

(2) 污染评价原则

地下水污染是指在人类活动影响下，地下水质量发生明显恶化的现象。地下水污染评价采用单项参数评价与多项参数综合评价相结合的原则进行，将地下水受污染的程度划分为 4 级：

I 级：主要反映地下水化学组分的天然背景值含量或无明显可辨识的污染源存在，且水质的变化未超过生活饮用水卫生标准（GB5749-85）时，定为未污染（主要为标准的一、二类水）。

II 级：仅有单项参数超背景值，且有可辨识的污染源存在，但污染水未超生活饮用水卫生标准或单项超生活饮用水卫生标准且污染超标强度在 10% 以内时，定为轻度污染，适当处理后，可供饮用。

III 级：多于一级参数超背景值或超生活饮用水卫生标准且污染超标强度在 10% 以内时，定为中度污染；不宜适用，适用于农业和部分工业用水，适当处理后，可供饮用。

IV 级：有多于一项参数超背景值或超生活饮用水卫生标准且污染超标强度大于 10% 时，定为重度污染；不宜饮用，适当处理后，适用于农业和部分工业用水。

2. 评价方法

地下水质量评价以地下水调查的水质分析资料及水质监测资料为基础，分为单项参数评价和多项参数综合评判的方法进行：单项参数评价按本标准分类指标划分为 5 类，不同类别标准相同时，从优不从劣。然后综合对比各项指标的评价结果，采用就高不就低的原则判定地下水的类别。也就是说，当有某一参数含量较高时，就按它所属的类确定该地下水的类别，最后的归类取决于各单项参数评价的最高者。

地下水污染评价同地下水质量评价。

3. 评价参数

本次评价选择 pH 值、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、挥发性酚类、氰化物、砷、汞、铬（六价）、总硬度、铅、氟、锌、铜、铁、锰、硒、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、大肠菌群等 20 余项作为评价参数。

4. 地下水环境背景值

地下水环境背景值是确定地下水是否受污染的标准。本次背景值的选取参照《黄河冲积平原（河南省开封市）地下水环境背景值调查研究》和《地下水质量标准（GB/T14848-93）》共同确定。

(二) 区域地下水水质评价

河南省区域地下水水质现状主要反映岩溶水、裂隙水和孔隙水。现根据“九五”期间河南省区域环境地质调查研究成果，并参考县（市）地下水资源评价中的水质分析成果分述如下。

1. pH 值

一般 pH 值在 6.85 ~ 8.49 之间，为Ⅲ类水。仅在原生咸水区 pH 值在 8.5 ~ 9 之间，为Ⅳ类水。

2. 总硬度

在 408 眼监测井中，地下水中的总硬度在 60.0 ~ 1 801.5 mg/L 之间，根据《地下水质量标准》，各类型水所占百分比见表 6-2。

表 6-2 总硬度在各类水中比例统计表

分类	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类	未检出
水 样	15	112	179	53	49	0
百分比(%)	3.69	27.45	43.83	13.10	12.10	0

从表中可以看出，大部分地下水总硬度较低，含量小于或等于 450 mg/L，Ⅲ类以上的井占 75.85%；Ⅳ类、Ⅴ类井主要分布在碳酸盐岩山区和黄河冲积平原与山前冲洪积平原的交接洼地如林州、安阳、汤阴、新乡、焦作及周口、沈丘等地，其中最严重的是汤阴县，超标率达 49%，而沈丘县Ⅳ、Ⅴ类水占 67%。

3. 溶解性总固体

在 408 眼监测井中，地下水溶解性总固体含量在 199.99 ~ 2 308.13 mg/L，其中含量大于 1 000 mg/L 的超标井有 83 眼，超标率为 20.3%（表 6-3），其分布与咸水分布一致。

表 6-3 溶解性总固体在各类水中比例统计表

分类	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类	未检出
水 样	5	95	225	77	6	0
百分比(%)	1.22	23.28	55.16	18.87	1.47	0

4. 硫酸盐与氯化物

在 408 眼监测井中，地下水硫酸盐的含量在 2.4 ~ 607.10 mg/L 之间，其

中含量大于 250 mg/L 的超标井 20 眼，超标率为 4.9%（表 6-4）。主要分布在豫北的清丰、南乐、温县一带，豫南的平顶山、汝州。

表 6-4 硫酸盐、氯化物在监测井中所占比例统计表

因子	分类	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类	未检出
Cl ⁻	水 样	176	160	43	19	10	0
	百分比(%)	43.13	39.22	10.54	4.66	2.45	0
SO ₄ ²⁻	水 样	182	173	34	10	10	1
	百分比(%)	44.61	42.70	8.23	2.45	2.45	0.25

在 408 眼监测井中，地下水氯化物含量在 1.77 ~ 1 096.11 mg/L 之间，其中含量大于 250 mg/L 的超标井 29 眼，超标率为 7.11%（表 6-4）。主要分布在豫东的永城、商丘、郸城一带，豫北的清丰、内黄，豫东南的驻马店、南阳盆地。

5. 三态氮

(1) 硝酸盐氮

在 408 眼监测井中，硝酸盐氮含量在 0.01 ~ 450.0 mg/L（表 6-5），其中含量大于 20 mg/L 的井 102 眼，占 1/4。主要分布在南阳、漯河、焦作、汤阴、洛阳、平顶山等老工业城市和矿区的下游，平顶山、叶县硝酸盐氮含量达 450.0 mg/L，是 III 类水标准的 22.5 倍。

(2) 亚硝酸盐氮

亚硝酸盐氮含量在 0.002 ~ 5.8 mg/L 之间，含量大于 0.02 mg/L 井 101 眼，约占 1/4，除三门峡、济源两地区亚硝酸盐氮含量小于 0.02 mg/L，其他地区均有超标现象。南阳、驻马店、新乡、商丘 4 地区较为严重，次为安阳、平顶山两地区。其中南阳的市区南部亚硝酸盐氮含量达 5.8 mg/L，是 III 类水标准的 290 倍。

