

Study on the Environmental
Geochemistry of
Minor and Trace Elements

— Example for Yanzhou Mining Area

煤中微量元素的环境地球化学研究

——以兖州矿区为例

刘桂建 王桂梁 张威 著

中国矿业大学出版社

煤中微量元素的环境地球化学研究

——以兖州矿区为例

Study on the Environmental Geochemistry of Minor and Trace Elements

—Example for Yanzhou Mining Area

刘桂建 王桂梁 张 威 著
Liu Guijian Wang GuiLiang Zhang Wei

中国矿业大学出版社

China University of Mining & Technology Press

内 容 提 要

在对矿区 2 796 个钻孔、1 339 000 个数据等资料进行分析的基础上,作者采取 725 个煤和煤矸石样品进行了淋溶实验、洗选实验、浮沉实验、土壤实验和燃烧实验,结合兖州矿区沉积环境演化、煤质和煤化学特征,运用数理统计等方法对矿区煤中微量元素进行了研究。通过淋溶实验可知:微量元素 Cu、Cl、Zn、As 等元素随着 pH 值的增大,从煤中的溶出浓度减少;而 F、Cr 随着 pH 值的增大,其溶出浓度也随之增大;Pb、Hg 的溶出浓度与 pH 值的关系则不明显。煤或煤矸石在燃烧时,煤中部分微量元素以烟或微小颗粒状物质形式排放到大气中去,部分存在于燃烧的灰渣中。Cl、F 主要以有机态存在于煤中,燃烧时几乎全部以烟尘形式排出,对大气产生污染;其他金属微量元素(Cu、Zn、Pb、As、Cd、Hg 等)主要以淋溶形式析出,对水环境和土壤环境影响严重。无论以什么形式析出,有毒有害微量元素都是在大气—水—土壤—生态环境系统中循环,最终的环境效应表现为对人类生存和生活环境产生影响。

本书可供从事煤田地质、地球化学、环境科学等方面的科研人员、研究生、本科生以及工矿企业生产技术人员参考、使用。

责任编辑 宋党育 何 戈

责任校对 杜锦芝

图书在版编目(CIP)数据

煤中微量元素的环境地球化学研究:以兖州矿区为例/
刘桂建等著. —徐州:中国矿业大学出版社,1999. 6

ISBN 7-81070-030-8

I. 煤… II. 刘… III. 煤-微量元素-地球化学-研究 IV
. P618. 11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 17070 号

中国矿业大学出版社出版发行

(江苏徐州 邮政编码 221008)

出版人 解京选

徐州新华印刷厂印刷 新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 8.75 字数 205 千字

1999 年 6 月第 1 版 1999 年 6 月第 1 次印刷

印数 1~1000 册 定价 25.80 元

作者简介



刘桂建,男,1966年生,安徽省涡阳县人,博士,高级工程师。1996年7月在淮南矿业学院获硕士学位,专业方向为环境地质。1999年7月在中国矿业大学获博士学位,专业方向为环境地球化学。地质学会、煤炭学会煤田地质专业委员会青工委委员,现在山东省煤田地质局从事煤田地质研究及勘探工作。先后主持、主编和参加地质报告、设计的编制工作20余件,科研项目10余项,正式发表学术论文20余篇。



王桂梁,男,1933年生,天津市人,教授,博士生导师。1957年北京矿业学院研究生毕业,现为中国矿业大学煤田、油气地质与勘探重点学科学术带头人,中国地质学会构造专业委员会、国际构造地质和大地构造学家协会、美国科学促进会4个国际学术团体会员。先后完成国家重点、国家基金等20多项科研项目;获得过包括2项国家级、8项省部级在内的各种奖励20余个;已出版8本专著和百余篇论文。



张威,男,1940年11月生,河北省张家口人,教授级高级工程师,煤炭建设一级总监理工程师,毕业于北京矿业学院。三十余年来,一直从事煤田地质、工程地质、地球物理勘查及其科研工作,先后主持、主编和参加各类地质报告、设计编制40余件,主持和参加科研项目20余项,发表论文10余篇。

