

杭州径山某项目再生水源选择分析

毛莉华

北京城市副中心投资建设集团有限公司, 北京 101117

[摘要]近年来,随着城市的不断扩张与发展,水资源越来越紧缺,人们对再生水的重视程度不断提高。废水回用是一个势在必行的节能措施。在选择再生水的水源时需要考虑技术和经济多方面因素。此文针对“杭州径山某度假世界”项目,对常用的两种再生水回用水源“中水”和“雨水”进行了比较分析。为相关类似工程提供参考。主要内容与结论如下:当采用雨水回用系统时,为满足水景补水,需将雨水储水池设为 1000m^3 ,初期投资为200-300万,且存在水源不稳定、增加酒店运营成本、可靠性低、水池占地对建筑影响大等诸多的限制性,同时具有经济效益较低的不利因素;采用中水回用系统,前期投资为130万,日常维护费为 $1.27\text{元}/\text{m}^3$,相比较雨水收集系统,中水处理站占地小,投资成本低,且由于中水系统可收利用的水量大,扣除中水处理费用后,每年可节约资金约为31.6万元,投资回收期为5年。从技术角度来讲,中水作为补充水源,除了解决了水景的备用水源问题,同时还可用于车库冲洗、商业冲厕及绿化灌溉等多种用途,具有节能环保、稳定性好的优点;从经济上来看,中水初期投资低于雨水收集系统,短期可收回初投资成本,且具有长期收益。综上所述,中水是本项目的重要用水源,建议选用中水回用系统。随着水资源越来越紧张,自来水的价格会越来越高,该项目选用中水回用系统的优势也会越来越明显。

[关键词]水景补水;雨水回收;中水回用;电度电价;回收期

Hangzhou Jingshan a Project of Selection and Analysis of Reclaimed Water Source

MAO Lihua

Beijing Vice-Center Investment and Construction Group Co., Ltd., Beijing, China 101117

Abstract:In recent years, with the continuous expansion and development of cities, water resources are becoming more and more scarce, and people pay more and more attention to recycled water. Wastewater reuse is an imperative energy saving measure. Technical and economic factors need to be taken into account when choosing the source of reclaimed water. In this paper, two commonly used reclaimed water sources, "reclaimed water" and "Rain Water", are compared and analyzed according to the "Hangzhou Jingshan a Holiday World" project. To provide reference for similar projects. The main contents and conclusions are as follows: When using Rain Water reuse system, in order to meet the needs of waterscape water supply, Rain Water reservoir should be set at 1000m^3 , the initial investment is 200-3 million, and the water source is unstable, which increases the operating cost of the hotel and has low reliability. The occupation of water pool has many limitations, such as great influence on the building, and at the same time, it has the unfavorable factors of low economic benefit. Using the reclaimed water reuse system, the upfront investment is 1.3 million, and the daily maintenance cost is $1.27\text{RMB} / \text{m}^3$. Compared with Rain Water collection system, the reclaimed water treatment station occupies a small area, the investment cost is low, and because of the large amount of water that can be collected and utilized in the reclaimed water system, After deducting the cost of reclaimed water treatment, the annual savings can be about 316000 yuan, and the payback period of investment is 5 years. From the technical point of view, reclaimed water as a supplementary water source, in addition to solving the water scene reserve water source problem, but also can be used for garage flushing, commercial flushing and green irrigation and other uses, with the advantages of energy saving and environmental protection, good stability; Economically, the initial investment of Zhongshui is lower than that of Rain Water collection system, and the initial investment cost can be recovered in the short term, and it has long-term income. To sum up, reclaimed water is a very important source of water for this project, and it is suggested that the reclaimed water reuse system should be selected. As water resources become more and more tight, the price of tap water will become higher and higher, and the advantages of reclaimed water reuse system will become more and more obvious.

