

试论群井开采试验的作用与应用

花仁荣 常士骝

(中国兵器工业勘察研究院 北京 100053)

【提要】群井开采试验在地下水资源评价中是一种给人以直观而有效的勘察手段,但这种方法耗资大,周期长,在多数情况下不宜直接作为地下水资源评价和衡量B级允许开采量精度的主要方法。

【Abstract】 Group-well exploiting test is a direct and effective investigating method in the groundwater resources evaluation. But it is expensive and requires long period. It isn't the main method to evaluate the groundwater resources directly and to measure the accuracy of grade B allowable exploiting quantity in most cases.

1 问题的提出

笔者近几年参加多项供水水文地质勘察的技术咨询和勘察成果的评审工作,不论是在审议供水勘察方案,还是评审水资源评价精度、确定水资源的数量和级别方面,常常会碰到对于一些大型水源地勘察,不论具体水文地质条件如何,在确定B级允许开采量时,常以群井开采试验作为主要手段,以群井开采试验的抽水量作为水资源评价精度的基础,作为水资源评价可靠程度的主要依据。

早在50年代,我国地质部全国矿产储量委员会颁布将苏联地质部1951年11月15日批准的《地下水开采储量分类规范》作为参考执行标准。该规范根据水文地质研究程度和地下水的用途,将地下水开采储量分为A₁, A₂, B, C₁, C₂五级,其中对A₂级开采储量[相当于我国现行《供水水文地质勘察规范》(GBJ27—88)中的B级允许开采量]提出了开采试验的要求。在该分类规范中明确指出,开采试验是指从勘探——开采钻孔中抽水,其目的在于确定地下水涌水量、化学成分和气体成分的稳定性。开采试验时间的长短,决定于水文地质条件的复杂性,但不得少于一两个月,并且开采试验的总涌水量应不少于需水量的50%。

此分类规范曾在我国不少单位得到执

行,在有些部门至今还一直在沿用。现在的问题是:

(1)群井开采试验的抽水量达到需水量的50%以上,能不能就此推算100%的需水量,作为B级允许开采量的结论,有没有根据?

(2)勘察期间进行的群井开采试验所得出的允许开采量,能不能代表城市要求供水保证率为95%、火电厂要求供水保证率为97%的允许开采量?

(3)群井开采试验是地下水资源评价的一种方法,但是不是衡量B级允许开采量精度的主要方法?

这几个问题,都是值得商榷的。

2 群井开采试验的作用

地下水资源可资利用的是地下水补给量与储存量。作为一个长期供水的水源地,可供开采利用的主要是地下水补给量,且一般不大于地下水补给量。因此评价一个水源地的允许开采量,关键是查明地下水的补给量(包括开采条件下的补给量)。在一个水文地质区,地下水的补给往往同时存在几种补给类型,具有各自的变化规律,欲直接查明这些补给量,一般都比较困难,也不很准确。故大多通过水位观测、模型拟合等间接方法来确定补给量。在有地下水大量溢出的地区,最好是通过地下水溢出量(排泄量)

的系统观测,统计分析,确定地下水补给量,这是一种比较简捷而可靠的途径。

在水文地质条件复杂而又无地下水溢出的地区进行勘察时,往往用一般勘察手段难以查明地下水补给量,利用群井开采试验可以直观地反映地下水在开采条件下的现场特征及开采漏斗的扩展情况,判断边界条件及其性质,查明地下水的补给来源(包括开采条件下的补给量),对于评价水文地质条件复杂地区的水资源来说,所提供的这些资料都是很宝贵的,是为正确评价地下水资源的重要依据。

正因为群井开采试验有这样的优点,受到有些单位和部门的青睐,并规定:凡大型水源地的勘察,在勘探阶段确定B级允许开采量时,不论具体水文地质条件如何,均要求进行群井开采试验,总抽水量应不少于需水量的30%或50%,抽水时间宜在枯水期进行,抽水不少于一个月。以此作为评价允许开采量的主要依据和精度依据。

早在60~70年代,水文地质勘察技术在我国基本上是一片空白,处在学习苏联的逐步成长时期,还不成熟。不论在勘察理论、勘察技术、水资源评价方法等方面,均借鉴国外的经验。当时苏联在水文地质方面,推行的是四大储量的概念(动储量、调节储量、静储量、开采储量),应用的是稳定流理论,在水资源评价方法方面,采用的是大大概化(含水体与边界条件等)了的解析法与经验法。因此水资源的评价精度一般较低,与实际开采量比较,可以达数倍之差。在这样的情况下,应用群井开采试验的总抽水量作为A₂级储量评价精度的主要依据,是完全可以理解的。经过70年代,进入80年代以来,我国水文地质界在学习与应用勘察新理论、新技术、新方法方面,有了很大发展,并积累和创造了自己的经验。遥感技术、放射性同位素测试技术等先进手段已得到广泛应用,物理模拟和数值模拟以及电

