

Study on Opportunities and Risks of Cooperative Development of Clean Electric Energy in Kyrgyzstan

Wei Zhang¹, Yanhui Qin², Jilei Cao³, Lei Zhang⁴, Yiqian Sun¹, Tiejia Yuan³, Xizhou Du⁵

¹State Grid Xinjiang Electric Power Limited Corporation, Urumqi Xinjiang

²The National Network of Xinjiang Electric Power Research Institute, Urumqi Xinjiang

³Dalian University of Technology, Dalian Liaoning

⁴State key Laboratory of New Energy and Energy Storage Operation and Control, Chinese Electric Power Research Institute, Nanjing Jiangsu

⁵The National Network of Shanghai Electric Power Company Economic and Technical Research Institute, Shanghai
Email: 2459120836@qq.com

Received: Jun. 6th, 2018; accepted: Jun. 20th, 2018; published: Jun. 27th, 2018

Abstract

Kyrgyzstan has abundant clean energy reserves and is a neighbor to China. It is one of the main directions for China's investment in clean energy in Central Asia. Based on the in-depth study of Kyrgyzstan's clean energy, this paper combines Kyrgyzstan's electric power industry development status and investment environment, and in-depth analysis of the opportunities for Kyrgyzstan's cooperation in the development of clean electric power. It is proposed that hydropower is the most effective in Kyrgyzstan clean energy cooperation and development. In the field of development and economy, the location risk and potential social risks faced by the investment in Kyrgyzstan's hydropower were further analyzed. The main grid structure diagram of Kyrgyzstan was established based on DDRTS, and the use of investment assessment and PV curve solution was proposed. Addressing the risks of the site, it also proposes ways to circumvent complicated regional situations and international relations in view of the potential social risks it faces, which is of great practical significance for China to expand the clean electricity market in Kyrgyzstan.

Keywords

Kyrgyzstan, Clean Energy, Location Strategy, Market Investment

吉尔吉斯斯坦清洁电能合作开发的机遇与风险研究

张 伟¹, 秦艳辉², 曹继雷³, 张 磊⁴, 孙谊嫔¹, 袁铁江³, 杜习周⁵

文章引用: 张伟, 秦艳辉, 曹继雷, 张磊, 孙谊嫔, 袁铁江, 杜习周. 吉尔吉斯斯坦清洁电能合作开发的机遇与风险研究[J]. 智能电网, 2018, 8(3): 271-278. DOI: 10.12677/sg.2018.83031

¹国网新疆电力有限公司, 新疆 乌鲁木齐

²国网新疆电力有限公司, 电力科学研究院, 新疆 乌鲁木齐

³大连理工大学电气工程学院, 辽宁 大连

⁴中国电力科学研究院有限公司, 新能源与储能运行控制国家重点实验室, 江苏 南京

⁵国网上海市电力公司经济技术研究院, 上海

Email: 2459120836@qq.com

收稿日期: 2018年6月6日; 录用日期: 2018年6月20日; 发布日期: 2018年6月27日

摘要

吉尔吉斯斯坦具有丰富的洁净能源储量且与我为邻, 是我国在中亚洁净能源电力投资的主要方向之一。本文在对吉尔吉斯斯坦洁净能源深入研究的基础上, 结合吉尔吉斯斯坦电力工业发展现状以及投资环境, 深入探析了吉尔吉斯斯坦合作开发清洁电能面临的机遇, 提出水电是在吉尔吉斯斯坦洁净能源合作开发中最具有开发性、经济性的领域, 进一步分析了投资吉尔吉斯斯坦水电所面临的选址风险以及潜在社会风险, 并基于DDRTS建立了吉尔吉斯斯坦主要电网结构图, 提出了利用可投资性评估以及PV曲线解决选址风险的对策, 同时也针对面临的潜在社会风险提出了规避复杂的地区形势及国际关系的方法, 对中国拓展吉国清洁电力市场有重要的现实意义。