(3) 氨氮

氨氮含量在 0.01 ~ 7.0 mg/L 之间，相对来说，氨氮含量均较低，郑州、洛阳、鹤壁、许昌、漯河、三门峡、周口、驻马店、济源等地区的含量小于 III 类标准（0.2 mg/L）。全省超标率仅 5.6%，主要分布在信阳、濮阳和新乡 3 地区。

6. 挥发性酚及氰化物

河南省区域上挥发性酚类含量较低，绝大多数含量小于 0.002 mg/L，仅

有 21 眼超标，最高达 0.15 mg/L，除焦作受化工厂影响，焦作方庄—沁阳市山王庄沿太行山呈带状分布外，其他均呈点状污染（表 6-6），特别是焦作矿坑水及岗庄岩溶水酚已超标。

河南省区域地下水氰化物含量，从所监测的点看，含量小于 0.001 mg/L，为Ⅰ类水，未污染。但是受监测点精度控制，未对小秦岭金矿区进行专门采样，而这些地区民采多用堆浸法，使用大量的氰化物，必将对地表水地下水造成严重污染，此项工作有待进一步研究。

表 6-5 区域浅层地下水三态氮污染现状表 单位:mg/L

市地	水样 (组)	氨氮		硝酸盐氮		亚硝酸盐氮	
		含量	超标率%	含量	超标率%	含量	超标率%
郑州	32	<0.01~0.1	0	0.7~70.0	6.2	<0.002~0.16	21.8
开封	20	<0.01~0.6	10.0	0.2~13.0	0	<0.002~0.056	10.0
洛阳	37	<0.01~0.2	0	0.6~190.0	37.8	<0.002~0.5	16.2
平顶山	17	<0.01~4.4	5.9	2.6~450.0	35.3	0.004~2.6	23.5
安阳	18	<0.01~0.4	5.6	0.2~142.0	16.7	<0.002~0.062	22.2
鹤壁	5	<0.01~0.06	0	3.6~23.2	20.0	0.004~0.06	20.0
新乡	23	<0.01~3.0	21.7	0.4~40.0	4.3	<0.002~1.2	47.8
焦作	12	<0.01~0.36	8.3	1.0~140.0	50.0	<0.002~2.4	25.0
濮阳	13	<0.01~3.0	23.1	<0.01~0.2	0	<0.002~0.192	23.1
许昌	19	<0.01~0.2	0	<0.01~130.0	21.0	<0.002~0.076	10.5
漯河	19	<0.01~0.12	0	0.6~280.0	68.4	<0.002~0.232	31.5
三门峡	7	<0.01~0.1	0	5.2~21.0	14.3	0.004~0.016	0
南阳	56	<0.01~7.0	1.8	1.0~210.0	51.7	<0.002~5.8	48.2
商丘	24	<0.01~0.8	12.5	0.2~100.0	16.7	<0.002~2.07	29.2
信阳	28	<0.01~1.0	32.1	<0.01~100.0	25.0	<0.002~0.12	10.7
周口	38	<0.01~0.1	0	<0.01~120.0	13.2	<0.002~0.092	7.9
驻马店	34	<0.01~0.2	0	0.1~400.0	17.6	<0.02~0.3	41.2
济源	5	<0.01	0	8~20.0	0	<0.002~0.012	0
合计	408	5.6		25.0		24.8	

表 6-6 区域浅层地下水酚、氰污染现状表

因子	分类	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅴ类	未检出
氰化物	水 样	377	30	0	0	0	0
	百分比(%)	92.63	7.37	0	0	0	0
挥发性酚	水 样	3	0	383	16	5	0
	百分比(%)	0.74	0	94.10	3.93	1.23	0

7. 六价铬、汞、砷

在 408 眼监测井中，六价铬均被检出，但绝大部分含量小于 0.005 mg/L 为Ⅰ类，没有超标井（表 6-7）。

表 6-7 区域浅层地下水六价铬、汞污染现状表

因子	分类	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅴ类	未检出
Cr ⁶⁺	水样	391	10	7	0	0	0
	百分比(%)	96.07	2.46	1.47	0	0	0
As	水样	387	8	11	0	2	0
	百分比(%)	95.09	1.72	2.70	0	0.49	0
Hg	水样	0	395	4	0	9	0
	百分比(%)	0	97.05	0.74	0	2.21	0

在 408 眼监测井中，汞均被检出，但有 9 眼井超标，含量达 0.005 mg/L，达Ⅴ类，主要分布在南阳盆地的邓州、南阳、镇平等地。

在 408 眼监测井中，砷均被检出，但绝大部分含量 0.005 mg/L，为Ⅰ类，但有 2 眼已达Ⅴ类，主要分布在新密、封丘。

以上分析可以看出，河南省区域上六价铬、砷、汞已污染，但污染程度较轻。

8. 铜、铅、锌

铜含量一般为 0.01 ~ 1.19 mg/L，多为Ⅰ类（表 6-8），仅有 1 眼超标，位于伊川县。

表 6-8 区域浅层地下水铜、铅、锌污染现状表

因子	分类	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅴ类	未检出
Zn	水样	320	85	0	1	0	1
	百分比(%)	78.62	20.88	0	0.25	0	0.25
Pb	水样	14	356	31	2	2	2
	百分比(%)	3.44	87.47	7.62	0.49	0.49	0.49
Cu	水样	227	6	6	0	1	0
	百分比(%)	94.58	2.50	2.50	0	0.42	0

