实施最严格水资源红线要求约束煤炭开发利用

执行摘要

中国水利水电科学研究院

中国煤炭消费总量控制方案和政策研究

实施最严格水资源红线要求
约束煤炭开发利用

执行摘要

（本报告属于课题组学术研究，不代表所在单位观点）

中国水利水电科学研究院

2014 年 12 月

煤炭总量控制的水资源协同效应研究

一、研究背景

中国的经济发展取得了举世瞩目的成就，2012 年中国已经成为世界第二大经济体。中国的能源开发和利用，尤其是以煤炭为主的能源供应，支撑了经济的高速发展，与此同时，中国也面临着严峻的资源及环境挑战。能源开发利用结构转型是使中国经济步入高效率、低污染、高产出的可持续发展之路的重要途径，而煤炭是能源转型的关键因素。实施煤炭消费总量控制是煤炭产业可持续发展的重要问题，必须建立和实施综合的、全方位的、纵深的煤炭消费总量控制的解决方案和实施手段。煤炭消费全过程与水资源紧密相关，水资源不仅受到煤炭消费全过程的显著影响，同时也是煤炭消费总量控制的重要制约因素。

因此，研究中国煤炭消费对水资源的影响机理及影响程度，以及区域煤炭消费总量规模在水资源强约束下的反馈响应，可以为制定国家及区域煤炭消费总量控制方案并评估其在水资源层面的成本和效益提供科学依据和技术支撑，具有十分重要的意义。本课题基于全国及部分重点煤炭基地，从煤炭消费的开采、运输、转化、利用等全过程出发，通过对取水、用水、排水等各个环节的研究，结合最严格水资源管理制度的要求，分析煤炭消费全过程对水资源的影响以及水资源对全国及区域煤炭开发利用的约束，同时对煤炭消费总量控制方案下的水资源协同效应给出定性描述与定量分析。

二、研究区域

在综合开采地质条件、主体采煤技术、实际灾害状况、市场供给能力和行政区划等因素考虑下，将全国煤炭生产及消费区域划分成晋陕宁蒙甘区、华东区、东北区、华南区和新青藏区等五大区域，如图 1。其中，晋陕蒙宁甘区包含山西、陕西、内蒙古、宁夏和甘肃五省区；华东区包含河北、山东、安徽、江苏、江西、福建和河南等七个产煤省，以及北京、天津、上海和浙江等四个非产煤省市；东北区包含辽宁、吉林、黑龙江三个省；华南区包含湖北、湖南、广西、云南、贵

州、四川和重庆等七个产煤省市，以及广东和海南等两个非产煤省；新青藏区包括新疆、青海和西藏三个省区。

根据《煤炭工业发展“十二五”规划》，“十二五”期间重点建设 14 个大型煤炭基地，包括晋东、晋中、晋北、陕北、黄陇、宁东、神东、蒙东、新疆、冀中、鲁西、河南、两淮和云贵，涉及 65 个地市，在我国煤炭开发利用中占有重要地位，如图 2。

课题主要基于全国五大煤炭生产及消费区域以及大型煤炭基地进行研究和分析。

图 1 全国五大煤炭生产及消费区域划分

图 2 全国大型煤炭基地分布

三、煤炭消费全过程对水资源的影响

1.煤炭资源与水资源分布特点

中国煤炭资源和水资源呈逆向分布特点。煤炭资源储量西多东少、北丰南贫，大型煤炭基地主要集中在北部和西南地区，如图 2。水资源分布则是南多北少，如图 3。北方地区水资源开发利用程度远高于南方，如图 4。

