

西北地区煤炭开发利用对水 环境影响评价方法与案例研究



摘 要

充分运用煤田地质学、水文地质学、环境地质学、环境经济学和可持续发展等理论知识,研究了煤炭开发利用对生态环境影响的成因机理,归纳了煤炭开发利用对水环境影响的特征要素。系统总结和分析了西北地区煤炭资源、水资源分布特征和水环境污染现状,揭示了煤炭资源与水资源的错位分布关系。在此基础上,以煤炭资源合理开发利用与生态环境协调发展为目标,从理论上探讨了绿色环境评价的内涵,建立了煤炭开采与加工转化对水环境影响的评价理论和方法;从应用层面上研究了神东矿区煤炭开采以及空冷发电、煤炭液化、煤基甲醇对水环境的影响,从而为西北煤炭工业可持续发展和生态环境保护提供科学依据;从技术方法上运用了模块化和集成化设计原理,将具有多主体、多层次、多目标特点的各个子系统集成为一个综合评价系统,为水环境影响评价搭建技术平台。最后,通过对西北煤炭工业水环境影响趋势预测,进一步表明了西北地区在未来 20 年发展过程中,由于煤炭工业规模增长推动了全行业总用水量需求持续上升,从而导致废水排放总量持续增加,对水环境的影响程度也将进一步加大,这为西北地区煤炭资源开发利用引发的生态环境恶化提供了预警依据。

关键词: 西北地区, 煤炭开发利用, 水环境影响, 评价

Abstract

Using coal geology, hydro geology, environmental geology, environmental economics, sustainable development and other knowledge in theory, this article researches the mechanism of influence, concludes the characteristic factors on environment in the exploitation and utilization of coal resources, analyses the distributing character of coal and water resources and the actuality of water pollution, and opens up the relationship of various distribution between coal and water resources. On this foundation, aiming at the coordinating development between the ecological environment and the rational exploration of coal, this article probes into connotation of appraisal of green environment in theory, builds the theory and method of evaluation for influence of coal mining, processing and conversion on water environment, researches into the influence of water environment caused by coal exploitation in Shen Dong mine area, air cooled generating electricity, liquefaction of coal and coal-based methanol through typical case on appliance to supply gist for sustainable development of coal industry and the protection on ecological condition in northwest China. By using modularization and integration principle in techno-method, this article also integrates subsystems which have the characteristics of multi-main-body, multi-level and multi-goal into a synthetic evaluation system to build a technical platform for evaluating the influence on water environment. Finally, through forecasting the influence trend of water environment, this article shows that the released total amount of drain water and pollutants caused by coal industry are rising and the influence on water environment will increase. It provides early warning to the eco-environment aggravation caused by coal development in northwest China.

Key words: northwest China; coal exploitation; water environmental influence; evaluation

详细摘要

西北地区煤炭资源丰富，煤质优良，开发潜力大，是未来我国能源供应的主要基地。由于地处内陆腹地，气候干旱，植被稀疏，水资源极其贫乏，生态环境十分脆弱。然而，煤炭资源的赋存特点决定了煤炭的开发必将影响地表生态和环境，也将扰动地下水资源。矿床疏干排水改变了地下水的天然径流和排泄条件，导致地下水资源的巨大浪费。与此同时，煤炭加工转化还需要大量消耗水资源。采煤过程中产生的煤矸石，排出的矿井废水、废气；加工转化过程中排放的大量煤泥水、有毒有害废水及冲灰渣水等，都会对周围的水环境造成严重的污染。水资源是西北煤炭开发的关键性制约因素，水污染是西北矿区面临的重大环境问题之一，在某种程度上制约着我国煤炭工业的持续、稳定、协调发展。

本论文针对西北地区煤炭开发引起的水环境影响问题，充分运用煤田地质学、水文地质学、环境地质学、环境经济学、技术经济学、管理科学和可持续发展等理论知识，研究了煤炭开发利用对生态环境影响的成因机理，归纳了煤炭开发利用对水环境影响的特征要素。系统总结和分析了西北地区煤炭资源、水资源分布特征和水环境污染现状，揭示了煤炭资源与水资源的错位分布关系。在此基础上，以煤炭资源合理开发利用与生态环境协调发展为目标，从理论上探讨了绿色环境评价的内涵，建立了煤炭开采与加工转化对水环境影响评价理论和方法；从应用层面上通过典型案例研究了西北地区煤炭开发利用对水环境的影响，从而为西北地区煤炭工业可持续发展和生态环境保护提供科学依据；从技术方法上运用了模块化和集成化设计原理，将具有多主体、多层次、多目标特点的各个子系统集成为一个综合评价系统，为水环境影响评价搭建技术平台。本论文通过理论研究和实证分析得出如下主要结论。

1.西北地区煤炭资源与水资源存在尖锐的错位分布矛盾，五个大型煤炭基地的所在地水资源相对缺乏，这些地区同时又是水污染严重区域，说明煤炭资源的开发利用对水环境造成了严重影响，加剧了矿区的水资源短缺。这种煤—水资源的错位分布矛盾将在一定程度上制约着西北地区煤炭工业的可持续发展。

