

宁夏水压力分析与对策建议

WATER STRESS ANALYSIS AND RECOMMENDATIONS FOR WATER RESOURCES MANAGEMENT IN NINGXIA

钟丽锦 付晓天 箫心恬 罗天一 温华 著

摘要

宁夏回族自治区是中国水资源最少的省级行政区之一，人均可利用水资源量仅为全国平均水平的 30%，属于典型的资源型缺水地区。经济发展，特别是煤炭产业的迅速发展给宁夏带来更大的水资源压力。能源产业（特别是煤炭产业）是宁夏经济的重要增长极。2012 年以煤炭为主导的能源产业工业增加值占全区工业增加值的 50%，直接带动当地人均国内生产总值比 2005 年增长了近 3 倍。但是以能源生产为主的产业结构具有高排放和高耗水的特征，对于宁夏已经紧缺的水资源形成了巨大挑战。

为了帮助政府和企业更好地了解宁夏所面临的水压力，以及社会经济发展对宁夏水压力可能产生的影响，世界资源研究所与宁夏回族自治区人民政府研究室、中国水风险（China Water Risk）一同开展研究，首先分析宁夏水资源禀赋、水资源管理，以及用水方式现状，利用世界资源研究所 Aqueduct 水风险地图工具评估宁夏的基准水压力（Baseline Water Stress），重点分析宁夏煤炭产业发展对水资源的潜在影响，并提出有益的水资源管理建议。

宁夏水资源开发利用现状与基准水压力

- 从宁夏全区来看，由于本地水资源禀赋匮乏，降雨偏少且分布不均，90% 的用水需求主要依靠黄河水；同时全区用水管理较为粗放，用水效率较低，导致全区 70% 以上的地区都面临着非常高的水压力，用水可持续性为 8.2，处于不可持续状态。
- 农业取水量占宁夏全区总取水量的 90%，但用水效率相对较低。2012 年宁夏农业灌溉水利用系数为 0.45，低于全国平

目录

摘要	1
Summary.....	3
前言	6
宁夏水资源开发利用现状与基准水压力	8
宁夏水资源特点	8
宁夏基准水压力	9
宁夏用水现状	9
宁夏煤炭产业发展与水压力	11
宁夏煤炭上下游产业发展现状	11
宁夏煤炭产业发展与水压力	13
宁夏煤炭产业发展中的水管理	14
宁夏水资源管理	14
水资源管理架构和主要职能	14
节水管理	15
水权转换	16
水价改革	16
生态补偿	18
结论和建议	18
附录：世界资源研究所 Aqueduct 基准水压力介绍	20
注释	24
参考文献	27

免责声明：“工作论文”包括初步的研究、分析、结果和意见。“工作论文”用于促进讨论，征求反馈，对新事物的争论施加影响。多数工作论文最终将以其他形式发表，内容可能会修改。

引用建议：钟丽锦、付晓天、箫心恬、罗天一、温华. 宁夏水压力分析与对策建议. 北京：世界资源研究所 2015.
<http://www.wri.org.cn>

均水平 (0.51)。煤炭产业发展带来工业增加值迅速增长的同时,也带来工业耗水量的快速增长 (48.2%)。到 2012 年末宁夏距其 2015 年用水总量目标 (73 亿立方米) 仅有 5% 的余量; 而宁夏煤炭 “十二五” 生产目标尚有 28% 未完成, 将有可能对其它用水形成挤占和竞争。

- 气候变化可能加剧宁夏的水压力风险。有研究表明, 随着全球气候变暖, 黄河流域水资源将呈现减少趋势, 加剧黄河水资源供需矛盾, 给用水主要依靠黄河来水的宁夏带来潜在风险。

宁夏煤炭产业发展与水压力

- 截至 2012 年底, 宁夏 91.5% 的煤电装机容量都分布在水资源极度匮乏地区。虽然空冷机组占火力发电总装机容量的 62.8%; 但是以宁东能源化工基地为例, 到 2015 年和 2020 年, 基地火电规模将分别增长至 2010 年的 1.9 倍和 2.9 倍, 火电用水量将分别增长至 2010 年的 1.5 倍和 2.0 倍。火电规模的迅速扩大, 将给宁夏水资源开发利用带来更大风险。
- 《宁夏回族自治区能源发展 “十二五” 规划》中提出建立煤化工产业基地, 发展煤制油、煤制烯烃等现代煤化工产业, 将带来用水量的激增。到 2015 年和 2020 年, 宁东能源化工基地煤化工用水量将分别增长至 2011 年煤化工用水量的 3.1 倍和 4.3 倍。

宁夏水资源管理与煤炭产业发展

- 根据 2013 年水利部办公厅发布的《关于做好大型煤电基地开发规划水资源论证的意见》, 宁东能源化工基地已完成水资源规划论证报告编制。其中预计 2015 年和 2020 年宁东能源化工基地工业用水分别有 39% 和 84% 由黄河调水满足, 主要通过水权转换方式获得用水权。
- 宁夏自 2002 年开始实施水权转换试点, 至 2013 年 6 月, 共实施了 9 个水权转换项目, 转换水量约 8800 万立方米。在水权转换实施的 10 年期间, 水洞沟电厂、鸳鸯湖电厂等企业相继实施节水改造工程, 年节约水量为 7000 万立方米。未来宁夏将进一步研究开展农户 — 企业、企业 — 企业间的水权交易平台建设, 以及支渠节水政策、技术和相关配套资金的讨论。
- 宁夏在工业和农业节水方面取得一定成效。自 2004 年至 2012 年, 宁夏万元国内生产总值用水量从 1274 立方米下降到 298 立方米; 万元工业增加值用水量从 173 立方米下降到 55 立方米。2012 年农业灌溉水有效利用系数达到 0.45, 比

2010 年增长 2 个百分点。2000-2012 年间, 宁夏有效灌溉面积增长 23.6%, 带动全区农业用水总量下降 22.6%。

- 宁夏农业节水空间较大。若宁夏农业用水效率提高到 0.48, 以 2012 年用水标准为基础, 将可能带来 1.9 亿立方米 / 年的节水空间; 如果将农业用水效率进一步提高到全国平均水平, 即 0.516, 则节水空间将达到 3.4 亿立方米 / 年。
- 宁夏目前水资源费和水价过低, 不能充分反映水资源紧缺程度及影响水资源价值的自然、经济、社会、环境因素, 不利于发挥价格杠杆的调节作用, 从而制约了以水价促进各行业节约用水的效果。

结论和建议

- 宁夏应优先深入节水工作, 尤其是提高农业用水效率

宁夏农业用水效率较低, 2012 年宁夏农业灌溉水利用系数为 0.45, 与宁夏提出的 2015 年和 2020 年农业灌溉水利用系数分别达到 0.48 和 0.53 的目标尚有差距。通过政府支持、市场引导、农户参与等手段加大节水工程建设、拓宽农业节水资金渠道、调整农作物结构、提高农业用水效率将是宁夏未来节水工作的优先领域和重点任务。此外, 宁夏还必须进一步加强工业节水和生活节水工作, 提高各行业用水效率。

- 宁夏应将水资源作为限制性因素纳入能源 \ 煤炭产业发展规划, 促进能源 \ 煤炭产业和水资源的可持续开发利用

宁夏现有政策框架对水资源和能源仍然以割裂的视角进行管理。加强和促进能源和水资源管理部门之间的协调合作是推动宁夏水资源和能源可持续开发管理的重要保障。在制定行业发展规划和目标时, 能源部门和水资源管理部门应进行充分沟通和讨论, 将水资源作为限制性因素纳入能源 \ 煤炭产业发展规划, 促进能源 \ 煤炭产业和水资源的可持续开发利用。

- 宁夏应总结水权转换经验, 推动建立水权交易机制

宁夏通过水权试点工作解决了企业用水难题, 也在很大程度上弥补了农业节水灌溉工程改造资金缺口, 为进一步建立水权交易平台提供了重要的基础。考虑到企业 — 管理者 (政府) 间的转换平台在宁夏已经建立, 下一步应对企业 — 农户、企业 — 企业间的水权转换进行研究和尝试。企业 — 农户间的水权转换将涉及田间节水、管理负责制; 企业 — 企业间节水则涉及交易平台搭建、交易机制等问题。由此应投入基础研究与机制设计, 建立支持田

间节水、企业间交易的水权转换相关机制、政策和管理体系。

■ 宁夏应加速水价改革，提高水资源费标准，利用经济杠杆促进节水

宁夏目前水价和水资源费征收标准过低，不能反映当地水资源的稀缺程度，水价调节杠杆的作用没有得到充分的发挥。应该研究进一步提高水资源费，并利用阶梯水价手段促进企业自发节水。对于煤炭企业来说，应加快落实采矿排水水资源费的征收，促进对采矿排水的回用，降低对新鲜水资源的消耗。同时，应通过加大计量设施安装力度，监督计量设施运行情况和水资源费征收标准落实问题，保证水资源费足额征收。

■ 宁夏应建设矿山开发生态补偿机制，尝试流域水环境生态补偿

目前宁夏矿产资源生态补偿机制尚未建立，补偿资金来源渠道和补偿方式单一，对老矿山开发治理滞后等问题，阻碍了工作的推进。应研究多种经济手段，强制企业专款专用，对矿区生态环境和水资源进行保护，并对矿区废水、废气、废渣等污染物进行治理。除了研究矿山资源开发生态补偿，还应着手研究流域水环境保护的生态补偿尝试。近年来，宁夏在水源涵养建设方面付出巨大努力，但目前主要是下游地区享受到益处。建议由国家相关部委研究建立跨流域生态补偿机制，统筹协调相关省份为宁夏提供补偿。

SUMMARY

Ningxia Hui Autonomous Region (referred to as “Ningxia” below) is one of the most water stressed regions in China; total water resources per capita is only 30 percent of the national average. Economic development, especially the rapid development of Ningxia’s coal industry, is exacerbating the stress on water resources. The coal industry is an important pillar of Ningxia’s economic growth, it comprised around 50 percent of Ningxia’s total industrial production in 2012 and was responsible for driving GDP per capita up three times between 2005 and 2012. However, such an industrial structure dominated by energy production is characterized by high carbon emissions and high water consumption, which exacts a

huge burden on Ningxia’s water resources.

In order to help governments and corporations gain a better understanding of water stress associated with local economic development and its impact on socio-economic development in Ningxia, the World Resources Institute (WRI) has partnered with the Ningxia Development Research Center, and China Water Risk to analyze water resources profiles, water resources management, and current water use patterns in Ningxia. We applied WRI’s Aqueduct Water Risk Framework to assess Ningxia’s baseline water stress focusing on the development of the local coal industry and its impact on water resources and provided suggestions for better management of Ningxia’s water resources.

The exploitation and utilization of water resources and baseline water stress

- Ningxia’s annual precipitation is low and unevenly distributed, resulting in the severe scarcity of local water resources. The Yellow River supplies 90 percent of water demand. Overall, Ningxia’s water management was relatively poor and its use of water inefficient. Over 70 percent of the land is subjected to high to extremely high water stress. Water sustainability was 8.2; indicating water resource use was unsustainable.
- The agricultural sector accounts for 90 percent of Ningxia’s total water withdrawal, but its use of water is inefficient. In 2012, the agricultural irrigation water use coefficient was 0.45, while the national average was 0.51. The growth of the coal industry caused a rapid increase in industrial growth, as well as in water consumption (industrial water consumption rose 48.2%). In 2012 alone, Ningxia used up 95% of its planned total water consumption goal set for 2015, yet it fell short of its goal for coal production by 28 percent. The high water demand of the coal industry exacerbated competition of freshwater with other water users.
- Climate change may exacerbate water risks in Ningxia. Studies indicate that global warming will reduce water supply from the Yellow River,

intensifying the contradiction between water supply and water demand in the Yellow River Basin. Because Ningxia's main water source is the Yellow River, this will have grave implications for the region.

Coal industry growth and water stress

- By the end of 2012, 91.5 percent of the installed power capacity of coal plants in Ningxia was in areas suffering from acute water shortages. Although power plants using air cooling technologies accounted for 62.8 percent of the total installed capacity (air cooling helps to reduce a plant's water consumption), the newly planned coal-fired power plants will trigger further increases in water demand. Taking Ningdong Energy and Chemical Industry Base (referred to as "Ningdong Base" below) for example, its installed coal-fired power capacity will rise 1.9 times by 2015 and 2.9 times by 2020. Using 2010 as the base year, water consumption will rise 1.5 times by 2015 and 2.0 times by 2020. The rapid expansion of coal-fired power is increasing water risks in Ningxia.
- Ningxia's Twelfth Five-Year-Plan for Energy Development suggested establishing a coal chemical industry base and developing a modern coal-to-chemical industry (including coal-to-liquid and coal-to-olefin) in Ningxia. This would also drive up water demand. By 2015, Ningdong Base's coal-to-chemical industry will see its water consumption increase 3.1 times its 2011 level and 4.3 times by 2020.

Water resources management and coal industry development

- According to Opinion on Implementing Water Resources Argumentation of Coal Power Bases (Ministry of Water Resources, 2013), Ningdong Base's report on water resources planning argumentation, which outlines how it will ensure water supply for its development, estimates that it will meet 39 percent of its industrial water consumption needs from the Yellow River (by transferring water rights) by 2015. This figure will rise to 84 percent by 2020.
- Ningxia began a pilot program offering water rights transfers in 2002. By June 2013, about 88 million

cubic meters of water had been transferred to nine industrial projects. Over the 10 years, corporations such as Shuidonggou Power Plant and Yuanyang Lake Power Plant implemented water saving reconstruction projects, saving 70 million cubic meters of water. In the next step, Ningxia will conduct studies on building water rights trading platforms between farmers and corporations, and within corporations. Studies on branch canal water saving policies, technologies and supporting funds will also be carried out.

- Ningxia has made some progress in industrial and agricultural water conservation. From 2004 to 2012, water consumption per 10,000 yuan of GDP fell from 1,274 cubic meters to 298 cubic meters while water consumption per 10,000 yuan of industrial added value decreased from 173 cubic meters to 55 cubic meters. In 2012, the agricultural irrigation water use coefficient increased 2 percentage points to 0.45 against the value in 2010. From 2000 to 2012, the effective irrigation area in Ningxia increased 23.6 percent, which helped to lower total agricultural water consumption by 22.6 percent.
- There is huge potential for saving water in the agricultural sector. If the agricultural irrigation water use coefficient increases to 0.48, about 0.19 billion cubic meters a year could be saved in 2012; if the coefficient further increases to the national average of 0.516, the water saving potential could reach 0.34 billion cubic meters per year.

- The current water resources fee and water prices do not take into account water scarcity and other factors that influence the real value of water, such as Ningxia's natural environment, economy, social development and so on. This means that the government is not effectively exploiting price leverage to encourage the different sectors to improve their water conservation practices.

Conclusions and Suggestions

- Ningxia should prioritize water conservation, in particular improve the efficiency of agricultural water use

Ningxia's agricultural water use is comparatively inefficient. Its current agricultural irrigation water use coefficient (0.45 in 2012) is much lower than its 2015 target (0.48) and 2020 target (0.53). In terms of its water conservation work, Ningxia should prioritize encouraging the building of water-saving projects, finding new sources to fund agricultural water-saving projects, adjusting cropping structure and so on. To achieve this they have used a variety of measures such as government support, market guidance and farmer participation. Ningxia must also target the efficiencies of industrial and domestic water use and encourage the adoption of water-efficient equipment and technologies.

