

设计经验

合肥万达室内水乐园漂流河给排水设计

周雪松, 张 瑾, 张峰华

(华东建筑设计研究院有限公司 华东都市建筑设计研究总院, 上海 200070)

摘 要: 合肥万达水乐园建筑面积约为 $3.2 \times 10^4 \text{ m}^2$, 是全球首个第四代室内水乐园, 也是世界上最大的室内水乐园。水乐园设置的悬空双层漂流河, 为世界首创, 设计为下部 350 m 环形漂流河和上部 115 m 线形漂流河。线形漂流河的水力特性与环形漂流河相差很大, 如果将环形漂流河的水循环设计套用到线形漂流河, 会出现一些意想不到的现象, 如推流口处漂流筏停滞的情况。在设计中, 采用了 ANSYS 分析软件模拟河道计算, 调整河水深度, 修改循环流量、给水推流口的位置和入射角度, 达到水流均匀。上部漂流河投入运营后, 涡流对漂流筏的影响有限, 达到了设计预期效果。

关键词: 水乐园; 漂流河; 环形漂流河; 线形漂流河

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)02-0044-05

Water Supply and Drainage Design of the Rafting River in Hefei Wanda Water Park

ZHOU Xue-song, ZHANG Jin, ZHANG Feng-hua

(East China Urban Architectural Design & Research Institute, East China Architectural Design & Research Institute Co. Ltd., Shanghai 200070, China)

Abstract: Hefei Wanda Water Park, with building area of 3.2×10^4 square meters, is the first fourth-generation indoor water park and the largest indoor water park in the world. The suspended double-layer rafting river set by the water park is the first creation in the world. The lower ring-shaped rafting river is 350 meters long and the upper linear river is about 115 meters. It was found that the hydraulic characteristics of the linear river were quite different from those of the ring-shaped river. If the design of the water circulation of the ring-shaped river was applied to the linear river, some unexpected phenomena would occur, such as the stagnation of the rafting raft at the push port. In the design, it was used ANSYS to simulate the river calculation, adjusted the depth of the river, modified the circulation flow amount, the position of the pushing flow inlet and the incidence angle, to achieve uniform flow. After the upper river was put into operation, the influence of vortex on the rafts was limited, and the desired design effect was achieved.

Key words: water park; rafting river; ring-shaped rafting river; linear rafting rivers

1 工程概况

合肥万达水乐园位于合肥滨江区, 是全球首个第四代室内水乐园, 也是目前世界上最大的室内水

乐园(见图1、2)。

水乐园内设置了悬空双层漂流河: 下部漂流河为环形漂流河, 长为 350 m, 宽为 4.5 m, 水深为 0.9

m;上部漂流河为线形漂流河,长约为115 m,宽为4.5 m,水深为0.6 m。上部漂流河皮筏由提升机从下部漂流河提升到上部漂流河,再经末端下滑道滑落到下部漂流河(见图3、4)。



图1 合肥万达水乐园鸟瞰图

Fig.1 Aerial view of Hefei Wanda Water Park



图2 万达水乐园室内效果图

Fig.2 Indoor rendering of Wanda Water Park

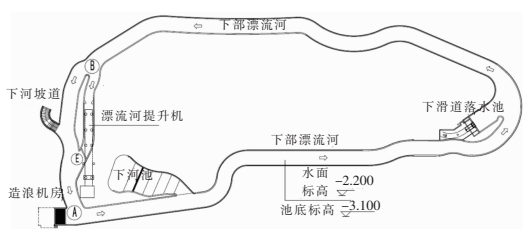


图3 下部漂流河河道平面

Fig.3 Plan of the lower rafting river channel



图4 上部漂流河河道平面

Fig.4 Plan of the upper rafting river channel

2 漂流河设计

合肥万达水乐园漂流河概念设计由美国 WTI 公司完成,扩初及施工图设计由国内设计院完成。万达漂流河设计主要包括河道、提升机、游乐设施、造浪机房和水循环系统等设计,其中水循环系统设

计包括功能性循环给水系统(下称水动力)设计和循环净化水系统(下称水处理)设计。河道设计是漂流河设计中至关重要的一环,施工及调试过程中出现的一些问题,很多与河道有关。