子计算机的普及,已成为评价地下水资源的主要手段,将地下水资源的评价方法大大地向前推进了一步。解决了许多过去难于查明的水文地质问题,解决了许多过去无法或难以解决的水资源评价问题,提高了地下水资源评价的精度。在这样的条件下,如果现在仍不分具体条件,凡是大型水源地勘察,均要求做群井开采试验,并以此作为衡量达到B级允许开采量的主要依据,这就不尽合理了。

第一、群井开采试验虽然可给人以直观和觉得可信,但是如果仅以群井开采试验的抽水量(常规定为需水量的30%~50%)作为地下水资源评价的基本值,由此外推确定100%的需水量(允许开采量),并认为具有同等的可信度或精度,那就没有根据了。

众所周知,在自然界一个水文地质单元内,多年的水资源均衡,水资源总体上有个范围值,地下水的允许开采量也有个基本值。当开采量小于或等于地下水补给量时,地下水位能保持稳定(水位变化与自然水位变化基本一致);当开采量大于地下水补给量时,地下水位不能稳定(地下水位降速大于自然水位降速),出现水位持续下降。因此,一个水源地的开采量,不会因为地下水开采强度的增加而无限增加。勘察时的群井开采试验,虽然抽水时间较长,而且抽稳定了,它只反映当时当地该抽水量条件下的采补平衡,但是在水源地投产,开采量达到100%的需水量时,是否还具有同样的采补平衡呢?就不一定了。当增加的开采量仍小于该地区地下水补给量时,仍能保持采补平衡,保证正常开采,如果当增加的开采量超过了该水源地可能的补给量时,将导致地下水位的持续下降,含水体的疏干与枯竭,不可能保持水源地的长期稳定开采。

例如河南永城电厂水源勘察工程,勘察的主要目的层是奥陶系灰岩岩溶水,其次是

寒武系灰岩岩溶裂隙水,该地层埋藏于第四系和第三系岩层以下,有的上部还覆盖石炭系地层,一般埋深100m以下,几乎无裸露。在奥陶系和寒武系灰岩分布区内,存在火成岩侵入体,将灰岩分割得支离破碎,毫无规律;岩溶地下水的补给、排泄不清,边界条件不明,水文地质条件十分复杂。为查明该地岩溶地下水的允许开采量,采用了在枯水期2~3个井同时抽水的开采试验,历时46天。先用两口井进行试验,主孔水位下降20多米,抽水量 $325\text{m}^3/\text{h}$,抽至基本稳定。改作3个井的开采试验,抽水量增加至 $385\text{m}^3/\text{h}$,水位出现持续下降,主孔水位下降30多米不见稳定趋势,已处在过量开采,采补失衡。这一实例说明,不能用2个井的开采试验量,盲目推算和评价更多的允许开采量。

因此仅根据群井开采试验的结果推算更多的允许开采量缺乏理论根据和实际依据。

第二、勘察时进行的群井开采试验结果,能不能代表城市供水保证率为95%、火电厂供水保证率为97%的允许开采量呢?回答也是否定的,绝大多数代表不了。一个水文地质单元内的水资源量,主要决定于大气降水量。地下水的补给主要来源于大气降水入参与地表水的入渗,这两者均受控于大气降水。大气降水量具有多年相对的周期变化,故地下水的补给和地下水资源量也具有相应的周期变化。另外地下水的赋存条件又能起到调节与缓解周期变化的作用,因此供水保证程度应同时决定于地下水的补给和地下水的赋存条件。在相同的需水量要求和供水保证率要求,同样的地下水补给条件下,地下水赋存条件好,地下水储存量多,调蓄能力大的地区,就可以获得较多的保持稳定开采的允许开采量。反之,在地下水赋存条件差的地区,地下水资源量年际变化差异大,可提供的允许开采量就少。群井开采试验虽然一般在勘察时的枯水期进行,但是,

