

昆明市属公园绿地雨水资源化利用研究¹

史雅琪¹，张磊²

(1. 南京林业大学 风景园林学院，江苏 南京 210037；2. 南京林业大学 工程规划设计院，江苏 南京 210037)

【摘要】：昆明市地处西南地区，雨水资源丰富，干湿两季分明，降雨年内分布不均造成季节性干旱缺水，是全国 14 个缺水严重的城市之一。文章针对昆明的季节性缺水问题，立足于昆明市属公园绿地，针对公园的用水量和水质要求，探讨在已建成的城市公园内，如何进行雨水收集、储存、净化和利用。同时将中水作为公园绿地的补充水源，提出一套系统两种水源的模式，通过雨水和中水的互补互换，既合理控制了雨水收集、储存、净化系统的规模，又减少了中水的使用量。在减少了对现有公园景观环境破坏的同时，提高了景观水体的水质，提升了公园整体环境的质量，实现了资源节约、环境友好的水资源利用目标。

【关键词】：季节性缺水；公园绿地；景观水体；雨水资源化利用

【中图分类号】：F062.2 **【文献标识码】：**A **【文章编号】：**1671-4407 (2018) 08-231-06

1、引言

昆明市地处金沙江、红河、珠江三大水系的分水岭地带。年均降雨量大约 1004mm，平均年降雨次数 130.7 次，高出全国年均降雨量 400mm 左右，雨水资源丰富。但由于其处在我国西南地区，受季节性气候影响显著，干湿季节分明，从 5 月到 10 月为雨季，月均降雨量都在 85mm 以上，雨季降雨量占全年总降雨量的 85%左右；11 月至次年 4 月为旱季，月均降雨量低于 20mm，旱季降雨量仅占全年的 15%左右（图 1）^[1]。此外，昆明市田高水低的地理条件造成水资源难以被利用，加之降雨年内分布不均造成季节性干旱缺水，是全国 14 个严重缺水的城市之一^[2]。

昆明市城区供水水源基本上来自于滇池流域，目前全流域平均水资源量只有 $5.7 \times 10^8 \text{m}^3$ ，正常年份缺水 $1 \times 10^8 \text{m}^3$ ，枯水年份缺水 $2 \times 10^8 \text{m}^3$ 。其水资源的开发利用率已达到 60%，超过水资源开发利用 20%的红线，滇池水危机问题已十分突出^[3]。

昆明市目前有 7 个市属公园，其中公园的种类包含综合性文化休息公园、综合性动物园和其他各种专类公园。根据我国《公园设计规范》，这些公园的绿地率大于 70%^[4]。公园丰富的植物景观决定了其用水量大，且对景观水质要求较高的特点。如果将自来水作为公园用水的唯一来源，势必加重城市用水短缺的形势。为了缓解紧张的城市用水形式，昆明市于 2002 年开始陆续对大观公园、西华公园等公园提供中水。由于中水的出水水质低于地表 V 类水，直接用于绿化浇灌和补充景观水体容易导致浇灌系统堵塞和水体产生藻华现象。景观水体长期受蓝藻频发的影响导致公园整体环境质量下降，成为市民、游人反映强烈的社会

¹**【基金项目】：**国家科技重大专项课题“水体污染控制与治理内草海水系水质改善及地域环境影响技术开发与工程示范”（2014X07302003）

【作者简介】：史雅琪（1993-），女，江苏南京人，硕士，研究方向为城乡基础设施与生态环境规划。E-mail: M035191031@qq.com

【通讯作者简介】：张磊（1977-），男，江苏南京人，博士，副教授，硕导，研究方向为城乡基础设施与生态环境规划。E-mail: zhanglei@njfu.edu.cn

