

四川省科技进步奖—科技进步类提名书 (2020 年度)

一、项目基本情况

专业评审组：

编号：20KJJB0113

项目名称	项目名称	能源互联网关键技术研究与应用		
	公布名	能源互联网关键技术研究与应用		
主要完成人		江安、沈小清、向文敏、李翔、李鹏、何彬、文锋、余坤、向荣		
主要完成单位		四川能投分布式能源有限公司		
项目密级		无	定密日期	无
保密期限(年)		无	定密机构(盖章)	无
学科分类名称	1	信息技术系统性应用	代码	413.14
	2	能源科学技术其他学科	代码	480.99
	3	能源科学技术其他学科	代码	480.99
所属国民经济行业		D、电力、热力、燃气及水生产和供应业		
所属国家重点发展领域		大数据、软件与信息服务、清洁能源		
任务来源		C省、市、自治区		
具体计划、基金的名称和编号：				
任务来源		计划(基金)编号	计划(基金)名称	
C省、市、自治区		2016GZ0152	能源互联网关键技术研究与应用	
授权发明专利(项)		0	授权的其他知识产权(项)	2
项目起止时间		起始：2016年01月01日	完成：2018年12月31日	

四川省科学技术奖励工作办公室制

三、项目简介

(限1200字)

《能源互联网关键技术研究与应用》属2016年四川省科技厅科技计划重点项目，于2018年12月28日经四川省科技厅组织验收通过，全面完成《四川省科技计划项目任务合同书》各项目标。《能源互联网关键技术研究与应用》研究了（1）能源互联网架构设计，设计能源革命与智慧城市建设的能源互联网体系，建立分层的能源互联网架构；明确能源互联网的市场参与者及其在能源互联网体系中的位置及相互关系；通过智慧桩和智能监控平台的互联互动研究能源互联网与智慧城市的接口互动方式。（2）能源互联网市场交易机制和平台研究，借鉴国外的电力市场机制，结合我国的电力体制改革进程，研究在售电市场逐步放开的条件下，能源的市场化交易机制；设计并建设支撑能源互联网交易的模拟交易平台，分别模拟不同的参与用户，对交易平台的挂牌、撮合、交易、结算功能进行结算，进一步深化对市场化交易的认识，为后续参与或设计电力市场化交易提供实践经验。（3）多能源协调互补技术与主动配电网技术研究，研究多种能源形式之间的协调互补技术；研究分布式电源接入对配电网的影响，提出配电网内接入多个分布式电源时的主动配电网技术体系。应用课题研究中“多能协调互补技术”，开展燃气轮机入口处降温系统及能源站余热回收的技改方案研究实施，实现“天然气-电力”的智能耦合和多级调节，对多能源生产系统的热电产量进行互补协调控制和优化运行。（4）能源互联网能源路由器技术研究，针对能源互联网在能量双向流动和智能控制等方面的挑战，研究能够实现能源信息实时监测与网络互联、能量合理流动、即时信息分析与优化调控的能源路由器技术体系；研究可实现用户侧各类能源设备接入和调控的能源路由器技术，画出能源路由器逻辑图及工作原理，提出设备功能、工作原理等设想，并在智能监控平台上展现。（5）能源互联网中天然气分布式能源和储能等组成的支撑和调节系统研究，研究不同储能形式的特点和可发挥的作用，提出储能能在能源互联网中的应用形式；研究天然气分布式能源中的储能需求，提出不同形式的储能能在能源互联网中的作用和运行方式。建设锂电池储能系统，实现与光伏发电能负荷的耦合，在380V等级内开展多种能源的互补协调控制技术的示范，验证多种能源的耦合机制和交互机理，将能源路由器的架构设计应用到由上述多能源设备构成的微电网。用课题研究中的“智能监控”技术，开展沼气利用系统的远程接入和运维管理，利用运行数据对状态、健康程度进行分析评价，指导运营，降低系统运营成本。（6）能源互联网技术在新都分布式能源站项目应用，取得预期经济效益。

六、应用情况和效益

1. 应用情况（限 2 页）

（一）在四川能投新都分布式能源有限公司实现应用：

（1）提出基于多功能智慧桩智慧城市与能源互联网接口及互动机制并应用基于多功能智慧桩的环境感知、信息交互功能，充分发挥多功能智慧桩的广域分布特点，提出一种新型的智慧城市与能源互联网的接口及互动机制，实现智慧城市的环境状态全景感知，为能源互联网的能源供需预测提供了重要的数据基础；多功能智慧桩本身具备的信息发布渠道，为智慧城市参与能源互联网信息交互提供了窗口，提供了一种泛在参与的互动机制，为智慧城市的智能分析决策提供了重要的数据基础。

