

# 关于污水泵站集水池容积的确定

金 学 易

(建工系给水排水教研室)

## 摘 要

本文论述污水泵站集水池容积的计算方法。对现行室外排水设计规范及设计手册中有关集水池的规定,本文指出了其适用范围,并作了必要的论证和补充说明。

集水池容积的确定是设计污水泵站的关键问题之一。由于集水池的容积大小与污水泵站的水泵抽水量密切相关,而污水处理厂结构物应按污水泵站的水泵最大抽水量计算<sup>(1)</sup>,因此集水池容积的大小不仅影响污水泵站本身的基建投资,而且对污水处理厂的造价及管理费都有影响。目前我国给水排水设计手册或规范对污水泵站的集水池容积都只笼统地提出:“一般采用不小于最大一台水泵的5分钟的出水量”,“如水泵机组为自动控制时,每小时开动水泵不超过6次”<sup>(1)(2)</sup>。笔者认为应该针对不同性质的污水泵站作出不同的规定,“集水池容积不小于最大一台水泵的5分钟出水量”只适合于区域泵站的情况,污水总泵站的集水池容积应按调节作用计算。本文拟对此进行必要的阐述与论证。

## 一、集水池的调节作用

如所周知,污水泵站按其在排水系统中的作用可分为区域泵站和总泵站。前者是由于地形限制,部分地区的污水不能自流入污水总干管,需将该区污水抽送到总干管而设置的泵站。后者则是将整个城镇的污水由污水总干管抽送到污水处理厂的结构物中。很显然,对区域泵站的集水池不必要也不应当起调节污水流量的作用。因为污水总干管总是按最大日最大时污水流量设计,所以只要求区域泵站中的水泵最大抽水量等于流入泵站的最大时流量即可。当来水流量较小时,水泵处于间歇工作状态。于是其集水池容积受每小时开动水泵的次数的控制。对生活污水总泵站的集水池,则应考虑在一定程度上调节来水在一日中各小时的不均匀性,使污水处理结构物能在较均匀的流量下工作。在这种情况下,集水池的容积虽然有所增大,但污水处理结构物的容积可以减小,对曝气池还可节省所需的空气量,从而节省运营费。因此,生活污水总泵站的集水池的大小,应经技术经济比较后确定。对工业污水的总泵站,有时另设调节池,以进行水量的调节和水质的均合。

## 二、按每小时开动水泵的次数决定集水池容积

前已说明,区域泵站水泵的最大抽水量 $Q_p$ 应等于最大时污水来水流量 $q_{m,x}$ 。由于区域

本文于1984年9月21日收到

泵站的集水池不起调节作用，因此其容积应尽可能小，以降低泵站造价。但应考虑到当夜间污水流量较小时，水泵为间歇工作，每次需待集水池中储满污水时（即水位达到池中最高水位时）才开动水泵，抽空时（水位达到池中最低水位时）立即停泵。如集水池容积太小，则水泵的运行时间过短，或每小时内水泵开动次数过于频繁，这对电动机和水泵的工作都不利。因此国外资料规定：“水泵每次运行时间不得小于2分钟”<sup>(3)</sup>。我国“室外排水设计规范”则规定：“水泵机组为自动控制时，每小时开动水泵不超过6次”。其实，对人工开动的水泵更应该严格限制开动次数，例如，每小时不超过3次。现按每小时开动水泵的次数，论证集水池的容积如下<sup>(4)</sup>。

设集水池的容积为 $V$ （米<sup>3</sup>），在短时间内可认为流入集水池的污水流量几乎不变为 $q$ （米<sup>3</sup>/小时）。污水充满集水池的时间为

$$t_1 = \frac{V}{q} \quad \text{小时}$$

当集水池充满时，管理人员即开动水泵，经过 $t_2$ 小时后，集水池中污水被抽空，水泵停动。在抽水过程中由于集水池水位发生变化，因此水泵的抽水量也发生变化。设水泵的平均抽水量为 $Q_1$ 。现先研究一台水泵工作的情况。

因 
$$t_2 = \frac{V}{Q_1 - q} \quad \text{小时}$$

所以，工作循环时间 
$$T = t_1 + t_2 = \frac{V}{q} + \frac{V}{Q_1 - q} \quad \text{小时}$$

如限定1小时内水泵开动次数不超过 $n$ 次，则 $T = \frac{1}{n}$ ，代入上式，得

$$V = \frac{q(Q_1 - q)}{nQ_1} \quad \text{米}^3 \quad (1)$$

上式中 $n, Q_1$ 可认为定值，而一天中各小时流入集水池的污水流量 $q$ 则是变量，于是 $V = f(q)$ 。现应求出 $V$ 的最大值。

令  $\frac{dV}{dq} = 0$ ，得  $q = \frac{Q_1}{2}$  而且  $\frac{d^2V}{dq^2} < 0$ ，代入(1)式得

