

编号：

2023 年江苏省自然科学百篇优秀学术成果 论文申报书

题 目 Suitability Evaluation System for the Shallow
 Geothermal Energy Implementation in Region by
 Entropy Weight Method and TOPSIS Method

作 者 李兆，骆祖江，王琰，范冠宇，张建忙

联系电话 13770685162

工作单位 河海大学

推荐（初评）单位 江苏省地热能源学会

填表时间：2023 年 9 月 12 日

江苏自然科学百篇优秀学术成果论文推选委员会

论 文 名 称		Suitability Evaluation System for the Shallow Geothermal Energy Implementation in Region by Entropy Weight Method and TOPSIS Method			
期刊名称		Renewable Energy	ISSN	0960-1481	
发表卷期		184 卷	论文类别	基础研究 ☐ 应用研究 ☒ 综述性 ☐	
所属学科分类名称/中图分类号		能源与动力工程/TK	所属学科集群	能源、化工与环境	
论文刊发期刊被收录情况		CSCD ☐ 北大核心 ☐ SCI ☒ EI ☐ 其他 _____			
作者（排序以论文发表为准）	姓 名	工作单位	职务、职称	年龄	性别
	李兆	河海大学	博士后	33	男
	骆祖江	河海大学	教授； 江苏省地热能学会副理事长； 江苏省地质学会常务理事	59	男
	王琰	吉林建筑大学	讲师	36	女
	范冠宇	江苏省地质环境勘查院	高级工程师	42	男
	张建忙	江苏省地质环境勘查院	工程师	32	男
论文计量学指标		中文论文	数据库	(选填 1 种)	被引次数
					下载次数
		英文论文	WoS 被引次数		60
			WoS 使用次数		65(Last 180 days) 148(Since 2013)
论文何时受过何等奖励		本文内容是“长三角典型地区地热资源勘查评价关键技术与高效利用示范”项目中的部分成果，该项目获得2022年度自然资源科技进步一等奖。			
论文摘要（500 字以内，外文论文同时提供原文和中文） 英文摘要： Shallow geothermal energy suitability map presents the potential for implementation in a region. The potential for implementation depends on hydrogeology, geotechnical, geology					

environment, and geothermal characteristics. Plenty of scholars evaluate shallow geothermal energy by the algorithm combined Analytic Hierarchy Process and Index Overlap. But Analytic Hierarchy Process and Index Overlap, as knowledge driven methods, rely on the experts' experience. This research presents a data driven algorithm based on Entropy Weight Method and TOPSIS Method. The weights are calculated by the Entropy Weight Method and assigned to the TOPSIS model. The closeness coefficient could be calculated by TOPSIS model. The suitability potential is analyzed by comparing the closeness coefficient. The algorithm is accomplished by coding a program using Matlab. The algorithm is also applied to Nantong, China. Depending on the principle of ground source heat pump system, the suitability evaluation system of the open loop system and the closed loop system are established, respectively. Hydrogeology, geotechnical, geothermal, and geology environmental investigations are carried out to obtain the measured data and parameters for suitability analysis. The suitability maps are drawn in according with closeness coefficient. The algorithm is able to overcome the subjectivity of experts' experience. Compared with knowledge driven methods, the proposed algorithm tends to compare the relative potential in a region, rather than assess whether the site is suitable for SGE implementation. Consequently, it is more suitable for selecting the best field-site.

中文摘要:

浅层地热能开发利用潜力可通过适宜性分区来表征,浅层地热能开发利用潜力受到水文地质、工程地质、环境地质和地热地质条件影响,许多学者采用层次分析法和综合指数法对浅层地热能开发利用适宜性进行评价研究。但层次分析法和综合指数法是一种知识驱动算法,过多依赖于专家的经验,评价结果具有较大的人为性。本文基于熵权法和 TOPSIS 法提出了一种数据驱动算法的浅层地热能适宜性评价方法,通过熵权法计算浅层地热能适宜性评价指标的权重,利用 TOPSIS 评估模型计算每个节点与最优开发利用条件的接近度,通过比较接近度来分析浅层地热能开发利用的适宜性。该方法是通过 Matlab 编写程序实现,并以南通市作为应用实例,根据地源热泵系统的工作原理,分别建立了地下水源热泵系统和地埋管地源热泵系统的适用性评价体系,通过水文地质、工程地质、环境地质和地热地质调查获得的实测数据和参数,根据计算的接近度绘制适宜性分区图。与知识驱动算法相比,该算法能够克服专家打分的主观性,所提出的算法倾向于比较一个区域内开发浅层地热能的相对潜力,更适合在大区域内选择浅层地热能开发利用场地。

论文主要成就（重要性、创新性、科学性及应用价值，800 字以内）

重要性：浅层地热能是五大非碳基能源之一，其开发利用能有效推进我国能源结构改革，助力“双碳”目标实现。然而，浅层地热能开发利用潜力取决于工程场地的地质条件，地质条件差异直接影响浅层地热能开发利用经济价值，在浅层地热能资源调查评价过程中，开展开发利用适宜性评价研究工作，从而选取潜力高的工程场地至关重要。