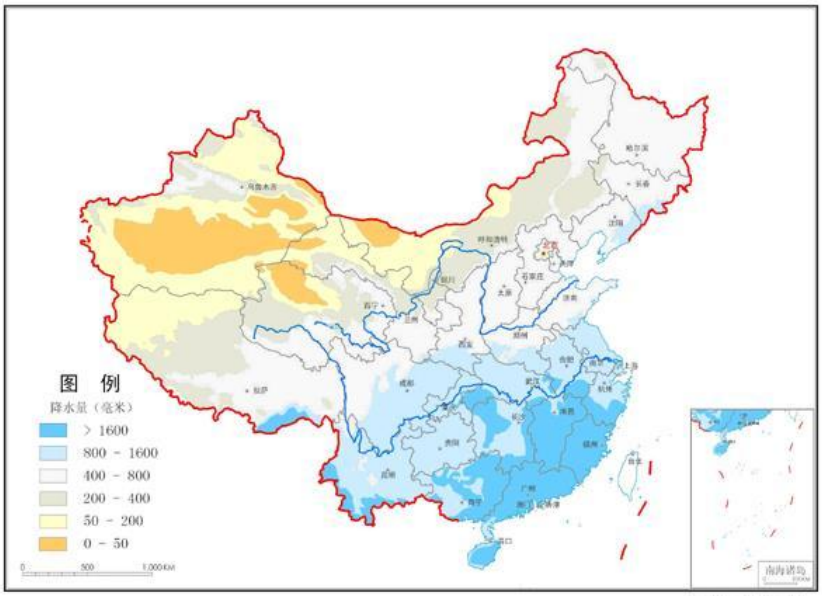

图 3 全国降水量分布情况

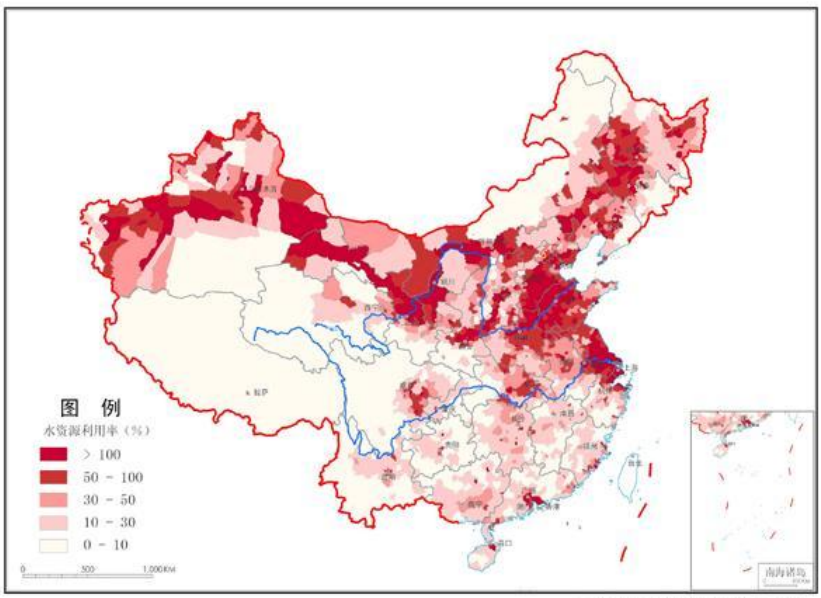

图 4 全国水资源开发利用情况

大部分重点煤炭基地处于水资源供需矛盾较为突出的地区，水资源已经对煤炭基地的生产建设产生了严重制约，如图 5。全国 14 个大型煤炭基地，除云贵基地、两准基地、蒙东基地水资源相对丰富外，其余基地都存在不同程度的缺水。其中，晋陕蒙宁甘等地区水资源供需矛盾十分突出，原煤产量超过全国总产量的 60%，而水资源占有量仅占全国总量的 4.8%；部分地区煤炭开采洗选用水量超过了区域工业用水总量的 50%，这对缺水地区水资源供需形势产生了较大的影响。煤炭转化利用相关的火电及煤化工等高耗水行业持续发展，其对水资源的需求难以满足，往往只能挤占生态环境用水，相应的取用排水过程也对区域水资源和水环境形势带来了严重挑战。

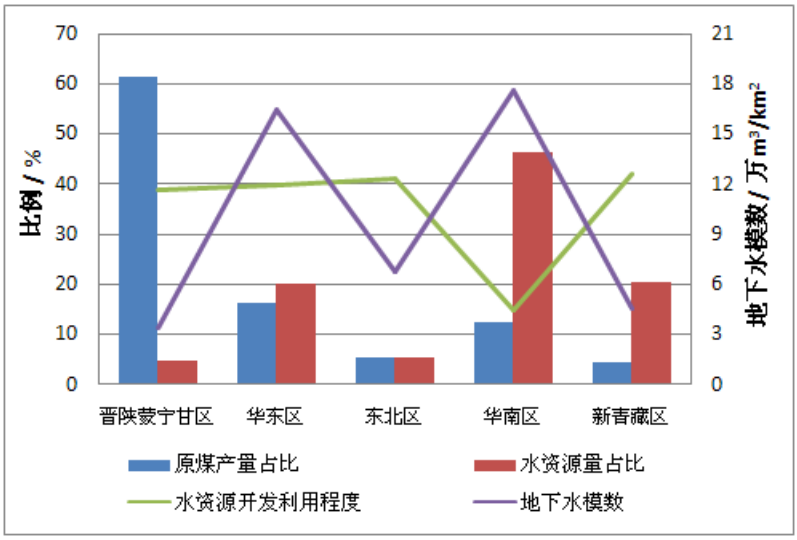

图 5 全国各区域原煤产量与水资源状况对比

2. 煤炭开采洗选及转化利用对水资源的影响

煤炭开采过程直接破坏了地下水含水层结构，改变了地下水含水层的补给、径流、排泄方式，影响了地下水含水层的水循环条件；同时，煤炭开采过程中在采空区上覆岩层及其周边区域形成了垮落带、断裂带和弯曲带，引起土地塌陷和土壤沙化，改变了区域下垫面条件，影响了地表水入渗、产流过程以及地表水与地下水的交换条件，从而对区域的水循环条件产生了重大影响。此外，不间断、大规模采煤引起的地面塌陷、地下水漏斗以及水污染等，对区域水资源造成极大的破坏。煤炭运输过程中，由于运输条件限制，煤炭飞扬造成周围环境的污染，同时也带来了地表水以及地下水环境的污染；煤炭开采及转化利用过程中的矿坑水以及废污水排放对区域水环境产生了严重影响，造成局部地区地表水与地下水