铅含量一般为 0.001 ~ 1.07 mg/L，多为Ⅱ类，有 4 眼超标，分别位于杞县付集、鄢陵张桥、濮阳柳屯、汝南罗店。

锌含量一般为 0.001 ~ 1.129 mg/L，多为Ⅰ类，仅有 1 眼超标，位于宁陵柳河。

9. 细菌总数、大肠菌群

河南省地下水环境脆弱，特别是黄河冲积平原和太行山碳酸盐岩地区，包气带隔污能力差，细菌总数和大肠菌群普遍超标。1998 年在沈丘环境地质调查中，浅层地下水中细菌总数 120 ~ 450 个/mL，大肠菌群 7 ~ 230 个/L；2000 年安阳市水资源综合评价中，共取 391 个水样，细菌总数和总大肠菌群污染相当严重，特别是林州和内黄县超标率达 100%（表 6-9）。

表 6-9 安阳市区域浅层地下水生物指标污染现状统计表

分区	井数	细菌总数超标(%)	大肠菌群超标率(%)
林州	35	77	100
安阳	56	70	95
市区	114	33	54
汤阴	49	49	96
内黄	58	67	100
滑县	79	49	87
合计	391	53	83

以上评价可以看出，河南省区域地下水超标因子主要是总硬度、溶解性总固体、三态氮和微生物，而溶解性总固体和总硬度又与地下水的环境水文地球化学异常有关。因此，区域地下水污染主要为生活污染和农业污染。

(三) 城市地下水水质评价

根据 1999 年各市、地区地质环境监测资料，依据《地下水质量标准 (GB/T14848-93)》和《生活饮用水卫生标准 (GB/T5749-85)》进行地下水质量综合评价，评价因子选择与区域上一致。评价结果表明全省多数城市地下水质量比较好，如洛阳、平顶山、鹤壁、安阳、焦作、济源、三门峡、郑州、漯河、商丘、周口、南阳等，基本上符合Ⅲ类标准或优于Ⅲ类标准；少数城市地下水质量较差，如新乡、濮阳、开封、许昌、驻马店、信阳等，基本上符合Ⅳ类水标准，新乡、濮阳的个别分析项目综合评价为Ⅴ类。城市地下水中主要污染因子是总硬度、氨氮、挥发酚、氟化物等（表 6-10），其他如溶解性总固体、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氯化物等也存在超标现象。

河南省城市地下水水质污染特征是：

- (1) 生活污染造成地下水硬度、溶解性总固体、三氮超标；
- (2) 工业污染造成挥发酚、铬、氰化物等有毒、有害组分检出或超标；
- (3) 地下水天然背景值高，如商丘市中深层天然咸水等。

表 6-10 河南省城市地下水水质评价表

城市	地下水类型	质量级别	主要超标因子
郑州	浅层	良好	铁、锰、总硬度、溶解性总固体
	中深层	良好	铁、锰、总硬度、亚硝酸盐氮
濮阳	浅层	较好	总硬度、溶解性总固体、氟化物
焦作	岩溶水	良好	硫酸盐、氯化物、锰
	孔隙水	良好	总硬度、六价铬
新乡	浅层	较差	总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、挥发酚、锰
安阳	浅层	较好	总硬度、亚硝酸盐氮
鹤壁	岩溶水	良好	总硬度、硫酸盐
开封	浅层	较好	总硬度、氟化物
周口	浅层	良好	总硬度、氟化物
商丘	浅层	良好	总硬度、溶解性总固体、挥发酚
许昌	浅层	较好	总硬度、溶解性总固体
	中深层	较好	
平顶山	浅层	较好	总硬度、溶解性总固体
漯河	浅层	良好	总硬度、溶解性总固体
驻马店	浅层	较差	溶解性总固体、氟化物
信阳	浅层	较好	硝酸盐氮
三门峡	浅层	较好	铁、硫酸盐
南阳	浅层	较差	氨氮、亚硝酸盐氮
洛阳	浅层	较好	总硬度、铁、锰

(四) 地下水污染因素分析

水质污染是河南省最突出的环境地质问题。污染主要是大量工业废水和生活污水排入河道污染地表水体，渗入地下污染地下水。

1. 工业污染对地下水质量的影响

造成地下水污染的主要原因是工业三废的排放。近年来随着城市工业、乡镇企业的发展，工业污水排入河道，污染地表水体，工业废气、废渣污染物受降水的溶解、冲洗、入渗作用，间接或直接污染地下水。

据统计，1965 年全省工业废水排放量为 4.90×10^8 t，到 1985 年全省工业废水排放量达 12.8×10^8 t，1999 年为 10.91×10^8 t。河南省工业年污水排放量

大于 $5\,000 \times 10^4 \text{ t}$ 的行业主要有化工、造纸、煤炭、电力、纺织、冶金、机械制造等，工业污水中的主要污染物有氰化物、砷化物、挥发酚、六价铬、汞、镉等。

工业固体废物的大量堆放，不仅占用大片耕地，而且污染地下水。据统计，1985 年全省工业固体废物产生量为 $1\,871.0 \times 10^4 \text{ t}$ ，1990 年为 $2\,039.0 \times 10^4 \text{ t}$ ，1995 年为 $2\,792.0 \times 10^4 \text{ t}$ ，1999 年达到 $3\,465.74 \times 10^4 \text{ t}$ ，呈逐年增长趋势。据《焦作地区岩溶地下水资源及大水矿区岩溶水的预测利用与管理研究》，在固体废渣堆放地段包气带污染最为突出，尤其是煤矸石堆对地下水污染较为严重，研究表明，包气带对污染物虽然具有较强的吸附作用，可以有效的减轻或防止污染物进入地下水，但污染物在包气带中富集可使包气带成为地下水的次生污染源。