Keywords:Water-scape water-replenishing; Rainwater recovery; Reclaimed water reuse; Electricity price; Payback period

1 项目概况

杭州径山某度假世界位于径山镇双黄公路东侧商业地块;东至黄湖溪,南至四岭溪,西至双黄公路,北至双溪村土地项目。项目总建设用地面积 190788m^2 ,总高度30m;地上建筑面积约为 162169.8m^2 ,地下建筑面积约为 167656m^2 ;建筑功能包含酒店、别墅、商业、会展中心、水上乐园、餐饮娱乐等。

2 杭州项目水景水源分析

整个项目中，水景面积占到了 20191m²。根据杭州当地政策：水景补水严禁使用传统水源，即天然水体、自来水、井水无法用作水景补水。因此必须考虑再生水源进行水景补水。常规再生水源有雨水和中水两种。现分别进行分析。

3 雨水回收系统分析

（一）、雨水回收系统技术分析

根据前期水量计算，水景补水日需水量约为 45m³，雨水回收池有效容积按照经验值取三天的回用水量计算，水池容积为：120m³。采用这一方式选择的水池只能补给 3 天水景水用量，而雨水属于季节性非稳定水源，现按照最不利情况考虑雨水回收系统，分析如下：

1) 雨水收集区域

初设报告中，雨水收集区为酒店南侧屋顶，通过扩大回收面积计算雨水水池，回收面积选择酒店屋顶及南北侧和大堂区域的下沉广场具有收集条件的硬质界面的雨水。

表1：雨水汇水面积表

汇水位置	酒店屋面 (m ²)	下沉广场 (m ²)	总汇水面积 (m ²)
汇水面积	52403	11140	63543

2) 杭州雨水情况分析

根据从天气网调查资料：杭州最干旱月份为 10 月 - 次年 1 月，月平均降雨量少，且每次雨量较小，详见表：

表2：杭州年降雨量分布

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
月平均降雨量 (mm)	72	85	125	127	157	211	147	148	150	78	61	51

选择降水量最少的 10 月 - 次年 1 月来考虑集水池的有效容积。通过对天气网 2011-2015 年杭州天气情况进行分析比对数据如下：

表3：杭州每月连续干旱天数

月份	每月平均连续干旱天数(天)	每月最长连续干旱天数(天)
1月	11.8	18
10月	12.6	21
11月	10.2	13
12月	14.2	23
平均值	12.2	20

3) 雨水回收池容积计算

由以上数据可以看出，从 10 月到 1 月，杭州每月至少有 10 天以上连续不降雨，最长连续干旱天数达到 23 天，平均干旱天数 20 天，要考虑干旱期间水景补水情况，按照平均干旱天数计算得到：

雨水回收池有效容积：20*45=900m³，回收池实际容积按照 1000m³ 取，占地面积：500m²

这一方式选择的水池，水景用水的保险系数提高，基本能满足水景补水用量。但水池容积大，由此引起的水池和机房占地必将对整个项目的建筑造成影响，占用了大量的地下空间和机房。如埋设在绿地里，可能对景观设计造成一定影响。

（二）、雨水回收系统经济分析。

（1）雨水回收系统造价

由以上计算数据：

雨水回收池容积：1000m³

对应雨水回收水池及相应雨水处理系统（包括水景供水管线）造价：200 ~ 300 万

（2）只有雨水系统时产生的全年自来水费（可使用再生水区域的用水）

所选用的雨水池只能解决水景补水需求，除此以外，其他区域需用水量如下：

1) 灌溉用水，

项目绿化面积约 60480m²，绿化灌溉按照 2.0L/m²·次考虑。

根据天气网统计数据：降雨天数占全年天数 40%，按照下雨天气雨水能够满足灌溉用水来考虑，不下雨天气绿

化需要由自来水灌溉，按照平均 4 天浇灌一次，浇灌量按照 $2.0\text{L}/\text{m}^2$ 次考虑。

不下雨天气需要灌溉用水量： $2.0 \times 60480 \times (365 \times 0.6) / 4 / 1000 = 6623\text{m}^3/\text{年}$

2) 商业冲厕用水计算： $67.33 \times 365 = 24575\text{m}^3/\text{年}$

3) 垃圾房、卸货平台、车库冲洗、自有车队洗车等用水

此部分水量根据酒店运营实际情况来考量，暂不计入。

由以上计算得知：当只采用雨水系统，且雨水池选用 1000m^3 ，能够满足水景补水的情况下，其他可使用再生水的区域（绿化灌溉、商业冲厕等）用水需采用自来水，用量及费用如下：

总用水量为： $6626 + 24575 = 31021\text{m}^3/\text{年}$

由此产生的水费： $31021 \times 4.4 = 13.7$ 万元 / 年

（三）、使用回收雨水作为水景补水唯一水源的局限性

根据目前掌握的水文资料，以上计算结果是基于近五年降雨情况分析，最终选择水池容积，还需由项目公司进一步向杭州径山当地气象局咨询，项目所在地更长时间的连续最长干旱天气时间后，根据结果进行选择。水池选定后，造价及系统占地对建筑和景观的影响需集团成本中心、酒店经营公司及其他相关部门综合考量。

