为陕北能源化工基地乃至整个西北地区大型能源基地规划、建设和发展提供了重要的科学依据。探明并提交的30处水源地B级可采资源215.74×104m3/d直接用于能源基地规划和建设。形成了新理论和技术方法在西北地区大型能源基地地下水勘查中得到广泛应用，促进了西北地区地下水资源合理开发利用与生态环境保护，助推了西北地区大型能源基地建设。

成果获陕西省科学技术奖一等奖，发表论文156篇，其中SCI、EI检索78篇，出版专著7部，培养研究生90人。1人获陕西省“三秦学者”特聘专家和国土资源科技领军人才。

提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

1. **项目简介**

**主要技术内容：**该成果属于地质矿产调查与评价学科领域。

陕北能源化工基地是我国首个被批准的国家级能源基地，其资源潜在价值约占全国的30%，在维护国家能源安全的战略布局中占有十分重要地位。由于地处旱区的毛乌素沙地和黄土高原接壤地带，生态环境脆弱，水资源十分短缺。水资源与环境已成为严重制约基地建设和发展的瓶颈。如何科学地勘查和开发利用地下水资源，促进生态文明建设，已成为陕北乃至整个西北地区大型能源基地建设中普遍面临的重大科技问题。这些科技问题因生态环境脆弱和采矿活动强烈而变得更为复杂，研究难度大，在国际学术界尚无先例可循，属于国际前沿问题。

该项目围绕陕北能源化工基地对水资源的重大需求和卡脖子的关键科学技术问题，依托国家地质调查专项及联合国教科文组织等资助的12个科研项目，总经费1.3亿元，采用中、省、市联动，地调与科研高度融合方式，围绕4个重大关键科技问题，组织170余名科技人员，通过10余年（2004-2015）持续努力，取得了4项原创性、填补国际空白的创新成果。

**1.创建了地下水与植被生态耦合模型及风险防控技术，发展和完善了水文地质理论。**提出了1套从时间、空间、成因机制三个维度和遥感、调查、数值模拟多手段研究生态水文地质的新方法，发现了植被生态空间分布与演变规律，揭示了地下水与生态植被的依存关系，提出了地下水位生态阈值，创建了地下水与植被生态耦合模型及风险预警与防控技术。

**2.建立了基于生态约束的地下水勘查与评价方法体系，探明33处水源地并建立了基于伦理的水资源优化配置管理平台。**研发了基于生态约束的地下水优化开采模型，建立了从1:10万区域水文地质调查—1:5万水文地质勘查—1:1万水源地整装勘探的技术方法体系，探明了33 处水源地B+C 级可采资源量247.36×104m3/d，基于伦理学理论，建立了水资源优化配置管理平台。

**3.从含水系统和水流系统角度，揭示了地下水系统的采动响应机制。**通过建立三维地质结构模型、数值模拟和物理模拟试验，结合调查数据，揭示了由单一孔隙结构转变为二元孔隙—裂隙结构的含水层系统再造，排泄基准面由河湖下降至巷道的水流系统重构，提出了综采条件下“三带”安全高度和“保水采煤”区划。

**4.研建了严重缺水区高效取水技术，支撑服务陕北老区脱贫攻坚。**研发了黄土区高泥沙河水资源化的人工渗滤系统，建立了毛乌素沙地保护生态的集泉引水取水模式，改进了河谷区大口井、集水廊道结构与工艺，取水效率提高了 300%以上，推广新工艺新技术建设20处以上取水工程，解决极度缺水区人畜用水，惠及5万以上贫困人口，支撑乡村振兴。

**技术经济指标:**发表学术论文156篇。其中SCI、EI检索56篇。出版专著7部。培养研究生90人（博士22人）。获陕西省科学技术奖一等奖。

**成果应用推广及经济效益:**（1）改变了传统认识，重新编制了《榆林市水资源规划》，支撑了以水定项目和以水定产原则下能源基地的科学发展；（2）在教学、科研和勘查中得到广泛应用，勘查与研究示范效果显著，促进了西北地区地下水资源合理开发利用与生态环境保护，有力助推了西北地区大型能源基地建设和发展；（3）经济效益显著，经折算，探明的地下水可采资源可产生983亿元的工业产值。