在多数情况下未必能赶上正好是某供水保证率要求的枯水年。群井开采试验虽然抽水的时间比较长(不少于一个月),但是比起地下水补给的多年变化来说,又是十分短暂的。故它不可能全部反映或代表某供水保证率条件下的开采情况。由此为谋求某一供水保证率的允许开采量,决非在勘察期间的群井开采试验所能解决的,还必须附以其它的评价手段才能获得符合要求的成果。例如利用地下水的长期动态观测资料,与当地多年气象资料进行相关分析计算等方法,经过论证后方能确定允许开采量。

第三、在水文地质条件十分复杂的地区,地下水的补给、迳流、排泄条件,边界条件,含水构造均难以用常规的勘察手段或不允许花过多的勘探工作量去查明时,应用群井开采试验方法,在枯水期进行较长期的稳定抽水,要求抽水量相等于需水量,然后根据抽水试验结果,如水位稳定快慢,下降大小,并结合具体水文地质条件确定允许开采量,这是一种习惯做法。在这里,群井开采试验便成为评价地下水资源的主要手段,不过只是因为出于没有更合适、更经济的水资源评价方法时才这样做的。

综上所述,可以这样认为:群井开采试验是地下水资源勘察的一种重要试验手段,可以为地下水资源评价揭示和提供许多用一般勘察手段难以查明的问题,是地下水资源评价的一种辅助手段。由于群井开采试验费事、费时、费钱,一般不常用,因此它不应该也不能成为衡量水源地勘察B级允许开采量精度的主要依据,更不是唯一方法。

3 群井开采试验的选择

群井开采试验虽然有许多优点,但是,在实际运用过程中又有许多困难,这项工作需动用的设备多、周期长、费人力,在一般情况下,需几十人连续工作几十天;耗资大,少则几十万元,多则上百万元,一般占勘察费用的 $1/4\sim 1/3$;并且要求动力源、抽

水和观测设备保证程度较高,与试验场地周围的社会关系,环境关系均相当复杂,难以处理等等。因此,这种方法不是能够轻易、方便投入实施的。为此有不少学者曾作了大量研究,创造了新理论、新方法,研究出地下水资源评价新技术——电网络模拟、数值模拟等等,提高了查明水文地质条件的能力,同时使以往难以查明的问题得以查清,使过去无法进行水资源正确评价的地区得以进行,并能对地下水开采动态进行预测预报,提高了评价地下水资源的精度。由此提出:在水文地质条件不是复杂的地区,地下水的补给、迳流、排泄条件,赋存条件,边界条件等可以通过常规的勘察方法或有关手段能予以查明时,经过资料的分析研究,一般无须进行群井开采试验,同样可以达到评价地下水资源的目的,满足相应要求的允许开采量精度。这样无疑可以大大地减轻勘察工作的负担,节省大量勘察费用。在水文地质条件复杂地区,当用一般的勘察手段难以查明或不允许花更多的勘察工作量来查明水文地质条件时,则可考虑用群井开采试验予以澄清。因此一个水源地的勘察,是否需要进行群井开采试验,应视具体的水文地质条件而定,有目的有选择地进行。

3.1 在水文地质条件比较简单的地区

地下水的补给方式简明,地下水的赋存条件良好,边界条件单一,通过常规的勘察方法就可以查明其水文地质条件时,均可经过资料的分析研究和通常的水资源评价方法,即能作出满足B级允许开采量精度的水资源结论。特别是当有地下水大量溢出时,通过排泄量的长期观测,资料的统计分析,更有利于地下水资源的查明。抓住了地下水的排泄量,就等于抓住了地下水的补给量。地下水资源的大量溢出,实质上就等于长期的群井开采试验,它可以为地下水资源评价提供大量的宝贵资料,往往成为地下水资源评价的主要依据。这类地区常见于山前冲

洪积扇、山间盆地等地区。如50年代中期我单位为某厂解决需水量 $1.2\text{m}^3/\text{s}$,在陕西涝河冲洪积扇地区进行勘察,该冲洪积扇位于秦岭北麓,面积70余平方公里,沉积巨厚的卵砾石含水层,储存丰富的地下水,储存量达 $2.2 \times 10^8\text{m}^3$ 以上。在冲洪积扇的尾部,地下水大量溢出,经长期观测,地下水溢出量变化在 $0.41 \sim 4.15\text{m}^3/\text{s}$ 之间。经过勘察试验和地下水动态观测,查明了地下水的补给、排泄条件和运动规律,通过资料的分析,特别是通过地下水排泄量的计算与分析,得出地下水允许开采量为 $1.53\text{m}^3/\text{s}$,可以满足工厂用水 $1.20\text{m}^3/\text{s}$ 的结论。在此勘察工程中未做群井开采试验,经过30多年来地下水的开采实践,情况正常,评价结论可靠。