- Ningxia should incorporate water resources into the energy/coal industry development plan as a restrictive factor; promote sustainable development of the energy/coal industry and the sustainable exploitation and utilization of water resources

The existing policy framework treats water and energy as separate elements in Ningxia. It is essential that energy and water management agencies collaborate more closely to ensure the sustainable development of water resources and energy. Decision makers should treat water as a restrictive factor while drawing up development plans for the energy/coal industry and promote the sustainable development of the industry as well as sustainable exploitation and utilization of water resources

- Ningxia should study water rights transfer and promote a water right trading mechanism

Water right transfer is an effective way to meet the industrial sector's demand for water as well as help to provide funds for reconstructing agricultural water-saving irrigation. Since a transfer platform between companies and the government has already been set up in Ningxia, the next step is to study water rights trading between corporations and farmers and within corporations. Therefore, Ningxia should invest into research and mechanism design that would establish the best water rights trading mechanism, policies and management system to support water saving in irrigation and trading between corporations.

- Ningxia should accelerate the reform of water

prices, raise water resource fees, and exploit price leverage to encourage water-saving

Ningxia's current water rates and water resource fees have been set too low to reflect the real value of water scarcity in terms of water resources. This means that the government is not exploiting price leveraging to encourage better water conservation among the various sectors. Ningxia should raise water resource fees to encourage the industrial sector to conserve more water and accelerate the collection of mining drainage fee so that coal companies are encouraged to reuse mining drainage water and use less fresh water. The monitoring of water consumption and the collection of water resource fees can be improved by installing more and better measuring equipment.

- Ningxia should set up the eco-compensation mechanism for the mining sector and start the pilot program on eco-compensation within and across river basins.

Ningxia does not currently have an eco-compensation mechanism for the mineral mining sector. Compensation fund sources and compensation solutions are not diversified, while the delayed management of old mining sites has blocked progress on this work. Ningxia should study how various economic tools can be used to force companies to use the fund exclusively for eco-compensation, to protect the environment and water resources in mining areas and manage pollutants and so on. It should also launch pilot projects on eco-compensation to promote the environmental protection of the river basin water. As part of this project, provinces downstream should compensate for Ningxia's efforts on improving water conservation and water quality.

前言

宁夏回族自治区（以下简称“宁夏”）地处中国西北内陆干旱地区（宁夏概况见专栏1），是全国水资源最少的省区之一。宁夏多年平均水资源总量为11.63亿立方米¹。2012年宁夏人均水资源量为167立方米²，仅为当年全国平均水平（2168立方米）³的7.7%，远远低于伊拉克、阿曼等水资源极度匮乏的中东国家（见图1）。宁夏的经济社会发展用水需求主要依靠黄河引水，若计入宁夏可耗用黄河的水资源量，加上当地地下水资源可开采量1.50亿立方米，宁夏水资源可利用总量为41.50亿立方米，人均可利用水资源量为641立方米⁴，仍仅为全国平均水平的30.0%⁵，低于世界银行定义的人均1000立方米的“水资源贫困线”⁶，属于典型的资源型缺水地区。

宁夏是中国四大自流灌区和七大商品粮基地之一，农业是宁夏最大的用水行业。2012年农业取水量约占取水总量的90%（远高于当年全国农业取水量占比63.6%）⁸；但是，宁夏的农业用水效率较低，2012年宁夏农业灌溉水利用系数⁹为0.45¹⁰，低于全国同期平均水平。同时，宁夏属于“生态脆弱区”，对气候变化敏感¹¹。干旱灾害是宁夏最常发生、影响最广泛、造成损失最大的气候灾害，干旱时长可达16个月¹²。2011年宁夏因为自然灾害造成经济损失16.4亿元，其中干旱造成的损失最大¹³。水资源短缺已经成为宁夏经济社会可持续发展的严重制约因素。

除了农业生产和日常生活的用水需求，近年来宁夏煤炭产业的发展在一定程度上正在加剧宁夏的用水压力。一方面，丰富的煤炭资源以及国家“西电东送”工程建设促使能源产业（特

专栏1 | 宁夏概况



宁夏区位图



宁夏地级市分布图

地理位置：宁夏位于中国西部黄河上游地区，处于黄土高原、蒙古高原和青藏高原交汇地带，面积51594.4平方公里（2012年）。宁夏下辖5个地级市：银川、中卫、固原、吴忠、石嘴山。

经济：2013年宁夏实现国内生产总值2565.06亿元，人均国内生产总值39420元。三次产业增长对经济增长的贡献率分别为3.8%、66.6%和29.6%^a。

人口：2013年，宁夏全区常住人口为654.19万人，城镇化率为52.0%^a。

气候条件：宁夏属温带大陆性半湿润半干旱气候，具有冬寒长、夏暑短、雨雪稀少、气候干燥、风大沙多、南寒北暖等特点^b。

气温：宁夏气温日差大，日照时间长，太阳辐射强，大部分地区昼夜温差一般可达12~15℃。全年平均气温为5~9℃之间，引黄灌区⁷和固原地区分别为全区高温区和低温区^b。

降水：宁夏降水量南多北少，大都集中在夏季。干旱山区年平均降水量为400毫米，引黄灌区年平均降水量为157毫米^b。

蒸发量：宁夏全区平均年水面蒸发量为1250毫米，变幅为800~1600毫米之间，蒸发量是降雨量的8倍，是中国水面蒸发量较大的省区之一^b。

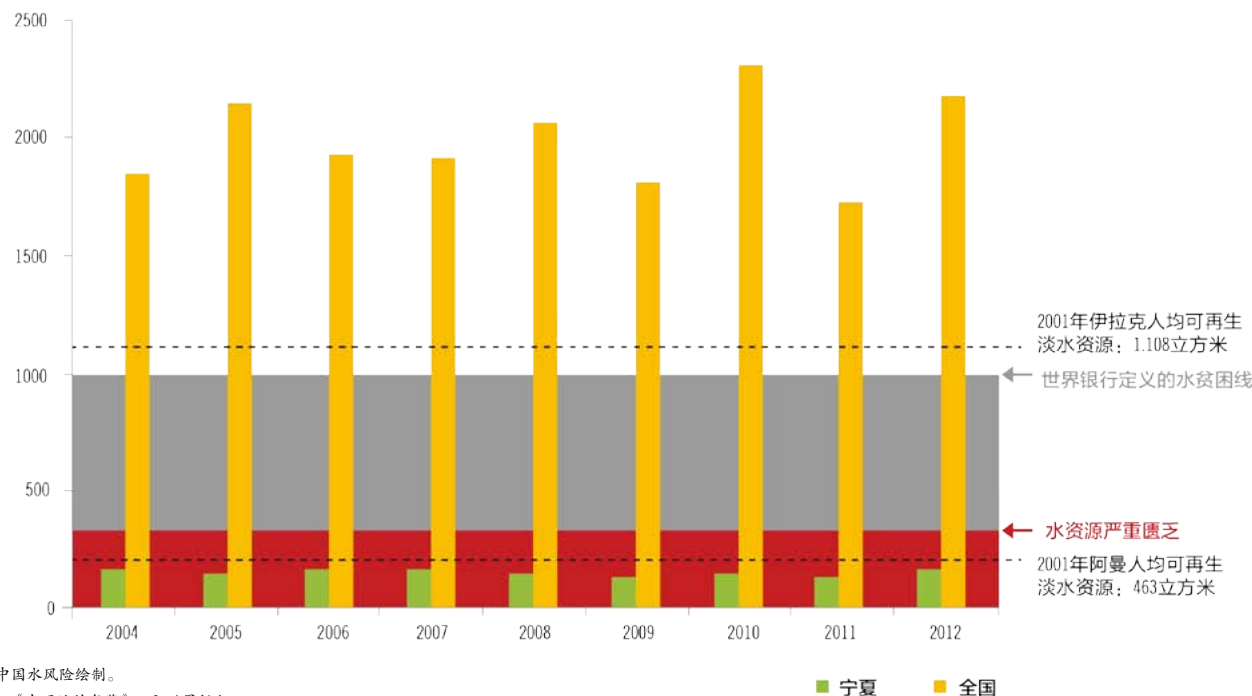
生物多样性：宁夏现分布有高等野生植物1832种，高等动物500种，生态系统类型170个。动植物物种中属我国特有物种的有493种，其中植物460种，动物33种^b。

来源：a. 2013年宁夏回族自治区国民经济和社会发展统计公报；

b. 《宁夏经济社会发展情况》

图 1 | 宁夏与全国、中东国家人均水资源比较（2004-2012）

2004-2012 人均水资源量：远低于全国平均水平，同时也低于部分中东国家
人均水资源量（立方米）



别是煤炭产业）成为宁夏经济的重要增长极，大力推动了宁夏的经济发展。2012 年工业增加值对宁夏国内生产总值的贡献率为 38%，其中以煤炭为主导的能源产业¹⁴ 工业增加值占全区工业增加值的 50%¹⁵，直接带动宁夏人均国内生产总值增长至 6028 美元（按 2012 年当年价格），比 2005 年增长了近 3 倍（按 2005 年不变价格），在全国 31 个省、自治区和直辖市中排名第 17 位¹⁶。但是另一方面，这种以能源生产为主的产业结构具有高排放和高耗水的特征，对于宁夏已经紧缺的水资源形成巨大挑战¹⁷。如果按照宁夏设定的“十二五”煤炭产业发展目标，2015 年全区煤炭产量较 2010 年增长 76.3%（煤矿开采洗选污染威胁大）、火电装机容量增长 136.0%（火电是最大的工业用水行业之一）、煤炭产业链条延伸到煤化工产业（煤制油、煤制烯烃等煤化工产业都属于高耗水行业）¹⁸，宁夏将面临严峻的用水增长压力和碳排放增长的挑战。

为了帮助政府和企业更好地了解宁夏所面临的水压力以及社会经济发展对宁夏水压力可能产生的影响，世界资源研究所（World Resources Institute, WRI）与宁夏回族自治区人民政府研究室、中国水风险（China Water Risk）合作，从宁夏水资源禀赋、水资源管理，以及用水方式入手，利用世界资源研究所“Aqueduct 水风险框架”对宁夏的基准水压力（Baseline Water Stress）进行

评估，并就宁夏的社会经济发展对其水资源的影响开展系列研究。由于煤炭产业的迅速增长将带来用水需求的激增，并对宁夏农业生产和生活用水需求形成严峻的压力和竞争，激化宁夏农业、工业和生活用水的矛盾，进一步加剧用水压力。本报告作为宁夏水风险系列研究的一部分，将首先针对当前宁夏煤炭产业的发展对宁夏水资源的潜在影响进行初步分析，以帮助决策者更好地认识和理解经济（能源）发展对宁夏水资源形成的压力，并提出有益的水资源管理建议。在下一阶段的工作中，项目组将继续研究不同政策情境对于宁夏未来水压力的影响。

本报告共分五个部分。第一部分对宁夏经济社会发展面临的水资源压力作出概括性介绍，并提出本研究的目的和意义；第二部分从水资源开发利用现状入手，并利用世界资源研究所 Aqueduct 水风险框架对宁夏基准水压力¹⁹进行评估；分析不同行业的用水竞争格局；第三部分利用世界资源研究所 Aqueduct 基准水压力地图分析宁夏煤炭产业布局对水资源开发利用所形成的压力和挑战；第四部分对宁夏能源产业及水资源管理架构，和煤炭产业中的水管理问题进行深入分析；第五部分针对宁夏煤炭产业和水资源可持续协调发展提出建议。

宁夏水资源开发利用现状与基准水压力

宁夏水资源特点

宁夏的主要可用水资源包括本地地表水、地下水、黄河水、以及苦咸水。目前，宁夏的社会经济发展主要依靠黄河水支撑。苦咸水淡化因为成本较高，目前在宁夏尚没有得到推广。此外，规划中的南水北调（西线）预计可以为宁夏补充一些供水，但是由于生态等问题，目前该工程尚未开始实施。

1. 本地水资源

宁夏多年平均本地水资源量为 11.63 亿立方米²⁰。其中，多年平均本地地表水资源量为 9.49 亿立方米，泾河、葫芦河和清水河等 3 条主要河流占全区当地地表水资源量的 70%；扣除难以利用的汛期洪水、苦咸水和预留生态基流量（6.49 亿立方米），本地地表水可利用量仅为 3.00 亿立方米²¹。宁夏地下水资源量扣除地表水重复计算量 2.14 亿立方米，可开采量为 1.50 亿立方米²²。

宁夏本地水资源具有时空分布不均、年内和年际变化大等特点，极端天气频发加剧了宁夏水资源总量匮乏的问题：

■ 从水资源时间分布看，1961-2010 年的 50 年间宁夏全区年平均降水量下降 28.6mm，气候倾向率为 -5.7mm/10 年；降水量年际变化较大，20 世纪 60 年代全区降水量平均为 347.5mm，而 2000 年以后，平均降水量下降至 306.9mm²³。同时宁夏每年 70.0% 的降水量集中在 7-9 月，农业生产用水需求较大的 4-6 月往往降水较少（4-6 月降水量约占全年降水总量的 15%），直接导致了农业主要生产期的用水缺口以及与其它行业用水的巨大竞争²⁴。

■ 从水资源空间分布看，宁夏本地地表水资源量南多北少，地下水资源量则北部更为丰富。2012 年宁夏 5 个地级市中位于南部地区的固原市面积为全区总面积的 20.4%，地表水量占全区的 47.0%；而位于北部的银川市面积为全区面积的 14.6%，地下水资源则占到全区地下水资源总量的 34%（见图 2）²⁵。

2. 黄河水资源

目前，宁夏对黄河水的依赖程度超过 90.0%。黄河干流水资源为过境水资源，多年平均进入宁夏地表水资源量为 306.8 亿立方米。黄河地表水资源利用受国家分配指标限制，1987 年国务院分水方案给宁夏黄河可利用水资源量 40 亿立方米。其中黄河干流 37 亿立方米，当地地表水 3.00 亿立方米²⁶。

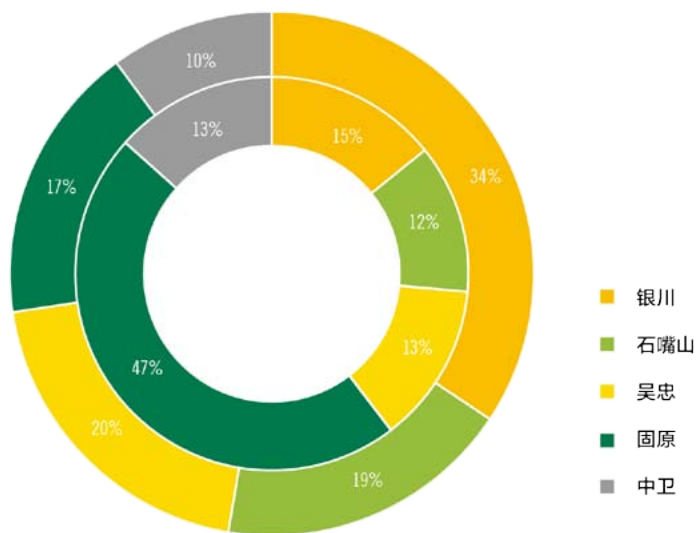
3. 苦咸水

由于蒸发量大、降雨少等原因，宁夏当地水资源的盐度较高，形成大面积苦咸水²⁷。其中，地表苦咸水资源量为 2.13 亿立方米，占当地地表水资源总量的 22.0%；地下苦咸水资源量为 3.99 亿立方米，占当地地下水资源总量的 17.0%²⁸。在经过适当处理后，苦咸水能够用作工业用水，减少工业对淡水的需求。

4. 南水北调西线（规划中）

南水北调是缓解中国北方水资源严重短缺局面的重大战略性工程。按照西线规划，将从长江上游干支流调水到黄河上游，帮助包括宁夏在内的西北地区干旱地区解决缺水问题。如果按规划实施，第一期工程预计于 2020 年将调水向兰州—河口镇河段的甘肃、宁夏、内蒙古、陕西北部地区供水 20 亿立方米²⁹。

