

城市雨水利用工程的评价与科学决策

李俊奇^{1,2} 余 苹¹ 车 伍¹ 刘晓君²

(1 北京建筑工程学院, 北京 100044; 2 西安建筑科技大学, 西安 710055)

摘要 城市雨水利用是关系到城市可持续发展的重要环节和基础工作之一。对其可行性和适用性进行评价是科学决策的重要依据。从技术、经济、环境等多角度对城市雨水利用评价进行探讨, 提出了城市雨水利用评价的原则、内容和程序, 进而对其技术评价、经济评价和环境评价的指标和方法进行了讨论。可以为城市雨水利用工程的优化设计和科学决策提供依据。

关键词 雨水利用 评价 优化设计 科学决策

城市雨水利用在我国已进入探索和实施阶段, 而雨水利用涉及到排水、防洪、景观、水资源、城市环境等很多方面, 是关系到城市可持续发展的基础工作。我国地域广阔、降水特征差异极大, 在旧城区和新城区实施雨水利用工程时也会有截然不同的方案, 同时我国目前还没有城市雨水利用的标准和规范。因此, 为了提高城市雨水利用的建设质量和管理水平, 促进城市雨水资源化, 保障城市建设和经济建设的可持续发展, 使雨水利用工程安全可靠, 技术先进, 经济适用, 应对雨水利用工程从技术评价、经济评价、环境评价等几方面进行多角度的、细致的综合评价。只有这样才能对城市雨水利用的必要性、可行性及其形式、规模等作出科学决策。切不可不分条件、场合, 一窝蜂地进行雨水利用^[1~4]。

1 城市雨水利用工程评价的一般要求、内容与程序

1.1 一般要求

(1) 城市雨水利用工程规划设计, 首先应遵循下述基本原则: 雨水利用应与雨水径流污染控制、城市防洪减涝、生态景观改善相结合; 方案比选应遵循综合性原则, 因地制宜, 择优选用; 方案比选和决策时应兼顾经济效益、环境效益和社会效益的统一^[2]。

(2) 雨水利用工程设计以城市总体规划为主要

依据, 从全局出发, 处理好雨水直接利用与雨水入渗补充地下水、雨水安全排放的关系, 处理好雨水利用与污水回用、地下自备井水与市政管道自来水之间的关系, 以及集中与分散、新建与扩建、近期与远期的关系。对已建工程和未建工程的评价也应区别对待。

(3) 雨水利用工程应做好充分的调查和论证工作, 明确雨水的水质、用水对象及其水质和水量要求。应确保雨水利用工程水质、水量安全可靠, 防止产生新的污染或危害。

(4) 我国城市雨水利用工程是一项新的技术, 目前正处在示范和发展阶段, 相应的标准、规范还不健全, 应注意引进新技术, 鼓励技术创新, 不断总结和推广先进经验, 使这项技术不断完善和发展。

1.2 内容与程序

城市雨水利用工程的评价包括技术、经济和环境影响等几方面的内容, 具体讲, 主要包括以下内容: ①拟建区评价要素调查和基本情况分析, 包括市政排水管网调查、自然和社会情况调查、环境和水状况分析等; ②城市雨水利用工程适用性分析和方案选择, 主要是根据水量、水质等情况和要求进行定性和定量分析, 对直接利用、间接利用、综合利用等具体方式进行选择; ③城市雨水利用工程规模与工艺流程的确定与评价; ④城市雨水利用工程经济评价; ⑤城市雨水利用工程环境影响评价和可接受性评价; ⑥雨水利用工程实施后, 还应进行项目的后评价等。

城市雨水利用工程评价的程序见图 1。

国家自然科学基金项目(501380201); 北京市“学术创新团队”项目——可持续水与废物循环利用技术(BJE10016200611); 北京市哲学社会科学规划项目(07BeCS014)。

