

洛阳盆地地热地质特征研究

王现国¹ 葛 雁¹ 杨现国²

(1. 河南省地矿局第二水文地质工程地质队 郑州 450053;

2. 河南省煤田地质局煤田地质勘察院 郑州 450053)

摘 要: 洛阳盆地地热田位于河南省西部, 根据边山地热田和洛阳盆地近年来地热勘查情况, 经对洛阳盆地地热背景及控热构造条件分析认为: 洛阳盆地为 NW 向断裂 (F_1 、 F_2) 和 NE 向断裂 (首阳山断裂、洛河断裂、伊河断裂 F_3) 挟持的地热储存体。延伸并隐伏于洛阳盆地中的边山地热田控热构造 F_1 、 F_2 断层, 仍具有导热、导水性质; F_3 、 F_4 断层与 F_1 、 F_2 断层相交, 被 F_1 、 F_2 错开, 使 F_3 、 F_4 也具有导热、导水性。洛阳盆地热储层为下第三系砂、砾岩层, 局部为上寒武统灰岩含水层。

关键词: 洛阳地热田, 地热资源, 开发利用

1 区域地热地质条件

根据洛阳盆地形成演化的资料分析, 洛阳断陷是在燕山初期发生、发展的断陷沉积盆地 (包括宜阳断陷、洛宁断陷均属这个时期形成)。在中生代时期, 洛阳地区总的趋势为逐渐拱起, 沉积面积萎缩, 故在该区白垩纪、侏罗纪地层缺失; 到了燕山晚期褶皱、断裂活动强烈, 并产生诸多的断裂, 主要构造呈东北向延伸, 性质以挤压为主。到了晚白垩纪, 其构造运动以张性断裂为主, 进入了一个新的发育阶段, 所以, 该地区断裂构造多发生在三叠纪地层中, 并切割其下部老地层, 性质为先挤压后张裂。至中、晚新世开始, 断裂活动更加强烈, 沉积面积迅速扩大, 洛阳断陷、洛宁断陷以及邻近的一些盆地先后形成, 底部普遍沉积了较厚的砾岩, 并覆盖在前三叠系、侏罗系等不同的地层之上。所以, 该区第三系地层沉积厚度达数千米^[1]。洛阳盆地的周边断层 (图 1): 南侧的伊河断层 (F_3), 为正断层, 向北东附合于首阳山断层 (F_4), 向西附合于锦屏山断层, 落差约 2500 m, 形成于燕山晚期, 控制着盆地的沉积厚度。北边的首阳山断层 (F_4) 走向近东西, 倾向南, 落差 4000 m 以上, 为印支期形成的正断层, 喜马拉雅期复活。西边的龙潭沟断层 (F_5) 为一具左型平移的正断层, 倾向北东, 落差 1500 m 左右。

洛阳盆地地表大部分被第四系 (Q) 覆盖, 局部有新近系洛阳组 (N_1) 出露。据以往物探资料, 新生界一般厚度为 1500~3000 m, 最厚达 4000 m 以上。沉积基底东部为三叠系, 西部为侏罗系、白垩系。盆地内以往施工的深孔有洛 1 孔和洛参 2 孔。洛 1 孔: 孔深 2853.44 m, 揭露地层有二叠系和三叠系 687.94 m, 古近系 1638.5 m, 新近系 315 m, 第四系 212 m。洛参 2 孔: 孔深 3371.23 m, 未揭穿古近系 (已见厚度 2684.23 m), 新近系厚 414 m, 第四系厚 283 m。

