



推荐阅读:

[广西城市污水处理厂污泥产生及处置现状分析](#)

[平顶山市煤矿区土壤重金属污染程度评价](#)

[基于灰色关联分析法的宜昌市空气质量影响因素分析](#)

[废旧锂离子电池流向及管理现状调研](#)

[生物法处理气态污染物的研究现状与应用前景](#)

[环境敏感区农村生活污水处理工艺设计案例分析](#)

[氨法脱硫+低温 SCR 脱硝工艺在焦炉烟气净化中的应用](#)

[反渗透双膜工艺处理印染废水研究进展](#)

[重金属污染土壤修复技术研究进展](#)

[基于 SARIMA 模型的二氧化氮时间序列预测研究](#)

[碳基功能材料在土壤修复中的应用](#)

[虾蟹壳对水中刚果红吸附性能的研究](#)

[农村生活垃圾生物质热解和燃烧气相数值模拟](#)

[基于灰色 GM\(1, 1\)模型的成都市大气污染物浓度预测](#)

[江苏省非道路移动源大气污染排放清单研究](#)

[欧盟 15 国污水污泥产生量与处理处置方法对比](#)

[基于 Hydrus-1D 的粉煤灰堆场 Cr\(VI\)在包气带中迁移规律的研究](#)

[工业废水活性炭深度处理的研究](#)



移动扫码阅读

朱卉. 漯河市浅层地热能资源量及开发利用潜力评价[J]. 能源环境保护, 2020, 34(4): 92-98.

ZHU Hui. Shallow geothermal energy resources in Luohe City and evaluation of development and utilization potential[J]. Energy Environmental Protection, 2020, 34(4): 92-98.

漯河市浅层地热能资源量及开发利用潜力评价

朱 卉

(河南省地质矿产勘查开发局第五地质勘查院, 河南 郑州 450001)

摘要:根据漯河市浅层地热能分布特点及赋存条件,对漯河市浅层地热能资源量和开发利用潜力进行了评价,提出了相应的开发利用建议。结果表明:适宜浅层地温能开发利用的地区总面积为 523.87 km^2 ,浅层地热能总储量为 $318.89 \times 10^{12} \text{ kJ/}^\circ\text{C}$;在考虑土地利用系数的情况下,地下水地源热泵系统适宜区和较适宜区总面积为 249.12 km^2 ;地下水地源热泵系统可利用的浅层地热能资源量 $74.63 \times 10^{12} \text{ kJ/a}$;夏季可制冷面积 $6\,397.94 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{a}$,冬季可供暖面积 $4\,798.45 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{a}$;各区夏季制冷潜力 $(23.52 \sim 26.09) \times 10^4 \text{ m}^2/\text{km}^2$,冬季供暖潜力 $(17.64 \sim 19.57) \times 10^4 \text{ m}^2/\text{km}^2$;地埋管地源热泵系统可利用的浅层地温能资源量为 $211.00 \times 10^{12} \text{ kJ/a}$;夏季可制冷面积 $17\,157.43 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{a}$,冬季可供暖面积 $14\,966.10 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{a}$;各区夏季制冷潜力 $135.12 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{km}^2$,冬季供暖潜力 $118.63 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{km}^2$ 。

关键词:漯河;浅层地热能;资源量;开发利用潜力;评价

中图分类号:X382

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2020)04-0092-07

Shallow geothermal energy resources in Luohe City and evaluation of development and utilization potential

ZHU Hui

(No.5 Institute of Geo-Exploration of Henan, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: According to the distribution characteristics and occurrence conditions of shallow geothermal energy in Luohe City, the amount of shallow geothermal energy resources and its development and utilization potential were evaluated. Some corresponding suggestions for development and utilization were put forward. The results show that the total area suitable for the development and utilization of shallow geothermal energy is 523.87 km^2 , and the total storage capacity of shallow geothermal energy is $318.89 \times 10^{12} \text{ kJ/}^\circ\text{C}$. Considering the land use coefficient, the total area comparatively and most suitable for groundwater source heat pump system is 249.12 km^2 . The available shallow geothermal energy resources of the groundwater source heat pump system is $74.63 \times 10^{12} \text{ kJ/a}$. For this groundwater source heat pump system, the cooling area in summer is $6\,397.94 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{a}$, and heating area in winter is $4\,798.45 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{a}$. The cooling potential of each district in summer is $(23.52 \sim 26.09) \times 10^4 \text{ m}^2/\text{km}^2$, and the heating potential in winter is $(17.64 \sim 19.57) \times 10^4 \text{ m}^2/\text{km}^2$. The amount of available shallow geothermal energy resources of the buried pipe ground source heat pump system is $211.00 \times 10^{12} \text{ kJ/a}$. For this buried pipe ground source heat pump system, the cooling area in summer is $17\,157.43 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{a}$, and heating area in winter is $14\,966.10 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{a}$. The cooling potential of each district in summer is $135.12 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{km}^2$, and the heating potential in winter is $118.63 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{km}^2$.

