

合理选用二次供水

中国水协科技委 宋仁元

二次供水是当前给水工作者关心的重点问题之一。新建城市正在研究二次供水问题,现有二次供水的城市正在考虑二次供水的改造和改善。本文对合理选用二次供水的有关问题进行分析探讨。

习惯上所谓的二次供水主要指住宅小区和工业用户的加压系统,广义上讲也包括整个配水管网上的二次加压系统。

一、住宅小区二次供水的合理选用

实际上,我国大中城市均在程度不同地应用二次供水。高层建筑总是通过二次供水来供水的,很多城市在多层建筑或配水管网中也应用了二次供水。合理选用二次供水的实质是,在保证各层建筑均能供水的前提下,研究用什么二次供水方案、应用到什么程度,从全社会讲,配水系统(包括配水管网及小区供水系统)在技术经济上是最合理的或优化的。

二次供水厂合理选用,决定于供水区的建筑层次及比重,地面标高的变化,用水变化情况以及供水距离等因素,应因地制宜确定,不宜套用普遍适用的方案。本文提供对该问题的考虑方法,重点介绍对住宅小区二次供水方案的分析,另外再简单介绍配水系统中二次供水方案。

1. 二次供水的合理选用

我国一般城市中均有不同程度的高层建筑。对这类高层建筑的供水,原则上均用二次供水方案供水,尤其是楼层很高的情况下。

这里重点分析多层(6~7层)建筑的供水方案。目前多层建筑的供水方案主要有:

(1) 1~3层由管网直接供水,4~6层(或7层)由地下水池,加压泵及屋顶水箱供水。该方案表前需要的服务压力为16m。

(2) 1~6层(或7层)由管网直接供水。该方案表前服务压力需28m(或32m)。

(3) 1~3层由管网直接供水, 4~6层(或7层)由地下水池及调速加压泵供水。

2. 合理选用供水方案, 着重要分析:

(1) 总造价。即整个配水系统及小区内供水系统的造价。如果住宅为6层, 一方案1~3层由管网供水, 4~6层由屋顶水箱供水(晚上进水); 二方案均由管网供水。如高峰供水流量一方案为 q , 二方案则为 $2q$ 。一方案较二方案, 要增加地下水池、水泵及屋顶水箱等造价。但从水厂到屋顶水箱间, 沿线管道的沿线流量均减少 q , 因而降低沿线管道造价(管道造价大致与 $q^{0.7-0.8}$ 成正比)。水厂二级泵站的最高时流量也减少 q , 清水池调节容量池也相应减少, 这些因素又降低了水厂造价。这里可见, 屋顶水箱距水厂越远, 一方案造价降低越多。在不远的距离, 造价降低部分就超过增加部分。

(2) 总电耗。一方案需要服务压力 $>16\text{m}$, 二方案服务压力则 $>28\text{m}$ 。如暂不考虑高层与工业建筑, 一方案只要其中4~6层建筑的用水增加 12m 。当然总电耗明显降低, 其降低量大致决定于4~6层建筑面积和全部建筑面积之比。

(3) 水质的二次污染。总的讲, 屋顶水箱和蓄水池均增加二次污染的风险。如管理正常, 可以把风险降到可接受的程度, 否则水厂的清水池、配水管网中的蓄水池以及高层建筑供水时的水池、水箱如何处理呢?

1998年3,4月上海水质监测站采了100个水样。水箱及管网各50个, 结果如附表。

管网和水箱供水的水质变化

项 目		管 网 供 水	水 箱 供 水
大肠杆菌	平均值 (个/L)	<3	<3
	合格率 (%)	100	100
细菌	平均值 (个/L)	合格	合格
	合格率 (%)	100	100
余氯	平均值 (mg/L)	1.22	0.69
	合格率 (%)	100	99.5
浊度	平均值 (NTU)	0.85	0.95
	合格率 (%)	99.5	99.0
色度	平均值 (单位)	8.5	8.6
	合格率 (%)	98.0	99.0
铁	平均值 (mg/L)	0.05	0.06
	合格率 (%)	98.5	99.0
锰	平均值 (mg/L)	0.05	0.05
	合格率 (%)	96.5	97.5

