



河南省首届地热产业高质量发展学术交流专题报告会

以科技创新驱动我省地热产业高质量发展



报告题目：水热型地热资源的源头保护研究

徐连利，博士，二级教授，水工环地质勘查、生态修复、地热资源勘查开发、地质灾害防治知名专家，历任河南省煤田地质局首席专家、中国煤炭建设协会特聘教师、华北水利水电大学硕士研究生指导教师、河南理工大学博士生导师，现任河南省地质研究院特聘专家。公开发表论文30多篇，专著3部，标准4项。2007年获得国土资源部优秀地质找矿一等奖、国土资源部科技成果二等奖，2010年获选第四批河南省国土资源学术带头人，2013年荣获河南省地质系统“五一”劳动奖章，并获得河南省首届“最美地质人”称号，2024年获选第六批享受河南省政府特殊津贴。



水热型地热资源的源头保护

徐连利

河南省地质研究院

自然资源部黄河流域中下游水土资源保护和修复重点实验室

2024.12

在我国内陆地区，水热型地热资源是一种宝贵的、可再生、但能力有限的清洁能源，加强水热型地热资源保护利用已经形成广泛共识。各地相继出台了地热资源保护开发和利用的相关政策、措施，对于有效保护地下热水资源和减少环境造成损害起到了积极作用。

而水热型地热资源的源头保护还基本上属于空白区，对于系统保护地热资源还是一个短板，需要引起我们注意。



汇报主要内容

一.水热型地热资源点

二.水热型地热资源源头区特征

三.水热型地热资源源头区生态问题

四.水热型地热资源源头区保护对策及建议



一.水热型地热资源特点

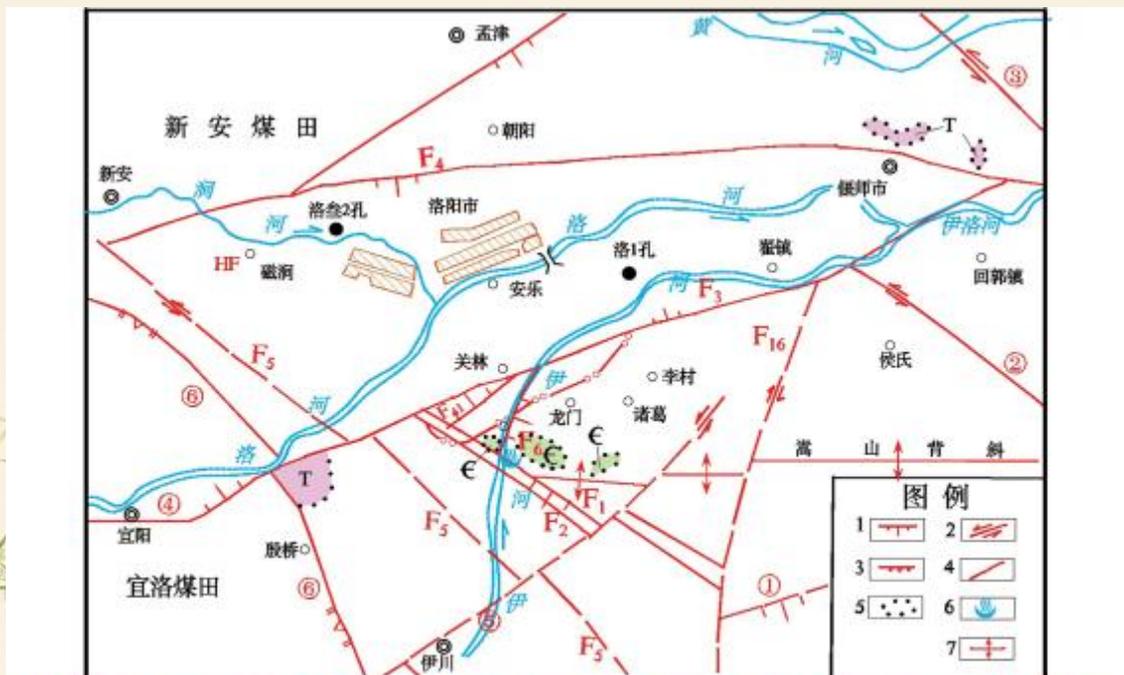
- (一) 受深大断裂控制的深循环
- (二) 地热资源量相对较小
- (三) 温泉多矿泉水、具有医疗保健价值
- (四) 富有文化底蕴

(一) 受深大断裂控制的深循环

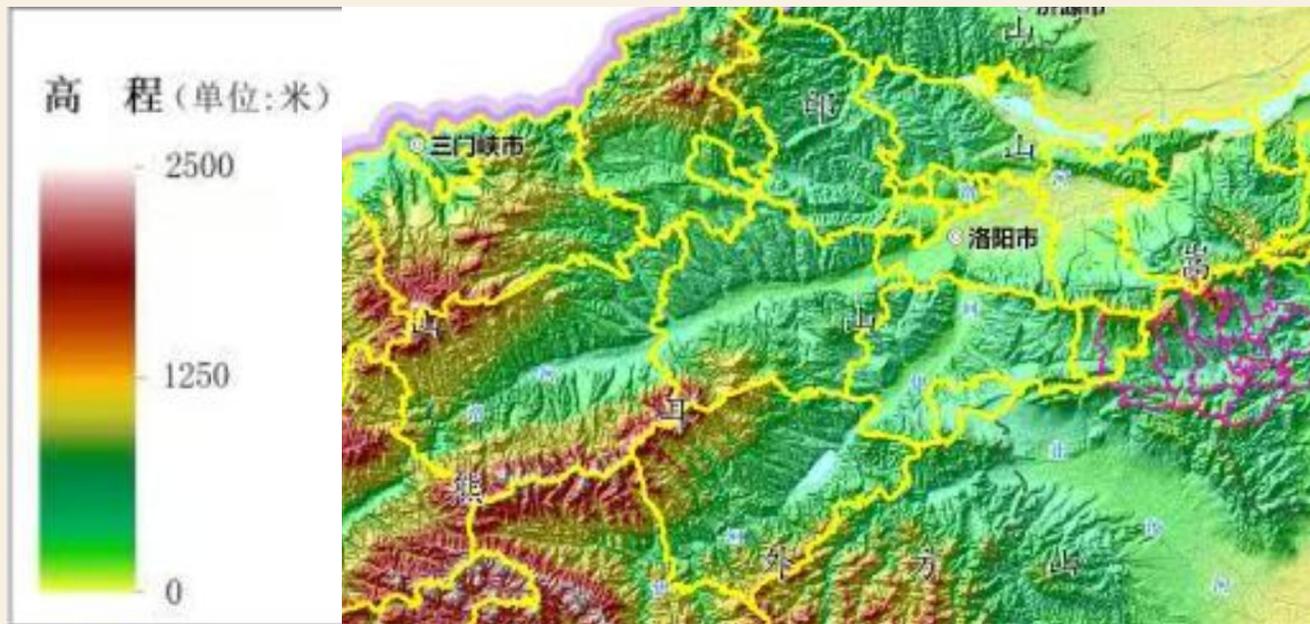
1、洛阳市龙门地热资源

控制洛阳龙门地热田边界的断层主要有东部五指岭断裂、西部龙潭沟断裂，北部伊河断裂（F₃）及朝阳—首阳山断层（F₄），草店断层（F₁）、魏湾断层（F₂）受伊河断裂阻拦在龙门一带0.42km²范围上升成泉群。

时代	断层名称及编号	产状 (度)			性质	落差 (m)
		走向	倾向	倾角		
燕山早期	草店断层	NW	SW	65-70	正	1500
	魏湾断层	NW	SW	75	正	>2000
喜山期	锦屏山断层	NEE	NNW	70	正	>2000
	宋店断层	NE	SE		正	>2000



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 F₆. 龙门口断层 HF. 滑动构造 F₁₆. 经周断层
 ①月湾断层 ②嵩山断层 ③五指岭断层 ④锦屏山断层 ⑤宋店断层 ⑥殷桥断层
 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 7.背斜



龙门温泉周边高程概览

深大断裂控制下的龙门温泉

东部寒武系岩溶裂隙含水层属嵩山北麓单斜构造水文地质单元佛光—龙门水文地质亚单元，西部寒武系岩溶裂隙含水层属熊耳山褶皱构造水文地质单元殷桥—龙门水文地质亚单元，东西两个单元沿伊河两侧排泄出露热水点多达19处，温度24–26℃，最高达43℃，总流量62.13m³/s，龙门西山森林公园玉隆苑园区地热井井深966m，水温达98.5℃。涌水流量达96m³/h。

热水中Cl⁻含量变化大，在10–368mg/l，可溶性sio₂含量2–20mg/l，个别达87.5mg/l，据此计算，**热水最大循环深度在2000m以内**，深部热储温度可在126℃。放射性U含量4–200 × 10⁻⁴g/l。