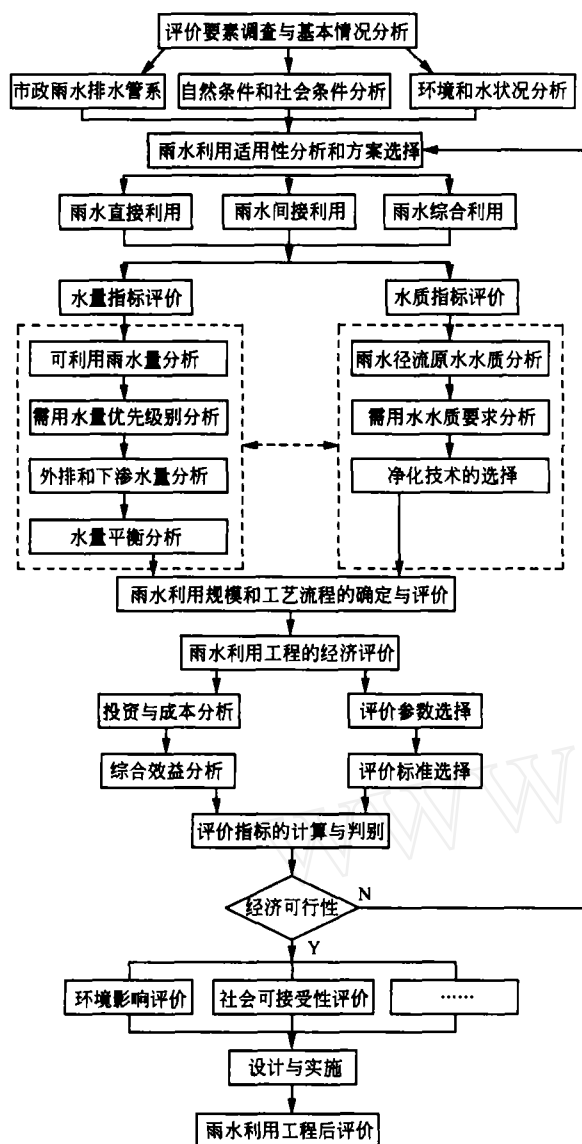


图1 城市雨水利用工程评价的程序

2 城市雨水利用工程的技术评价

2.1 拟建区评价要素调查和基本情况分析

拟建区评价要素调查和基本情况的分析是雨水利用合适程度的评价基础,要考虑汇水面情况、水文地质与工程地质情况、水文情况、管线等要素水平。同时,在要素水平评价的基础上,根据现场条件和不同雨水利用方式的特点对城市雨水利用的类型和主要技术措施进行定性分析。

2.2 工艺流程

雨水利用工艺流程是指在达到所要求的处理程度的前提下,雨水处理各单元的有机组合,以及处理构筑物的型式的选择。其选择与评价的主要依据是

雨水处理后所要达到的程度,所收集径流雨水的水质和雨水处理设施的净化能力等。在确定处理工艺流程时,应根据不同条件和要求选择处理构筑物的型式。雨水量的多少、场地的大小、地形及地下水位的高低等,都可能是影响处理构筑物选型的因素。应根据各相关因素和技术经济比较选出经济合理的优选方案,从系统和全局的观念出发,与水环境、污染控制和景观等相结合,才能制定出综合效益最大的雨水利用方案。

2.3 水量与规模

雨水利用规模的合理与否直接关系到雨水利用工程的投资和经济性。雨水利用规模应根据可集蓄雨水总量、水量平衡情况、投资、场地等条件综合确定。对雨水利用工程规模的评价常用的指标包括:雨水直接利用率、雨水间接利用率、雨水综合利用率等。可以采用“频率累计法”^[3,4]等优化求解雨水利用工程的经济规模。

2.4 水质分析

城市雨水利用水质指标评价包括径流雨水原水水质指标、雨水利用水质指标等。由于城市地理位置、环境管理水平、径流表面特性、降雨规律等不尽相同,决定了不同城市、不同径流表面产生的雨水径流水质差异较大,而且城市雨水径流水质变化有很强的随机性,故城市雨水径流利用工程水质评价所选择的水质指标也不同。对雨水径流原水水质的评价的主要内容可以按表1进行^[5,6]。

表1 城市雨水径流水质评价主要内容

项目	内容	评价结果
主要污染物指标	SS、COD、浊度、TN、TP、表面活性剂、石油类及Pb、Zn等重金属	严重超标 稍有超标 一般
径流雨水的可生化性	BOD/COD	高/低
主要污染物指标的相关性	COD/SS、TN/SS、TP/SS、COD/浊度、SS/浊度等	高/低
冲刷规律	是否符合 $C(t)=C_0e^{-kt}$ 关系	是/否
主要影响因素分析	径流表面材质、季节与温度、降雨强度、地面垃圾、天然降雨等	