同样我们在山西省太原市兰村水源地勘察工作中,根据该地区岩溶地下水大量溢出补给汾河河床地下水的特征,除勘探查明其含水构造,埋藏分布与水力性质以外,紧紧抓住岩溶地下水溢出量的长期观测。观测得知:岩溶地下水补给汾河的水量最多时为 $5.15\text{m}^3/\text{s}$ (1955年2月26日),最少时为 $1.02\text{m}^3/\text{s}$ (1955年4月9日),平均为 $3.01\text{m}^3/\text{s}$,常见为 $2.00 \sim 3.00\text{m}^3/\text{s}$,溢出量年变化相当稳定。经过资料分析,根据当时供水需要,提出允许开采 $2.50\text{m}^3/\text{s}$ 的结论,报告中指出:随着岩溶地下水的开采,将得到汾河水与河床地下水的补给,地下水允许开采量将可增大。经过多年的实际开采,兰村水源地的实际允许开采量在 $3.00\text{m}^3/\text{s}$ 左右。与长期观测岩溶地下水溢出量的平均值接近。在这项水源勘察工程中,也未进行群井开采试验,已经过了30多年的开采考验,同样得到了较高精度的水资源评价结论。

3.2 在水文地质条件复杂的地区

往往地下水的补给存在多种形式,有些补给因素具有隐蔽性,一时不好查明,或者有些补给因素在地下水开采条件下的变化难以正确预测,该地区含水构造比较复杂,边

界条件多样,情况不是完全清楚,用一般常规的勘察手段,有些问题一时也不好查明。当需水量较大,且接近该地区可能提供的允许开采量时,这时,可考虑组织群井开采试验,用它来揭示和提供用常规勘察手段难于查明的问题,为地下水资源评价(如有限元、有限差分与电网模拟等)提供信息与依据,以作出地下水资源较高精度的评价结论。在这里,群井开采试验只作为一种勘察试验手段,并非地下水资源评价方法。群井开采试验的抽水量多少,主要决定于能揭示或反映出遗留的并予以查明的问题即可,不拘泥于某一规定值(如抽水总量应大于需水量的50%等)。

例如沁北电厂水源地勘察工程,要求提供B级精度的需水量 $4.50\text{m}^3/\text{s}$,该水源地位于河南省济源市沁河五龙口,地处太行山南麓的断陷盆地,盆地内沉积了不同成因、不同时期的第四系沉积物。在太行山前,由于盘古寺断层的作用,使第四系与太古系、奥陶系地层直接接触,形成一系列洪积扇群,这些洪积扇群与近东西向分布的沁河冲洪积扇相交,而沁河冲洪积扇又存在着新、老两期沉积的选置。

在山前洪积扇群的顶部,沉积了厚度 400.0m 以上的卵砾石层,分选较差、结构单一。在洪积扇群的尾部与沁河冲洪积扇的交接地带,含水层几乎缺失,为很厚的粘性土。自沁河冲洪积扇中部以下,在埋深 $20.0\sim 40.0\text{m}$ 连续分布一层粉质粘土,使沁河冲洪积扇中卵砾石含水层分为上部潜水和下部承压水两个含水层,使含水层的分布与相互接触关系变得更复杂。

沁河河床与潜水含水层直接接触,自五龙口以下,由于在埋深 $20.0\sim 40.0\text{m}$ 处存在阻水的粉质粘土,河水不能直接补给承压水,故在地下水的补给关系方面,增加了复杂性。

在边界条件方面,北部边界比较清楚,

第四系与盘古寺断层下盘的基岩直接接触,可分为阻水段与透水段;其余三个方向的边界条件均不清晰,勘察区西部与济源盆地接壤,东部和南部主要为大面积的冲洪积平原,因此勘察区边界的性质不是很清楚。

经过河南省电力勘测设计院对沁北电厂水源地的详细勘探工作,通过遥感、物探、钻探、同位素测试等工作,查明了勘察区的地质结构和基本水文地质条件,将取水目的层定为埋深 160m 以上的卵砾石层。虽然他们做了大量的勘探与测试工作,仍有以下几个问题认识不很清楚:(1)各含水层之间的水力联系情况如何?(2)开采条件下多种补给关系与补给量情况;(3)开采条件下对周围农业、河渠、泉的影响如何?(4)卵砾石含水层的开采潜力怎样等。为查明上述问题,组织了群井开采试验,用9个勘探生产井抽水,总出水量达 $1.05\text{m}^3/\text{s}$,历时35天,取得了一大批试验资料和数据。

