

净(配)水厂清水池低水位设计及自控关系探讨

张玉龙, 吴永志, 刘 亮, 陈 伟, 王筱菊, 任向锋, 姜思华
(北京市水利规划设计研究院, 北京 100048)

摘 要: 净(配)水厂清水池低水位设计对消毒接触时间、消防贮水量均有影响,同时也是二级泵站水泵启停的限制条件。根据清水池水位变化情况,认为《室外给水设计规范》(GB 50013—2006)第 7.5.1 条有效容积满足消毒接触时间的规定不够严谨,满足消毒接触时间的容积应为清水池最低运行水位以下部分容积。清水池最低运行水位应取消毒水深和消防水深两者中的较大值。合理的自控关系设计是水厂正常运行的重要保障,最低运行水位是否作为停泵水位与水泵在管网系统中的功能有关,配水泵兼作消防泵时,最低运行水位不得停泵。设计应保证在最不利条件下发生火灾时,能够将消防用水及时输送至事故现场。

关键词: 有效容积; 最低运行水位; 有效消毒时间 t_{10} ; 二级泵站; 自控

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)04-0067-04

Discussion on Low Water Level Design and Automatic Control System in Clean Water Tank in Water Purification Plants

ZHANG Yu-long, WU Yong-zhi, LIU Liang, CHEN Wei, WANG Xiao-ju,
REN Xiang-feng, JIANG Si-hua
(Beijing Institute of Water, Beijing 100048, China)

Abstract: Low water level design of clean water tank in water purification plants has influence on disinfection contact time and fire water storage capacity, which is also the limit condition for pump start and stop in secondary pumping station. According to the variation of water level in the clean water tank, it was considered that the effective volume in provisions of section 7.5.1 in *Code for Design of Outdoor Water Supply Engineering* (GB 50013 - 2006) was not strict enough to meet the disinfection contact time. The volume meeting the disinfection contact time should be the part of the volume below the minimum operating water level of the clean water tank. The lowest water level of clean water tank should be the larger value of disinfection water depth and fire water depth. Reasonable automatic control system was an important guarantee for the normal operation of water purification plants. Whether the lowest operating water level was taken as that for pump shutdown was related to the function of the pump in the pipeline system. When the distribution pump was used as fire water pump, the pump should not be stopped at the lowest operating water level. The design scheme should ensure that fire protection water could be transported to the accident place in time when fire occurs under the most unfavorable conditions.

Key words: effective volume; minimum operating water level; effective disinfection time t_{10} ; secondary pumping station; automatic control

在净(配)水厂系统中,清水池主要用于调节产水量与用水量之间的差值,对供水进行消毒,保证居

民用水安全,同时满足市政消防用水要求。《室外给水设计规范》(GB 50013—2006)第7.5.1条规定,“净水厂清水池的有效容积,应根据产水曲线、送水曲线、自用水量及消防储备水量等确定,并满足消毒接触时间的要求”,但按照《给水排水设计手册3—城镇给水》对消毒方面的要求,“清水池尚需复核必要的消毒接触容量,复核时可利用消防贮量和安全储量”。若按总容积算,有效容积取最高日设计水量的10%~20%,对应水力停留时间为2.4~4.8 h,一般均满足消毒时间要求,但清水池内水位随用水量不断变化,并非一直在高液位运行,因此笔者认为规范第7.5.1条不甚严密,满足消毒接触时间的水量应按清水池最低运行水位对应容积计算,而非有效容积。

另外,在大多数水厂设计中,清水池最低运行水位为一经验值,一般取0.5 m,该水位一般认为是消防水位,也作为二级泵站的设计停泵水位。但规范对此并无相关条文说明,设计人员在设计时也存在困惑,该水位所对应水量是仅作为消防水量,还是作为满足最短消毒接触时间的消毒水量?对于不同设计有效容积、不同水深的水厂,该水位是否均满足要求?到达最低运行水位时,二级泵站水泵停泵是否合理?这些问题均值得进一步探究和明确。笔者以供水量为 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的延庆某配水厂和供水量为 $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的丰台某净水厂清水池设计为例,对净(配)水厂清水池相关问题进行分析阐述。