1. **客观评价**

成果获陕西省科学技术奖一等奖。项目负责人获陕西省“三秦学者”特聘专家和国土资源科技领军人才，并组建了1支陕西省“三秦学者”创新团队。

**1．成果评审验收结论**

（1）陕北能源基地地下水勘查成果由薛禹群、刘昌明、李佩成等院士组成专家组进行的评审和鉴定，结论为：该项成果采用了目前先进的理论和技术方法，获取了丰富的勘查与试验数据，取得了一系列创新性成果，为陕北能源化工基地建设提供了水资源依据，具有重大的经济、社会及生态效益。该项成果资料翔实，依据充分，内容齐全，结论可靠，整体上达到国际先进水平，在地下水与植被生态关系研究等方面具有原创性，达到国际领先。

（2）榆林能源基地榆神工业区供水水文地质勘查成果由陕西省水利厅、国土部门专家组成的专家组验收。结论为：基础资料丰富、评价方法正确，结论客观可靠。榆林市人民政府责成市水务局依据勘查成果，加快于供水工程前期各项筹备工作，力争早日开工建设，以适应榆林能源化工基地建设的需要。

（3）陕北能源基地资源开发的生态响应研究成果由陕西省科技厅组织专家评审验收。验收结论为：通过对基地建设和资源开采伴随的环境破坏问题的调查，分析了影响生态环境的主要因素特征；确定了影响植被生态的地下水位阈值，并进行了生态环境效益敏感性区划，通过地下水与植被生态耦合模拟优化水资源开发利用规划，提出了最优地下水利用方案，为区域资源的合理利用和生态环境保护提供了技术支撑。

**2．查新报告评价**

根据查新报告，项目在以下几个方面具有创新性：

（1）相关文献涉及地下水开采的植被生态风险内容，以地下水位与原生植被适宜水位定性化评价均报道于2009年以后；查新项目则于2008年建立了地下水与植被生态耦合模型，从遥感植被指数、植被群落定量化评价地下水引起的植被生态风险。

（2）相关涉及采煤安全及水环境保护等内容，查新项目则是以现代综采条件下“三带高度”为依据提出近期“采煤保水”和中长期“煤水共采”的煤炭-水资源协调开发对策，统筹考虑水资源利用、生态环境保护与煤矿井下安全。

（3）相关文献涉及水源地水位控制的地下水优化开采、地表水与地下水资源优化配置等内容，查新项目则是以植被生态良性循环的地下水优化开采模型，以伦理学为指导，地下水和地表水、矿坑疏排水资源优化配置管理模型。

**3．发表论文**

团队成员依托本项目发表学术论文156篇。其中被国际SCI收录56篇、EI收录12篇。在生态水文地质、水资源伦理学理念、地下水勘查评价、煤炭开发引起的生态环境效应等方面具有重要影响力。

（1）在生态水文地质研究方面，团队中以张茂省、万力、董英为代表，发表多篇论文，提出了生态水文地质调查评价的技术方法，建立了地下水与植被生态的耦合模型，评价了地下水开采的植被生态风险，为生态水文地质提供了新的技术方法。该项技术方法得到了国内外专家的普遍认可和引用。

（2）在水资源伦理学理念中，团队以刘杰、郑春苗、张茂省为代表发表多篇论文，提出了基于伦理学的水资源管理思路，首次研发了基于水资源伦理和植被生态约束的地下水资源优化管理模型，他引总次数56次。

（3）在采煤的地质环境效应研究方面，以张茂省带代表的团队成员，提出了保障生态、水资源和采煤安全的“三带”高度，为统筹考虑水资源利用、生态环境保护与煤矿井下安全提供了科学依据，并提出了陕北侏罗纪煤田疏排水资源可持续利用研究。该项成果他引次数达26次。

