

Analysis of the Influence of Waste Rock Field on Groundwater Quality in Tongjie-Manjiazhai Mining Area

Junshan Weng*, Yanhong Xiao, Jianming Jiang, Jiwen Gong

China Coal Technology & Engineering Group, Chongqing Engineering Limited Liability Company, Chongqing
Email: *wengjs@163.com

Received: Jul. 10th, 2018; accepted: Jul. 24th, 2018; published: Aug. 2nd, 2018

Abstract

The GMS software was used to establish the groundwater flow model and solute transport model of the waste rock field in the study area, and the migration law of pollutants in the leachate in the waste rock field in the study area was predicted and analyzed, in order to find out the migration law of pollutants, predict the pollution range and concentration distribution of the construction of the waste rock field to the underground aquifer. Studies have shown that: pollutants enter the groundwater, the concentration of pollutants in the aquifer gradually increases, the pollution range continues to expand, and the groundwater quality of the site is polluted. The pollutants in the waste rock field will continue to spread to the Wanlongshan tailings reservoir, which has little impact on the downstream spring spots.

Keywords

GMS, Groundwater Pollution, Water Flow Model, Solute Transport

铜街 - 曼家寨矿区废石场对地下水水质影响分析

翁君山*, 肖艳红, 江建明, 龚继文

中煤科工集团重庆设计研究院有限公司, 重庆
Email: *wengjs@163.com

收稿日期: 2018年7月10日; 录用日期: 2018年7月24日; 发布日期: 2018年8月2日

*通讯作者。

文章引用: 翁君山, 肖艳红, 江建明, 龚继文. 铜街 - 曼家寨矿区废石场对地下水水质影响分析[J]. 环境保护前沿, 2018, 8(4): 308-315. DOI: 10.12677/aep.2018.84037

摘要

运用GMS软件建立研究区废石场地下水流模型及溶质运移模型,对研究区废石场渗滤液中的污染物在地下水中的迁移规律进行预测分析,从而找出污染物的运移规律,预测废石场的建设对地下含水层的污染范围和浓度分布。研究表明:污染物进入地下水,含水层中污染物浓度逐渐升高,污染范围不断扩大,对场地地下水水质产生污染。废石场内污染物将持续扩散至万龙山尾矿库内,对下游的泉点产生影响小。

关键词

GMS, 地下水污染, 水流模型, 溶质运移

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

GMS是目前国际上最先进的综合性地下水模拟软件包,其软件模块多,功能全,几乎可以模拟与地下水有关的所有水流和溶质运移问题[1][2][3]。随着科学技术的快速发展,GMS版本和功能也进行了升级和完善,补充许多新的应用程序,不断完善各模块的功能,其模拟运行的精确度也不断提高[4]。目前,国内外已有一些关于运用GMS模拟地下水溶质运移的研究[5][6][7]。

地下水水质的分析与研究是为了满足用水户不同的水质需求[8]。对存在的地下水水质问题寻求可能的解决方法与对策,从而实现水资源的持续利用[9][10]。根据反映地下水物理化学特性的多个指标进行地下水水质评价,通过数学方法的计算,得到最终适用的地下水水质等级评价结果[11]。地理信息技术等更为区域地下水水质演变与地下水水质演变成因分析的实现提供了可能[12][13]。监测地下水水质动态,建立水质资料数据库,预报地下水中污染物是国内外发展趋势[14][15]。

本文以铜街-曼家寨矿区东部废石场为例,在研究场区水文地质条件的基础上,运用GMS中的MODFLOW模块建立三维数值模型,进行地下水流场数值模拟。针对废石淋滤液下渗情景下对地下水环境造成的影响进行预测分析,选用MT3D模块进行污染物溶质运移数值模拟,研究污染物在地下环境中的浓度变化情况。通过地下水环境影响数值模拟,预测地下水可能受到污染的情况。

2. 研究区概况

2.1. 研究区概况

铜街-曼家寨矿区位于云南省文山壮族、苗族自治州马关县都龙镇,设计开采标高为+1420~885米,开采方式为露天开采。矿山现有一个废石场,根据废石浸出毒性检测结果,废石属第I类一般工业固体废物,废石场位于曼家寨采矿场东部,占地面积115.74 hm²,库容8700万 m³。