2. 生活污染对地下水质量的影响

2000 年全省生活污水排放量为 $11.8 \times 10^8 \text{ t}$ ，超过亿吨的城市分别是郑州、洛阳、安阳等，而全省污水集中处理能力仅为 30% 左右，大量污水直接排入流经城市的河道，如郑州市的熊耳河、贾鲁河，洛阳市的涧河、洛河，安阳市的安阳河，许昌市的清?? 河，商丘市的包河，南阳市的白河，三门峡市的青农河，开封市的惠济河等，均成为城市的排污河道，对下游河流两侧地下水造成污染。

3. 农业污染对地下水质量的影响

农业污染主要指大量施用化肥、农药后，经灌溉和降水淋洗作用渗入地下，造成浅层地下水污染。据统计，1980 年河南省用化肥施用量为 $386.23 \times 10^4 \text{ t}$ ，1998 年高达 $1\,510.14 \times 10^4 \text{ t}$ ；农药施用量由 1985 年的 1 218 t 增加到 1998 年的 9 100 t，化肥、农药的使用在成倍增长。研究表明，化肥的利用率仅为 35% 左右，农药的利用率仅为 10%，大部分化肥、农药的残留物贮存于土壤被土壤吸收，不仅对土壤、地表水、地下水和农产品造成严重污染，而且通过食物影响人类的生存。

4. 地表水体污染对地下水质量的影响

受工业污染、生活污染及农业污染的共同影响，河南省地表水体污染严重。据水利部门 2000 年对全省 13 个水系、64 条主要河流的水质监测，全省河流水质劣于 5 类标准的河流长度为 2 766 km，占评价河流总长度的 54.3%；水质符合一至三类标准的河流长度 1 401 km，占 27.5%；符合四类水质标准的河流长度 440 km，占 8.6%；水质为五类的河流长度 487 km，占 9.6%；在评价

的河段中的有 66.1% 遭受有机污染。

三、地下水质量综合评价

根据上述河南省地下水水质现状和地下水污染评价的结果，考虑地下水地质环境条件和补迳排特点，将全省地下水质量综合评价分为 4 级。

I 级：可供饮用的地下水，面积分布最广，主要分布在豫北太行山区、豫南伏牛山区、桐柏大别山区。

II 级：适当处理的可供饮用的地下水。主要为原生高矿化度、高氟、低碘地下水分布区，主要分布在黄淮海平原、伊洛盆地、灵宝盆地及南阳盆地。

III 级：可供工农业利用的地下水。主要分布在部分污染严重的河流两侧、城市周围，如灵三盆地的灵宝—陕县，豫东南的柘城、漯河—周口—驻马店一带，南阳盆地的中部。

IV 级：不可直接利用的地下水。呈点状或小片状分布于化工、石油、采矿等污染严重的“五小”企业周围及淮河支流附近如宿鸭湖、沈丘等地段，南阳盆地的局部。

第二节 典型地下水环境问题的研究

通过对全省已往资料的整理及近期数百个地下水水质监测点测试资料的分析，我们发现对全省主要开采含水层水质影响最大的地下水原生有害组分是矿化度、氟、碘、铁锰离子，现将其分布规律论述如下。

一、地下咸水

地下咸水和土壤盐渍化，在干旱半干旱地区，是相互伴生的，既相互联系，又相互制约。依据地下水矿化度将地下咸水划分为微咸水（矿化度 2 ~ 3 g/L）、半咸水（矿化度 3 ~ 5 g/L）和咸水（矿化度大于 5 g/L）。

河南省豫东、豫北平原广泛分布有咸水，其中浅层（埋深小于 50 m）微咸水面积为 3 803.96 km²，半咸水面积 1 319.75 km²，咸水面积 63.25 km²，浅层咸水总面积为 5 186.96 km²，多呈斑状、条带状不连续分布；深层（埋深大于 50 m）咸水总面积为 11 800 km²，主要分布在内黄—浚县—博爱和长垣—杞县—太康—周口—郸城一带。

咸水主要分布埋藏于山前冲积平原交接洼地、黄河冲积扇前缘、黄河背河

洼地和黄河故道及其两侧槽形洼地中，这些地区的地形低凹，沉积物颗粒较细且多呈“多元结构”的含水层，地下水运动滞缓，盐分易于富集。在黄河以北，大致由博爱向东，呈片状。浅、深层咸水在水平、垂直方向上分布不稳定，有的地方薄，有的地方厚，局部尖灭，凹陷区厚度最大，如濮阳凹陷、商丘虞城凹陷、睢县、夏邑、鄆陵等洼地，厚度均大于 200 m，其他地区 100 ~ 200 m，在边缘地带则小于 100 m，凹陷区中心埋深大于 250 ~ 350 m，濮阳县胡濮及王称堽、杨集一带，200 m 尚未打穿咸水层，虞城的贾寨南，孔深 400.77 m 还未打穿咸水层；局部洼地如胙城 - 半坡店、留固 - 白道口、内黄县大张龙、睢县西陵寺 - 河堤岭等地，埋深也在 300 ~ 350 m 以上，其他地区埋深一般在 150 ~ 200 m 左右。

咸水层厚度总的变化规律是从黄河冲积扇顶部到前缘沿脊轴方向自西向东逐渐变厚变深，到虞城达最大值，之后又急剧变小至消失；垂直脊轴，北侧伸入山东省和河北省，南侧到项城趋于消失。浅层咸水与中深层咸水在空间分布上都有一定厚度的稳定粘土或亚粘土相隔，相互间的水力联系较差。

原生咸水成因类型主要有古湖沼相掩埋型、古河道埋藏型和古盐渍化型，其中古湖沼相掩埋型为中深层咸水，形成于更新世早期至中期，咸水厚度大，底界较深，可至 300 ~ 400 m；古河道埋藏型为黄河在更新世晚期多次改道和决口泛滥，造成地层叠置，岩相变化复杂，一些地区的含水层呈半封闭或封闭的透镜体，形成不连续的埋藏洼地，长期汇水与蒸发浓缩，最终构成矿化度较高的地下咸水；古盐渍化型主要指近期的浅层斑块状、条带状咸水，为近代黄河两侧背河洼地和山前倾斜平原前缘洼地地带，因地形低凹，大量汇水和积水，盐渍化严重，蒸发浓缩，地下水矿化形成咸水，其分布与盐碱土分布有一致性。