2.从生态系统角度出发，以环境的可持续发展为目标，以系统思想为指导，以资源价值为依据，将“绿色”理念引入水环境影响评价过程，重组水环境影响评价流程，形成“绿色开采—绿色环境—绿色评价”的循环反馈系统，并提出了煤炭开采对水环境影响评价的理论与方法。通过煤炭开发对水环境影响特征要素的分析和总结，建立了水环境影响的概念模型，借此构架煤炭开采对水环境影响的递阶层次评价指标体系、评价标准和水资源数量、水环境质量以及水环境影响的综合评价模型。

3.水环境影响概念模型是建立数学模型或模拟模型的基础，它以文字或图示的形式提供关于评价系统的信息，反映了煤炭开采对水环境影响的特征要素。水资源数量和水环境质量的综合评价采用单因子评价法和赋权综合评价法进行评价。即首先进行单因子评价，然后采用加权平均法或其他数学和技术处理手段，求出多项指标的综合值作为多项指标评价的结果。在利用单项指标转化为多项指标综合值时，应经过标准化处理，否则缺乏可比性。本文给出

了水质、水量不同类型的标准化处理模型。

4.水环境影响综合评价模型是应用模糊数学的隶属关系概念和极值原理建立起来的模糊模式识别模型。该模型利用所构造的评价指标和评价标准对水环境影响的相对隶属函数建立样本与级别间的“加权广义权距离”，通过拉格朗日极值法求解样本对水环境影响某一级别的最优相对隶属度，依据“择近原则”判断煤炭开采对水环境影响的隶属级别。模糊模式识别模型不仅适用于区域煤炭开采对水环境影响的评价与识别，而且还广泛适用于各类矿业开发对生态环境的影响评价，但应相应调整指标体系与评价指标标准值。

5.应用煤炭开采对水环境影响评价方法对神府-东胜矿区煤炭开采造成的水环境影响进行了综合评价，结果表明：神东矿区煤炭开采造成的水环境影响程度已达中级。数据分析进一步表明：神东矿区自 1985 年开发建设至 2005 年底 20 年间，煤炭开采破坏的地下水静储量为 3.7 亿 m^3 ，动储量为 6.36 亿 m^3 ，累计破坏水资源量 10.1 亿 m^3 ，吨煤破坏量为 $2\text{m}^3/\text{t}$ 。地表水体由二、三级国家标准变为三、四级国家标准。地下水位逐年下降，河川径流系数由开采前的 0.208 下降到目前的 0.049。按照目前的煤炭开采规模和速度，预计未来 10 年，神东矿区煤炭开采破坏的地下水资源量将达 29 亿 m^3 ，年均 2.9 亿 m^3 。由此可见，煤炭开采对水环境的影响是严重的，对含水层的破坏是永久的，不可恢复的，这对缺水的西北地区来讲，其损失是非常严重的。

6.神东矿区应用实例表明：煤炭开采对水环境影响评价方法简单，理论模型严谨，评价结果合理可行。此方法可广泛应用于矿业开发对生态环境的影响评价，弥补了在此方面缺少定量综合评价的不足，为矿区建立环境评价体系，实施风险管理制度奠定基础。同时还可以为西北矿区煤炭发展规划和环境保护政策的制定提供决策支持和方法依据。

7.针对煤炭加工转化对水环境的影响，本文从可持续发展角度出发，以西北地区资源环境为背景，提出了煤炭加工转化对水环境影响的评价理论与方法。通过对水环境影响的特征分析和煤炭加工转化技术工艺分析，建立了煤炭加工转化对水环境影响的评价指标体系与评价标准。根据煤炭加工转化对水环境影响评价的内涵及目的，采用灰色关联分析方法，通过量化评价系统中待评价样本与评价标准的关联程度，并利用关联度大小的次序描述，按关联度最大将所评价的样本归在相应的级别之中，实现煤炭加工转化对水环境影响的综合评价。

8.应用煤炭加工转化对水环境影响评价方法对空冷发电、煤炭间接液化和煤基甲醇三种具有代表性的煤炭加工转化技术在西北各省（区）的水环境影响进行了综合评价。在假设条件下，三种煤炭加工转化技术对水环境的影响程度随地区、技术的不同会有所差异。从区域角度上说，同一种煤炭加工转化技术对水环境的影响程度会有所差别。比如一定规模的煤炭液化技术项目在甘肃省对水环境的影响程度为中级，而在宁夏回族自治区对水环境的影响程度为高级，在内蒙古、陕西和新疆三省（区）对水环境的影响程度均为较高级。这充分说明不同水资源背景对煤炭加工转化技术项目的承载力也不相同。从技术角度上说，同等规模的空冷发电技术项目相对煤炭液化和煤基甲醇两种技术项目对水环境的影响程度要小，但煤炭液化和煤基甲醇二者之间的比较关系随着地区的不同而有所变化。总的来说，宁夏回族自治