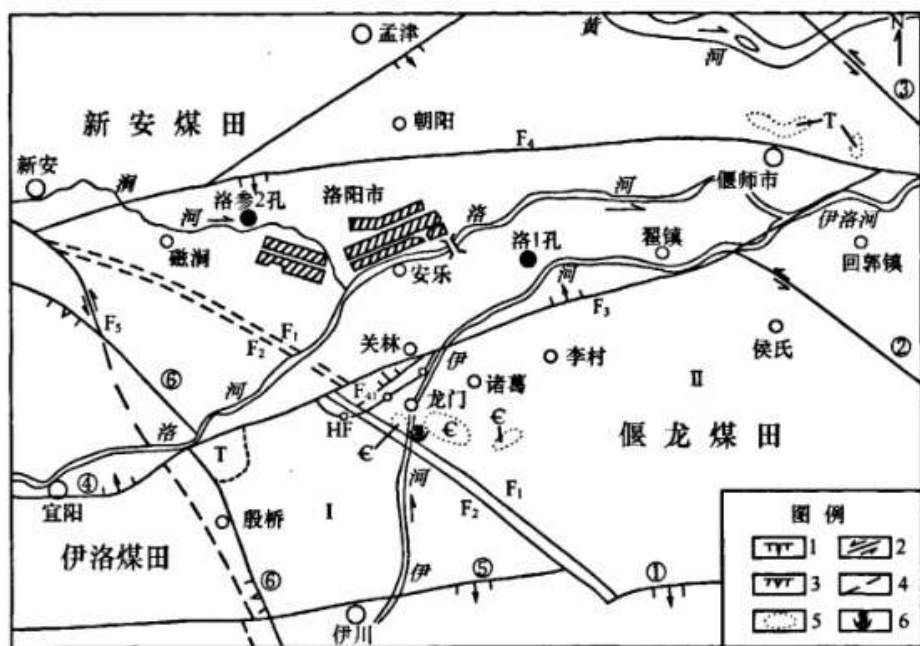


图1 洛阳盆地热控构造纲要示意图

F₁—草店断层; F₂—魏湾断层; F₃—伊河断层; F₄—朝阳—首阳山断层; F₅—龙潭沟断层; HF—活动构造

①月湾断层; ②嵩山断层; ③五指山断层; ④锦屏山断层; ⑤伊川断层; ⑥殷桥断层

I: 殷桥—龙门水文地质亚单元; II: 佛光—龙门水文地质亚单元

1—正断层; 2—平推断层; 3—推覆断层; 4—隐伏断层; 5—基岩露头及地层代号; 6—温泉

盆地内古近系岩性主要为砂岩和泥岩, 夹少量砾岩和泥灰岩。受 F₃ 断层的影响, 盆地南、东部粗碎屑岩厚度较大。新近系成岩程度低, 主要岩性为泥岩、泥灰岩、钙质砂岩、砾岩, 富水性和导水性均较差。第四系以砂砾石层、亚粘土、亚砂土为主^[2,3,4]。

从已有地热地质资料分析可知, 盆地区具有一定温度的热储层主要有: 新近系下部松散一半固结的砂岩、砂砾岩; 古近系半固结的砂岩、砂砾岩; 白垩系、侏罗系及三叠系的砂岩; 二叠系、石炭系的砂岩、灰岩; 寒武系的灰岩等热储层。而盖层分别为新近系和古近系泥岩, 中生界(白垩系—石炭系)的厚层页岩等。

2 盆地地热地质条件

2.1 盆地边山构造地热田成因机理

洛阳盆地边山区主要分布有构造地热田——龙门地热田和汤泉—寺沟地热田。汤泉—寺沟地热田热储层为二叠、三叠系, 控热构造为首阳山断裂, 地热田研究程度很低。

龙门地热田的热储层为寒武系上统岩溶裂隙。区内的草店断层(F₁)和魏湾断层(F₂)为两条平行的北西向正断层, 倾向均为南西, 形成于燕山早期。至燕山晚期, 在北西向地质应力作用下, 发生左型平移, 从而使断层具有压扭性质而成为阻水断层。区内寺沟断层(F₄₁)走向北东, 倾向北西, 为张性断裂, 导水性好, 为地下水运移提供了通道。燕山晚期的地壳运动, 造成岩浆热液沿 F₁、F₂ 破碎带上侵。因此, 当地下水运移到一定深度时, 被岩浆岩体和热液加热、改造。当地下水再向北东径流, 至 F₁ 时受阻, 即沿 F₁