图 2 | 宁夏各地级市水资源分布



说明：图中外环为宁夏各地级市地下水资源量占比，内环为宁夏各地级市地表水资源量占比。
来源：《宁夏水资源公报（2012）》

宁夏基准水压力

“基准水压力（Baseline Water Stress）”是世界资源研究所“Aqueduct 水风险框架”中的一个重要指标，用来衡量一个地区的用水竞争程度和用水可持续性。该指标通过一个地区的取水总量与可用水资源量之间的比值来表征：当该比值高于 0.4 时，表示该地区的水风险为高风险；当该比值高于 0.8 时，则认为该地区面临极高水风险。“基准水压力”的值越大，说明该地区的用水竞争越大、用水可持续性越低、水风险越大。有关世界资源研究所 Aqueduct 基准水压力的介绍详见附录。

世界资源研究所根据宁夏有关部门提供的降水量、水资源量、用水量、耗水量等数据信息，对宁夏的基准水压力进行分析（有关名词解释详见附录）。图 3 为宁夏基准水压力地图，图中颜色越深表示该地区面临的水压力越大，水资源匮乏程度越高。可以看出，宁夏全区 70% 以上的地区都面临着非常高的水压力，原因推断有二：一是宁夏本地水资源禀赋匮乏，降雨偏少且分布不均，用水需求主要依靠黄河引水，2012 年黄河引水供水量占宁夏全区供水量的 90.1%³⁰，用水可持续性为 8.2，处于不可持续用水状态³¹；二是宁夏全区用水效率较低，用水管理仍然较为粗放。以 2012 年为例，宁夏万元国内生产总值取水量为 298 立方米，为全国平均水平的 2.5 倍；农田实际灌溉亩均取水量为 778 立方米，也为全国平均水平的近 2 倍。

从地级市用水压力来看，银川和石嘴山两个地级市全部处于水资源极度匮乏地区。银川是宁夏人口最多的地级市，人均水资源量最低（2012 年银川人均水资源量为 99 立方米³²）；尽管银川和石嘴山有黄河引水，但是这两个地级市集中了宁夏大部分的

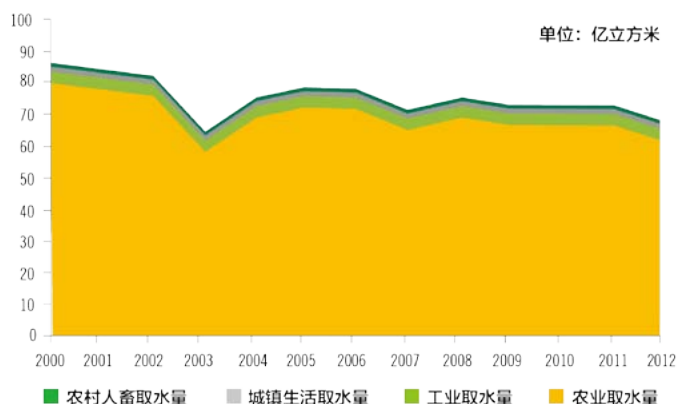
农业、工业生产和人口，用水需求以及用水强度都远远高于其它地区。

值得注意的是，气候变化可能加剧宁夏面临的水压力风险。有研究表明，随着全球气候变暖，黄河流域水资源将呈现减少趋势，加剧黄河水资源供需矛盾，给用水主要依靠黄河引水的宁夏带来潜在风险³³。

宁夏用水现状

宁夏用水主要包括农业用水、工业用水、农村人畜用水和城镇生活用水。2012 年，宁夏全区总取水量为 69.33 亿立方米，其中地下水为 5.43 亿立方米。农业取水量最多，为 62.46 亿立方米，占总取水量的 90.1%；工业取水量为 4.87 亿立方米，占 7.0%；农村人畜取水量为 0.63 亿立方米，占 0.9%；城镇生活取水量为 1.37 亿立方米，占 2.0%（见图 4）³⁴。

图 4 | 宁夏分行业取水量比较（2000-2012 年）



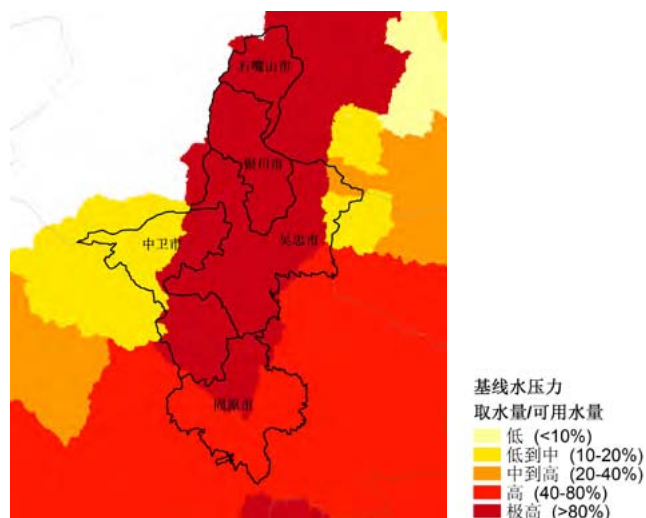
说明：2003 年全国多省遭遇大旱，宁夏旱情从南部山区扩大到引黄灌区，从 5 月中旬至 6 月中旬，南部山区及引黄灌区连续 30 多天无降水过程，加之气温持续偏高，土壤失墒严重，黄河来水极度减少，导致全区取水量出现显著下降。

来源：历年《宁夏回族自治区水资源公报》

1. 工业用水

宁夏自“十五”开始加速推进工业化进程，特别是宁东能源化工基地的开发和建设。“十五”末期，宁夏的发电量、煤炭产量分别比 2000 年增长 109.4% 和 64.4%³⁵。“十一五”期间，宁夏陆续开工建设一批现代化大型煤矿、电力、煤化工项目，宁东能源化工基地列入国家重点开发区，以其为重点的相关产业快速崛起，工业用水需求加速增长。“十二五”期间，宁夏继续建设宁东能源化工基地、“西电东送”火电基地、煤化工产业基地，

图 3 | 宁夏基准水压力地图



来源：世界资源研究所 Aqueduct

带动宁夏工业增加值从 2010 年到 2012 年增长了 36.6%^{36, 37}，同期宁夏工业取水量增长了 18.2%，工业耗水量则增长了 48.2%（见图 5）。

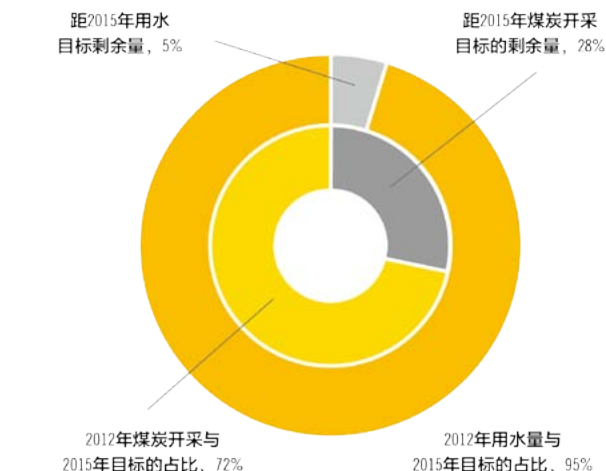
值得注意的是，宁夏“十二五”末取水总量目标为 73 亿立方米³⁸，到 2012 年末宁夏距其用水总量目标仅有 5% 的余量，而宁夏煤炭“十二五”生产目标尚有 28% 未完成（见图 6）³⁹，将有可能对其他用水形成挤占和竞争。

图 5 | 宁夏工业总产值与工业取耗水量变化趋势（2000-2012）



来源：1.《宁夏统计年鉴》，2.《宁夏水资源公报》

图 6 | 宁夏煤炭生产\用水总量(2012)与煤炭生产\用水总量目标(2015)



来源：1.《宁夏回族自治区能源发展“十二五”规划》；2.《宁夏回族自治区水资源公报（2012）》；3.《宁夏实施最严格水资源管理制度》

2. 农业用水

宁夏第一产业在国内生产总值中所占的比重常年维持在 10% 左右，但农业取水量却是全区取水的主力军⁴⁰。2012 年，宁夏全区耕地面积 1907 万亩⁴¹，农业取水量为 62.46 亿立方米，占宁夏全区总取水量的 90.1%，远高于同期全国农业取水量占比 63.6% 的水平⁴²。

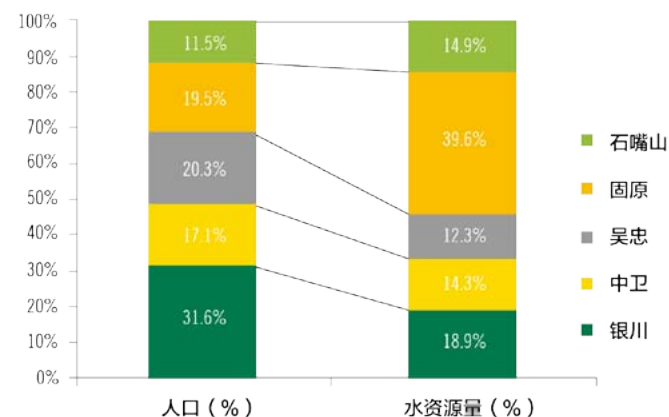
宁夏农业取水量巨大，但是用水效率相对较低。2012 年宁夏农业灌溉水利用系数为 0.45⁴³，低于全国平均水平（0.516）⁴⁴，同时距离宁夏最严格水资源管理制度⁴⁵中提出的“到 2015 年农业灌溉水利用系数达到 0.48”的目标尚有一定距离。

水资源短缺、灌溉用水效率低是制约宁夏农业发展以及其它经济活动的重要瓶颈，因此宁夏一直致力于探索更高效的节水灌溉方式。宁夏 2013 年完成高效节水灌溉面积 45 万亩，累计发展高效节水灌溉面积 165 万亩，占全区总灌溉面积的 20%。其中宁夏高效节水灌溉示范区项目已经通过水利部审查，列入国家西北高效节水灌溉项目⁴⁶。

3. 生活用水

如果不考虑黄河引水，宁夏的人口分布与其本地水资源分布存在严重的不平衡（见图 7）。2012 年，银川市人口占全区总人口的 31.6%，其水资源量（不计引黄水量）占全区的 18.9%；吴忠市人口占全区总人口的 20.3%，其水资源量（不计引黄水量）占全区的 12.3%⁴⁷。

图 7 | 宁夏行政分区水资源量与人口比较（2012）



来源：《宁夏统计年鉴（2012）》

图 8 | 31 个省、自治区、直辖市经济发展与生活用水比较 (2012)



来源：1. 国家统计局网站；2. 《中国城市建设统计年鉴（2012）》

2012 年，宁夏人均国内生产总值为 36394 元（当年价）⁴⁸，人均日生活用水量为 156.5 升⁴⁹，在全国 31 个省、自治区、直辖市中均属于中游水平（见图 8）。值得注意的是，同为缺水城市的天津，人均国内生产总值为宁夏的 2.5 倍，而人均日生活用水量却仅为宁夏的 85.8%，可见宁夏在生活用水效率方面尚存在提升空间。

宁夏煤炭产业发展与水压力

煤炭产业发展带来经济迅速增长的同时，也给宁夏的水资源带来巨大压力。2012 年，宁东能源化工基地工业用水量为 0.97 亿立方米，占全区工业用水的 20.0%；预计到 2015 年和 2020 年，该基地的工业用水将分别达到 1.94 亿立方米和 6.41 亿立方米⁵⁰。同时，能源产业作为宁夏未来经济发展的支柱型产业，“十二五”期间将实现 12.6%⁵¹ 的年均涨幅，虽然宁夏在能源规划中考虑了空气污染问题，但是没有考虑水资源的约束问题，将带来潜在的水风险。

宁夏煤炭上下游产业发展现状

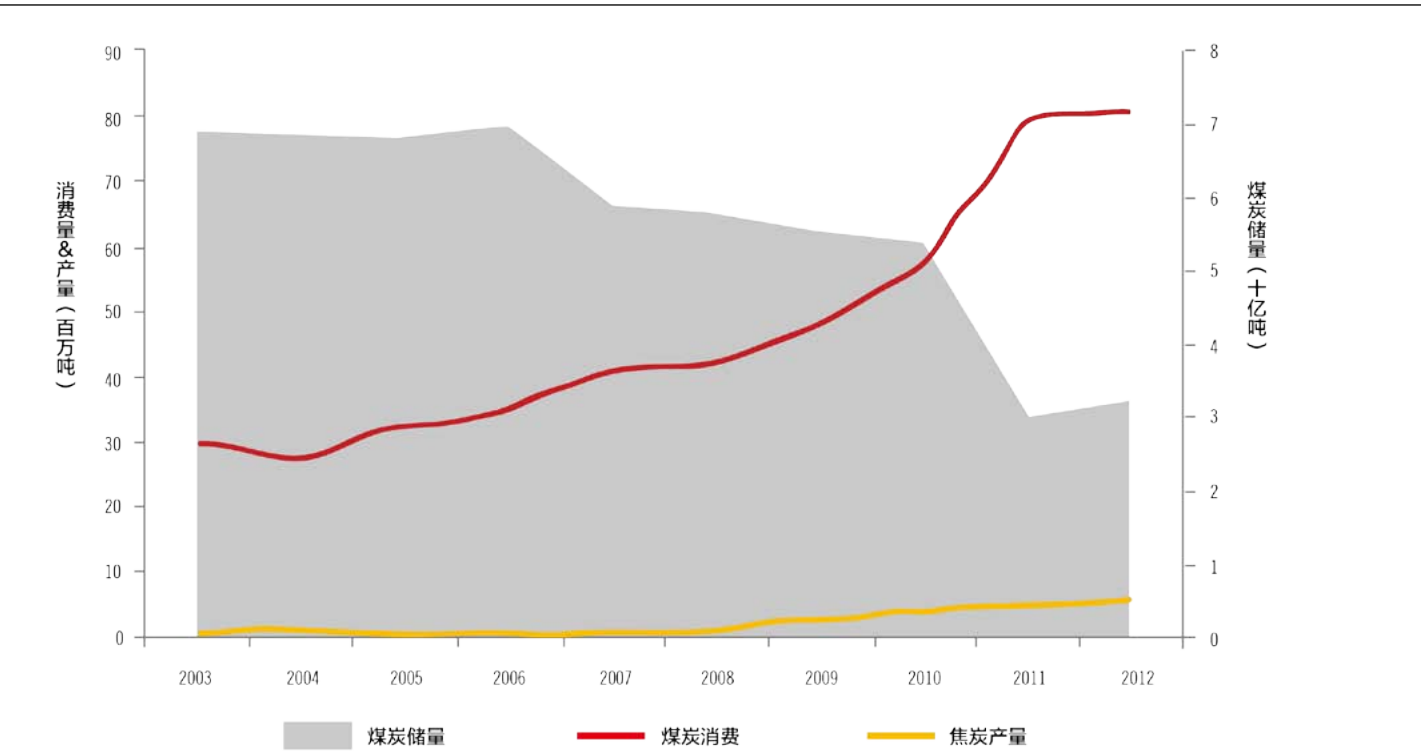
宁夏的经济增长主要来自于工业和第三产业，2012 年工业增加值和第三产业增加值对宁夏国内生产总值的贡献率分别达到 38.0% 和 42.0%，其中能源产业工业增加值占全区工业增加值的 50.0%，已成为宁夏经济社会发展的支柱产业⁵²。

1. 煤炭生产

宁夏煤炭资源具有储量大、品种全、质量优、开发条件好等特点。目前已探明煤炭资源量 315 亿吨，预测资源量 2027 亿吨，居全国第六位⁵³。工业化发展加剧了宁夏煤炭资源的消耗。2012 年宁夏全区煤炭消费量达 8055 万吨，是 2000 年的 7.7 倍。而宁夏将继续扩大其煤炭产能，“十二五”末期宁夏全区煤炭生产能力将达到 1 亿吨以上⁵⁴。经过多年的开采，2012 年宁夏煤炭储量仅余 32.34 亿吨，为 2003 年煤炭储量的 47.3%⁵⁵（见图 9）。