（2）提出一种支撑分布式能源的能源互联网交易机制并应用

针对现行政策下天然气分布式能源参与市场化交易的问题，对政策驱动下的交易场景进行了模拟，分析了天然气分布式能源参与市场化交易的局面，基于辅助服务市场和中长期交易市场的规则分析了对天然气分布式能源经济性的影响，提出了一种基于区块链的分布式交易系统框架，为能源互联网背景下的分布式能源交易模式提供了重要参考。

（3）提出天然气分布式能源柔性评估及灵活调节控制方法并应用

针对天然气分布式能源的多能源协调互补技术需求以及主动配电网的发展趋势，开展了天然气分布式能源的设备建模、运行特性分析以及灵活性评估，揭示了分布式能源系统灵活性与配电网主动调控之间的耦合机理，建立了系统全局优化的模型，并采用了 MINLP 方法进行了求解，为基于多能互补协调的主动配电网建设提供了理论和实践依据。

（4）提出适用于天然气分布式能源的能源路由器系统功能架构并应用

针对天然气分布式能源的运行需求，设计了多能源能源路由器的硬件架构和软件功能，并在一个实际案例中进行了分析利用，实现了能源与信息的深度融合，为能源路由器的理论与实践研究提供了重要的参照。

（5）提出天然气分布式能源与储能的协同运行模式及收益分析并应用

针对天然气分布式能源与储能耦合系统的系统规划与优化运行问题，定义了分布式能源系统灵活性的概念，分析了储能对提升灵活性的作用机理，在此基础上提出了面向灵活性提升的储能配置与运行策略，对于天然气分布式能源与电网的协同运行具有较大的理论和应用价值。

（6）运用课题研究中的“多能协调互补技术”，开展燃气轮机入口处降温系统的技改方案研究，实现“天然气-电力”的智能耦合和多级调节，对多能源生产系统的热电产量进行互补协调控制。

（7）运用课题研究中的“分布式能源管理平台”技术，开展沼气利用系统的远程接入和运维管理，利用运行数据对状态、健康程度进行分析评价，减少系统对运维人员的需求，降低系统运营成本。

（8）建设锂电池储能系统，实现与光伏发电、智能负荷的耦合，在 380V

等级内开展多种能源的互补协调控制技术的示范，验证多种能源的耦合机制和交互机理，将能源路由器的架构设计应用到由上述多能源设备构成的微电网，对该微电网基于能源路由器的信息监测和能量管理能力进行系列测试，完善能源路由器的功能和结构设计。

(9) 开展能源互联网交易平台的模拟运行，选择多个用户参与能源互联网平台交易，分别模拟不同的参与用户，对交易平台的挂牌、撮合、交易、结算功能进行结算，进一步深化对市场化交易的认识，为后续参与或设计电力市场化交易提供实践经验。

(二)本项目的研究成果将有效弥补现有关于能源互联网的研究在实践性方面的不足，提供若干可行的应用模式。具体地，本项目的研究成果将具有如下应用前景：

(1) 本项目提出的能源互联网交易平台可为在具备条件的地区先行试点验证提供参考案例和支撑工具。

(2) 本项目多能互补协调控制技术可以较好地适应主动配电网的发展需求，为智能、高效地响应主动配电网的调节控制需求打下了基础。

(3) 本项目为未来分布式间歇性能源大规模发展、电力市场化等情境下，储能技术与天然气分布式能源系统进行结合具有一定的应用价值，现有的经济性分析过程可有效支撑不同储能形式应用效果的比较评价。

(4) 本项目可在在四川能投分布式能源有限公司各分布式项目推广该技术成果，并进一步在其它新能源项目上推广。

2. 经济效益和社会效益（限 2 页）

（一）经济效益

- (1) 产值项目完成时的预期达到指标： 3000 万元。
完成情况：2017 年 12 月至 2018 年 11 月产值完成 3573.1848 万元。
- (2) 销售收入完成时的预期达到指标： 3000 万元。
完成情况：2017 年 12 月至 2018 年 11 月销售收入完成 3573.1848 万元。
- (3) 缴税总额完成时的预期达到指标： 100 万元。
完成情况：2017 年 12 月至 2018 年 11 月缴税总额完成 58.3769 万元。
- (4) 净利润完成时的预期达到指标： 50 万元。
完成情况：2017 年 12 月至 2018 年 11 月净利润完成 193.0190 万元。