老龙窝泉



禹王池泉

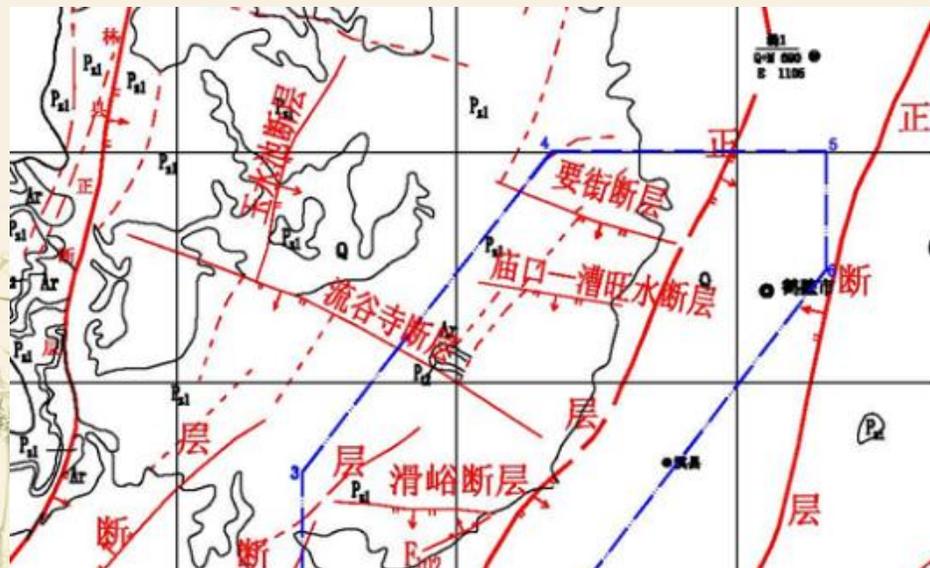
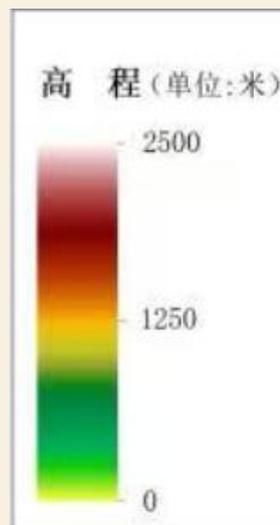


龙门温泉泉群分布

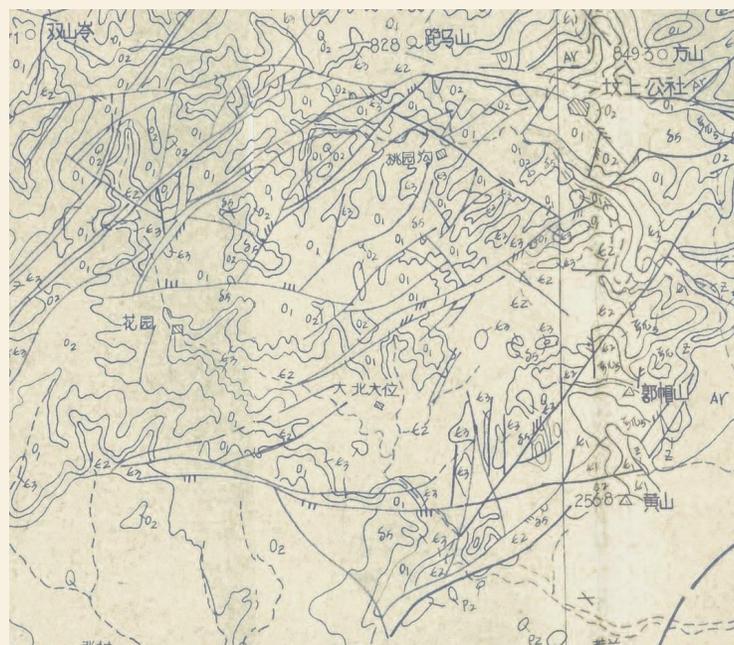
2、辉县张村一带地热资源

辉县张村一带地热资源以2014年钻探成井见地热水，现称滑峪温泉或龙溪温泉，终孔地层均在奥陶系灰岩，这是南太行低山丘陵地区地温偏低区不多见的地热井。

其构造格局大体是青羊口断裂西部的一组北西向深大断裂在南部山前，受近东西向滑峪断层切割，在北部接受补给的地下水经过深循环，在辉县张村一带受滑峪断受阻拦富集排泄。



南太行深大断裂空间分布



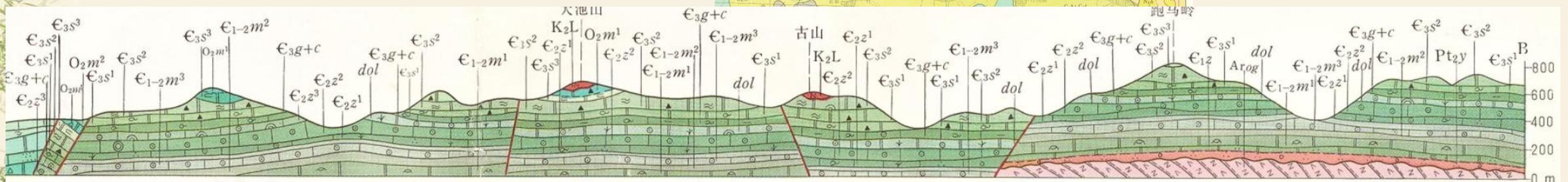
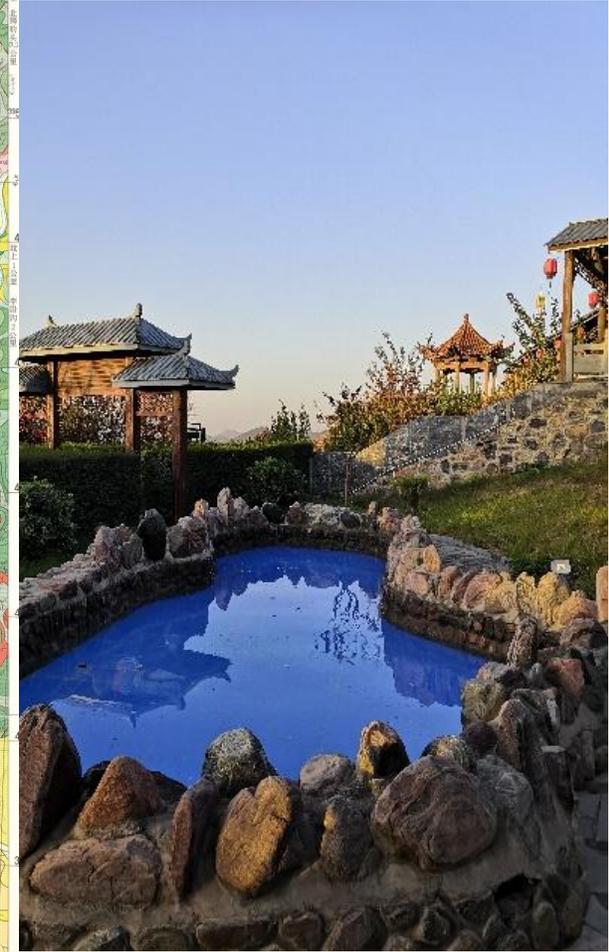
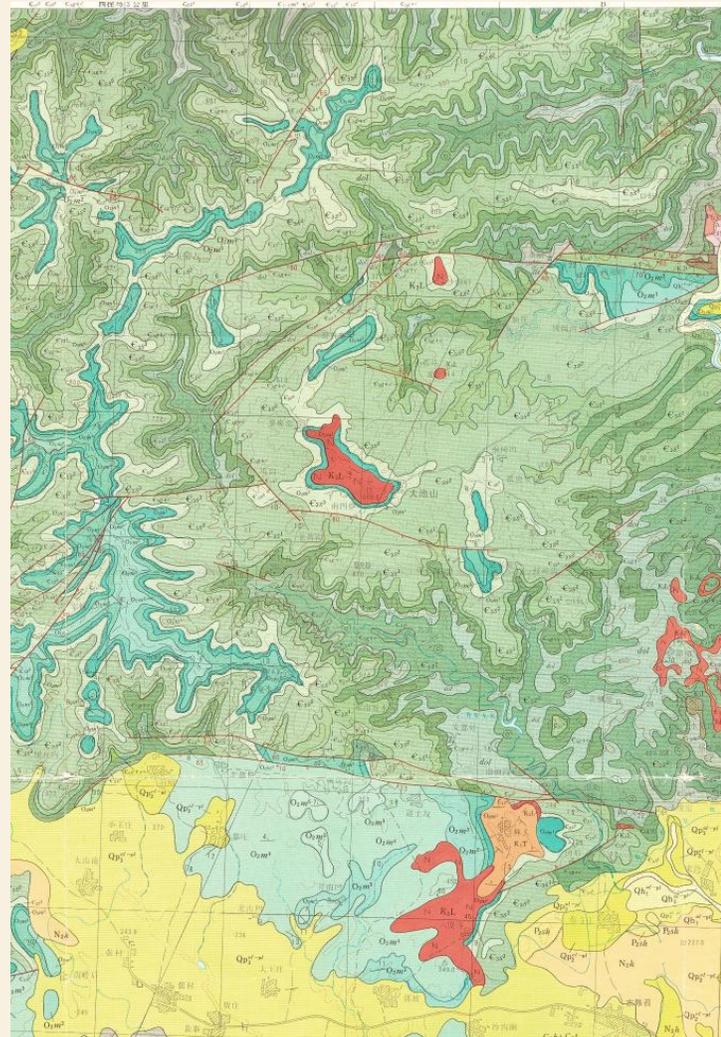
深大断裂控制下的辉县张村一带地热资源



滑峪断层在张村东部骆驼院的断层面

青羊口断裂西侧抬升，使太古界片麻岩、元古界云蒙山组出露，北部近东西向断裂切割，以及燕山期更长斑岩侵入，为大气降水深循环和加热，提供了良好的环境。张村一带两口热水井井1深500m，井口水温50℃，井2深605m，井口水温51℃。

水化学类型为 $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} \cdot \text{HCO}_3\text{-Na} \cdot \text{Ca}$ 、 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4\text{-Ca} \cdot \text{Mg}$ 型水，矿化度0.32-0.7g/l，其中 SO_4^{2-} 含量变化在73.97—198.84mg/l， Cl^- 含量变化在8.51-116.98mg/l，显示地下水循环环境差异性。

