

Q56.581

02166

1.1.1.1.1

水文地质工程地质

SHUIWENDIZHI GONGCHENG DIZHI

中国地质科学院水文地质工程地质研究所

限国内发行

81.
6

4

地质出版社

水文地质工程地质

第四辑

中国地质科学院水文地质工程地质研究所编

限国内发行

地质出版社

水文地质工程地质

第四辑

中国地质科学院水文地质工程地质研究所编

(限国内发行)

*

国家地质总局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1977年2月北京第一版·1977年2月北京第一次印刷

印数1—5,950册·定价0.30元

统一书号: 15038·新188

目 录

铁山矿床水文地质条件及地下水疏干方法	陈光亮 (1)
浙江滨海平原的“封存型”淡水体	浙江省第六地质大队朱川 (9)
广东梅子坑碳酸泉	广东省地质局水文地质二队朱长生 (18)
晶体管水位仪	湖南省地质局四六八队 (23)
利用电导率估计天然水中溶解盐总浓度及其在 水文地质学研究中的应用	(25)



相关分析的基本知识及其在水文地质工作中的

应用 (二)	南京大学地质系朱学愚 (34)
--------------	-----------------

铁山矿床水文地质条件 及地下水疏干方法

陈光亮

铁山矿床位于穹窿构造的东侧。矿床底板为闪长岩,顶板为中奥陶系马家沟组石灰岩,矿床东、北两面为第四系黄土层所覆盖,且砂卵石层分布广泛。中奥陶系石灰岩含水层、第四系砂卵石含水层含水丰沛,两者之间有水力联系,成为矿床开采的主要威胁。

在毛主席光辉思想指引下,工人、干部和技术人员积极与地下水作斗争,以科学态度采取合理的防治措施,制服地下水患。在采矿方法上,采用了坑内与露天同时开采,坑内开采水平低于露天开采水平的开采顺序;并运用了坑内集中排水和坑内扇形放水钻孔预先疏干的防排水方法。自1962年6月开始施工,历经十几年的时间,进行了+16米、-7米、-47米、-107米四个中段的放水疏干,露天与坑内开采地段的水位均降至采剥水平以下,目前坑道涌水量为36000米³/日,水位降低至-100米水平,水位降低深度140米左右,基本上消除了水患,为矿床开采创造了良好的生产条件,提高了生产效率,保证了生产安全。

一、矿区水文地质条件

矿区在区域上位于一典型的自流水盆地中,盆地的东、西、南三面由寒武系和奥陶系石灰岩组成的中低山丘陵所包围,呈簸箕状向北开口。盆地内的地下水十分丰富。

盆地的北部开口处有北东向延长的椭圆形火成岩体,分布面积约60平方公里。火成岩体连同周围向四周倾斜的中奥陶系石灰岩一起,共同组成一个独立的次一级构造单元——穹窿构造。在火成岩体与奥陶系石灰岩接触处,形成环绕岩体一周的铁矿床,铁山矿床即是其中之一。

穹窿构造的东西两侧均有正断层分布,西侧的正断层落差较大,上盘石炭、二叠系砂页岩厚达500—600米,直接与奥陶系石灰岩接触。东侧的正断层北部落差大,南部变小,渐趋为零。穹窿构造东、西、南面的断层和南东两面的向斜构造,在穹窿构造周围形成“U”形半封闭构造(图1)。矿床底板为闪长岩,顶板为石灰岩,近矿体地层出露于较高的部位,裸露地表,山坡下多为第四系黄土层覆盖,矿床北部、东部第四系冲洪积砂卵石层分布广泛。矿床附近无对矿床开采有直接影响的地表水体。

区内对矿床开采有直接影响的含水层有二:

(一) 第四系松散堆积物含水层

主要是冲洪积砂卵石富水,单位涌水量 $q = 1.335—13.91$ 升/秒·米,渗透系数 $K = 35.516—248.598$ 米/日。砂卵石层的底部与石灰岩接触的不整合面上,大多有一层褐红色亚粘土,局部地区砂卵石层与石灰岩层直接接触,而使两者有水力联系。