破碎带向上运移,当遇 F_1 下盘的其他断裂破碎带(如 F_{41})或导水岩层(如 ϵ_3)即向北径流,从而形成龙门地热田。又由于 F_1 东盘龙门山以南的前寒武系地层导水性差,故温热水集中在龙门口,沿 ϵ_3 岩溶、裂隙排泄^[5,6]。沿 ϵ_3 风化壳岩层裂隙向北径流的温热水至 F_{41} 时,与沿 F_{41} 破碎带径流的温热水汇合,一部分向下运移,遇 F_{41} 上盘的导水岩层后,继续向北运移,至 F_3 排泄于洛阳盆地,或沿 F_3 破碎带向北东继续运移。显然 F_1 为龙门地热田的控热构造, F_{41} 为导水导热构造, ϵ_3 为热储层。 ϵ_3 上覆的数百米的二叠系、三叠系地层为盖层。巨厚的盖层不但保证了温热水相对集中的径流,也使温热水的热量不至于散失太快。

煤田二队地热井见温热水的深度为 1005.60 m,距 F_1 的平距为 2.5 km。关林地调一队地热井见温热水的深度为 1114.0 m,距 F_1 的平距为 4.4 km,该井于 1424.0~1436.0 m 和 1514.0~1585.5 m 见断层破碎带(F_3),地层时代为 T_{1+2} 和 P_2 ,该井未揭露寒武系地层。据 1303 井及 04-5 孔见 ϵ_3 深度(即 180 m)及 ϵ_3 倾角($20^\circ \pm$)推算,煤田二队地热井所见 ϵ_3 地层是 F_{41} 下盘地层。按地层倾角推算,并考虑 F_{41} 的落差,沿 ϵ_3 古风化壳岩溶裂隙径流的温热水到达 F_3 ,排入洛南新区和洛阳盆地的深度应在 1300 m 或更深。对应此深度 F_3 上盘的地层应为 E 之上部,导水性相对较好。另外,结合关林地调一队地热井勘查揭露的地层情况,关林一带 F_3 断层下盘 ϵ_3 地层出露的深度要在 1850 m 以上。

据《龙门矿区详测地质报告》,龙门地区地温梯度的背景值为 $1.3 \sim 1.5^\circ\text{C}/100\text{ m}$ ^[7]。龙门地热田内,据煤田二队地热井 740 m 中途测温资料计算,地温梯度值为 $2.5^\circ\text{C}/100\text{ m}$ 。

龙门地热田的形成是该地区具有的特殊地质构造制约地下热水运动的结果,为对流型地热田。龙门西山森林公园玉隆苑园地热井温度为 98.5°C ,井深 966 m(2005 年,洛阳地质工程勘察设计院资料),充分说明龙门地热田深大断裂 F_1 、 F_2 的存在。 F_1 、 F_2 为龙门地热田的控热构造, F_{41} 为地热田的导水构造, ϵ_3 为龙门地热储层,上覆数百米的二叠、三叠系则成为龙门地热田的盖层。龙门地热田之北邻的洛阳盆地为凹陷区,但地温梯度却为 $3.1^\circ\text{C}/100\text{ m}$,明显高于龙门及其他相邻地区。

