

基于海绵城市地块内雨水泵站改扩建的设计探讨

靖丹枫, 胡 邦, 耿 震, 蒋岚岚

(无锡市政设计研究院有限公司, 江苏 无锡 214072)

摘 要:在新的暴雨强度公式下现状雨水泵站无法满足现行排涝标准下防洪要求,需要对泵站的规模进行重新核算。在雨水泵站前端内河设置下凹式绿地等海绵城市措施,将大幅度增加地块的调蓄能力,从而削减排涝模数,降低泵站的设计规模,降低改扩建成本。二埠泵站原设计规模为 $8 \text{ m}^3/\text{s}$,根据南京市新的暴雨强度公式,该泵站规模应达到 $16 \text{ m}^3/\text{s}$,由于安江河周边设置了下凹式绿地,增加了其蓄水量,使得排涝模数降低,经过计算泵站改扩建规模为 $10 \text{ m}^3/\text{s}$,在现状土建不变的情况下更换其中两台轴流泵实现泵站排涝能力的提升。

关键词:暴雨强度;海绵城市;排涝模数

中图分类号: TU992.25

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)09-0125-03

0 引言

2014年南京市对暴雨强度公式进行了修订,排涝标准有所提高,城区内原有的雨水泵站无法满足现行排涝标准下的防洪要求。而雨水泵站前端内河设置下凹式绿地等海绵城市措施可以提高地块的调蓄能力,对排涝模数的削减有着很好的效果^[1]。在新的暴雨强度公式和充分考虑海绵城市地块的调蓄作用的情况下需重新对城区内的雨水泵站进行校核。本文选取南京市秦淮区二埠泵站改建工程为例,详细探讨两种情况共同作用之下雨水泵站的改扩建设计,以期对类似工程设计起到借鉴作用。

1 工程概况及问题分析

二埠泵站位于运粮河北岸,安江河南端,泵站原设计规模 $8 \text{ m}^3/\text{s}$,汇水范围为京沪线、运粮河、银龙路及星海路围合的区域,服务面积约 204.2 hm^2 。

二埠泵站是按照旧的南京市暴雨强度公式设计的规模,泵池内共设有4台排水潜水轴流泵。型号为900ZQB-70(叶片安装角度为 0°),流量范围为 $1\ 808 \sim 2\ 290 \text{ L/s}$,扬程范围为 $6.41 \sim 3.00 \text{ m}$,设备安装功率为 160 kW 。

二埠泵站的服务范围较大,随着城中建设的发展,地面硬质化强度较高,地表径流系数增大,使洪峰模数增加^[2],汛期一到,河道水位高涨,二埠泵站作为该区域的唯一机械排涝设施,若排水能力不足,

不能充分发挥泵站排涝作用,易造成范围内严重内涝,因此该次改扩建工程基于新的暴雨强度公式和径流系数进行规模计算。而在排涝河流两侧设置下凹式绿地等海绵城市措施,可以增加内河水面率,增加其调蓄能力,从而降低其排涝模式^[3],从而降低雨水泵站的改扩建规模,使其既能满足城市排涝的要求,又能充分发挥海绵作用,实现经济效益和生态效益的统一。

2 工程规模核算

2.1 暴雨强度计算

采用最新的南京市最新发布的暴雨强度公式计算:

$$q = \frac{10\ 716.700(1+0.837 \lg P)}{(t+32.900)^{1.011}} \quad (1)$$

式中: P 为重现期,a; t 为降雨历时,min, $t=t_1+t_2$; t_1 为地面集水时间,min; t_2 为管渠内雨水流行时间,min。

$$Q = \psi \times F \times q \quad (2)$$

式中: Q 为设计流量, L/s ; ψ 为综合径流系数; F 为汇水面积, hm^2 。根据现状资料,二埠泵站属于河道-泵站机排方式,汇水面积为 204.2 hm^2 ,排涝设计重现期取 20 a ,综合径流系数为 0.67 ,降雨历时 60 min ,计算排水流量为 $16.00 \text{ m}^3/\text{s}$ 。现状轴流泵、集水池、出水渠道等均按照 $8.00 \text{ m}^3/\text{s}$ 进行设计,若改造为 $16.00 \text{ m}^3/\text{s}$,将要对泵站的土建和设备均进行改建,成本较高,本方案将安江河周边设置下凹式绿地,增加了其蓄水量,使得排涝模数降低,降低其扩建规模。