宁夏宁东煤田探明储量 273 亿吨，占宁夏煤炭探明资源量的 87.0%，是我国 14 个重点开发的亿吨级矿区之一⁵⁶。宁东将建设成为国家重要的大型煤炭基地、西电东送火电基地和煤化工产业基地（概况见专栏 2）。

图 9 | 宁夏煤炭工业发展（2003-2012）



说明：中国水风险和世界资源研究所绘制。
来源：国家统计局网站

专栏 2 | 宁东能源化工基地概况

地理位置：宁东能源化工基地规划区总面积 3484 平方公里，位于宁夏中东部、银川市东南部，范围覆盖银川和吴忠 2 个地级市，灵武、盐池、同心和红寺堡 4 个县（区）。

矿产资源：宁东能源化工基地是国家 14 个亿吨级大型煤炭生产基地之一，探明储量 273 亿吨，远景预测储量 1394 亿吨，主要煤种均为优质化工原料用煤和动力用煤。

主导产业：目前宁东能源化工基地已形成了煤炭、电力、煤化工三大主导产业，以及石油化工、新材料、资源综合利用等相关配套产业，已成为全区发展最快、活力最强、贡献最大的现代产业，在全区经济和社会发展中的地位日益凸显。

企业类型：根据宁东能源化工基地对外公布的数据，目前该基地入驻企业仍然以国有企业为主。从产能规模来看，国有企业在煤炭开采、煤化工产业上所占的份额分别达到 88.8% 和 60.7%；而所有的煤电厂均由国有企业负责运营。下图为宁东能源化工基地煤炭上下游产业企业类型分布（按产能重量）。

说明：图中国 A 表示煤炭企业，图 B 表示煤化工企业，图 C 表示煤电企业
来源：宁东能源化工网站

宁东能源基地产能情况：

年份	煤炭产能 万吨	发电装机容量 万千瓦	其中：外送电 万千瓦	煤化工产品 万吨
2005	1000	46.5		0
2010	8000	639		550
2015	10000	1600		1500
2020	13000	>2000	1160	>2000

来源：<http://www.qhnews.com/2012zt/system/2012/07/12/010825723.shtml>

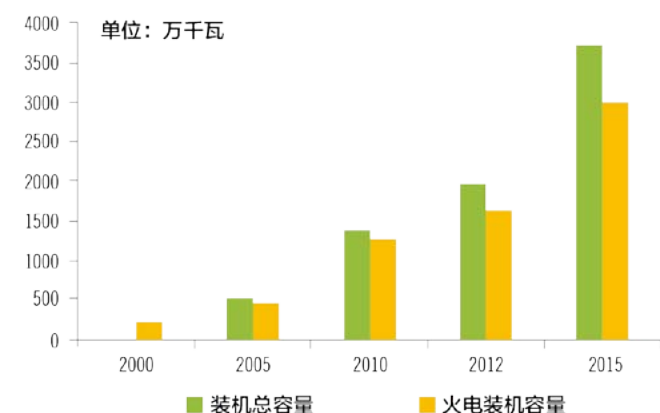
2. 煤炭消费

火力发电

为了满足经济增长、工业化和城镇化进程中的用电需求增长，宁夏近年来着力提升能源供应能力。2012 年宁夏发电装机总容量达 1640 万千瓦，是 2000 年的 8 倍⁵⁷；根据《宁夏回族自治区能源发展“十二五”规划》，预计到 2015 年将提升至 3000 万千瓦，较 2012 年增长 82.9%（见图 10）⁵⁸。虽然近年来着力优化能源结构，发展风电、太阳能发电等新能源，但是火力发电仍然是宁夏主要的发电方式，装机容量占比高于 80.0%。

值得注意的是，外送电在宁夏电力生产中占有重要地位。2011 年，宁夏外送电量达到 260 亿千瓦时，占全区发电总量的 26.0%⁵⁹，预计到 2015 年外送电所占比重将进一步提升至 32.1%⁶⁰。

图 10 | 宁夏发电装机总容量和火电装机容量比较（2000-2015）



说明：2015 年数据为目标值。

来源：1.《中国电力统计年鉴》，中国电力出版社；2.《宁夏回族自治区能源发展“十二五”规划》

煤化工

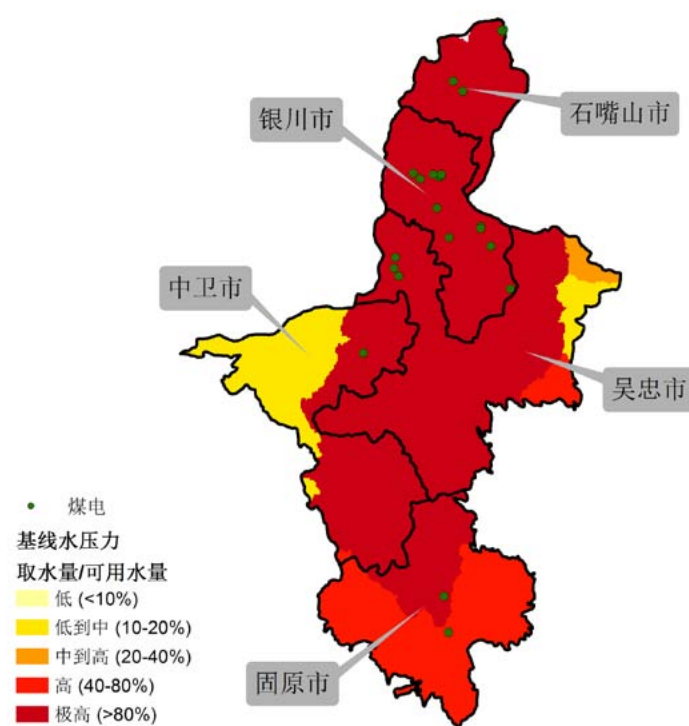
由于煤炭储量丰富，宁夏煤化工产业发展有可靠的资源保障。2008 年前，宁夏煤化工产业主要以传统煤化工产品如化肥、PVC、电石、焦炭为主⁶¹。2008 年宁夏出台《宁夏煤化工产业集群发展规划（2008-2012）》，指出将新型煤化工作为宁夏工业发展的新的最大经济增长点。该规划制定了宁夏发展煤化工的时间节点和方向，即自 2008 年到 2012 年，逐步按顺序发展甲醇、PVC、二甲醚和合成氨、烯烃、煤炭间接液化等产业。规划还提出建立宁东能源化工基地、吴忠太阳山煤化工基地、石嘴山煤化工基地、中卫煤化工基地 4 个产业集群，根据资源禀赋及技术优势发展不同煤化工产业链方向。

宁夏在《宁夏回族自治区国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》中，进一步提出重点加快煤制烯烃、煤制油、煤制气等煤化工项目建设，到 2015 年煤化工产能达到 1000 万吨以上。推进宁东煤化工产业向高端、高技术、高附加值方向发展，把煤化工产业建设成为自治区装备最先进、经济总量最大、贡献最大的产业。煤化工生产用水量巨大，将给宁夏水资源带来更大的压力。

宁夏煤炭产业发展与水压力

煤炭上下游产业均属高耗水行业。截至 2012 年底，宁夏境内共有 90 座 6000 千瓦以上的电厂，从装机容量来看 82.8% 为煤电厂，风电占 11.2%，其它发电方式（如光伏发电、水电、太阳能发电、垃圾焚烧发电）占 6%。图 11 表示宁夏各地级市的基准水压力和电厂分布，其中：采用不同颜色的圆点代表不同类型的电厂，圆点的大小代表电厂的装机容量；采用从黄到红的颜色表示不同的水压力级别，颜色越深则表示该地区水压力越大。91.5% 的煤电装机容量都分布在水资源极度匮乏的地区。

图 11 | 宁夏地级市基准水压力和煤电厂分布



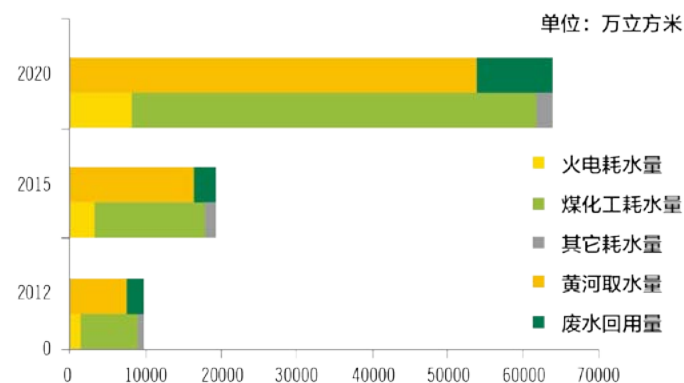
来源：1.世界资源研究所 Aqeduct；2.《2011 电力工业统计资料汇编》

虽然在宁夏能源发展规划和宁东能源化工基地发展规划中均要求建设空冷机组，而且根据世界资源研究所的分析结果，目前空冷机组占宁夏火力发电总装机容量的 62.8%；但是以宁东能源化工基地为例，到 2015 年和 2020 年，基地火电规模将分别增长至 2010 年水平（6000 兆瓦）的 1.9 倍和 2.9 倍，而火电用水量将分别增长至 2010 年的 1.5 倍和 2.0 倍。可见火电规模的迅速扩大，将给宁夏水资源开发利用带来更大的风险⁶²。

除了火电发展，宁夏于“十二五”能源发展规划中提出建立煤化工产业基地，发展煤制油、煤制烯烃等现代煤化工产业，将带来用水量的激增。随着煤化工产能规模不断扩大，水资源需求将显著增长。到 2015 年和 2020 年，该基地煤化工用水量将分别达到 13045 和 17659 万立方米，分别是 2011 年煤化工用水量的 3.1 倍和 4.3 倍⁶³。图 12 表示了宁东能源化工基地需水和水资源供应的变化趋势。宁东能源化工基地产能扩张对用水需求的增长将通过黄河取水和再生水回用来满足。

值得注意的是，目前有关宁夏煤炭开采和煤化工的发展情况，特别是耗水方面的信息和研究非常有限。而鉴于煤炭开采和煤化工对水资源的消耗十分可观，应当在今后的工作中开展专项研究。

图 12 | 宁东能源化工基地供水及水资源利用情况
(2012-2020)



来源：《宁东能源化工基地发展及水资源利用情况》

宁夏煤炭产业发展中的水管理

为了约束大型煤电基地发展对水资源的过度使用，确保水资源的合理和可持续开发，2013 年 12 月，水利部发布《关于做好大型煤电基地开发规划水资源论证的意见》（以下简称“意见”），要求大型煤电基地建设需贯彻执行最严格水资源管理制度，煤电

规划水资源论证应与煤电基地专项规划编制工作同步开展，“量水而行”确定项目布局与规模。该意见规定取用水量达到或超过控制指标的行政区，不得新增取水；省级水行政主管部门应制定用水量总量控制或压减方案，通过提高水资源利用效率、水权转换等措施内部挖潜，解决煤电基地建设所需水源。此外，该意见还提出了《大型煤电基地开发规划水资源论证技术要求（试行）》供煤电基地编制水资源论证报告时参考。

以宁东能源化工基地为例，从水量上来看，为了保证基地煤水联合、协调发展，基地于 2013 年 9 月完成水资源规划论证报告的编制工作，并于 2014 年 1 月经水利部审查通过，为基地项目立项提供了水资源来源建议⁶⁴。其中 2015 年和 2020 年宁东能源化工基地工业用水分别有 39% 和 84% 由黄河调水满足。

从水质上来看，宁东能源化工基地开展水务一体化整治方案，采取一系列行政和经济管理措施，激励企业节水，通过企业内部节水降低水耗，促进企业污水回用，要求企业实现污水“零”排放。基地于 2014 年开展环境保护后评估工作，以当年实现所有宁东废水不排入黄河流域为目标，制订更为严格的环境监管措施，包括企业环境能效后评估、零排放工程、煤化工企业环境考核、园区污水治理一体化等措施。这是全国首个大规模集中开展投产项目环境保护后评估工作的工业园区^{65 66}。

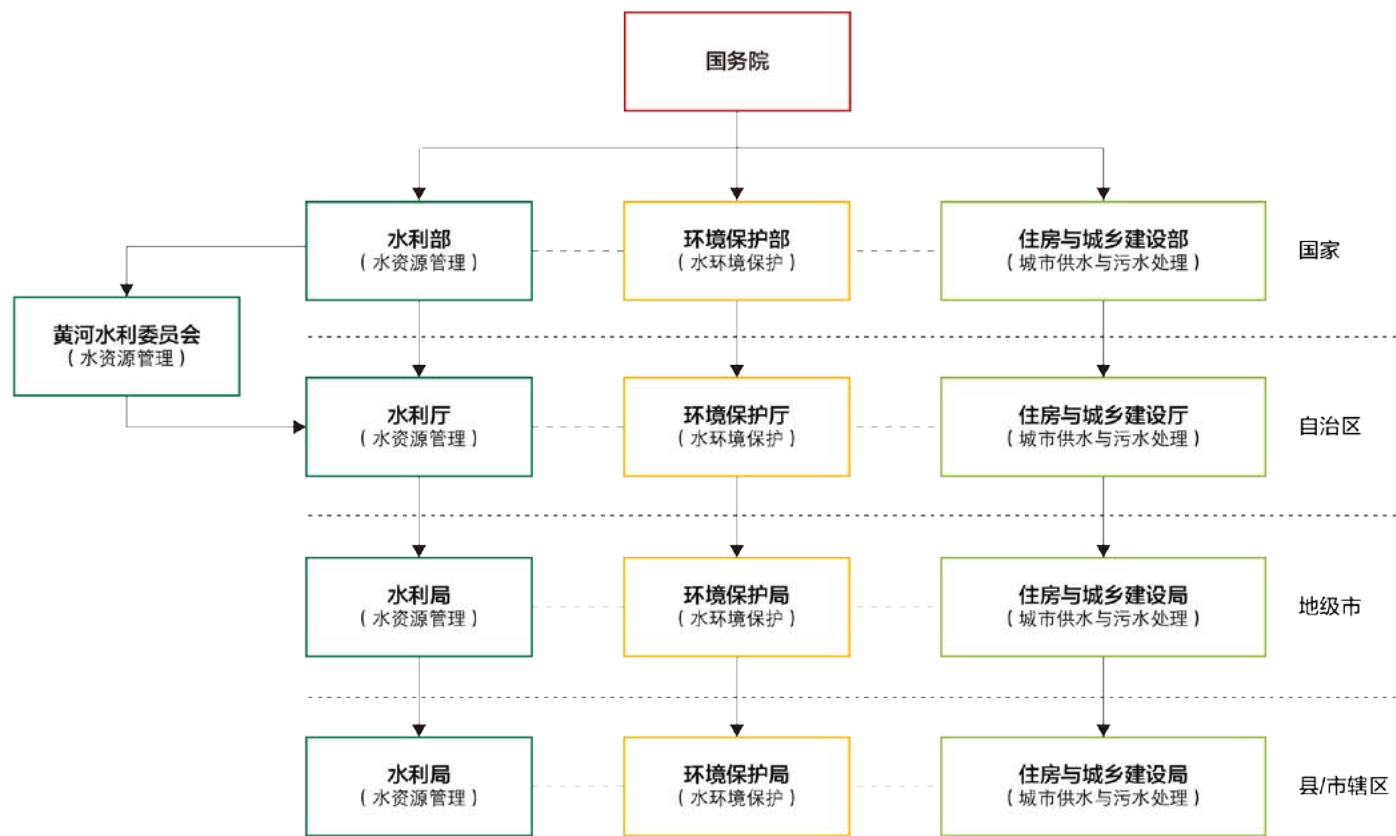
宁夏水资源管理

为了解决工业化、城镇化进程与水资源之间的矛盾，保持水资源的可持续利用，促进用水效率提高，宁夏政府出台了一系列政策措施和经济手段，对各行业用水进行管理。本章即对其中最为重要的节水、水权转换和水价等问题进行讨论。