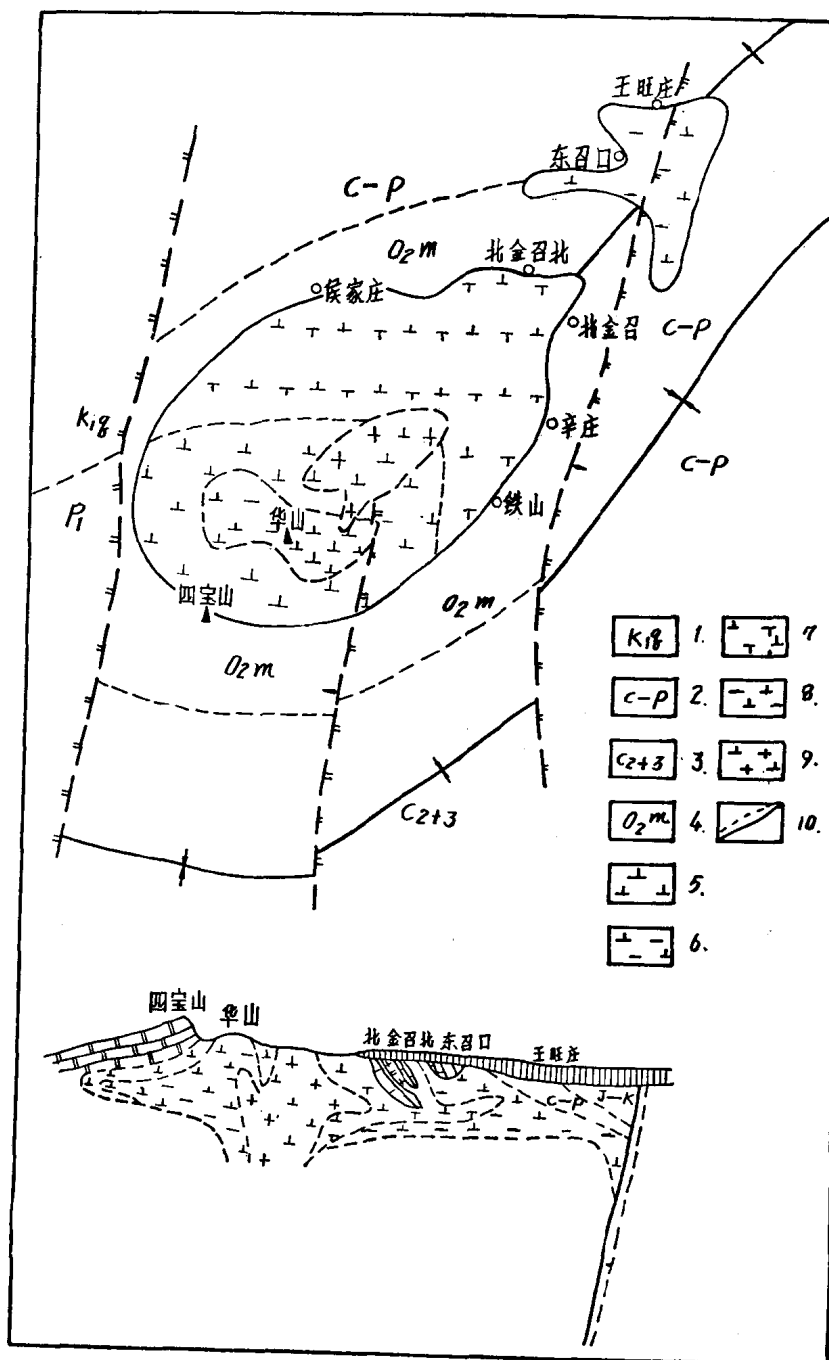


图 1 矿区地质构造示意图

1—下白垩系青山组；2—石炭系一二叠系；3—中石炭+上石炭统；
4—中奥陶系马家沟组；5—闪长岩；6—黑云母闪长岩；7—正长闪
长岩；8—辉石闪长岩；9—石英闪长岩；10—地质界线

(二) 中奥陶系石灰岩含水层

石灰岩为矿层直接顶板，走向北东60°，与矿体大致平行，倾向南东，近矿体倾角较大，为40°左右，远离矿体变缓。石灰岩多变质为结晶石灰岩，大理岩。近矿体分布着厚度不等的裂隙充填带，含水性很弱，起相对隔水作用。结晶石灰岩结构致密，岩溶不发育，

以构造裂隙为主，顺层裂隙较垂直裂隙发育，大理岩溶蚀现象明显，沿大理岩与结晶石灰岩的层面多有串珠状的小溶洞发育。大理岩有数层与结晶石灰岩互层，在3—6号矿体有薄层角砾状泥质大理岩，垂直岩层的构造裂隙多不切穿此层，不利于地下水垂直方向的运动，可视为相对隔水层。角砾状泥质大理岩将石灰岩含水层分为上下两段，含水性有显著差异（表1）。

表 1

含 水 段 名 称	主要含水段埋深(米)	单位涌水量 (升/秒·米)	渗透系数(米/日)	水3号孔水位标高(米) 1965.6.14资料
石灰岩上段	10—130	1.242—9.019	1.268—13.614	34.576
石灰岩下段	140—340	0.003—5.055	0.009—3.093	15.486

石灰岩含水层岩溶的发育具各向异性，矿体两端岩溶发育程度强，北端有直径大于3米的溶洞。—7米副井运输大巷掘进时遇溶洞，突然涌水淹井时，初期涌水量为1274米³/小时，巷道恢复时为330米³/小时，—7米坑道放水后总涌水量为12967.7米³/日，仅为副井淹井时涌水量的1/3。—107米水平放水后总涌水量为36000米³/日，尚未超过副井淹井时的总涌水量。闪长岩微含裂隙水，可视为相对隔水层。

经过十余年矿床地下水疏干，认识到矿区内中奥陶系石灰岩含水层有如下特点：

1. 石灰岩含水层存在疏干的可能性；石灰岩含水层静止水位标高42—47米，经过四个中段的放水，—107米水平以上坑道涌水量为36000米³/日，26—55线长700米的采掘地段水位降至标高—100米，采、剥、掘工程揭露范围内处于疏干状态。无论是采区还是运输巷道均干燥无水，实践证明了石灰岩含水层疏干的可能性。

2. 石灰岩含水层沿岩层走向含水性有较大的差异，南北两端强，中部弱，尤以北端最强。地下水的天然流向由南而北。

从+16，—7，—47米三个中段放水钻孔揭露石灰岩含水层出水情况，单孔涌水量由南而北的变化可以充分说明石灰岩含水层沿走向含水性的差异（表2）。

3. 24—55线坑道系统涌水量不随水位降低而增加。当下一水平放水，疏干系统涌水量接近上一水平疏干系统涌水量时，上水平即被疏干，水位随中段的延深而下降，涌水量却不显著增加，而近乎为一定值（表3）。

表 2

位 置 (剖面线)	控制长度 (米)	单孔涌水量 (升/秒)
1—10	230	10—15
10—26	400	5—10
26—44	460	1—5
44—56	280	5—15
56—64	200	15—20

表 3

疏干中段 标 高	坑道涌水量 (米 ³ /日)	备 注
—7	12967.7	—47米水平放水以前
—47	13164.0	—107米水平放水以前
—107	11000.0	