序 一

煤层在其形成与演化过程中从成煤植物、介质和环境继承或混入了各种微量元素。这些以不同形式赋存于煤中的微量元素,在煤的采掘、运输、储存、洗选和燃烧过程中析出,并进入大气—水—土壤—生态环境系统,造成环境的污染与恶化,从而给人类和生物圈带来危害。这是当今制约社会经济发展、阻碍可持续发展战略的重大关键问题。

《煤中微量元素的环境地球化学研究》一书,把煤的地球化学与环境科学有机地结合起来,在大量测试资料的基础上,通过对煤和煤矸石的淋溶实验、洗选实验、浮沉实验、土壤实验、燃烧实验,结合兖州矿区煤系沉积环境演化、煤质和煤化学特征,运用数理统计等方法对煤中微量元素的物质来源、分布规律、赋存状态、析出途径、迁移过程及其环境效应进行了系统分析和深入研究,取得了创造性的进展。书中通过分析微量元素与煤中有机物和无机物组分、三态硫及灰分产率之间的相互关系,提出了不同微量元素的赋存状态及其析出特征:微量元素 Cl、F 主要以有机状态存在于煤中;而金属元素 Ge、U、Th、Cu、Pb、Zn 以无机态存在为主;微量元素 Zn、Pb、Cu 与三态硫有密切关系。煤在燃烧或自燃时以有机态存在的 F、Cl 多以气体形式排入大气而且析出率较高;而无机态存在的微量元素除以微小颗粒状物质(烟尘)排入大气外,还有部分保存在灰渣中。在采样测试的基础上,证实了飞灰中微量元素的富集浓度大于底灰中的富集浓度,提出了微量元素在淋溶析出时,Cu、Cl、Zn、As 等元素随着 pH 值的增大而减少,而 F、Cr 随 pH 值的增大,溶出浓度也加大等创新性的见解。

该书在深刻地指出了微量元素赋存与析出的规律之后,进一步用大量的实际资料研究了微量元素进入表生环境后,在水、风、温度、生物等条件下发生的迁移和转化过程及其环境效应。如在大气中以气态分子、挥发性化合物或气溶胶等状态迁移,也可以飞灰形式造成大气污染;而液态以复杂的离子、分子状态存在于溶液、胶体溶液中,并随地表水、地下水迁移造成水环境的污染。生物生长从地表环境中吸取有害微量元素,在生物体内达到一定浓度时,通过生物链影响人体健康。

该书系统完善地论述了煤中微量元素形成、富集以及以不同方式析出、运移的规律,将对煤中微量元素的研究最终归结到对人类生活环境的影响,逻辑系统清楚、资料翔实可信、理论分析深刻,是国内关于煤中微量元素环境地球化学研究的第一本专著,既有较高的学术价值,又是一部优秀的科技专著,在预防煤中有毒有害元素对环境的影响、保护生态和人类生存环境等方面具有指导意义和现实意义。

韩德馨

1999 年 1 月

序 二

《煤中微量元素的环境地球化学研究》一书以兖州矿区为例,在700多个样品实验和4000多个实验数据以及原有近134万个数据分析、整理的基础上,论述了煤中微量元素的来源、分布规律、控制因素与赋存状态,在此基础上,通过对煤和煤矸石的淋溶实验、洗选实验、浮沉实验、土壤实验和燃烧实验,深刻地揭示了煤中各种微量元素的析出条件、析出方式和析出浓度及其对大气、水、土壤和生态环境的影响。该书的作者将煤中微量元素的地球化学特征与人类的生存和生活环境结合起来,在微量元素环境地球化学研究方面,提出了许多开创性新成果,主要表现在以下几方面:

(1) 运用数理统计等方法,分析了煤中微量元素与灰分产率、三态硫和有机显微组分之间的相互关系,研究了煤中微量元素的主要来源以及影响煤中微量元素沉积、运移、富集的主要因素;