问题^[5]。

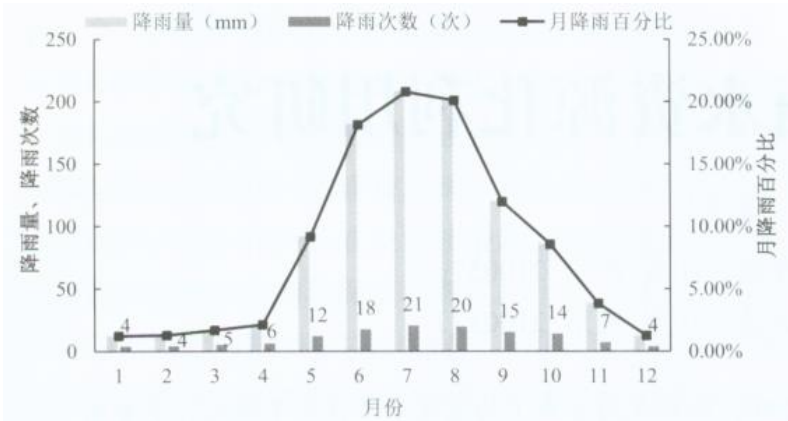


图 1 昆明市多年平均月降雨柱状统计图

本研究针对昆明市季节性缺水的现状，立足昆明市属公园绿地，针对公园的用水量和水质要求，探讨在已建成的城市公园内，如何进行雨水收集、储存、净化和利用。同时将中水作为公园绿地的补充水源，与雨水进行互补互换，实现公园绿地雨水的资源化利用目标。

2、研究对象概况

昆明市共有 7 个市属公园，分别是郊野公园、金殿风景名胜、黑龙潭公园、昆明动物园（又名圆通山动物园）、大观公园、西华公园和昙华寺公园，由昆明市园林绿化局统一管理，区位见图 2。7 个公园的水域面积大小不一，大观公园的水域面积最大，有 24.7hm²，郊野公园的水域面积最小，只有 0.02hm²；昆明市属公园中，昆明动物园年游客量最大，近 3 年年均入园人次达 600 万人，而郊野公园年游客量最少，年均入园人次仅为 34 万人。根据 7 个公园在昆明市的位置分布及其地势区位条件，将其分为山地型公园和滨水型公园两类（表 1）。具体分类如下：郊野公园、金殿风景名胜、黑龙潭公园和昆明动物园为山地型公园；大观公园、西华公园和昙华寺公园为滨水型公园。



图 2 昆明市属公园区位图

表 1 昆明市属公园雨水规模一览表

公园名称	公园类型	平均海拔/m	公园面积/hm ²	水域面积/hm ²	初期雨水流量/m ³	全年雨水总量/m ³	年游客量/万人
金殿风景名胜	山地型	2058	118.21	0.68	30142.5	1186787	165
黑龙潭公园	山地型	2860	91.4	0.8	23308.2	917702	52
郊野公园	山地型	2160	162.11	0.02	41337.5	1627565	34
西华公园	滨水型	1888	8.6	0.86	2116.6	83336.2	152
昙华寺公园	滨水型	1891	8	0.16	2040.1	80324	72
昆明动物园	山地型	1936	24.51	0.11	6250.3	246092	600
大观公园	滨水型	1887	47.8	24.7	12189.6	479936	239

3、昆明市属公园雨水资源化利用的手机措施研究

昆明市属公园大多历史悠久。这些公园的建筑形式主要以坡顶和攒尖顶等中国传统建筑形式为主，这些传统的建筑屋顶形式不利于屋顶雨水的直接收集。目前屋面的雨水主要从屋顶经落雨管汇进污水管网进入城市污水处理系统^[6]。

又因城市公园内建筑面积占公园总面积比例小，根据国家标准《城市绿地设计规范》，公园绿地内建筑占地面积应按公园绿地性质和规模确定游憩、服务、管理建筑占用地面积比例，小型公园绿地不应大于 3%，大型公园绿地宜为 5%，动物园、植物园、游乐园可适当提高比例^[7]。在昆明市属公园中，昆明动物园作为专类公园，包含动物笼舍在内，其建筑面积比例在 7 个公园中最高，也仅达到 9.6%，其他公园平均建筑面积占总面积比例为 3.2%。因此，建筑屋面及其周边的雨水收集、利用相关设施改造难度大，费效比低，且容易对现有环境造成破坏。所以本研究将公园雨水收集的主要方向放在了公园地面雨水收集上，包括硬化铺装、公园道路以及坡度较缓的大面积绿地。

