

城市雨水回灌地下防治地面沉降水资源利用

周万勋 刘明洋

河南省江淮水利勘测设计有限公司 河南南阳 473000

摘要：文章针对我国高速城市化中日益突出的城市降雨问题，和对地下水环境超采的地面沉降危害性研究，并对城市降雨的处理方式提供水质研究基础上，重点论述了利用雨水直接回灌浅层含水层，在城市地面沉降治理中的应用前景与作用。

关键词：城市雨水回灌；地下防治；地面沉降；水资源综合利用

Urban rainwater recharge underground control land subsidence water resources utilization

Wanxun Zhou Mingyang Liu

Henan Province Jianghuai Water Conservancy Survey and Design Co., Ltd. Henan Nanyang 473000

Abstract: The article addresses the increasingly prominent issue of urban rainfall and the hazards of groundwater overexploitation-induced land subsidence in China's rapid urbanization. Based on water quality research on urban rainfall treatment methods, the article focuses on the potential and effectiveness of using rainwater infiltration into shallow aquifers in mitigating land subsidence in urban areas.

Keywords: urban rainwater recharge; underground control; ground subsidence; comprehensive utilization of water resources

城市对降雨的开发与利用，是指有目的地通过各种手段对降雨源加以保存和使用。主要有采集、贮存和处理后的直接使用；通过各类人工或天然水域、池塘、沼泽地以及低洼地对降雨径流速度进行调蓄、处理和使用；通过采取各类人工或天然的渗漏装置，将降雨渗入地下以补给地下水等。中国的城市雨水源开发与利用工作在领域上起步相对较晚，尽管也获得过很多进展，但随着中国经济社会的提高、城镇化的发展，以及城市化需用水总量的逐步扩大，城市水资源的供需矛盾也越来越突出，城市水资源环境问题也日益突出，因此有关的城市水资源问题也将日益受到我们的重视与探讨。

一、城市雨水利用的必要性

我国年均因城市缺水损失生产总值约二千多亿元人民币，影响的城市居民人数约四千万。尤其是在北部城市，因为饮用水的质量不足，供应能力严重不足，而不得不超量开采地下水，造成了市内和近郊地下水位大面积的降低。加上居民饮水挤占工业用水、环境用水的现象，严重影响了这一范围内的多个城市。相对于北部城市来说，南部的自然资源相对充足，饮用水危机变得不那么迫切。然而中国南方的很多区域地表水环境污染严重，且地下水开发过量，已产生了巨大的水质型水资源短缺。以太湖流域为例，目前太湖流域由于环境污染的加重，已经出现了三千余万人守在2300km³的天台湖，却发现了“水多用难”的窘迫场面^[1]。而伴随中国城市总量、大中城市人口规模乃至中国城市经济的发展，中

国城市水质供需平衡问题也将会越来越凸显。水资源匮乏已成为严峻影响中国城市经济社会可持续发展的主要原因之一。但是，长期以来对降雨资源也只是任其释放，不进行充分利用。做好城市雨水综合利用工作，是缓解城市建设发展过程中水资源紧张的重要途径^[2]。

二、国内外城市道路及雨水资源开发利用情况

(一) 国外对城市路面的雨水资源使用情况

德国、日本、美国等发达国家，由于城镇化进程较早，因此都市降雨运用的进展得也较快。中国城市降雨运用事业虽然有着漫长的发展历程，但中国真正意义上的对都市降雨运用技术的研发和运用却始于20世纪80年代开始，并在九十年代初蓬勃发展了起来^[3]。而进入九十年代以来，在中国水资源日趋短缺以及全球降雨集流事业的持续推进之下，中国逐渐关注都市降雨运用与水资源持续发展方面的研究，德国也是全球极力倡导并广泛开展都市降雨运用研究的先进国家之一。德国人使用都市公共雨水管网信息采集雨水，通过简易的管理后到达杂用水水质标准后，便可进行小区住宅公寓的卫生间冲洗以及庭院浇洒，在部分地方使用城市降雨则可节省自来水达50%。路面降雨经下水道进入沿途大型水池，或使用渗透补给地下水。在联邦德国的主要城市街道路口设置了拦阻挂篮，用于阻挡路面降雨径流中带入的污染物。目前，德国人在建设居民小区时都要建筑设计好降雨利用设备，除此之外，地方政府还将缴纳降雨污染设备管理费和降雨排污费用^[4]。日本人于一九六三年开始

吸收路面降雨，并修建了滞洪道和存放降雨的蓄洪池，将贮存的降雨用来喷洒道路、浇灌草坪和供应都市临时杂用水，基础设施也大都建立在地底，从而充分发挥了地下水能力。修建在地上的建筑要尽可能适应各种场合，如在调洪池里的体育场，雨天用于蓄洪，平时用做体育场。此外，在英格兰、澳洲、丹麦、英国、瑞典、巴基斯坦、以色列、巴西和墨西哥等国，通过建立小池、水仓、塘坝、淤水坝等工程设施，拦蓄降雨和灌溉，也达到了不错的成效。