(2) 较系统、全面地把煤地球化学与环境科学有机结合起来,深入地研究了煤中微量元素的析出机理,分析了煤中微量元素的析出途径及影响因素,揭示了在不同温度、pH值和时间作用下,微量元素从煤中淋溶析出的浓度变化规律;

(3) 对微量元素在表生环境中的迁移及环境效应方面进行了新的探索性研究,本书对煤中微量元素在大气—土壤—水—生态系统中的迁移特征及对环境的影响进行了分析,这一点是煤地球化学工作者今后应该继续努力研究的方向;

(4) 本书把地质学、环境科学、煤地球化学、土壤学、生态学、水科学、大气学、数学、分析化学、计算机等诸多学科结合起来,既研究煤地球化学和环境科学方面的理论,又对燃煤地区或产煤地区预防煤中有毒有害微量元素的污染提供了理论依据。

该书不仅在学科交叉研究方面做了许多有益的探索,进行了规律性的总结,而且在防止和抑制煤中有毒有害元素对环境的污染、保护和净化人类的生存空间等方面具有现实的指导意义。我愿将这本有关环境科学方面的优秀科技专著推荐给煤田地质、矿山环境保护和其他领域的科技工作者。愿我们在满足国民经济对能源需求的同时,也保护我们的地球家园,为子孙后代留下可持续发展的清洁矿区和城市环境。

马吉垣

1999年1月

前 言

由煤地球化学与环境地质科学融会交叉而构成的《煤中微量元素的环境地球化学研究》一书,由酝酿到成书经历了相当长的时间。早在80年代末期,作者在对山东梁宝寺区环境水文地质进行研究时,就曾发现该区浅层地下饮用水中氟含量异常高,影响了当地人民的身体健康。与此同时,在对该区煤矸石综合利用进行评价研究时,发现该区煤矸石中某些微量元素含量较高,为此,1996年在煤中微量元素分布规律方面做了前期工作。1996年底又以兖州矿区为例,开展了煤中微量元素赋存状态及其对环境的影响方面的研究工作。1997~1998年间本书第一作者在导师王桂梁教授、张威教授级高工的指导下,完成了一份博士论文——《兖州矿区煤中微量元素的环境地球化学研究》。在该博士论文的基础上,经过任德贻教授、唐修义教授及其他专家的审阅、指正,对有些数据甚至对原煤田勘探阶段的地球化学资料都进行了认真的修订和完善,并统编改写,最后经第一作者反复修正而成书。

本书共分三大部分,第一部分为绪论篇,主要论述关于煤中微量元素的研究在国内外发展的历史、现状及今后发展的方向,同时对本书取得的成果和有关工作思路等进行了说明;第二部分为煤中微量元素的地球化学篇,主要研究和阐述了煤中微量元素(以兖州矿区为例)的分布规律、存在状态及其沉积成因、迁移富集特征;第三部分是煤中微量元素的环境篇,通过各种室内实验测试,分析了煤中微量元素在自燃、洗选、淋溶和不同温度下燃烧等过程的析出机理、析出浓度以及在大气—土壤—水—生态系统中的环境效应,最后综合分析和总结了国内外学者在煤中微量元素的环境地球化学研究方面所取得的主要成果。

本书的出版得到中国煤田地质总局科技处、煤炭科学基金(编号:97地10103)和山东煤田地质局的资助。山东煤田地质局的领导及同志们对作者工作及对本书的出版十分关心。在工作期间,得到中国工程院胡海涛院士、韩德馨院士,中国科学院马杏垣院士,中国矿业大学任德贻教授、金奎励教授、秦勇教授、赵峰华博士、杨永国副教授、冯启言副教授,中国水文地质工程地质研究院郝爱滨博士,淮南工业学院唐修义教授,煤炭科学总院西安分院王煦曾教授级高工,中国煤田地质总局秦杰教授级高工、谭永杰高工,中国煤田地质勘探普查队、云南、重庆、哈尔滨煤田地质研究所等单位的专家和学者的指导和热情帮助。在采样和测试过程中,兖州矿务局地测处及各煤矿地测科、兴隆庄矿洗煤厂、发电厂,山东煤田地质局化验室,中国矿业大学测试中心,中国科学院高能物理研究所等单位给予了大力支持,在此向他们表示衷心感谢!山东煤田地质局第三勘探队杨萍玥工程师在数据统计、图件的绘制、文字录入、部分内容的修改等方面做了大量工作,在此向她表示衷心感谢。受作者水平限制,书中存有不足之处,请专家和各位读者提出宝贵意见。