3.1 山地型公园的雨水收集措施

黑龙潭公园、金殿风景名胜区和郊野公园都是面积较大、距市区较远且山体坡度大的山地型公园。三个公园原有的雨水收集设施包括一些路边排洪沟和山涧自然沟渠，但由于年久失修，存在损坏、不通畅、断沟的情况。且排水沟分布不均，部分硬化道路两侧未设置任何沟渠及排水设施。而山涧溪流因断断续续未形成纽带，易出现断流。针对这些问题，黑龙潭公园、金殿风景名胜区和郊野公园首先对原有排洪沟进行改造和修复。一方面考虑到由于山体坡度大，雨水易顺着坡度汇集，在雨季的点状暴雨下易形成山体径流，有及时泄洪的需求；另一方面这三个公园总面积大，在非人流聚集区采用经济实用的明沟收集方式，对游人造成的安全隐患较小。所以利用原有排洪沟改造成明沟收集系统是黑龙潭公园、金殿风景名胜区和郊野公园雨水收集最主要的方式。黑龙潭公园对原有达 2000m 的排洪沟进行修复并根据山地坡度共新建雨水明沟 1200m；金殿风景名胜区造了原有排洪沟并新建了 1800m 的雨水明沟，如图 3 所示，并在游人较集中的区域考虑安全性问题，改建了 1000m 的雨水暗沟，形成一套完整的雨水收集系统；郊野公园良好的森林自然生态环境使得山体对雨季雨水的消纳能力较强，除采用雨水明沟的收集方式以外，还根据山体坡度和地形设置了部分溪流渠涧，并结合植物造景营造了山体溪流的景观，这种渠涧汇水沟与自然完美融合，并与路边排水管沟相互配合，疏导山体雨水，降低山体滑坡发生的可能性^[8]。

昆明动物园虽为山地型公园，但地处市中心且总面积远小于其他山地型公园，是昆明市区观赏内容最丰富、游人最多的公园，年入园人次达到 600 万人以上。因此，昆明动物园内的雨水收集措施以保障游人安全性为基本前提，同样是以管沟收集为主，但与其他山地型公园不同的是，昆明动物园所铺设的管沟都采用雨水暗沟的形式。雨水暗沟虽然造价较高，但设于地下，

对游人安全影响较小。昆明动物园内的雨水收集暗沟分别设于道路的红线两边，在圆通山上铺设东西向的四条主排水沟收集雨水，主沟宽为 0.5m，次干沟宽为 0.3m，沿次游路边设置碎石透水沟 3390m，使雨水就地入渗。一般来说，山地型公园道路坡度较大，初期雨水易形成径流，且人流量大的公园道路雨水水质较低，不适合采用透水路面的方式进行收集^[9]。但是昆明动物园内的园路除应急车道外，禁止机动车通行，游客游览以步行为主，辅以少量电瓶车，所以对昆明动物园内道路承重压力要求不高。在山地型公园中，对于游客容易大量集中、易形成汇水面的地段，在管沟收集的基础上，增加透水路面，可以更好地减少路面雨水的汇集，进一步保障游客的安全。因此，昆明动物园选取从南门入口至海棠大道相对平缓且游人容易大量聚集的路段，建设了约 5500m² 的透水路面。



图 3 金殿风景名胜区明沟示意图

3.2 滨水型公园的雨水收集措施



图 4 西华公园下凹式绿地集水示意图

大观公园和西华公园紧邻滇池，昙华寺公园位于金汁河畔，都属于滨水型公园。三个公园地形平坦，大观公园面积较大，有 47.8hm²，其中水域面积占到一半以上，西华公园和昙华寺公园面积较小，都为 8hm² 左右。三个公园原有的雨水收集措施较少，只有少量雨水管道，由于常年失修，出现堵塞的情况，且由于地形平坦使得雨水径流不容易自然找坡，而游览面积小也使