通过群井开采试验,首先解决了开采影响范围问题。抽水时,发现沁河两岸的深、浅两个含水层水位均有不同程度的下降。纠正了上次详查阶段在模拟计算时,将沁河作为常水头边界处理的不合理做法。在沁河冲洪积扇上部开采,对下游的影响范围有限,不可能将下游 10km 以外的石河洪积扇地下水列为补给源。其次,在抽水过程中,潜水含水层的水位下降相对于承压含水层要快,且下降幅度大,说明它们之间存在粉质粘土层阻水性良好,远在一定程度上限制开采量的扩大。因为这个阻水层的存在,使储存量的调节能力受到很大限制。通过群井开采试验,了解到对周围的机井影响不大,对河、渠、泉的流量也未见明显衰减,说明在水源地运行时,不会产生严重的争水矛盾。另外通过群井开采试验,提供了地下水动力场、水化学场、构造场的动态特征,提供了深层含水层的水文地质参数。

这次群井开采试验,为沁北电厂水源地

地下水资源评价模型的确立,进行水资源正确评价奠定了基础,为允许开采量的最后确定,为沁北电厂计划装机容量和电厂最终建设规模的确定,提供了可靠的基础资料和技术依据。该水源勘察报告经过中国地质学会有关专家审议和国家储委审批,批准通过: B级允许开采量为 $4.80\text{m}^3/\text{s}$, C级允许开采量为 $1.20\text{m}^3/\text{s}$ 。该地区将建设成为中南地区的能源基地。

因此,类似沁北电厂水源地这样需水量要求大,地质、水文地质条件复杂的地区,采用群井开采试验,查明一些疑难问题,为正确评价地下水资源提供必要而又较可靠的依据,是十分需要的。但是抽水总量应根据拟揭示和要查明的问题而定,不是以需水量的多少而定,如沁北电厂水源勘察,群井抽水量仅为该地区 B级允许开采量的22%,而不是50%。

3.3 在水文地质条件十分复杂的地区

在一些隐伏的基岩裂隙水或岩溶地下水地区,地下水的补、排条件不清,边界不明,含水构造的展布复杂多变,没有规律,欲查明这些情况,投入大量的常规勘察工作量,既不允许,也不可能。这时,应用单井或群井开采试验方法来弥补就十分必要了。在这种情况下进行的单井或群井开采试验,它不仅仅是一种重要勘察手段,而且往往直接成为比较可靠的地下水资源评价方法。对

此,除要求单井或群井开采试验应在枯水期进行外,抽水总量应等于或接近需水量。开采试验的时间要求:(1)开采试验下降漏斗的水位如能达到稳定,则稳定延续时间不宜少于一个月;(2)在枯水期,下降漏斗的水位如不能达到稳定,则抽水时间宜延续至下一个补给期地下水水位回升为止。

我国曾在援助柬埔寨建设工程中,为查明该工程所在地区岩溶地下水的允许开采量,在水文地质条件复杂,工作难度大的情况下,建设部综合勘察院同志们曾用上述类似方法作出了地下水资源评价,解决了工程建设的需要。

4 结束语

多年来的实践说明:

(1)在供水水源勘察工作中,当确切掌握了地下水补给量或排泄量,在查明含水体的分布和获得有关水文地质参数时,即可正确评价允许开采量,群井开采试验做与不做意义不大;

(2)在水文地质条件复杂,地下水补给量或排泄量难以查清,需借助群井开采试验评价水源地允许开采量时,该开采试验只能说明该开采量该时的采补状况,而不能证明开采量大于群井开采试验时采补是否仍能保持平衡,水位是否仍能保持稳定,因此用其外推是不可靠和不安全的。



(上接第50页)

验钻孔等工艺中应用,效果是好的,取得的经验是成功的。应该说此过滤管用于供水凿井做含水层的过滤管是行之有效的,建议有关部门在成井工艺中推广使用。

尤其是不锈钢质全焊式楔形网条过滤管,防腐性能好于其它材料的过滤管,可延

长使用寿命,保护水质不受污染,是开发矿泉水应用的最理想过滤管。

采用全焊式楔形网条过滤管做供水井的过滤管,关键问题是在选配滤料标号是否恰当,若选用滤料不当,会发生跑砂现象,应予以引起重视。