区煤炭加工转化对水环境的影响程度相对较高。

9.西北地区未来十年煤炭工业发展迅速,需水量越来越大。水资源需求预测表明:2010年西北五省(区)(不包括青海省)煤炭工业毛需水量为18.3亿 m^3 ,是2003年的4.9倍;净需水量为15.3亿 m^3 。按现状水源工程的供水水平和目前农业灌溉效率平衡水资源供需,2010年西北五省(区)工业用水存在较大缺口,西北煤炭资源的大规模开发与利用势必给该地区水资源承载力带来一定的压力。通过对西北地区2010~2020年煤炭开采与加工转化对水环境影响的情景分析进一步表明:由于煤炭资源的大规模开发造成的水资源破坏将进一步加大;与此同时,煤炭工业规模增长推动了全行业总用水量需求上升,从而导致废水排放量总量和污染物排放总量持续增加。为保证煤炭工业持续、稳定、协调地发展,一方面,要合理高效地利用水资源,加强节水、防污,实现矿井水和其他污水的资源化;另一方面,在煤炭加工转化技术项目选择上应充分考虑区域水资源条件,合理布局,实现煤炭资源和水资源的最有效配置。

关键词: 西北地区,煤炭开发利用,水资源,水环境影响,评价

Detailed Abstract

Coal resource is abundant in northwest China. The quality of the coal is very good and the potential of exploitation is very large. The northwest China will be primary energy sources station of our country in the future. Due to lying in inland, in northwest, climate is dry, vegetation is sparse, water resource is scarce and the environment is fragile. However, mining the coal, the ecological environment of the surface and the groundwater will be affected. Drainage by desiccation of the bed alters the river course of groundwater, leading to huge waste of groundwater resources, and a great deal of water resources have to be consumed during the processing and conversion of coal. Coal gangue, waste water, exhaust gas, slime etc. produced during mining, processing and conversion will pollute the environment. The restriction of coal exploitation in the Northeast China is water. One of the most important problems of environment that the diggings of northwest China must face is the water pollution. It restricts the continuous development and stabilization of coal industry in our country in some extent.

Using coal geology, hydro geology, environmental geology, environmental economics, techno-economic, management science, sustainable development and other knowledge in theory, this article researches into the mechanism of influence, concludes the characteristic factors on environment in the exploitation and utilization of coal resources, analyses the distributing character of coal and water resources and the actuality of water pollution, and opens up the relationship of various distribution between coal and water resources. On this foundation, aiming at the coordinating development between the ecological environment and the rational exploration of coal, this article probes into connotation of appraisal of green environment in theory, builds the theory and method in evaluating the influence of coal mining, processing and conversion on water environment, researches into the influence on water environment due to coal exploitation through typical case on appliance offering scientific gist for sustainable development of coal industry and the protection on ecological condition in northwest China. By using modularization and integration principle in techno-method, this article also integrates subsystems which have the characteristics of multi-main-body, multi-level and multi-goal into a synthetic evaluation system to build a technical platform for evaluating the influence on water environment. Conclusions have been made through research and analysis in this article:

1. There is contradiction between the distribution of coal and water resources in northwest China. Water resources are relative lack in five large coal stations, and water pollution is also very serious in these areas. It shows that the coal exploitation influences water resources badly and aggravates water shortage in mining area. This contradiction between the distribution of coal and water resources restricts the sustainable development of coal industry in northwest China.

2. Putting forward concepts and technique of green exploitation challenges the traditional theory and method about water environmental evaluation, and endues new intension. This article

using the view of ecosystem, aiming at sustainable development of environment, directed by systematic thought, and depending on the value of resource, introduces the conception of green to water environmental evaluation, reforms the circuit of water environmental evaluation, builds a circulating and feedback system with character as exploitation-green environment-green evaluation and puts forward the theory and method of water environmental influence basing on green exploitation. Conceptual model about water environmental influence has been built depending on the analysis and summarization about characteristic factors of water environment affected by coal exploitation. System of evaluating indicator, evaluation criterion, evaluation model about amount of water resources, quality of water resources and water environment influence, all these about water environmental influence caused by coal exploitation, have been built depending on conceptual model.

3. Conceptual model about water environmental influence is based upon mathematic and analogy model. It affords information about evaluation system in the form of words or pictures and reflects characteristic factors of water environmental influence caused by coal exploitation. Evaluation about the amount and quality of water resources are carried out by single factor and integrative evaluation method with weight value. Single factor method is used firstly. After that, weighted average method and other mathematical and technical method are employed to get the integrative values about multi-factors. During the transformation from single factor to multi-factors, standard disposal is needed; otherwise, there is no comparability. In this article, there are kinds of standard disposal models about the amount and quality of water.