1 消防用水

随着城市化进程的加快,城镇消防在保障人民生命财产方面,起着越来越重要的作用,而水厂清水池中的消防水量,不仅作为水厂厂区消防水源,同时也是城镇消防系统在关键时刻发挥有效作用的重要保障。

城镇消防系统主要包括市政消防系统和建(构)筑物室外(内)消防系统等,净(配)水厂清水池消防水量主要考虑满足市政消防用水要求。

1.1 计算方法

市政消防给水设计水量,应按同一时间内的火灾起数、一起火灾灭火流量和消防历时确定。同一时间内的火灾起数和一起火灾灭火流量可参考《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB 50974—2014)中表3.2.2确定,消防历时一般取2~3 h。

根据相关资料,延庆 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 配水厂服务

人口为11.4万人,丰台 $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 净水厂服务人口为12.6万人,设计消防历时均取2 h,根据《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB 50974—2014)中表3.2.2规定,两座水厂同一时间内的火灾起数均为2起,一起火灾灭火设计流量均为45 L/s。经计算,两座水厂的最大消防用水量均为648 m^3 。

1.2 工程设计

表1为两座水厂消防水量的设计参数,由于场地面积、工艺流程、地下水位等因素限制,两座水厂的有效容积百分比、设计总水深各不相同。两座水厂计算的消防水深分别为0.57 m和0.45 m,即在清水池一般设计中,池底0.5 m水位所对应水量并非满足所有水厂消防用水要求。在清水池设计中,消防水量应根据实际情况计算求得,在设计规模和消防水量相同的条件下,设计有效容积百分比越高,总水深越浅,计算消防水深越小。

表1 消防设计参数

Tab. 1 Fire fighting design parameters

项目	设计规模/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	有效容积百分比/%	设计总水深/m	清水池表面积/ m^2	消防水量/ m^3	计算消防水深/ m
延庆配水厂	40 000	12	4.2	1 142	648	0.57
丰台净水厂	60 000	15	6.2	1 451	648	0.45

2 消毒用水

2.1 计算方法

清水池的另一重要作用就是对供水进行消毒,灭活水体中的病原微生物,满足消毒时间要求,满足生活饮用水卫生标准。清水池消毒时间可分为水力停留时间 T 和有效消毒时间 t_{10} , t_{10} 即保证90%的消毒剂能达到水力停留时间 $T^{[1-3]}$,在清水池消毒时间设计中应按 t_{10} 进行计算,以NaClO为消毒剂,则 $t_{10} \geq 30 \text{ min}^{[4]}$ 。相关研究表明^[3],清水池长宽比越大, t_{10}/T 值越高,当 $L/W > 50$ 时, $t_{10}/T > 0.8$ 。为便于计算,当清水池长宽比大于50,有效消毒时间按 $t_{10} = 0.8T$ 计算,以NaClO为消毒剂,对应水力停留时间 $T \geq 37.5 \text{ min}$ 。

2.2 工程设计

两座水厂消毒设计参数如表2所示。由表2中的数据可见,为满足消毒时间,清水池最低消毒水量分别为1 042 m^3 和1 563 m^3 ,对应消毒水深分别为0.91 m和1.08 m,两者均大于0.5 m,且均高于消

防水深。

表2 消毒设计参数

Tab.2 Disinfection design parameters

项目	设计规模/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	消毒剂	长宽比 (L/W)	消毒水力停留 时间/ min	计算 消毒 水量/ m^3	计算 消毒 水深/ m
延庆配水厂	40 000	NaClO	73 (>50)	37.5	1 042	0.91
丰台净水厂	60 000	NaClO	56 (>50)	37.5	1 563	1.08