注：每次取样是在一个楼中，同时取管网供水和水箱供水的水样。

上海的屋顶水箱的清洗管理基本正常，从上表看，水箱水除余氯有一定降低外（仍属合格），其余项目相差较少。如清洗和管理正常，水质能符合要求。

水厂供水经配水管网后，程度不同地增加浊度、色度、铁、锰等含量，余氯有所降低，细菌可能有变化。经过水箱，一般浊度可能增加，余氯有所下降，细菌可能变化。现在很多城市提出直饮要求，是否必须改造这类管网和水箱呢？其实，浊度、色度、铁、锰等项目，直饮和烧开吃，对人的影响是同样的。直饮的主要风险为微生物。饮水中微生物主要有三类：细菌、病毒和寄生虫。在氯消毒的情况下，细菌较易灭活，病毒则较难，对寄生虫则很难灭活。浊度一般把它列为感官性指标，在常规处理的情况下，降低出厂水浊度是去除寄生虫的关键性措施，故美国把它列为微生物学指标，要求出厂水浊度 $<0.3\text{NTU}$ ，日本则要求 0.1 度。细菌在管网中可能繁殖，而寄生虫和病毒是在宿主中繁殖，如患隐孢子虫病的人一天可排出 10^9 个卵囊，在管网和水箱中则不再繁殖。直饮的关键是在出厂水中控制好微生物，特别是寄生虫和病毒，在配水系统中不再进入受动物排泄物的污染物。另外在配水系统中要维持一定余氯，以控制细菌繁殖。因此对管网水，浊度仍属感官性要求，故日本要求出厂水浊度 <0.1 度，管网水要求为 <2 度。

保证水箱水质的关键是：每年要清洗 $1\sim 2$ 次；水箱上人孔要盖好，不让带粪便的污染物进入水箱；水箱中仍有一定余氯。香港的经验是人孔盖上设密封圈，盖后密封性好并可上锁。

(4) 关于漏水量。增设屋顶水箱与地下水池将增加漏损机率与相应的养护工作量。漏损量决定于设备质量与养维护条件。总分表的差额，不一定是水箱和水池的漏水，主要可能是总表计量偏快。屋顶水箱漏水一般能及时发现，它既有漏水声，从屋顶下来的下水管中也能发现清水。如要及时发现漏水，也可在溢流管上装漏水警报器。二方案可避免这类漏水，但供水服务压力将自 16m 提高到 28m 。如一方案的配水管网平均压力为 24m ，二方案则需增至 36m 。由于压力提高，同样漏水孔的漏水量将提高 20% 或以上。在漏损率较高的城市，后者的配水系统的漏水量将明显高于前者。

(5) 供水安全可靠。就 $4\sim 6$ 层而言，设置屋顶水箱及加压系统的，每年有一、二次清洗水箱时的计划停水，另外还有加压系统断电或检修断水。而不设置屋顶水箱及加压系统的，在服务压力低于要求时、爆管、计划检修、或供水系统断电时也会断水。那个方案断水机率更多，需因地制宜分析。一般认为增加配水系统的蓄水量是提高供水质量的重要指标之一。如日本自 1991 年至 2001 年，配水池容量在最高日的停留时间，自 9.1 小时提高到 10.6

小时。

有些小区为避免屋顶水箱的二次污染,采用地下水池-调速泵直接供水的方案。采用该供水方案值得分析能耗问题。我们要保证在居住区的顶层随时均能供水,用水量变化幅度是很大的,最低流量有一定时间可能是零,用水集中时的高峰分(如按高峰时就可能有若干分钟放不出水)则较大。调速泵在降低转速时,水泵最佳效率的扬程和封闭扬程均随转速比的平方比相应下降,为保证恒定的出水压力,必须使封闭扬程高于出水压力,即使在用水量很小的情况下,调速泵能降速的范围是很有限的。这样供水的千吨-兆帕电耗将是很高的。

以上提供了三种供水方式的主要优缺点及分析方法,各公司可根据各自条件进行调查、分析和计算,求得适宜的供水方案。

二、对住宅小区二次供水方案的改进

经过近三十年的实践和再认识,以下问题尚需加以研究改进。

1. 取消地下水池。地下水池基本上是有过无功。

(1) 地下水池较屋顶水箱容易受到水质污染。1994年8月日本Hiratsuka市有一所商务大楼的地下接收水池,由于地下水流入水池而发生了隐孢子虫水质事故,461人受感染。以后日本研究采用从配水管直接加压的方式。

(2) 把管网压力跌落到水池再加压,水泵扬程上增加了管网压力部分,流费了电能;