关键词

吉尔吉斯斯坦, 洁净能源, 选址策略, 市场投资

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来, 吉尔吉斯斯坦洁净能源市场展现出了巨大的开发潜力, 中国企业正积极寻求与吉国在洁净能源开发上的合作机会。吉尔吉斯斯坦的清洁能源资源丰富, 种类繁多, 但尚处于起步阶段。随着该国电力需求量不断地增加, 清洁能源的投资合作前景将十分广阔。另一方面, 吉国毗邻中国, 两国电力的紧密合作也有利于缓解中国新疆南部的电力资源短缺问题。同时, 上海合作组织的建立与发展也为中国加强与周边国家特别是中亚地区的合作提供了一个全新的平台, 但对于开拓吉尔吉斯斯坦市场, 经济因素、社会因素以及政治因素也是不可忽视的影响因素。

在此情形下, 分析吉尔吉斯斯坦的洁净能源和电力发展概况, 寻求其电力能源开发投资方向; 深入探析能源市场开发潜在风险、利益和机遇, 提出具有参考价值的投资意见和建议; 基于研究结果提出相应地具有可行性的洁净能源电站选址策略; 对中国拓展吉国清洁电力市场具有重要的现实意义。

2. 吉尔吉斯斯坦洁净能源概况

位于中亚东部的吉尔吉斯斯坦清洁能源储量丰富, 主要包括水能、风能、太阳能等可再生能源。吉国水能、光能、风能资源量十分丰富。其水电资源在独联体国家中位居第三, 仅次于俄罗斯和塔吉克斯坦 [1]。光能及风能资源量同样较为丰富。

吉尔吉斯斯坦位于中纬西风的迎风坡，降水较多，高山冰雪融水丰富，是中亚地区地表水资源最丰富的国家之一，见图 1。

包括锡尔河、阿姆河在内的多条河流均发源于该国，其中塔拉斯—阿萨河的 94%、楚河的 75.3%、锡尔河的 73.7%和阿姆河的 2%径流量分布在境内。根据调查，包括河流冰川和湖泊在内的多年平均地表水资源总量约为 $22520 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，如不计伊塞克湖水量，则其地表水资源量约为 $5540 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。仅以河川径流量计，人均水资源量达 9500 m^3 。吉尔吉斯斯坦的河流超过 2.5×10^4 条，多年平均水资源量 $470 \times 10^8 \sim 500 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。水能计算公式如下：

$$N = 9.81\eta QH$$

$$\eta = \eta_{机}\eta_{电}\eta_{传}$$

$$H = Z_{上} - Z_{下} - \Delta h$$

$$E = \int_{t_1}^{t_2} N dt = \sum_{i=1}^n \overline{N}_i \Delta t_i$$

$$\overline{N}_i = K \overline{Q}_i H_i$$

N 为电站出力(kW)； η 为水轮发电机组工作效率； Q 为发电流量(m^3/s)； H 为水轮机净工作水头(m)。

E 为水电站发电量； t 为计算时段，根据水电站水库的调节性能确定。通过计算可知吉尔吉斯斯坦水能源潜在发电能力为 14,205 亿千瓦时。

吉尔吉斯斯坦阳光充足，太阳能资源丰富，尤其是在山区，全年日照时间长达 3000 h，年均太阳辐射量达 $2400 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 。这就意味着吉尔吉斯斯坦的所有住宅都具备使用太阳能设备的条件。

同时吉尔吉斯斯坦具有丰富的风能资源，其风力发电重点区域风速指标如表 1 所示。

由风能计算公式： $P = 1/2 A V^3 C_p D \eta$ ，

P 为功率； A 为扫风面积即 $A = 1/2 \pi R^2$ ($\pi = 3.14159$ ， R 为半径，即风叶长度)； V 为风速； C_p 为风能转化率值，根据贝兹极限， C_p 值最高 59%，但目前一般为 20~30，40 以上的很少。 D 为空气密度，随