$$V = \frac{Q_1^2}{4n} \quad \text{米}^3 \quad (2)$$

式中  $Q_1$ —一台水泵在集水池最高水位（扬程最小）与最低水位（扬程最大）之间工作的平均抽水量（米<sup>3</sup>/小时），

$n$ —限定1小时内水泵最多的开动次数。

对大型污水泵站，水泵的工作台数可能不只一台，当污水流量较大时可能是两台或三台水泵并联工作。在这种情况下，选用水泵时应使其并联工作的总抽水量 $Q_{2P}$ 等于流入集水池的最大时污水流量 $q_{max}$ 。当污水来水流量较小时，可开动一台水泵连续工作，而另一台水泵则为间歇工作。当流入集水池的污水流量更小时，则只开动一台水泵而且是间歇地工作。

设污水流量为 $q$ ，一台水泵单独工作时水泵的抽水量为 $Q_1$ ；两台水泵并联工作时总抽水

量为 $Q_2$ 。现论证当一台水泵连续工作另一台水泵间歇地参加并联工作时,为限定间歇工作的水泵的每小时开动次数 $n$ ,所需的集水池容积 $V$ 。

$$\text{污水充满集水池的时间 } t_1 = \frac{V}{q - Q_1} \quad \text{小时}$$

两台水泵并联工作,将集水池中污水抽空的时间为

$$t_2 = \frac{V}{Q_2 - q} \quad \text{小时}$$

$$\text{工作循环时间 } T = t_1 + t_2 = \frac{V}{q - Q_1} + \frac{V}{Q_2 - q} = \frac{1}{n}$$

$$\text{于是 } V = \frac{(q - Q_1)(Q_2 - q)}{n(Q_2 - Q_1)} \quad \text{米}^3 \quad (3)$$

上式中 $n$ 、 $Q_1$ 、 $Q_2$ 为定值, $q$ 为变量。

$$\text{令 } \frac{dV}{dq} = 0, \text{ 得 } q = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \text{ 而且 } \frac{d^2V}{dq^2} < 0, \text{ 代入(3)式得}$$

$$V = \frac{Q_2 - Q_1}{4n} \quad (4)$$

式中  $Q_1$ —一台水泵在集水池最高水位与最低水位之间工作的平均抽水量(米<sup>3</sup>/小时);

$Q_2$ —两台水泵在集水池最高水位与最低水位之间并联工作的平均抽水量

(米<sup>3</sup>/小时);

$n$ —间歇工作水泵的每小时最多的开动次数。

同理,如污水流量最大时泵站中有三台水泵并联工作,则当污水流量较小时,可开动两台水泵连续工作,另一台水泵为间歇工作,所需的集水池容积为

$$V = \frac{Q_3 - Q_2}{4n} \quad (5)$$

式中  $Q_3$ —三台水泵并联工作时的平均抽水量(米<sup>3</sup>/小时);

$Q_2$ —两台水泵并联工作时的平均抽水量(米<sup>3</sup>/小时)。

笔者认为在设计时应分别按式(2)、式(4)、式(5)计算;只一台水泵间歇工作时、两台水泵并联工作(其中一台连续工作,另一台间歇工作)、以及三台水泵并联工作(其中两台连续工作,一台间歇工作)等各种情况下所需的集水池容积。如一台间歇工作的水泵为型号最大的水泵,或各台水泵均为同型号的水泵,则必有

$$Q_2 - Q_1 < Q_1$$

$$\text{或 } Q_3 - Q_2 < Q_1$$

因为两台并联水泵的总抽水量一定小于一台同型水泵或大型水泵单独工作的抽水量的两倍。

于是按(2)式算得的集水池容积往往较按(4)式或按(5)式计算结果为大。

如限定每小时开动水泵的次数最多不超过 $n = 8$ 次,则由(2)式得

$$V = \frac{Q_1 (\text{米}^3/\text{小时})}{4 \times 8} = \frac{60 Q_1 (\text{米}^3/\text{分钟})}{12} = 5 Q_1$$

表1

污水流量与水泵抽水量(以日污水量的%计)