4. 石灰岩含水层由于泥质灰岩的相对隔水作用，将其分为两段。在天然状态下，上

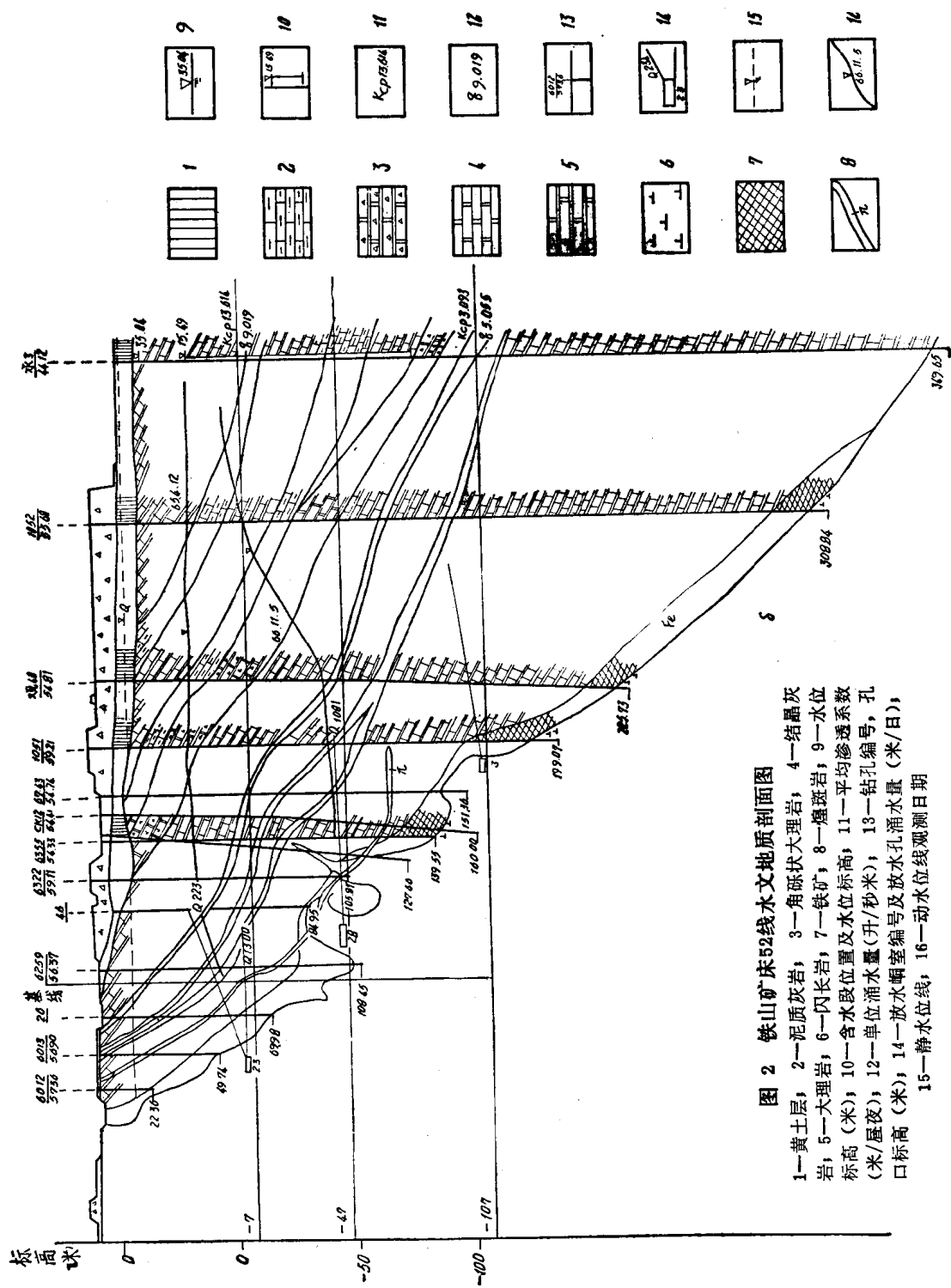


图 2 铁山矿床 52 线水文地质剖面图

1—黄土层; 2—泥质灰岩; 3—角砾状大理岩; 4—结晶灰岩; 5—大理岩; 6—闪长岩; 7—铁矿; 8—铁矿; 9—水位标高 (米); 10—含水段位置及水位标高; 11—平均渗透系数 (米/昼夜); 12—单位涌水量 (升/秒米); 13—钻孔编号, 孔口标高 (米); 14—放水涌水量 (米/日); 15—静水位线; 16—动水位线观测日期

下两段具统一的水头，疏干后上下两段水位显出差异，上段水位高，下段水位低(图2)。随着放水工程增加，疏干系统涌水量增加，水位降低值增大，这种差异就愈加显著，下部含水段水位降低幅度较上部含水段大(表4)。

表 4

孔 号	上段水位标高(米)	下段水位标高(米)	相 差 (米)	观测时间(年.月.日)
水3	37.72	20.12	17.60	1964.9
水3	34.58	15.49	19.09	1965.6.14
水10	34.93	16.93	18.00	1965.6.12
水11	34.60	4.70	29.90	1965.6.12

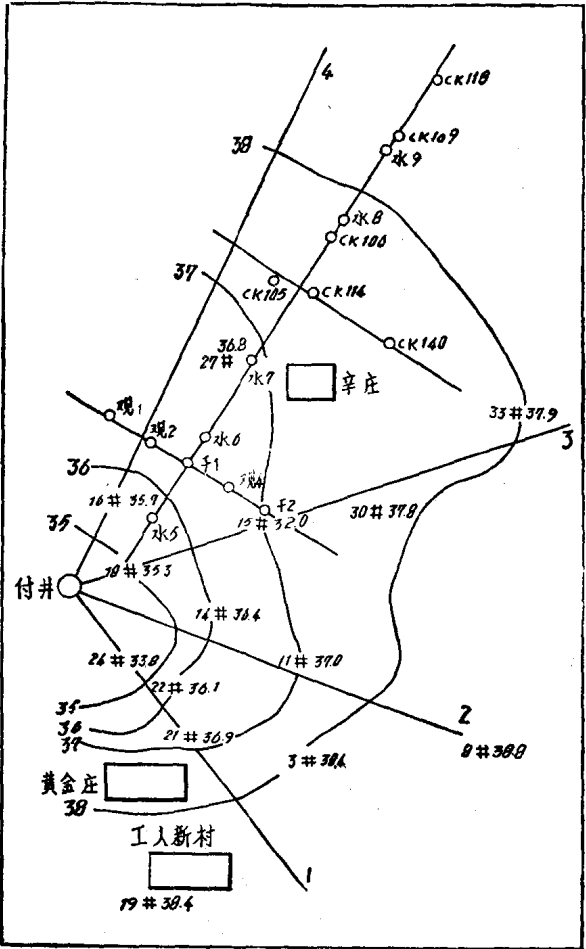
5. 中奥陶系石灰岩含水层与第四系松散堆积物含水层两者有密切的水力联系。如-7米水平疏干工程放水后，矿区附近民井水位显著下降，潜水水位形成一个以放水工程为中心，向坑道集流的降落漏斗，说明潜水渗透补给石灰岩含水层(图3)。当-47米水平放水后中埠、黄金两村西部民井大部分涸竭(表5)。

表 5

井 号	观测时间	水位标高(米)	距矿床中线的距离(米)
中埠4	1964.9.21	43.61	1080
中埠4	1965.9.21	38.74	1080
中埠2	1964.9.21	44.09	930
中埠2	1965.9.21	39.24	930
中埠2	1966.9.21	39.38	930
中埠2	1967.10.5	39.28	930