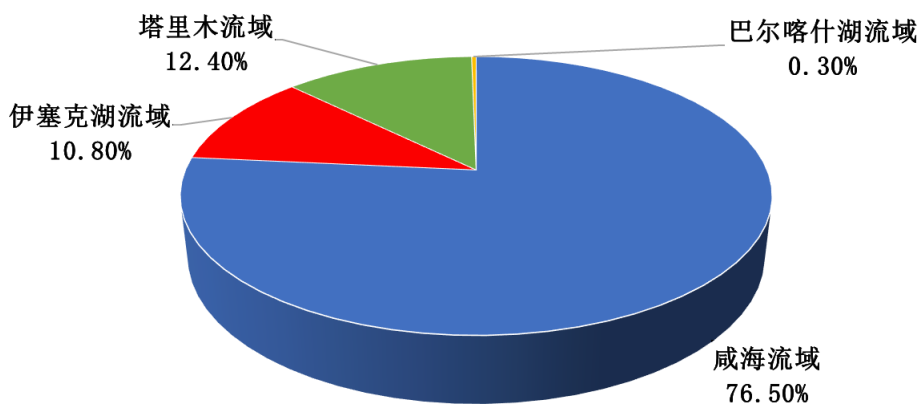


Figure 1. River basins in Kyrgyzstan as a percentage of land area
图 1. 吉尔吉斯斯坦河流流域占国土面积百分数

Table 1. Wind Speed Indexes in key areas of Wind Power Development in Kyrgyzstan
表 1. 吉尔吉斯斯坦风电发展重点地区风速指标

地区	Balikchi	Song-Kul area	Torugart Valley	Alay Valley
年平均	4.86	5.36	5.64	4.23

海拔升高而降低； η 为固定系数。通过计算可得吉尔吉斯斯坦风能资源量约为 44,560 MWh。

因此，吉尔吉斯斯坦拥有十分丰富的潜在清洁能源，近年来随着吉尔吉斯斯坦的发电量在增加，其采煤量却在减少[2]。这将直接加剧吉国的能源利用结构问题。据 2010 年世界银行报告称，到本世纪 30 年代，中亚地区将面临能源危机。报告预计，2030 年中亚地区对于石油、天然气和煤炭等一次能源的需求将增长 50%，电力需求有望增长 90%。如果这些国家不采取应对措施，那么届时这个盛产能源的地区也将面临能源危机。受此报告影响，中亚国家开始对清洁能源开发予以重视。

从吉尔吉斯斯坦洁净能源蕴藏量来看，吉尔吉斯斯坦拥有良好的清洁能源电力市场开发自然基础；从一次能源消耗方面来看，随着电力需求的大幅增长，一次能源消耗巨大；同时发电设备老化程度很高，电价低，企业负担大等多个电力生产问题使得吉国将面临能源危机。因此吉国有必要也有条件来开发、发展其丰富的清洁能源电力，以实现可持续发展。

3. 吉尔吉斯斯坦电力工业发展概况及投资环境

在对外洁净能源电力市场投资研究方面，电力运行状况以及投资环境是进行投资潜力评估的两个重要因素。由于所处地理位置以及社会等因素的影响，吉尔吉斯斯坦拥有其特殊性。吉尔吉斯斯坦可再生能源发电正逐渐增加[3]，见图 2。

3.1. 吉尔吉斯斯坦电力概况

吉尔吉斯斯坦电力能源主要是水资源为主，风能、太阳能开发利用很低。文献[4]指出，吉尔吉斯斯坦现有电站 18 家，其中水电站 16 家，热电站 2 家。根据吉尔吉斯斯坦国家电网集团的数据，吉尔吉斯斯坦电力装机容量为 374.8 万千瓦，其中水电装机容量 303 万千瓦，火电装机容量 72.8 万千瓦。吉尔吉斯斯坦大型电站共有 8 家，总装机容量达 363.8 万千瓦。