得游人相对集中。根据这些问题和滨水型公园的实际情况，从优先考虑游客安全性的角度出发，雨水收集方式以设置雨水暗沟进行收集为主，同时疏通原有雨水管道、道路雨水排水口。大观公园和昙华寺公园分别新建雨水暗沟 4332m 和 848m；西华公园除在全园硬质化路面使用雨水暗沟进行地面雨水收集以外，还使用了下凹式绿地收集大面积草地中不能及时消纳的雨水，如图 4 所示。一般来说，植物种植区绿地雨水容易自然下渗，但由于西华公园绿地面积占总面积比重较大且地形平坦，在点状暴雨下依然会产生积水，所以采用了下凹式绿地对其绿地雨水进行收集。另外在西华公园内的一些造景中，使用了碎石铺装，配以植物和鹅卵石，既打造出特色景观，也有利于雨水下渗。

4、昆明市属公园雨水资源化利用的储存措施研究

在已建成的公园中，特别是历史悠久的公园，增加雨水储存设施相对于新建公园更有难度。如何在不破坏公园原有景观的基础上增加雨水的储存设施，提高雨水的蓄水量，为雨水的资源化利用提供充足的水源，是本研究关注的重点。本研究针对山地型公园和滨水型公园两种类型，从汇水面积、地势高程、现有水域状况三个方面研究分析雨水储存设施的规划。7 个市属公园的雨水储存量变化如表 2 所示。

表 2 昆明市属公园雨水储存容量表

公园名称	新建蓄水池 体积/m ³	清淤扩容 体积/m ³	增加雨水 容量/m ³	中水日最 大供水量/m ³
黑龙潭公园	520	5600	6120	无
金殿风景名胜区	642	4771	5413	10000
郊野公园	9500	无	9500	无
昆明动物园	70	2816	2886	5000
大观公园	无	55766	55766	20000
昙华寺公园	100	220	320	无
西华公园	无	8666	8666	2000

4.1 山地型公园的雨水储存措施

黑龙潭公园与金殿风景名胜区占地都达到了 100 公顷左右，内有面积较大的山体，且存在尚差大、坡度陡、汇水面多的特点。黑龙潭公园原有水体主要包括清水潭、浑水潭、月牙潭及水景园水池；金殿风景名胜区原有水体分布零散，其中面积较大的为水景园水池和生态园水池。但是这些水体长期未进行清淤，池底蓄积了大量底泥，其蓄水量有限。针对这些情况，黑龙潭公园和金殿风景名胜区的雨水储存措施主要为对原有水体进行清淤以提高蓄水量并根据公园坡度及径流流向划分不同汇水面，分片区汇集、储存雨水，如图 5 所示。不过并不是所有现有水体都适合通过清淤扩容来储存雨水，黑龙潭公园中的清水潭因其潭底有出水泉眼，不适合储存雨水。黑龙潭公园和金殿风景名胜区平均清淤深度为 0.7m。另外黑龙潭公园和金殿风景名胜区还根据各自公园内山体的坡度高程以及汇水面，分片设置收集储存雨水的设施^[10]。其中，黑龙潭公园分为三个片区，金殿风景名胜区分为四个片区。通过分片区新建雨水储蓄池，两个公园分别增加了 520m³ 和 642m³ 的雨水容量，多余的雨水溢流至道路排洪沟。

郊野公园面积虽达 162.11hm²，但与黑龙潭公园和金殿风景名胜区不同的是，其距市区距离最远而地势坡度又高，难以铺设管道加压供水。加之其原有水体面积小、蓄水量有限，旱季几乎全部干涸，是一个极度缺水的公园。针对以上情况，郊野公园主要依靠新建蓄水池来储存雨水。新建蓄水池又包括两种类型，一是在公园地势最低处建设一座容量为 9000m³ 的大型人工水塘，二是根据山体坡度和径流流向从山顶到山脚沿山涧共设 8 座自然汇水池。



图 5 黑龙潭公园蓄水池示意图

昆明动物园位于市中心，占地 24.51hm²，客流量大，动物园内原有的水体只有鸳鸯池面积较大，其余水体面积较小，零散分布，且部分景观水体由于饲养水鸟，池底沉积大量淤泥多年未清理，影响其蓄水量。针对昆明动物园的特点和存在的问题，其雨水储存措施的重点在于新建蓄水池和对原有景观水体进行清淤共计 2816m³，以提高其蓄水量。根据昆明动物园山地型公园的地势高差，选取地势最低处，在南入口西侧建设了一座 70m³的地理式储水池。