若出现干旱天数超过设计选型，水景无水可补时，酒店经营存在以下两种不利情况：

1) 酒店违规经营，使用自来水或河水为水景补水，承担被水务部门查处的风险。

2) 酒店水景无水可补，承担水位下降、水池干涸，承担影响景观效果的风险。

从经济上来看，采用 1000m^3 雨水回收系统，初期投资为 200-300 万，且水量仅能满足水景补水需求，其他部分的用水每年需由自来水补充，由此产生的费用每年高达 13.7 万元。

由以上分析可以看出，将雨水作为水景补水的唯一水源，有水源不稳定，增加酒店运营成本、可靠性低、水池占地对建筑影响大等诸多的限制性。

4 中水回用系统分析

（一）中水回收量

本项目为综合性度假酒店，占地面积较广且包含有多种不同的业态形式，根据现阶段建筑方案情况，项目西侧酒店区域用水较为集中，结合给排水系统方案，在此区域设置污废分流系统，收集客房内的优质杂排水和洗衣房排水作为中水原水。参照《建筑中水设计规范 GB50336-2002》中公式进行计算：

$$Q_y = \sum a * \beta * Q * b$$

Q_y ——中水原水量 (m^3/d)

a ——最高日给水量折算成平均日给水量折减系数，一般取 0.67 ~ 0.91

β ——建筑物按给水量计算排水量的折减系数，一般取 0.8 ~ 0.9

Q ——建筑物最高日生活给水量，按《建筑给排水设计规范》中的用水定额计算确定 (m^3/d)

b ——建筑物用水分项给水百分率

$$Q_y = \sum a * \beta * Q * b = 0.91 * 0.9 * 491.54 * 0.54 + 0.91 * 0.9 * 336.7 * 1 = 493\text{m}^3/\text{d}$$

经计算可回用中水原水量为 $493\text{m}^3/\text{d}$ 。

（二）中水使用量

建筑中水主要应用于绿化，商业冲厕，街道清扫，车辆冲洗等方面，根据本项目计算表统计，可回用区域日用水量表如下：

序号	可使用中水区域	用水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)
1	车库冲洗	168.1
2	商业冲厕	67.33
3	绿化浇灌	114.5
4	水景补水	45
合计		394.9

备注：

A、中水原水为酒店优质杂排水：如酒店淋浴、洗涤排水。

各区域用水量由机电顾问按照各区域面积估算得出。

（三）中水水量平衡计算：

通过以上计算：

项目可使用中水区域总用水量：394.9m³/d；

因此需用中水原水量为：394.9×1.15=454.14m³/d（按照《GB50336-2002 建筑中水设计规范》中 3.1.5 的要求，用作中水源水的水量宜为中水回用水量的 110%～115%）