综上所述,在清水池设计中,低水位的计算应当有两个,分别为消防水深和消毒水深,同时满足消毒和消防的水位才可作为水厂的最低运行水位。另外,在大中型水厂的设计中,清水池的消防水量一般均小于消毒水量,因此在清水池容积关系中,有效容积=调节容积(含厂区自用水)+消毒容积,消毒容积=消防容积+安全储量,此时安全储量可理解为消毒水量与消防水量之差,对应安全储量的液位才应当是清水池一般设计中的“死水位”,相互关系如图1所示。

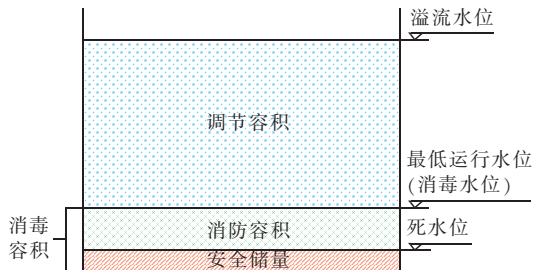


图1 容积与水位的关系

Fig.1 Relationship between volume and water level

3 与二级泵站联动控制

清水池的最低运行水位是二级泵站设计和运行的关键参数,合理的水位设计对泵房埋深、工程造价等均有重要影响。

常规泵站设计中,一般将清水池最低运行水位作为二级泵站的停泵水位,但并非所有水厂水泵都应在该水位停止工作,水泵停止与否,还与其在管网系统中的功能有关。若二级泵站水泵仅作为配水泵,且单独设置消防泵,为保证消防水量在正常条件下不被利用,最低运行水位应作为配水泵的停泵水位,若二级泵站水泵既作为配水泵,又作为消防泵,则该水位不应作为水泵的停泵水位,否则最低运行水位以下容积永远得不到利用。另外在实际工程中,部分水厂二级泵站的液位及自控系统设置与清

水池脱节,导致出现清水池最低运行水位不能保证、消防水量不能及时供入市政管网等情况,因此有必要探讨清水池及二级泵站自控联动设计。

3.1 水位关系

二级泵站吸水井液位与清水池水位息息相关。设清水池溢流水位为 h_1 (相对高程),最低运行水位为 h_2 ,死水位为 h_3 ,清水池至二级泵站吸水井的水头损失为 Δh ,设吸水井液位 $h_4 = h_1 - \Delta h$, $h_5 = h_2 - \Delta h$, $h_6 = h_3 - \Delta h$,这样二级泵站吸水井液位就和清水池水位建立了联系,见图2。

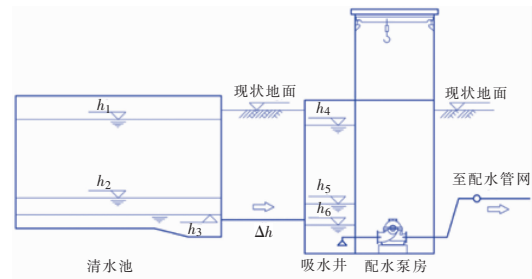


图2 水位关系

Fig.2 Schematic diagram of water level

3.2 工程设计

清水池设置不同水位后,与二级泵站联合向市政管网供水时,应考虑三种运行工况:①清水池发生溢流时,自控系统能够将信号传输至一级泵站,减小向水厂的供水量;②正常运行时,采取必要措施,保证消毒容积水量不被利用;③在最不利条件下(至最低运行水位)发生火灾时,能够将水及时输送至事故现场。

工况①:当清水池开始发生溢流时,表明市政用水量小于水厂产水量,清水池水位到达 h_1 ,对应吸水井水位 h_4 ,为避免水资源浪费,此时二级泵站自控系统应将信号反馈至中控室,由中控室向一级泵站发出指令,通过调整一级泵站水泵运行工况,减小向水厂供水量。