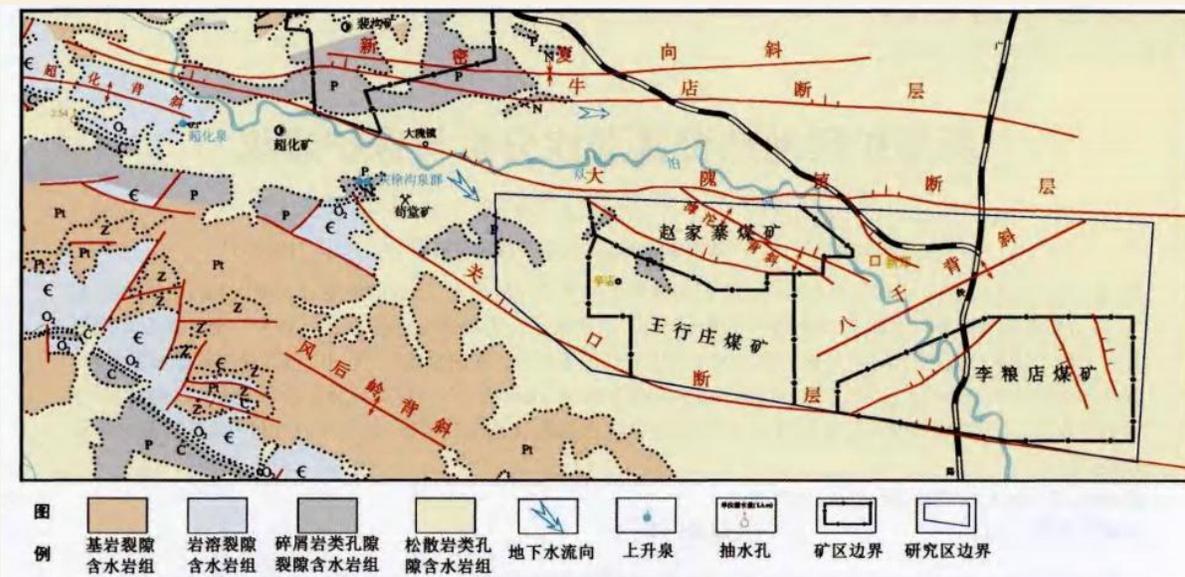


切割太古界的深大断裂为地下水深循环提供了通道

3、新郑市地热资源

新郑市地热资源主要指新郑市城区西部岩溶地热资源。

矿区位于新密—新郑褶皱断裂水文地质区,大隗断层以南的超化—辛店—李粮店水文地质亚区东部。该亚区地层走向、主体断裂均以北西向为主,地势呈西高东低趋势。西部寒武系、奥陶系石灰岩裸露区接受大气降水的补给后,沿层面裂隙、构造带及岩溶裂隙向东径流,部分受断层阻拦在超化、苟唐等地以泉的形式排泄,形成超化泉、灰徐沟泉群等;部分向东部径流至矿区。其中部分参与深部循环的地下水俘获深部地热资源,在矿区内顺构造通道上升,与构造热效应复合,在二叠系碎屑岩和新生界松散层盖层保护下,形成了本区地温正异常(图1)^[1]。寒武系上统、奥陶系中统为矿区具有重要意义的热储层。



深大断裂控制下的新郑市地热资源

七十年代中末期，省煤田地质一队在煤炭资源勘探时，首次在孔深400-540m处打出地下热水，热水涌出地表高度16.78m，水量50m³/h，水温39.9℃，之后开展了水文地质地温综合勘探，作为查明开采技术条件的勘查，也查明了地热资源。

地下水化学类型为SO₄·HCO₃-Ca、HCO₃·SO₄-Ca·Mg、HCO₃·SO₄-Ca·Mg型水，矿化度0.67-0.79g/l，PH值7.23-8.16，属中偏弱碱性，可溶性SiO₂含量24-32mg/l，估算热水最大循环深度在2000m以内。

目前，赵家寨、王行庄煤矿开采煤炭资源，地下热水以矿井水疏排方式为主外排。按两个矿井年排量2281m³/d计算，释放出的地热资源量在5079 × 10⁸KJ，折算的标准煤吨数为8.71 × 10⁴t/a。

年度	王行庄		赵家寨		5a 累计涌水量 /10 ⁸ m ³	5a 累计释放地热 资源量/10 ⁸ KJ
	涌水量/m ³ ·d ⁻¹	释放地热资源量/10 ⁸ KJ·y ⁻¹	涌水量/m ³ ·d ⁻¹	释放地热资源量/10 ⁸ KJ·y ⁻¹		
2006	1337.76	341.3072				
2007	2173.44	554.5171	10448.4	560.6089		
2008	2394.34	610.8758	27731.4	1487.9283	0.4066	25392.07×50%= 12696.035
2009	3029.78	772.9975	30600.8	1641.886		
2010	3282.00	837.3473	30405.38	1631.4001		
平均	2443.464	623.4090	19837.196	5568.755		

(二) 地热资源量规模相对较小

省内地热田大体可分为沉积盆地型和断裂裂隙型两种，均为低温地热资源。按地热田类型划分，隆起区又可分为 II—2、II—3 两型，即受断裂构造控制带状和带状、层状兼有型；坳陷区可分为 II—1、II—2 两型，即层状、构造简单和层状、带状兼有型。

省内地热资源较为丰富，以中低温地热资源为主，空间分布广泛，并且不同地热田既有自己的特点，又有其共性，为便于开发、开采和进一步研究，并考虑经济因素，对地热田进行划分，分区原则：