Key Words: Luohe; Shallow geothermal energy; Resources; Development and utilization potential; Evaluate

收稿日期:2020-05-06

基金项目:河南省国土资源厅2010年省探矿权采矿权价款地质环境项目(豫财建2010[512]号)

作者简介:朱卉(1984-),女,河南温县人,大学本科,工程师,主要从事水文地质和环境地质工作。E-mail:3348961054@qq.com

0 引言

漯河地处中原腹地,淮北平原北部,淮河流域中上游。区内有较丰富的浅层地热资源和优越的开发利用条件,适宜于城市建筑节能和人居环境的改善。该地区矿产资源、能源匮乏,随着社会、经济的快速发展,对能源的需求与日俱增,开发利用当地丰富的浅层地热资源,很大程度上可缓解对能源的需求压力。

目前该区已有浅层地热能开发利用项目 48 项,主要用于商品住宅小区、大型酒店、政府办公楼、医院、商场等供暖,带来了积极的社会与环境效益。但由于该区未进行系统的浅层地热资源量及开发利用潜力评价,浅层地热能资源的开发、管理具有盲目性,导致不少工程建在不适宜地区,造成地下水资源浪费,严重影响了浅层地热能资源的可持续开发利用。因此对该区浅层地热能资源及开发利用潜力进行综合评价分析,制定科学的开发规划,对实现浅层地热能的可可持续开发利用有着十分重要的意义。

1 浅层地热能赋存条件

1.1 松散堆积物的空间展布特征

评价区位于平原区,全区被第四纪地层覆盖,地表以下 200 m 深度内由一套粘土、粉质粘土、粉土及砂层所组成的多层结构松散堆积物,为地下水赋存创造了有利的场所。

整个评价区地表下 200 m 含水砂层厚度均在 30 m 以上,厚度变化总趋势由南向北厚度增大,拦河潘处厚度最大,可达 114 m。沙河以北含水砂层厚度多在 50 m 以上,局部地区厚度小于 50 m,孟庙镇以北砂层厚度在 80 m 以上,拦河潘达到 114 m;沙、澧河间地带砂层厚度均大于 50 m,个别地区小于 50 m;沙河以南、以东地区,砂层厚度在 30~50 m 之间,后谢镇砂层厚度在 50 m 以上,最厚处河西张达 60.3 m。如图 1 所示,砂层的颗粒粗细程度由南向北颗粒逐渐增大,厚度增大,说明评价区内由南向北富水程度增大;北部孟庙镇以北至颍河一带,由于砂层颗粒较粗,岩性多以中砂、中粗砂为主,砂层厚度较厚,砂层埋藏深度较