除以上主要成因类型外，还有人为因素，如污染形成的小面积局部咸水，它们是城镇居民生活污水和工矿废水、废渣等对地下水污染而成，这类咸水多局限于城镇区。

二、高氟水

根据《生活饮用水卫生标准》(GB5749-85)，结合河南省实际情况，将地下水氟含量划分为三个级别（表 6-11）。

河南省高氟地下水，集中分布在黄河冲积平原、太行山前倾斜平原和南阳盆地中，分散分布于黄土地区和基岩山区。在黄河冲积平原的黄河以北，分布

于濮阳的大部分地区和封丘的东部，其中 2~3 mg/L 的高氟水呈片状分布，大于 3 mg/L 的主要分布在内黄 - 浚县一带；黄河以南主要分布在许昌以东、开封以南、周口以北和商丘东南的广大地区，其中 2~3 mg/L 呈不连续的片状分布，大于 3 mg/L 的主要分布于周口北部；太行山前倾斜平原，高氟水主要分布在温县、武陟以北，新乡以西和博爱、辉县以南的广大地区，其中 2~3 mg/L 和大于 3 mg/L 的主要分布在博爱 - 修武 - 辉县一带；南阳盆地中，分布面积较大的有邓州、新野、唐河、南阳、镇平等地，其他县呈星点状和小片状分布；黄土区呈小片状分布于灵宝、陕县、义马、洛宁、偃师、荥阳等地；基岩山区呈星点状或小片状分布于灵宝、栾川、嵩县、鲁山、方城、泌阳、桐柏、信阳、罗山、光山、新县及登封、汝州、淅川、内乡、南召等地。

表 6-11 河南省地下水氟含量分布面积表

级别	氟含量(mg/L)	分布面积(10 ⁴ km ²)	比例(%)
低氟水	<0.5	10.44	62.5
中氟水	0.5~1.0	3.09	18.5
高氟水	1.0~2.0	2.32	13.9
	2.0~3.0	0.72	4.3
	>3.0	0.13	0.8

深层高氟地下水多分散存在，也有联结成较大区域的，如开封市 100~300 m 深度内水氟含量在 3.0~6.0 mg/L；含氟岩石的风化与淋溶及含氟矿石受地下水的溶解而形成的高氟地下水主要分布于洛宁、嵩县、栾川、汝阳、南召、鲁山、方城、泌阳、桐柏、信阳、光山、罗山、新县等地；河南省地热异常区出露的温泉，除陕县温塘外，均为高氟地下水。

在平原地区，氟在地下水中的富集具有分带性的演化规律。太行山前冲洪积倾斜平原，从山麓地带到前缘，地下水氟含量逐渐升高，到交接洼地达到最高值；黄河冲积平缓平原从顶部到前缘，地下水氟含量也大致由低到高，高氟地下水主要分布于中部和前缘的洼地中，从黄河冲积平缓平原南部过渡到淮河冲湖积平缓平原，随着环境条件的改变，地下水氟含量具有明显的分带性。

根据高氟地下水形成的环境条件和化学作用，划分为溶滤型、碱化型、热水富集型 3 个成因类型：溶滤型主要分布于富氟的岩浆岩地区，特别是萤石矿附近，呈不连续的星点状或小片状分布，由于地形切割破碎，地下水交替条件良好，溶滤作用不断地进行，因此多为低矿化度的 HCO₃-Ca·Na 型水。在这些

地区，虽然氟源异常丰富，但由于淋失作用强烈，因此，地下水氟含量多在 $1 \sim 2 \text{ mg/L}$ 之间，仅在地形、构造不利于水交替的局部地段，出现较高的氟含量；碱化型主要分布在平原和盆地中，其水化学作用的特点是，溶滤作用已不甚充分，而阳离子交替吸附作用在含水层中广泛进行，这对改变地下水的化学成分和提高氟的活度具有重要意义。该类型高氟地下水的形成主要受气候条件、地貌条件、地质条件、水文地质条件、水化学环境、土壤条件等控制；热水富集型系指高氟温泉，河南省已发现温泉 35 处，其中大部分为高氟温泉，氟含量超过 10 mg/L （鲁山下汤高达 24.8 mg/L ），高氟温泉形成一般都与挽近活动断裂及岩浆岩分布有关，断裂带为地下水深循环提供了空间和通道，富氟的岩浆岩提供了氟在水中聚积的物质来源，地下水的溶滤作用又产生了利于氟迁移和聚积的水文地球化学环境。因为水中含有多量的钠时，便形成了易溶的氟化钠，保证了氟在溶液中高度的稳定性，造成了氟在热水中富集的有利条件。

三、低碘水

地下水中碘的来源有两个，一是大气降水，二是岩石和土壤中的碘。

低碘地下水为水碘含量小于 $10 \mu\text{g/L}$ 。河南省低碘地下水主要分布在石灰岩、花岗片麻岩分布区，如豫北的林州、鹤壁、济源，豫西的卢氏、灵宝、渑池、孟津、洛宁、偃师、汝阳、西峡、南召、栾川、淅川、内乡、鲁山、郏县、方城，豫南的桐柏、确山、信阳、光山、新县、商城、潢川等地。调查结果表明，从山区向丘陵、平原过渡中，地下水中碘含量明显增加。