作 者

1999年1月

ABSTRACT

Based on data of 2796 drilling-holes, by leaching experiments, washing-choosing experiments, floating-sinking experiments, soil experiments with 725 samples, combustion experiments of coal and coal-gangue, and combined by evolution of sedimentary environment, and coal quality and chemical properties in Yanzhou mining area, the paper deals with the occurrences of minor and trace elements in coal using the mathematical statistics method etc. Its achievements are mainly as follows:

Generating-coal plant is the main substantial base of the minor and trace elements in coal, while the distribution and concentration of the minor and trace elements are controlled by the palaeosol soil of generating-coal, the properties of water media, the activity of groundwater, the affection of magmatic hydrothermal solution and the property of surrounding rock etc. The content of minor and trace elements in coal bed near the roof and floor is higher; on the same sedimentary cycling, the minor and trace elements in coal seam which is on the bottom of sedimentary cycling is higher.

All minor and trace elements exist in form of inorganic or organic status, only their cohesive force and their stability are different. The compound or complex form combined by covalent bond mainly lie in the high metamorphic coal and is stable. The compound form by electrostatic force mainly lie in lower metamorphic coal, and its stability is bad. F and Cl elements exist mainly in organic form, and other metal elements such as Ge, U, Th, Cu, Pb, Zn, are mostly in inorganic form. As and V elements exist partly in inorganic form and partly in organic form, and minor and trace elements such as Zn, Pb, Cu are closely related to the three phase sulphur. they often exist in sulphide or other formation of sulphur.

The minor and trace elements will separate from coal during the coal or coal-gangue spontaneously burning, coal-washing and choosing, leaching or other processing and utilizing, and the concentration of the minor and trace elements separating out are related to the elementary existing status, atomic physical and chemical performance, moreover it is affected by media acting time, pH value and temperature.

While coal or coal-gangue spontaneously burning or burning, part minor and trace elements in coal give off in smoking or tittle-grain-substance form, and the rest lie in burning ash. The higher the temperature of coal burning is, the more the concentration of the minor and trace elements separating out of coal. But the separated quantity is nearly related to existing form of minor and trace element. Elements Such as Cu, Pb, Zn, Th etc existing in inorganic status, their enriched concentration in fly ash is the biggest, and that in middle ash the bigger, that in bottom ash the smallest. But elements such as F and Cl existing in organic status is converse with the rule, namely their enriched concentration in bottom ash are the

biggest.

It is achieved by leaching experiments; the higher the content of minor and trace elements in coal is, the larger their separated quantity by leaching is commonly. The longer time by leaching and the higher temperature of leaching liquid, the higher the concentration of minor and trace elements separating out of coal; Minor and trace elements such as Cu, Cl, Zn, As etc, their separated concentration declines with pH value increasing. The separated concentration increases with the pH value rising, and the separated concentration of Pb and Hg has little relation to pH value. In the beginning of leaching liquid, pH value is given by people purposefully, hydrogen ion produced by substantial structural changing in coal causes pH value changing.

Minor and trace elements in coal lying in surface environment mainly have three basic type, namely physical, chemical, biological migration. The property of media (such as water, temperature, pH value, water and rain) and the migratory way affect the migratory ability.