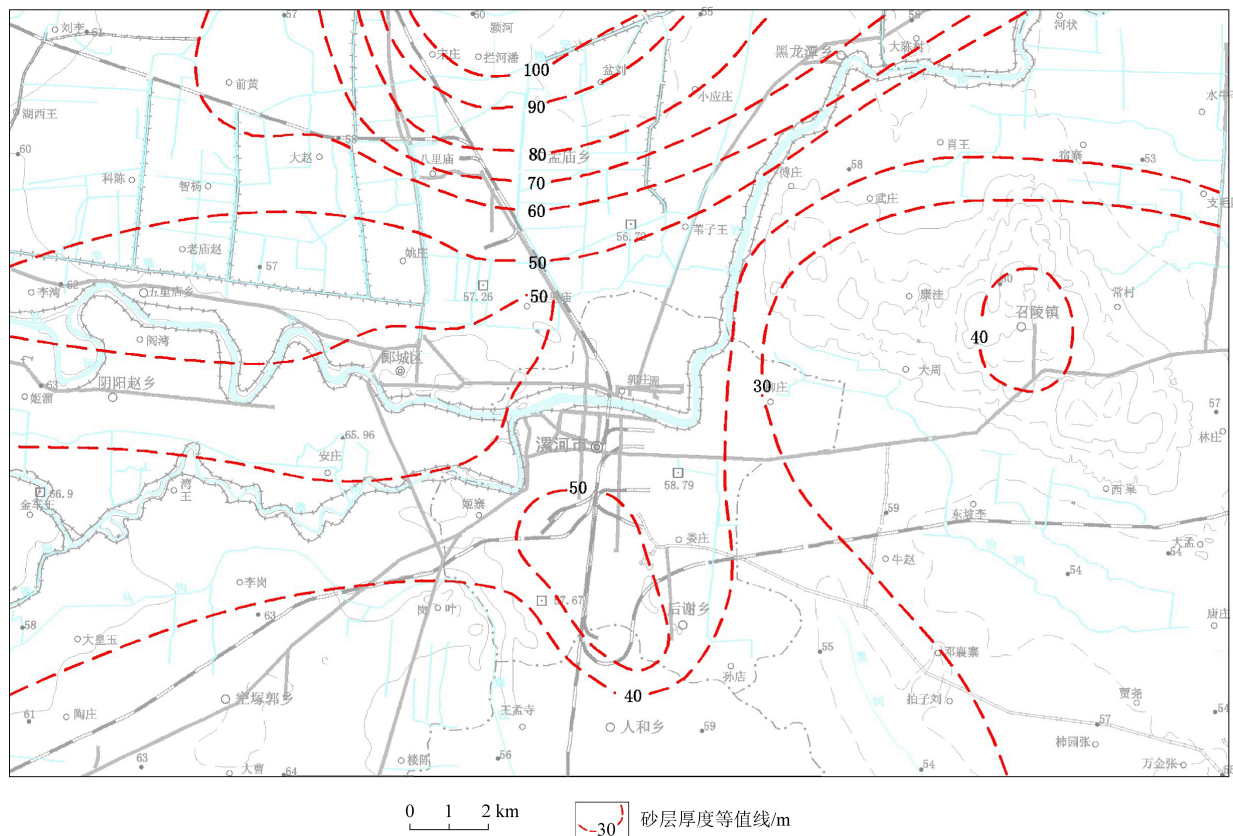


图 1 评价区砂层厚度等值线图

浅,渗透性能较好,表层多为粉土和粉质粘土,地层坡度小,地下水位埋藏较浅,有利于大气降水入渗补给,补给量充足,为地下水丰富、极丰富区。

召陵岗含水砂层岩性多为下更新统的细砂、粉细砂、粉砂,颗粒较细,厚度相对较薄,由于时代相对较老,压密程度高,地势相对较高,地下水主要通

过上覆黄土性粉质粘土下渗补给,由于补给不足,含水层富水性较为贫乏。

1.2 含水层的富水性与回灌能力

地下水的富水程度各地不一,本次以地下水水井径 0.3 m,水位降深 10 m 单井用水量计算作为富水性指标,换算结果如下:

含水层的富水性:分为 4 个区(见图 2):强富水区,单井涌水量 $>5\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$,砂层厚度 50~110 m,渗透系数为 10~20.5 m/d。富水区,单井涌水量 $3\ 000\sim 5\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$,砂层厚度均在 40~65 m,渗透系数为 8~16.7 m/d。中等富水区,单井涌水量 $1\ 200\sim 3\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$,砂层厚度在 30~40 m 之间,渗透系数 6~11.7 m/d。弱富水区(单井涌水量 $<1\ 200\ \text{m}^3/\text{d}$,砂层厚度为 30~42 m,渗透系数为 5~10 m/d。

回灌能力:回灌量受地下水富水性和水位埋深的制约,根据回灌试验求取的渗透系数和含水

层厚度、水头压力等确定。分为四个回灌能力分区(见图 2):单井回灌能力 $>4\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$,回灌渗透系数 8.0~18.1 m/d,砂层厚度在 80~110 m,单位回灌量及单位抽水量之比大于 80%。单井回灌能力 $1\ 500\sim 4\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$,沙河以北回灌渗透系数 6.2~12.8 m/d,含水层厚度在 40~80 m,单位回灌量及单位抽水量之比为 50%~80%。沙澧河近两岸及河间地区回灌渗透系数 2.1~6 m/d,沙澧河间地带含水砂层厚度大于 50 m,单位回灌量及单位抽水量之比 30%~50%。单井回灌能力 $600\sim 1\ 500\ \text{m}^3/\text{d}$,单武庄—戴庄一线至召陵岗北一带回灌渗透系数 1.8~5.3 m/d,砂层厚度 30~40 m 之间,单位回灌量及单位抽水量之比 30%~50%。澧河、沙河以南及市区回灌渗透系数 0.7~4.3 m/d,砂层厚度 30~40 m 之间,局部后谢镇一带 $>50\ \text{m}$,单位回灌量及单位抽水量之比 $<35\%$ 。单井回灌能力 $<600\ \text{m}^3/\text{d}$;评价区东南部及召陵岗地