4. The integrated evaluation model of water environmental influence built on the affiliation conception and the extremum principle in fuzzy mathematics is a fuzzy diagnosis model. Weighting generalized power distance between sample and level of relative membership function on water environmental influence has been built used evaluating indicator and evaluation criterion in this model. Using extremum method of Lagrange, optimum relative membership grade that samples affect water environment on one level can be solved. Depending on the principle of choosing the nearest, the membership level of influence on water environment caused by coal exploitation can be judged. The model of fuzzy identify is not only proper for evaluating and identification on the influence of water environment caused by regional coal exploitation, but also used extensively in evaluation of the influence on ecotope caused by all kinds of mining, as long as the system of index and the normal value of evaluating indicator have been adjusted accordingly.

5. The comprehensive evaluation of the influence of exploitation in Shen Fu-Dong Sheng mining area on water environmental has been analyzed by the evaluation method. The Results show that from 1985 to 2005 the destroyed static storage capacity of ground water is 370 million m^3 , the destroyed dynamic storage capacity is 636 million m^3 , and the summation is 1.01 billion m^3 in Shen Dong mining area. The average of destroyed water resource is 2 m^3 per ton coal. The surface water has degraded from second and third to third or fourth class according to the national standards.

Groundwater level falls down year after year, and the runoff coefficient of rivers bellows from 0.208 (before mining) to 0.049 recently. The degree of water environmental influence is inferior in Shen Dong mining area. Depending on the scale and speed of mining, destroyed ground water resources will reach 2.9 billion m^3 , and 290 million m^3 per year. It can be concluded that the influence of coal exploitation on water environment is serious; the breakage of aquifer is permanent and non-renewable. The loss is very huge as for northwest China.

6. The evaluate example of Shen Dong mining area shows that evaluation method for influence of cool mining on water environment is easy, the model of the theory is religious, and the result of the evaluation is reasonable. This method can evaluate the influence on ecological condition caused by mining, making up the shortage of quantitative overall merit method, and establishing a foundation for risk administer system and environment evaluation system. This method can also supply evaluated support on development planning and environment protection policy.

7. According to the influence of coal processing and conversion on water environment, this article builds the evaluating system containing of indicator, evaluation criterion and evaluation method. The evaluating system concentrates on the influence of coal processing and conversion on water environment based on the sustainable development theory and the technology analysis dealing with the resource environment in northwest China. Using analytical method of grayer connection, through quantifying the correlative degree between samples waiting for evaluation and evaluation criterion and classifying the sample basing on the maximum correlative degree, we can implement overall merit on water environmental influence.

8. Using the method of evaluating the influence on water environment during coal processing and conversion, this article evaluates air cooled generating electricity, indirect liquefaction of coal and coal-based methanol on the influence of water environment in northwest China. There is distinctness in different areas and using different technique in assumption. One technique about coal processing and conversion can cause different influence degree in different areas. For example, the degree of water environmental influence caused by coal liquefaction is medium rank in Gansu, high level in Ningxia, but in Inner Mongolia, Shanxi and Xinjiang is relative high level. It shows that different foundations in water resources have different capabilities to contain different technique. Air cooled generating electricity has less influence on water environment than coal liquefaction and coal-based methanol, if the scale is same. But in different areas the force is different between coal liquefaction and coal-based methanol. Generally, the degree of influence on water environmental is higher in Ningxia.

9. Coal industry will develop faster and faster in northwest China in the future ten years, and the amount of water used in coal industry will be larger and larger. The forecast on water resources used in coal industry shows that, in 2010 five provinces except Qinghai in northwest China, the net amount of water is 1.83 billion m^3 which is 4.9 times larger than that in 2003, and the gross amount

of water is 1.53 billion m³ in the five provinces in northwest China. The gap in water supply will be much big, if we forecast from the condition we are facing now. In 20 years, the development of coal industry will push about the amount of water supply, and the amount of waste water will increase year by year. In order to keep coal industry developing sustainable, stably and in phase, one side, we must use water resources highly, reinforce water saving, prevent polluted water and invert water in mine and other waster water resource, on the other hand, we should consider the water resources in a special area when we choose a coal processing and conversion, realizing more effective collocation between coal resource and water resources.

Key words: northwest China; coal exploitation; water resources; water environmental influence; evaluation

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的和意义	2
1.3 国内外研究现状及存在问题	3
1.3.1 煤炭开发利用对生态环境影响研究	3
1.3.2 煤炭开发利用对水环境影响研究	5
1.3.3 水环境影响评价指标和评价方法研究	7
1.3.4 存在的问题	10
1.4 论文研究的主要内容和技術路线	10
1.4.1 研究内容	10
1.4.2 技术路线	11
2 西北地区的基本情况	13
2.1 社会经济概况	13
2.2 自然地理特征	13
2.2.1 地形地貌	13
2.2.2 气候	14
2.2.3 河流	15
2.3 水资源分布及特点	16
2.3.1 水资源的形成与分布	16
2.3.2 水资源分布数量	18
2.3.3 水资源的基本特点	20
2.4 水环境污染及分区	21
2.4.1 分省(区)水环境污染现状	21
2.4.2 黄河流域水污染现状	24
2.4.3 地下水污染现状	24
2.4.4 水环境污染特征分区	25
2.5 煤炭工业发展概况	26
2.5.1 煤炭资源优势	26
2.5.2 煤炭工业发展现状	28
2.6 本章小结	30
3 煤炭开采对水环境影响评价方法	33
3.1 煤炭开采对水环境影响评价的理论基础	33