（4）在地下水勘查评价方面，以张茂省、王文科、党学亚为代表的团队成员，根据毛乌素沙漠和黄土高原过渡地带水文地质条件复杂的特点，首次实施了建立了从1:10万区域水文地质调查-1:5万水文地质勘查-1:1万水源地整装勘探的技术方法体系，提出了适宜本区的地下水开发利用模式与高效取水技术，成功申请专利，并于当地的取水工程中付诸实施。

**（5）专著**

①张茂省，党学亚等著。干旱半干旱地区水资源及其环境问题——陕北榆林能源化工基地例析，科学出版社，2014。

②万力，曹文炳，胡伏生，等。生态水文地质学，地质出版社，2005。

③Liu J. (ed). 2011. Water Ethics and Water Resource Management. ISBN 978-92-9223-358-7. UNESCO.

④Liu J., G. Cao, and C. Zheng, 2011, Sustainability of groundwater resources in the North China Plain, in Sustaining Groundwater Resources, J.A.A. Jones (ed). Sustaining Groundwater Resources. International Year of Planet Earth, DOI 10.1007/978-90-481-3426-7\_5, © Springer Science+Business Media B.V.

⑤Challenges and Opportunities in the Hydrological Sciences 水文科学的挑战与机遇. 原著美国国家科研理事会, 刘杰，郑春苗译. 科学出版社. 2013。

⑥王旭升，万力。地下水运动方程，地质出版社，2011。

⑦曹文炳，万力，胡伏生。中国区域水文地质，地质出版社，2011。

1. **应用情况**

**1.地下水整装勘查成果转化应用**

（1）本次勘查与研究成果，得到陕西省各级政府的认可与采纳，为陕西省“十二五”规划、榆林市水资源规划和矿产资源规划的编制提供了最新、最权威的科学依据，为重大投资项目落户陕北能源化工基地，以及水资源论证和环境影响评价等提供了科学依据，并据此重新修订了《榆林市水资源规划》和《榆林市矿产资源规划》；陕西省环境保护局专门发函建议今后在对陕北能源基地及整个陕北地区的省管建设项目环评审批中将依据此项勘查结果；提出的东线调水、南部勘查方案等已被地方政府采纳并付诸实施，实践证明，勘探评价的水资源开采量符合客观实际。

（2）为省、市两级地方政府、大中型企业提供了48份研究、勘查和咨询报告，公开发表学术论文156篇。为陕北能源基地的规划建设和发展提供了科学依据，有力地促进基地的建设和发展。

（3）为中国神华～美国陶氏榆林煤化工项目（投资约1200亿元）落户榆林提供了水资源资料和水环境污染专题研究；为兖州煤业集团榆林项目（投资约130亿元）供水和环评提供水文地质资料。

（4）该成果探明并提交B级水源地30处，B 级可采资源215.74×104m3/d；探明并提交C 级水源地3处，C 级可采资源31.62×104m3/d。按照伦理学理论，优先生态，保障人畜，维系农业，其次是工业的顺序，仅提交的B 级可采资源215.74×104m3/d，在优先生态，保障生态用水，完全满足380万人口用水，维系现有4.56万亩耕地灌溉的基础上，仍有水资源潜力186.27×104m3/d，该水量每年可产生的工业产值740亿元（按照水效益系数0.1算）。

**2.项目成果在教学与科学研究中的应用**

项目研究人员先后发表学术论文156篇。其中被国际SCI、EI收录56篇。与中国地质大学（北京）、北京大学水资源研究中心、长安大学合作，通过产学研结合，先后培养博士生22人、硕士生68人，为水文地质学科发展与科技创新奠定了人才基础。为参与本项目的科研院所和地勘单位培养项目负责人、业务骨干80余人。