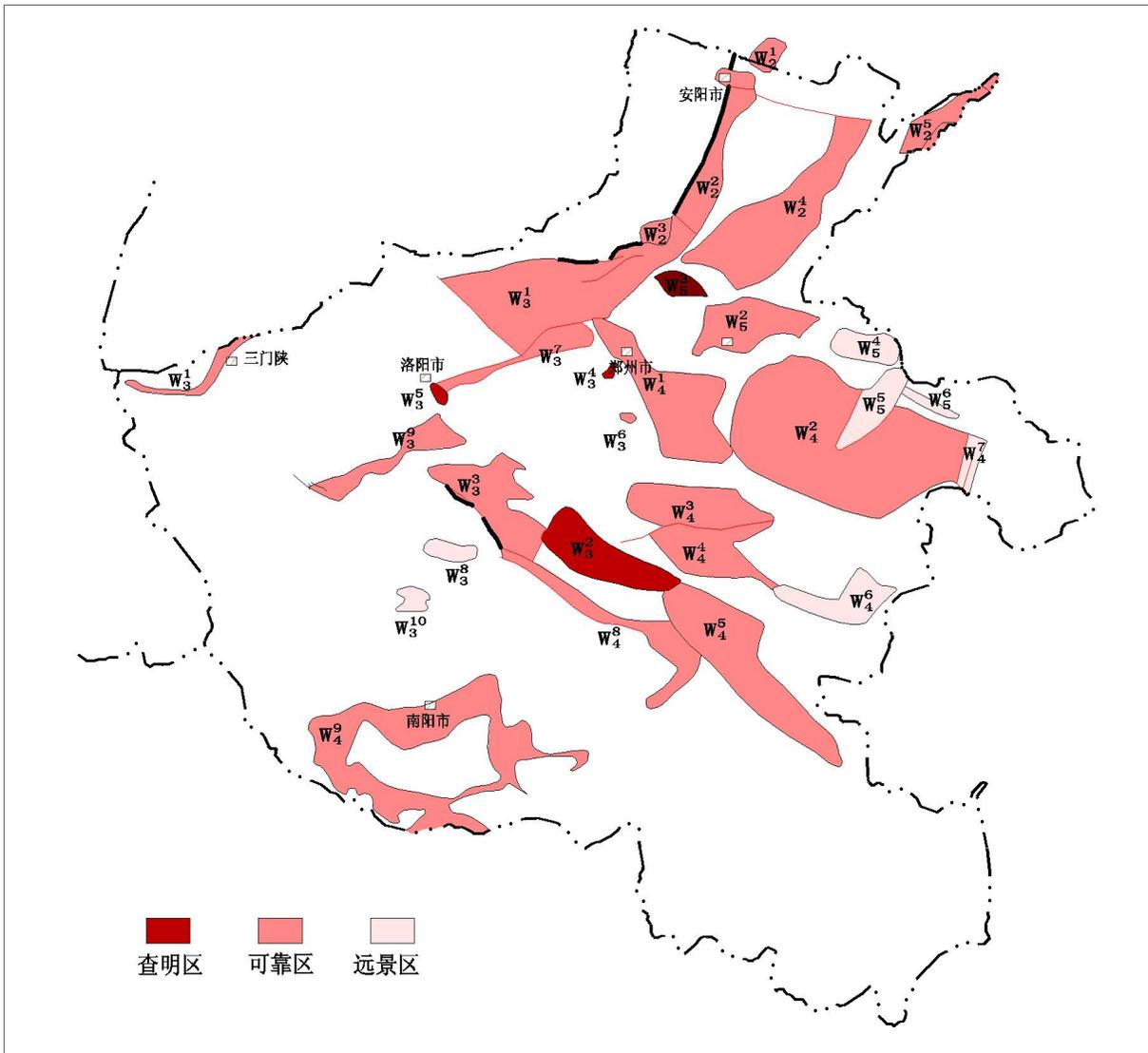
(1) 以有出露、揭露的地热异常点为基础；

(2) 结合构造、地球物理、化学特征、地下水活动特征和热储特点划分；

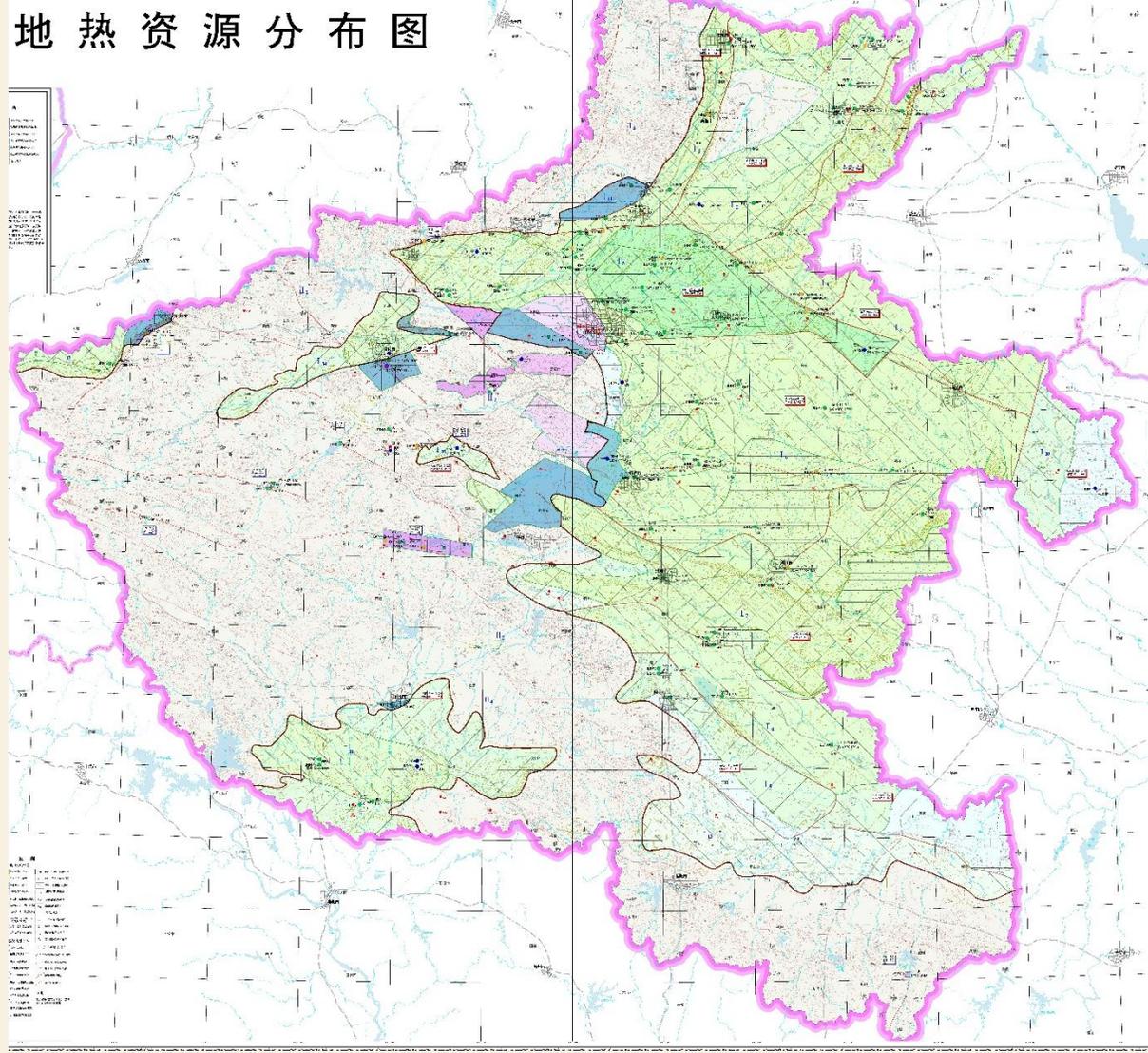
(3) 具有一定规模的可利用的经济型地热资源；

(4) 将地形、地貌，自然经济分带和部分人为界限考虑在内。如省界、坳陷区新生界的 500m、1800m 埋深等值线等。

依据上述四个原则，太行山隆起地热异常区 (W_1)、豫北平原地热资源区 (W_2)、豫西隆起地热资源区 (W_3)、豫中、南地热资源区 (W_4)、济源—开封—商丘地热资源区 (W_5) 等五个区，进一步划分为 30 个亚区。



河南省地热能资源分布图 (2010)

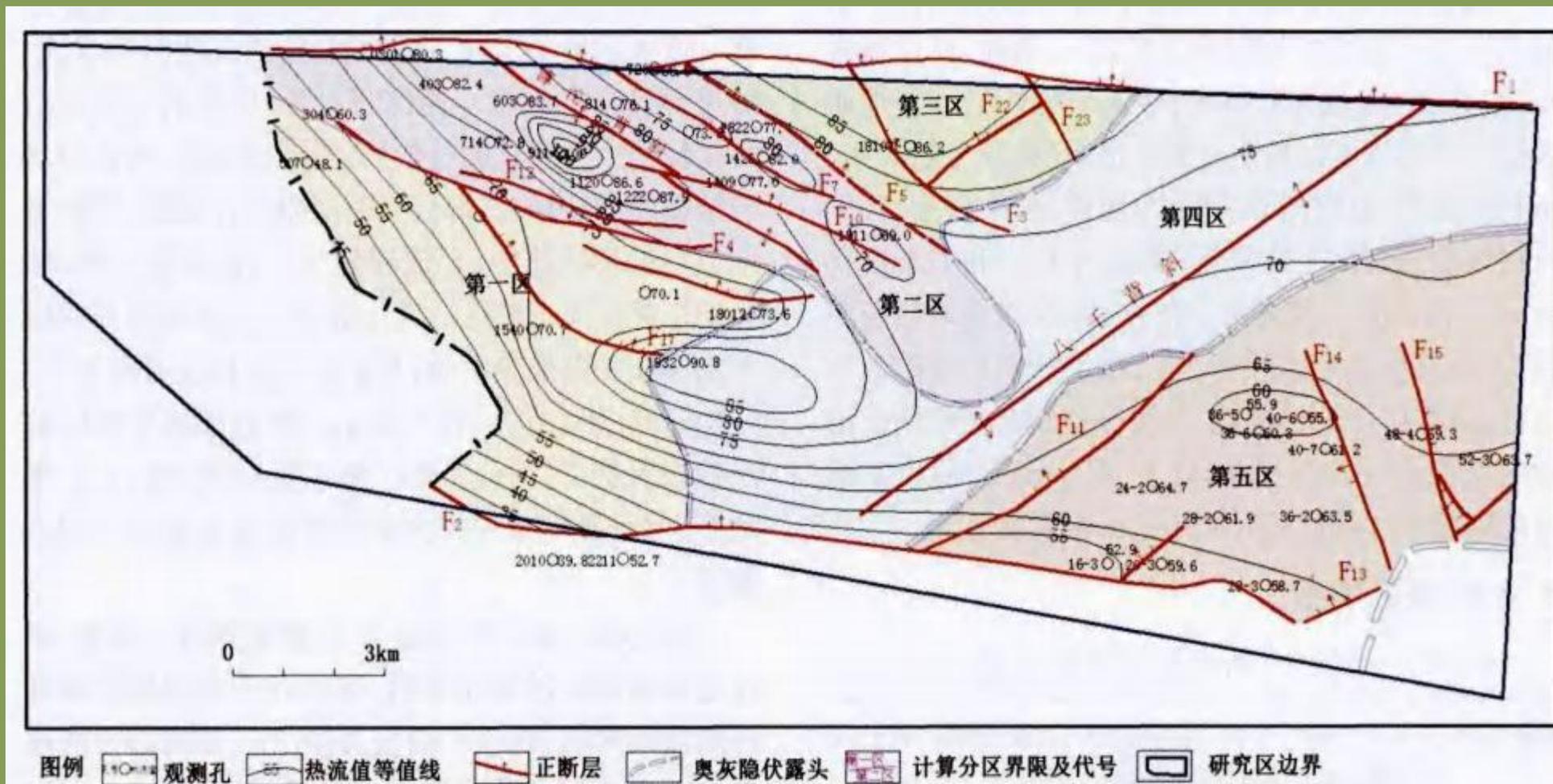


河南省地热能资源分布图 (2017)

以豫西隆起区为例，9个热水区经济型地热资源量大多相当于2亿吨标准煤，三李、龙门、赵村等热水区地热资源量均小于1亿吨标准煤，并且是动态资源。

热水区名称		可获取地热资源量 (kcal)				相当于电 (kWh)	相当于煤 (t)
		600~1000 (m)	1000~1500 (m)	1500~2000 (m)	小 计		
豫 西 隆 起 区	灵宝热水区 (W ₃ ¹)	1.5774 × 10 ¹⁴	0.8379 × 10 ¹⁴	1.6272 × 10 ¹⁴	4.0426 × 10 ¹⁴	470.1543 × 10 ⁹	0.2351 × 10 ⁹
	平顶山热水区 (W ₃ ²)	1.6607 × 10 ¹⁴	1.7967 × 10 ¹⁴		3.4574 × 10 ¹⁴	402.0956 × 10 ⁹	0.2011 × 10 ⁹
	汝州热水区 (W ₃ ³)	1.5809 × 10 ¹⁴	2.6165 × 10 ¹⁴		4.1974 × 10 ¹⁴	488.1576 × 10 ⁹	0.2441 × 10 ⁹
	三李热水区 (W ₃ ⁴)	0.0199 × 10 ¹⁴	0.0383 × 10 ¹⁴		0.0581 × 10 ¹⁴	6.757 × 10 ⁹	0.0034 × 10 ⁹
	龙门热水区 (W ₃ ⁵)	0.0447 × 10 ¹⁴	0.1333 × 10 ¹⁴		0.0177 × 10 ¹⁴	2.0585 × 10 ⁹	0.0010 × 10 ⁹
	新郑热水区 (W ₃ ⁶)	0.1057 × 10 ¹⁴	0.1949 × 10 ¹⁴		0.3006 × 10 ¹⁴	34.9597 × 10 ⁹	0.0175 × 10 ⁹
	荥阳—巩义热水区 (W ₃ ⁷)	0.7315 × 10 ¹⁴	1.2422 × 10 ¹⁴		1.9737 × 10 ¹⁴	229.5413 × 10 ⁹	0.1148 × 10 ⁹
	赵村热水区 (W ₃ ⁸)	0.7177 × 10 ¹⁴	× 10 ¹⁴		0.7177 × 10 ¹⁴	89.7487 × 10 ⁹	0.0449 × 10 ⁹
	酒后热水区 (W ₃ ⁹)	1.2839 × 10 ¹⁴	1.9259 × 10 ¹⁴		3.2098 × 10 ¹⁴	373.2997 × 10 ⁹	0.1867 × 10 ⁹