钟 点	流进集水池的污水量		水泵的抽水量		积存在集水池中的污水体积	
	在1小时内	累 计	在1小时内	累 计		
0~1	1.91	1.91	1.91	1.91	水泵间歇工作, 及时将集水池中污水抽空。	
1~2	1.74	3.65	1.74	3.65		
2~3	1.66	5.31	1.66	5.31		
3~4	1.73	7.04	1.73	7.04		
4~5	2.07	9.11	2.07	9.11		
5~6	3.94	13.05	3.94	13.05		
6~7	5.22	18.27	5.22	18.27		
7~8	5.63	23.90	5.60	23.87	0.03	
8~9	5.80	29.70	5.60	29.47	0.23	
9~10	5.86	35.56	5.60	35.07	0.49	
10~11	5.38	40.94	5.60	40.67	0.27	
11~12	4.93	45.87	5.20	45.87	及时抽空	
12~13	4.93	50.80	4.93	50.80		
13~14	4.85	55.65	4.85	55.65		
14~15	4.92	60.57	4.92	60.57		
15~16	5.23	65.80	5.23	65.80	及时抽空	
16~17	5.65	71.45	5.60	71.40		0.05
17~18	5.66	77.11	5.60	77.00		0.01
18~19	5.43	82.54	5.54	82.54	及时抽空	
19~20	4.93	87.47	4.93	87.47		
20~21	4.22	91.69	4.22	91.69		
21~22	3.28	94.97	3.28	94.97		
22~23	2.70	97.67	2.70	97.67		
23~24	2.33	100	2.33	100		

这与“规范”上的规定“集水池容积不小于最大一台水泵5分钟出水量”是一致的，看来这就是该规定的依据。有些书上提出：“集水池容积是根据工作水泵机组停车时启动备用机组所需时间来计算，一般可采用不小于泵站中最大一台水泵5分钟出水量的体积”<sup>(5)</sup>。这样提法易使人误解为5分钟是启动备用机组所需时间。其实，工作水泵发生事故停车时，不见得正好是集水池抽空的时刻，因此启动备用机组所需时间与集水池容积无直接关系。此外，式(2)、或式(4)、式(5)不适用于抽送来水流量均匀的工业污水的泵站。因为推导式(2)、式(4)、式(5)的前提是考虑污水来水流量 $q$ 为变量。如工业污水来水流量均匀，则水泵抽水量可选定等于污水流量，集水池容积可以更小，只要满足安装格栅和吸水管的要求即可。

### 三、按调节作用决定集水池的容积

当需要考虑污水总泵站的集水池起调节来水流量不均匀性的作用时，决定集水池容积的方法与给水工程上决定水塔容积的方法相类似。但要注意集水池的容积不能过大，以免泵站造价过大，而且如集水池容积过大，则污水在集水池中停留时间太长容易引起腐化发臭。因此总泵站的集水池只在一定程度上起调节作用，而不能使污水完全均匀地抽送到处理结构物中去。再者，在决定集水池的容积时仍然要考虑污水流量较小时，水泵的每小时抽水量应按处于间歇工作的情况计算。现举例说明如下。

〔例〕已知污水最大日流量为 $Q_{\text{日}} = 10800 \text{米}^3/\text{日}$ ，流量逐时变化情况如表1所示。现根据泵站的管路布置，要求水泵所需的扬程 $H = 11 + 0.00000965Q^2$ ，（ $Q$ 以 $\text{米}^3/\text{小时}$ 计），试决定水泵的抽水量与集水池的容积。

〔解〕计算时先根据进入集水池的污水流量确定水泵的最大抽水量 $Q_2 = 0.056 Q_{\text{日}} = 604.8 \text{米}^3/\text{小时}$ ，从而选用6PWL型水泵两台；当污水流量最大时，两台水泵并联工作。当污水流量较小时，至少为一台水泵间歇工作及时将集水池中污水抽空。然后根据污水的来水流量及水泵抽水量的累计差数计算集水池容积，如上表所示。由此确定的集水池容积为 $V = 0.0049Q_{\text{日}} = 52.9 \text{米}^3$ 。经计算表明：如选定 $Q_2 = 0.052Q_{\text{日}} = 561.6 \text{米}^3/\text{小时}$ ，则水泵可均衡抽水15小时，但集水池容积增大到204 $\text{米}^3$ 。至于采用那一方案为宜，应经技术经济比较确定。

### 四、结 论

综上所述，可得出如下几点结论，供设计时参考：

1. 污水泵站的集水池对污水流量应否起调节作用，视泵站的性质而定。区域泵站的集水池一般不起调节作用，生活污水总泵站则应考虑调节作用，以利污水处理结构物较均衡地工作。

2. 无论水泵是自动控制还是人工开动，不起调节作用的集水池的容积都应当根据每小时水泵的开动次数来确定。

3.集水池容积等于最大一台水泵的5分钟出水量,实际上意味着限定每小时开动水泵的次数最多不超过3次。

4.总泵站的集水池的容积应根据水泵的抽水量确定,而水泵的最大抽水量是设计污水处理结构物的依据。因此,水泵的抽水量以及与其密切关联的集水池容积大小,应经技术经济比较确定。

#### 参 考 文 献

- [1]室外排水设计规范TJ14—74
- [2]给水排水设计手册 第6册,中国建筑工业出版社,1976.
- [3]E.W.Steel, Terence J.McGhee; Water supply and sewerage, 1979.
- [4]Н.Г.малищевский; Водопроводные и канализационные Насосы и насосные станции.1961.
- [5]姜乃昌、陈锦章:水泵及水泵站、中国建筑出版社,1980.