地方性甲状腺肿是一种世界性的地方性疾病，主要是由水土中缺碘引起，它严重危害人类健康。人体主要从饮水和食物中吸起碘，饮水中碘含量与甲状腺肿发病率有直接关系，饮水中碘的最适浓度范围为 $10 \sim 100 \mu\text{g/L}$ ，当水碘低于 $10 \mu\text{g/L}$ 时，饮水中碘含量愈低，地方性甲状腺肿发病率愈高。地方性甲状腺肿的发病率山区高、平原低，土壤、作物和饮水中的碘含量与其发病率呈负相关。河南省碘缺乏病中，历史最高患病人数 300 余万，现患病人数 27 万余人（1995 年）。

四、高铁锰水

铁锰受环境水文地球化学规律的控制明显，同时也受人为排放污染物的影响。区域上高铁高锰分布呈 3 个带：一是现代黄河影响带，从三门峡、洛阳、

郑州市到商丘，该带中所勘探的水源地铁、锰均超标，如郑州市九五滩水源地铁含量高达 1.12 mg/L，锰最高含量 1.72 mg/L，商丘北部水源地锰地超标率达 40%。二是新乡小杨庄至滑县到内黄的黄河故河道带及古背河洼地。从安阳市 2000 年 444 个地下水水质监测点中滑县铁超标率高达 84.52%，内黄为 65.52%，明显高于邻区。三是焦作南、新乡、浚县太行山前与黄河冲积平原交接洼地，如焦作锰最高为 0.2 mg/L，特别是矿坑水锰超标率达 50%，新乡铁超标 19%，而锰高达 90%。

另外，太行山地区受石炭系铁质页岩影响，局部铁含量超标，如焦作北部山区的指江庄、许河、南石瓮，铁含量 0.3 ~ 3.24 mg/L，桐柏县城锰含量高达 2.3 mg/L，超标率 75%。

高铁、锰地下水属于原生劣质水，会产生很多危害。高铁地下水从含水层抽到地表的过程，由于氧化还原环境、压力、不同层位的水混合等条件的骤然变化，会在井管过滤器及井附近地层发生铁的氧化物沉淀、矿化物沉淀、碳酸盐沉淀等，导致出水量衰减，影响水井正常使用，而且含铁水中铁细菌广泛存在是井管堵塞和腐蚀的重要因素，细菌对水质的影响也具有潜在的危险性。长期饮用高铁地下水可引起脏器内的铁沉淀，使肝肾受损；锰是人体必要的微量元素，但摄入过多会引起中枢神经中毒，震颤麻痹。

地下水中铁、锰离子的主要来源是含水层中含铁、锰矿物的淋溶。黄河冲积平原广布富铁粘土层，粘土矿物组合多属交换能力较强的水云母、蒙脱石、含锰矿物与地下水中铁、锰硅酸盐外，还有软锰矿、水锰矿、黑锰矿等。调查表明：含水层中含铁、锰矿物与地下水中铁、锰离子含量呈正相关。另外，铁、锰离子的富集与还原的水文地球化学环境有关：还原环境中， Fe^{3+} 易被还原为 Fe^{2+} 而溶解于水中，造成地下水中铁离子的富集。

第三节 地下水环境脆弱性评价

一、评价原则与方法

地下水环境脆弱性是指地下水系统天然防污染条件，它主要受控于地下水系统顶部覆盖（层）情况以及人类活动的影响。

1. 评价指标主要考虑包气带厚度、包气带中粘性土层岩性和厚度；
2. 评价指标原则上分为 3 级：

I级：包气带厚度小于5 m，包气带中粘性土层的厚度小于2 m，为防护性能脆弱区。

II级：包气带厚度5~10 m，且包气带中存在粘性土层，厚度2~3 m，为防护性能较差的地区（或较脆弱区）。

III级：包气带厚度大于10 m，包气带中存在连续的粘性土层，且厚度大于3 m，为防护性能较小的地区（或称非脆弱区）。

评价中，对松散沉积物分布区，按上述统一技术要求给出的方法进行评价。对于基岩地区，分两种情况进行处理：对裸露、半裸露碳酸盐岩分布区，列入天然防护性能脆弱区；对火成岩和沉积岩区，参照松散岩层的评价方法评价地下水系统的天然防护功能，按包气带厚度、阻滞污染物岩层中粉细粒层所占比例进行评价。

二、评价结果分析

影响地下水环境脆弱性有关的因素主要包括：包气带厚度、包气带上层透水性、地下水补给强度、地下水水力坡度等。河南省平原沉积物还具有自西向东的规律性变化，即包气带厚度由西向东变薄，包气带上层透水性由西向东减小，地下水补给强度由西向东增强，地下水水力坡度由西向东变差。

根据全省地下水环境系统特征及这些与地下水环境脆弱性密切相关影响因素的变化规律所表现的地下水环境不同的脆弱性，将全省地下水环境的防护性能划分为脆弱区、较脆弱区、非脆弱区3种，分述如下。

1. 脆弱区

平原区主要分布在沿黄两侧地带及豫东南永城—柘城—周口—漯河以南至淮河之间，南阳盆地的邓州—新野以南及伊洛盆地的河谷地带。该区大多地区包气带厚度薄，包气带上层透水性强，地下水补给强度及地下水水力亦大，地下水循环交替迅速，说明地下水环境自我防护、净化能力很差，在人类活动影响下，更有利于地表污染物渗透的迁移，地下水极易污染。该地区是河南省地下水环境质量和稳定性很差的地区。