(二) 国内城市路面雨水资源利用现状

中国的降雨使用工程也有着源远流长的文化：从秦汉时代，就有了修筑涝池、塘坝拦蓄降雨使用的文字记载，而水窖修筑发展也已有几百年；而北海团城雨使用工程，就是中国古代降雨使用的代表。少数民族地区对降雨的使用也由来已久，乌鲁木齐当地的坎儿井、西北部地方的水窖和住宅中的雨天井和渗池等都是其中的例子。但这些使用都是少数民族小区域的自觉活动，并无法产生大规模影响^[5]。

但真正意义上的城市雨水利用的研究和运用却开始于20世纪80年代初期，并兴起于九十年代，目前呈现良好的发展势头。北京市和德国联合开展“都市雨洪调节与应用”项目，可将降雨作为日常生活杂用水、喷洒道路、浇灌草坪、涵养土壤等。该项目进行完成后，地区将有百分之三十的降雨得以资源。部分省区开发较快，如内蒙古国的“112集雨节水灌溉项目”、甘肃的“121降雨集流项目”、宁夏的“窑水蓄流节灌项目”等^[6]。在北京市、上海市、哈尔滨、大连、西安等多个省市中也曾先后进行过研发工作，并表现出了不错的发展势头。20世纪90年代后期，中国城市的部分建筑物都已重现或建成了降雨采集系统，如山东的长岛县、大连的獐子岛和国家级舟山市等。但总体而言，中国的降雨资源在研究和实践中还处在阶段，科技还较滞后，没有系统化，更没有法律、法规保障系统。说，中国的降雨资源在研究和实践中还处在阶段，科技还较滞后，没有系统化，更没有法律、法规保障系统。

三、城市雨水收集、水质分析及处理

(一) 城市雨水的收集

目前的雨水搜集方式按照汇流技术差异大致分成三类：(1) 房屋雨水集蓄，雨水经房屋集中，经过落水管、输排气管流入蓄水池聚集（如上海浦东国际机场码头雨水收集管理系统水平投影建筑面积达17.62万 m^2 ，大雨时节聚集雨量为500 m^3/h ）；(2) 路面降雨截流，路面降雨经过降雨管线排入沿途大规模积水池回收（如日本名古屋的若宫大通调节池，建在都市的大街底下，长约316m，带宽47~50m，深约10m，最高贮留量约为10×104 m^3 ）；(3) 绿地草坪的水渗入地面后滞蓄，绿地草坪的降雨径流通过时下渗直接供应地下水，而大于绿地草坪穿透程度的降雨则流入雨池中收集。由于降雨的渗透

方式，可吸收雨水有限。

(二) 城市雨水的水质分析

将于过程中，空气中的可溶性空气，溶解或漂浮的固体，多种重金属和微生物等也会进入当中。而地表径流中的物质，主要是由雨水中的基本物质和所经过的附加物质构成，大部分来源于雨水对土壤的侵蚀，总的说来，在降水过程中，污染含量逐步减少，最后趋于稳定^[7]。雨水水质分析所重点考察的重点污染指数是COD、SS、硫化物，以及氮氧化物等，相比于较路面雨水，屋面雨水的污染含量相应低得多。

(三) 城市雨水处理

各种用途的不同质量特点，都需要选用适当的雨水处理工艺。降雨在经过初期弃流、混凝、沉降、滤波、杀菌等常规处理后，通常均可到达生活杂用水水质标准，也可用作园林绿化浇水、喷洒路面、洗车等，但尚无法使用地下水回灌生活用水。因此为了避免地下水环境污染，并进行净化水链，地下水回灌质量也需要满足相应的条件，一般控制参数是细菌、总无机物质量、土壤中有机重金属、难降解有机物等。中国所制订的地下水返回标准比较规范和科学合理，并获得了国际普遍认同但中国目前还缺乏具体的地下水返回水质标准，而上海市的地面沉降控制管理方案中确定了返回的质量必须符合生活饮用水卫生标准。所以，对降雨处置工作要满足地下水返回要求，就需要在传统处理方法的基础上增加一定的深层处理工艺，包括了活性炭吸附、膜分离等工艺。而降雨的深层处理工艺也是环境条件很好的地区需要采用的管理方法。而国外的实践经验结果也表明，对降雨开展深层处置工作时，基本能够满足或者高于生活饮用水卫生标准。德国是目前实施降雨管理工作条件最好的国家之一，在德国部分地方可以通过降雨节省饮用水的总量超过50%；由于在北京国际体育场“鸟巢”的雨洪综合处理技术中使用的纳滤膜工艺，可以直接把雨水处理为纯净水后加以使用。所以，将降雨经过深度处理之后作为自来水实行地下回灌也是绝对可以的。