2.2. 区域水文地质条件

区域含水层组主要有岩溶-裂隙水、裂隙水含水层组两大类:

- 1) 碳酸岩盐岩溶-裂隙水含水层组

分布于都龙西部, 面积 31.14 km², 可划分为三个富水等级: ϵ_{3t} 富水性强、 ϵ_{3x} 富水性中等、 ϵ_{2l} 富水性较弱。

2) 裂隙水含水层组

分布于都龙以东及北部地区, 面积 68.86 km², 可划分为三个富水等级: ϵ_{2t} 富水性较弱、 ϵ_{1ch} 富水性弱、花岗岩(γ_s^{3b} 、 γ_s^{3c})富水性强。

区内隔水层为田蓬组第一段、第五段(ϵ_{2t}^1 、 ϵ_{2t}^5)、新鲜花岗岩(γ_s^{3b} 、 γ_s^{3c})等地层。它们将各含水层组隔离, 使测区内形成一个具多层结构的含水层系统。

2.3. 水文地质单元划分

本项目将研究区的水文地质单元划分为 6 个水文地质块段, 分别命名为四台坡水文地质块段(II)、南加水文地质块段(II2)、南当厂大沟水文地质块段(II3)、铜街-曼家寨水文地质块段(III1)、烟山水文地质块段(II2)、马鞍山-大寨水文地质单元(III)。如图 1 所示。东部废石场位于铜街-曼家寨水文地质块段(III1)与四台坡水文地质块段(II)两个水文地质单元地块之间(图 1)。