城市雨水利用的水质要求应根据处理后雨水的用途来确定。如绿化、冲刷、道路清扫、消防、车辆冲

洗、建筑施工等均应满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002);景观环境用水应满足《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T 18921—2002);入渗应满足地下水人工回灌水质控制标准等。

3 城市雨水利用工程经济评价

3.1 雨水利用项目投资主体分析和方法选择

雨水利用工程项目经济评价首先应考虑投资主体及其经济属性,不同投资主体和经济属性所选用的参数和方法也有所不同。根据雨水利用项目的建设地点和目的不同,投资主体可以是国家、地方政府或用户,有时也会出现多个投资主体。

(1) 对公园、景观河道等雨水集蓄利用工程项目,投资主体一般是国家或地方政府。此类雨水利用工程外部效应很大,投资决策的目标具有多重性,效益中除了节水等经济效益以外,环境改善等间接效益更为重要。

(2) 一般对以直接回用为主的雨水利用工程项目,投资主体多是用户,此时节水带来的直接经济效益是首先应当考虑的。若仅计算该项收益,往往由于经济指标不满足可行的评价标准,决策时否定了雨水工程项目。出现这种情况主要是由于计算直接经济效益时采用的水价是市场水价,就目前而言,我国的水价仍是一种不完全水价。若是考虑水资源价值,按照水资源最佳配置和合理开发利用来考虑,则应使用影子水价来计算。

当然,为了鼓励用户建造雨水利用项目的积极性,许多城市也都采取了一些经济措施,如地方政府给予经费补助、减免用水指标、实行低价水费等。因此,对此类项目,在计算其效益时应将这些特殊措施考虑进来。

(3) 对于以渗透为主的雨水工程项目,此时不论投资主体是谁,其收益都更多地表现为间接效益,如节省排水设施和补充地下水等收益。

总之,雨水利用工程项目的特点兼有公益事业项目的特点和性质,在经济评价时应以国民经济评价为主,以财务评价为辅。对国民经济评价不可行的项目,无论财务评价的结论如何该雨水利用项目都应予以否认。

雨水利用工程按照与其他主体工程项目的建造

时间不同,分为新建和改建(此处指在已建雨水排放系统的区域新建雨水利用工程项目)两种。对这两种不同性质的项目,可以根据其特点选用“增量费用效益法”或“总量费用效益法”。“增量费用效益法”多用于建成区雨水改建工程,“总量费用效益法”多用于新建雨水利用工程,也可用于建成区雨水改建工程。在实际工作中,雨水利用工程应以采用“增量费用效益法”为主。

“增量费用效益法”即根据实施雨水工程所需的投资费用作为增量费用,根据有、无该雨水项目的节水、减污、减灾等增量效益,进行国民经济评价,以此来分析实施雨水工程的经济合理性。采用该法进行的雨水工程国民经济评价,在增量效益分析计算比较的前提下,一般来说可以较好地反映实施雨水利用工程措施后所产生的各种效用和效益。

“总量费用效益法”即根据包括雨水利用系统和雨水排放系统在内的所有雨水工程的总投资,实施雨水工程后所产生的总效益进行国民经济评价,分析实施雨水利用工程项目的经济合理性。该法将计算区所有雨水工程项目(利用、排放等)作为一个整体,采用工程的总费用和总效益进行经济评价。其评价结果可以较好地反映雨水工程的整体效果,但无法反映实施雨水利用工程以后所起到的作用和效益。而且在实际使用中还存在一些问题,如对建成区雨水利用改建工程项目采用此法时,由于原有雨水管线大多建于几年或几十年前甚至更长,其现有的固定资产投资如何计算并得到计算时刻的固定资产价值是一项量大而复杂的工作。

3.2 常用经济指标的选择与计算

城市雨水利用项目的经济评价可分为两种类型:独立方案和多方案比选。

不同类型选用的经济评价指标不同。按照是否考虑资金的时间价值,经济指标又分为静态指标和动态指标两类。城市雨水利用的国民经济评价以动态法为主,静态法为辅进行。小型雨水利用工程可只用静态法。独立方案时可以选用经济净现值、经济内部收益率、经济效益费用比等指标;多方案比选时还可选用差额经济内部收益率、经济净年值等指标。另外,当雨水工程项目的效果难以用货币定量计算时,应采用费用效果分析的方法,如选用费用现