中奥陶系石灰岩含水层上述特点的控制因素：

1. 穹窿构造两侧的石灰岩受构造运动的影响，以构造裂隙为主，岩溶发育程度不强烈，石灰岩含泥质、白云质也是岩溶发育的不利条件。南部的向斜轴部导水性弱，地下水由补给区向矿区运动起阻隔作用，大大减少了对本区侧向补给的动储量。矿区内石灰岩溶洞、溶蚀裂隙顺层面比较发育，垂直层面不发育，疏干后地下水天然流向被改变，地下水向垂直岩层层面流动，侧向补给量也受到限制。矿区特定的水文地质条件决定了该层地下水动储量较小，而以静储量为主的特点，也就具备了易于疏干的条件。



2. 矿床中部石灰岩有一层泥质灰岩或泥质角砾状大理岩分布,成薄层状,层位比较稳定,因含泥质较多,岩溶极不发育,垂直裂隙多不切穿此层,可视为相对隔水层(图2)。坑内所有放水钻孔多打在石灰岩含水层的下部,而未打穿泥质灰岩而达上部含水段,这样,泥质灰岩的隔水作用,不仅造成石灰岩含水层上下两段的水位差异,而且在疏干中减少了侧向补给坑道的涌水量,使得疏干影响的范围大大减小,减少了坑道涌水量,使疏干更具经济上的合理性。

3. 矿床北端含水性强,水量大,主要是上覆第四系松散堆积物砂卵石层水量丰沛,且与石灰岩含水层有水力联系。在砂卵石层底部虽多有一层亚粘土层,但分布不甚稳定,局部地段缺失,砂卵石与石灰岩直接接触,在这样的地段,上覆砂卵石含水层与石灰岩含水层互相补给,水力联系良好。根据-7米水平疏干时第四系潜水形成的降落漏斗,对潜水进入坑道的水量进行了估算,与同期-7米水平疏干系统涌水量比较接近。而且坑内放水钻孔的地下水水质与第四系潜水是一致的,均为矿化度小于1克/升的 HCO_3^- - SO_4^{2-} - Ca^{2+} 型水。说明了一7米水平坑道涌水量主要来源是第四系砂卵石层所补给。

二、矿床地下水疏干

(一) 疏干方法的确定

矿床合理的防排水方法的选定,是在对矿床水文地质条件的全面分析和正确认识的基础上进行的。防排水方法一定要适应矿区特定的水文地质条件,如不适应必然不会取得好的效果。在疏干方法确定和实施之前,我们对矿床水文地质条件的认识还有很大的局限性,但生产中提出的水文地质问题急待解决,为了使水文地质工作更好地为“开发矿业”服务,应该尽量分析利用已有的勘探和生产中获得的水文地质资料,以科学的态度对比分析,力求使防排水方法适应客观存在的水文地质条件。

在矿床疏干方法方面,我们进行了认真分析对比,根据矿床水文地质条件和采掘工程进展的实际情况,以及采矿对水文地质工作的要求,选定了坑内放水钻孔事先疏干,坑内集中排水,为露天、坑内开采服务的防排水方法,与采矿进度相适应,分中段用扇形钻孔揭露含水层,将地下水事先放出,使采掘地段造成疏干状态,以满足采、剥、掘工程对地下水水位降低的要求。

在确定疏干方法时,我们曾对深井泵疏干法、巷道疏干法、疏干巷道配以直通式钻孔疏干法的适用条件和优缺点进行了分析比较,认为选用坑内放水钻孔事先疏干法是适应铁山矿床的水文地质条件的,而且它具有下列有利条件:

1. 水仓、水泵房、疏干巷道、疏干硐室均可布置在弱透水的闪长岩层中,在不揭露石灰岩含水层的情况下,提前施工好这些工程,形成完整的排水系统和足够的排水能力,保证生产过程中安全生产,完全可以避免突然涌水的威胁。

2. 石灰岩含水层为主要疏干对象,其岩溶裂隙较发育,构造裂隙联通性较好,易于将地下水放出,容易取得疏干效果。

3. 坑道涌水量预测为50000米³/日左右(目前实际坑道涌水量为36000米³/日),具有疏干的可能性,在技术上是可能的,在经济上也具有一定的合理性。

4. 疏干阶段与采矿中段相适应,坑内开采地段运输大巷、运输平巷可兼作疏干巷

道，可以节省大量工程量。

5. 区内石灰岩岩溶发育不强烈，无大型岩溶溶洞，疏干后不会引起大规模地表塌陷，不会造成严重后果。

(二) 疏干工程的布置

1. 在疏干工程布置及施工时掌握的几个原则

(1) 疏干巷道、疏干硐室布置在相对隔水的闪长岩中，以防巷道揭露含水层突然涌水。

(2) 疏干硐室的间距40—50米，含水层含水性好的地段为40米，一般为50米。

(3) 放水孔的方向大体垂直地下水的天然流向，成扇形打入含水层，以增加过水断面，阻截地下水流。

(4) 每个硐室放水钻孔的数量不强求一致，涌水量大的地段放水孔多一些，反之则少一些，施工中硐室涌水量不再随放水钻孔数量的增加而增加，即不再增加放水钻孔。

(5) 放水钻孔揭露石灰岩含水层的长度，一般为30—40米，随着放水中段的延深，石灰岩含水层含水性变弱，钻孔揭露石灰岩的长度也应适当增加。如果含水层含水性强的地段钻孔涌水量很大，施工困难时，达不到设计孔深亦可停钻，待过一段时间涌水量减小后，为增加出水量可再次加深钻孔。

(6) 放水孔的孔径不应小于75毫米。

(7) 疏干硐室放水钻孔在施工顺序上根据采矿的要求，先开采的地段先施工，同时亦应考虑水文地质条件，含水层含水性好的地段原则上应先施工。

2. 疏干工程的布置

本矿床已施工的疏干工程分四个中段布置，即+16米、-7米、-47米、-107米，疏干巷道大体与矿体走向一致，坑内开采地段均利用运输大巷或运输平巷作为疏干巷道，露天开采地段或运输大巷距含水层太远无法利用者，掘凿专门的疏干巷道。专门疏干巷道的规格为2×2米，疏干硐室的规格长5—7米，宽3—4米，高2.5—3.0米。利用运输大巷作疏干巷道者，疏干硐室应长一些，以便放水钻孔施工时不致妨碍运输。疏干硐室的间距40—50米，一般为50米，含水层含水性强的地段，如-47米水平50线以北则为40米，含水性差的地段可达100米以上。每个疏干硐室放水钻孔2—4个、3—5个或5—7个不等，主要视含水层含水性强弱而定，涌水量大的硐室放水孔数量多，反之则少。放水孔的形式，-7米水平以上为丛状，每硐室4个钻孔者两个向上孔，仰角18—22°，两个近水平