2.2 城区排涝模数核算

二埠泵站前有安江河,按规划在安江河周边蓝线

收稿日期:2021-11-24

作者简介:靖丹枫(1986—),男,硕士,高级工程师,从事给排水及环境工程设计工作。

与绿线范围内设置下凹式绿地等海绵城市设施,可以大大增加地块的调蓄量,属于河道-泵站机排方式的泵站,安江河平均调蓄水水面面积为 0.032 km^2 ,调蓄量为 800 mm ,安江河周边下凹式绿地面积为 0.18 km^2 ,如图1所示,调蓄量为 250 mm ,排涝模数按下式计算:

$$M = 16.67 \cdot (\Psi \cdot X - (a/A) \cdot H) / T \quad (3)$$

式中: M 为排涝模数, $\text{m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{s}$; Ψ 为径流系数; X 为设计雨量, mm ; a 为调蓄水位平均水面面积, km^2 ; A 为片区面积, km^2 ; H 为调蓄量, mm ; T 为设计排涝历时, min 。

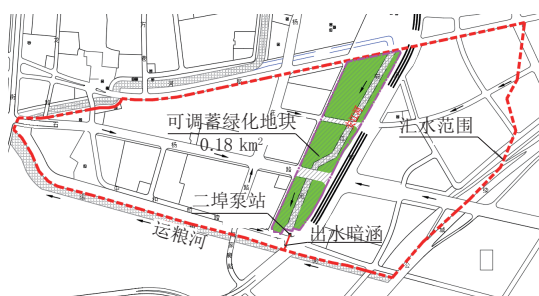


图1 下凹式绿地示意图

排涝历时 60 min , 得 $M=4.15 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{s}$, 二埠泵站汇水面积 2.204 km^2 , 计算得出二埠泵站排水量为 $9.34 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

原二埠泵站的设计规模为 $8 \text{ m}^3/\text{s}$, 不能满足需求, 需要增加 $2 \text{ m}^3/\text{s}$ 的排水规模, 则改建后二埠泵站总排水能力达到 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

3 工艺设计

改建工程更换其中2台潜水轴流泵, 流量由 $2 \text{ m}^3/\text{s}$ 提高到 $3 \text{ m}^3/\text{s}$, 扬程为 5.5 m , 另外两台参数保持不变。

主要设备参数:

(1)潜水轴流泵 1:2 台;

性能参数:

流量: $Q=2\ 700\sim3\ 180 \text{ L/s}$;

扬程: $H=7.25\sim4.50 \text{ m}$;

功率: $N=250 \text{ kW}$;

安装角度: 0° , 更换。

(1)潜水轴流泵 2:2 台;

性能参数:

流量: $Q=1\ 808\sim2\ 292 \text{ L/s}$;

扬程: $H=6.41\sim3.33 \text{ m}$;

功率: $N=160 \text{ kW}$;

安装角度: 2° , 现状。

4 泵站能力核算

由于排涝标准的提高以及原二埠泵站排水能力相对不足, 使得汛期时二埠泵站不能满足排涝要求, 因此需要对其中2台水泵进行更换, 提高泵的流量及扬程。改造后对泵站的能力进行核算, 详如如下。

4.1 集水池核算

二埠泵站集水池长度为 14.9 m , 宽度为 21 m , 有效水深为 1.5 m , 有效容积为 470 m^3 。改建工程后的轴流泵单台最大排水能力为 $3 \text{ m}^3/\text{s}$, 按照《室外排水设计规范》(GB 50014—2006)(2016年版)要求, “雨水泵站集水池的容积, 不应小于最大一台水泵 30 s 的出水量”, 则该工程最大水泵 30 s 的排水量为 60.0 m^3 , 因此, 集水池容积满足泵站运行要求。

(2) 泵站进水渠道

二埠泵站格栅宽度为 4.0 m , 数量为4台, 栅前水深为 2.5 m , 过栅流速按 0.8 m/s 计, 过栅流量折减系数按 0.8 考虑, 格栅的过流能力为 $25.6 \text{ m}^3/\text{s}$, 完全可以满足泵站的运行要求。

4.2 泵站出水渠道

二埠泵站改建后四台泵的总流量为 $10 \text{ m}^3/\text{s}$, 出水箱涵尺寸为 $3.00 \text{ m} \times 1.60 \text{ m}$, 流速为 2.08 m/s , 可以满足出水流速要求。

4.3 换泵后扬程计算

轴流泵扬程主要包括以下四个方面:

(1) 静水头

安江河内最低水位 6.00 m , 二埠泵站集水池最低水位为 5.80 m , 运粮河平均历史最高水位为 8.93 m , 则静水头为 3.13 m 。

(2) 泵站内水损

泵站出水管为 $\text{DN}1400$, 流速为 1.95 m/s , $1\ 000i$ 为 2.62 , 出水管长度为 10 m , 则沿程损失为 0.03 m ; 局部水损包括蝶阀、进出水口、渐扩管、放气阀、及三通, 经核算局部水头损失为 0.83 m 。