创新性：现有浅层地热能开发利用适宜性研究大多采用层次分析法和综合指数法，通过九级标度对评价指标的重要性和优劣进行打分，评价过程依赖专家主观打分。本文基于熵权法和 TOPSIS 法评价浅层地热能开发利用的适宜性，直接利用地质调查的实测数据和野外试验参数，定量评价地质条件差异，克服传统方法依赖专家经验的主观性，且计算过程便捷，具有计算工作量小的优点，评价结果客观、准确。

科学性：主观地评价浅层地热能开发利用适宜性不能客观、准确反应地质条件差异，在不适宜地区开发利用浅层地热能会引起热堆积或热贯通问题，导致浅层地热能开发利用寿命短，影响工程项目的经济性，如何客观、准确评价浅层地热能开发利用适宜性是地热资源调查评价亟待解决的科学问题。熵权法根据评价指标变异性大小来确定客观权重，指标信息熵越小，变异程度越大，其权重越大。本文根据地质调查过程中获取的原始数据和参数，计算整个区域上评价指标的信息熵，根据信息熵确定评价指标的权重。TOPSIS 法能充分利用原始数据的信息，根据地质调查实测数据计算最优、最劣理想解，然后计算每个节点与理想解的接近度，通过比较接近度浅层地热能开发利用潜力。评价结果能精确地反映研究区各个节点与理想解之间的差距。

应用价值：《“十四五”能源领域科技创新规划》中将地热能开发利用技术作为创新攻关重点任务之一，本文提出的方法能客观、准确地评价浅层地热能开发利用适宜性，有助于选取高潜力工程场地，该方法可推广至全省乃至全国地热资源调查研究工作中，以确保浅层地热能可持续开发利用，提高工程经济性。

国内外、省内外相同相近领域研究进展简况（500 字以内）

浅层地热能开发利用的适宜性评价本质上是一种多指标决策分析，其评价过程涉及评价指标权重的确定和潜力评价方法。

在评价指标权重的研究中，杨荣等、Tinti 等基于层次分析法确定了适宜性评价的权重，但层次分析法作为一种知识驱动的算法，是以专家经验为基础的，具有主观性，如果研究区域很大，专家难以获得研究区内的详细信息。

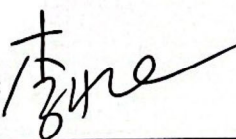
在潜力评价方法研究中，官煜等利用 GIS 平台对评价指标进行区划赋分，并利用空间分析评价浅层地热能，但是评价过程仍然受到人为赋分影响。Casasso 和 Sethi 开发了 G.POT 模型，并定量评价了意大利库内奥省的浅层地热能开发潜力，Fujii 等建立了数值模型模拟评价了日本千草市地热能开发潜力。定量计算能够客观地评价浅层地热能开发潜力，但计算工作量大。

本文所提出的方法直接利用地质调查获取的数据，通过计算评价指标的信息熵来确定权重，通过比较各区域与理想解的接近度来评价浅层地热能开发利用的适宜性潜力，划分的浅层地热能适宜性分区结果更加客观、准确，有助于浅层地热能可持续开发利用，提高经济性。

承诺书

本人郑重承诺：本次申报论文所填写数据均真实、有效、合法，不涉及保密内容，不存在学术伦理及学术不端问题。如有不实之处，愿负相应责任，并承担由此产生的一切后果。

第一作者：



通讯作者：



作者所在单位意见

论文“Suitability Evaluation System for the Shallow Geothermal Energy Implementation in Region by Entropy Weight Method and TOPSIS Method”于 2022 年发表在能源类期刊《Renewable Energy》上，论文通讯作者为河海大学骆祖江教授，第一作者为河海大学李兆博士后。截止 2023 年 9 月 16 日该篇论文在 Web of Science 上总引用 60 次，并成功入选 ESI 高被引论文，该论文也是 2022 年自然资源科技进步一等奖获奖项目“长三角典型地区地热资源勘查评价关键技术研究与高效利用示范”的部

分成果。

论文提出了一种数据驱动算法的浅层地热能开发利用适宜性评价方法，基于熵权法确定评价指标的客观权重，基于 TOPSIS 法评价浅层地热能开发利用潜力，该方法直接利用地质调查的实测数据和野外试验参数，定量评价地质条件差异，克服了传统方法依赖专家经验的主观性，且计算过程便捷，具有计算工作量小优点，评价结果更加客观、准确。该论文提出的方法能够客观、准确地评价浅层地热能开发利用适宜性，有助于选取高潜力工程场地，该方法可推广至全省乃至全国地热资源调查研究工作中，以确保浅层地热能可持续开发利用，提高工程经济性。

鉴于此，我单位同意推荐该篇论文申报 2023 年江苏省自然科学百篇优秀学术成果。



其他：（申报论文如有其他重要成就或影响，或曾作为某项科技成果、奖励的代表作，请在此栏填写并附支撑材料）

目 录

- （1）论文全文；
- （2）检索报告；
- （3）2022 年自然资源科技进步一等奖公示材料。