除自用外，文献[5] [6]指出吉尔吉斯斯坦每年约有 25 亿千瓦时电力可供出口。主要出口对象是独联体国家，特别是周边邻国，如哈萨克斯坦、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦和俄罗斯等，近年来还积极寻求向中国和南亚国家出口。目前，吉尔吉斯斯坦对中国的电力出口量不大，年均 100 万度左右，主要用于中吉边境口岸地区。

同时，吉尔吉斯斯坦电力设施建设正处在扩张时期。从装机容量看，吉尔吉斯斯坦的装机总量还很

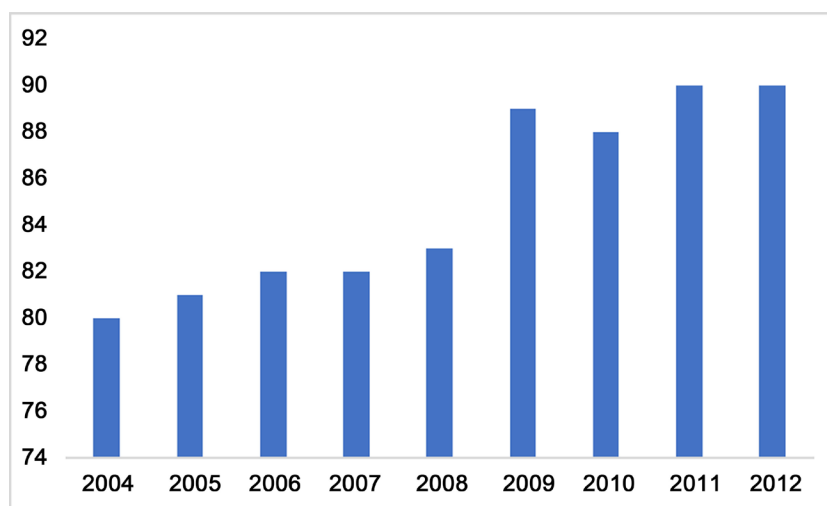


Figure 2. Renewable energy generation as a percentage of total electricity generation in Kyrgyzstan
图 2. 吉尔吉斯斯坦可再生能源发电占总发电量的百分比

低。随着经济和社会发展，目前的装机容量已经不能满足需求。而吉国以水电为主，火电比例过小，能源结构明显不合理，受气候、季节影响问题比较突出，冬季电力能源短缺，发电燃料需要从邻国进口才能保证。

因此，吉国在大规模建立水电站，提高装机容量以缓解日益增长的用电需求同时，还积极鼓励发展风能、太阳能等，构建水电、火电、风电、光电为一体的平衡能源结构，减小季节性波动对发电量的影响，这为我国开展与中亚地区电力合作创造了良好的条件。

3.2. 吉尔吉斯斯坦能源投资环境

中国企业在吉尔吉斯斯坦的能源开发拥有相对良好的投资环境。

一方面，文献[7]-[16]指出吉尔吉斯斯坦为大力发展本国经济及能源，制定了更多的鼓励和支持国外企业投资开发的对外经济政策，主要内容为：在平等互利、互不干涉内政、认真履行合同的基础上，同外国开展经贸活动，优先考虑那些能保证满足商品市场、外汇收入和住房建设需要的项目。鼓励外国资本和私人资本投资水电项目，把发展水电作为优先发展战略。

此外，2013年2月初，吉尔吉斯斯坦可再生能源协会、NGO代表、民间团体等组织与能源部一起，已经起草11项提案，旨在提高外国投资者投资吉尔吉斯斯坦电力项目的投资条件。预计提案将在3~5个月内提交给议会。提案内容涉及土地购买、水资源利用、税收减免等。

另一方面，吉尔吉斯斯坦地理位置优势突出，而中国在技术和资金上有相对优势，所以两国在电力清洁能源领域具有良好的合作前景。早在2004年，中、吉两国电力部门就开始在两国边界开始实施了联合供电项目[4]。同时吉尔吉斯斯坦也有意愿与中国结成合作伙伴，共同开发吉境内水电项目。