表 6

中段名称	疏干巷道 (米)	疏 干 硐 室			放 水 钻 孔		施工时间 (年、月、日)
		数量 (个)	岩石量 (米 ³)	硐室间距 (米)	数量 (米)	进尺 (米)	
+16		7	298.0	50	58	2521.22	1961.5.27—63.2.22
-7	800	23	1518.0	40—50	96	5087.57	1962.12.24—66.4.14
-47	300	26	1716.0	40—50 80—100	120	8057.53	1965.4.13—73.2.16
-107		12	792.0	40—50	54	3786.13	1968.1.7—73.4.17
合 计	1100	68	4324.0		328	19452.45	

备注 1. 疏干巷道长度未包括利用的开拓、采准巷道长度。

2. -107米水平以下仍在继续施工。

孔，仰角 $2-3^{\circ}$ ，每硐室5个钻孔者多一个仰角 11° 左右的中间孔。 -47 米以下则一律改为扇形孔，仰角 $2-3^{\circ}$ 。各疏干中段的工程量见表6。

(三) 疏干效果

本矿床中奥陶系石灰岩初始水位标高 $42-47$ 米，最高洪水位 47.45 米(观10, 1964年9月资料)，天然状态下地下水流向近南北向，水位标高南高北低。因本矿床开采历史较长，在疏干前已经形成了一个由于开采造成的地下水水位降落漏斗。

疏干工程与开拓、采准工程相适应，由上而下分阶段疏干，疏干工程的整个进程，反映了为生产服务，解决生产中存在的水文地质问题为目的的特点。因分阶段疏干，水头压力较小，孔口均未设水闸门，无法控制流量，每个放水钻孔施工结束就开始放水。这样整个疏干过程水量随放水工程的增加持续增加，水位持续降低。观测孔水位动态与坑道涌水量、降水量、疏干工程长度的关系(图4)。