这是因为：（1）大多是中低温地热资源；（2）因为水热型资源，其资源量受侧向不给补给影响，参与深部循环的地下水资源量更加有限；（3）不同需求模式的水资源开采影响着地热资源量。以新郑热水区为例。



新郑热水区热流等值线地热资源计算分区

划分五个资源分区计算，建井前侧向补给量可释放的热能为965.9776亿KJ/d，建井并生产后的2010年侧向补给量可释放的热能为94.70亿KJ/d，释放热能减少为90.09%。其主要原因一是矿山疏排水致使岩溶地下水位大幅度下降，侧向进水面积急速减少；二是深循环热水因水头降低驱动力降低，为热水区加热的量也在衰减。留下的主要是获得本地构造热效应升温的资源。

1989年矿山建设前岩溶热水侧向补给量及热能计算

区段	a/m	b/m	H ₁ /m	H ₂ /m	L/m	T/m ² ·d ⁻¹	M/m	Q/m ³ ·d ⁻¹	Q _总 /10 ⁸ KJ·d ⁻¹
I	9600	15000	123	122	1165	85	50	44141.0265	
II	3700	4500	123	122	1233	437	41.92	60721.1352	233.2344
III	10000	7600	123	122	700	513.6	33.43	214502.4092	
IV	5900	4500	123	122	720	467.4	32.41	108741.2767	577.0377
V	6000	4300	123	122	854	564	31.50	106156.8762	
VI	7400	6600	123	122	360	497.4	74.83	722942.3954	
VII	18800	18000	123	122	1685	497.4	50	271534.6611	155.7056
侧向补给量(Q)、释放热能总计(Q _总)合计								1528739.78	965.9776

2010年矿山生产后岩溶热水侧向补给量

年代	侧向补给量 Q/10 ⁸ m ³	侧向补给量热能/10 ⁸ KJ·d ⁻¹	弹性储量 W/10 ⁸ m ³	弹性储量热能/10 ⁸ KJ
1989(矿井未开采)	1528739.78	955.9776	0.3333	15080.272
2010(矿井疏排水后)	71841.23	94.70	0.1988	12316.05
2010比1989减少	1456898.55	861.2776	0.1345	2764.222
资源量损失比/%	95.30	90.09	0.4035	18.33

(三) 温泉具有医疗保健价值，多矿泉水

从氢氧同位素含量与大气降水线的相关关系和Na/Cl比值看，出露的温泉和揭露的碳酸盐岩、火成岩等温泉、地热水资源基本上都属于大气降水起源，经过深循环，其组分主要来源于围岩，是长时间的运移溶滤俘获围岩元素所致。热水资源普遍富含偏硅酸以及锶、硼、钡、银等微量元素，有的具有放射性铀、镭等元素，具有医疗保健价值，大多热水矿化度偏高，部分氟离子含量较高，不能饮用，部分水质较好，是良好的矿泉水资源。

温泉名称	温度(°C)	矿化度(g/l)	PH值	微量元素	放射性元素	其它元素	医疗保健价值
卢氏汤河温泉	49.5		8.5	锶、钙、铁、镁等40多种微量		磷、氟、硒	湿关节炎、皮肤病，以及麻痹症、神经痛等，对痤疮、湿疹也有疗效。
鲁山下汤温泉	64	0.6	8.2-9.08	硼、锂、钼等二十多种元素	铀、镭	溴	湿关节炎、皮肤病
临汝温泉街温泉	65	1.4-1.9	7.2-7.8	锶、镍、锂、钛等多种微量元素	镭、氡	氮、	风湿、慢性神经系统病、妇科病、皮肤病
洛阳龙门温泉	43	0.8-1.7	7-7.7		铀、氡	溴、硼	
辉县滑峪温泉	51	0.5	7.3-7.6				
陕县温塘	65	0.75	7.2-8.05	锂、锌、铁、钼	铀、镭	偏硅酸、碘	胃病、心血管病、糖尿病
商城汤泉池	54	0.66	8.35	锶、钡、钛、银、铜等十多种微量	氡	硼、偏硅酸	皮肤病、风湿病、肠胃病以及神经系统、呼吸系统、外科、妇科疾病

(四) 富有文化底蕴

商城汤泉池风景区是河南省著名的温泉疗养和山岳风景区。它位于河南省南部商城县西南15公里处里的鲢鱼山水库上游西岸，大别山腹地金刚台脚下，以温泉水的医疗效果而闻名。

早在唐朝李吉甫所著《元和郡县图志》中称其“温汤”；明嘉靖《商城县志》有记载。清乾隆25年（公元1760年），乾隆皇帝游览汤泉池，御笔题书“汤坑”，并立碑志之。清嘉庆年间，官府在此创办“温泉书院”。明代大思想家、文学家李贽、清邑人王佑等均曾临泉赋诗，写下了“洗心千涧水，濯足温泉宫”、“雷山暗脉通温泉，浑似华清别有天”等著名诗篇。

陕州区大营镇温塘村的温泉，早在西汉时期就已被发现，因洗浴后能祛病，被称之为“神水”。温塘村原称温汤村，由于在古火山脚下，有温水流出，人们便挖石成塘，蓄水沐浴，后改温汤村为温塘村。

相传，温塘村山下热汤滚沸，药师用其捣制神药的金钵，扣押住滚沸的泉眼，因此溢流而出的泉水，疗疾祛病，颇具神功。据《陕州志》记载：“汉光武帝刘秀、魏武帝曹操、唐女皇武则天皆慕名而驾临沐浴，民国冯玉祥将军题壁赞誉为‘山川灵气’”。



卢氏汤河温泉风景区，地处卢氏县汤河乡境内，距县城30公里，为长江、黄河两大流域的分界岭，是中国南北地质、气候、生物分界带。《卢氏县志》记载：“汤池在熊耳山足，夏可熏鸡，冬可沐痲”

温泉街隶属于河南省平顶山市汝州市，地处汝州市西部，西汉初年，温泉镇一带称温汤，唐朝时，改称温塘，亦称汤王街；金正隆六年（1161年），为温泉街。唐代时，温泉镇的温泉已经名扬于世，武则天和唐玄宗都曾幸临。770年，女皇武则天亲自率领文武大臣，浩浩荡荡，由洛阳驾临温泉。皇帝亲临使这里的温泉更为世人垂青宋代时，文学家范仲淹曾写诗题咏温泉：山前阴水煮灵源，昔日曾临万乘尊。1955年，河南省总工会拨出巨款，在温泉镇修建了设备精良、齐全的工人疗养院，并成立了专门的科研机构。