成果在规范编写、同类项目和高校教学中得到推广和应用。提出的生态水文地质研究与评价方法推动了我国生态水文地质学的进步，研究思路、技术方法和工作方案已经在宁东能源基地、鄂尔多斯能源基地、陇东能源基地、柴达木经济循环试验区、新疆伊犁地区、南疆兵团城镇建设等大型地下水勘查项目中得到应用，产生了良好的社会经济和生态环境效益，成为同类领域研究的典范。该项成果对西北干旱—半干旱地区生态环境调查与保护具有重要理论与推广意义。

水源地整装勘查、生态水文地质研究成果已作为北京大学、中国地质大学（北京）、长安大学、西北农林科技大学、新疆大学、青海大学等的教学实例。地下水与植被生态理论研究与技术方法等研究成果已作为北京大学、中国地质大学（北京）、长安大学的教学实例。部分研究成果已被收入《生态水文地质学》专业教材。

**（3）主要应用单位情况**

项目研究成果主要的应用单位情况见表1。

**表1 主要应用单位情况一览表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 应用单位名称 | 应用技术 | 应用起  止时间 | 应用单位联系人/电话 |
| 1 | 榆林市人民政府 | 地下水整装勘查成果及水资源高效利用模式 | 2008～2019 | 艾小斐  13909122898 |
| 2 | 陕西省发展与改革委员会 | 地下水整装勘查成果及水资源高效利用模式 | 2008～2019 | 黑喜生  13991132220 |
| 3 | 陕西省自然资源厅 | 地下水整装勘查成果及水资源高效利用模式 | 2008～2019 | 赵雪红  13991205790 |
| 4 | 陕西省环境保护局 | 地下水与植被生态关系研究成果 | 2008～2019 | 司全印  18809240942 |
| 5 | 陕西省水利厅 | 地下水勘查整装成果及优化配置技术 | 2008～2019 | 龙征未13991985913 |
| 6 | 延安市人民政府 | 地下水整装勘查成果及水资源高效利用模式 | 2008～2019 | 王利  17709117700 |
| 7 | 榆林市国土资源局 | 地下水整装勘查成果 | 2008～2019 | 谢波  13991081813 |
| 8 | 神化榆林能源化工有限公司 | 地下水勘查水源地成果及煤炭资源开发的生态环境响应技术 | 2008～2019 | 葛德禹  18001285657 |
| 9 | 中国寰球工程有限公司 | 地下水勘查水源地成果及煤炭资源开发的生态环境响应技术 | 2008～2019 | 孔繁旭  18500825725 |
| 10 | 新疆维吾尔族自治区地质调查院 | 地下水整装勘查成果及地下水与植被生态耦合技术 | 2008～2019 | 涂其军13639929125 |
| 11 | 甘肃省地质环境监测院 | 地下水整装勘查成果及地下水与植被生态耦合技术 | 2008～2019 | 张举  18293153230 |
| 12 | 宁夏地质调查院 | 地下水整装勘查成果及地下水与植被生态耦合技术 | 2008～2019 | 冯志明  13909574105 |
| 13 | 新疆生产建设兵团国土资源局 | 地下水整装勘查成果及地下水与植被生态耦合技术 | 2008～2019 | 栾志刚  13150405807 |
| 14 | 青海省环境地质勘查局 | 地下水整装勘查成果及地下水与植被生态耦合技术 | 2008～2019 | 许伟林  13309719322 |
| 15 | 新疆大学 | 地下水与植被生态关系研究成果 | 2008～2019 | 封丽花  13999871081 |
| 16 | 西北农林科技大学 | 生态水文地质学、基于伦理学的水资源管理 | 2008～2019 | 张鑫  13991879953 |