项目废水回收后中水原水水量：493m³/d；

提供量（493 m³/d）大于需用量（454.14m³/d）。

因将中水用于以上区域是可行的。

（四）中水处理工艺：

本项目的中水原水为优质杂排水，可选用生物接触氧化、膜生物反应器（MBR）工艺进行处理。两种处理方法的工艺流程如下：

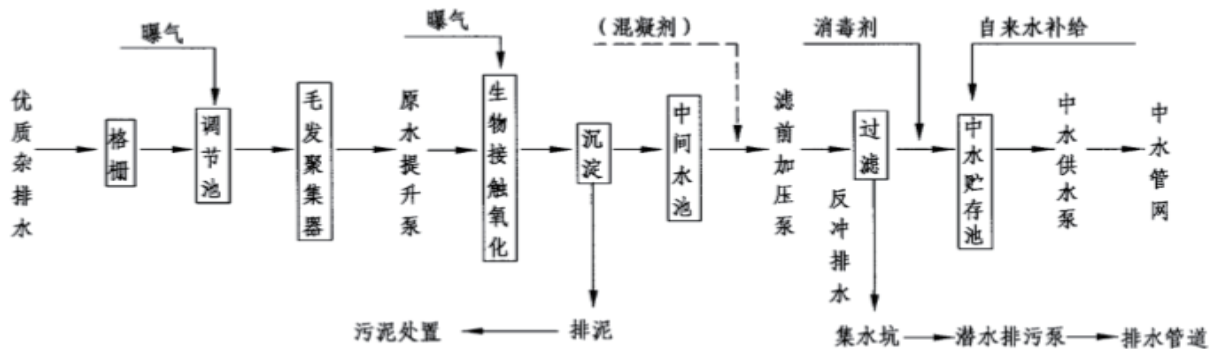


图1：生物接触氧化法

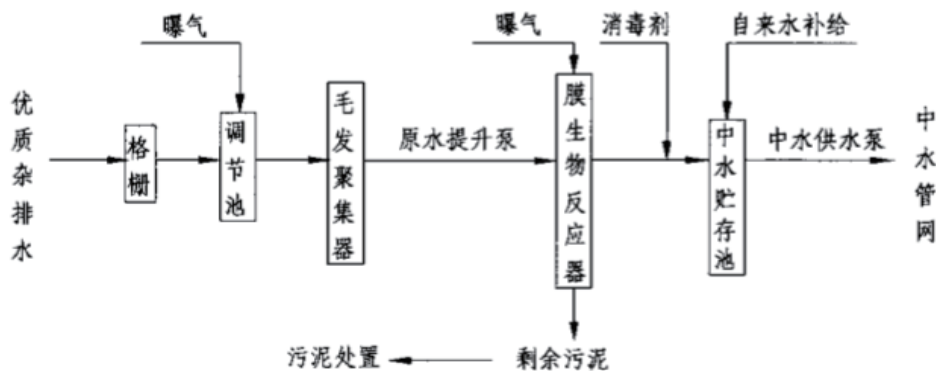


图2：膜生物反应器（MBR）法

根据公司对以上两种不同工艺实际运用案例的考察结果，最终决定选用生物接触氧化工艺。

（五）中水经济性分析

中水处理系统按一天运行 24 小时计算，自建中水处理系统经济性分析如下（注：所有设备选型、数量，均为方案阶段估算，仅供方案分析参考）：

1) 初投资

采用生物接触氧化工艺，本项目处理水量 454.14m³/d，根据厂家报价，中水处理站的设备初投资约为 130 万元左右（未包含中水处理站机房面积增加的经济因素）。

2) 运行电费估算

根据余杭当地政府网站所提供的通告，电价计费方式如下：

低谷：11:00～13:00；22:00～次日8:00（12h）	0.596元/kW.h
高峰：8:00～11:00；13:00～19:00； 21:00～22:00（10h）	1.108元/kW.h
尖峰：19:00～21:00（2h）	1.406元/kW.h
电度电价	0.908元/kW.h

按日处理水量进行生物接触氧化工艺设备初步选型，设备用电量如下：

序号	名称	数量	单台功率 (kW)	每天工作时段	每天工作时间 (h)	每日运行耗电 (kW·h)	年电费 (元)	年电度电价计 (元)	备注
1	机械格栅	1台	0.15	全天工作	24	3.6	1152.2	1193.1	
2	低噪声鼓风机	2台	4.0	4:00-24:00	20	80	27243.6	26513.6	一用一备
3	原水提升泵	2台	1.1	4:00-24:00	20	22	7492	7291.2	一用一备
4	滤前加压泵	2台	4.0	4:00-24:00	20	80	27243.6	26513.6	一用一备
5	反冲洗水泵	2台	11.0	02:00-04:00	2	22	4785.9	7291.2	一用一备
6	集水坑潜污泵	2台	5.5	23:00-23:30 06:30-07:00	1	5.5	2392.9	1822.8	一用一备
7	其他(含照明、通风、仪表等)		5	全天运行	24	120	38405.3	39770.4	
	总计					319.1	108715.5	110396	

通过上述对比可以看出,采用电度电价和峰谷电价,年电费总额相差不大。因本项目制冷站已执行电度电价,因此,以下经济分析以电度电价计。

3) 运行费用分析

在进行中水系统运行费用测算分析时,一般以 20 年作为一个计算周期,这主要是由一些关键设备的使用寿命所决定,20 年后部分主要设备进行大修或更换,需要再次投入较多资金,可以定义为新的计算周期开始。

以下以 20 年作为使用期限,计算运行成本。

参考上述运行电费计算表,计算每立方米水处理电费。

每平米水处理电费 = 总电费 / (日处理水量 * 365) = 110396 / (454 * 365); 约等于 0.67 元 / m³。

设备维修费: 年大修基金费、日常检修维护费: 按照设备资产的 1.5% 计算,折算后为: 130 万 * 0.015 * (454 * 365) = 0.11 元 / m³