山区主要分布在豫北太行山区、豫中外方山和嵩箕山地、豫西崤山东段、豫南浙川山地等碳酸盐岩裸露半裸露区。

2. 较脆弱区

平原区主要分布在豫北的新乡—濮阳之间、豫东南的许昌—商丘之间、南阳盆地的大部分地区。该区包气带厚度薄，包气带上层透水性较弱，地下水补

给强度和水力坡度均属中等，地下水循环交替缓慢。地下水环境虽有一定防护净化能力，但在人类频繁活动影响下，地下水较易污染，为地下水环境保护较脆弱区。

山区主要分布在豫西黄土覆盖地区、灵三盆地及人类工程经济活动较发达的矿区。

3. 非脆弱区

主要分布在林草覆盖较好的山区，仅就自然条件影响下的地下水环境自我防护净化能力较强，地下水不易受污染。

第七章 地下水开发利用中存在的问题

地下水的开发利用，极大地缓解了河南省水资源紧缺矛盾，改善了河南东北部低洼易涝地区地下水埋藏浅、汛期积水涝灾、土壤长期盐渍化的局面。同时，由于超量开采导致了诸如地下水水位持续下降、地下水水质污染、地面沉降等环境地质问题。

第一节 地下水水位持续下降，水资源缺乏

河南省大部分地区和城市以地下水作为主要供水水源，长期以来缺乏对地下水的统一管理和合理开发利用，同时由于条条块块分割不同造成部门争管地下水的混乱局面，加上无计划地过量开采，结果使不少地区和城市地下水水位持续下降，降落漏斗面积不断扩大局部，水资源面临枯竭，供需矛盾突出。

地下水位下降幅度大、供水紧张的地区，在平原区为安阳、鹤壁及濮阳市的北部，焦作市的南部。现已形成了以南乐、清丰和以温县、孟州为中心的两个大的区域降落漏斗。南乐、清丰一带漏斗中心水位埋深由 20 世纪 70 年代的 2~4 m，至 90 年代 10~20 m 以上。在山区，以地下水作为主要供水水源的新密市，地下水位埋深大部分地区达 70 m，最大水位埋深达 150 m 以上，部分含水层被疏干，造成机井报废或取水困难，水资源的匮乏严重制约了当地经济的持续发展。

河南省主要城市如许昌、郑州、商丘、濮阳等，地下水开采量相对较大，浅层地下水均形成了较大的降落漏斗。郑州市的中深层地下水及商丘市的深层地下水，降落漏斗面积达 500 km² 左右。目前全省多数城市供水水源地，处于满负荷甚至超负荷开采状态，无潜力可挖，如若继续超量开采，必将影响水源地的长期使用，须积极开辟新的水源地，合理开发及保护地下水资源保持城市经济的持续发展。

第二节 地下水水质污染

受开采条件、施工因素等影响，因开采地下水造成的污染较为严重。在广大平原区，因地下水水埋深小于 10 m，许多农村没有实行集中供水，农户以压井取水饮用，受生活方式限制，井旁即为渗水坑，生活污水等随即排入地下，污染浅层地下水，三氮普遍超标均与此有关，安阳市各区、县细菌、大肠菌群超标均与此有关。

城市中，目前以中深层地下水为主要开采层。受开采强度和水文地质条件影响，浅层地下水对深层地下水越流补给，如郑州市中深层地下水亚硝酸盐超标现象严重，与浅层地下水污染密切相关；商丘市深层地下水矿化度增高，与中深层水补给有关。

第三节 地面沉降

河南省平原区，第四纪及新第三纪河流、湖泊相沉积厚度巨大，岩性以粘性土及砂层为主，松散胶结程度差，其中粘性土孔隙比大，压缩性强，大量抽取地下水后，压力降低，使地层压密，产生地面沉降。抽取深层地下水前，水在地层中处于相对封闭或半封闭状态，具有较大的压力，抽取地下水后压力减小易产生地面沉降。据有关资料，洛阳市区地面沉降始于 1965 年，当时的沉降量在 4 ~ 12 mm 间，至 1991 年中心累计沉降量达 43.6 ~ 138.4 mm，其中以上海市场为中心的沉降量为最大，沉降面积达 5 km² 左右，中心沉降速率为 5.2 mm/a；许昌市 1957 ~ 1985 年累计沉降量为 30.2 ~ 174.9 mm，年平均沉降量为 2.79 mm；濮阳市 1997 年沉降幅度为 57 mm，沉降范围约 140 km²。

东部平原属华北沉降带区，产生沉降的可能性应较西部盆地区及山前地带大，有关资料表明部分地段沉降速度在 6.5 ~ 37.4 mm 间。开封市累计沉降量大于 113 mm，对地面建筑已有破坏性反应。据地下水开采状况及水位下降幅度分析，商丘、郑州等城市存在有地面沉降问题，只是没威胁到地面设施的安全，未引起重视，建议有关部门应加强对这一问题监测预报工作。

第八章 结论与建议

第一节 结 论

1. 地下水资源分区

全省地下水资源分为 4 个区，11 个亚区。地下水资源区为太行山地下水资源区（Ⅰ）、黄河地下水资源区（Ⅱ）、淮河地下水资源区（Ⅲ）、汉水地下水资源区（Ⅳ）；地下水资源亚区为太行山山区地下水资源亚区（Ⅰ₁）、太行山前倾斜平原地下水资源亚区（Ⅱ₂），宏农—青龙涧河地下水资源亚区（Ⅱ₁）、伊洛河地下水资源亚区（Ⅱ₂）、沁蟒河地下水资源亚区（Ⅱ₃）、黄河冲洪积平原地下水资源亚区（Ⅱ₄），沙颍河上游地下水资源亚区（Ⅲ₁）、桐柏大别山地下水资源亚区（Ⅲ₂）、淮河冲洪积平原地下水资源亚区（Ⅲ₃），伏牛桐柏山地下水资源亚区（Ⅳ₁）、南阳盆地地下水资源亚区（Ⅳ₂）。