The higher the concentration of the poisonous and harmful minor and trace elements separated out of coal is, the more intensity they affect environment. Cl and F mainly lie in coal in organic status, while burning they give off in smoking during burning and pollute mainly air; other mental elements such as Cu, Zn, Pb, As, Cd, Hg etc. are separated mostly out in leaching form, therefore they pollute intensity water and soil environment. But no matter what they are separated in any form, the poisonous and harmful minor and trace elements bound up cycle in air-water-soil-ecological environmental system, ultimately their environmental effect will take on affecting the human surviving and living environment.

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 研究煤中微量元素的意义.....	1
第二节 煤中微量元素及环境地球化学的概念.....	1
第三节 国内外研究历史与现状.....	3
一、国外研究历史与现状.....	3
二、国内研究现状.....	7
第四节 研究的主要内容及主要成果.....	9
一、主要研究内容.....	9
二、主要成果.....	10
第五节 研究的方法及流程.....	11
第六节 样品采集、测试及研究工作量.....	12
一、样品的采集及制备.....	12
二、微量元素的测试.....	12
三、研究工作量.....	13
第二章 兖州矿区概况	15
第一节 位置、交通与自然地理.....	15
第二节 矿区地质概况.....	16
一、地层.....	16
二、煤系沉积环境.....	16
三、构造.....	17
四、岩浆岩.....	17
五、水文地质.....	17
六、煤层与煤质.....	17
第三章 煤层中微量元素的分布规律	20
第一节 微量元素分布的地质背景.....	20
一、煤系地层与沉积环境.....	20
二、煤质煤岩特征.....	20
三、煤化学基本特征.....	21
第二节 煤中微量元素的平面分布规律.....	22
一、Ge、Ga 元素在矿区中的分布特征.....	22
二、济宁煤田微量元素的分布.....	24

第三节	微量元素在垂向上的分布规律	31
一、	煤系地层、不同煤层间的垂向分布	31
二、	同一煤层内的垂向分布	32
第四节	小结	41
第四章	煤中微量元素的赋存状态	42
第一节	微量元素的赋存状态及其研究方法	42
一、	微量元素的赋存形式	42
二、	煤中微量元素赋存状态的研究方法	43
第二节	煤中微量元素的有机亲和性综述	44
第三节	煤中微量元素与煤中有机、无机组分的关系	44
一、	微量元素与煤中有机质的关系	44
二、	微量元素与硫分的关系	46
三、	微量元素与无机组分的关系	48
第四节	煤中微量元素与灰分的关系	50
第五节	浮沉实验与微量元素的赋存状态	53
一、	基本原理	53
二、	测定方法	53
三、	结果与分析	53
第六节	小结	56
第五章	煤中微量元素的来源及控制因素	57
第一节	煤中微量元素的来源	57
一、	微量元素的来源	57
二、	来自物源区母岩	57
三、	来自成煤植物	59
四、	其他来源	60
第二节	影响微量元素富集的主要地质因素	60
一、	原生影响因素	61
二、	次生影响因素	62
三、	后生影响因素	63
第三节	小结	65
第六章	微量元素从煤中析出的特征	66
第一节	煤中微量元素的析出途径	66
第二节	微量元素在煤燃烧过程中的析出	67
一、	煤和煤矸石自燃与微量元素的析出	67
二、	煤燃烧与微量元素的析出	68
三、	燃烧实验与微量元素的析出	71