3.1.1 可持续发展观·····	33
3.1.2 系统科学理论 ·····	33
3.1.3 环境价值观 ·····	34
3.2 煤炭开采对水环境影响评价依据·····	34
3.2.1 水环境影响评价内涵 ·····	34
3.2.2 水环境影响评价对象与内容 ·····	35
3.2.3 水环境影响评价原则 ·····	35
3.2.4 水环境影响评价标准 ·····	36
3.2.5 水环境影响评价流程 ·····	36
3.3 煤炭开采对水环境影响评价方法·····	37
3.3.1 研究思路 ·····	37
3.3.2 建模指导思想 ·····	37
3.3.3 水环境影响评价系统设计 ·····	38
3.3.4 水环境影响评价指标体系建立 ·····	40
3.3.5 目标权重的确定 ·····	46
3.3.6 水环境影响评价模型构建 ·····	49
3.4 本章小结·····	55
4 煤炭加工转化对水环境影响评价方法·····	57
4.1 煤炭加工转化技术概述·····	57
4.1.1 煤炭洗选 ·····	59
4.1.2 水煤浆 ·····	59
4.1.3 煤炭焦化 ·····	60
4.1.4 煤炭气化 ·····	60
4.1.5 煤炭液化 ·····	60
4.1.6 坑口发电 ·····	61
4.1.7 其他大型煤化工 ·····	62
4.2 煤炭加工转化对水环境影响评价依据·····	62
4.2.1 水环境影响评价内涵 ·····	62
4.2.2 水环境影响评价内容 ·····	63
4.2.3 水环境影响评价标准 ·····	63
4.2.4 水环境影响评价流程 ·····	63
4.3 煤炭加工转化对水环境影响评价方法·····	63
4.3.1 研究思路·····	63
4.3.2 水环境影响评价系统设计·····	64
4.3.3 水环境影响评价指标体系建立·····	65

4.3.4 水环境影响评价模型构建·····	67
4.4 本章小结·····	68
5 煤炭开采与加工转化对水环境影响评价·····	69
5.1 案例 1：煤炭开采对水环境影响评价——以神东矿区为例·····	69
5.1.1 背景描述 ·····	69
5.1.2 水环境影响识别 ·····	72
5.1.3 水环境影响现状评价 ·····	74
5.1.4 水环境影响趋势预测 ·····	82
5.2 案例 2：煤炭加工转化对水环境影响评价——以三种技术为例·····	82
5.2.1 评价技术选择 ·····	82
5.2.2 评价指标体系 ·····	82
5.2.3 分级标准 ·····	83
5.2.4 假设条件和基础数据 ·····	84
5.2.5 目标权重 ·····	86
5.2.6 评价结果与分析 ·····	86
5.3 本章小结 ·····	87
6 煤炭开采与加工转化对水环境影响趋势预测·····	89
6.1 煤炭工业“十一五”水资源需求预测与分析·····	89
6.1.1 煤炭工业发展规划 ·····	89
6.1.2 水资源需求预测 ·····	89
6.1.3 水资源供需分析 ·····	90
6.2 煤炭工业 2010~2020 年水环境影响情景分析·····	93
6.2.1 水资源破坏量预测 ·····	93
6.2.2 矿井水排放量预测 ·····	94
6.2.3 水资源需求量预测·····	94
6.2.4 水环境污染预测 ·····	96
6.3 本章小结·····	98
7 结论·····	99
7.1 论文完成的主要工作及结论·····	99
7.2 本文创新点·····	100
参考文献·····	103

1 绪论

煤炭资源的开发和利用,既对经济的发展起了巨大的推动作用,同时也对全球环境产生了重大影响。中国是一个以煤为主的能源国家,未来煤炭规划区大部分集中在资源丰富的西北部地区。西北地区煤炭资源丰富,但水资源严重匮乏,生态环境十分脆弱。然而,煤炭资源的开发利用必将影响地表生态和环境,也将扰动地下水资源,这给西北地区煤炭工业的可持续发展带来更加严峻的挑战。本章在研究国内外有关煤炭开发利用对水环境影响文献资料的基础上,从西北地区的资源背景和可持续发展的角度出发,提出了本论文的研究内容和技术路线。

1.1 研究背景

中国是世界上最大的煤炭生产和消费国,也是世界上少数几个能源以煤为主的国家之一。煤炭是中国分布最广、储量最多的能源资源,在探明的化石能源储量中煤炭占94.3%,石油天然气仅占5.7%。^[1]长期以来,煤炭在中国一次能源生产和消费结构的比例都在70%左右。近十年来,由于中国经济的快速增长,优质能源需求不断增加,石油、天然气消费量迅速增长,煤炭的消费比例有所下降,但煤炭的消费量仍持续上升。中国在向2020年实现全面小康社会的进程中,能源需求将有较大幅度的增长,以煤为主的能源供应和消费格局将不会改变。据《中国能源发展报告》预测,到2020年,中国能源消费总量为33.57亿吨标准煤,煤炭占能源消费总量的比例为54%,消费量为18.13亿吨标准煤。可见,煤炭在未来几十年中仍将是中国的主要能源,保障能源供应是中国能源面临的最大挑战。