药剂费: 膜清洗药剂费、消毒加药费折算后单方水药剂费用为 0.10 元 / m³。

人工费: 人工管理按照物业兼职管理计。

折旧费: 根据设备初投资费用估算,设备平均使用寿命为 20 年,则每日折旧成本为: 130 万 / (454 * 365 * 20) = 0.39 元 / m³

综上计算,自建中水处理系统的每立方米中水处理成本为: 1.27 元 / m³

序号	项目	单方水费用(元/m ³)
1	电费	0.67
2	维修费	0.11
3	药剂费	0.10
4	折旧费	0.39
	经营成本	1.27

回收期计算:

依据: 杭州市物价局文件 [2014]205 号文件,杭州地区商业企业用水价格为: 4.4 元 / m³ (已包含水资源费 0.2 元 / m³), 本项目通过自建中水处理站,将废水回收处理后可产出中水约为 454m³/d,用于替代商业区域冲厕用水及绿化浇洒用水。

年可节约自来水量为: 394.93 * 365 * 0.7 = 100922.5m³

扣除中水处理费用后年可节约资金约: 100922.5 * (4.4 - 1.27) = 31.6 (万元)

按上述年节约资金计算,中水处理系统静态投资回收期约为 5 年。采用中水处理系统符合国家节能环保的政策要求,在本项目上具有一定的经济收益产出。此经济性分析未包含增加机房面积带来的成本增加。

5 杭州项目选用中水系统必要性的技术分析。

5.1 节能环保

经杭州项目公司与当地水务部门沟通,本项目不能将天然水体(如双溪流域河水)引入使用,此点限制了本项目的可利用水源范围,因此在不采用再生水源的情况下,项目只能全部使用自来水(水景除外),水量消耗巨大。

如果选用中水系统,不仅能解决水景补水问题,还能够用于绿化、灌溉、车库冲洗、后勤卫生间冲厕等对水质要求不高的区域,既可以有效地利用和节约有限的、宝贵的淡水资源,又可以减少废水排放量,减少水环境的污染。

目前,越来越多的大中城市下发政策要求必须采用中水,杭州项目目前没有强制要求必须采用中水,但并不能保证在项目施工前不会有相关政策要求,随着水资源越来越紧张,中水回用是一个势在必行的节能措施,因此从综合考虑未来政策方向及地方规范的变化方面来讲,设置中水很有必要性。

5.2 源水充足,水量稳定

本项目属于大体量高档酒店,每天都会产生大量的优质杂排水,如洗浴排水、盥洗排水、泳池排水、洗衣房排水、冷凝水、空调冷却排污水等,这些资源不回收利用,将造成大量的优质水资源白白浪费。酒店排水系统采用污废分流,污水和废水都有各自独立的排水管路,有着废水回收利用的先天条件,将这些优质杂排水通过酒店已有的废水管道收集起来,经过水处理工艺处理中水,不但可成为水景补水的备用水源,提高用水景补水可靠性,还可用于车库冲洗、商业冲厕、绿地浇灌等,用途广泛,可谓一举多得。从水源上来讲中水较雨水更加稳定。

6 杭州项目选用中水系统必要性的经济分析

从以上“中水经济性分析”计算可以得出,虽然中水系统需要在前期投入一部分资金,但相比较大的雨水收集系统,投资成本小,短期可收回初投资成本。且具有长期的收益,随着水资源越来越紧张,自来水的价格会越来越高,中水的优势也会越来越明显。

7 结论

从技术角度来讲,中水作为补充水源,解决了水景的备用水源问题,同时还可用于车库冲洗、商业冲厕及绿化灌溉等多种用途,具有节能环保、稳定性好的优点;从经济上来看,中水价格远低于自来水,且初期投资低于雨水收集系统,短期可收回初投资成本且具有长期收益。

综上所述,中水是本项目的非常重要用水源,建议选用中水回用系统。

[参考文献]

- [1] 孙乃波,张明芳,李沛沛. 建设项目以再生水为主水源的合理性分析[J]. 山东水利, 2014(7): 41-42.
[2] 周振民,巴晓杰,姜伯铮. 社会资本进入城市再生水资源项目的综合评价——以北京市为例[J]. 中国农村水利水电, 2016(3): 69-73.

作者简介:毛莉华,1978.9,大学本科,中级工程师