4.2 滨水型公园的雨水储存措施

大观公园与西华公园都靠近滇池。大观公园总体面积 47.8hm²，其中水域面积 24.7hm²，水域面积占全园面积的百分之五十以上；西华公园总面积 8.6hm²，水域面积 0.86hm²，水域面积占公园总面积的十分之一左右。两个公园水域面积较大，其雨水储存措施的重点在于对原有水体进行清淤扩容以提高其蓄水量。大观公园对荷花池、近华浦水体以及东西两园近 11hm²的水域进行清淤，清淤深度为 0.5m，增加水体容积 55766m³；西华公园清淤深度 1~1.2m，增加水体容积 8666m³。除此以外，西华公园考虑到游人的亲水安全性问题，打造了生态驳岸^[11]，将清出的淤泥堆积在生态驳岸的基质槽内，既可以解决生态驳岸植物栽植的基质问题，又使水体沿岸水深由 1m 变为 0.3m，可以有效地防止游人落水后造成人身事故的安全隐患，同时也降低了淤泥的外运成本。

昙华寺公园毗邻金汁河公园，分为前园、中园和后园三个部分，地势前低后高，有一定高程，公园内水域面积共 0.16hm²。其雨水资源化利用措施主要针对中园与后园，在中国与后园原有的三处景观水体中，最大的一处水域面积为 0.09hm²，位于公园地势最高处的瑞应塔前。另两处分别是公园自助烧烤区水池和木兰园水池，因常年养殖观赏鱼并投放鱼食，加上多年未清理，致使池底沉积大量淤泥。针对这些问题，昙华寺公园的雨水储存设施除了对原有景观水体进行清淤扩容外还要新建蓄水池。对于地势有坡度的公园来说，修建大面积的地面雨水收集池相对困难，对环境的改造代价大，而地下储水池的蒸发量小，其储水能力也高于地面蓄水池。所以昙华寺公园借鉴了山地型公园利用地势坡度修建高位水池与低位水池储存雨水的方式，在中园和后园整体地势最低处即公园次入口处，新建储水量为 100m³的地下蓄水池，对于公园自助烧烤区和木兰园的两处水池进行清淤，而位于瑞应塔前的高位水池则进行驳岸加高，扩容 120m³，并埋设了 110m 的连接管将三座水池联通。

5、昆明市属公园雨水资源化利用的净化和利用措施研究

昆明市属公园收集的雨水用途主要有绿化浇灌、景观水体补水以及消防备用水源三个方面。由于昆明市严重缺水且 11 月至次年 4 月都处于旱季无雨状态，而这些历史悠久的城市公园植被丰富，公园用地紧张，很难规划建设大规模雨水储存设施，即

使在雨季仅依靠雨水的收集储蓄也难以满足公园长期持续的用水需要^[12]。因此昆明市从 2002 年陆续向大观公园、西华公园、昆明动物园和金殿风景名胜区提供中水。郊野公园由于距市区距离远，地势又远高于市区，难以铺设供水管道加压供水；黑龙潭与昙华寺公园的中水管道目前还在规划建设中，目前暂未供应中水。

为保证绿化浇灌系统长效运转及景观水体透明度的提升，必须对雨水及中水进行净化处理。雨水净化系统设置在收集系统末端，在收集的雨水和供应的中水进入储存设施之前对其进行沉淀、过滤。公园绿化浇灌、补水和消防用水一般情况下不会与游客直接接触，为非接触性水体，因此对水体中大肠杆菌菌群数量指标要求较低。但景观水体对透明度的要求较高需达到 1.5m 以上，另外绿化浇灌和消防用水则需避免水中的杂质与悬浮物在喷灌时堵塞出水口，因此在雨水收集系统的末端和中水的进水口处需要设置沉淀和多级过滤装置^[13]。确保水体污染主要指标水平降低到地表 IV 类水左右，才能保障景观水体的透明度和浇灌、消防用水系统的畅通。净化方式依据公园用地状况、运营管理费用等实际情况，每个公园的利用情况各有不同。