二.水热型地热资源源头区脆弱性

- (一) 地理位置独特
- (二) 地质构造复杂
- (三) 易受到人类活动影响

(一) 地理位置独特

地热资源区大多位于山间盆地或平原区，而**地热资源的补给区多在中低山或丘陵地区**，其特点是：

(1) 多在海拔相对较高的位置，一般在500m以上地区，部分略低，部分是影响大气环流的屏障，如太行山、秦岭、大别山等；

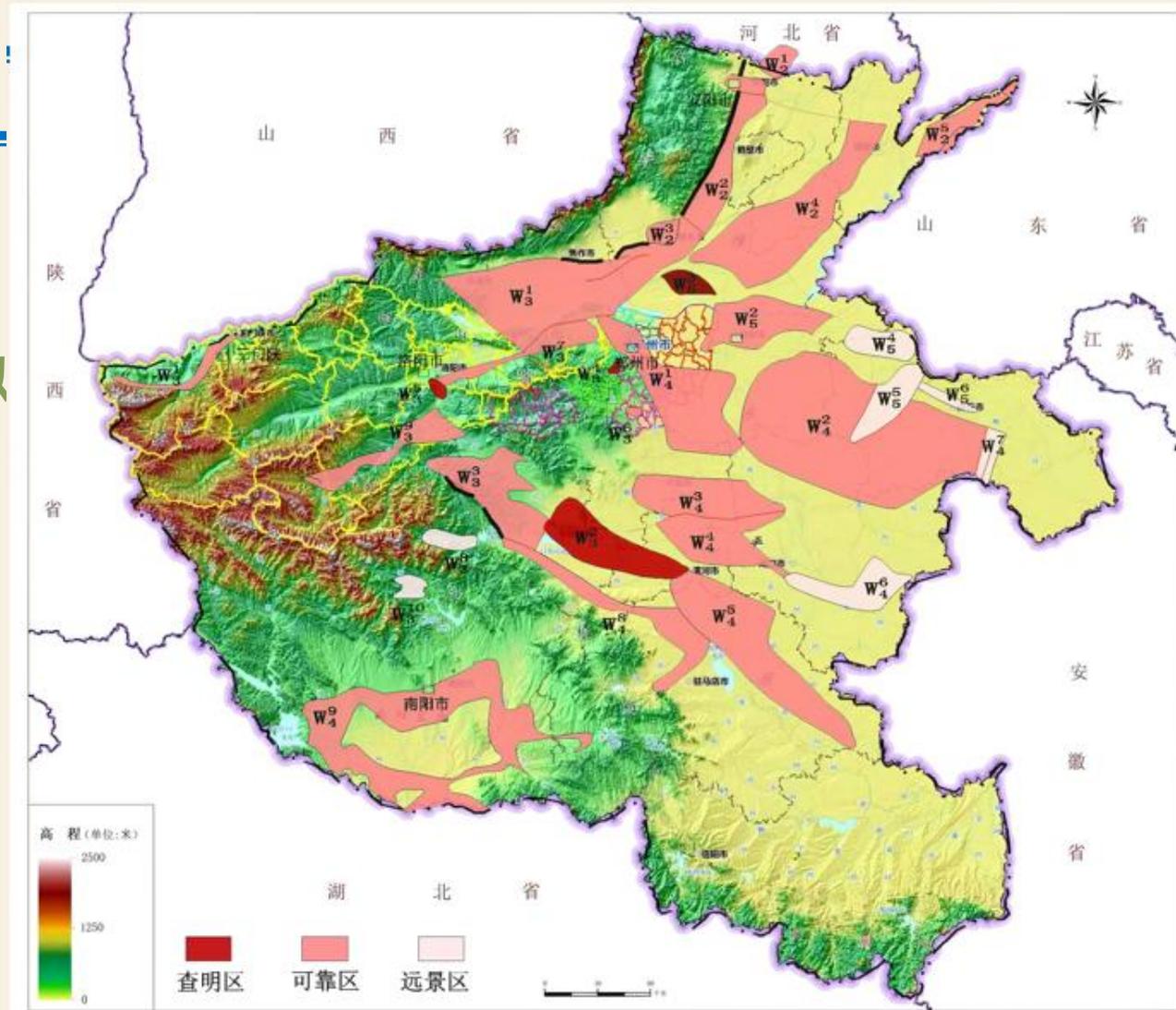
(2) 地势变化较大，坡度大，沟壑发育，微地貌复杂；

(3) 年平均气温相对较低；

(4) 降水相对丰沛，地表水径流速度快；

(5) 植被发育，生物多样性；

(6) 风光秀美，旅游资源丰富。



地热区与地势关系图

(三) 易受到人类活动干扰

由地理位置特征、地质构造控制的矿产资源、旅游资源等决定，水热型地热资源补给区极易受到人类活动的干扰，不同程度的影响地热资源质与量，主要因素有矿山开采、城镇发展、产业集聚区建设、旅游度假区建设、道路交通以及耕地上山等。

露天矿山、井工开采是水源区最常见的干扰方式，其破坏面积大，影响深度深，存在污染情况，且数量众多，干扰程度最大。

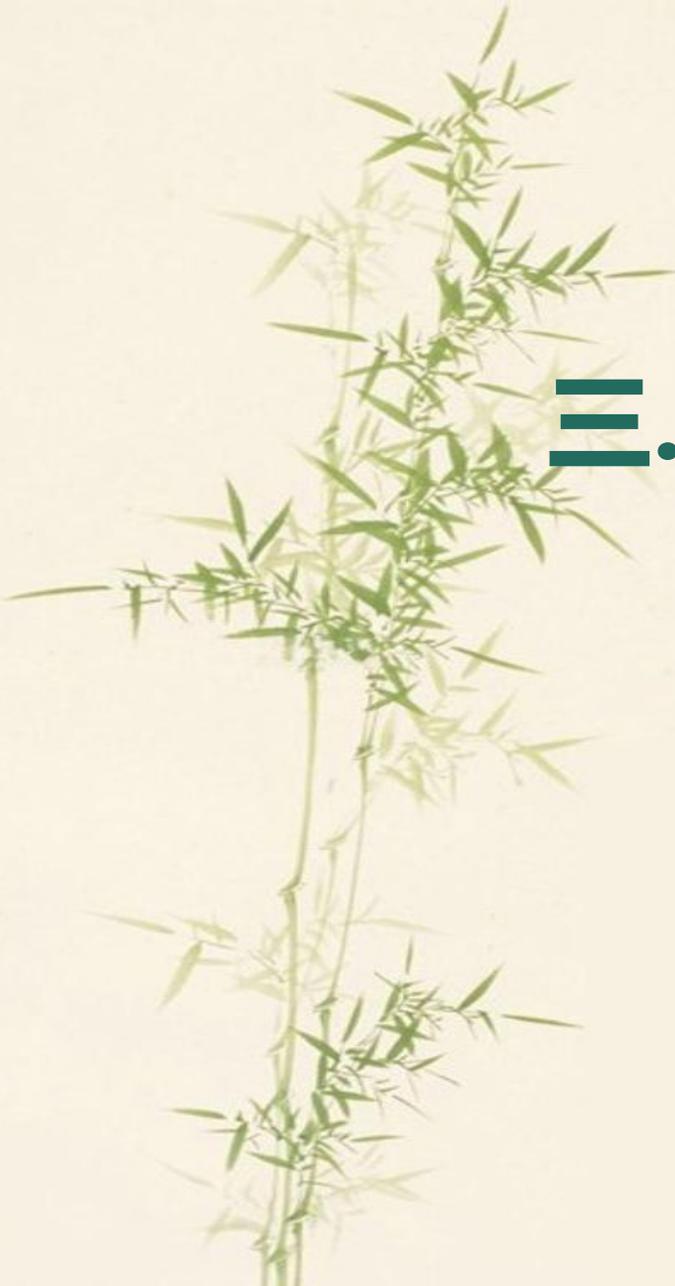
城镇发展也是常见的干扰方式，其破坏面积大，也存在污染情况，干扰较强。

产业集聚区是近年来出现的干扰方式，其破坏面积中等，存在污染情况，干扰较强。

旅游度假区是水源区最常见的干扰方式，其破坏不大。

耕地上山是近一个时期的干扰方式，其破坏面积大，存在面源污染情况一般。

道路交通是常见的干扰方式，其破坏面积不大，但易出现影响径流通道现象，干扰中等。

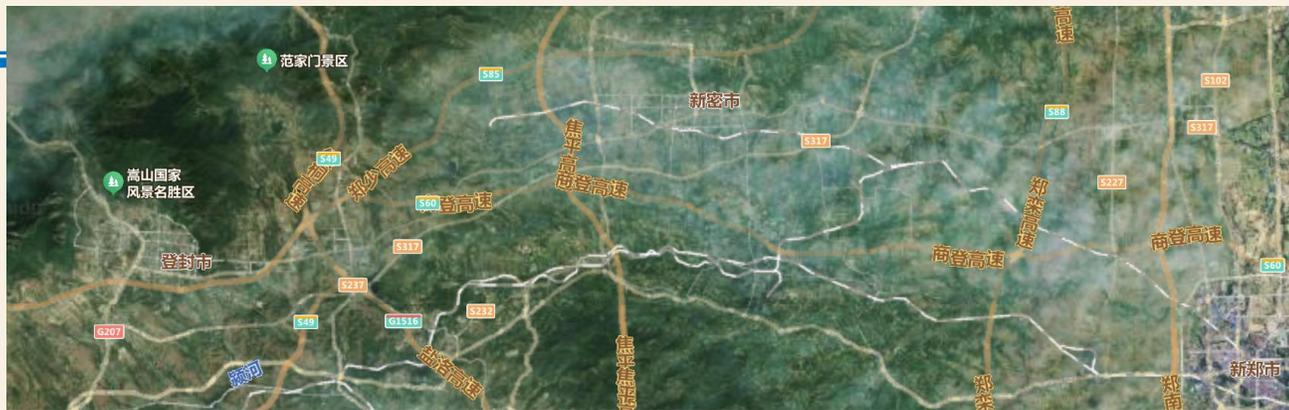


三. 水热型地热资源源头区生态问题

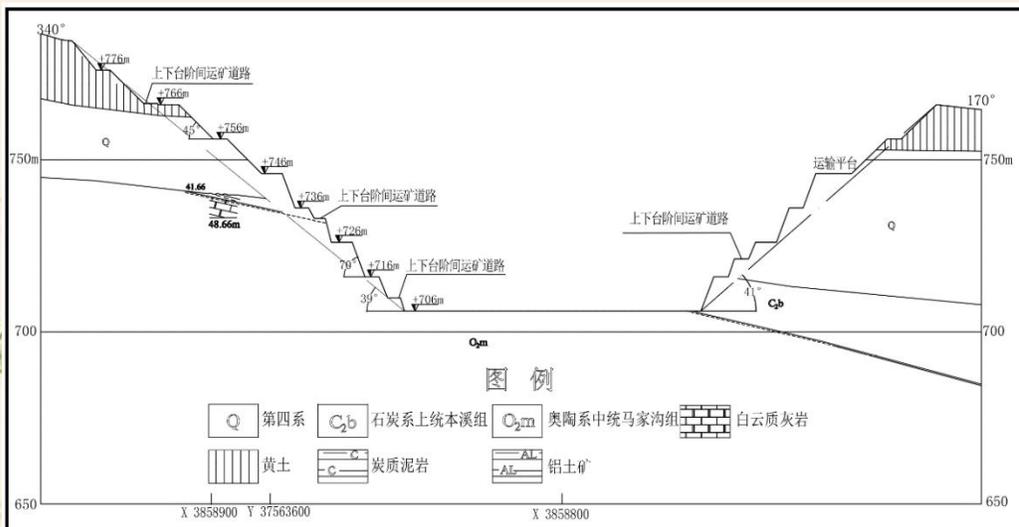
- (一) 地形地貌破坏
- (二) 地质灾害隐患
- (三) 含水层破坏
- (四) 水土流失严重
- (五) 生物多样性受到威胁