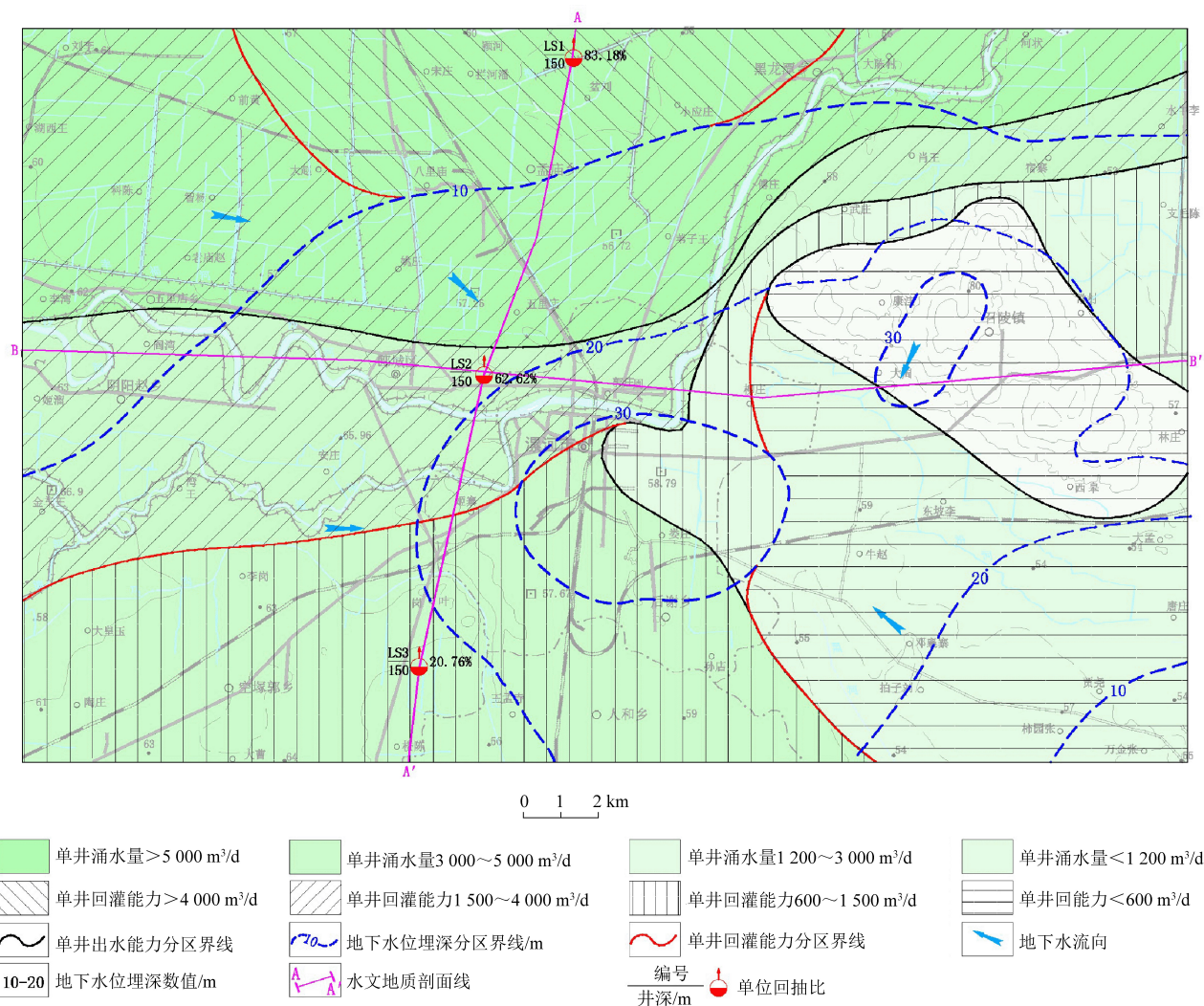


图2 评价区地下水富水性及回灌能力分区图

区单井回灌量 $< 600 \text{ m}^3/\text{d}$, 回灌渗透系数 $0.7 \sim 3.3 \text{ m/d}$, 砂层厚度 $30 \sim 40 \text{ m}$, 单位回灌量及单位抽水量之比 $< 30\%$ 。

地下水回灌能力与富水性相对应, 总体上北部大于南部、西部大于东部。召陵岗地区回灌能力最差。

1.3 浅层地温场特征

漯河市恒温带的深度在 $22 \sim 26 \text{ m}$, 恒温带温度 $16.0 \sim 16.6 \text{ }^\circ\text{C}$, 平均温度 $16.3 \text{ }^\circ\text{C}$ 。恒温带以上, 地下水温度与埋深关系不明显, 主要随季节和地表环境温度变化; 而在恒温带以下, 地下水温度有随埋深增加而升高的趋势。评价区地温梯度值为 $3 \text{ }^\circ\text{C}$ 。浅层地下水温度一般 $15.9 \sim 18.6 \text{ }^\circ\text{C}$, 岗地略高, 表明浅层地下水温度受埋深影响较大。

2 浅层地热能资源量评价

2.1 评价原则

计算深度的确定: 用体积法计算浅层地热容量, 计算深度根据评价区浅层地温能利用深度及地质条件确定, 本次计算深度确定为地表以下 200 m 。

计算面积的确定: 为漯河市适宜浅层地温能开发利用的面积(全部扣去区内河流的面积)。

2.2 评价方法

采用体积法计算浅层地热容量。分别计算在包气带和含水层中单位温差储藏的热量, 然后合并计算评价区内地质体的地热容量。其表达式分别如下:

(1) 在包气带中, 浅层地热容量按下式计算:

$$Q_R = Q_S + Q_W + Q_A \quad \text{式 1}$$

式中:

Q_R ——浅层地热容量 ($\text{kJ}/^\circ\text{C}$);

Q_S ——岩土体中的热容量 ($\text{kJ}/^\circ\text{C}$);

Q_W ——岩土体所含水的热容量 ($\text{kJ}/^\circ\text{C}$);

Q_A ——岩土体中所含空气中的热容量 ($\text{kJ}/^\circ\text{C}$)。

其中:

$$Q_S = \rho_S C_S (1 - \phi) M d_1 \quad \text{式 2}$$

式中:

ρ_S ——岩土体密度 (kg/m^3);

C_S ——岩土体比热容 ($\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$);

ϕ ——岩土体的孔隙率(或裂隙率);

M ——计算面积, 即评价区域面积 (m^2);

d_1 ——包气带厚度 (m)。

$$Q_W = \rho_W C_W \omega M d_1 \quad \text{式 3}$$

式中:

ρ_W ——水密度 (kg/m^3);

C_W ——水比热容 ($\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$);

ω ——岩土体含水量。

$$Q_A = \rho_A C_A (\phi - \omega) M d_1 \quad \text{式 4}$$

式中:

ρ_A ——空气的密度 (kg/m^3);

C_A ——空气的比热容 ($\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)。

(2) 在饱水带中, 浅层地热容量按下式计算:

$$Q_R = Q_S + Q_W \quad \text{式 5}$$

式中:

Q_R ——浅层地热容量 ($\text{kJ}/^\circ\text{C}$);

Q_S ——岩土体骨架的热容量 ($\text{kJ}/^\circ\text{C}$);

Q_W ——岩土体所含水的热容量 ($\text{kJ}/^\circ\text{C}$)。

其中, Q_S 的计算公式同式 2, Q_W 的计算公式如下:

$$Q_W = \rho_W C_W \phi M d_2 \quad \text{式 6}$$

式中:

d_2 ——潜水面至计算下限岩土体厚度 (m)。

2.3 参数确定

本次资源量计算所涉及到的参数采用如下方法取得。

根据工作区内地下水源热泵系统应用及地埋管热泵系统应用适宜性区划结果, 为了方便计算将Ⅲ区又细分出亚区, 计算见表 1、图 3。

表 1 浅层地热能资源量计算分区

区号	面积/ km^2	地下水源热泵 适宜性	地埋管热泵 适宜性
I	45.02	适宜	适宜
II	204.10	较适宜	适宜
III ₁	204.76	不适宜	适宜
III ₂	69.99	不适宜	适宜

1. 计算面积 M : 为各市浅层地热容量计算分区面积;

2. 水的密度 ρ_W 与比热容 C_W 、空气的密度 ρ_A 与比热容 C_A : 均按常量选取;

3. 包气带厚度 d_1 : 以已有的成果为主;

4. 地下水面至计算下限的岩土体厚度 d_2 : 200 m 的土体总厚度减去包气带厚度即为 d_2 ;

5. 岩土体密度 ρ_S 、比热容 C_S 、孔隙率 ϕ 、含水量 ω : 以本次试验成果和收集的试验成果为基础, 结合收集资料与 DZ/T0225—2009《浅层地温能勘查评价规范》确定各单层土体参数, 再根据垂向土