(3) 地下水池和屋顶水箱均有漏水的可能,但地下水池漏水因直接溢流到下水道,故较难发现;

(4) 地下水池基本上起不到调蓄作用。地下水池要起到调蓄作用要具备二个条件。进入水池的流量控制到低于加压水泵流量,又能充分发挥水池的调蓄作用的程度;水池需要一定的容量。为保证供水,一般进入水池的管道设备能力均能保证进水需要,又留有一定余地,而进水阀门则处于全开状态。在这种情况下,随着水池水位降低,浮球阀开启度增加,进水流量就增加到水泵的出水量。实际上,水池没有起到调蓄作用。由于管网压力变化和用水量变化,要实施上述控制也是比较复杂的。

根据以上分析,宜扬长避短,改进为降低水泵扬程,直接从进水管加压到屋顶水箱。

2. 进水宜定时。现有一方案供水方式,多数是低到一定水位启动加压泵。这样有可能在白天进水,甚至高峰供水时进水。要改为晚上定时进水(具体时间可按经济调度需要),水位到一定时高度时停泵,特殊情况,水位降到一定程度,仍启动加压泵。这样可以充分发挥屋顶水箱的调蓄作用。

3. 在采用地下水-调速泵加压方案的,宜把地下水池放到屋顶上。去掉水泵调速装置,使机泵始终运行在高效率区;降低水泵程扬(减去管网服务压力部分)以降低能耗;水箱水位低到一定程度开泵,高到一定水位停泵。

4. 在服务压力始终能满足多层供水的地区,设置水池-水泵-屋顶水箱没有意义和效益。如采用仅设屋顶水箱供水方案,定时启闭阀门使晚上进水箱,白天供4~6楼用水的方案。其造价分析如上介绍,是否有经济效益决定于水箱与水厂间的距离。

三、配水管网中的增压泵站和水库泵站

城市供水系统中,配水管网的投资占主要部份,特别在远距离引水的情况下,输配水系统所占的比重更大,配水管网和输水系统的优化是很值得注意的问题。管网优化首先是水力计算设计上的优化,同时还要注意管材选择、施工质量、养护管理等问题。从同济大学杨钦校长开始,我国高等院校、设计院和供水企业在管网优化理论研究和应用方面进行了大量工作,取得了可喜的成果。但从接触到的新建或扩建供水工程看,感到还是很需要进一步贯串管网优化的主导思想。

在配水管网优化设计中,建议要重视配水系统的二次供水,即合理使用为局部地区增压的增压泵站和利用晚上用水低谷时进水,白天高峰时出水的水库泵站。

如有一重力流水厂,其出水标高扣除服务压力后尚有20m可用于管网水头损失。随着发展供水距离从10km逐步发展到20km,甚至30km,相应平均允许水力坡降为自2%,逐步降到1%甚至0.7%。在平坦地区,如二级泵站出水扬程不变,随着供水距离延长,也发生同样情况。假如另外作个方案,使主要管道流速处于技术经济合理的范围的优化管网,随着供水距离的延长,可在重力流水厂设置二级泵站或在上述平原地区增加出水压力。比较其投资、运行费等一定时间的总费用,就会发现,超过一定供水距离,前者的配水系统是不经济的。如果再作一方案,在重力流水厂不增设二级泵站,或在平原水厂仍维持原二级泵站扬程,随着供水距离延长,采用把水压不足的局部地区用增压泵站加压的方案。在很多场合,这个配水系统又比后方案更为经济合理。

一般供水系统的设计,采用水厂均匀制水,用清水池的调蓄量来适应供水区的逐时用水变化,配水管网则按最高时设计。随着生活用水比重增加,工业用水比重减少以及屋顶水箱比重降低,需要的清水池调蓄容量将进一步增加。我们可设想,把一部分清水池的调蓄量和二级泵站能力放到配水管网中,利用用水低谷进水,在高峰时出水。这样,象前面讨论屋顶水箱的调蓄作用那样,从水厂到蓄水库间,管网高峰供水时沿线流量均可减少水库出水量 q 。

在平原地区,设置水库泵站存在水库进水时的能量跌落问题。如果作为方案与不设水库泵站方案进行比较,估计在一定的供水距离外设置水库泵站,在总费用上是经济的。

对增压泵站及水库泵站的合理选用,本文不再展开。建议对配水管网的设计计算要进一步重视优化工作,在优化中要注意增压泵站和水库泵站的合理选用。