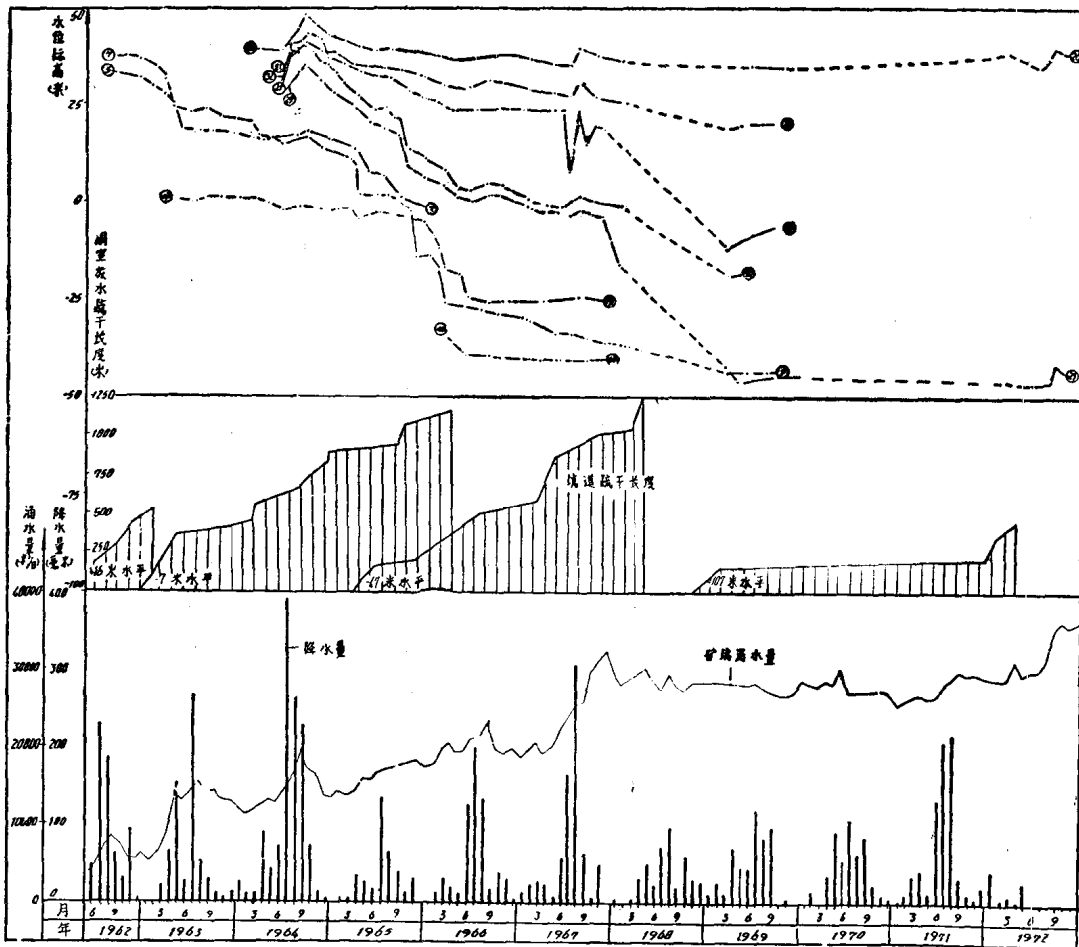


图4 铁山矿床水位动态及影响因素图

矿床疏干工作取得的效果总的说来是好的，基本满足了采矿对地下水水位降低的要求，从而给生产创造了较好的工作条件，提高了生产效率，保证了生产安全。

浙江滨海平原的“封存型”淡水体

浙江省第六地质大队 朱川

第四纪以来，特别是全新世的海浸，导致了浙江滨海平原地下水的咸化。查明地下水化学的分布规律是滨海水文地质工作的重要任务。

一般认为，冰后期的海面上升，在距今约五、六千年，达到了最大高度，近几千年的海面则基本稳定。随着历代劳动人民不断修堤筑塘，围海造田，海岸外移，遂成现代岸线。与此同时，大小河谷的地表水、潜水不断缓慢渗入那些曾被海相淤泥质粘性土所覆盖的冲积或其它陆相成因的含水层中，使之被海浸所污染的地下水重新淡化。这样“冲淡”的结果，使海积平原下的承压水，从上游至下游有明显的水化学分带，矿化度由0.1克/升增至10克/升以上，氯离子由每升数毫克增加到8000毫克/升，水化学类型有次序地出现 $\text{HCO}_3 \rightarrow \text{HCO}_3\text{Cl} \rightarrow \text{ClHCO}_3 \rightarrow \text{Cl}$ 型的系列（图1）。淡水分布范围的大小取决于补给区的面积、含水层的渗透性及脱离海水影响的时间长短等。例如，钱塘江上更新统冲积承压含水层的淡水段由富阳场口到肖山北计35公里，上更新世的东苕溪古河道淡水段长约12公里。其它各沟谷、河流承压淡水段由数十米至数公里不等。淡水段以下普遍分布咸水。

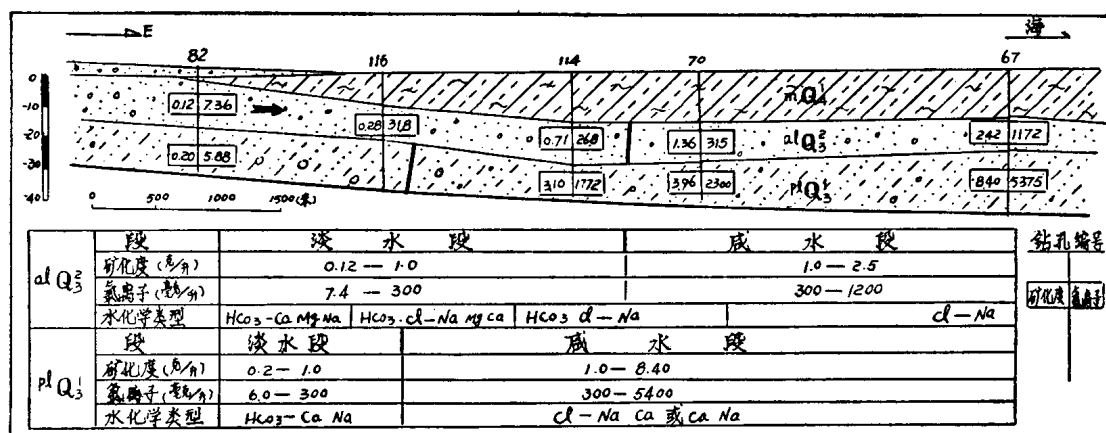


图 1 浙江滨海第四纪水化学剖面图

十余年来，我队在沿海及岛屿供水勘探工作中对这种“冲淡型”淡水的埋藏规律积累了丰富的资料，并往往将该类型的地下水作为工农业供水的水源地。

浙江滨海平原“冲淡型”地下水是不是唯一的淡水成因类型？为什么在有些地方出现了和上述水化学分带不一致，甚至相反的情况？近年的勘探实践，揭示了另一种淡水成因类型——“封存型”淡水，它特有的分布规律向我们提出了普查勘探、资源评价和开采方法等方面的新课题。

一、发 现

我队曾在杭州市西北的在城—丰山一带进行过大量勘探工作。作为东苕溪古河道的上更新统冲积砂砾石承压含水层，在在城以上为淡水，向下游过渡为咸水，矿化度在3克/升以上。过去对咸水段内少数钻孔中出现的低于1克/升的地下水，只用开采时加强了径流条件来解释。通过近年来的实践，又积累了不少资料，当重新编制地下水矿化度图(图2)时，发现淡水的分布大致是一个长12公里、宽2.5公里的淡水封闭体，周围被咸水环抱。虽然在同一含水层中，但这块淡水和在城以上的淡水并不相连。淡水体中最低矿化度为0.39克/升， $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型。很难用上述“冲淡型”的观点加以解释。