环境恶化。

据测算，2010 年全国矿坑涌水总量达到 61 亿 m^3，虽然只占全国地下水资源量的 0.7%，但是在局部地区，矿坑涌水量高达地下水利用量的 77.6%，影响了地下水的良性循环；另一方面，全国矿井水利用率尚不足 60%，矿井水利用量约为 36 亿 m^3，造成了地下水资源的流失和浪费，矿井水利用量和利用率最大的均为华北地区，如图 6。

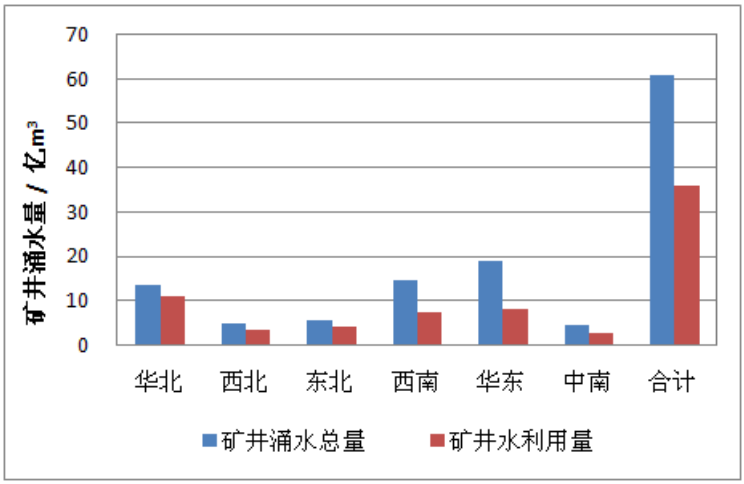

图 6 2010 年全国及各地区矿井涌水总量及利用量

在煤炭转化利用方面，煤炭消费下游产业链的不合理布局造成用水竞争加剧，使得缺水地区的水资源供需矛盾更加突出。煤炭消费下游产业链十分丰富，其规划布局和发展与水资源关系紧密。一方面，煤炭下游产业的发展需要水资源的支撑保障；另一方面，局部地区煤炭相关产业的快速发展超出了区域水资源承载能力，加剧了缺水地区的水资源供需矛盾。从全国来看，在煤炭生产和消费结构中占较大比例的相关行业，其在水消费以及工业废污水排放中也占有重要地位，煤炭消费相关产业链对区域水资源和水环境的影响巨大，特别是电力、热力的生产和供应业，石油加工、炼焦及核燃料加工业，黑色金属冶炼及压延加工业，煤炭开采和洗选业，非金属矿物制品业，化学原料及化学制品制造业等，如图 7。

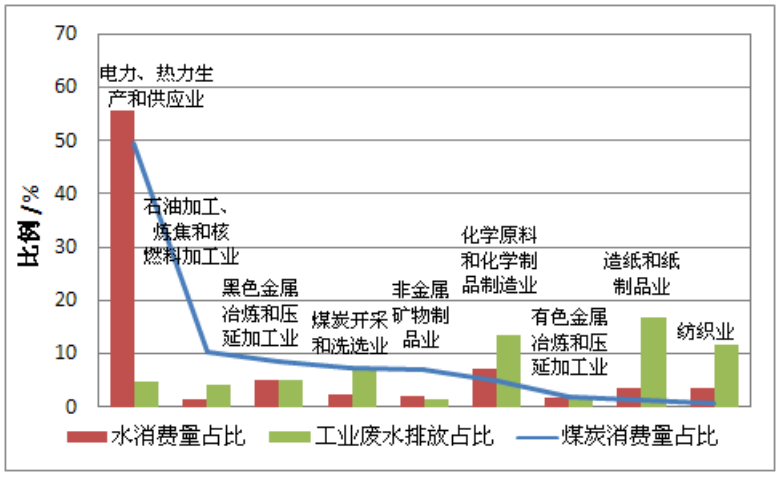

图 7 全国各行业煤炭消费量、水消费量及工业废水排放量占比

在煤炭储量丰富、产量较大的地区，煤炭生产和消费相关行业被视为区域支柱产业而加以大力扶持，煤炭消费下游产业链的发展规划容易忽视区域水资源承载能力的约束。而煤炭消费相关行业往往属于高耗水、高污染和高排放产业，在经济利益的驱使下，只能通过挤占生态环境需水满足其发展需求。这对当地的水资源和水环境状况无疑是雪上加霜，引起了水资源及生态环境恶化的连锁反应。

