

关于混合抽水过程中 $Q \sim S$ 曲线反常问题

天津地质四队 刘家晋

一、问题的提出

抽水过程中正常情况下, $Q \sim S$ 关系曲线承压水为直线或近乎直线的抛物线; 潜水为抛物线。

但是在有些地区有些孔, 在进行两个以上含水层混合抽水时有与此相反的情况, 既不是直线, 又不是抛物线, 而是反抛物线或 S 形曲线。

1963 年我们在北京通县地区进行抽水试验时, 如严格按照实际静水位绘制 $Q \sim S$ 关系曲线, 有很多孔是反常曲线。1964 年我们在北京延庆地区有个别井孔也出现了同样的问题。1979 年我们在天津宝坻县八道沽抽水过程中, 三个孔中有两个孔, 各次降深如严格按照取相同的抽水时间的 Q 与 S 值绘制 $Q \sim S$ 曲线则也是反常的。从上述可见这不是个别问题, 而是带有普遍性的一种现象。

由于过去对这一现象认识不足, 误认为是观测误差, 是过滤器阻塞等等, 总之认为这不可能是含水层本身的原因, 而是外加的因素。再加过去一些质量标准中机械规定出现曲线反常资料作废, 要重新返工。因此现场操作人员都想尽一切办法去消除反常现象。

施普德同志在“井水量计算理论与实践”一书中已提到 $Q \sim S$ 曲线反常的几种情况, 其中有一种是两个以上含水层, 当水头不一致进行混合抽水时, 会出现曲线反常。

本文想就混合抽水过程中, 出现曲线反常的原因作一些探讨, 并通过作图方法, 分析两含水层混合抽水时可能出现的几种曲线类型。

二、混合抽水几种情况的分析

我们说的混合抽水是指在同一眼井中取了两个以上含水层的水, 而各含水层之间无水力联系, 各层水位差别较大, 富水性、水动力特征均不一致。现在我们仅就最简单的情况, 取两层水的混合抽水为例来进行讨论。

当两个含水层水头不一致时, 混合静水位实际是由水头高的一层向水头低的一层进行注水达到平衡时的水位。假设当水头高的一层水位降低为 S_1 , 水位降至标高 H_1 , 涌水量为 Q_1 ; 水头低的一层当水头提高 S_2 , 水位上升到 H_2 , 注入的水量为 Q_2 , 当 $Q_1 = Q_2$ 时, 所形成的水位即混合抽水时的静水位 (图 1)。

在什么情况下会出现 $Q \sim S$ 曲线反常呢? 现在我

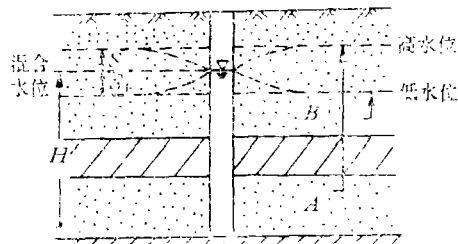


图 1

们试用作图的方法加以分析。

为了使作图方便, 简化条件, 只考虑主要因素, 我们作如下几点假定: ①两含水层比较稳定有各自独立的 $Q \sim S$ 关系曲线, 两层混合后其特征并不改变。②假设高水头的含水层向低水头的含水层注水时, 其注水 $Q \sim S$ 关系曲线与抽水曲线形式相同方向相反 (图中用虚线表示)。③低水头含水层注水曲线与高水头含水层抽水曲线交点为混合水位 0 点。④混合抽水的涌水量 Q , 当水位降 $S < S_p$ 时, 应为高水头含水层涌水量与向低水头含水层注入水量之差; 在 $S > S_p$ 时, 应为两含水层涌水量之和。

依据上述四个假定条件, 分别对四种情况进行作图。

(一) 当两含水层均为承压水并且 $Q \sim S$ 关系曲线均为直线时, 两曲线叠加后仍为一直线, 仅是直线的斜率比原来减小 (图 2)。

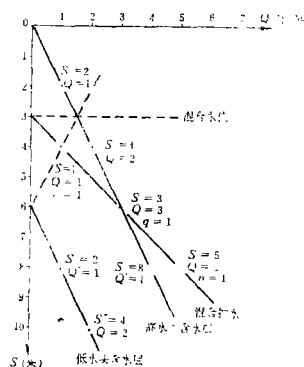


图 2 混合抽水 $Q \sim S$ 曲线
(两个含水层 $Q \sim S$ 曲线均为直线)