3 河道设计

河道设计是漂流河设计的基础,与水循环系统设计息息相关。河道的宽度和深度决定了河道推流循环流量;河道的形状决定了推流给水口的位置和数量。河道设计需要游乐设施、结构、给排水、电气和暖通等专业密切配合完成。

3.1 河道设计相关的问题

目前国内河道设计专业人员比较缺乏。外方游乐设施及河道设计人员缺乏水力学的专业知识,偏重于功能而忽略河道水力因素;国内建筑设计院给排水人员只能按外方设计的河道进行水循环系统设计,双方在河道水力验算上没有衔接,很容易出现一些问题。室内漂流河尤其如此,河道形状受限于场地条件,常出现 90° 左右的弯角,不利于漂流筏前进。万达漂流河在施工及调试过程中,出现了以下问题。

① 漂流筏停滞

下部漂流河的 A 点设有造浪机房,河道夹角为 96.5° ,河道基本垂直。漂流筏在 A 处因造浪停止并聚集;上部漂流河的 D 点,皮筏的行驶方向和河道垂直,河道方向没有速度分量。皮筏从提升机进入漂流河后撞击池壁并滞留。

② 漂流筏倒退

皮筏顺流到上部漂流河 S 弯的 C 点后,受涡流的影响在该处的底部推流给水口前停滞并倒退(见图5)。



图5 上部漂流河 C/D 点皮筏

Fig.5 Rafts at point C/D of upper river

③ 漂流筏偏离

按 WTI 的设计构思,漂流皮筏到达下部漂流河

的B点后,自动进入提升机河道提升后进入上部漂流河。实际上,漂流筏在弯道水流作用下却是远离提升机河道。

3.2 河道设计方法

河道形状不同,水流流态也大不一样,河道水流具有多样性和复杂性。上部漂流河C点推流给水口处漂流筏倒退的情况,在下部环形漂流河中就不会出现。因此河道设计,尤其是复杂的河道设计,需要建立模型分析计算。建立河道实体模型,或者采用流体力学分析软件模拟河道计算,是非常必要的。

ANSYS 是常用的流体力学分析软件。设计师利用它建立模型,划分网格,模拟边界条件,进行河道水力计算。在模型的基础上,不断调整河道形状、宽度和水深,调整给水口数量、位置、入射角度、水流速度和给水口高度等参数,直到水流均匀,达到设计目标。

3.3 现场解决方法

利用 ANSYS 软件模拟上部漂流河建立数值模型,见图6;不断调整上部漂流水深、推流流量大小、推流给水口位置、末端回水口位置等边界条件进行计算,直到流速和流线满足需要,见图7。

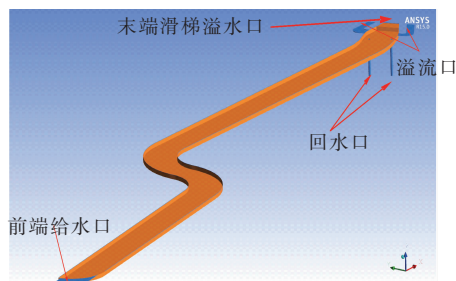


图6 上部漂流河数值模型

Fig. 6 Numerical model of upper rafting river

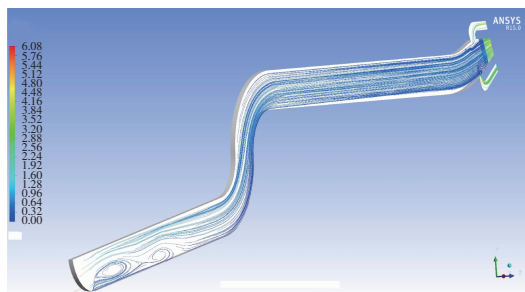


图7 河水表面流线分布

Fig. 7 Streamline distribution on upper river surface

针对上述问题,经过模拟计算,万达漂流河具体调整如下:A点水流进入前15 m处,设置2处底

部推流给水口,增加水流速度,减轻了拥堵现象;B点皮筏无法自动进入提升河道,现场设置人员牵引,在E点处封闭提升河道,并在提升机下方的提升河道增加水泵,提升水至上部漂流河,增加水流进入提升河道的流速;上部漂流河按软件模拟计算结果,将河道水深调整为0.6 m;D点圆弧段增加池壁给水口数量和流量,给水口移动到起端(见图8),调整入射角度与河道平行(图9为调试时水流,没有平行),给水口采用水下格栅,尺寸为3 000 mm × 250 mm,格栅顶位于水面以下50 mm;C点皮筏在D点修改后不再倒退。