泵站内水损为 0.86 m 。

(3) 出水箱涵水损

箱涵尺寸为 $3.00 \text{ m} \times 1.60 \text{ m}$, 流速为 2.08 m/s , $1\ 000i$ 为 2.4 , 出水箱涵总长度为 93.10 m , 则沿程损失为 0.22 m ; 局部损失包括进出水口、弯管、放气阀及出水闸门, 经核算局部水头损失为 0.77 m 。

出水箱涵水损为 0.99 m 。

(4) 自由水头按 0.5 m 。

则总的扬程为 5.50 m 。

4.4 100 a 一遇水位校核

运粮河 100 a 一遇洪水位为 11.53 m, 此时安江河的最高水位为 7.50 m, 静水头为 4.73 m, 需要扬程为 6.40 m, 此时潜水轴流泵 1 的流量为 2 850 L/s, 如图 2 所示, 潜水轴流泵 2 的流量为 1 850 L/s, 如图 3 所示, 均为泵的效率曲线范围内。此时, 四台泵流量为 $9.40 \text{ m}^3/\text{s} > 9.34 \text{ m}^3/\text{s}$, 因此泵站可以满足排涝要求。

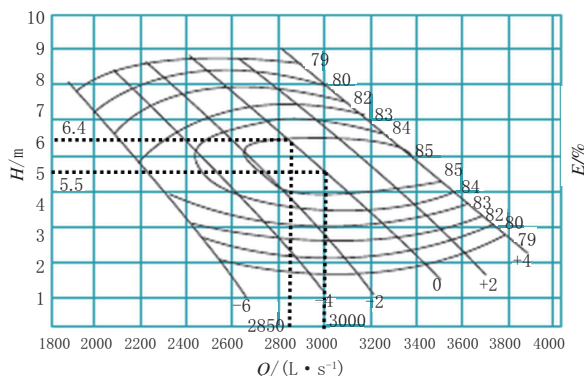


图 2 潜水轴流泵 1 性能曲线图

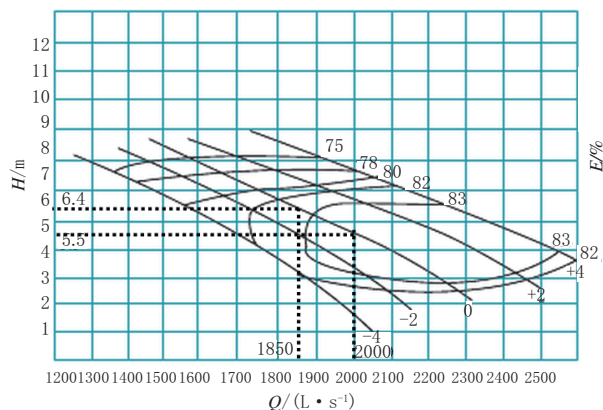


图 3 潜水轴流泵 2 性能曲线图

围内的排水量将大幅度增加, 因此需要对雨水泵站进行扩容。

(2) 内河周边设置下凹式绿地等海绵城市措施可以极大提高地块调蓄水量, 降低排涝模数, 使得改建雨水泵站的规模既可以满足城市排涝要求, 又能充分发挥海绵城市作用, 降低改扩建规模。

5 结 论

结合二埠泵站改扩建工程, 就新的暴雨强度公式及海绵城市作用下雨水泵站的工艺设计进行探讨, 得出以下结论:

(1) 新的暴雨强度公式下, 雨水泵站服务地块范

参考文献:

- [1] 彭秋伟, 罗强, 王修贵. 低影响开发措施的建设对城镇排涝模数的影响研究[J]. 中国农村水力水电, 2016(5): 3-5.
- [2] 焦圆圆, 徐向阳, 徐红娟. 城市化圩区排涝模数与主要影响因素间的关系分析[J]. 中国给水排水, 2008(4): 40-43.
- [3] 郑雄伟, 周芬, 侯云青, 等. 镇圩区排涝模数与合理水面率研究[J]. 水力水电技术, 2012, 43(9): 90-94.

(上接第 124 页)



图 9 跌水汀步生态风貌建设效果

5 结 语

本案例将系统化的建设思路很好地融入到海绵城市建设实践中。统筹考虑了海绵功能、景观需求、示范功能及互动体验等内容, 进行系统化统筹设计。在满足海绵城市建设指标的同时, 达到了多项综合性效益的提升, 并为后期运营中建设效果的长期保持提供了系统化的保障。

参考文献:

- [1] 俞孔坚, 李迪华. “海绵城市”理论与实践[J]. 城市规划, 2015(6): 26-36.