(二) 当水头高的含水层 $Q \sim S$ 关系曲线为抛物线, 而水头低的含水层为直线, 两曲线叠加后为抛物线 (图 3)。

(三) 当水头高的含水层 $Q \sim S$ 关系曲线为直线, 而水头低的含水层为抛物线, 两曲线叠加后为 S 形曲线, 即在 $S < S_p$ 时

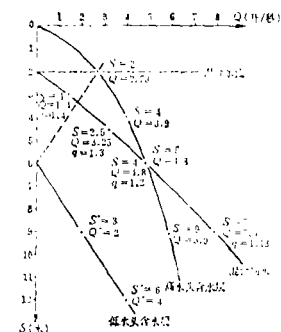


图3 混合抽水 $Q \sim S$ 曲线
(高水头含水层 $Q \sim S$ 呈抛物线,
低水头含水层 $Q \sim S$ 呈直线)

因而出现了曲线反常。

在北京延庆县南老君堂还遇到过这样一个孔,其上部潜水含水层为粉细砂,水位较低,下部承压水含水层为砂砾石,水头较高,在最大降深时,因为水位降低值影响到潜水含水层,因而抽出的水中含有大量粉细砂,而在小降深时没有影响到潜水含水层,因而抽出的水中几乎不含砂,这两次降深虽然多次校正仍然曲线反常。

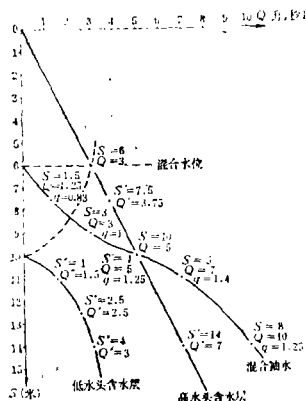


图4 混合抽水 $Q \sim S$ 曲线
(高水头含水层 $Q \sim S$ 呈直线,
低水头含水层 $Q \sim S$ 呈抛物线)

水位低的含水层单位涌水量随着降深而减小的速度比水位高的含水层减少的快,或两者相同时,混合抽水曲线与第三种情况相同,仍为S形曲线。

当水头高的含水层单位涌水量,随降深而减小的速度比水位低的含水层快,则 $Q \sim S$ 曲线就视互相间的抵消程度而定(图5)。

三、几个问题的讨论

(一) 从以上分析可知,在第三和第四种情况中

为反抛物线,当 $S > S_p$ 时为抛物线。

在北京通县所见到的反常曲线多属这一类型。通县地区正是潜水位低, $Q \sim S$ 关系曲线为抛物线,而下部承压水水头高, $Q \sim S$ 关系曲线为直线或接近直线。再加受设备的限制,三次水位下降不能完全达到 $S > S_p$,

的一部分混合抽水,当 $S < S_p$ 时会出现曲线反常。但是实际过程中出现的反常曲线可能更多。因为实际工作中注水曲线与相应的抽水曲线不一定完全相同。由于受到阻力的影响,含水层的抽水曲线为直线,但注水曲线有可能是抛物线。也就是说在第一、二种情况下也有可能

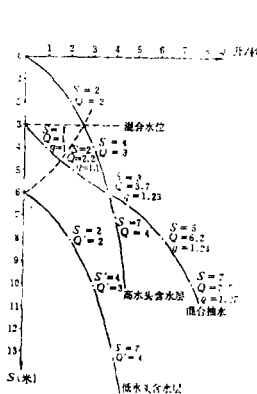


图5 混合抽水 $Q \sim S$ 曲线
(两个含水层 $Q \sim S$ 均为抛物线)

观测时间的长短,其水位会差别很大。我们在宝坻县八道沽打一孔,抽水时间为37.20小时,恢复27小时后,

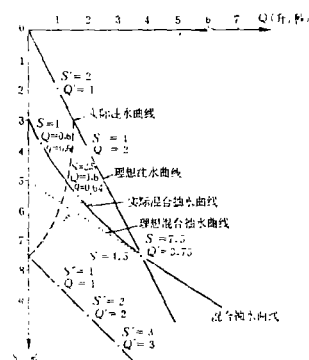


图6 理想混合抽水和实际
混合抽水 $Q \sim S$ 曲线对比
(两个含水层 $Q \sim S$ 均为直线)

升高,要达到完全平衡需要很长时间这一因素有关。

(三) 混合抽水过程中混合抽水的曲线,除反常曲线外。往往直线与近似直线较多。这其中有不少是假象。如图4中反常曲线,如果抽水降深点较少,只取了第三点 $S = 4, Q = 5$ 与第五点 $S = 8, Q = 10$ 表面上看是标准直线,而实际上是反常曲线中的两个点。在图5中也可找到同样的两个点。因此在利用混合抽水曲线推算最大涌水量时,必须慎重对待,对于混合抽水最好是作两次以上的降深,而降深值尽量要大一些。

(1980年1月15日收到)