5.1 山地型公园的净化和利用措施

黑龙潭公园、金殿风景名胜区、郊野公园和昆明动物园的雨水净化和利用措施主要是经过沉淀和过滤后对公园景观水体进行补水、绿化浇灌和消防用水。其中，昆明动物园由于长期饲养水鸟，其原有水体富营养化程度高于其他山地型公园，总氮、总磷、化学需氧量等指标超标，固体悬浮物浓度偏高。所以在其雨水净化措施中，除了简单的过滤沉淀外，还采用了生物控制技术恢复水生态，构建植物群落强化水体自净功能。根据昆明动物园所处的地域环境特点，配合水体景观营造和构建的植物群落有：小莎草群落、鸢尾群落、千屈菜群落、菖蒲群落、海菜花群落、苦草群落、荷花群落、水罂粟群落、睡莲群落；构建的动物群落有本土鱼种 5 种，本土蛙 1 种，本土螺 1 种。这些技术措施能有效改善水体中的藻类、颗粒物、氨氮含量、悬浮物、总磷等污染物指标。

金殿风景名胜区和昆明动物园储存在低位水池中的雨水和中水通过泵站加压提升至高位水池，再由高位水池向下自流，一部分补充景观水体，另一部分进入浇灌管网浇灌山体植物。其中，金殿风景名胜区的雨水再利用管网除了浇灌用水管网外还有一套消防专用水管网，依靠储存的雨水和中水作为公园内的消防用水水源。黑龙潭公园低位水池储存的雨水直接经加压泵泵至公园景观核心区，补充景观水体并对核心区的植物、绿地进行浇灌。郊野公园上位水池水位高时，通过埋设的溢流口逐层补充低位景观水体，上位水池水位低时，其蓄积的雨水通过自然下渗补充低位景观水体；低位水池储存的雨水则由洒水车运送至景观核心区用于绿化浇灌，沿途浇灌山体植物。另外，郊野公园作为自然森林公园在秋冬季节为了应对森林火灾需要储备大量消防用水，由于其缺少供水水源，储存的雨水无法满足消防储水要求时，由洒水车从公园外部运水补给。

5.2 滨水型公园的净化和利用措施

大观公园与西华公园是以水体景观为主的滨水型公园，对景观水体透明度要求较高，所以在其雨水净化和利用措施中采用沉淀和多种滤料过滤的净化方式对雨水及中水进行逐层净化后补充景观水体并通过泵站加压浇灌园内植物。西华公园在绿地低凹处设置了 7 座下沉式雨水过滤池，下凹式绿地与暗沟收集的雨水经沉淀过滤后就近排入公园内的池塘。进一步对西华公园池塘水质净化将池塘分为三池，第一池水由下向上渗透，第二池水由上向下渗透，第三池采取平流方式。第一、第二池用过滤填料碳渣、凹凸棒土、黄沙等，形成“三明治”式的渗透过滤层；第三池栽种水生植物：鸢尾、梭鱼草、水葱、水莎、紫莎草、再力花、美人蕉，池底种植沉水植物苦草形成生态净化层。净化后的水质指标已接近 IV 类水，水体透明度常年保持 1.5m，如图 6 所示。另外，西华公园构建的生态驳岸，形成一种可渗透的界面，通过拦截、减缓地面径流，过滤、吸附、转化径流水体中 70% 的藻类和颗粒物、氨氮以及悬浮物，从而达到进一步净化水体的目的。

昙华寺公园雨水净化和利用措施主要为将收集的雨水自然沉淀及由过滤池过滤后通过泵站给蓄水池加压将蓄积的雨水泵上，采用喷灌的方式浇灌公园内的植物并补充景观水体。过滤池设置在雨水暗沟汇集处，在收集的雨水进入蓄水池之前对其进行过滤净化。由于昙华寺公园的中水管道仍在规划建设中，所以当收集储存的雨水难以满足公园内的用水需求时，就近取用金汁河