体结构组合特征进行加权平均,确定计算深度的平均参数(见表 2)。

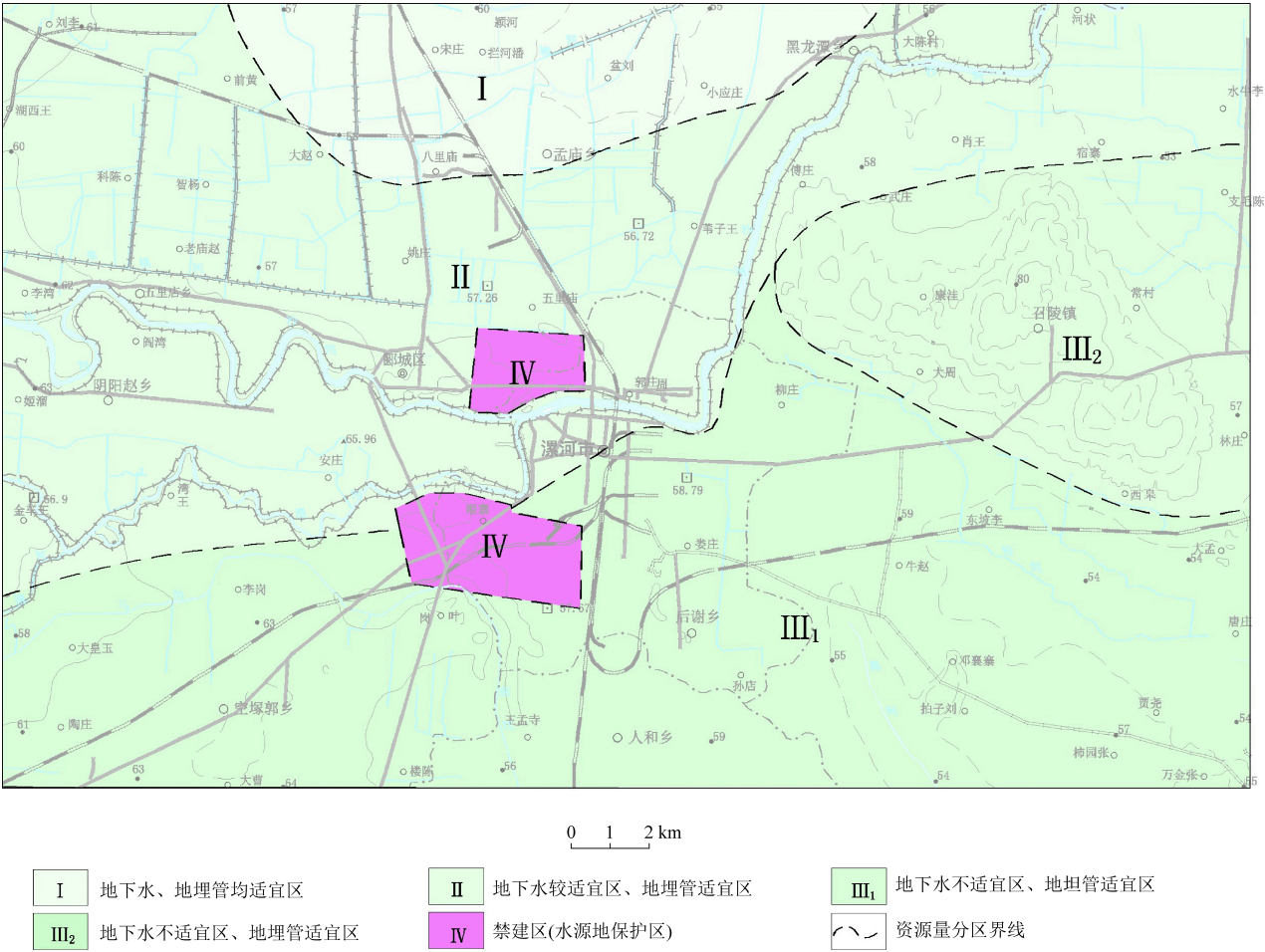


图 3 漯河市浅层地热能容量计算分区图

表 2 漯河市浅层地热能容量计算分区及参数取值表

项目		单位	各区参数			
			I	II	III	IV
公共	M	km ²	45.02	204.10	204.76	69.99
	ρ _w	kg/m ³	1 000	1 000	1 000	1 000
	C _w	kJ/kg · °C	4.182	4.182	4.182	4.182
	ρ _s	kg/m ³	1 920	1 890	1 970	1 950
	C _s	kJ/kg · °C	1.497	1.68	1.49	1.454
包气带	φ	—	0.44	0.47	0.41	0.42
	d ₁	m	4	6	4	8
	ω	—	0.26	0.31	0.22	0.23
	ρ _A	kg/m ³	1.29	1.29	1.29	1.29
	C _A	kJ/kg · °C	1.003	1.003	1.003	1.003
饱水带	ρ _s	kg/m ³	1 693	1 669	1 654	1 683
	C _s	kJ/kg · °C	1.395	1.452	1.434	1.459
	d ₂	m	196	194	196	192
	φ	—	0.28	0.34	0.35	0.35

2.4 评价结果

本次浅层地热能储存资源量评价的深度范围

定为:200 m 以浅松散层厚度,计算温差为单位温差,根据前述评价方法,按表 2 的参数取值,计算可知,漯河市浅层地温能开发利用适宜区的总面积为 523.87 km²,区内的浅层地热能容量 318.89×10¹² kJ/ °C,其中包气带热容量为 7.90×10¹² kJ/ °C,饱水带热容量为 310.99×10¹² kJ/ °C。

3 浅层地热能潜力评价

3.1 评价原则

分别按地下水地源热泵适宜区和较适宜区、地埋管地源热泵适宜区和较适宜区进行潜力评价,并在此基础上进行浅层地温能综合潜力评价。

浅层地温能潜力评价范围:地下水地源热泵适宜和较适宜区为 200 m,以浅含水层底界;地埋管地源热泵适宜区和较适宜区为恒温带深度至 200 m,深度以浅第四系与新近系松散层厚度。

3.2 评价方法

利用单位面积上、单位温差可提取的浅层地温能资源量乘以相应分区的面积,取得各个适宜

区的可利用资源量,再将各分区可利用资源量累加,得到整个平价区内利用地下水(地埋管)地源热泵系统浅层地温能可利用资源量。

计算公式如下:

$$Q_{\text{年}} = M' \times (Q_{\text{夏}} + Q_{\text{冬}}) \quad \text{式 7}$$

$$Q_{\text{夏(冬)}} = Q_{h\text{夏(冬)}} \times N \times t \quad \text{式 8}$$

$$Q_{\text{夏(冬)}} = D_{\text{单夏(单冬)}} \times n \times t \quad \text{式 9}$$

式中:

$Q_{\text{年}}$ ——计算区浅层地温能可开采资源量(kJ/a);

M' ——计算区面积(km²);

$Q_{\text{夏(冬)}}$ ——单位面积上夏(冬)季浅层地温能可开采资源量(kJ/km²);

$Q_{h\text{夏(冬)}}$ ——地下水地源热泵夏(冬)季换热功率(kW);

$D_{\text{单夏(单冬)}}$ ——地埋管地源热泵夏(冬)季单位面积换热功率(W/km²);