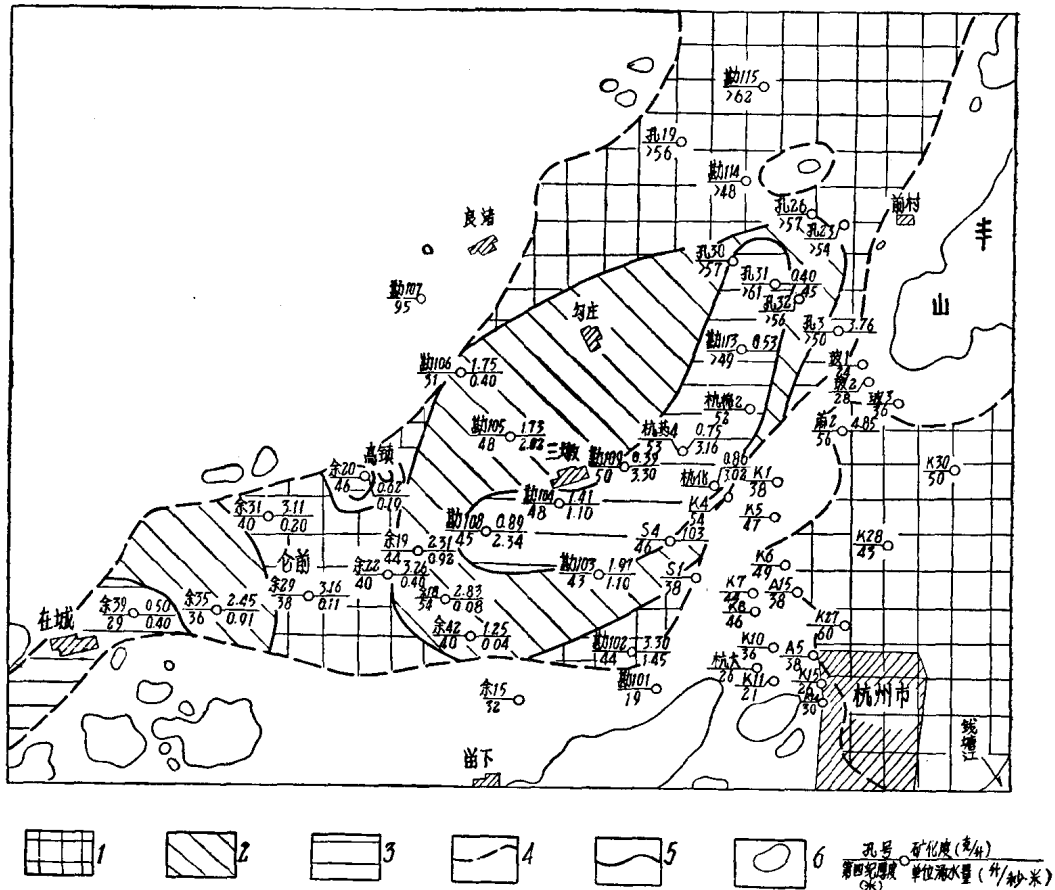


图 2 余杭在城—丰山段承压水矿化度图

1—矿化度>3克/升；2—矿化度1—3克/升；3—矿化度<1克/升；4—含水层边界；5—矿化度界线；6—山丘

不久又发现嘉兴平原是一个更大的淡水体。该地区有4—5个承压含水层(表1)，除浅部承压含水层外，俱以0.1%左右的坡度向北东方向倾斜，似汇入“古长江”。这是一个第四纪的沉降平原，各含水层随时代递进粒度变细，范围逐渐扩大。中、下更新统的含水层(Ⅲ，Ⅳ)可能无侧向补给，具盆地结构。上更新统两个含水层(Ⅰ，Ⅱ)向上游延伸入河谷内，直接或间接承受潜水补给。

数千平方公里的嘉兴平原，上述各含水层不论在水平或垂直方向上，水化学的变化却

表 1

含水层层序	时代及成因类型	岩 性	顶板埋深 (米)	平均厚度 (米)	平均单位涌水量 (升/秒米)
浅层承压含水层	al-mQ ₄ ¹ , Q ₃ ²	粉 细 砂	5—25	0—10	<0.5
I	alQ ₃ ²	中 细 砂	55—65	5—20	0.2—2.0
II	alQ ₃ ¹	含 砾 砂	85—110	7—20	0.5—3.0
III	alQ ₂	含砾砂、砂砾石	120—150	10—25	1.0—3.3
IV	Pl-alQ ₁	粘土砾石夹含砾砂	180—220	40—130	<0.5

表 2

地 点	含水层层次	含水层位置 (米)	化 学 表 示 式	pH	rNa/rCl	水化学类型
枫泾	IV	201.5—235.5	$M0.34 \frac{HCO_3^{83.5} CO_3^{11.7}}{Na_{73.8} Ca_{14.9} Mg_{10.79}}$	8.5		HCO ₃ —Na
平湖	III	138.0—153.0	$M0.39 \frac{HCO_3^{90.81}}{Na_{68.75} Ca_{19.50} Mg_{14.13}}$	7.7	60.0	HCO ₃ —Na
海盐	III	120.0—135.0	$M0.40 \frac{HCO_3^{87.94}}{Na_{55.7} Ca_{29.49} Mg_{14.13}}$	7.8	4.8	HCO ₃ —NaCa
嘉兴	II	107.9—120.0	$M0.33 \frac{HCO_3^{90.81}}{Na_{39.81} Ca_{37.38} Mg_{21.28}}$	8.0	12.4	HCO ₃ —NaCa
崇德	I	64.0—85.0	$M0.42 \frac{HCO_3^{90.03}}{Na_{92.12} Ca_{20.70} Mg_{14.38}}$	7.4	5.9	HCO ₃ —Na
硖石	I	69.0—76.1	$M0.37 \frac{HCO_3^{84.42}}{Na_{44.95} Ca_{39.28} Mg_{22.61}}$	7.2	8.7	HCO ₃ —NaCa

很小, 如表 2 所示。

嘉兴平原深部承压水有基本一致的水化学特征: HCO₃—Na 或 NaCa 型水, 矿化度低, 均在 0.4 克/升上下, rNa/rCl >> 1, 反映了大陆溶滤水的成因特点。氯离子相对含量很低, 间接说明受海的影响微弱。

嘉兴平原深层淡水的形成, 是不是上游淡水补给的结果呢? 嘉兴平原冲积层物质来源于西部、南部山区的苕溪、钱塘江等水系。向上游水化学却发生明显变化, 尤其是上更新统第 I, II 含水层过渡为咸水。如东苕溪古河道, 除了在三墩附近有一块范围不大的淡水体外, 都是咸水。在与平原淡水连结处, 有一段宽度不大的咸淡水过渡带。南部的钱塘江, 还包括曹娥江、浦阳江及姚江流域区所埋藏的冲积承压含水层, 在大部分的地段内都是高矿化度的 Cl—Na 型水。如果顺西北方向追溯, 在湖州, 长兴, 以致在江苏省境内, 都有类似情况。这一切说明, 平原深处的淡水得不到上游补给区的直接补给, 实际上它是一个规模更大、结构更复杂的淡水体。

由此可知, 除了在上游普遍分布着形同舌状的“冲淡型”淡水体外, 还存在着呈透镜体状或片状的淡水体。它的中心矿化度最低, 氯离子含量极微。从中心向四周或向上、下

游，矿化度，氯离子含量增高，并依次出现 $\text{HCO}_3 \rightarrow \text{HCO}_3\text{Cl} \rightarrow \text{ClHCO}_3 \rightarrow \text{Cl}$ 型的水化学系列。

二、再 实 践

“只有人们的社会实践，才是人们对于外界认识的真理性的标准。”通过慈溪等地的水文地质勘探实践，对上述不同于“冲淡型”的淡水体的形成规律，有了进一步的认识。

慈溪浒山镇东的平原，三面环山。浒山镇就座落在西部低丘的隐伏端上，第四纪地层厚度小于50米，含水层薄，水量小，水质咸。过去在浒山镇附近从未找到可供利用的地下水。1968年据物探资料在界堰找到了淡水，成井两眼（东、西井），单井出水量为300—500吨/日，矿化度0.5—0.6克/升。如果按照“冲淡型”淡水体的分布规律，在界堰上游，地下水水质会比界堰更好。但出乎意料，矿化度向上游逐渐增高，以致高达2.3克/升(图3、4)。而从下游坎墩的矿化度已高达5.3克/升的情况来看，可见地下水向上下游都有变咸的趋势。矿化度最低点位于白沙附近，仅0.36克升。