水资源管理架构和主要职能

宁夏水资源的利用和保护，在横向上水资源、水环境和城市给排水分别由自治区水利厅、环境保护厅和住房和城乡建设厅进行管理，在纵向上，管理职能则从国家部委（包括水利部的流域管理机构黄河水利委员会）延伸到宁夏回族自治区，到地级市，再到县/市辖区，共划分为 4 级。各行政主管部门在同级人民政府的统领下，在职责范围内开展与水资源开发利用与保护相关的各项工作，其管理架构见图 13。

图 13 | 宁夏水管理架构



说明：图中用箭头方向表示各部门之间的隶属和层级关系。

就自治区政府相关部门职责而言，水利厅统领全区水资源开发利用，具体包括：拟定与水资源开发利用相关的规划、标准和规程规范；负责水资源的统一管理，统筹兼顾，保障生活、生产经营和生态环境用水；编制水资源保护规划，开展水资源保护工作；开展节水、防汛抗旱、水土保持和水文水质检测工作等⁶⁷。环境保护厅主要负责水环境保护、建设项目环境影响评价、排污许可证的审批监管，以及环境监测和环境执法。住房与城乡建设厅则主要负责城市供水及市政污水的处理与利用。

水利部黄河水利委员会为中央垂直的具有行政职能的事业单位，由于宁夏在取水用水上高度依赖黄河水，其水资源开发利用同时也受黄河水利委员会的管理。黄河水利委员会代表水利部行使水行政管理职责，又由于其具有流域管理的特殊性，因此除水利部门一般职责外，还负责拟定流域内省际水量分配方案和流域年度水资源调度计划，组织开展流域取水许可总量控制工作，组织实施流域取水许可和水资源论证等制度，以及处理省际水事纠纷⁶⁸。

节水管理

水资源匮乏、利用效率低是制约宁夏社会发展的重要瓶颈，尤其是近年来，随着城镇化、工业化进程的加快和人口数量的增长，水资源供需矛盾变得更为突出。2004年和2007年宁夏分别出台了《宁夏回族自治区人民政府关于印发宁夏节水型社会建设规划纲要（2004-2020年）》和《宁夏回族自治区节约用水条例》（2012年修订），从制度上规范节水管理，要求县级以上水行政主管部门制定节水规划、水资源综合规划和水量分配方案；并通过行业用水定额、取水许可证管理，用水超额加价、设定用水效率标准、推广节水技术和器具等方式厉行节水。

在农业节水管理方面，宁夏要求加快农业种植结构调整，从源头上节约农业灌溉用水，提高用水效率。从用水效率来看，2012年宁夏农业灌溉水有效利用系数达到0.45，比2010年增长了2个百分点⁶⁹。从用水总量来看，2000-2012年间，宁夏有效灌溉面积增长了23.6%，带动全区农业用水总量下降22.6%⁷⁰。

此外，宁夏还提出到“十二五”末将灌溉水有效利用系数提高到0.48的目标，并规划了更大面积的节水灌溉工程⁷¹。如果以2012年的农业用水为基准，当用水效率提高到0.48时，那么将可能带来1.9亿立方米/年的节水空间；而如果将农业用水效率进一步提高到全国平均水平的0.516，则节水空间将达到3.4亿立方米/年⁷²。

在工业节水管理方面，宁夏要求实施中水回用，强制企业首先从自身挖潜提供生产用水。自2004年宁夏开始节水型社会建设试点工作以来，宁夏万元国内生产总值用水量从1274立方米下降到298立方米（降幅达76.6%），万元工业增加值用水量从173立方米下降到55立方米（降幅达68.2%）⁷³。从用水总量来看，工业用水效率的提升缓解了工业特别是煤炭产业加速发展给宁夏带来的水压力。从总量来看，2012年宁夏工业取水量为4.873亿立方米，比2000年增长12.7%⁷⁴，而同期工业增加值达到860.6亿元（2010年不变价），比2000年翻了6倍⁷⁵。

水权转换

水权转换是指工业企业投资于黄河水利委员会确定的某一灌区内，通过农田节水改造，将灌区节约下来的用水指标转换到工业项目上，企业从而取得用水指标。实行水权转换的目的，一方面希望缓解工业用水难问题，另一方面是希望促进灌区农业向规模化、集约化方向发展⁷⁶。如前所述，宁夏农业灌溉节水具有很大潜力，在水资源总量难以增加的情况下，宁夏期望通过水权转换调整用水结构、提高水资源配置效率和用水效率来解决工业发展用水问题。

目前，宁夏已经实现的转换水量主要通过干渠节水改造工程获得。由宁夏水利厅代表宁夏政府与工业企业签署水权转换合同，并监督水权转换项目的实施。转换水价根据节水项目成本和项目周期制定。随着干渠改造成本的提高和节水潜力的下降，转换水价呈现上升趋势。截至2013年6月，宁夏共有9个水权转换项目，转换水量约8800万立方米。

水权转换项目一方面在保持用水总量不变的情况下，帮助工业企业解决了用水难题，并用相对较少的水量撬动全区的发展⁷⁷；另一方面强制工业企业合理用水，限制了其对新鲜水资源的占用。严格的水权转换审批措施，极大地促进了工业企业在节水方面的技术改造与升级。在水权转换实施的10年期间，水洞沟电厂、鸳鸯湖电厂等企业相继实施节水改造工程，年节约水量为7000万立方米，对缓解宁夏当地水压力作用显著⁷⁸。

值得注意的是，宁夏已经建立了政府-企业间的水权转换平台，且目前农业节约的水量主要通过干渠节水获得了；下一步应该开展农户-企业、企业-企业间的水权交易平台建设⁷⁹、支渠

节水政策、技术的研究，以及相关配套资金的落实。

水价改革

1. 水资源费

宁夏是全国最晚开征水资源费的省级行政区之一。与其它地区相比，宁夏水资源收费标准较低。2012年宁夏工业用水通过城市供水管网取用地表水的收费标准仅是同为水资源匮乏而能源产业发展迅速的甘肃、陕西和山西的1/3、1/4和1/7；取用地下水收费标准为上述三省的2/3、1/3和1/10；通过自备取水工程取用地表水收费标准为上述三省的1/2、1/4和1/10⁸⁰。

由于收费标准过低，不能反映水资源稀缺特性，宁夏于2013年底对水资源费进行调整，并于2014年1月1日起实施。表1列举了宁夏不同用途用水的水资源费标准。虽然宁夏地表水水资源费平均征收标准提高至0.17元/立方米，地下水水资源费平均征收标准提高至0.41元/立方米⁸¹，但是比国家要求的到“十二五”末地表水和地下水水资源费平均标准分别达到0.30元/立方米和0.70元/立方米尚有较大差距⁸²。在此背景下，宁夏计划进一步调整水资源费，到2016年全区地表水、地下水水资源费征收标准将分别达到0.297元/立方米和0.717元/立方米⁸³。

2. 水价

农业水价

宁夏农业水价一直较低。2008年宁夏上调引黄灌区水利工程供水价格，其中农业灌溉用水（粮食作物、经济作物、林草地）水价约为0.0305元/立方米（其中，干渠水价为0.0250元/立方米，支渠水价为0.0055元/立方米），远低于全国0.0900元/立方米的平均水平。水价过低是宁夏进一步提高农业用水效率的主要阻碍因素之一。

工业和生活水价

与31个省会城市相比，2014年宁夏银川的工业水价（含污水处理费）为3.75元/立方米，位于全国第13位，处于中游水平；居民生活水价（含污水处理费）为2.50元/立方米，位于全国第20位，处于较低水平（见图14和图15）⁸⁴。

由此，水资源费和水价过低，不能充分反映宁夏水资源紧缺程度及影响水资源价值的自然、经济、社会和环境因素，不利于发挥价格杠杆的调节作用，从而制约了以水价促进各行业节约用水的效果。水价过低是宁夏进一步提高用水效率的主要阻碍因素之一。

表 1 | 宁夏水资源费计征标准

取水行 业	计量单位	地表水 (含水库、湖泊取水)	地下水（含地热水、矿泉水）		
			城镇供水管网覆盖区		城镇供水管网未覆盖区
城镇公共供水	生活用水	立方米	0.15	0.20	—
	工商业用水	立方米	0.15	0.30	
	特殊行业用水	立方米	1.00	2.00	
自备水源	生活用水	立方米	0.20	按当地自来水基 本水价分类计征	0.50
	工商业用水	立方米	0.20		0.60
	特殊行业用水	立方米	1.50		2.00
水力发电用水		千瓦时	0.003	—	
煤炭开采取排水		立方米	取水以实际取水量按相应工商业用水标准计征；疏干排水按 0.20 元 / 立方米计征，由企业回收利用的免征水资源费		
石油开采用水		立方米	以实际取水量按自备水源地下水工商业用水标准计征，含油污水由企业回收利用的免征水资源费。凿井过程耗用地下水，有计量设施的以实际耗水量按自备水源地下水工商业用水标准一次性征收水资源费，无计量实施的按井深 1 米耗水 1 立方米核定		
经营性水景观、水域旅游补水		立方米	按实际新鲜水补水量计征，取用地表水按 0.01 元 / 立方米计征；取用地下水按地下水工商业用水水资源费征收标准计征		
地源热泵用水		立方米	回灌部分按 0.10 元 / 立方米计征，未回灌部分按自备水源地下水分类标准计征		
城市建设施工降水排水		立方米	以实际排水量按 0.50 元 / 立方米计征		

说明：自 2014 年 1 月 1 日起实施
来源：宁夏物价局，<http://www.nxcpic.gov.cn/NewsInfoManageFPAction.do>

图 14 | 全国 31 个省会城市居民生活水价比较（2014 年）

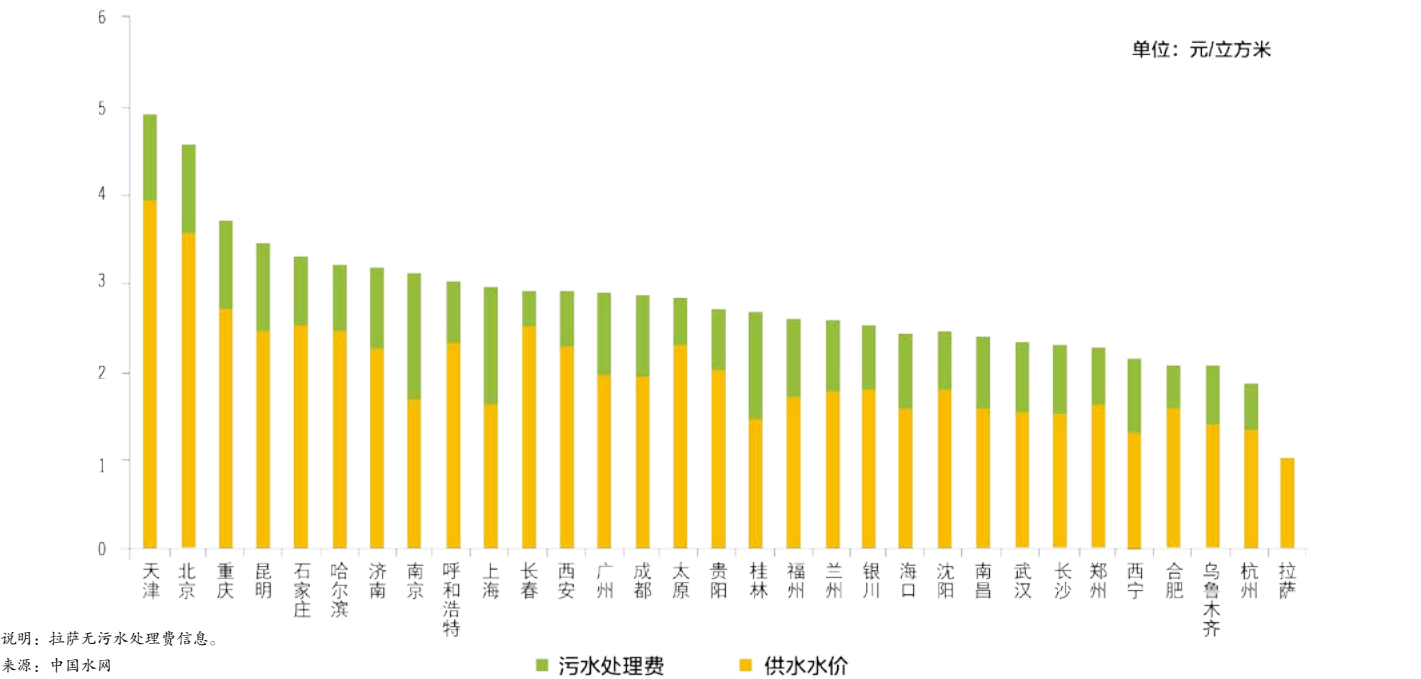
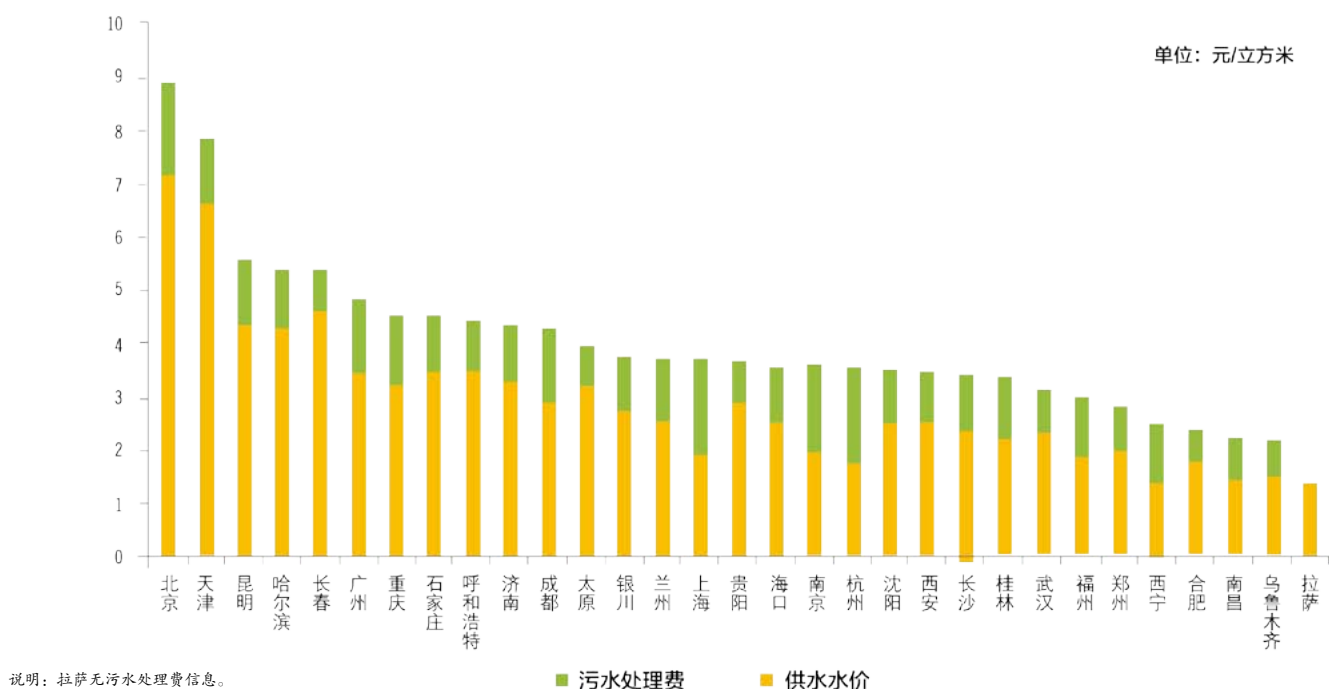