综合考虑吉尔吉斯斯坦电力发展情况以及投资环境，中资企业在吉尔吉斯斯坦清洁能源电力方面包括水能、风能、光能的投资有着良好的发展前景，尤其是水资源发展前景最为广阔。一方面，吉国水资源十分丰富，较其他洁净能源更具开发利用潜力，另一方面，该国为大力发展水电，出台了一系列鼓励国外水电投资的政策，因此投资水电既利用了吉国丰富的水能资源，又得到了该国的政策支持，使在吉投资水电项目更加方便且经济，同时由于中吉紧邻，产生的电力还可以出口到新疆以解决新疆南部的用电紧张问题。因此水电是在吉尔吉斯斯坦洁净能源合作开发中最具有开发性、经济性的领域。

4. 吉尔吉斯斯坦水电开发的风险分析和对策

4.1. 选址风险及对策

通过对吉尔吉斯斯坦洁净能源的分析，证明了吉尔吉斯斯坦拥有良好的建立水电站的自然基础以及政策保障。然而水电厂的选址涉及到地域性、可投资性、入网功率众多因素，如果选址不慎，将面临产电量不足、售电困难、可接入电网功率低等众多风险。

针对选址带来的风险，本文提出了兼顾洁净能源地域性、可投资性、入网功率最大化三方面因素的吉尔吉斯斯坦水电站选址对策，其技术路线图如图3所示。地域性方面，寻找水能源丰富区以满足电站发电量需求；经济性方面，以选址地区电力资源短缺程度为评估其可投资性及经济利益的主要标准；最终选取多个选址地区附近的水电站，并通过PV曲线法寻求入网点，实现所建电站入网功率最大化。选址策略见图3。

图4所示为吉尔吉斯斯坦主要电网结构图及水资源分布图。通过对吉尔吉斯斯坦水资源资料的深入探析可知，作为亚洲著名大河锡尔河的最大支流—纳伦河，其集水区面积达5.37万平方公里，占全国领土面积的27%，平均流量上游为90立方米/秒，下游为429立方米/秒，从发源地到河口的水位落差高达3000米，拥有足够丰富的发电潜力。在人均耗电量方面，吉尔吉斯斯坦在138个国家中排名第83位，

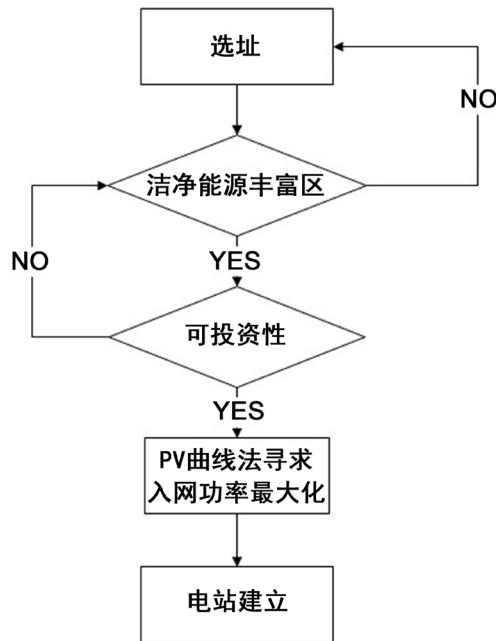


Figure 3. Flow chart of location strategy
图 3. 选址策略流程图



Figure 4. Power grid structure and water resources distribution map
图 4. 电网结构图及水资源分布图

落后于 10 年前的水平[17]。同时该地区电力资源短缺问题突出，具有良好的经济效益，而且还可以出口到新疆南部地区，缓解新疆南部地区用电紧张问题，因此选址纳伦河下游建造水电站具有良好的可投资性。

在确认了选址位置后，为寻求接入主干电网功率最大化，本文在 DDRTS 软件中搭建吉国主要电网图，利用 PV 曲线法，选取距离所建水电站最近的乌奇库尔干、比什凯克以及托克托古尔三个主要电站作为主干电网接入点，如图 4 中红线所示，在 DDRTS 中分别搭建三种情况下的电网图，绘制电站出口母线 PV 曲线图，结果如图 5 所示，由 PV 曲线可知当从乌奇库尔干节点接入电网时，所建电站可接入功率最大即拥有良好的调节裕度。