的河水进行补充。



图6 西华公园净化后的景观水体示意图

6、总结

规划建设完善的雨水收集、储存、净化利用系统，提高了雨水利用效率，是实现雨水资源化利用的有效途径，是解决中水在直接使用中出现堵塞浇灌系统、水景水质恶化问题的有效方法。

昆明市属公园绿地的雨水收集主要以管沟的收集方式为主，个别公园采用了下凹式绿地和透水路面的收集方式。山地型公园多采用明沟进行收集，滨水型公园多采用暗沟进行收集。从游客安全角度考虑，在游客集中的区域，无论什么类型的公园都应优先考虑采用暗沟的收集方式。

雨水的储蓄主要依靠对原有景观水体进行清淤扩容和新建蓄水池。山地型公园的地势易造成其景观水体分布较零散，面积相对滨水型公园较小，难以满足雨水储存要求，所以一方面要对山地型公园原有水体进行清淤扩容，另一方面要结合地势新建蓄水池。根据其地势高差大的特点，采用高位水池与低位水池相互配合储存雨水的方式。滨水型公园由于景观水体占整个公园总面积比重较大，一般无需新建人工蓄水池，可以通过分片区的水塘清淤后蓄积雨水。对于滨水型公园中存在一定地势高差的公园，可借鉴山地型公园雨水储存的思路，在地势最低处修建地下储水池，利用道路坡度储存硬质化路面汇入的雨水。

昆明市属公园的雨水用途主要有绿化浇灌、水体景观补水及消防用水三个方面，这三类用途一般不与人体直接接触，因此对水体中大肠杆菌菌群数量指标要求较低。此外，为保证绿化浇灌的喷灌系统长效运转及水景水体透明度的提升，必须对雨水及中水进行净化处理。净化方式依据公园用地状况，运营管理费用等实际情况，昆明的市属公园主要采用沉淀和多级过滤的技术。

本研究提出了一套系统两种水源的模式，通过雨水和中水的互补互换既合理控制利用了雨水收集、储存、净化系统的规模，又减少了中水的使用量。在减少了对现有公园景观环境破坏的同时，提高了水景水体的水质，提升了公园整体环境的质量，实现了资源节约、环境友好的水资源利用目标。

[参考文献]:

-
- [1]车伍,唐宁远,张炜,等.我国城市降雨特点与雨水利用给水排水,2007(6):45-48.
- [2]高嵩,李作洪.合理构建供水水源系统保障现代新昆明市经济社会可持续发展[J].水利水电技术,2007(12):9-14.
- [3]王建春,高嵩,顾世祥,等.云南省水危机及对策措施研究[J].中国农村水利水电,2010(12):52-56.
- [4]北京市园林局.公园设计规范[M].北京:中国建筑工业出版社,1993.
- [5]温东辉,丁鳗,龚询木,等.昆明市中水再生处理及回用现状调研[J].环境科学导刊,2011(5):55-60.
- [6]符健.城市公园雨水利用研究[D].杭州:浙江农林大学,2013.
- [7]朱祥明,苑雯美.国家标准《城市绿地设计规范》GB50420-2007(2016年局部修订版)简介[J].工程建设标准化,2017(1):55-57.
- [8]刘家琳,张建林.雨水径流控制的景观设计途径及在公园绿地中的应用分析[J].西南大学学报(自然科学版),2015(11):183-189.
- [9]张绿水,张青萍.上海世博园区雨水生态化处理技术分析[J].南京林业大学学报(自然科学版),2011(4):131-135.
- [10]吴晓华,王水浪.城市园林绿地雨水利用的方法探析[J].西北林学院学报,2010(5):212-215.
- [11]王大乐.城市园林绿地中雨水利用的景观化探讨[D].北京:北京林业大学,2007.
- [12]刘杨梅,黄英,王杰.云南省城市非常规水资源综合利用设想——以昆明市为例[J].安徽农业科学,2013(19):8265-8267.
- [13]何安琪,何苗,施汉昌.城市污水再生回用于景观水体水质安全保障技术[J].环境工程,2006(1):22-23.