（二）社会效益

- (1) 技术及产品应用形成的公益性贡献和价值目标：能源互联网技术未来将在产业园区、新城市开发、老城区改造、工业领域等或大或小的范围内得到广泛应用。
完成情况：本技术将在我国产业园区、新城市开发、老城区改造、工业领域等的新建能源系统以及能源系统改造升级中得到广泛应用，首先在新都分布式能源项目应用，下一步将在四川能投分布式能源有限公司各工业园区分布式能源项目上应用。

四川省科技进步奖—科技进步类提名书 (2020 年度)

一、项目基本情况

专业评审组：

编号：20KJJB0089

项目名称	项目名称	高水头多泥沙电站水轮机过流部件磨蚀损伤治理对策研究及应用		
	公布名			
主要完成人		李太江、赵明川、李巍、李太斌、周勇、高峡、钟永高、田斌、赵付华、江雄		
主要完成单位		华能四川水电有限公司、西安热工研究院有限公司、西安石油大学		
项目密级			定密日期	
保密期限(年)			定密机构(盖章)	
学科 分类 名称	1	材料失效与保护	代码	430.20
	2	材料表面与界面	代码	430.15
	3		代码	
所属国民经济行业		D、电力、热力、燃气及水生产和供应业		
所属国家重点发展领域		节能环保		
任务来源		B部、委、D基金资助		
具体计划、基金的名称和编号：				
任务来源		计划(基金)编号	计划(基金)名称	
B部、委		HNKJ12-H34	水轮机过流部件磨蚀损伤治理对策研究	
D基金资助		TN-16-TYK02	小型化超音速火焰喷涂系统研制及应用	
授权发明专利(项)		6	授权的其他知识产权(项)	4
项目起止时间		起始：2011年01月01日	完成：2016年12月31日	

四川省科学技术奖励工作办公室制

三、项目简介

(限1200字)

1主要科技内容

高水头多泥沙电站水轮机过流部件运行工况恶劣，普遍存在磨蚀损伤，降低部件服役寿命，造成机组明显振动，威胁机组安全经济运行，磨蚀治理问题一直是困扰水电机组运行维护的技术难题。传统处理方法为被动防护与修复，存在修复量大、防护效果差、防护范围小等问题，尤其无法满足窄间隙部位及狭窄空间等现场抗磨蚀防护要求。针对上述问题，本项目对不同水力条件、不同结构形式水轮机过流部件磨蚀损伤状况进行调研及失效机理分析。通过CFD计算研究水力条件对水轮机磨蚀损伤影响，开展水轮机过流部件用钢焊接和喷涂试验、小型化喷涂系统研制以及模拟试验等，提出降低水轮机磨蚀损伤的主动预防措施，研究水轮机过流部件抗磨蚀涂层防护技术，开发出一整套适用于高水头多泥沙流域水电站的水轮机过流部件磨蚀损伤治理对策。

2 授权专利情况：

本项目获得发明专利 6 项，实用新型专利 3 项，编制并颁布行业标准 1 项。

3 技术经济指标

(1) 开发出电站水轮机过流部件抗磨蚀微纳米复合涂层关键技术，涂层孔隙率低至 0.27%、硬度高达 1450HV、抗磨损性能是传统涂层的 1.5 倍、抗空蚀性能是传统涂层的 2 倍，与传统涂层相比，涂层兼具强结合、高硬度、高韧性等优点；

(2) 开发出小型化超音速火焰喷涂系统，设备体积比传统设备缩小 1 倍，可满足狭小空间、窄间隙流道等现场全位置防护要求；

(3) 开发出小尺寸（最小Φ48mm）管道及弯管内壁抗磨蚀涂层强化技术，提高水电顶盖排水管等小口径管道使用寿命14倍以上；

(4) 开发出大面积旧涂层去除技术，涂层去除效率比传统喷砂技术提高 56%；

(5) 提出水轮机过流部件抗磨蚀主动措施5项14条，开发出水轮机过流部件磨蚀损伤修复工艺2项，表面防护工艺5项，大大延长水轮机过流部件使用寿命，降低检修成本，增加发电量，提高机组运行安全性和经济性。