工况②:当清水池水位在正常工作条件下到达 h_2 时,对应吸水井水位 h_5 ,表明市政用水量大于水厂产水量,为保证消毒接触时间及消防水量,此时二级泵站自控系统应发出报警信号,反馈至中控室,由中控室向一级泵站发出指令,调整水泵运行工况,增大向水厂供水量,如图3所示。

工况③:由于在最不利条件下(至最低运行水位)发生火灾是小概率事件,从水厂节能运行方面

考虑,本次设计认为发生火灾时,清水池水位可短暂降至最低运行水位以下,此时应保证能够将消防用水全部打入市政管网。对于大中型供水厂而言,消防泵流量相比于二级泵站水泵小很多,单独采用消防泵供水,管网压力难以满足要求,因此一般不单独设置消防泵,而是采用配水泵代替消防泵,此时二级泵站水泵的停泵水位应低于 h_6 ,即吸水井水位到达 h_6 之前,配水泵仍能够向管网供水。

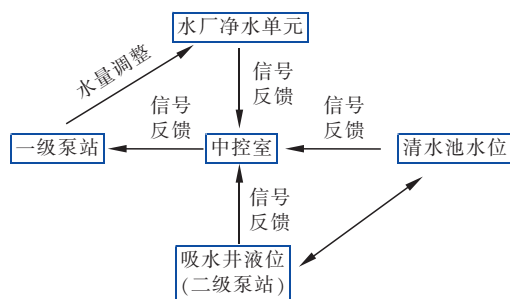


图3 水厂逻辑系统

Fig. 3 Logical system diagram of water purification plant

合理的自控关系设计是水厂各处理单元正常运行的重要保证,设计过程中应明确各单体之间的相互逻辑关系及各自限定条件,在保证功能的基础上,还应尽可能简捷。

4 结论

在大多数水厂设计中,清水池的水位设计常常不被重视,为此,针对清水池低水位设计中存在的疑惑进行分析和阐述,从理论上明确相互关系,并对自控关系设计提出相关要求。主要结论如下:

① 清水池设计中,满足消毒接触时间的容积应为最低运行水位以下部分容积,而不是清水池有效容积;

② 清水池低水位设计应当有两个,消防水深和消毒水深都应计算求得,最低运行水位应取两者中的较大值,正常运行条件下,该部分水量应长期稳定不变;

③ 清水池到达最低运行水位是否停泵,与水泵在管网系统中的功能有关,配水泵兼作消防泵时,最低运行水位不得停泵。清水池水位自控系统设计应与二级泵站相结合。

参考文献:

- [1] 安呈泰,刘衍波,万吉昌,等. 基于示踪试验的清水池水力效率影响因素研究[J]. 中国给水排水,2015,31(15):49-53.
An Chengtai, Liu Yanbo, Wan Jichang, *et al.* Study on influencing factors for hydraulic efficiency of clean water tank based on tracer experiments [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(15): 49-53 (in Chinese).
- [2] 柳清,刘文君,高京伟,等. 中试清水池水力条件对氯消毒效率的影响[J]. 环境科学,2009,30(9):2550-2554.
Liu Qing, Liu Wenjun, Gao Jingwei, *et al.* Impacts of the hydraulic characteristics of pilot clearwell on chlorine disinfection efficiency [J]. Environmental Science, 2009, 30(9): 2550-2554 (in Chinese).
- [3] 刘文君,张金松,刘丽君,等. 清水池设计改进原理和应用[J]. 给水排水,2004,30(5):10-12.
Liu Wenjun, Zhang Jinsong, Liu Lijun, *et al.* The improvement principle and application for the design of clean water tank [J]. Water & Wastewater Engineering, 2004, 30(5): 10-12 (in Chinese).
- [4] GB 5749—2006,生活饮用水卫生标准[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
GB 5749 - 2006, Standards for Drinking Water Quality [S]. Beijing: Standards Press of China, 2007 (in Chinese).



作者简介:张玉龙(1988-),男,河北石家庄人,硕士,工程师,主要从事给排水工程设计工作。

E-mail: 947020917@qq.com

收稿日期:2018-10-19