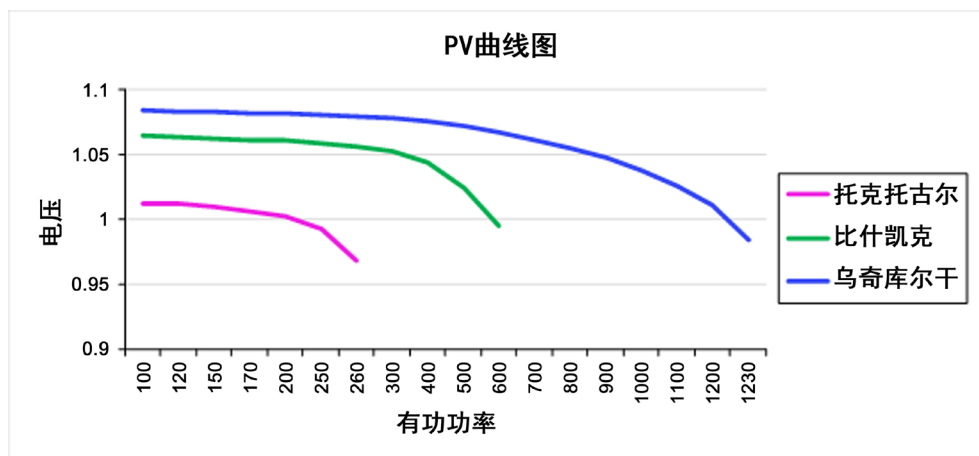


Figure 5. PV diagram of outlet bus

图 5. 出口母线 PV 曲线图

本文所提出的吉尔吉斯斯坦水电站选址对策既兼顾了洁净能源地域性和可投资性又使入网功率最大化，保证了充足的调节裕度，对中资企业投资吉尔吉斯斯坦水电站选址有良好的可借鉴性。

4.2. 潜在社会风险及对策

然而在对外投资过程中，不能单单考虑水电站建造的经济性、技术性要求，其国家独有的政治因素、社会因素等，也深深影响着洁净能源合作的展开。吉国河流资源丰富，河流众多，在跨界河流的开发利用将极大地影响中亚五国未来的政治安全、社会安定和生态环境变化。随着全球气候变化，传统能源利用下降，清洁能源等新能源利用上升，2010 年全球清洁能源总投资达 2430 亿美元，比 2009 年增长 30% [18]。今后中亚五国的跨界河流水资源开发利用问题将进一步复杂化。此外，由于俄罗斯的参与和影响，中国企业进入存在很大难度。

对此，本文提出了考虑规避复杂的地区形势及国际关系的对策，即可以通过间接投资的方式进入吉尔吉斯斯坦能源市场。一方面在当今国际环境下，中国和巴基斯坦的友好关系十分稳定；另一方面，自吉尔吉斯斯坦独立以来，巴基斯坦一直持续加强与吉国的友好关系，采取了政治、经济、组织等多项措施并大打宗教感情牌。同时，巴基斯坦具有优越的地缘优势，通过其铁路、公路和港口可将上海合作组织、欧亚大陆中心地带、阿拉伯海以及南亚联系在一起，既是一个贸易走廊，也是一个能源走廊。

因此，中国企业可在巴基斯坦成立控股的清洁能源投资公司，然后通过巴基斯坦与吉国良好的合作基础和现有的友好合作关系，间接打入吉国清洁能源市场。这样既规避了复杂的国际关系又减小了进入吉国市场的前期投入，其关键在于要协调好各方面的关系，保证各方利益的稳定性。