第三节	洗选过程中微量元素的析出	72
一、	采样与测试	72
二、	微量元素在不同粒度洗选物中的富集	72
三、	微量元素在不同密度级煤中的富集	73
四、	微量元素向洗选液中的析出	73
第四节	煤的淋溶与微量元素的析出	76
一、	淋溶实验	76
二、	影响微量元素淋溶析出的因素	77
三、	微量元素的溶出率	82
四、	淋溶中微量元素对环境的污染参数估算	82
第五节	物理化学参数对煤中微量元素析出的影响	84
一、	赋存状态对微量元素析出的影响	84
二、	化学键对微量元素析出的影响	84
三、	极化对微量元素析出的影响	85
四、	离子电价对微量元素析出的影响	85
五、	化合物溶解度对微量元素析出的影响	86
第六节	小结	86
第七章	煤中微量元素在表生环境中的迁移与环境效应	87
第一节	微量元素在表生环境中迁移的特点及影响因素	87
一、	煤中微量元素在地表环境中迁移的特点	87
二、	煤中微量元素在地表环境中迁移的类型	88
三、	影响微量元素迁移的因素	89
第二节	微量元素在大气中的迁移及环境效应	91
一、	煤中微量元素向大气中释放的途径与形式	92
二、	煤中微量元素在大气环境中的迁移	92
三、	微量元素在大气中的环境效应	92
第三节	微量元素在水环境中的迁移及环境效应	93
一、	煤或煤矸石中微量元素对水环境污染的方式	93
二、	微量元素在水环境中的迁移	93
第四节	煤中微量元素在土壤环境中的迁移与环境效应	96
一、	土壤实验与微量元素在土壤环境中的迁移	96
二、	微量元素在土壤环境中的行为特征	101
三、	土壤中微量元素的生物积累作用	104
第五节	小结	106
第八章	结 论	107
一、	微量元素对环境的影响及其在煤中的分布	107
二、	微量元素赋存状态的多样性和复杂性	108

三、微量元素从煤中析出的影响因素	108
四、微量元素在表生环境中的迁移与环境效应	109
五、微量元素在自然界中的循环	110
参考文献	112

CONTENT

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Significance of study on minor and trace elements in coal	1
1.2 The concept of minor and trace elements in coal and environmental geochemistry	1
1.3 The history and present research at home and abroad	3
1.3.1 Historical and present research at abroad	3
1.3.2 Present research at home	7
1.4 Major contents and conclusions of the research	9
1.4.1 Major contents of the research	9
1.4.2 Major conclusions of the research	10
1.5 Technical working methods of the research	11
1.6 Sample-collecting, testing and workload of the research	12
1.6.1 Sample-collecting	12
1.6.2 Sample-testing	12
1.6.3 workload of the research	13
Chapter 2 General situation in Yanzhou mining area	15
2.1 Location, accessibility and natural geography	15
2.2 Geological outline in mining area	16
2.2.1 Stratum	16
2.2.2 Sedimentary environment	16
2.2.3 Structure	17
2.2.4 Magma rock	17
2.2.5 Hydrology	17
2.2.6 Coal seam and coal quality	17
Chapter 3 Distribution laws of minor and trace elements in coal	20
3.1 Distribution geological backgrounds of minor and trace elements	20
3.1.1 Coal measure and sedimentary environment	20
3.1.2 Characteristics of coal quality and coal petrology	20
3.1.3 Characteristics of coal chemistry	21
3.2 Distribution laws of trace and minor elements on plane in coal	22
3.2.1 Distributing characteristics of Ge and Ga in mining area	22

3. 2. 2 Distributing of minor and trace element in Jining coal field	24
3. 3 Distribution laws of trace and minor elements in vertical in coal	31
3. 3. 1 Vertical distribution in coal measure and during different coal seams	31
3. 3. 2 Vertical distribution in the same coal seam	32
3. 4 Summary	41
Chapter 4 Adherent status of minor and trace elements in coal	42
4. 1 Adherent status of minor and trace elements and its study methods	42
4. 1. 1 Forms of minor and trace elements in coal	42
4. 1. 2 Research methods on adherent status of minor and trace elements	43
4. 2 General description on organic affinity of minor and trace elements	44
4. 3 Relation between minor and trace elements and organic, inorganic ingredient	44
4. 3. 1 Relation between minor and trace elements and organic ingredient	44
4. 3. 2 Relation of minor and trace elements and sulphur	46
4. 3. 3 Relation between minor and trace elements and inorganic ingredient	48
4. 4 Relation between minor and trace elements and ash productive ratio	50
4. 5 Floating-sinking experiments and adherent status of minor and trace elements	53
4. 5. 1 Basic principle	53
4. 5. 2 Testing method	53
4. 5. 3 Results and analyses	53
4. 6 Summary	56
Chapter 5 Source and controlled factors of minor and trace elements in coal	57
5. 1 Source of minor and trace elements in coal	57
5. 1. 1 Source way of minor and trace elements	57
5. 1. 2 matrix-rock in source area	57
5. 1. 3 Generating-coal plant	59
5. 1. 4 Other sources	60
5. 2 Major geological factors affecting enriched situation of minor and trace elements	60
5. 2. 1 Primary affecting factor	61
5. 2. 2 Secondary affecting factor	62
5. 2. 3 Subsequent affecting factor	63
5. 3 Summary	65
Chapter 6 Characteristics of minor and trace elements separated out of coal	66
6. 1 Ways of minor and trace elements separated out of coal	66