中国煤炭资源西多东少,与经济发达程度呈不协调分布。根据《中国煤炭资源预测与评价》报告,全国垂深1000米以浅煤炭主要分布在新疆、内蒙古、山西、贵州、陕西等省区,占全国预测资源量的90.16%。^[2]在资源总量上,新疆居全国第一,内蒙古第二,陕西、宁夏、甘肃则分别居全国的第四、第六和第七位。^[3]新中国建立以来的50年,大多时期煤炭开发重点主要放在东部地区,在满足国民经济需要的同时,大量消耗了东部地区的煤炭资源。赋存条件好,距地表浅,容易开采的资源,基本都已开发开采。目前东部地区的开采强度和规模已经很大,而且要转向1000米以深的煤田开发,不仅难度很大,效益下降,而且储量也并不丰富。西北地区不仅煤炭资源丰富,而且煤质优良,开发潜力大,是我国煤炭工业可持续发展的有利条件。西部煤炭资源的合理开发不仅能够为西部大开发提供能源支撑,而且对建立我国合理的能源结构,调整和改善我国煤炭工业的布局都有十分重要的意义。煤炭开发的重点逐步西移,西煤东运或西电东输是必然趋势,未来煤炭规划区大部分集中在资源丰富的西北部地区,^[4]西北地区将成为中国未来能源供应的主要基地。

西部开发战略带动了西北地区煤炭工业的发展,而煤炭资源的赋存特点决定了煤炭的开发必将影响地表生态和环境,也将扰动地下水资源,使地下水的赋存状态发生变化。矿床疏干排水改变了地下水的天然径流和排泄条件,同时导致地下水资源的巨大浪费,使区域地下水水位大幅度下降、地表塌陷和井泉干涸,进而改变地表土壤的灌溉性、持水性和水土平衡,打破了水资源原有的平衡状态,致使表土疏松、裸岩面积扩大,矿区水土流失加剧,使土地荒漠化趋势加快。^[5,6]采煤过程中产生的煤矸石,排出的矿井废水、废气;加工转化过

程中排放的大量煤泥水、有毒有害废水及冲灰渣水等,都会对周围的水环境造成严重的污染。与此同时,煤炭加工转化还需要大量消耗水资源^[7-10]。由此可见,煤炭资源的开发利用势必对水环境产生一定的影响。特别是采煤对含水层的破坏是永久的,不可恢复的,这对缺水地区来讲,其损失是非常严重的。水资源是人类社会不可缺少的物质要素,同时又是非常敏感和重要的环境因子,在干旱半干旱地区,水资源与生态环境关系尤其密切。

西北地区地处内陆腹地,气候干旱,植被稀疏,水土流失,荒山沟壑纵横,戈壁沙漠连片,属干旱半干旱地区,生态环境十分脆弱。特殊的自然气象和地形地貌特征造成西北地区水资源严重匮乏,单位占有水平低,是世界上干旱缺水最严重的地区之一。降雨量稀少,蒸发作用强烈,水资源时空分布,特别是空间分布极不均匀,过度集中与过度分散并存。如新疆西北部50%国土面积的水资源量占全疆水资源总量的93%,而其东南部分50%国土面积的水资源量仅为7%;在时间分布上,需水量大的春季降水只占全年降水的20%。西北地区“三水”转化特殊,地表水系不仅控制着地表水资源状况,而且也控制着地下水资源的基本特征。水土流失严重,河流含沙量大。许多地区生态环境特别脆弱,抵抗自然因素和人为因素破坏的能力也很弱,水资源状况往往是决定生态状况的关键因素。

总之,西北地区水资源短缺,时空分布及空间分布极不均匀,而煤炭资源丰富区水资源往往又十分缺乏,这种煤炭资源开发的布局与水资源分配的矛盾,使本已缺水的西北地区更是雪上加霜。尤其是煤炭工业建设向西部战略的转移,更面临着严重的水资源短缺问题,在某种程度上制约着我国煤炭工业的持续、稳定、协调发展。

1.2 研究目的和意义

水资源是西北煤炭开发的关键性制约因素,水污染是西北矿区面临的重大环境问题之一,在某种程度上制约着西北社会、经济、环境的发展。深入研究煤炭开发利用对水环境的影响,正确评价其影响程度,可以为西北矿区环境管理规划、污染综合治理、环境保护政策制定等提供科学依据。对具体落实国家可持续发展的西部能源战略,改善西部地区生态环境,促进地区社会、经济、环境的协调发展具有十分重要的现实意义。