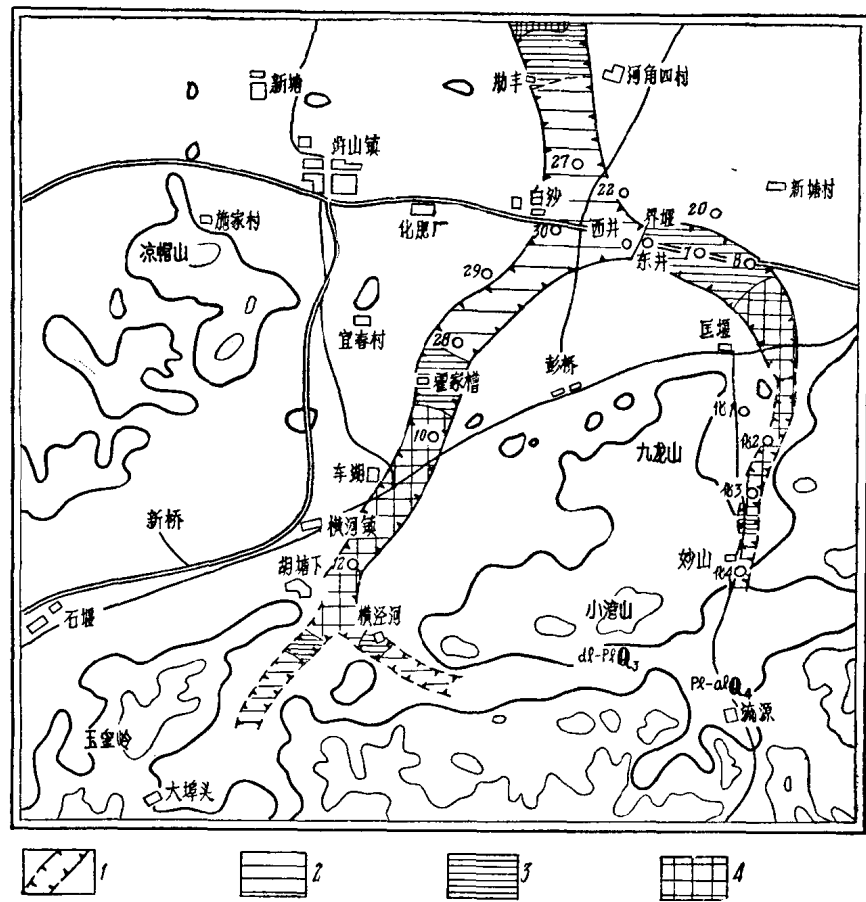


图 3 慈溪县浒山镇附近上更新统含水层 (alQ₄) 矿化度分布略图
1—上更新统 (Q₃) 古河道分布边界；2—矿化度<0.5克/升；
3—矿化度0.5—1.0克/升；4—矿化度>1.0克/升

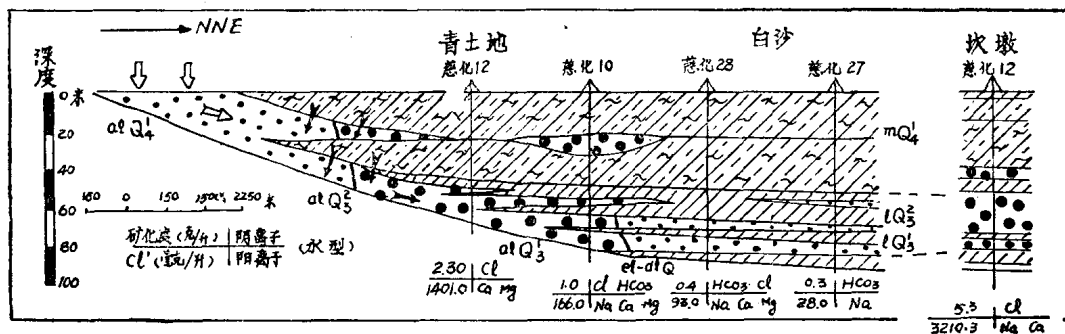


图 4 余姚青土地—慈溪白沙—坎墩剖面示意图
(Q_4 海浸时, 海水通过上游源头倒灌咸化含水层, 而后又被淡水所冲淡)

同时, 在慈北平原的长河镇也揭露了一个淡水体, 这对突破慈溪西部滨海平原无淡水的认识是很有意义的。淡水埋藏在80米以下的 Q_1^1 和 Q_2^2 下部的冲积砂砾石含水层中, 矿化度为0.47克/升, HCO_3-NaCa 型。为确定淡水分布范围, 曾在淡水中心的长河镇南北两公里各布置了钻孔, 矿化度均超过2克/升以上。

至此, 我们有充分证据肯定存在着不同于“冲淡型”的另一种成因类型。究竟这种成因类型是在怎样的地质环境中形成的呢? 这只能从第四纪以来浙江滨海沉积环境的演变中寻求答案。图5是嘉兴平原第四纪地层综合柱状图, 从图中可以看出从下更新世直至更新世晚期, 在以沉降为主的嘉兴平原地区堆积了一整套河、湖相松散堆积物, 即由砂砾

地质时代	柱状图	岩性	成因类型	层顶埋深 (米)	厚度 (米)	含水层
全新统	Q_4	黄褐色粘土、亚粘土	河口相、湖相 (al-m)	0	0—7	浅层承压水
		灰色淤泥质亚粘土夹砂层	湖相 (m)	2—8	5—30	
		棕黄色暗绿色粘土(硬土层)	陆相 (al)	5—25	0—20	
		黄色灰黄色粉砂	河口相 (al-m)	5—25	0—10	
上更新统	Q_3	灰色淤泥质亚粘土亚砂土	湖相 (m)	30—40	0—20	I
		黄绿色灰绿色亚粘土	河、湖相 (al-l)	30—70	0—25	
		中细砂、中粗砂、含砾砂中央黄绿色亚粘土		55—65	5—20	
		灰绿色青灰色亚粘土		70—95	0—10	
中更新统	Q_2	砂及含砾砂	河、湖相 (al-l)	85—110	7—20	II
		黄褐黄绿色亚粘土		100—130	8—20	
下更新统	Q_1	砂砾石	河流相 (al-pl)	120—150	10—25	III
		杂色粘土		180—220	40—130	
		含砾砂石亚粘土、亚砂土夹砂层及砂砾石层				
基岩		沉积岩及火山岩		0—326		

图 5 浙江嘉兴平原, 地层综合柱状图