2. 地下水资源评价

全省地下水天然补给资源总量为 $164.58 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，其中平原区为 $131.77 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ （微咸水为 $4.87 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，半咸水为 $1.44 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ），山丘区为 $38.88 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，二者重复量为 $6.06 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ；全省浅层地下水可采资源总量为 $163.00 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，其中平原区为 $134.54 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ （微咸水为 $5.44 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，半咸水为 $1.68 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ），山丘地区为 $28.47 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ；深层承压水可开采储存量 $34.13 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

3. 地下水开发利用

1999 年全省地下水开采量为 $129.70 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，其中浅层地下水为 $108.41 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，深层地下水为 $21.29 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。地下水开采程度各地差异较大，就平原地区而言，豫北的安阳、鹤壁、濮阳市的北部及焦作市的开采程度较高，开采程度较低的地区为豫南、豫东南、沿黄河两岸及南阳盆地，豫东、豫中及洛阳盆地地下水开采程度为中等。

4. 地下水环境质量

根据地下水水质评价、地下水污染评价、地下水开采诱发的环境地质问题评价及地下水系统脆弱性评价，将全省地下水质量综合评价分为 4 级：Ⅰ级区

主要分布在豫北太行山区、豫南伏牛山区、桐柏大别山区；Ⅱ级区主要为原生高矿化度、高氟、低碘地下水分布区，分布在黄淮海平原、伊洛盆地、灵宝盆地及南阳盆地；Ⅲ级区主要分布在部分污染严重的河流两侧、城市周围，如灵宝盆地的灵宝—陕县，豫东南的柘城、漯河—周口—驻马店一带，南阳盆地的中部；Ⅳ级区呈点状或小片状分布于化工、石油、采矿等污染严重的“五小”企业周围及淮河支流附近如宿鸭湖、沈丘等地段，南阳盆地的局部。

5. 地下水开发利用中存在的环境地质问题

河南省地下水开发利用中主要存在地下水水位持续下降水资源缺乏、地下水水质污染、地面沉降等环境地质问题。其中地下水水位持续下降的区域分布在安阳、鹤壁及濮阳北部，焦作南部，现已形成清丰—南乐、温县—孟州两大区域降落漏斗，漏斗中心水位达 22 m 左右，漏斗总面积达 10 018 km²，主要城市如许昌、郑州、商丘、濮阳等因开采集中、开采强度大，地下水资源缺乏；地下水水质污染区域上以浅层地下水污染为主，污染因子为三氮及卫生指标，城市中以浅层、中深层为主，污染因子主要为亚硝酸盐；地面沉降主要发生在地下水开采强烈的城市如许昌、开封、洛阳、濮阳等地。

第二节 地下水合理开发利用建议

1. 挖掘潜力，进一步开发利用地下水资源

河南省平原区地下水资源开发，主要集中在北中部地区，南部、东南部及黄河沿岸地下水开发程度较低，不少地区地下水水位埋藏浅，处于自然补排状态，水资源的利用程度低下。应加强地下水的合理开发利用，降低地下水位，改变水循环，提高水资源的利用率。根据有关资料分析，除开发程度较低的地区需加强开发外，北中部开发程度较高的地区，仍有局部富水地段尚有开发潜力，应挖掘潜力进一步开发。根据地矿部门有关资料，经过勘探或普查评价而未开发的水源地，除郑州北郊及“九五”滩地水源地正在建设外，其他还有商丘北郊谢集—李庄 ($5.49 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)、郟县汝河段 ($16 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)、宝丰汝河段 ($12.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$) 及济源泌北水源地等。

2. 统筹规划，科学管理

(1) 合理调配利用地下水、地表水资源

因时因季调济用水，丰水期多利用地表水，枯水期及汛期地表缺水或浑浊时多开发利用地下水。特别是沿黄河及其他大河两岸，枯水期加强开发地下

水，腾出空间，以便汛期能得到较多的补给量，促使地表水转化为地下水；加强引黄力度，丰水期增加黄河水的引用量，多余部分补充地下水源，以丰补枯，使地下水得到合理的补偿。

(2) 合理安排城市工业及农业用水

目前农业用水以开发浅层地下水为主，城市用水以开发深层地下水为主，部分城市利用浅层地下水，方案基本合理，应坚持下去。深层地下水补给条件差，城市开采的深层地下水除上部含水层越流补给及消耗弹性储存量，则为周边径流补给，形成区域降落漏斗，实际上城市开采的深层地下水有相当一部分为周边地区汇集而来，若外围再进一步开发深层地下水，必然形成城乡争水，结果是整体水位下降，水资源匮乏，开采成本高，采出水量少，影响现有水源地的持续开发利用。应根据开采现状，进一步制定城市工业及周边农业用水方案。

(3) 保护地表水合理利用污水

由于城市及乡镇企业大量排放污水，地表水体不同程度遭受污染，尤其淮河水系污染较严重，使原来较为紧缺的水资源更加不足。若能适时处理，使污水资源化，提高水的重复利用率，可缓解水资源的紧张状况。污水处理后作为农业灌溉用水水源，可节约优质水资源作为生活用水。

3. 节约用水，建立合理的用水机制

(1) 调整产业结构，量水安排产业

城市发展规划及产业布局应依水资源状况确定。对已有产业逐步改造，在水资源不足区削减或改造耗水型企业，如电厂、造纸厂、化工等；新建工业要在查清水资源的前提下确定，建立真正适合当地水资源条件的工业体系，农业发展同样要依水资源状况调整种植结构，在缺水的岗丘地区种植耐旱作物，在水资源相对较丰富的豫南地区种植喜水作物。同时，要不断改进灌溉技术，科学灌溉，提高农业灌溉用水效率，节约用水。

(2) 排供结合，合理利用矿坑排水

在废水利用中，特别提出矿坑排水问题。豫西、豫北山区矿产资源丰富，矿山排水量大，尤其煤矿井排水量，大部分矿区矿坑排水未能充分利用，若能将矿坑排水完全资源化，可缓解该地区的水资源紧张状况。