1. **主要知识产权和标准规范等目录（不超过10件）**

**表2 知识产权目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权（标准）类别 | 知识产权（标准）具体名称 | 国家（地区） | 授权号（标准编号） | 授权（标准发布）日期 | 证书编号（标准批准发布部门） | 权利人（标准起草单位） | 发明人（标准起草人） | 发明专利（标准）有效状态 |
| 实用新型专利 | 傍河取水人工渗滤系统 | 中国 | ZL 2010 2 0134549 | 2011年1月12日 | 证书号第1657440 | 张茂省 | 党学亚；顾小凡；董英 |  |
| 专著 | 干旱半干旱地区水资源及其环境问题——陕北榆林能源化工基地例析 | 中国 |  |  |  | 张茂省，党学亚，等 |  |  |
| 专著 | 生态水文地质学 | 中国 |  |  |  | 万力，曹文炳，胡伏生，等。 |  |  |
| 译著 | Challenges and Opportunities in the Hydrological Sciences | 中国 |  |  |  | 刘杰，郑春苗译 |  |  |
| 参编章节 | Water Ethics and Water Resource Management | 联合国教科文组织 |  |  |  | Liu J. (ed) |  |  |
| 参编章节 | Sustainability of groundwater resources in the North China Plain, in Sustaining Groundwater Resources, J.A.A. Jones (ed). Sustaining Groundwater Resources. International Year of Planet Earth. | Springer Science+Business Media B.V.，Netherlands |  |  |  | Liu J., G. Cao, and C. Zheng, |  |  |
| 专著 | 地下水运动方程 | 中国 |  |  |  | 王旭升，万力 |  |  |
| 专著 | 中国区域水文地质 | 中国 |  |  |  | 曹文炳，万力，胡伏生 |  |  |