N ——单位面积可布抽、灌井对数;

n ——单位面积可布换热孔数;

t ——热泵系统运行时间(d)。

3.3 参数确定

3.3.1 地下水地源热泵适宜区和较适宜区

(1)计算区面积 M' : $M' = M \times \text{土地利用系数} \times \text{可利用面积折减系数}$ 。其中:

① M : 为各分区面积;

② 土地利用系数:在工程实际应用中,应考虑到建筑物占地的影响,即工程建设实际可利用的土地面积,用土地利用系数体现。根据各城市发展规划中土地类别获得,土地利用系数=(居住用地+公共服务设施用地+工业用地)/规划区总面积) $\times (1 - \text{小区建筑物占地面积/用地面积})$ 。

③ 可利用面积折减系数:地下水地源热泵系统在评价资源量时,不同区域考虑到城市规划及已有建筑密度,取折减系数 0.6~0.9。

(2)系统运行时间 t :根据研究区实际工程运行情况,制冷期和采暖期各取 120 d。

3.3.2 地埋管地源热泵适宜区和较适宜区

(1)计算区面积 M' :土地利用系数与地下水地源热泵一致,可利用面积折减系数在地埋管地源热泵系统评价资源量时取 0.2~0.5。

(2)换热孔数:按照经验值,结合已有场地经验,取 5 m 布孔间距密度计算。

3.4 评价结果

3.4.1 地下水地源热泵适宜区和较适宜区

根据前述计算方法与参数,对地下水地源热

泵适宜区和较适宜区浅层地温能可利用资源量进行计算,并按“平均冬季供暖负荷 50 W/m²、平均夏季制冷负荷 75 W/m²。折算城市冬季可供暖总面积与夏季可制冷总面积,计算开发利用潜力。

漯河市地下水地源热泵系统适宜区和较适宜区总面积 249.12 km²。不考虑土地利用系数的情况下,地下水地源热泵系统可利用的浅层地热能资源量 433.95 $\times 10^{12}$ kJ/a;折合标煤 1 480.76 万吨/年;夏季可制冷面积 37 204.08 $\times 10^4$ m²/a,冬季可供暖面积 27 903.06 $\times 10^4$ m²/a;各区夏季制冷潜力(148.23~152.72) $\times 10^4$ m²/km²,冬季供暖潜力(111.17~114.54) $\times 10^4$ m²/km²。考虑土地利用系数的情况下,地下水地源热泵系统可利用的浅层地热能资源量 74.63 $\times 10^{12}$ kJ/a;折合标煤 254.64 万吨/年;夏季可制冷面积 6 397.94 $\times 10^4$ m²/a,冬季可供暖面积 4 798.45 $\times 10^4$ m²/a;各区夏季制冷潜力(23.52~26.09) $\times 10^4$ m²/km²,冬季供暖潜力(17.64~19.57) $\times 10^4$ m²/km²。

3.4.2 地埋管地源热泵适宜区和较适宜区

按照前述计算公式及参数,计算地埋管热泵适宜(较适宜)区浅层地温能潜力。漯河市地埋管地源热泵系统适宜区和较适宜区总面积为 523.87 km²。不考虑土地利用系数的情况下,地埋管地源热泵系统可利用的浅层地温能资源量 2 110.02 $\times 10^{12}$ kJ/a;折合标煤 7 199.95 万吨/年;夏季可制冷面积 171 574.29 $\times 10^4$ m²/a,冬季可供暖面积 149 661.01 $\times 10^4$ m²/a;各区夏季制冷潜力 1 351.21 $\times 10^4$ m²/km²,冬季供暖潜力 1 186.31 $\times 10^4$ m²/km²。考虑土地利用系数的情况下,地埋管地源热泵系统可利用的浅层地温能资源量 211.00 $\times 10^{12}$ kJ/a;折合标煤 720.00 万吨/年;夏季可制冷面积 17 157.43 $\times 10^4$ m²/a,冬季可供暖面积 14 966.10 $\times 10^4$ m²/a;各区夏季制冷潜力 135.12 $\times 10^4$ m²/km,冬季供暖潜力 118.63 $\times 10^4$ m²/km²。

4 开发利用建议

浅层地热能的开发具有一定的现实意义,且符合国家节能减排、保护环境的工作要求。浅层地热能主要应用于办公楼、医院、商业楼、生态居住区、宾馆、企事业单位等,夏季制冷、冬季供暖,同时还能提供热水,降低了设备的前期投资成本,满足社会文明的发展和人们对高品质生活的需求,且节能环保。为做好漯河市浅层地热能开发利用工作,特建议如下:

(1)漯河市现有的浅层地热能开发利用方式均为水源热泵,应对水源热泵系统回灌水的水质、水量、水温定时监测,防止污染地下水,并对地下水不能完全回灌现象制定相应措施,杜绝水资源浪费现象。并为进一步深入研究地下水水源热泵系统应用对地下水环境产生的影响提供必要的基础资料。