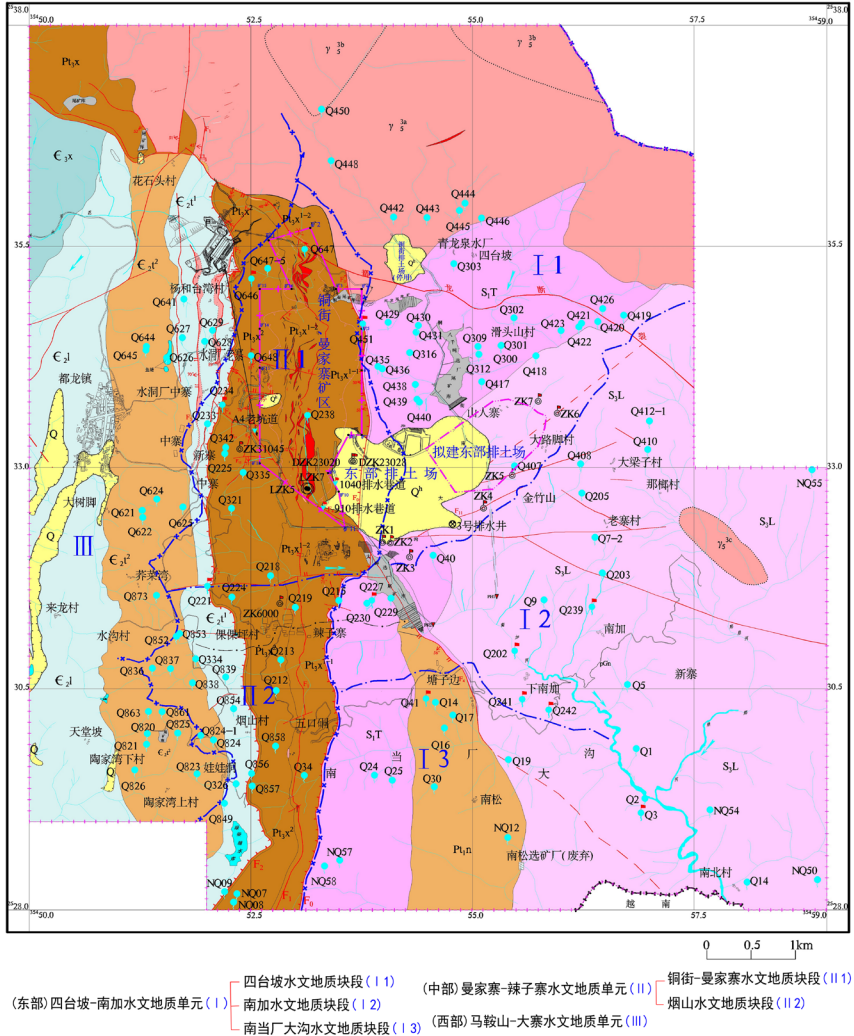


Figure 1. Area map of hydrogeological units in the survey area
图 1. 调查区水文地质单元分区图

3. 地下水流数值模拟和污染物溶质运移数值模拟

3.1. 水文地质概念模型

使用 GMS 软件进行数值模拟，其概念模型的建立主要包括研究区的划定及概化、边界条件的确定及水文地质参数的赋值(见 3.2)。

3.1.1. 网格剖分

模拟区范围为 13.8 km²，平面上将模拟区剖分为 861,813 个网格，垂向上分为 2 层，其中模型有效网格 270,738 个，每个网格长宽均为 10 m，模拟区平面和空间三维模型如图 2 所示。

3.1.2. 模拟流场及初始、边界条件

为了更为准确概化模型区水文地质条件，模型在确定边界时遵循尽可能采用自然边界的原则。预测区北东部马关 - 都龙断裂，南部辣子寨、四台坡次级分水岭均概化为零流量边界，南部万龙山尾矿库概化为定水头边界，西部 F2 断裂概化为弱透水边界，次级分水岭概化为零流量边界。

3.2. 水文地质参数确定

3.2.1. 渗透系数

本次模拟将模拟区含水层进行了概化，将目标含水层区域渗透系数主要划分为六个分区，分区结果如图 3 所示。同时对导水断裂 F1 周围采取加大渗透系数处理的办法，结果见表 1。

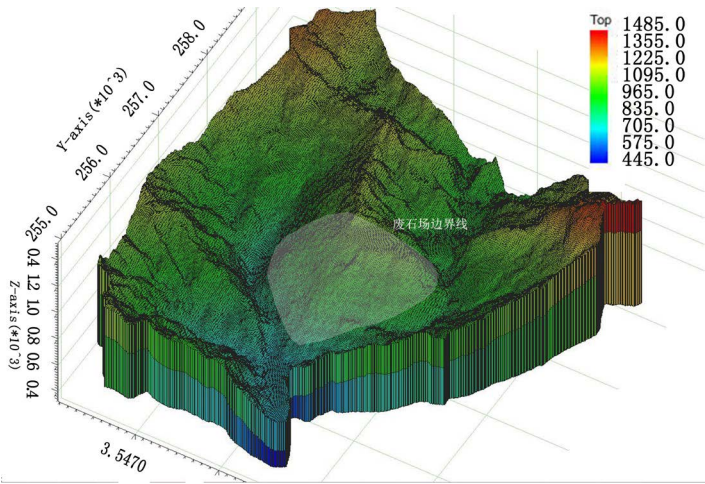


Figure 2. 3D model of the simulated area space
图 2. 模拟区空间三维模型

Table 1. Percentage table of target aquifer permeability coefficient in evaluation area
表 1. 评价区目标含水层渗透系数分区表

分区及编号	水平渗透系数 K_x 、 K_y (m/d)	垂向渗透系数 K_z (m/d)
1	0.02	0.002
2	0.025	0.0025
3	0.015	0.0015
4	0.2	0.02
5	0.4	0.04
6	0.15	0.015

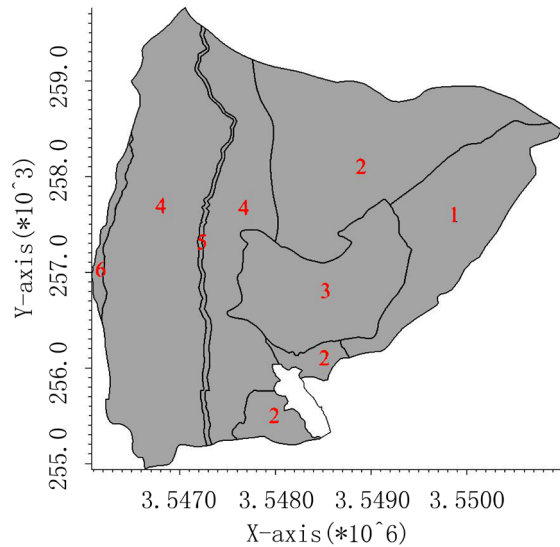


Figure 3. Schematic diagram of the permeability coefficient of the study area
图 3. 研究区渗透系数分区示意图