图 15 | 全国 31 个省会城市工业水价比较（2014 年）



生态补偿

由于历史与地理位置的原因，宁夏属于生态环境比较脆弱的地区，自治区政府在森林、草原和矿产资源方面实施了多样化的生态补偿项目。从矿产开发上看，宁夏政府于 1994 年开始征收矿产资源补偿费⁸⁵，并于 2002 年出台了补偿费用的使用和管理办法⁸⁶，规定矿产资源补偿费用于矿产资源勘查支出、矿产资源保护支出及矿产资源补偿费征收部门经费补助。在项目实施上，自 2010 年起宁夏设立矿山地质环境治理项目⁸⁷，仅 2010 年当年投资额即达到 11670 万元，是历史最多的一年，也是历年投资的总和。

虽然宁夏在矿产资源生态补偿方面开展了诸多有益尝试，但仍存在如下问题：目前的矿产资源补偿费并未将矿产资源开发对于生态环境破坏的补偿纳入考虑，涵盖范围较窄；支持生态补偿建设资金的财税体制尚不完善，关于矿产资源生态补偿的纵向转移支付体系，以及跨流域、跨行政区的横向转移支付体系缺位；矿产资源生态补偿相关政策和机制有待完善，权责界定较为模糊。

除了研究矿山资源开发生态补偿之外，宁夏在流域水环境保护的生态补偿方面仍然缺位。近年来，虽然宁夏在水源涵养建设方面付出了巨大努力，但目前还仅仅是下游地区享受到益处。由此，相关部委应研究建立跨流域生态补偿机制，统筹协调相关省份给予宁夏提供补偿。

结论和建议

1. 宁夏基准水压力较高，水资源开发现状不可持续，能源产业发展面临水资源约束

根据世界资源研究所“Aqueduct 水风险框架”，宁夏 70.0% 以上的地区都面临非常高的基准水压力问题。2012 年宁夏用水可持续性为 8.2，处于不可持续用水状态。从各个地级市的基准水压力来看，银川和石嘴山两个地级市由于水资源禀赋相对较弱，同时集中了宁夏大部分的经济产出和人口，用水强度和用水压力均很大，用水状况严重不可持续。

利用世界资源研究所“Aqueduct 基准水压力地图”分析宁夏现有火电厂布局发现，91.5% 的煤电装机容量都分布在水资源极度匮乏的地区。水资源匮乏有可能成为宁夏能源产业可持续发展及产业转型的限制性因素之一。

2. 宁夏应优先深入节水工作，尤其是提高农业用水效率

宁夏农业取水量常年保持在总取水量 90.0%，显著高于全国平均水平以及其它农业大省（如辽宁、山东、福建等）的农业用水占比；但是宁夏的农业用水效率较低，2012 年宁夏农业灌溉水利用系数为 0.45，低于全国平均水平，与宁夏提出到 2015 年和 2020 年农业灌溉水利用系数分别达到 0.48 和 0.53 的目标尚有

差距。通过政府支持、市场引导和农户参与等手段,加大节水工程建设、拓宽农业节水资金渠道、调整农作物结构,提高农业用水效率将是宁夏未来节水工作的优先领域和重点任务。

此外,宁夏还必须进一步加强工业节水和生活节水工作,推广节水器具和技术,提高工业和生活用水效率。

3. 宁夏应将水资源作为限制性因素纳入能源\煤炭产业发展规划,促进能源\煤炭产业和水资源的可持续开发利用

作为高耗水行业,煤炭上下游产业的迅速发展将加重宁夏经济社会发展所面临的水资源压力;而水资源匮乏同时也会限制宁夏煤炭产业的可持续发展。但宁夏现有政策框架对水资源和能源仍然以割裂的视角进行管理。在宁夏“十二五”能源发展规划中,没有将能源发展对水资源的需求和影响作为能源发展目标的重要约束性要素进行考虑。而宁夏水资源规划虽然对能源发展目标进行了预测,但其与能源规划中所设定目标值存在较大差异⁸⁸。

加强促进能源和水资源管理部门之间的协调合作是推动宁夏水资源和能源可持续开发管理的重要保障。在制定行业发展规划和目标时,能源部门和水管理部门应进行充分沟通和讨论,将水资源作为限制性因素纳入能源\煤炭产业发展规划,促进能源\煤炭产业和水资源的可持续开发利用。

4. 宁夏应总结水权转换经验,推动水权交易机制的建立

自2003年开展试点至2013年6月,宁夏通过水权转换为工业企业转换水量约8800万立方米,解决了企业的用水难题,也在一定程度上弥补了农业节水灌溉改造的资金缺口。

十八大明确提出深化水权转换,探索水权交易。2014年7月,水利部要求宁夏作为7个试点省区之一开展引黄灌区农业用水以及当地地表水、地下水等的用水指标分解;在用水指标分解的基础上探索采取多种形式的确权登记⁸⁹。而自治区政府在《中共宁夏回族自治区委员会关于深化改革推动经济社会发展若干问题的决定》中也提出,在不影响农业用水的前提下建立水市场。

宁夏水权转换试点工作为进一步建立水权交易平台提供了重要的基础。考虑到企业—管理者(政府)间的转换平台在宁夏已经建立,下一步应对企业—农户、企业—企业间的水权转换进行研究和尝试。企业—农户间的水权转换将涉及田间节水、管理负责制,企业—企业间水权转换则涉及交易平台搭建和交易机制等问题。由此应投入基础研究与机制设计,建立支持田间节水、企业间交易的水权转换的相关机制、政策和管理体系。

5. 宁夏应加速水价改革,提高水资源费标准,利用经济杠杆促进节水

水资源费是促进水资源节约、保护水资源可持续发展的重要手段。与31个省会城市相比,2014年宁夏银川的工业水价(含污水处理费)为3.75元/立方米,位于全国第13位,处于中游水平;居民生活水价(含污水处理费)为2.50元/立方米,位于全国第20位,处于较低水平(宁夏居民生活用水成本占居民人均可支配收入的0.5%⁹⁰)。同时,2014年宁夏地表水和地下水的水资源费征收标准均分别达到国家规定“十二五”末期标准的59.0%,不能反映当地水资源的稀缺程度。水价调节杠杆的作用无法得到充分发挥,对鼓励企业进行节水管理和设备升级,减少新鲜水资源的用量不利。由此,宁夏应该研究进一步提高水资源费,并利用阶梯水价手段促进企业自发节水。

对于煤炭企业来说,宁夏应加快采矿排水水资源费的征收进程,促进矿山企业对采矿排水的回用,降低对新鲜水资源的消耗。在采矿排水水资源费的设定标准上,山西省制定的征收标准为1.2元/立方米,对于没有安装计量设施的企业按照3.0元/吨煤炭征收⁹¹;而宁夏于2014年1月1日开始实施的最新水价征收方案拟定对疏干排水仅按0.2元/立方米的标准计征⁹²,远远低于山西省的水平。

除了水资源费过低之外,水资源费的征收也存在一定缺口。目前宁夏部分企业尚存在没有安装计量设施的情况,对水资源费征收标准也存在落实不当的问题。应通过加大计量设施安装力度,监督计量设施运行情况和保证水资源费征收标准落实等措施,保证水资源费足额征收。

6. 宁夏应建设矿山开发生态补偿机制,尝试流域水环境生态补偿

自2005年以来国家每年都将生态补偿机制建设列为年度工作要点。“十二五”规划中,国家要求推行资源型企业可持续发展准备金制度,十八大则明确要求建立反映市场供求和资源稀缺程度、体现生态价值和代际补偿的资源有偿使用制度和生态补偿制度。宁夏也开展了矿山资源生态补偿方面的工作。2010年安排矿山治理投资资金11670万元,是历史上投资最多的一年⁹³,为矿产资源生态补偿机制提供了必要的资金支持。但是矿产资源开发生态补偿机制尚未建立,补偿资金来源渠道和补偿方式单一,对老矿山开发的历史问题治理滞后等问题,都阻碍了宁夏生态补偿工作的推进。

目前宁夏对矿山的环境治理,主要依靠中央财政的转移支付,以及向矿山企业征收矿山环境治理恢复保证金和生态恢复保证金。应研究多种经济手段,强制企业专款专用,对矿区生态环境和水资源进行保护,并对矿区废水、废气、废渣等污染物进行治理。

同时值得注意的是，矿山环境治理恢复保证金只适用于新建矿山企业，或矿山开发新产生的破坏，即仅针对矿山开发带来的“新账”，而对历史遗留的矿山环境治理“旧账”未加以考虑。对于宁夏来说，石嘴山等老工业区对当地煤炭、矿山资源的开发，在导致资源日益枯竭的同时也带来了严峻的经济发展和环境治理之间的矛盾，因此应加速对老工业区的搬迁、改造和治理。

除了研究矿山资源开发生态补偿之外，还应着手研究流域水环境保护的生态补偿尝试。近年来，虽然宁夏在水源涵养建设方面付出了巨大努力，但目前主要还是下游地区享受到益处。因此建议由国家相关部委研究建立跨流域生态补偿机制，统筹协调相关省份为宁夏提供补偿。

附录：世界资源研究所 Aqueduct 基准水压力介绍

方法学

世界资源研究所“Aqueduct 水风险框架”⁹⁴采用基准水压力这一指标作为评估区域水风险最重要的一个指标。当该比值高于 0.4 时，其水风险视为高；当该比值高于 0.8 时，视为极高水风险。基准水压力越大，说明用水竞争越大，风险越大。

为了分析宁夏的基准水压力，需要进行测算的基础指标包括径流量、用水耗水量、总水资源和可用水资源量。

1. 基准水压力

基准水压力是指一个地区的取水总量和可用水资源量之间的比例，计算公式为：

$$\text{基准水压力} = \frac{\text{取水总量}}{\text{可用水资源量}} = \frac{\text{农业取水量} + \text{工业取水量} + \text{生活取水量} + \text{其他取水量}}{\text{径流量} - \text{上游耗水量}}$$

2. 径流量测算

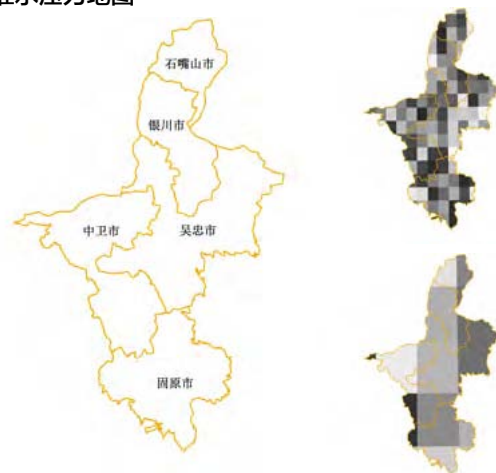
本研究利用“全球陆面数据同化系统第 2 版”（GLDAS-2）计算宁夏全区及其各地级市的径流量。GLDAS-2 可以提供精度分别为 1 度栅格⁹⁵和 0.25 度栅格的数据。当精度为 1 度时，可获得

1948-2010 年的数据；当精度为 0.25 度时，则仅提供 1948-1999 年的数据⁹⁶。GLDAS-2 使用 NOAH v.3.3 模型来模拟地表和地下径流。地表径流和子地表径流数据按照 30 弧秒进行重新取样，再乘以每个像素的面积，以获得该像素上的径流量。此外，本研究采用全球行政区域数据库（GADM v2.0）对省级和地区的边界进行数据采集。

附图 1 表示不同精度下，GLDAS-2 对宁夏地表径流的模拟情况。其中颜色越深表示地表径流量越少。如位于宁夏北部的石嘴山市是宁夏地表径流最少的地级市，2012 年地表径流量仅为全区地表径流总量的 11.9%。值得注意的是，由于精度更高，0.25 度栅格的数据可以更好地模拟空间径流分布，表现出更明显的径流分布空间特性。

附图 1 | GLDAS-2 中 1 度和 0.25 度精度下宁夏分区径流地图

宁夏基准水压力地图



来源：世界资源研究所 Aqueduct

3. 用水量的空间解析

本研究采用宁夏政府提供的 2011 年宁夏各区分行业（农业、工业和生活）取水和耗水数据，以及黄河水利委员会提供的黄河流域其它省份的分行业取水和耗水数据。其中农业取耗水量包括林业、畜牧业和渔业的取耗水。各行业的用水均包括了地表水和地下水的利用。

利用地理信息系统对各行业的用水进行空间解析发现：

- 农业取耗水量的解析：采用“设计灌溉面积 x 灌溉面积全球地图第五版（GMIA v5.0，Siebert et al. 2013）中实际灌溉面积占设计灌溉面积的比重”来表示 2005 年的有效灌溉面积（AAI）。农业取水和耗水量根据 AAI 的大小进行离散。

■ 工业和生活的取耗水量根据中科院 2000 年发布的工业、生活用水量栅格（精度为 1 公里）进行空间解析，结果与 2011 年黄河流域各省区（包括宁夏）的取水量官方数据具有较高的吻合度。

4. 总水资源量与可用水资源量

根据 Aqueduct Flow Accumulation Framework⁹⁷ 的流域空间分布进行对总水资源量和可用水资源量的测算。

总水资源量 (B_t) 为每个汇水区上游累积的径流，加上汇水区内的径流所得到的径流总量。可用水资源量 YB_aY 的处理类似于 B_t ，但是要减去从上游的消耗性用量，再加上本汇水区内的径流。此外， B_a 的计算考虑了跨流域调水量。调水量被计入上游汇水区的总耗水量，以及下游汇水区的径流量⁹⁸。

5. 计算结果校核

本研究对宁夏政府官方径流数据和美国国家航空航天局 (NASA) 卫星图片计算的径流数据进行了比较。

在对宁夏全区径流数据进行比较时发现，GLDAS-2 模拟数据和官方数据（年地表径流量）实现了较好的一致性，但是 1 度 GLDAS-2 的模拟结果在 2002 年出现异常值，显著高于官方数据。同时，1 度 GLDAS-2 的模拟结果略高于 0.25 度 GLDAS-2 的模拟结果。

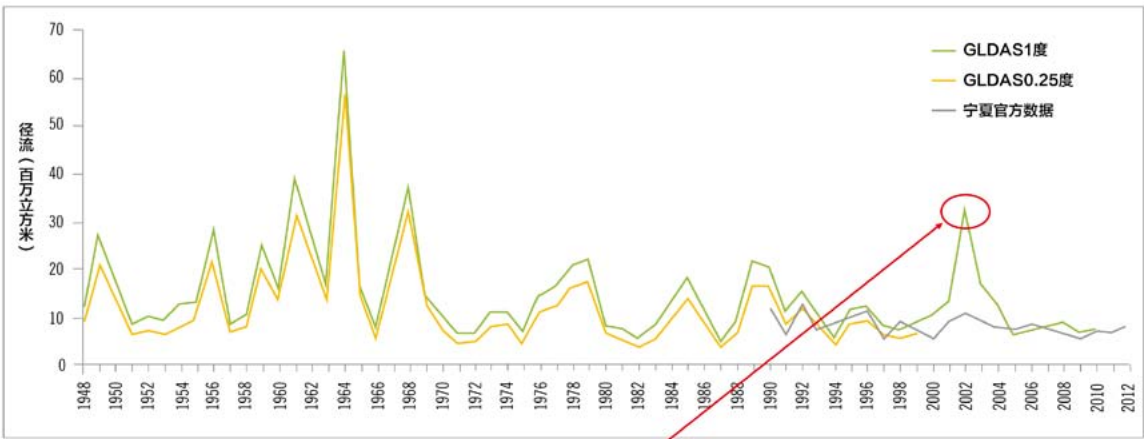
如前所述，0.25 度 GLDAS-2 比 1 度 GLDAS 具有更高的空间多样性，其模拟结果与官方数据仅相差 6%（1 度 GLDAS-2 与官方数据相差 26%），可以更为精确地模拟径流空间分布（见附图 2 和附表 1）。