(2)全区均为地埋管热泵适宜区(禁建区除外),且热储量丰富,建议在地下水不适宜区而地埋管适宜区(不少地下水地源热泵工程建在地下水地源热泵系统不适宜区),大力开发应用地埋管热泵空调系统,杜绝地下水地源热泵工程的开发。

(3)区域性的浅层地热能资源量勘查评价不能代替场地勘察评价,应重视、加强浅层地热能场地勘察工作,摸清、摸透场地水文地质条件,采用哪种地源热泵工程效果及经济效益最佳,从而进一步确定其合适的布井方式、井数、井径、井距、抽回灌比、双U或单U等重要参数。尤其对于地下水热泵工程,同时保证前期水井成井质量,可以提高回灌率及防止出砂,提高水源热泵系统的运行效率。

(4)结合区内地源热泵工程的具体地质环境,建立符合本地区实际的示范工程。同时对典型工程的进行经济效益分析,使得分析成果具有更实际的指导意义。以地质勘查评价为基础,制定出符合实际的适宜区或较适宜区浅层地热能开发利用规划。

(5)重视开发利用浅层地热能资源前期的环境评估工作,重点评估因开发浅层地热能资源而造成新的地面沉降、水质污染及热污染等环境地质问题,减少环境隐患,实现浅层地热能开发利用可持续发展。

(6)制定相应的浅层地热能管理制度,加大对地源热泵技术推广应用的支持力度,研究出台相关优惠鼓励政策,保证浅层地热能合理开发利用。

5 结论

漯河市评价区范围内,适宜浅层地热能开发利用的地区总面积为 523.87 km^2 ,浅层地热能总的储存量为 $318.89 \times 10^{12} \text{ kJ/}^\circ\text{C}$ 。

在考虑土地利用系数的情况下,地下水地源热泵系统适宜区和较适宜区总面积 249.12 km^2 。地下水地源热泵系统可利用的浅层地热能资源量

$74.63 \times 10^{12} \text{ kJ/a}$;折合标煤 254.64 万吨/年;夏季可制冷面积 $6\,397.94 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{a}$,冬季可供暖面积 $4\,798.45 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{a}$;各区夏季制冷潜力 $(23.52 \sim 26.09) \times 10^4 \text{ m}^2/\text{km}^2$,冬季供暖潜力 $(17.64 \sim 19.57) \times 10^4 \text{ m}^2/\text{km}^2$ 。

地埋管地源热泵系统可利用的浅层地热能资源量 $211.00 \times 10^{12} \text{ kJ/a}$;折合标煤 720.00 万吨/年;夏季可制冷面积 $17\,157.43 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{a}$,冬季可供暖面积 $14\,966.10 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{a}$;各区夏季制冷潜力 $135.12 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{km}^2$,冬季供暖潜力 $118.63 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{km}^2$ 。

漯河市浅层地热能开采潜力巨大,合理开发利用可以推动漯河市向绿色、节能、低碳型城市发展,对解决该地区能源短缺和冬季供暖问题具有重要意义。

参考文献

- [1] 河南省地质矿产勘查开发局第五地质勘查院. 漯河市浅层地热能调查评价报告 [R]. 郑州: 河南省地质矿产勘查开发局第五地质勘查院, 2014: 23-46, 120-127.
- [2] 赵云章, 闫震鹏, 刘新号, 等. 河南省城市浅层地热能 [M]. 北京: 地质出版社, 2010: 208-222.
- [3] 卫万顺. 北京浅层地热能资源 [M]. 北京: 中国大地出版社, 2008: 159-167.
- [4] 河南省地质矿产勘查开发局第五地质勘查院. 中原城市群核心城市浅层地热能调查研究报告 [R]. 郑州: 河南省地质矿产勘查开发局第五地质勘查院, 2018: 276-286.
- [5] 何满潮, 刘斌, 姚磊华, 等. 地下热水回灌过程中渗透系数研究 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2002, 32 (4): 374-377.
- [6] 闫震鹏, 刘新号, 田良河. 郑州市浅层地热能开发利用研究: 第二届地热能开发利用与热泵技术应用交流会议论文集 [C]. 北京: 建设部, 2008: 89-95.
- [7] 刘建霞, 李清平, 索立涛, 等. 山东省鲁东地区浅层地热能资源评价: 第四届地温 (热) 资源开发与地源热泵技术推广应用研讨会论文集 [C]. 北京: 中国资源综合利用协会, 2011: 36-42.
- [8] 刘刚, 杨亚宾, 马淑杰. 山东省鲁北地区浅层地热能资源评价 [J]. 山东国土资源, 2014, 30 (6): 45-48+52.
- [9] 阮传侠, 林黎, 赵苏民, 等. 天津市浅层地热能资源评价及开发利用条件分析: 中国地热能: 成就与展望——李四光倡导中国地热能开发利用 40 周年纪念大会暨中国地热能发展研讨会论文集 [C]. 北京: 国土资源部地质环境司, 2010: 152-164.
- [10] 朱喜, 张庆莲, 王贵玲, 等. 河北省浅层地热能资源潜力评价 [J]. 能源与环保, 2018, 40 (10): 127-131.