2.2 盆地内地热田成因机理

洛阳盆地地热田,为 NW 向断裂(F_1 、 F_2)和 NE 向断裂(洛河断裂、伊河断裂 F_3)挟持的地热储存体。NW 向断裂包括相互平行的草店断裂(F_1)和魏湾断裂(F_2),为区域性深大断裂,属导热断裂。NE 向断裂即伊河断裂(F_3 区域上称宜阳—偃师断裂),为洛阳盆地的南部边界断裂,北东方向穿过洛南新区,也属导热断裂。区内 NE 向伊河断裂(F_3)与 NW 向的 F_1 、 F_2 控热、导热断裂存在密切的导热导水关系。根据区内近来已勘查开发的 4 眼地热深井资料(表 1),洛南新区的热储层有:①古近系的砂岩和泥岩,夹少量砾岩和泥灰岩层状热储,裂隙发育,中等富水性,单井涌水量为 $100 \sim 200\text{ m}^3/\text{d}$ 。具洛 1 孔和地调一队地热井资料推测该热储层埋深约为 350~1350 m,热储地温梯度为 $2.8^\circ\text{C}/100\text{ m}$;②三叠系中下统(T_{1+2})、二叠系(P_2)的砂岩、泥岩构造裂隙带脉状热储,根据地调一队地热井资料和龙门地热田的控热导热构造研究成果,该热储为沿伊河断裂(F_3)呈近东西向的带状,为脉状热储,埋深为 1417.00~1436.00 m,厚 19.00 m 和 1514.00~1585.50 m,厚 71.50 m,合计厚度 90.50 m。该热储岩层本身裂隙不发育,但被构造破坏裂隙极其发育且多沿构造带成带状分布,弱富水性,单井涌水量小于 $100\text{ m}^3/\text{d}$ 。③奥陶

表1 洛阳盆地地热深井基本情况统计表

序号	位置	深度 /m	水头高 度/m	自流量 / (m ³ /h)	单位涌水量 / (m ³ /h·m)	井口水温 / (°C)	揭露地层	年份
1	煤田二队	1040	+4.60	39.6 (涌水量)		43.5	€	2001
2	地调一队	1602	-39.0		9.09~15.6	52.5	T+P	2004
3	张庄洛河滩	1500	+28.1	5.43	0.23	60.2	E	2003
4	龙门西山	966	-131.0	96.0 (涌水量)		98.5	€	2005
5	洛阳人防	2500					E	2006

系、寒武系灰岩裂隙、岩溶脉状热储,其受断裂控制,据龙门地热田和河南省煤田地质二队地热井资料推测,洛南新区奥陶系、寒武系灰岩裂隙、岩溶脉状热储埋深在1850 m以下;其热储存体分布也多沿 F_3 深大断裂或其附近的裂隙、溶洞呈带状、脉状,强富水性,单井涌水量大者达2000 m³/d,受断裂的导热导水条件影响其热流体的温度变化较大。

根据上述洛南新区各地热储层的产出特点和区内已勘查开发的4眼地热井资料,洛南新区具有开发前景的热储层主要有两个:其一为三叠系、二叠系砂岩、泥岩构造裂隙带组成的脉状热储存体,其上覆较厚的新近系、古近系泥岩构成了热储的盖层。据地热井的测温资料计算,地热地温梯度大体为2.67°C/100 m。其二为奥陶系、寒武系灰岩裂隙、岩溶脉状热储,其受断裂控制,埋深在1850 m以下;其热储存体也多沿NE向的伊河断层(F_3)、洛河断层等深大断裂或其附近的裂隙、溶洞呈带状、脉状分布。

据我国大地热流值统计结果,洛阳盆地属地热正常区域,不具备高温地热资源形成的条件。但据盆地内施工的地热井推算,洛阳盆地的地温梯度为3.1°C/100 m,明显高于四邻地区^[8]。而龙门地热田的一般地温梯度为2.5°C/100 m,偃龙煤田为1.3~1.5°C/100 m,宜洛煤田为2.24°C/m,新安煤田为1.75/100 m。洛阳盆地地热梯度相对偏高的原因有:①边山地热田导热断裂隐伏于盆地中,沿断裂不断地向洛阳盆地的热储层中排泄温热水,增高了地温;②基底控热断裂构造和派生支断裂的导水导热作用,将深层地下水导入洛阳盆地热储层(三叠系下部和二叠系上部砂岩及其构造破碎带);③新近系洛阳组的泥岩和第四系的粘性土厚度较大,成为良好的热储盖层,使地热不易散失。

洛阳盆地地热流体的热源主要为大地热流传导,为传导型地热田;局部为断裂的对流导热。其热储层应为古近系上部的砂、砾岩层组,呈层状。而新近系埋藏浅,含水性差,与第四系粘性土一起成为热储层的盖层。