附表 1 | 0.25 度 GLDAS-2、1 度 GLDAS-2、宁夏官方全区径流量比较（全区）

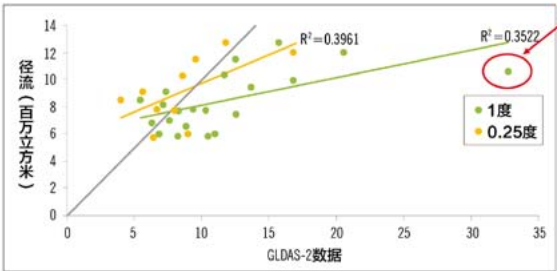
径流	差异
1° GLDAS - 0.25° GLDAS	14%
1° GLDAS—宁夏径流	37% (剔除异常值后为 26%)
0.25° GLDAS-- 宁夏径流	-6%

来源：世界资源研究所 Aqueduct

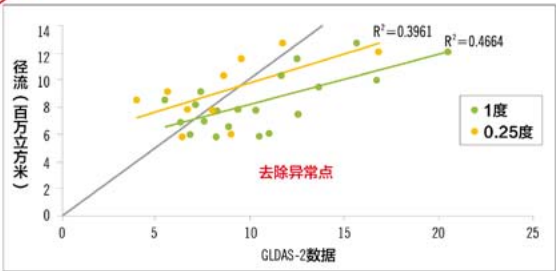
附图 2 | 0.25 度 GLDAS-2、1 度 GLDAS-2、宁夏官方径流量数据比较（全区）



(a) 不同数据源径流结果对比（1948–2012）



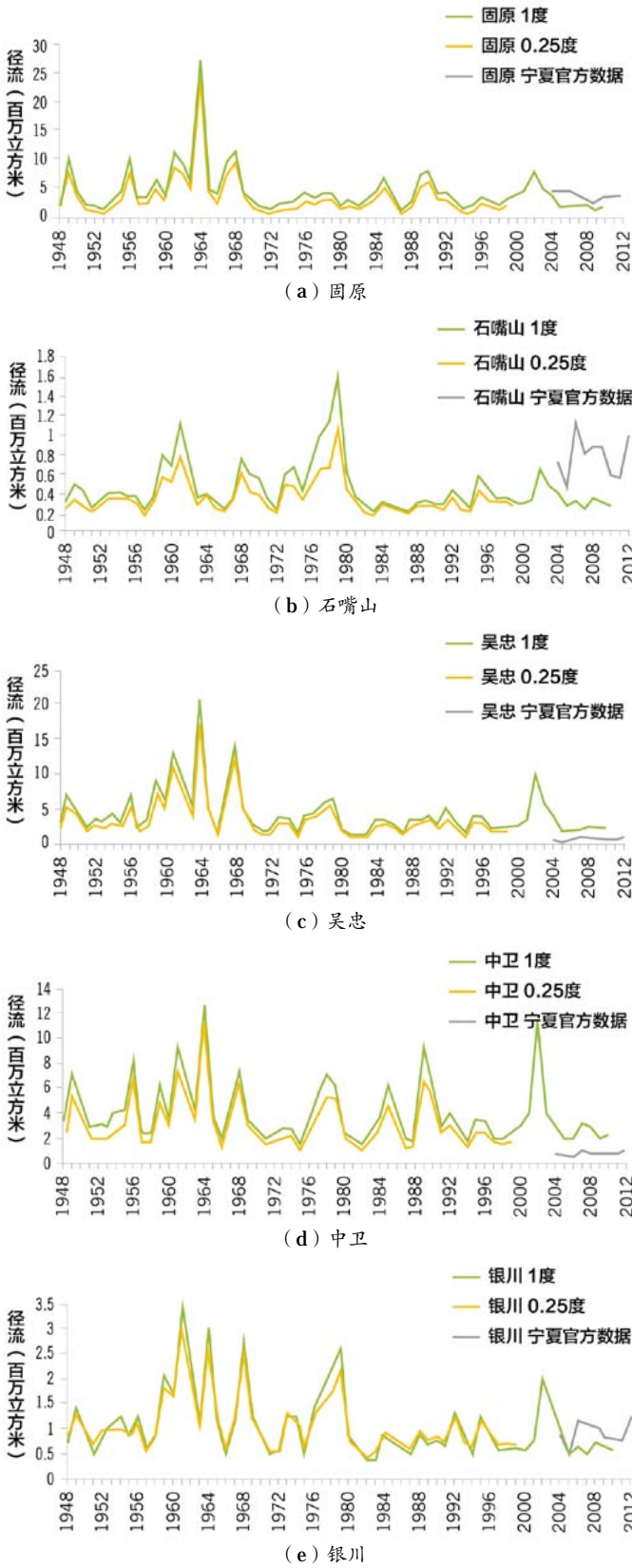
(b) 不同数据源模拟径流结果对比（1990–2010）



(c) 不同数据源模拟径流结果对比（1990–2010）（去除异常点）

说明：上图：宁夏径流 1 度 GLDAS 模拟、0.25 度 GLDAS 模拟、宁夏水资源公报统计数据比较。红色圈内的点代表异常值。
左下图：1 度 GLDAS 模拟与 0.25 度 GLDAS 模拟的趋势比较
右下图：去除异常点的 1 度 GLDAS 模拟与 0.25 度 GLDAS 模拟的趋势比较
绿色为 1 度 GLDAS 模拟值和趋势值；黄色为 0.25 度 GLDAS 模拟值和趋势值；灰色为等值线。
来源：世界资源研究所 Aqueduct。

附图 3 | 0.25 度 GLDAS-2、1 度 GLDAS-2、宁夏官方径流量结果比较（地级市）



在对宁夏地级市径流数据进行比较时发现，除银川市外⁹⁹，1 度 GLDAS 对各地级市径流量的计算结果与官方数据更为一致，银川市的官方数据要高于 1 度 GLDAS 的模拟结果（见附图 3）。由于径流在空间分布上的多样性和不确定性，宁夏全区径流总量的计算结果与宁夏官方全区径流数据的匹配度，要好于宁夏各地级市径流量的计算结果与宁夏官方各地级市径流数据的匹配度。

由于除宁夏官方取水数据外，无法获取其他来源的取水数据，本研究没有对宁夏取水数据进行模拟和校核。

数据来源

世界资源研究所 Aqueduct 全球基准水压力地图¹⁰⁰ 数据来源于全球公开数据¹⁰¹；宁夏基准水压力地图则采用宁夏相关部门提供的数据（见附表 2）。

附表 2 | 0.25 度 GLDAS-2、1 度 GLDAS-2、宁夏官方径流量数据比较（地级市）

计算指标	数据来源	年限	尺度	链接
Aqueduct 全球基准水压力地图				
取水量	联合国粮食与农业组织（FAO）AQUASTAT	2010	国家	http://www.fao.org/nr/water/aquastat/dbase/index.stm
消耗性用水量	21 世纪初世界水资源数据，国际水文学系列，剑桥大学出版社	2010	大区	-
径流	美国国家航空航天局（NASA）全球陆面数据同化系统第 2 版（GLDAS-2）	1950-2010	1 度栅格	http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/hydrology/data-holdings
宁夏基准水压力地图				
取水量	宁夏水资源公报	2011	地区	http://www.nxsl.gov.cn/sltweb/list.action?channelId=74
消耗性用水量	宁夏水资源公报	2011	地区	http://www.nxsl.gov.cn/sltweb/list.action?channelId=74
径流	美国国家航空航天局（NASA）全球陆面数据同化系统第 2 版（GLDAS-2）	1950-2010	1 度栅格	http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/hydrology/data-holdings

Aqueduct 全球模型对于宁夏的适用性

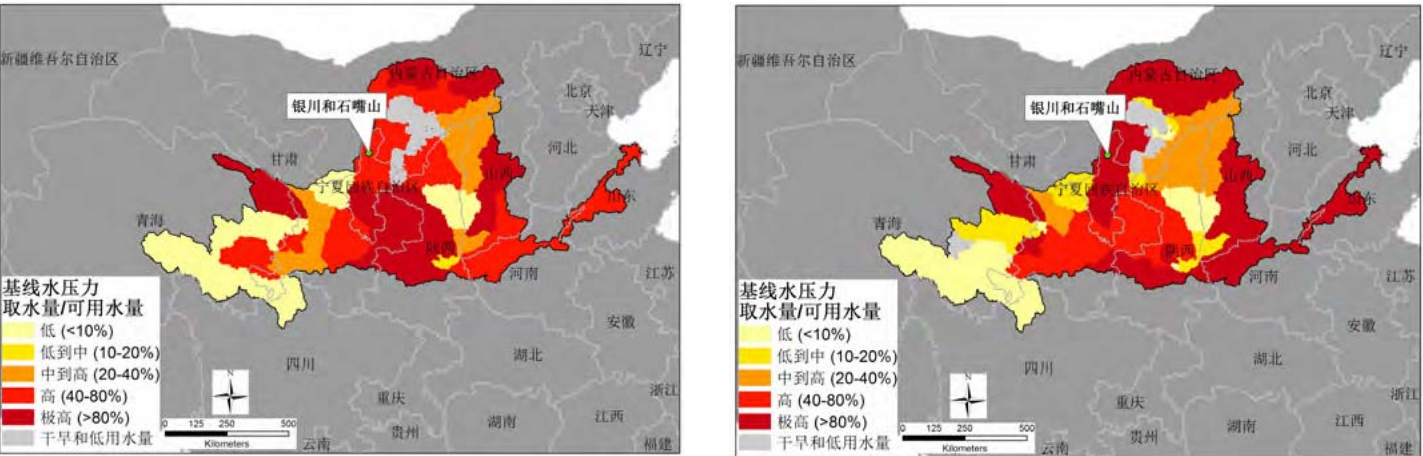
利用全球模型分析评估省份基准水压力既有挑战也有机遇。附图 4 对采用不同数据源(即 Aqueduct 全球数据和宁夏官方数据)所制作的黄河流域基准水压力地图进行比较。

在对 Aqueduct 全球基准水压力地图和宁夏基准水压力地图的计算结果进行比较时需要注意的是,二者采用了不同的数据源,在空间解析时也采用了不同的参照系。同时,在宁夏基准水压力地图中还考虑了调水的影响,而 Aqueduct 全球基准水压力地图则没有对调水进行考虑。附表 3 对二者所采用的方法学和数据进行了比较。

采用分区地级市数据代替全球数据,将调水纳入模型计算提高了 Aqueduct 全球模型的精度。例如,宁夏水安全地图显示银川和石嘴山是宁夏水资源压力最高的地区,这与实地调研获得的信息一致。但是, Aqueduct 全球水安全地图与宁夏水安全地图在不同地区水压力的级别上给出的结果不完全相同。Aqueduct 全球水安全地图的优势之一是数据可获取性更高,具有地域普遍适用性,可以对全球各地区进行横向比较;而如果采用区域模型,则由于具备区域性特点,很难对不同区域进行横向比较。

综上所述,由于全球模型分辨率(像素相对于流域面积的大小)相对较低,所以在此基础上得出的计算精度要低于经过区域数据校核的区域模型。因此,在下一步的工作中,有必要采用区域数据和符合区域自然禀赋、社会经济发展特性的区域模型,对当地水资源压力进行进一步的测算,为区域经济社会发展提出更为精确的决策依据。

附图 4 | 不同数据源下的黄河流域水压力地图



(a) 全球水风险数据源下绘制的黄河流域基准水压力 (b) 宁夏数据与黄河流域数据源下的黄河流域基准水压力

附表 3 | 世界资源研究所 Aqueduct 全球水压力地图和宁夏水压力地图方法学和数据来源比较

地图	研究方法	数据
Aqueduct 全球水压力地图	空间离散: 采用工业夜间亮灯率和人口密度分别对工业和生活用水进行离散。 可利用水资源量: 不包括跨流域调水。	采用 2010 年取水数据
宁夏水压力地图	空间离散: 采用中科院工业用水和生活用水的 1 公里栅格数据进行离散。 基于中科院对工业和家庭用水的研究标准, 使用 1km 栅格代表水的使用。 可利用水资源量: 包括跨流域调水。	采用 2011 年取水数据

注释

¹ 数据来源为《宁夏水资源情况》，宁夏水利厅。

² 数据来源为《宁夏回族自治区水资源公报（2013）》，宁夏水利厅。

³ 数据来源为《中国水资源公报（2013）》，水利部。

⁴ 数据来源为《宁夏回族自治区水资源公报（2012）》，宁夏水利厅。

⁵ 数据来源为《中国水资源公报（2012）》，水利部。

⁶ 按照国际公认的标准，人均水资源低于 3000 立方米为轻度缺水；低于 2000 立方米为中度缺水；低于 1000 立方米为重度缺水；低于 500 立方米为极度缺水。资料来源：http://amuseum.cdstm.cn/AMuseum/diqiuziyuan/wr0_4.html

⁷ 宁夏引黄灌区包括：青铜峡市、永宁县、银川市、贺兰县、平罗县、惠农区、石嘴山市及中卫市、中宁县、吴忠市、灵武市等 4 个县（市）的引黄灌溉部分，计 11 个县（市）和 20 多个国营农、林、牧场。

⁸ 数据来源为《宁夏回族自治区水资源公报（2012）》，宁夏水利厅。

⁹ 灌溉水利用系数是指在一次灌水期间被农作物利用的净水量与水源渠首处总引进水量的比值。它是衡量灌区从水源引水到田间作用吸收利用水的过程中水利用程度的一个重要指标。

¹⁰ 王景山等（2014），宁夏现状灌溉水利用系数研究，《人民黄河》Vol.36 No.2，201402

¹¹ 根据《全国生态脆弱区保护规划纲要》，生态脆弱区指两种不同类型生态系统交界过渡区域。生态脆弱区具有抗干扰能力弱，对全球气候变化敏感，时空波动性强，边缘效应显著，环境异质性强等特点。

¹² 梁旭、冯建民等：宁夏干旱气候变化及其成因研究 [J]. 干旱区资源与环境，2007,21(8)：p68-p74

¹³ http://nx.cnr.cn/xwzx/xw/201201/t20120111_509042727.shtml

¹⁴ 根据《宁夏能源发展“十二五”规划》，2010 年宁夏全区新能源和天然气在能源消费总量中占比分别为 2.5% 和 4.5%，而煤炭在能源消费总量中占比为 85%。

¹⁵ <http://www.nxnews.net/sz/system/2014/05/13/011018987.shtml>

¹⁶ 数据来源为《宁夏回族自治区 2012 年国民经济和社会发展统计公报》，宁夏统计局。

¹⁷ 根据历年《中华人民共和国国民经济和社会发展统计公报》测算，2012 年宁夏万元国内生产总值能耗为 3.280 吨标准煤 / 万元，是同

期全国平均水平的 3.4 倍。

¹⁸ 数据来源为《宁夏回族自治区能源发展“十二五”规划》，宁夏回族自治区政府。

¹⁹ 基准水压力是用来衡量一个地区的用水竞争程度和用水可持续性。该指标通过一个地区的取水总量与可用水资源量之间的比值来表征。

²⁰ 数据来源为《宁夏水资源综合规划》，宁夏水利厅。

²¹ 数据来源为《宁夏水资源基本情况》，宁夏水利厅。

²² 数据来源为《宁夏水资源基本情况》，宁夏水利厅。

²³ 数据来源为《宁夏降水量变化趋势分析》，宁夏气象科学研究所。

²⁴ 数据来源为《宁夏气候变化》，宁夏气象局。

²⁵ 数据来源为《2012 宁夏回族自治区水资源公报（2012）》，宁夏水利厅。

²⁶ 数据来源为《宁夏水资源基本情况》，宁夏水利厅。

²⁷ 北京师范大学（2012），宁夏东南部地区苦咸水特性、分布及其利用对策。

²⁸ 数据来源为《宁夏水资源基本情况》，宁夏水利厅。

²⁹ 水利部黄河水利委员会：南水北调西线工程规划简介 [J]. 中国水利，2003

³⁰ 数据来源为《宁夏回族自治区水资源公报（2012）》，宁夏水利厅。

³¹ 按照联合国提出的用水可持续性指标是指取水量与本地地表水资源量的比值，当比值大于 1 的时候，表示该区域的用水超出了自然补给的能力，即处于不可持续的用水形态。