(一) 地形地貌景观破坏

地形地貌景观破坏尤以城镇建设、露天开采影响大。城镇建设以改变地貌、硬化大量土地标志；露天矿山受地质构造复杂、基岩保留厚度薄等条件影响，主要有山体破损、深坑、高陡边坡、矿渣堆积等等，严重影响大气降水入渗补给和径流，甚至污染地下水。



嵩山南麓城镇建设改变地形地貌景观、硬化土地



露天矿山剖面与地形地貌景观破坏现状

(二) 地质灾害隐患

受矿山开采、城镇发展、产业集聚区建设、旅游度假区建设、道路交通以及耕地上山等影响，在构造发育的水源区易出现滑坡、崩塌地质灾害，阻塞地下水入渗通道。

露天矿山主要表现为：高陡边坡上土体失稳、排土场堆土失稳，引发滑坡地质灾害。

井工开采矿山主要表现为：地表塌陷或地裂缝，有的扰动原状土诱发崩塌、滑坡地质灾害。

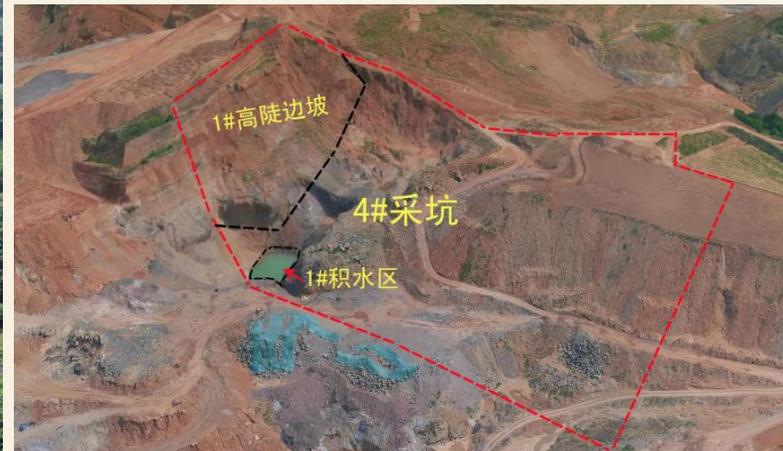
城镇建设及其它工程往往切坡出现岩土体失稳诱发崩塌、滑坡等地质灾害。



堆土场的滑坡隐患



城镇建筑切坡引发的滑坡隐患

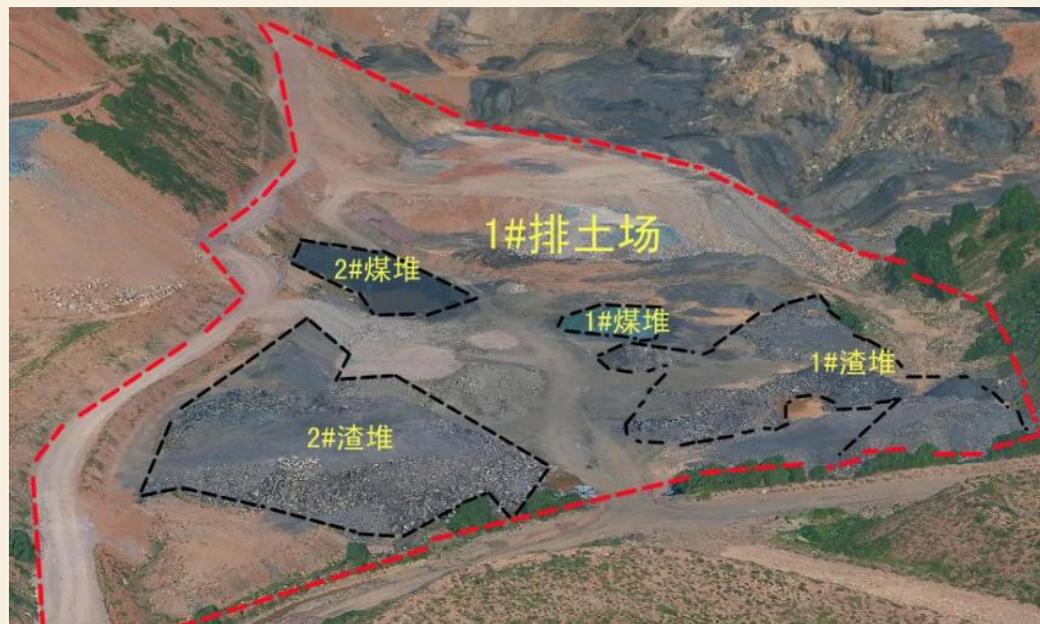


高陡边坡上的土体滑动隐患

(三) 含水层破坏

部分城镇、产业集聚区、矿集区大多处在补给、补给—径流区范围，大面积压占、露天开采，改变大气降水入渗、运移和蓄积条件，致使水源涵养能力受损。

一是植被受损，地表形态趋于平面或陡立，减小补给面积，利于地表径流，降低大气降水入渗量；二是高陡边坡和深坑，截断或部分截断含水层径流通道，不利于地下水运移；三是生活污水、工业废水、矿渣长期堆积、淋漓，易污染地下水。。



露天矿山破坏含水层破坏现状

(四) 水土流失严重

黄土、红土层区、基岩风化带、花岗岩风化壳区，一般岩体松散，加上坡度较大、冲沟发育，特别是人类活动影响，极易水土流失，中度侵蚀以上问题突出，大别山区的低山丘陵区、豫西的灵宝、陕州区、渑池县等县区范围大，导致水土资源破坏、地质灾害频发、水生态环境局部恶化，不利于水源涵养和对地下水的补给。

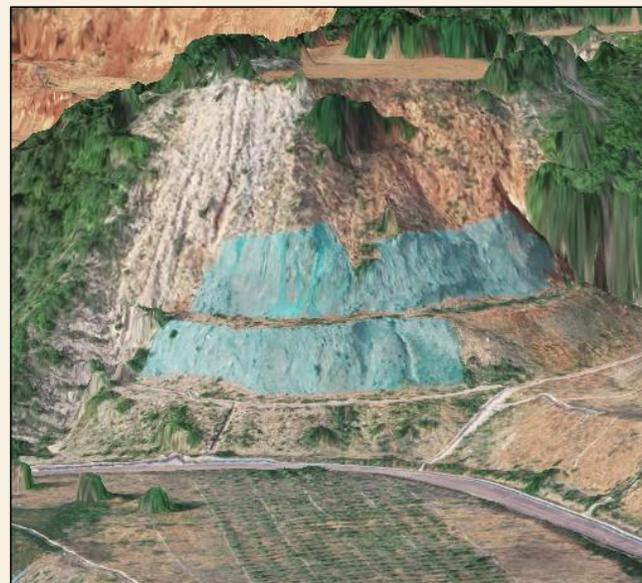
三门峡市水土流失统计表

单位: km²

县、区	水土流失状况	轻度侵蚀	中度侵蚀	强烈侵蚀	极强烈侵蚀	剧烈侵蚀
卢氏县	761.43	581.33	125.71	30.06	23.01	1.32
湖滨区	27.19	17.51	7.44	1.71	0.5	0.03
灵宝市	1067.36	881.45	143.01	34.38	8.52	0
义马市	27.27	19.88	5.52	1.45	0.42	0
渑池县	549.03	338.43	186.3	17.8	4.6	1.9
陕州区	567.14	420.59	105.34	28.79	11.44	0.98
合计	2999.42	2259.19	573.32	114.19	48.49	4.23