值、费用年值、效果费用比或费用效果比等指标。

根据雨水利用项目的特点,在计算雨水利用工程的效益和成本分析时还应注意:

(1) 遵循有无对比的原则,对项目所涉及到的所有成员及群体的费用和效益做全面分析。

(2) 合理确定效益和费用的空间范围和时间跨度,效益和成本的识别与计量范围应一致。

(3) 正确识别正面和负面效果,防止误算和漏算,注意识别与计量的非重复性,不同的效益采用不同的方法,可能会出现某些效益或者成本重复计量的问题,在进行效益或成本汇总时应该减去重复的部分。

(4) 我国现行的社会折现率为8%;对于受益长的项目,若远期效益较大,效益实现的风险较小,社会折现率可以适当降低,一般不低于6%^[7]。

4 城市雨水利用工程环境评价和社会影响评价

为了提高雨水利用项目的设计和建设质量,规范评价内容,对雨水利用项目还应进行环境评价。其主要目的是评价雨水利用方案是否采取技术经济合理的环境保护措施,以最大限度地降低污染物排放和对生态环境的破坏,从环境保护的角度分析雨水利用项目是否可行^[8]。

雨水利用项目环境评价和社会影响评价的主要内容包括:

(1) 是否从环境影响受体的角度考虑与项目有关的自然、社会和环境质量状况,是否按环境要素描述环境保护目标。对特殊保护地区,如水源保护地、风景名胜、自然保护区、历史文化保护地、水土流失重点预防区、国家重点保护文物等是否产生危害,有无保护措施。

(2) 雨水利用工程所使用建筑材料和设备是否符合国家当前的产业政策,是否属于国家明令禁止、限制、鼓励或允许使用的产品和工艺。

(3) 雨水利用项目对环境保护方面的主要问题和制约因素是否分析清楚。

(4) 雨水利用项目规划用地的环境合理性如何。

(5) 雨水利用方案是否有更合理的替代方案,对拟采取的技术方案、环保对策是否进行过技术经济分析和合理性论证。

(6) 是否对雨水回收、利用措施的技术可靠性进

行过论证,是否有国内外运行实例,以确保达标。

(7) 是否对雨水入渗可能造成的地下水污染进行了风险分析,是否规定了有效的污染防治措施。

(8) 雨水弃流和溢流排放出路是否合理;雨水调蓄、溢流排放和区域防洪能力是否满足要求。

(9) 是否规定了有效的生态环境减缓、恢复和补偿措施。

(10) 是否有环境保护监控措施,如回用和回灌水水质指标监测。

(11) 公众参与程度如何,是否进行过公众调查,受影响公众是否能够了解雨水利用项目的有关情况并且有发表意见的渠道;公众意见是否得到客观公正的分析处理。

(12) 雨水利用项目对生态敏感和脆弱区如天然湿地、水土流失重点治理区及重点监督区或特殊生态环境区如渔场等区域的影响程度如何等等。

5 结语

城市雨水利用工程评价的目的是为科学决策提供依据。评价包括技术评价、经济评价、环境评价等方面。技术评价的重点是依据拟建区基本情况进行水量、水质分析,确定利用方式、工艺流程等;经济评价主要是从财务评价和国民经济评价两个层次判定项目的经济可行性和最优方案的比选,应以国民经济评价为主。要注意根据不同投资主体和工程类型、特点选用合理的评价方法和指标。环境评价主要从环境保护的角度评价项目的合理性。还应注意社会和公众对项目的可接受性。城市雨水利用作为关系城市环境保护和水资源可持续利用的重要环节,兼有多种功能,只有对其进行多角度的综合评价,才能科学决策,真正做到投入产出最大化,为城市可持续发展奠定基础。