图8 上部漂流河起端给水管

Fig. 8 Water supply pipes at the beginning of upper river



图9 调试时水流

Fig. 9 Flow during commissioning

4 水动力设计

漂流河水动力设计主要是推流泵站及管道路由、吸水口及推流口的设计。河道设计水流流速不应大于1.0 m/s,吸水口流速不大于0.5 m/s,侧壁推流出水口流速宜大于3.0 m/s^[1]。

推流泵吸水管管径比较大,在水动力设计中需要注意安全因素。

4.1 推流泵站及管道路由

推流泵站选位与供回水管道的路由设计,是水

动力设计的难点。根据河道形状和场地条件设置合适的推流泵站,水泵从河道直接抽水,不用设置平衡水箱。

不同于室外漂流河,室内漂流河场地局促,可设置推流泵站的位置少,吸水管及出水管管路长,管路路由要特别注意。万达漂流河周边有大碗池、大喇叭滑道、水寨、儿童池、亲水广场、造浪池、冲浪模拟器、身体滑道等8个其他游乐设施,管道敷设困难。路由设计时,将池底面层增加到700 mm,水动力及水处理管道在池底面层内敷设,现场安装效果很好,特别适合施工现场根据调试结果调整回水口与给水口位置。

室内漂流河河道短,水流速度比室外漂流河要小,万达下部漂流河漂流一圈设计时间为20 min,上部漂流河时间为6 min,水流速度按0.3 m/s设计。

下部漂流河循环流量为4 374 m³/h($Q = SV = 4.5 \times 0.9 \times 0.3 \times 3\ 600$ m³/h),实际沿河均匀设置循环推流泵站6处,每处均设置一台推流水泵(779 m³/h, 185 kPa, 55 kW),合计循环流量为4 674 m³/h。

上部漂流河循环流量为2 916 m³/h($Q = SV = 4.5 \times 0.6 \times 0.3 \times 3\ 600$ m³/h),实际设置循环泵7台,循环流量为3 748 m³/h。上部漂流河推流给水口除C点外,其他都集中在漂流河起端。

水动力吸水管上设置毛发过滤器,出水管设置数字式电子流量计,读数方便,便于及时监控水泵运行情况。

4.2 管道管径

在技术规程中,水泵吸水管流速宜为1.0~1.2 m/s;出水管流速宜为1.5~2.0 m/s^[1]。万达下部漂流河水体约1 418 m³,如果管道损坏池水全部进入地下室,平均淹没水深约470 mm。如果按技术规程中流速计算,下部推流泵吸水管管径将达到DN500。设计万达漂流河时,特意将推流泵吸水管和出水管流速都增加到3 m/s,控制吸水管和出水管的管径不大于DN300,阀门关闭更方便,减小管道损坏时进入地下室的水量。

4.3 回水口及推流给水口

在环形漂流河中,河流流速为各推流泵推动河流断面流速之和。

回水口和推流给水口布置时,采用闭环回路分析,见图10。

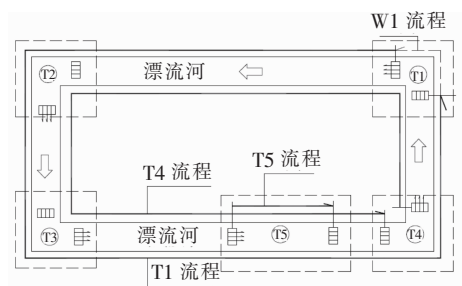


图10 环形漂流河推流流程

Fig. 10 Flow path of ring-shaped rafting river

推流泵站T1的回路中,T1流程推动河流前进,W1流程没有推动河流,因此回水口和给水口要靠近布置,一般为5~10 m。回水口和推流给水口沿水流方向的前后位置要相对一致,如T5推流泵组调换回水口与给水口相对位置后,推流水流短路,只能推动小段河流。

线形漂流河中,推流给水口设置于河道起端,回水口设置在末端,水流推动的河段最长。如果推流给水口设置在河段中间,起端到中间这段河流要增加推流泵。

4.4 安全措施

万达漂流河回水口采取了非常严格的保证措施,机房采用了多重防水淹措施。

4.4.1 回水口

每个泵站回水口数量不少于2个,取水口流速只有技术规范要求的一半,每个都可以单独满足规范要求;回水口采用双层格栅,格栅盖板开口缝隙宽度不得大于8 mm,孔隙水流速度 ≤ 0.2 m/s^[1]。即使一层格栅被打开,下面一层格栅也能保证人员不被吸水口吸住,详见图11。