3.2.2. 降雨入渗系数

项目区域多年降雨年平均降水量 1351.1 mm。区域降雨入渗系数分布如图 4 所示。

3.2.3. 弥散系数

开展野外弥散试验并参考经验值在模型中进行适当修正，纵向弥散系数为 $2 \text{ m}^2/\text{d}$ ，横向弥散系数为 $0.2 \text{ m}^2/\text{d}$ 。

3.3. 模型的验证识别

本次地下水位分布基本和地形变化一致，受区内地形地貌、富水岩组分布及构造发育等条件控制，水力坡度从北部山顶各山脊线沿山坡向谷底及溪谷下游逐渐减少，受区域地表水控制最终汇入南家河，这与当地水文地质条件及实地调查结果相符，流场基本合理。本次模拟利用废石场场内及拦挡坝处勘查期间七个钻孔水位观测孔，用以验证其模拟计算水位与实际工程地勘中的实际观测水位之间的匹配性。

模拟区潜水含水层观测水位和计算水位拟合情况如图 5 所示。

3.4. 模拟因子选择和污染源强设定

本次源强依据废石场废石浸溶试验结果，选取浸溶实验浸出且有质量标准、占标率较高的氟化物作为预测特征因子。氟化物的初始浓度为 3.77 mg/L 。利用验证后的模型来预测不同时间下各预测因子的浓度。

由于东部废石场目前已经堆存了 10 年，本次模拟主要考虑有三个时间段对地下水环境的影响：东部废石场堆存 10 年的污染物模拟、往后继续堆存至服务期满(18 年)的污染物模拟、封场后 5 年(23 年)污染物模拟。