四、水资源对煤炭开发利用的约束

1. 当前水资源相关政策及整体形势

随着工业化、城镇化深入发展和全球气候变化影响，我国水资源、水生态、水环境面临更加严峻的形势。为此，2011 年，《中共中央国务院关于加快水利改革发展的决定》（中发[2011]1 号）做出了在我国“实行最严格的水资源管理制度”的决定，要确立水资源开发利用控制、用水效率控制和水功能区限制纳污“三条红线”。2012 年，《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》（国发[2012]3 号）又进一步对“三条红线”管理与保障措施提出了具体要求，正式确定了各规划水平年（2015、2020、2030）的全国用水总量、万元工业增加值用水量、农田灌溉水有效利用系数和水功能区水质达标率等四项具体控制指标。

2012 年，中共第十八次代表大会报告中指出，建设生态文明，是关系人民福祉、关乎民族未来的长远大计。面对资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势，必须树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念，把

生态文明建设放在突出地位，融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程，努力建设美丽中国，实现中华民族永续发展。

2014 年，习近平总书记提出了关于“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水思路，赋予了新时期治水的新内涵、新要求、新任务。水资源的合理开发、高效利用和节约保护被提升到了新的高度，以实现经济社会和资源环境的可持续发展，对当前水资源管理和保护具有重要意义。

全国各省区不同水平年用水总量控制指标变化如图 8 所示。分析可知，甘肃、安徽、广东等省区的 2020 年用水总量控制指标较 2015 年将有所下降，相关省市区在未来一段时间内的用水节水压力较大；其余大部分省市区的用水总量控制指标增量也极为有限，“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”是未来经济社会发展的必然要求。需要说明的是，上述用水总量中不仅包括工业用水，还包括生活用水、农业用水以及生态环境补水。因此，用水总量控制指标的实现不仅与煤炭开采洗选及转化利用等工业用水节水有关，还在很大程度上受到农业节水、生活用水等的影响。

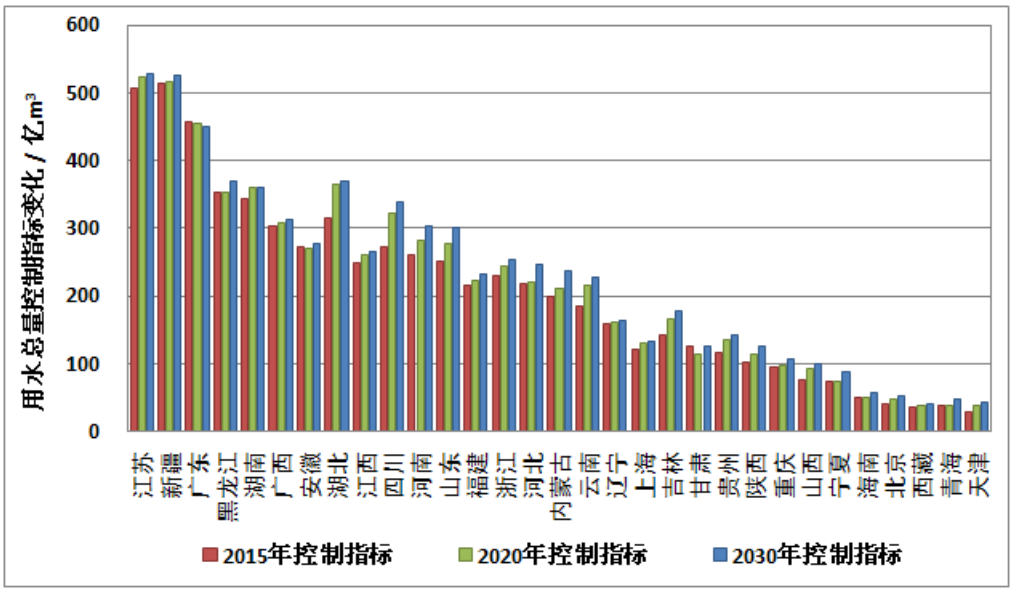

图 8 全国各省区用水总量余量及不同水平年控制指标变化

此外，在严峻的水资源形势下，基于水资源的合理产业规划受到越来越多的重视，特别是在水资源紧缺地区，为此水利部大力推进规划水资源论证。水利部于 2013 年开展了宁东煤电基地科学开发规划，西咸新区、贵安新区总体规划水资源论证，并印发了《关于做好大型煤电基地开发规划水资源论证工作的意见》，

明确了大型煤电基地规划水资源论证的相关管理要求和技术政策。

2. 煤炭消费的水资源红线

煤炭消费相关行业的用水总量控制红线指标测算，首先以全国用水总量和用水效率的约束指标为依据，测算了工业用水总量控制红线指标；然后基于现状统计数据以及工业用水总量控制红线，考虑不同行业节水潜力以及发展需求，在节水技术应用和行业合理布局的条件下，综合确定煤炭开采洗选和转化利用各部门在各水平年的用水总量约束，结果如图 9（2010 年为实际用水量）。本课题主要考虑的煤炭消费重点行业包括煤炭开采洗选业、钢铁、水泥、建筑、电力、焦炭、现代煤化工以及其他（主要是造纸和纺织业）等。