1. **主要完成单位及创新推广贡献**

**1.中国地质调查局西安地质调查中心(西安地质矿产研究所)**

项目负责单位，主要贡献：全面负责项目顶层设计和组织实施；完成水文地质调查、原位试验、动态监测和水资源评价。

**2.中国地质大学（北京）**

承担生态水文地质调查评价专题，主要贡献是：揭示了植被空间分布、演化规律及影响因素。

**3.长安大学**

承担地下水资源调查评价及合理开发利用专题，主要贡献是：揭示了植被分布、生长发育与地下水的关系；建立风沙滩地区地下水流数值模型，系统评价了风沙滩地区地下水资源。

**4.北京大学**

承担子课题“陕北能源化工基地水资源优化配置”专题，引入伦理学理念，建立了基于生态约束的地下水优化开采模型及基于系统动力学的地表水地下水联合调度优化模型。

**5.陕西省地矿局908水文地质工程地质大队**

负责榆溪河流域、府谷墙头水源地、神木县考考乌素沟流域、悖牛川流域等的地下水资源勘查。

1. **完成人合作关系说明**

中国地质调查局西安地质调查中心完成人均参与同一项目开展相关研究，其他单位完成人承担陕北能源基地地下水勘查项目协作专题工作，开展相关研究。

**九、主要完成人情况表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **姓名** | **行政职务** | **技术职称** | **工作单位** | **完成单位** | **对本项目技术创造性贡献** | **排名** |
| 张茂省 | 主任助理 | 研究员 | 中国地质调查局西安地质调查中心 | 中国地质调查局西安地质调查中心 | 为项目第一负责人，全面负责项目技术工作，主要贡献：（1）负责顶层设计与组织实施，提出了区域水文地质调查-勘查-水源地整装勘探技术方法；（2）建立了植被生态与地下水耦合模型，提出了地下水开发引起的植被生态风险评价方法；（3）提出了综采条件下“三带”安全高度及煤炭与水资源协调开发对策；（4）提出了原位试验方案和地下水资源开发利用模式。以第一作者发表与该项研究相关的学术论文18篇，其中SCI、EI检索4篇。 | **1** |
| 党学亚 | 副处长 | 教授级高工 | 中国地质调查局西安地质调查中心 | 中国地质调查局西安地质调查中心 | 担任项目副负责，负责日常业务及技术管理工作，主要贡献有：（1）系统查明区内地下水形成机理及富集规律，科学地划分了地下水系统，提出了水资源可持续开发利用对策与优化配置建议；（2）负责提交了1处可采资源量15万立方米/天的特大型水源地；（3）研发了一套高泥沙河水资源化利用的人工渗滤系统，获实用新型专利；（4）主持陕北能源基地东线应急调水水源地勘查与水资源论证、榆林南部地下水勘查等项目。在该项研究工作中投入的工作量占80%以上。基于此项目，参与编写发表学术论文5篇，其中SCI、EI检索4篇。 | **2** |
| 万 力 | 副校长 | 教授 | 中国地质大学（北京） | 中国地质大学（北京） | 担任生态水文地质调查评价组组长，主要贡献有：（1）揭示了旱区复杂水文地质条件下地下水循环机理；（2）揭示了植被空间分布、演化规律及影响因素；（3）建立了一套生态水文地质调查评价的理论方法体系。 | **3** |
| 王文科 | 院长 | 教授 | 长安大学 | 长安大学 | 担任地下水资源调查评价及合理开发利用项目组组长，主要贡献有：①揭示了植被分布、生长发育与地下水的关系。②建立风沙滩地区地下水流数值模型，系统评价了区域地下水可采资源。 | **4** |
| 董 英 | 副处长 | 高级工程师 | 中国地质调查局西安地质调查中心 | 中国地质调查局西安地质调查中心 | 任项目组长，技术骨干，主要贡献：（1）开展地下水与植被生态关系研究，发现了地下水位埋深生态阈值；（2）利用Modflow和Monte Carlo方法建立了地下水位与植被生态耦合模型。（3）研发了基于生态的地下水优化开采模型及地表水-地下水-矿区疏排水联合调度模型，为区域水资源优化开采及配置提供了技术支撑。 | **5** |
| 刘 杰 | 无 | 研究员 | 北京大学 | 北京大学 | 作为项目专题负责人，承担了项目子课题“陕北能源化工基地水资源优化配置”专题，引入伦理学理念，构建了基于生态约束的地下水优化开采模型及基于系统动力学的地表水地下水联合调度优化模型。依托本项目发表文章10篇，其中被SCI收录10篇，出版论著3部。 | **6** |
| 王化齐 | 无 | 高级工程师 | 中国地质调查局西安地质调查中心 | 中国地质调查局西安地质调查中心 | 作为项目技术骨干，主要贡献：（1）参与构建水资源优化配置模型，建立了考虑疏排水资源的多水源优化调度模型；（2）主持与该项目相关的国家自然科学基金青年基金1项、陕西省自然科学基金项目1项；（3）发表与该项研究相关的学术论文7篇，其中被SCI收录1篇，EI收录3篇、中文核心期刊3篇。 | **7** |
| 杜中宁 | 无 | 高级工程师 | 中国地质调查局西安地质调查中心 | 中国地质调查局西安地质调查中心 | 担任项目副负责，协助项目负责技术工作，主要贡献：（1）在水源地勘查基础上，系统总结了地下水形成条件及赋存规律；（2）系统总结了区内地下水开发利用模式，结合现有取水工程，提出了不同类型地下水合理的开采方案；（3）协助项目负责完成榆林南部地下水勘查项目的立项工作。 | **8** |
| 顾小凡 | 无 | 高级工程师 | 中国地质调查局西安地质调查中心 | 中国地质调查局西安地质调查中心 | 担任项目组长，技术骨干，主要贡献：（1）主要参与水源地核查及综合调查，分析总结了地下水系统补径排特征及同位素特征；（2）开展高泥沙河水资源化的人工渗滤系统原位试验及相应的地下水开发模式研究，获实用新型专利；（3）建立了地下水动态监测网络，实现31个监测点自动采集与远程传输。 | **9** |
| 马思锦 | 总工程师 | 高级工程师 | 陕西省地矿局908水文地质工程地质大队 | 陕西省地矿局908水文地质工程地质大队 | 负责榆溪河流域、府谷墙头水源地、神木县考考乌素沟流域、悖牛川流域等的地下水资源勘查。 | **10** |