4 应用推广及效益情况

该技术已应用于华能、大唐、国电、国家电投、中电集团等全国50余台水电机组的水轮机过流部件抗磨蚀防护，运行至今各项技术指标良好，取得满意工程应用效果，与传统涂层相比，涂层寿命至少提高 50%，迄今已累计为电站新增产值约7.2亿元，新增利润值约2.4亿元，提升电厂降本增效能力，该技术尤其解决了水电站小口径管道穿透性磨蚀难题，顶盖排水管内壁制备耐磨蚀涂层后，使管道寿命从3~4 个月提高到了72个月，运行至今仍然未发生泄漏，有效防止了机组非计划停机，增加了电站发电量，经济效益和社会效益显著。通过本项目研究，掌握了具有自主知识产权的高水头多泥沙电站水轮机过流部件磨蚀损伤治理技术，延长部件使用寿命，具有防护后不破坏原有的振动特性、转动特性和强度特性等优点，达到国际先进技术水平，提升了我国电站水轮机过流部件表面防护技术水平。

六、应用情况和效益

1. 应用情况（限 2 页）

该技术已应用于华能、大唐、国电、国家电投、中电集团等全国 50 余台水发电机组水轮机过流部件抗磨蚀防护全位置全尺寸抗磨蚀防护，显著提高了过流部件的抗磨蚀损伤性能，运行至今各项技术指标良好，取得满意工程应用效果，尤其适用于我国高水头、多泥沙大容量水发电机组，具有广阔的市场推广应用前景。

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	四川华能太平驿水电有限责任公司	水轮机过流部件抗磨蚀微纳米复合涂层技术	1 个电站，4 台机组，9 台套水轮机过流部件	2013 年 01 月-迄今	钟永高 028-68727609
2	四川华能康定水电有限责任公司	水轮机过流部件抗磨蚀微纳米复合涂层技术	2 个电站，6 台套水轮机过流部件	2014 年 05 月-迄今	江雄 13880436017
3	四川华能康定水电有限责任公司	小尺寸管道及弯头内壁磨蚀防治及延寿技术。	2 个电站，6 台机组，30 余根顶盖排水管	2012 年 05 月-迄今	江雄 13880436017
4	四川华能宝兴水电有限责任公司	水轮机过流部件抗磨蚀微纳米复合涂层技术	4 个电站，14 台机组，17 台套水轮机过流部件	2013 年 02 月-迄今	田斌 13981608228
5	云南联合电力开发有限公司	水轮机过流部件抗磨蚀微纳米复合涂层技术	1 个电站，3 台套水轮机过流部件	2013 年 05 月-迄今	姜发兴 087167218181
6	国电四川省九龙县巨源电力开发有限公司	水轮机过流部件抗磨蚀微纳米复合涂层技术	1 个电站，1 台套水轮机过流部件	2015 年 4 月-迄今	田工 13730664076
7	中电四川（江边）发电有限公司	水轮机过流部件抗磨蚀微纳米复合涂层技术	1 个电站，1 台套水轮机过流部件	2017 年 9 月-迄今	廖磊 028-85337918
8	国家电投集团云南国际电力投资有限公司小其培发电分公司	水轮机过流部件抗磨蚀微纳米复合涂层技术	1 个电站，1 台机组 4 套喷嘴、喷嘴	2018 年 5 月-迄今	李主任 18213906919
9	国电四川发电有限公司南桠河水电分公司	水轮机过流部件抗磨蚀微纳米复合涂层技术	1 个电站，1 台套水轮机过流部件	2017 年 10 月-迄今	曾工 18942873089

2. 经济效益和社会效益（限 2 页）

2. 经济效益				单位：万元人民币
成果总投资额	700		回收期（年）	1
年份 \ 栏目	新增销售额	新增利润	新增税收	
2017	23789	7871	4043	
2018	24264	8029	4124	
2019	24264	8029	4124	
累计	72317	23929	12291	
<p>经济效益的有关说明及各栏目的计算依据：</p> <p>(1) 本项目新增销售额为各个完成单位的新增产值与完成单位施工的合同额总和。</p> <p>(2) 新增利润为各个完成单位新增销售额与各个单位利润总和，其中生产单位： 年度新增利润=节省的停机次数×节省的停机时间×机组容量×利润。 利润为销售额与利润（25%）。 税收利润为销售额与税收（17%）。</p> <p style="text-align: right;">（不超过 400 个汉字）</p>				
<p>3. 社会效益与间接经济效益：</p> <p>本项目研究成果已应用于华能、大唐、国电、国家电投、中电集团等全国 50 余台水电机组水轮机过流部件全位置全尺寸抗磨蚀防护，显著提高了过流部件的抗磨蚀损伤性能，防止了电站水轮机过流部件磨蚀损伤引起的非计划停机，增加了电厂的发电量，产生了上亿元的经济效益，在降本增效以及保障电力供应方面具有显著的经济效益和社会效益。</p> <p style="text-align: right;">（不超过 500 个汉字）</p>				