(四) 雨水回灌的实施

降雨回灌的控制措施，不但可以减少常规的联合、疏导制排水管道中的直径，还可以降低暴雨泵站建筑物的设计流量、合流制中的沉淀设备和其他处理设施的设计流量、暴雨初期径流所产生的潜在荷载等，而且还具有对城市内暴雨高峰流量的引导功能。目前的分流制排水管道体系，能透过把排水系统面积分流（即降雨的回灌）来减少排水管网纳污能力的欠缺和增加对河流的防护能力。回灌的前提条件之一，就是土壤必须具备适当的通透性和吸收能力以及土壤的抗污染性，土壤的通透性不可太小，不然会导致排空的储蓄时间过长和根系的阻塞等问题，另外土壤的通透性也不可过大，不然就会造成降雨渗入地下的过程非常快，以至于缺乏充分的土壤停留时间和化学反应、生态过程；还有一种情况就是在排

水范围的划定上，应按照地区的实际特点来确定合理的降雨时间，如商业区和工业区的降雨基本上不可以直接渗入地下水，而应进行必要的预处理之后才可回灌入地下水。综上所述，如果采用了合理的设计方法和根据地区的实际状况，降雨的就地循环是完全能够进行的。

四、城市雨水在地面沉降防治中的利用前景研究

降雨进行深度管理时，可通过代替自来水进行回灌。降雨回灌的实现，一方面能够节省大量自来水，减少回灌地下水的时间；一方面能够降低城市暴雨排出装置的管网直径和降雨泵站建筑物的规格，降低相关城市的基本建设投入费用；另外，也能够发挥对城市内降雨高峰流量的引导控制功能。因为上海地区的潜水层和微承压含水层质量并不好，所以降雨只是进行了适度处理后就能够用来回灌。而目前，对浅层含水层的回灌一般有二个方式：低压力回灌和自动回灌。

加压回灌系统主要利用自来水管网加压技术，使水源能克服含水层的阻碍进入含水层结构。建立了水中反混凝土漏斗，可以发挥较好的提升地下水位的功能。而回灌水井周边地回弹区最大超过了5.07mm，地回弹区最大作用零点五径也达到了100m。

自然回灌是指水直接进入浅层的回灌水井，由于回灌管路不闭合，使回灌井中水头抬高造成的水头过低，从而使回灌井中水突破含水层阻力流入含水层结构中。在历时近一百五十小时回灌后，使回灌井中水位抬高至2.08m，监测井中水位依次抬高至0.982m、1.010m、1.003m，在回灌水井周边的地面回弹法最大0.7mm。利用较古老的浅层含水层，进行回灌对预防过程性地面沉降产生应用的推广意义，也可以获得更为理想的地面沉降防治效果，从而减少了因为过程性地面沉降产生的损失，同时对于降水的基坑工程和基础建设项目诱发地表下沉预防工程也有着良好的使用意义，在中国重大基础设施项目的推广应用过程中可以获得良好的经济效益和社会效益。由于城市中每年都可收集大量的雨水，成为重要的自然资源，这部分降雨在进行处理后，可以作为回灌浅层含水层，不但具备了保护意义，还可以对地表下沉预防工程具有一些意义。

五、结束语

综上所述，雨水直接回灌地下有其实施的可行性和必要性。通过降雨回灌地下水，不仅能够补给日益短缺的地下水源、防止或降低土壤沉降、抬高地下水位，而且还能够利用分流的降雨降低了对雨水管线和泵站的建设投入及其运营费用，还可以减少大雨后城市内涝的出现。但因为降雨回灌地下水关系到天气、地理、水利工程、城市规划设计等，所以具体工作还需要与城市规划、道路运输交通、工程设计与实施等有关单位的密切配合协调

参考文献：

- [1] 刘玉兵，宋燕云. 城市水环境治理的点源控制及截污技术[J]. 云南水力发电，2022，38(10):288-291.
- [2] 姚晨，顾乐瑶，罗洋，等. 基于人工降雨的透水装置透水性能的研究[J]. 四川建材，2022，48(10):225-226，238.
- [3] 刘晓丹，詹翮，文贤儿. 初期雨水污染常态化管控对策研究[J]. 环境保护，2022，50(19):61-64.
- [4] 刘家宏，梅超，邵薇薇，等. 城市排水防涝基础设施应对能力的三个阈值[J]. 水利学报，2022，53(7):789-797.
- [5] 王德康，田艳，王教铎，等. 中小型城市防涝专项规划编制重点探讨与实践[J]. 市政技术，2022，40(7):252-258.
- [6] 梁倩. 新自然主义草本植物景观在城市雨水花园中的应用与设计[J]. 乡村科技，2022，13(13):119-122.
- [7] 陈鹏，赵剑伟. 城市暴雨内涝灾害起源分析与对策研究[J]. 灾害学，2022，37(3):33-36，60.

作者简介：

周万勋（1998-）男，满族，河南南阳，本科，河南省江淮水利勘测设计有限公司，研究方向：水文与水资源

刘明洋（1997-）男，汉族，河南许昌，本科，河南省江淮水利勘测设计有限公司，研究方向：水文与水资源