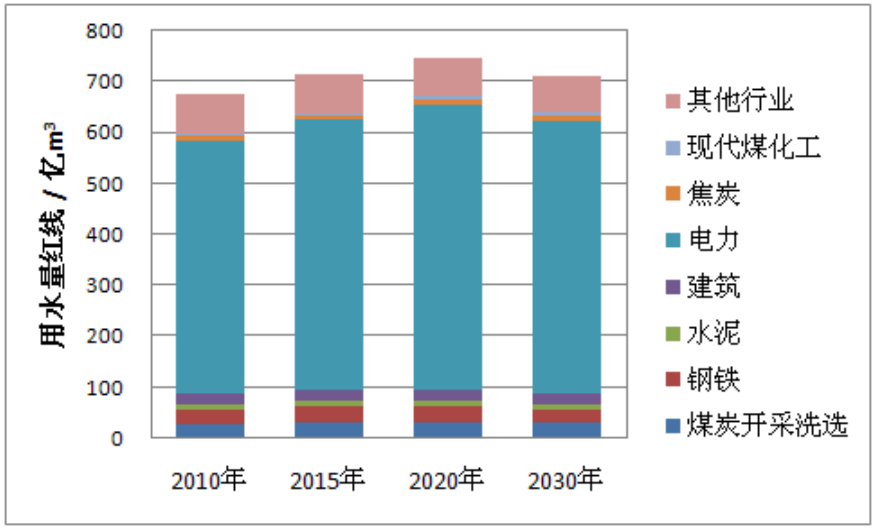

图 9 全国各水平年煤炭消费用水总量控制红线

可以看到，全国用水总量控制红线指标在 2015 年、2020 年和 2030 年逐步升高，反映出经济社会发展对于水资源的需求在不断增加。煤炭消费各部门用水总量控制红线近期内呈现出逐步升高趋势，预计于 2020 年达到峰值 746.98 亿 m^3，较 2010 年现状用水量增加了 69.66 亿 m^3，增长幅度为 10.3%，低于同期全国用水总量红线增幅 11.3%。在 2020 年之后，煤炭消费各部门用水总量控制红线基本呈下降趋势，一方面是由于行业发展速度的减缓，另一方面是节水水平不断提高的结果。

3. 水资源约束下的煤炭消费规模

考虑煤炭基地对国内煤炭生产和转化利用的重要影响，以及煤炭和水资源相关数据的可获取性，选取 14 个煤炭基地作为研究对象，依据煤炭基地所在省区及地市的“三条红线”指标，结合煤炭工业发展规划，分析测算各煤炭基地及相关地市的煤炭消费全过程用水量红线指标。将重点煤炭基地的 2015 年煤炭消费全过程用水总量红线测算结果和相应区域 2012 年煤炭相关行业用水总量相比较，如图 10。

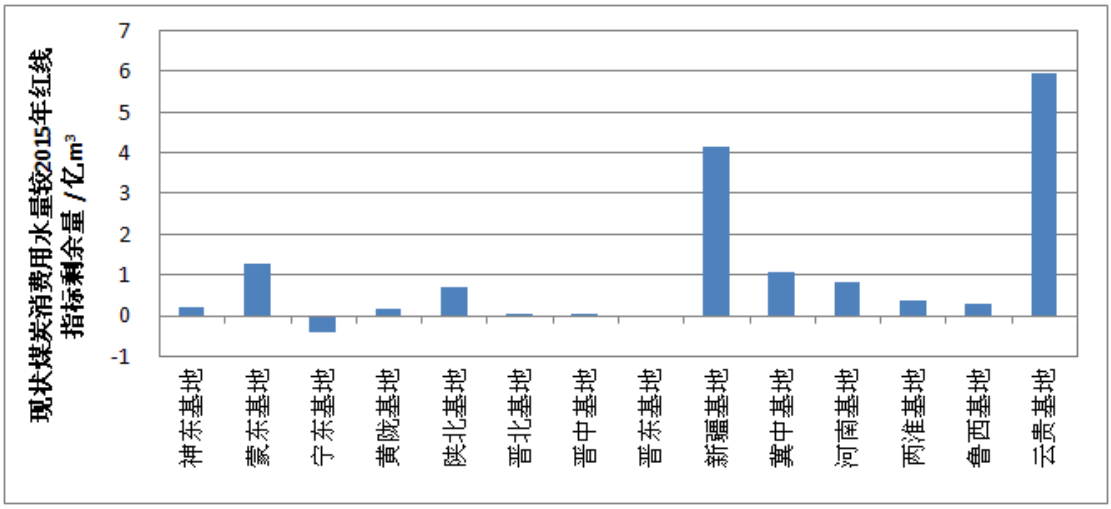

图 10 重点煤炭基地现状煤炭消费用水量较 2015 年红线指标剩余量

可以看到，宁东基地现状煤炭消费用水总量已经超过了 2015 年的红线指标，建议降低该地区煤炭消费相关产业的发展规模，以确保区域水资源的合理配置和优化利用；云贵基地的现状煤炭消费用水总量与红线指标相比有一定余量，可以在区域水资源承载能力的基础上合理布局煤炭相关产业；其他煤炭基地的现状煤炭消费用水总量与红线指标较为接近，建议维持或者适当缩减现有煤炭消费规模，以降低煤炭消费对区域水资源和生态环境的影响。