3.5. 污染物浓度变化趋势

如图 6~8 显示了废石场渗滤液中氟化物随水流运移扩散的污染晕 10 年、18 年、23 年时浓度分布情况。

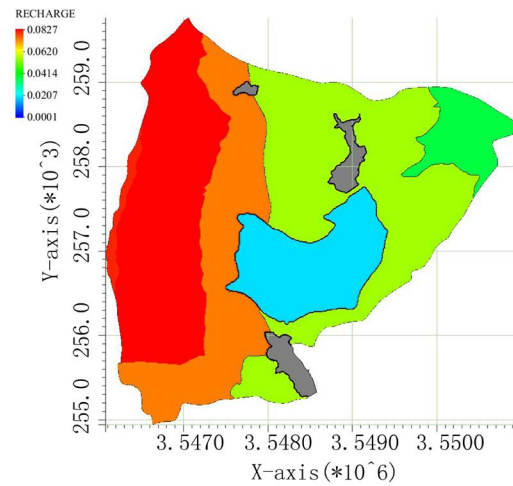


Figure 4. Distribution of rainfall infiltration recharge in the study area

图 4. 研究区降雨入渗补给分布图

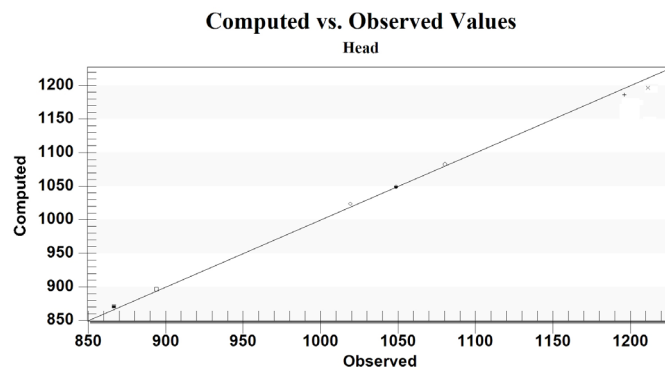


Figure 5. Observed hole water level drilling fit map

图 5. 观测孔水位钻孔拟合图

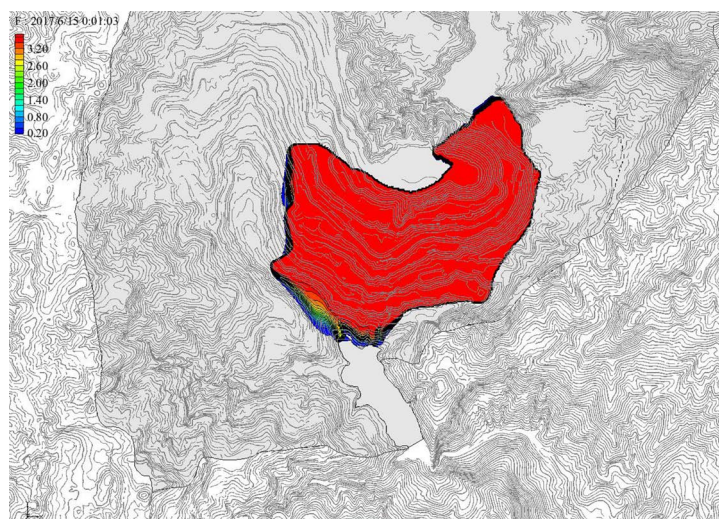


Figure 6. Distribution of fluoride contamination in groundwater during 10 years of storage

图 6. 堆存 10 年时地下水中氟化物污染晕分布图

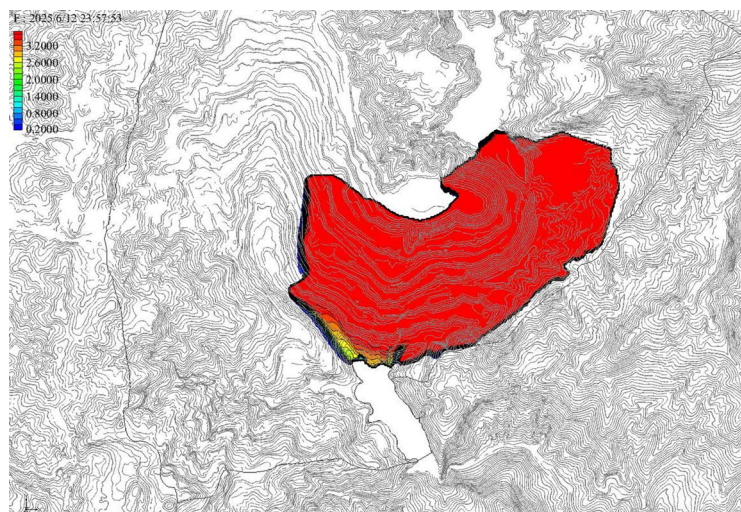


Figure 7. Distribution of fluoride contamination in groundwater during 18 years of storage

图 7. 堆存 18 年时地下水中氟化物污染晕分布图

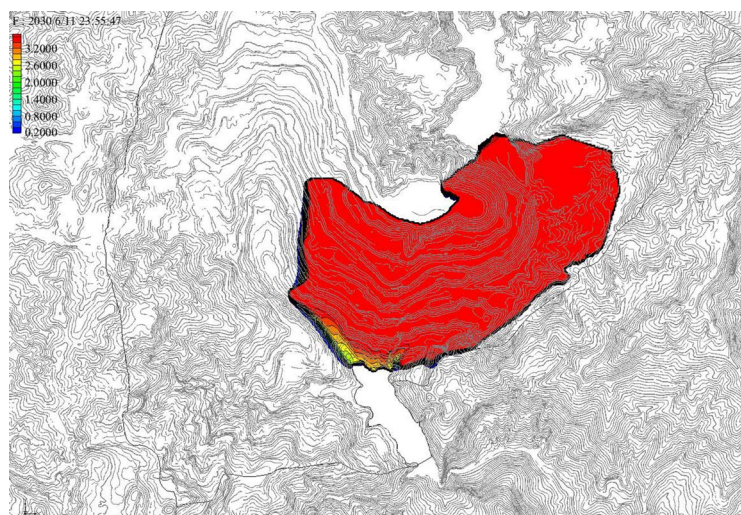


Figure 8. Distribution of fluoride contamination in groundwater during 23 years of storage