理论上讲,水环境是处在不断运动交替过程中,可以从大气降水、地表径流等得到平衡和补给。但违背客观规律的超强度疏降和破坏,尤其是由于矿山露天开挖和井工开采沉陷,会引起含水层水位下降、地表塌陷和井泉干涸,进而改变地表土壤的灌溉性、持水性和水土平衡,打破了水资源原有的平衡状态,致使表土疏松、裸岩面积扩大,加剧矿区水土流失,使土地荒漠化趋势加快,生态环境恶化。煤炭资源的开发利用造成的水环境破坏,进而引发的生态环境效应在西北干旱半干旱地区普遍存在,为了维持西北地区生态环境和社会经济发展相协调,必须将水与生态系统及社会、经济系统作为整体,研究煤炭资源的开发利用对水环境造成的影响,探讨如何对水环境问题进行定量分析;从绿色环境的角度,构建水环境影响评价的指标体系和评价标准,建立煤炭开采与加工转化对水环境影响的评价理论与方法,为西北矿区水环境影响评价提供方法依据,为西北地区煤炭工业合理布局提供决策支持,促进煤炭资源合理开发利用与水环境协调发展,最终实现“在保护下开发”,“在开发中保护”的可持续发展模式。

1.3 国内外研究现状及存在问题

1.3.1 煤炭开发利用对生态环境影响研究

煤炭资源的开发利用，不仅污染空气、土壤和水体，而且还引起土地退化、沙质荒漠化和水环境变化等。不同类型的矿山企业的开采工艺和影响环境的技术强度不同，它们对环境的影响方式也有所差别（图 1-1）^[5]（潘懋，李铁峰，2003）。

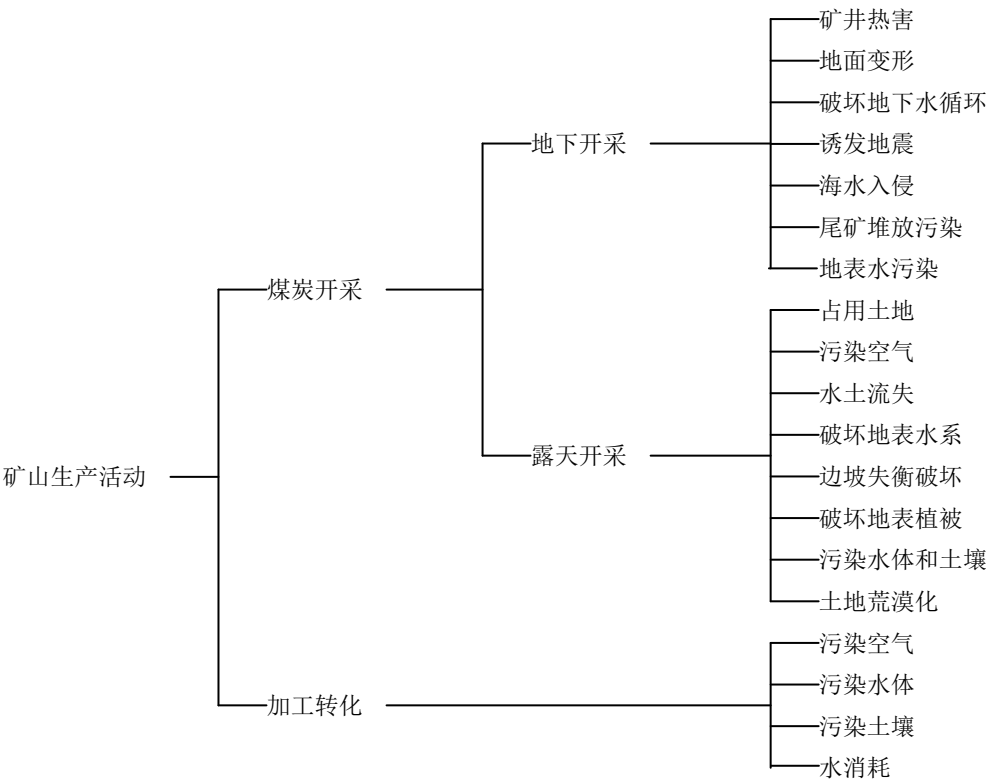


图 1-1 矿山生产活动对环境的影响

Figure 1-1 Effects of the mine productive activity to the environment

(1) 露天采煤对环境的影响

煤炭资源露天开采需要剥离表土，挖损土地，破坏地表，同时排出煤层上复表土和岩石，堆积地表、压占土地，致使这些被破坏、被压占的土地的原有生态面貌改变，植被被毁、气候条件改变^[11]（姜军，程建光，2002）。土地破坏在一定程度上影响了矿区的生态平衡，加剧了矿区土壤侵蚀，导致水土流失和水资源衰竭，破坏了矿区环境资源。陕西神府煤田自 20 世纪 80 年代中期开发以来，毁坏耕地 666.7hm²，堆放弃土弃渣 6000 万 t，破坏植被 4946.7hm²，年增加土壤侵蚀量 4514 万 t，增加入黄泥沙 2019 万 t。由于露天剥采，导致矿区荒漠化加剧。在神府-东胜煤田已开发的 17145km² 中，荒漠化土地面积达 14315km²，占开发面积的 85%^[12]（徐友宁，2001）。废石、尾矿等不适当的堆存在地形陡峭山坡，使斜坡加载不稳，在适当的雨水诱发下，发生滑坡、泥石流灾害，阻塞河道，导致水患。