5. 结论

中国企业开拓吉尔吉斯斯坦清洁电力市场时，在前期的市场调研中，除了要分析开发清洁电力的资源禀赋状况、市场需求、政策支持、技术难度、发展规划等因素，寻找最优投资领域，还要分析深层次的社会因素、政治因素，才能够在吉尔吉斯斯坦清洁电力市场的投资中寻求最大利益。本文在对吉尔吉斯斯坦洁净能源深入研究的基础上，结合吉尔吉斯斯坦电力工业发展现状以及投资环境，深入探析了吉尔吉斯斯坦合作开发清洁电能面临的机遇，提出水电是在吉尔吉斯斯坦洁净能源合作开发中最具有开发性、经济性的领域，进一步分析了投资吉尔吉斯斯坦水电所面临的选址风险以及潜在社会风险，并提出了解决相应风险的对策。本文的研究结果对于我国企业投资吉尔吉斯斯坦能源市场具有重要的指导意义。

基金项目

国家电网公司科技项目(NY71-17-008); 新疆电力公司科技项目(SGXJJY00SJS1800024)。

参考文献

- [1] 张宁. 吉尔吉斯斯坦能源简介[J]. 国土资源情报, 2010(1): 30-36.
- [2] 杨建梅. 吉尔吉斯斯坦发电量增加[J]. 中亚信息, 2008(4): 28.
- [3] (2012) Electricity Production from Renewable Sources (As % of Total) in Kyrgyzstan. <https://www.helgilibrary.com/indicators/electricity-production-from-renewable-sources-as-of-total/kyrgyzstan/>
- [4] 聂书岭. 中国新疆与吉尔吉斯斯坦开展供电合作[J]. 中亚信息, 2004(11): 47.
- [5] 聂书岭. 吉尔吉斯斯坦电力部门处境艰难[J]. 中亚信息, 2005(10): 34.
- [6] 张凯. 新疆与吉尔吉斯斯坦双边贸易关系研究[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2011.
- [7] 滕吉文, 杨立强, 姚敬全, 等. 金属矿产资源深部找矿、勘探与成矿的深层动力过程[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(2): 317-334.
- [8] 赛娜·伊尔斯拜克. 影响中国与吉尔吉斯斯坦关系的诸因素及未来走势[J]. 新疆社会科学, 2007(4): 46-49.
- [9] 王安建, 高尚, 陈其慎, 等. 能源与国家经济发展[M]. 北京: 地质出版社, 2008.
- [10] 滕吉文. 石油地球物理勘探的发展空间与自主创新[J]. 石油物探, 2007, 46(3): 213-225.
- [11] 刘庚岑. 吉尔吉斯斯坦对外国在吉进行经济活动的若干规定[J]. 欧亚经济, 1997(1): 29-30.
- [12] 滕吉文, 刘建明, 刘财, 等. 第二深度空间金属矿产探查与东北战略后备基地的建立和可持续发展[J]. 吉林大学学报(地球科学出版社), 2007, 37(4): 633-651.
- [13] 王仲颖, 李俊峰. 中国可再生能源产业发展报告[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [14] 吴淼, 张小云, 王丽贤, 陈曦, 张捷斌, 包安明. 吉尔吉斯斯坦水资源及其利用研究[J]. 干旱区研究, 2011, 28(3): 455-462.
- [15] Guo, L., Zhou, H., Xia, Z., *et al.* (2016) Evolution, Opportunity and Challenges of Transboundary Water and Energy Problems in Central Asia. *Springerplus*, 5, 1918. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3616-0>
- [16] Hill, A., Minbaeva, C., Wilson, A., *et al.* (2017) Hydrologic Controls and Water Vulnerabilities in the Naryn River Basin, Kyrgyzstan: A Socio-Hydro Case Study of Water Stressors in Central Asia. *Water*, 9, 325. <https://doi.org/10.3390/w9050325>
- [17] Electric Power Consumption per Capita in Kyrgyzstan. <https://www.helgilibrary.com/indicators/electric-power-consumption-per-capita/kyrgyzstan/>
- [18] 黄海峰, 李鲜. 世界清洁能源发展现状[J]. 生态经济, 2012(5): 158-160.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8763, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: sg@hanspub.org