图 8. 堆存 23 年时地下水中氟化物污染晕分布图

通过模拟结果可以看出, 现有东部废石场内废石经雨水淋滤产生的淋溶液下渗对下伏潜水含水层已经造成影响, 并存在超标现象, 随着时间的推移、污染物的扩散, 超标面积逐渐增大, 同时影响范围逐渐扩大。按照东部废石场堆存 10 年的时间计算, 现有氟化物污染面积为 $2,016,557 \text{ m}^2$, 超标面积为 $2,079,100 \text{ m}^2$, 氟化物污染物已经进入了万龙山尾矿库中。堆存 15 年后, 污染范围会进一步扩大, 氟化物污染面积为 $2,889,522 \text{ m}^2$, 超标面积为 $2,801,635 \text{ m}^2$, 由于受地形和边界条件的控制, 23 年时氟化物超标面积变为 $2,856,687 \text{ m}^2$, 污染物进一步扩散至万龙山尾矿库中。

4. 总结

1) 运用 GMS 软件模拟的结果可以得出废石场渗滤液中的污染物随地下水溶质运移情况, 通过模型校正调参, 其模拟效果较好, 反映了该区域地下水的一些基本情况, 不仅在理论上是合理的, 而且在实

际模拟过程也是可行的。

2) 预测结果表明: 在设定的污染运移条件下, 污染物进入地下水, 含水层中污染物浓度逐渐升高, 污染范围不断扩大, 对场地地下水水质产生污染。根据东部废石场模拟预测分析, 东部废石场内污染物将持续扩散至万龙山尾矿库内, 对下游的泉点产生影响小。超标范围集中在企业的用地范围内, 万龙山尾矿库水旱季全部回用, 雨季部分外排, 废石场淋滤水对地下水影响可接受。

3) 本研究区的废石属第 I 类一般工业固体废物, 根据《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB 18599-2001)并未要求对贮存、处置场进行防渗处理。但《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)实施后, 由于地下水标准要求严格, 第 I 类一般工业固体废物堆场地下水预测可能会出现超标范围, 因此在地下水敏感地区, 需要依据查明地下水污染分布特征及迁移转化特征及污染区水文地质条件, 采取相应的防渗措施。

参考文献

- [1] 谢轶, 苏小四, 高淑琴. 基于 GMS 支持下的大庆地下水库区水文地质结构可视化模型[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2006(S1): 56-59.
- [2] 梁川, 邹安权, 郭昆, 等. 基于 GMS 的某生活垃圾填埋场地下水环境影响数值模拟[J]. 资源环境与工程, 2016, 30(6): 872-875.
- [3] 郑春苗, Bennett, G.D. 地下水污染物迁移模拟[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [4] 谭文清, 孙春, 胡婧敏, 等. GMS 在地下水污染质运移数值模拟预测中的应用[J]. 东北水利水电, 2008, 26(5): 54-55.
- [5] 贺国平, 张彤, 赵月芬, 等. GMS 数值建模方法研究综述[J]. 地下水, 2007, 29(3): 32-35.
- [6] 覃荣高, 高建国, 臧小豹, 等. 基于 GMS 基岩矿区地下水三维实体模型的构建[J]. 地下水, 2009, 31(6): 15-17.
- [7] McDonald, M.G. (1984) A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model. *Techniques of Water-Resources Investigations*, **88**, 387-389.
- [8] 白玉娟, 殷国栋. 地下水水质评价方法与地下水研究进展[J]. 水资源与水工程学报, 2010, 21(3): 115-119.
- [9] 张新钰, 辛宝东, 王晓红, 等. 我国地下水污染研究进展[J]. 地球与环境, 2011, 39(3): 415-422.
- [10] 王秉忱. 地下水污染地下水水质模拟方法[M]. 北京: 北京师范学院出版社, 1985.
- [11] 李凡. 浅析我国地下水水质监测与评价方法[J]. 地球, 2015(4).
- [12] 宫辉力, 赵文吉, 李小娟. 地下水地理信息系统[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [13] 陈科明. 虚拟地理信息技术的地下水动态模拟分析应用探究[J]. 地球, 2015(1).
- [14] 周鲲鹏. 地下水水质评价方法及展望[J]. 工业 c, 2015(3): 00209-00209.
- [15] 杜东, 马震, 方成. 国内外地下水污染研究的现状及发展趋势[J]. 山西建筑, 2007, 33(2): 194-195.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5485, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: aep@hanspub.org