特别需要说明的是，图 10 中，新疆基地虽然在现状情况下整个区域煤炭消费用水总量较红线指标仍有余量，但该地区单位面积的水资源量是匮乏的。另外，在“十二五”期间局部地区已经规划并开展实施了大量煤化工项目，大大加剧了当地水资源供需矛盾，相关项目必须结合用水总量控制目标和区域资源环境承载能力进行严格的规划论证。

进一步分析煤炭基地各地市相关行业用水总量控制情况。首先收集整理煤炭主要相关行业现状发展规模（包括煤炭基地各地市煤炭开采规模，火力发电规

模，以及“十一五”及“十二五”期间规划和投产的主要煤化工项目及规模），在此基础上测算重点煤炭基地各地市 2015 年煤炭开采洗选、火电及煤化工需水总量，然后与煤炭基地各地市 2015 年工业用水总量控制红线相比较，提出水资源约束下的煤炭开采规模以及煤炭相关行业用水控制地区。结果表明，内蒙古、陕西、山西以及新疆等地区部分地市的 2015 年煤炭开采洗选、火电及煤化工需水总量超过了相应地区的工业用水总量控制红线，宁夏银川的煤炭主要行业需水总量也占到了工业用水总量的 90%以上。考虑到其他工业行业的需水以及工业用水结构优化调整等因素，局部地区煤炭消费需水已经给区域产业结构合理布局发展以及水资源可持续利用带来了严重的挑战。

五、煤炭总量控制和节水技术应用缺一不可

综合考虑煤炭的消费需求、资源约束以及环境约束等因素，“煤炭消费总量控制方案和政策研究”项目组经过整体协调，确定了煤炭消费总量控制的基准情景和煤控情景，其中基准情景未考虑采用煤炭总量控制措施，而煤控情景则是考虑煤炭总量控制措施后的各部门煤炭需求，如图 11。

可以看到近期煤炭消费总量预计仍将持续增加。随着国家能源结构转型以及清洁能源的发展，煤炭消费总量在经过一段时间的持续增加后将达到峰值，并在之后进入持续下降通道。

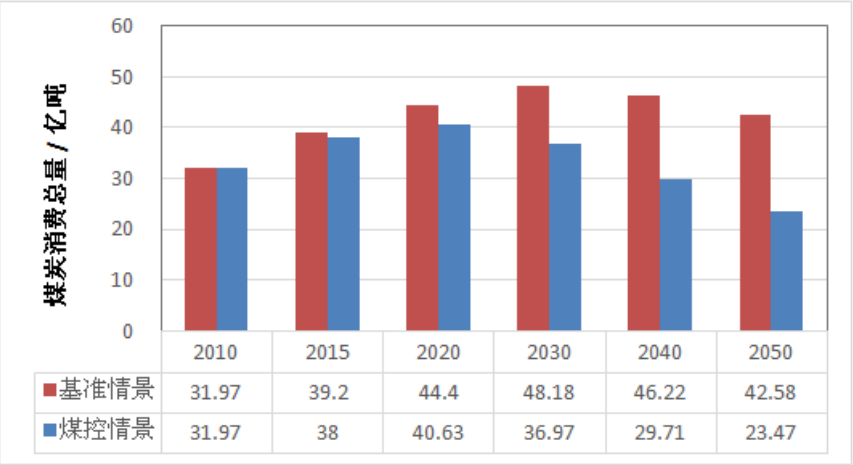

图 11 煤炭消费的基准情景和煤控情景对比

在煤炭总量控制的背景下，煤炭消费总量控制对用水总量控制的影响主要

表现在两个方面。一是煤炭消费总量的控制在一定程度上压缩了煤炭的产量和转化利用量，有利于直接减少相关工业企业采煤用煤过程中的取用水量和煤炭开采过程中的矿井涌水量，属于直接用水控制效应；另一方面，煤炭消费总量的控制促进了煤炭消费相关行业的能源消费结构以及用水模式的调整，煤炭替代能源在消费过程中的用水特性将改变相关工业企业的用水总量和取用水特点，同时煤炭消费过程节水工艺的改进也将降低相关工业企业的总用水量，对用水总量控制起到积极的作用，属于间接用水控制效应。