沿黄短支流流域水土流失程度图



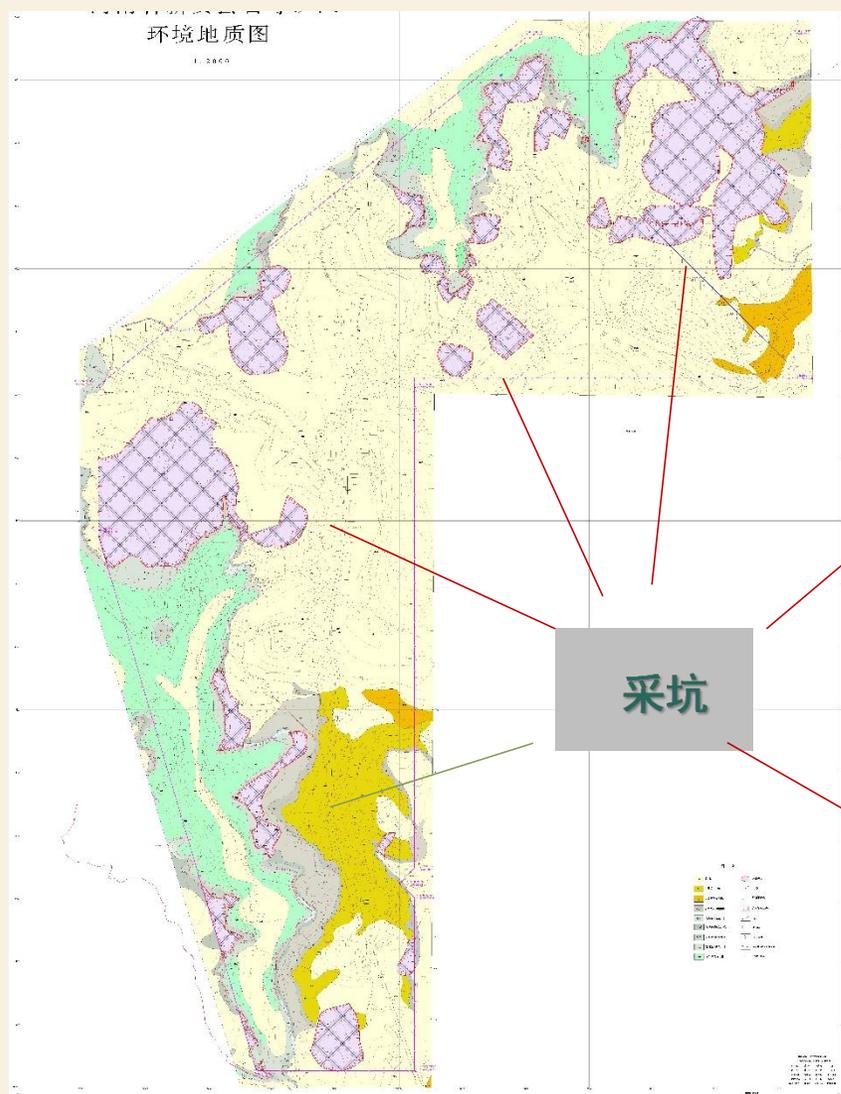
治理工程的水土流失

(五) 生物多样性受到威胁

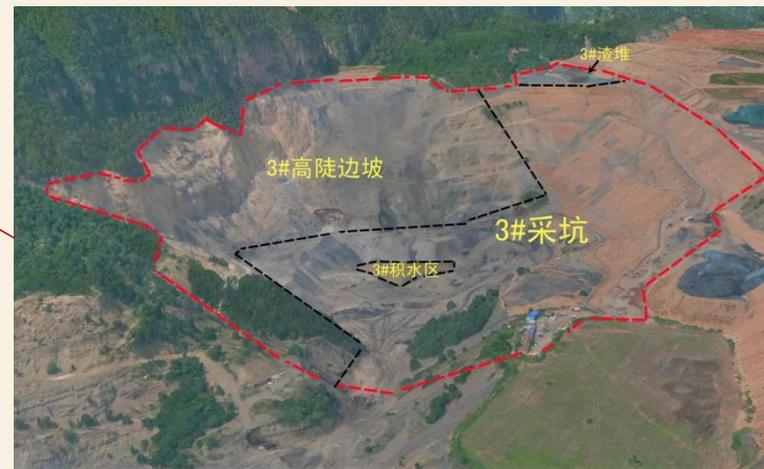
城镇建设、产业集聚区建设、露天采坑众多等，破坏生态环境，生物多样性收到严重威胁。

一是植被遭到破坏，单元(片区)范围植物、微生物丰度下降，动物栖息地不复存在，水源涵养功能下降。

二是生物赖以生存的地表基质不复存在，生态系统结构受损，功能丧失或弱化，水循环遭到破坏。



露天矿山采坑平面分部现状



露天矿山采坑现状



四.水热型地热资源源头区保护对策及建议

- (一) 划定红线，明确保护区范围
- (二) 源头区保护办法建议内容
- (三) 增强水源涵养功能，适度实施水土保持工程。
- (四) 防治污染
- (五) 加强监测，做好风险预警和成效评估

(一) 划定红线，明确保护区范围

1、开展温泉系统生态系统调查

鉴于热水系统热水的深远循环特点，建议开展1：5万温泉系统生态系统调查，按照水源区、径流区和排泄区特点确定相关调查内容，特别是水源区和排泄区，有必要开展1：1万的详细调查，基本查清补给区面积，特别是高温水、矿泉水的补给范围及其地表基质特征，查清循环通道及其地质环境特点，明确主控因素和一般环境。

2、划定红线，明确保护范围

依据调查成果，划分水源区、径流区及排泄区的不同生态功能区，就高温、矿泉水补给区，结合空间规划，划定保护红线，明确保护范围，制定保护措施。

3、制定源头区保护办法

为了合理开发、利用、节约和保护热水资源，实现热水水资源的可持续利用，制定地方级或者跨区域的保护办法，强化县级以上地方人民政府对热水资源的统一管理和监督工作。

(二) 制定源头区保护办法建议内容

融合矿产、土地、林业、水资源、生态环境等相关政策法规，从合理开发、利用、节约和保护热水资源，实现水资源的可持续利用和文化保护方面出发，制定保护措施，加强水热型地热资源管理，制定源头区保护办法，建议突出以下三项内容：

明确3个区：

明确核心区、缓冲区和观察区。实现核心区不能动、缓冲区控制性活动和观察区监测性活动。

控制4个指标：

控制补给面积、核心区高程、深大断裂带和水质等4个指标，实现补给面积不减少、核心区高程不改变、深大断裂带带宽不受影响和水质指标不改变。

明确3个责任：

地方人民政府的管理责任、活动人的主体责任和受益人的保护责任。

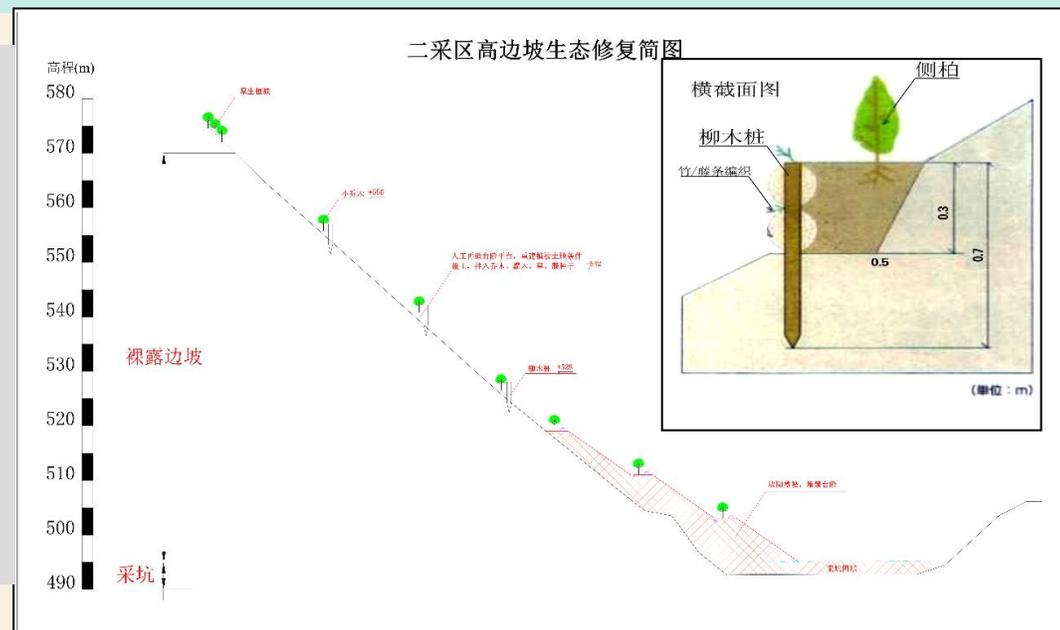
(三) 增强水源涵养功能，适度实施水土保持工程

1、优选树种、草种，改进种植方式，加强养护

在黄河流域，根据环境、气候及土壤条件，在适宜季节，选择耐旱宜成活的侧柏、刺槐、白皮松，草种选用结缕草籽+麦冬草籽+紫穗槐树籽。边坡采用侧柏、刺槐混种，播撒草籽；平台及道路两侧选择白皮松、刺槐、侧柏，乔木均为带土球树种，进行穴灾。种植后按照初期保活，中后期抚育的浇水、管理方式。

2、露天矿山典型问题处理

- ◆ 降势后高陡边坡“坑改梯”；
- ◆ 高陡排渣场坡改梯；
- ◆ 特殊土地地区采用田埂或保水挡墙修筑：田埂在平台外缘30cm修筑，防止边坡冲刷水土流失，**压实系数为0.93**；保水挡墙高度60cm。



降势后红土区高陡边坡+深坑生态修复措施

(四) 防治污染

加强宣传和管理，提高环境保护意识。加强旅游度假区、村镇污水集中处理，倡导绿色农业，加强矿山环境治理，防治污染地表水和地下水，积极开展污染防治工程，做到防患于未然。

污染防治工程重点考虑：

- ◆ 对废渣、积水进行采样分析，污染与否均进行处理，防治水土污染。
- ◆ 部分离子偏高的水、土、渣，清理运送至周边赤泥库附近处理，处理后废料、废液进入赤泥库，其它物品根据功能属性分配存储备用。
- ◆ 废渣分选、清运，均匀中等部分用于反压坡脚，其它部分用于采坑回填。
- ◆ 废弃井实施回填封井，防治特殊时期外溢。

(五) 加强监测， 做好风险预警和成效评估

水热型水源区， 地理位置独特、 露天矿山集中、 开采技术条件复杂， 生态问题复杂多样， 容易首到人类活动干扰， 生态环境脆弱。 为此：

- ◆ 深入认识这些基础条件， 加强监测， 进一步科学规范化管理， 做好风险预警。**
- ◆ 优化国土空间， 增强要素流动。**
- ◆ 在生态修复中， 加强水源区水土流失治理和含水层破坏治理力度， 进一步提升生态系统功能， 增强水源涵养能力， 保护生物多样性。**
- ◆ 做好成效评估， 为源头区保护地热资源做出贡献。**

谢谢！
请多批评指正！