采煤形成的巨大矿坑，由于地质构造、地表水以及地下水的作用，同时还由于边坡岩体性质等原因，容易诱发滑坡、塌陷、水土流失、泥石流等一系列的地质灾害^[13]（Keith S，1996）^[14]（Keller E A，1996），从而危及矿区周边的工厂和居民的生产和生活。不但造成

经济损失,还会影响周边地区的生态、地质环境。内蒙古平庄西露天煤矿自建矿以来,在其非工作帮已发生了大小 37 次滑坡,这些滑坡给露天矿造成了巨大的经济损失。仅 2002 年 6 月 25 日发生的一次滑坡就给露天矿造成了 1529.98 万元的直接经济损失^[15](王术合,李春兰,2004)。巨大矿坑严重破坏了地应力的自然平衡,改变了地表径流的产汇流条件,造成泉水枯竭、河水改道。为减少露天采煤对环境的影响,露天开采造成的剥离物、矸石等一般要回填,有的开采后还要恢复植被。

(2) 地下采煤对环境的影响

煤炭资源井巷开采会形成一定的地下采空面,导致上覆岩层的应力失衡而产生变形、变位,从而引起煤矿开采区地面开裂与沉降。而地面抽水、矿井排水以及岩溶塌陷则加剧了这种过程^[16](方华斌,高良敏,2000),生成的沉降区常常被地下水或大气降水浸满,形成大面积积水,引起地表水系变化和小气候变化,破坏了自然生态平衡。矿区地面塌陷造成大量农田损毁,地表建筑物遭受严重破坏,影响农业生产,危害居民的生命财产安全。据不完全统计,我国由煤炭矿井开采引起的地表塌陷面积已达 40 万 hm^2 ,平均每开采万吨煤炭,地表下沉 0.2 hm^2 。其中,造成减产和绝产的土地约为 14.13 万 hm^2 ,占 46.15%(姜军,程建光,2002)。开采沉降造成我国东部平原矿区土地大面积积水受淹和盐渍化,使西部矿区水土流失和土地荒漠化加剧(耿殿明,姜福兴,2002)。

井巷开掘使地下水的赋存状态发生变化;矿床疏干排水改变了地下水的天然径流和排泄条件,同时导致地下水资源的巨大浪费,使区域地下水水位大幅度下降,造成矿区水文地质环境的恶化。岩层疏干影响的预测和设计不合理时,还会导致露天边坡、台阶的蠕动和过滤变形而发生灾害,甚至诱发地震(潘懋,李铁峰,2003)。

(3) 煤矿废物对环境的污染

煤炭开采过程中产生的煤矸石平均约占煤炭开采量的 20%。由于利用率较低,大都露天堆放,在地表形成大小不等的矸石山头,占用大量的土地。煤矸石中含有大量的有机成分,同时含有金属、碱土金属和硫化物等,是无机盐类污染源(潘懋,李铁峰,2003)。由于长期暴露地表,在外力地质作用下,会发生氧化、风化和自燃,释放出大量的 SO_2 、 CO 、 CO_2 和烟尘等有害有毒气体,严重污染大气环境并直接损害周围居民的身体健康(姜军,程建光,2002)。大气降水渗入煤矸石后,少量直接渗入矸石堆地下,大部分形成溢流水,向地势低洼处急剧排泄。大量可溶性无机岩溶于水直接入渗补给地下水,造成矸石山周围地下水污染。煤矸石溢流水污染使土壤盐分升高而导致盐碱化,使作物生长发育受到影响,甚至导致部分耕地弃荒(潘懋,李铁峰,2003)。据不完全统计,我国国有煤矿现有矸石山 1500 余座,历年堆积量达 30 亿 t,占地 5000 hm^2 ,而且每年还要新产生矸石 1.2 亿 t 之多,造成土壤、水、大气和景观的污染(姜军,程建光,2002)。

煤炭资源开发过程中要排出大量的矿井废水。这些废水中含有大量的煤粉、岩粉等高浓度的悬浮物和 COD、BOD、石油类等污染物,由于利用率较低,大部分直接排入环境,对当地的水、环境和土壤造成严重的污染和破坏,凡是流经矿区的河流段,基本上都变成了污水河,失去了河水的资源价值,既影响了当地的农业生产,又影响了当地居民的生活用水和身体健康。煤炭加工转化过程中排放的大量煤泥水、洗矸石、煤尘和有毒有害废水及冲灰渣水等,都会对周围的环境造成严重的污染。我国 532 条河流,有 82% 受到污染,其中 30 条 500 km 以上的河流中,有 18 条受到煤泥水污染(方华斌,高良敏,2000)。

综上所述,不论是井下开采,还是露天开采,不管在平原,还是山区,在煤炭开发利用