³² 根据宁夏各地级市 2012 年水资源总量和常住人口数计算。

³³ 於凡、张光辉、柳玉梅：全球气候变化对黄河流域水资源影响分析 [J]. 水文，2008(5)

³⁴ 数据来源为《宁夏回族自治区水资源公报（2012）》，宁夏水利厅。

³⁵ 数据来源为《宁夏回族自治区“十一五”国民经济和社会发展规划纲要》，宁夏回族自治区政府。

³⁶ 数据来源为《宁夏回族自治区“十二五”国民经济和社会发展规划纲要》，宁夏回族自治区政府。

³⁷ 数据来源为《宁夏回族自治区水资源公报（2012）》，宁夏水利厅。

- ³⁸ 《国务院办公厅关于印发实行最严格水资源管理制度考核办法的通知》，国办发〔2013〕2号
- ³⁹ 数据来源为《宁夏回族自治区能源发展“十二五”规划》，宁夏回族自治区政府。
- ⁴⁰ 数据来源为历年《宁夏统计年鉴》。
- ⁴¹ 数据来源为《宁夏回族自治区2012年国民经济和社会发展统计公报》，宁夏统计局。
- ⁴² 数据来源为《宁夏回族自治区水资源公报(2012)》，宁夏水利厅。
- ⁴³ 王景山、党素珍等. 宁夏现状灌溉水利用系数研究[J]. 人民黄河, 2014,36(2)
- ⁴⁴ 节水灌溉产业技术创新战略联盟成立, http://www.chinawater.com.cn/newscenter/slyw/201312/t20131217_293063.html
- ⁴⁵ 《宁夏回族自治区人民政府关于实行最严格水资源管理制度意见》，宁政发〔2012〕167号
- ⁴⁶ 孟砚岷. 宁夏高效节水灌溉显成效[N]. 中国水利报, 2014-1-14
- ⁴⁷ 数据来源为《宁夏回族自治区水资源公报(2012)》，宁夏水利厅。
- ⁴⁸ 数据来源为国家统计局网站。
- ⁴⁹ 数据来源为《中国城市建设统计年鉴(2012)》，中国计划出版社。
- ⁵⁰ 数据来源为《宁东基地发展及水资源利用情况》，宁东基地管委会环保局。
- ⁵¹ 数据来源为《宁夏回族自治区国民经济与社会发展第十二个五年规划规划纲要》，宁夏回族自治区政府。
- ⁵² <http://www.nxnews.net/sz/system/2014/05/13/011018987.shtml>
- ⁵³ 数据来源为《宁夏经济社会发展情况》，宁夏自治区发展和改革委员会。
- ⁵⁴ 数据来源为《宁夏回族自治区国民经济与社会发展第十二个五年规划规划纲要》，宁夏回族自治区政府。
- ⁵⁵ 数据来源为国家统计局网站。
- ⁵⁶ 数据来源为《宁东能源化工基地规划与建设纲要》，宁夏回族自治区政府。
- ⁵⁷ 数据来源为《中国电力统计年鉴》，中国电力出版社。
- ⁵⁸ 数据来源为《宁夏回族自治区能源发展“十二五”规划》，宁夏回族自治区政府。
- ⁵⁹ http://www.nx.xinhuanet.com/newscenter/2011-02/27/content_22154957.htm
- ⁶⁰ 数据来源为《宁夏回族自治区能源发展“十二五”规划》，宁夏回族自治区政府。
- ⁶¹ 数据来源为《宁夏回族自治区能源发展“十二五”规划》，宁夏回族自治区政府。
- ⁶² 数据来源为《宁夏回族自治区宁东能源化工基地开发总体规划(2006-2020年)》，宁东能源化工基地管理委员会。
- ⁶³ 张华, 包淑萍(2014), 浅析宁东能源化工基地水资源配置及用水解决途径, 中国水利 2014Vol.13
- ⁶⁴ <http://www.nxsl.gov.cn/sltweb/articleMsg.action?articleId=25853&channelId=11>
- ⁶⁵ 林夕. 宁东能源化工基地首开环保后评估先河[N]. 中国化工报. 2014-5-26
- ⁶⁶ 宁夏环保厅、宁东基地管委会对核心区电力、煤化工、石化、采煤和新材料五大行业的22个投产项目环保状况进行后评估, 将以项目环评批复和国家、地方最新污染物排放标准为依据, 弄清投产项目的排污状况, 定量评价建设项目环评审批与实际建设运行情况存在的差异, 重点分析在原环评文件中未发现或遗漏的环境问题, 提出解决方案和整改措施, 并为初始排污权核定和排污许可建立基础, 为项目的环保监管建立统一共用的基础条件。
- ⁶⁷ 宁夏回族自治区水利厅: <http://www.nxsl.gov.cn/sltweb/articleMsg.action?articleId=20580&channelId=31>
- ⁶⁸ 水利部黄河水利委员会·黄河网: http://www.yellowriver.gov.cn/zwzc/zjhw/znjg/201108/t20110810_26215.html
- ⁶⁹ 数据来源为《中国水资源公报(2012)》，水利部。
- ⁷⁰ 数据来源为国家统计局网站。
- ⁷¹ 数据来源为《宁夏回族自治区水资源公报(2012)》，宁夏水利厅。
- ⁷² 数据来源为国家统计局网站。
- ⁷³ 数据来源为《宁夏回族自治区水资源公报(2012)》，宁夏水利厅。
- ⁷⁴ 数据来源为《宁夏回族自治区水资源公报(2012)》，宁夏水利厅。
- ⁷⁵ 根据历年《宁夏统计年鉴》计算。
- ⁷⁶ 辛阳. 鄂尔多斯利用黄河水权置换, 工农双赢[N]. 人民日报, 2007-12-5
- ⁷⁷ CHEN Yongqi. Practice and Exploration on Water right Transfer in the Yellow River Basin and Its Development Direction in the Near Future [J]. Journal of Economics of

Water Resources , 2014,32 No.1

⁷⁸ 孟砚岷.“市场之手”的魅力——宁夏水权转换工作报道 [N]. 中国水利网, 2014-7-24 http://www.chinawater.com.cn/newscenter/df/nx/201407/t20140724_355285.html

⁷⁹ 2014 年 5 月水利部发布《关于开展水权试点工作的通知》，要求在包括宁夏、内蒙古、河南、甘肃、湖北、江西、广东在内的 7 省开展水权试点工作。其中，在宁夏实施水权确权，作为水权有偿转让工作的基础。

⁸⁰ 数据来源为《宁夏水资源费现状》，宁夏水利厅。

⁸¹ 数据来源为 <http://www.nxnews.net/sz/system/2013/12/17/010974608.shtml>

⁸² 《关于水资源费征收标准有关问题的通知》，发改价格 [2013]29 号

⁸³ <http://www.nxnews.net/sz/system/2013/12/17/010974608.shtml>

⁸⁴ 中国水网水价频道：<http://price.h2o-china.com/>

⁸⁵ 《宁夏回族自治区实施〈矿产资源补偿费征收管理规定〉办法》，宁政发 [1994]99 号

⁸⁶ 《宁夏回族自治区矿产资源补偿费使用管理办法》，宁夏财政厅、国土资源厅宁财（建）发 [2002]221 号

⁸⁷ 2010 年当年宁夏设立 6 个矿山环境治理项目：石嘴山惠农采煤沉陷区、银川市贺兰山东麓镇北堡砂石矿区、西吉县葫芦河采砂区、红寺堡海子塘砂石矿区、中卫永康镇杨家滩矿区、吴忠牛首山东麓砂石矿区。

⁸⁸ 以火力发电为例，《宁夏水资源综合规划》中假设到 2020 年宁夏火力发电装机容量达到 2548 万千瓦，而《宁夏“十二五”能源发展规划》中要求到 2015 年末宁夏火力发电装机容量达到 3000 万千瓦。

⁸⁹ 相关内容引自水利部《关于开展水权试点工作的通知》。

⁹⁰ 根据《宁夏回族自治区 2013 年国民经济和社会发展统计公报》和《宁夏城镇生活用水定额》（于《宁夏回族自治区相关行业用水定额的通知》（宁政办发 [2014]182 号）中发布）测算。

⁹¹ 相关内容引自山西省人民政府办公厅《关于地税部门代征采排水资源费的通知》（晋政办发 [2011]25 号）

⁹² 宁夏物价局，<http://www.nxcpic.gov.cn/NewsInfoManageFPAction.do>

⁹³ <http://www.nxggt.gov.cn/info/news/Content/7471.htm>

⁹⁴ Aqueduct 相关计算方法和数据来源见：Gassert, F., M. Luck, M. Landis,

P. Reig, and T. Shiao. 2013. “Aqueduct Global Maps 2.0.” Working Paper. Washington, DC: World Resources Institute. Available online at <http://wri.org/publication/aqueduct-global-maps-20>

⁹⁵ 栅格是指将地球表面划分为大小均匀、紧密相邻的网络阵列，每个网络作为一个像元或像素，有行号、列号定义，并包含一个代码表示该像素的属性类型或量值，或仅仅包含指向其属性记录的指针。1 度或者 0.25 度栅格指将地球表面分别按照 1 度或者 0.25 度的大小进行均匀划分。

⁹⁶ 目前 GLDAS-2.1 已经可以提供 2000 年至今的数据：<http://hydro1.sci.gsfc.nasa.gov/data/s4pa/GLDAS/README.GLDAS2.pdf>

⁹⁷ Gassert, F., M. Landis, M. Luck, P. Reig, and T. Shiao. 2013. Aqueduct Global Maps 2.0. Working Paper. Washington, DC: World Resources Institute. Available online at <http://www.wri.org/publication/aqueduct-metadata-global>

⁹⁸ Gassert, F., T. Shiao, and M. Luck. 2013. Colorado River Basin Study. Working Paper. Washington, DC: World Resources Institute. Available online at <http://www.wri.org/publication/aqueduct-metadata-colorado-river-basin>

⁹⁹ Runoff from the official record is described as the quantity of surface water resources. Official record states that the runoff records are measured by river gauges or estimated if there are water consumption and/or diversion upstream.

¹⁰⁰ <http://www.wri.org/our-work/project/aqueduct>

¹⁰¹ Gassert, F., M. Landis, M. Luck, P. Reig, and T. Shiao. 2013. Aqueduct Global Maps 2.0. Working Paper. Washington, DC: World Resources Institute. Available online at <http://www.wri.org/publication/aqueduct-metadata-global>

参考文献

1. CHEN Yongqi. Practice and Exploration on Water right Transfer in the Yellow River Basin and Its Development Direction in the Near Future [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2014,32 (1)
2. Gassert, F., M. Landis, M. Luck, P. Reig, and T. Shiao. Aqueduct Global Maps 2.0. Working Paper. Washington, DC: World Resources Institute. Available online at <http://www.wri.org/publication/aqueduct-metadata-global>
3. Gassert, F., T. Shiao, and M. Luck. Colorado River Basin Study. Working Paper. Washington, DC: World Resources Institute. 2013. Available online at <http://www.wri.org/publication/aqueduct-metadata-colorado-river-basin>
4. 梁旭、冯建民等. 宁夏干旱气候变化及其成因研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2007,21(8): p 68-p74
5. 林夕. 宁东能源化工基地首开环保后评估先河 [N]. 中国化工报, 2014-5-26
6. 孟砚岷. 宁夏高效节水灌溉显成效 [N]. 中国水利报, 2014-1-14
7. 孟砚岷. "市场之手"的魅力——宁夏水权转换工作报告 [N]. 中国水利网站, 2014-7-24. http://www.chinawater.com.cn/newscenter/df/nx/201407/t20140724_355285.html
8. 宁夏统计年鉴. 宁夏统计局. 中国统计出版社.
9. 水利部黄河水利委员会. 南水北调西线工程规划简介 [J]. 中国水利, 2003
10. 王景山、党素珍等. 宁夏现状灌溉水利用系数研究 [J]. 人民黄河, 2014,36(2)
11. 辛阳. 鄂尔多斯利用黄河水权置换, 工农双赢 [N]. 人民日报, 2007-12-5
12. 於凡、张光辉、柳玉梅. 全球气候变化对黄河流域水资源影响分析 [J]. 水文, 2008(5)
13. 中国城市建设统计年鉴 2012. 住房和城乡建设部. 中国计划出版社, 2013
14. 中国电力统计年鉴 2013. 中国电力出版社, 2015

关于作者

钟丽锦 博士 高级研究员，世界资源研究所中国水项目主任，
电子邮件：Lijin.zhong@wri.org，电话：+86 10 6416 5697 分机 55

付晓天 世界资源研究所中国水项目研究员，电子邮件：
Xiaotian.fu@wri.org，电话：+86 10 6416 5697 分机 59

箫心恬 Relations Responsible, Sustainability, Hennes & Mauritz (H&M)，
电子邮件：Tien.shiao@hm.com，电话：+86 21 2223 4735

罗天一 世界资源研究所水道项目研究员，电子邮件：Tianyi.
luo@wri.org，电话：+1 202 729 7792

温华 世界资源研究所研究员，电子邮件：hwen@wri.org，
电话：+1 202 729 7838

致谢

在此向为本工作论文提供支持和意见的机构和专家表示诚挚的感谢。感谢宁夏回族自治区人民政府研究室、宁夏回族自治区发展与改革委员会、宁夏回族自治区水利厅、宁夏回族自治区农牧厅、宁夏回族自治区气象局、宁夏回族自治区宁东能源化工基地管理委员会等各机构和专家对项目的支持。

感谢庄贵阳博士、韩国义博士、赵钟楠博士、李心悦等专家对本论文的中肯意见和指导。在本文编写过程中，世界资源研究所各位领导与同事也给予了大力支持，在此特别向世界资源研究所科学与研究副主席 Janet Ranganathan、中国区首席代表李来来博士、蒋小谦、宋苏、徐嘉忆、毛紫薇、王姣博士、王源对本论文内容提供的指导和建议。此外，感谢实习生魏祯、池明霞进行数据收集和分析工作；感谢实习生吴志轩、谢亮对论文的校对和编辑；感谢设计师余平对文字进行排版设计。

关于世界资源研究所

世界资源研究所是一家独立的非营利性全球研究机构。我们立足科学，致力于环境与可持续发展的研究，与各领域领导者密切合作，将研究成果转化为行动，从而维护构成经济机遇和人类发展根本基础的自然资源。世界资源研究所拥有超过 450 名专家和员工，工作覆盖 50 多个国家，在美国、中国、印度、巴西、印度尼西亚设立办公室。

解决紧迫的可持续性难题

正因为可持续发展对满足人类今天的需求和实现明天的愿望至关重要，世界资源研究所为保护地球，促进发展，促进社会公平提供锐意进取的解决方案。

制定切实战略迎接变革

为应对变革，世界资源研究所制定了切实可行的战略并辅以有效的实现工具，以此推动进步。我们促进政府转变工作方式、出台新的政策；企业改变经营方式、开发新的产品；人们改变行为模式、接受新的做法，并以此来衡量我们是否成功。

全球行动

今天人类面临的问题是无国界的，因此我们在全球开展行动。我们热心于沟通，是因为世界各地的人们都因思想得到启发，因知识获得力量，并因更深入的了解而产生改变。我们通过准确、公正、独立的工作为地球的可持续发展开拓创新之路。

WITH SUPPORT FROM:



Copyright 2015 World Resources Institute. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 License. To view a copy of the license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>