煤炭消费全过程取用水总量主要由煤炭开采洗选用水量和煤炭转化利用用水量构成，其中煤炭开采洗选用水量主要与煤炭产量及空间布局有关，而煤炭转化利用用水量主要与煤炭的消费总量和分部门消费结构有关。在最严格水资源管理制度的要求下，节水将是未来经济社会发展的必然趋势和基本要求，其对未来各水平年国民经济各部门的用水总量将产生重要影响。因此，以下分析中考虑了常规模式和节水模式两种情况，常规模式主要依照现有的用水总量和用水定额推算未来不同情景下的各部门用水量，而节水模式中考虑了节水技术的推广应用，在各部门煤炭消费增长阶段的新增产能采用高标准的用水定额要求，当煤炭消费由持续增长变为逐步下降时，考虑优先淘汰落后产能，且兼顾了未来水平年总体节水水平提高对用水总量的影响。结合不同的煤炭消费总量控制情景和煤炭相关部门用水模式，课题分析中设置了四套方案，分别是常规模式基准情景，常规模式煤控情景，节水模式基准情景，以及节水模式煤控情景。

常规模式和节水模式下煤炭消费基准情景和煤控情景对应的用水总量及其与水资源红线对比如图 12 和图 13。

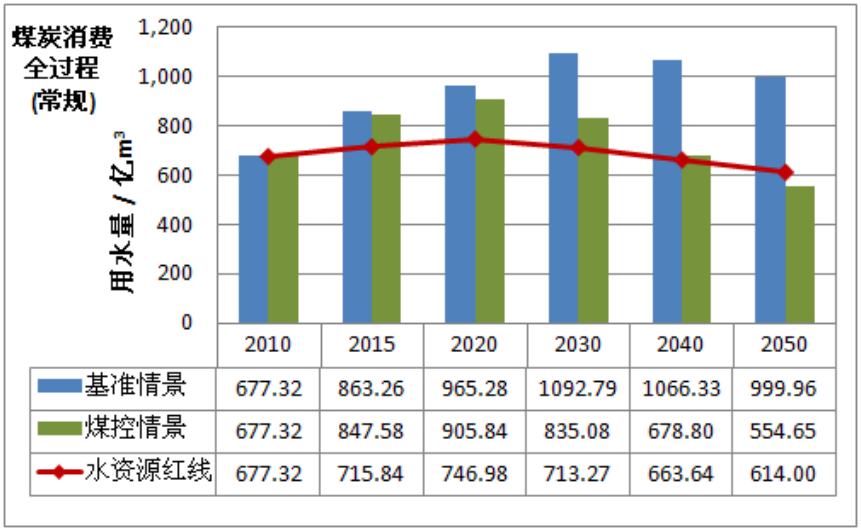

图 12 常规模式下不同情景煤炭消费用水总量及水资源红线对比

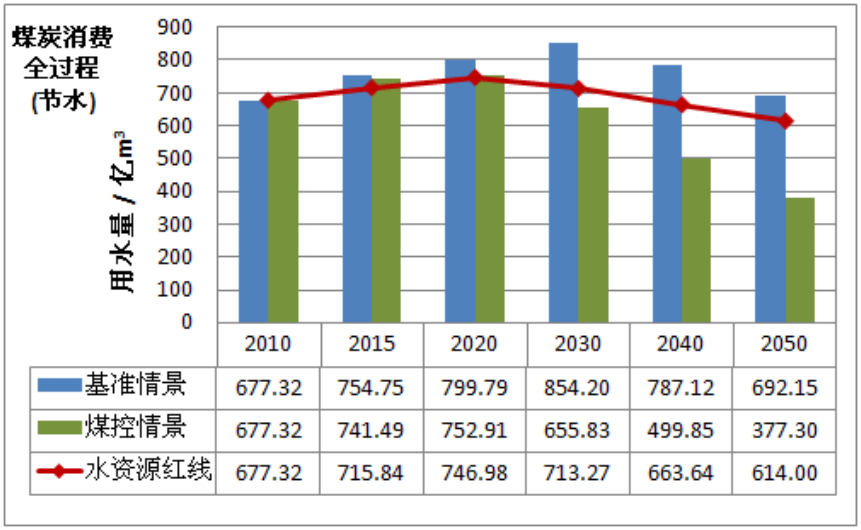

图 13 节水模式下不同情景煤炭消费用水总量及水资源红线对比

从整体来看，随着煤炭消费高峰的到来，煤炭相关产业面临着较强的水资源约束，尽管节水模式比常规模式对应情景下的用水总量有较大程度的下降，但是在近期内仍不能满足用水总量控制红线的要求，只有更加严格地控制电力和煤化工等高耗水产业才能确保满足用水红线的约束。分析可知，一方面节水技术在煤炭开采洗选和转化利用的用水总量控制方面发挥了巨大的作用，另一方面实行煤炭消费总量控制对于煤炭相关行业用水总量的影响也十分显著，二者对于降低煤炭消费用水总量、缓解区域水资源供需矛盾具有重要作用。要实现煤炭消费与水资源开发利用的协调发展，煤炭总量控制和节水技术应用缺一不可。

