

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2014.04.041

西安市雨水资源化利用策略研究

陈醇, 韩瑞霞, 尹华

(西北大学 城市与环境学院, 陕西 西安 710127)

摘要: 在水资源短缺、水污染严重的背景下,城市防洪减排、地下水补给和工业生活用水紧张等问题出现,使雨水资源化利用的必要性日益凸显。在对西安市水资源现状分析的基础上,通过对不同汇流介质上雨水利用可行性的分析,提出了相对应的利用措施。

关键词: 雨水资源化;雨水收集;雨水利用

中图分类号: P426.6

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2014)04-0204-04

Research on Utilization Strategies of Xi'an Rainwater Resources

CHEN Chun, HAN Rui-xia, YIN Hua

(College of Urban and Environmental Science, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710127, China)

Abstract: Under the background of water shortages and water pollution, rainwater resources has become increasingly important in controlling flood, reducing drainage, recharging groundwater and solving water shortages. Based on the analysis of water resources situation in Xi'an, we analyzed the feasibility of rainwater utilization on different confluences, and put forward corresponding utilizing measures.

Keywords: rainwater resources; rainwater collection; rainwater utilization

《世界水资源发展报告》显示,地球表面约有70%以上的面积是被水覆盖,水资源总量为 $1.386 \times 10^{18} \text{ m}^3$,其中淡水总水量为 $3.5 \times 10^{16} \text{ m}^3$ 。占总储量的2.525%。由于技术和经济等因素的限制,目前在人类生活生产方面应用最多的仍旧是河流湖泊和浅层地下水,总可用量约为 $1.046 \times 10^{14} \text{ m}^3$,仅占淡水总储量的0.3%,而海水、冰川水、深层地下水还未得到广泛利用。

我国由于地广人密,位列全球用水量最多国家的前十位。我国水资源总量据统计约为 $2.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$,位列世界第6位,人均占有量为 2340 m^3 ,仅为世界人均占有量的1/4,居世界总排名109位,已被列为全球13个贫水国家之一。到20世纪末,我国500多个城市中仍有300多个城市存在供水不足的问题。

我国水资源基本水情是人多水少、水资源时空分布不均,面临水资源供需矛盾突出,污染严重等问

题^[1]。随着城市化进程的加快,社会和经济的发展对水环境所造成的压力日益明显。在这种情况下,为协调供需水矛盾,减轻水资源压力,城市雨水资源收集利用的价值日益明显。其不仅能够缓解用水紧张,同时一定程度上能够改善城市的局部小气候。

雨水资源的利用在距今4000多年前的中东地区就已经开始。20世纪60年代,日本开始收集路面雨水并同时研究雨水回灌地下水技术^[2]。到1982年,国际雨水集流会议召开后,成立了国际雨水集流系统协会(International Rainwater Catchment Systems Association, IRCSA)。我国在雨水的收集和利用方面虽然具有较长的历史,但多在干旱缺水的农村地区。20世纪90年代,多个缺水地区展开了雨水利用试验示范研究,如甘肃省开展的“121雨水集流灌溉工程”、内蒙古开展的“112集雨节水灌溉工程”等,但总体上我国城市雨水资源化的研究和利用仍处于起步阶段。

1 西安市水资源概况及开发雨水资源的必要性

西安市地处中国腹地渭河流域中部关中盆地,是我国水资源最为缺乏的 14 个城市之一,水资源的匮乏已成为限制西安市经济社会发展的一个重要因素。据统计,西安市主要的七条一级河流中只有两条水质合格,其中渭河、皂河、涝河、沔河、泾河由于多年来工业、城市和农业废污水的排放,污染严重,现均属于 V 类水质,难以利用。由于城市化进程的加快,各方面用水量逐年增加,地下水的开采力度也不断增加,地下水位下降,地面沉降、塌陷等危害显现。在地下水开采受到限制,地表水受污严重的情况下,开发新的水资源是当前保证社会、经济和环境协调可持续发展的最佳方案。城市雨水资源的有效利用,对补给地下水,缓解地下水资源供需矛盾有相当大的帮助。

2 西安市雨水资源化利用的可行性

西安市城市雨水资源化的方式可以根据雨水汇流的介质不同可分为三个方面,即屋面雨水的回收利用、道路雨水的资源化利用以及绿地雨水的利用。屋面雨水的利用方式主要方法是将初期水质不稳定且杂质较多的雨水弃流之后,将水质稳定的雨水收集入先期建设的地下蓄水池,再进行统一规划利用;道路雨水的资源化方式是将雨水通过管道收集入蓄水池或经过透水路面或透水方砖直接下渗;绿地雨水主要的利用方式是建立生态渗滤池,生态沟或直接下渗。具体过程见图 1。