3 盆地地热资源开发利用建议

洛南盆地地热资源是比较丰富的,但补给、径流条件较差。延展隐伏于洛阳盆地的龙门地热田的控热构造和区内发育的NE向导热、导水构造,而沿这些隐伏的控热、导热、导水构造排入洛阳盆地的温热水,不但是洛阳盆地热储层重要的补给源,而且也提高了洛阳盆地的地热温度。因此可根据边山地热田的控热构造展布特征,选择盆地区地热开发的远景区进行勘察开发。可从以下几个方面着手。

3.1 加大地热资源勘查投入,提高地热资源勘查程度

洛阳盆地区除边山地热田进行过一些简单的地热地质勘查工作以外,其他各地基本未

开展正规系统的地热勘查工作。应加强地热资源勘查、评价与规划工作,尤其是加大政府的工作力度,更好地引导地热资源开发利用市场的形成。盆地地热水中,氟、硼、偏硅酸、锶等特殊组分含量普遍较高,多数达到医疗热矿水命名标准要求,应开展医疗、保健、养生效果等方面的研究。尽早建立、完善地热开采动态监测,对其水位、水温、水质变化进行长期监测,系统评价盆地地热可采资源量,为开发管理和建立采补均衡的地热资源开发利用模式提供可靠依据。

3.2 强化管理,地热资源开发必须坚持可持续发展战略方针

地热资源的开发利用与保护必须坚持可持续发展的战略方针,全面规划,科学开发。对于研究区地热田开发,应坚持以探为主,以采为目的。应充分收集分析研究已有地质、物探等各方面地质资料,慎重布井。尽可能提高热水井的成功率,避免盲目性。在开发出地下热水以后,应在对地下热水全面研究与评价的基础上,编制出全方位、多层次综合利用地下热水资源设计,节约利用资源,减少地热流体资源消耗,以达到水的热能与理化成分资源的最有效利用,维持地热资源的可持续利用。

3.3 加大地热资源开发利用模式研究与示范

依据盆地区地热资源开发的实际,宜建立地热采暖示范工程,开展热泵技术、地板采暖等应用技术研究。制定相应的资源消耗定额和规程、规定,节约利用地热资源,规范地热资源的合理利用。可在龙门西山森林公园玉隆苑园建立示范性工程,该地热井水温达 98.5°C 、水量达 $96\text{ m}^3/\text{h}$,河南省内热水井井水温度多为 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$,豫西地区温泉水温一般不超过 60°C ,龙门地热田高温地热水的发现,表明龙门地热田存在中温地热水,可用于烘干、发电和工业利用。同时,随着洛阳人防 2500 m 地热井的成功开发和盆地区地热资源的开发利用程度的提高,应加大地热资源开发利用模式研究与示范工程,提高龙门地热田中温地热水开发利用效益,为本地和全省提供地热资源开发利用依据。龙门地热田又位于世界文化遗产龙门石窟保护区附近,提高龙门地热田中温地热水开发利用,为保护世界文化遗产提供了可靠的洁净(绿色)能源。

参考文献

- [1] 吴生良. 河南偃龙煤田水文地质汇编 [C]. 河南煤田地质二队, 1986
- [2] 王现国. 河南省洛阳盆地地下水环境演化研究 [J]. 地下水与环境论文集, 中国地质调查局, 2005
- [3] 王现国. 河南省洛阳市地下水下降及防降对策研究 [J]. 河南地质, 2005 (4)
- [4] 王现国. 河南省洛阳市水资源可持续开发利用对策研究 [J]. 地域研究与开发, 2005 (3)
- [5] 周绍武. 豫西煤田地温状况及预测 [R]. 河南煤田地质公司, 中国科学院地质研究所, 1987
- [6] 白红烂, 等. 第三次煤田预测报告 [R]. 河南煤田地质二队, 1992
- [7] 阎留运, 徐九儒. 洛阳盆地地热资源与龙门地热田的关系 [J]. 中国煤田地质, 2002 (1)
- [8] 徐连利. 河南省经济型地热资源概况及开发利用前景 [R]. 河南省煤炭地质勘察研究院, 2003