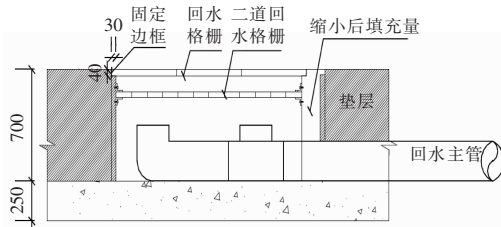


图11 双层格栅回水口示意

Fig. 11 Schematic diagram of double grille outlet

4.4.2 防水淹措施

万达漂流河地下室机房与商业部分地下室连通,如果漂流河池水通过管道进入地下室,损失将非常巨大,故而在管径、报警、配电、应急排水等方面采

取了严格的防水淹措施。

推流泵吸水管及出水管上阀门 \geq DN300 采用电动阀门;机房地面设水位感应装置,地面积水时报警,自动关闭水泵和与漂流河连通管道上的电动阀门;水处理水泵上设置紧急排空阀门,事故时打开阀门将漂流河水排入室外雨水管网;配电房地面抬高300 mm,集水井潜水泵配电箱底高出地面1 000 mm以上,保证地下室水淹时排水泵仍正常抽水;增加集水井数量和潜水泵同时运行数量;物业现场配备移动式排水泵供应急排水。

5 水处理设计

万达漂流河采用顺流式循环方式,水泵从漂流河抽水,不设均衡水池或平衡水池。下部漂流河设置两处水处理机房,采用补水箱补水,补水箱在机房内架空设置;上部漂流河设置一处水处理机房,补水由下部漂流河水动力水泵平衡。

水处理池底吸水口与池壁给水口的相对位置与距离,宜与水动力系统一致,这样可以推动水流循环;如果采用图10中T5的形式,则需要增加回水口与给水口的距离。

水泵吸水管上设置毛发过滤器;过滤系统采用高效硅藻土过滤器;消毒系统采用分流量全程式,臭氧、氯及紫外线三种联合消毒方式,臭氧发生器冷却水从水处理系统的消毒前供水管接出,冷却后回到回水管,节约用水。

需要注意的是,硅藻土帆布过滤棒较易堵塞,应采用高分子过滤棒,挂土性能更优异且通透性更好。

6 运行效果

该乐园于2017年9月投入运行一年来,实际运行效果良好。水泵吸水管及出水管以较大流速运行期间,管道和支架没有出现异常,日常维护仍需加强支架和橡胶软接头的外观检查,密切关注管道及接头漏水情况;双层格栅回水口安全可靠,对脚部吸力小,日常维护中需要特别注意格栅及固定螺栓的松动情况。

漂流速度和漂流时间符合预期,这证明ANSYS软件模拟设计是可靠的。将推流给水口移动到起端并调整入射水流后,上部漂流河的实测水流速度增加到了0.3 m/s。

漂流河表面流线比较均匀,漂流河中部S弯引起的涡流影响大大降低,漂流筏在S弯入口处的C点会出现左右晃动,但不影响整体向前漂流的趋势。

7 结论和建议

河道设计需要游乐设施和给排水专业密切配合,明确双方分工边界。

河道设计需要建立实体模型,或采用ANSYS分析软件模拟河道计算。

吸水口采用双层格栅,提高安全性。

室内漂流河机房要采取足够的防水淹措施。

室内漂流河底设置足够的面层,便于敷设供回水管和池底回水口。

建议规范增加吸水管及进水管流速,控制进出漂流河池壁管道不大于DN300,减小管道事故时地下室进水量。

参考文献:

- [1] CJJ 122—2017,游泳池给水排水工程技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2017.
CJJ 122—2017, Technical Specification for Water Supply and Drainage Engineering of Swimming Pool [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2017 (in Chinese).



作者简介:周雪松(1973—),男,湖北当阳人,硕士,高级工程师,给排水副总工程师,从事建筑给排水工程设计工作。

E-mail: xuesong_zhou@arcplus.com.cn

收稿日期:2018-09-20