参考文献

- 1 李俊奇,车伍,孟光辉,等.城市雨水利用方案设计与技术经济分析.给水排水,2001,27(12):25~28
- 2 车伍,李俊奇.城市雨水问题与可持续发展对策.见:朱琰编.水与发展(Ⅱ).北京:地质出版社,2004
- 3 李俊奇,余苹,车伍,等.城市雨水集蓄利用工程规模的优化.中国给水排水,2005,21(3):49~52
- 4 余苹.北京城区雨水资源化与径流污染控制经济学分析及对策研究.[学位论文].北京:北京建筑工程学院,2004

异养菌总数检测方法研究

戴吉胜¹ 陈贻球¹ 刘文君² 孙文俊²

(1 东莞市东江水务有限公司, 东莞 523112; 2 清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)

摘要 研究了培养基、试验方法以及培养条件对异养菌总数(HPC)的影响,找到最佳的 HPC 测定方法。试验结果显示,R2A 培养基更适合给水管网中异养菌的营养条件,涂布法的结果要比摇匀法更为准确。HPC 在第 5 天时达到平台期。

关键词 异养菌总数(HPC) 检测方法 R2A 培养基

给水厂出厂水加氯消毒后进入管网,部分存活的微生物和管网中生物膜中的微生物会利用管网水中的微量可生物降解有机物进行再生长引起生物稳定性问题^[1]。长期以来,国内多采用异养菌平板计数法(Heterotrophic Plate Counts, HPC)和最大或然数法(Most Probable Number, MPN)来测定饮用水中的活菌数,作为评价饮用水管网生物稳定性的一个重要指标。HPC 法中细菌的培养环境由于更接近于管网的实际环境而越来越受到人们的重视。同时,由于培养的时间较长,采用的试验方法多样,HPC 的测试结果经常会出现不稳定的情况。

本文研究了不同的试验条件和方法对 HPC 测试结果的影响,以找到理想的 HPC 测试方法。

1 试验材料和方法

1.1 水样的采集

试验所用水样取自南方某市管网水。水样均采用无菌磨口玻璃瓶采集。现场水样采集后立即放入冷却箱中保存,4 h 内测定。

1.2 HPC 法

采用传统营养琼脂培养基和 R2A 培养基进行平板计数,详见相关检验手册^[2]。传统营养琼脂培养基基本组成为:牛肉膏 3~5 g,蛋白胨 10 g,NaCl

5 g,琼脂 15~20 g,pH 7~7.2,溶于 1 L 水中。R2A 培养基基本组成为:酵母浸膏 0.5 g,蛋白胨 0.5 g,酸水解干酪素 0.5 g,葡萄糖 0.5 g,可溶性淀粉 0.15 g,丙酮酸钠 0.3 g,K₂HPO₄ 0.3 g,MgSO₄·7H₂O 0.05 g,琼脂 15 g,溶于 1 L 水中,两种培养方法比较见表 1。

表 1 两种培养方法的比较

指标	培养基	培养温度/℃	培养时间/h	控制标准
HPC-营养琼脂	牛肉膏蛋白胨	37	24	国标:<100 CFU/mL
HPC-R2A	R2A	22	168	EPA:<500 CFU/mL

2 结果与讨论

2.1 培养基对 HPC 测定结果的影响

对我国南方某市管网中水样分别采用传统营养琼脂培养基和 R2A 培养基进行平板记数时发现,R2A 培养基的结果要明显高于传统的营养琼脂培养基。可见,R2A 培养基更符合管网中异养菌的营养条件。试验结果见图 1。

由于饮用水中的贫营养环境有别于传统培养基提供的富营养环境,大多数在显微镜下观察到的细菌不能在传统营养琼脂培养基中生长(Nonculturable),

- 5 张亚东,车伍,刘燕,等.北京城区道路雨水径流污染指标相关性分析.城市环境与城市生态,2003,16(6):182~184
- 6 李俊奇,车伍,李宝宏.城市雨涝问题及其对策.建设科技,2004,(15):48~51
- 7 国家发展改革委,建设部.建设项目经济评价方法与参数.第 3 版.北京:中国计划出版社,2006
- 8 车伍,李俊奇.城市雨水利用技术与管理.北京:中国建筑工业出版社,2006

版社,2006

8. 通讯处:100044 北京建筑工程学院城建系
电话:(010)68322128
E-mail:jqli6711@vip.163.com
收稿日期:2005-03-21
修回日期:2006-08-15