6. 2 Separation-out of minor and trace elements in the course of combustion	67
6. 2. 1 Spontaneous combustion of coal and coal-gangue and separation-out of minor and trace elements	67
6. 2. 2 Combustion and separation-out of minor and trace elements	68
6. 2. 3 Combustion experiment and separation-out of minor and trace elements	71
6. 3 Separation-out of minor and trace elements during washing-choosing processing	72
6. 3. 1 Samples-collecting and testing	72
6. 3. 2 Enrichment of minor and trace elements in the different granularity	72
6. 3. 3 Enrichment of minor and trace elements in different density	73
6. 3. 4 Separation-out of minor and trace elements in washing-choosing solution	73
6. 4 Coal leaching and separation-out of minor and trace elements	76
6. 4. 1 Leaching experiment	76
6. 4. 2 Separation-out factors of minor and trace elements leached	77
6. 4. 3 Separation-out rate of minor and trace elements in leaching	82
6. 4. 4 Estimation to environmental pollution parameters of minor and trace elements in leaching	82
6. 5 Influence of atomic physical and chemical parameter to separation-out of minor and trace elements	84
6. 5. 1 Influence of adherent status to separation-out of minor and trace elements	84
6. 5. 2 Influence of chemical bond to separation-out of minor and trace elements	84
6. 5. 3 Influence of polarity to separation of minor and trace elements	85
6. 5. 4 Influence of ion electronic valence to separation of minor and trace elements	85
6. 5. 5 Influence of compound dissolvability to separation of minor and trace elements	86
6. 6 Summary	86

Chapter 7 Migration of minor and trace elements in surface environment and environmental effect	87
7. 1 Migrating feature and their effecting factors of minor and trace elements in surface environment	87
7. 1. 1 Migrating feature of minor and trace elements in surface environment	87

7. 1. 2 Migrating type of minor and trace elements in surface environment	88
7. 1. 3 Factors affecting migration of minor and trace elements	89
7. 2 Migration in the air of minor and trace elements and environmental effect	91
7. 2. 1 Ways and forms of minor and trace elements giving off	92
7. 2. 2 Migration in the air of minor and trace elements in coal	92
7. 2. 3 Environmental effects of minor and trace elements	92
7. 3 Migration in water of minor and trace elements and environmental effect	93
7. 3. 1 Patterns of minor and trace elements in coal or coal-gangue polluting to water environment	93
7. 3. 2 Migration of minor and trace elements in water environment	93
7. 4 Migration of minor and trace elements in soil and environmental effect	96
7. 4. 1 Soil experiments and minor and trace elements migrating to soil	96
7. 4. 2 Behavior of minor and trace elements in soil environment	101
7. 4. 3 Accumulation of minor and trace elements in biologic-bodies in soil	104
7. 5 Summary	106
Chapter 8 Conclusions	107
8. 1 Environmental influence on formation of minor and trace elements and their distribution in coal	107
8. 2 Variety and complexity of adherent status of minor and trace elements in coal	108
8. 3 Effecting factors to separation-out of minor and trace elements from coal	108
8. 4 Migration of minor and trace elements in surface environment and their effect	109
8. 5 Cycling of minor and trace elements in natural environment	110
References	112