从煤炭消费各相关部门来看，煤控情景下煤炭消费各部门的用水总量与基

准情景相比有较大程度的下降，煤炭消费总量控制对各部门煤炭消费用水总量控制有明显的影响；节水模式下煤炭消费各部门的用水总量与常规模式相比有明显的降低，通过节水技术推广应用对各部门煤炭消费用水量产生了正面效应。电力和现代煤化工是未来煤炭转化利用相关行业煤炭消费和水量消费的主要部门。

六、相关政策建议

针对目前我国煤炭相关行业发展面临的严峻的水资源形势，基于我国煤炭产业发展与水资源开发利用现状，结合中央相关政策精神和我国现行水资源管理体制，从政策、机制、市场、管理等方面提出建议，促进煤炭相关行业与区域水资源协调可持续发展。

（1）坚持发展煤炭资源开发转化与水资源、水环境承载力相协调的基本原则，合理确定煤炭相关产业建设布局和发展规模。

在宏观层面上，必须在区域水资源综合规划的基础和范围内进行煤炭相关产业规划，尤其是 14 大产煤基地的产业规划。对不同区域，依据水利部颁布《建设项目水资源论证导则》（试行）（SL/Z322—2005），合理确定煤炭相关产业建设布局和建设规模。在微观层面上，强化取水许可，落实煤矿的开采以及煤炭下游产业等建设项目的水资源论证，在缺水地区，限制高耗水、高污染建设项目的上马，同时支持清洁能源的发展和煤炭利用方式的转变；推动重点区域生态环境治理和水污染防治，促进区域经济与资源环境协调发展。

（2）全面贯彻落实最严格水资源管理制度，合理规划煤炭相关行业的用水需求，强化用水与排水的监督管理。

严格执行各地区用水总量控制、用水效率控制和水功能区限制纳污的“三条红线”要求。在用水总量控制红线的基础上，细化各重点煤炭基地和各地市煤炭行业的取用排水相关指标，加强煤炭相关行业等高耗水行业的用水监控和排污监控，制定和实施全国及区域矿井水利用规划，实现矿井水资源化。在节水治污和生态环境保护的基础上，建立煤炭相关行业的“三条红线”的监测、管理、监督和考核机制，明确相关责任主体，实现区域水资源精细化管理。

（3）采用政策调控和市场调节“两手发力”，加强煤炭相关产业节水技术的创新研究和节水工艺的推广应用。

制定相关优惠政策和产业扶持政策，支持煤炭相关产业节水技术的研究和节水产品的研发，推广先进适用的节水工艺、技术和装备，提高水资源重复利用率及合理用水水平，减少污水排放，保护区域水环境。促进缺水区域节水规划和煤炭相关行业节水标准的制定和实施，细化用水定额管理，研究和落实工业用水及节水的奖惩机制。

科学制定水资源价格体系，对高耗水、高污染的行业实行差别化水价，提高水资源成本在高耗水行业产品中所占比重，促进煤炭相关工业企业积极投资节水技改项目。

（4）建立完善煤炭行业补偿机制，积极推进煤炭产业的可持续发展。

受资源赋存条件的影响，煤炭将长期在我国能源生产和消费结构中居于主导地位，根据本项目的预测，未来煤炭产量还会有一个持续的增长，煤炭开采引起的生态问题不容忽视，主要表现在地表沉陷、煤矸石堆存占地等，水源地、自然保护区或其它重要的生态功能区的破坏等。

应尽快建立和完善有关生态补偿的法律、法规，积极探讨以企业为主体、以政府为主体以及受益地区为主体的补偿机制，促进老矿区的节水改造以及新矿区的技术革新，改善煤炭开采地区的生态环境问题，为实现煤炭基地的资源开发与环境保护的良性发展建立制度保障。

（5）推动水权转换的实施，满足煤炭相关产业发展的合理用水需求，实现水资源优化配置。

积极引导水权交易和水市场建设，完善水权价格形成机制，明晰初始水权，规范审批程序，拓展水权转换范围，探索健全水权交易机制，推动水权交易相关法制进程。深化水权转换实施后对区域水循环影响的研究，加强水权转换地区生态环境监测，推动水权转换地区地表和地下水资源保护，促进水资源的合理利用和科学配置。

（6）提升重点煤炭基地的水资源监测和信息化水平，为煤炭产业与水资源开发利用协调可持续发展提供决策参考。

煤炭相关产业取用排水在工业用水中占有较大比例，需要加强重点煤炭基地和煤电基地的用水过程监测，建立完善用水计量和监督体系，规范相关工业企业用水行为；提升水资源管理信息化水平，支撑区域水资源实物量核算和水经济

核算，探索编制煤炭资源和水资源资产负债表，促进我国水资源综合利用和煤炭产业可持续发展，推进我国生态文明建设。