2.1 屋面雨水的利用

屋面作为城市建筑物的主要雨水汇流介质,具有面积大,污染物相对较少且成分单一,雨水径流量大、便于雨水收集等特点。

2.1.1 屋面中水估算

城市建筑屋面可用中水的用量可通过式(1)计算:

$$Q = \Psi\alpha\beta A(H \cdot 10^{-3}) \quad (1)$$

其中: Q 为屋面年平均可利用雨量(m^3); Ψ 为径流系数; α 为季节折减系数; β 为初期弃流系数; A 为屋面水平投影面积(m^2); H 为年平均降雨量(mm)。

计算式(1)中,径流系数 Ψ 的取值根据《建筑给水排水设计规范》(GB50015-2009)中 4.9.6 规定屋面的径流系数一般取 0.90~1.00。季节折减系数 α 应通过降雨集中时期的降雨量占全年总降雨量的比值。

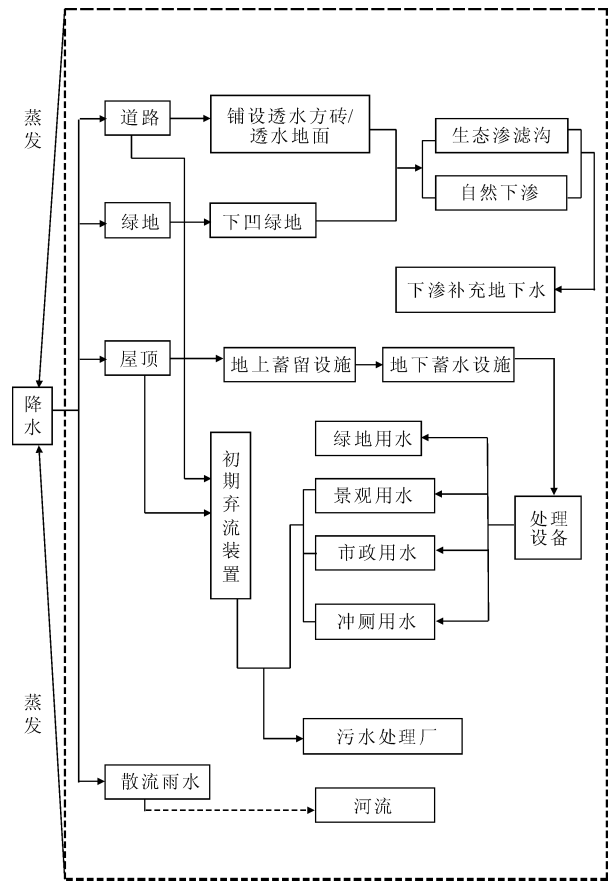


图 1 雨水利用方式

表 1 西安地区 1951 年以来年平均及各季降水量统计
单位: mm

项目	平均	春季	夏季	秋季	冬季
平均值	573.7	135.1	231.7	183.5	22.4
最大值 (年份)	903.2 (1983)	245.7 (1987)	455.8 (1957)	403.4 (1983)	68.4 (1988)
最小值 (年份)	312.2 (1995)	30.6 (1955)	88.1 (1969)	77.2 (1998)	0.7 (1998)

由表 1 可知^[3],西安市的雨水主要集中在夏秋两季,则通过换算西安市季节折减系数 α 可确定为 0.723。初期弃流系数 β 取 0.86, $\beta = 1 - \text{初期弃雨量} \times \text{年利用降雨次数} / \text{年平均降雨量} = 0.86$ ^[4]。西安市年平均降雨量约为 573.704 mm。由上述计算公式和已确定的相关系数,再根据各断面的径流系数、与各屋面水平投影面积可确定出各个断面的年平均可利用雨量。

2.1.2 西安市屋面雨水资源化拟采用的技术措施

屋面雨水回收利用中,由雨水的初期降落得到的汇流水质较混浊,色度大,污染较为严重。雨水水质除与降水强度密切相关外,也受屋面所用材料、

当地空气质量、气温、两次降雨间隔时间等因素的影响^[5]。因此要考虑初期弃流,将弃流的雨水排入城市污水管道,经城市污水处理厂的处理达标后排放。弃流结束后,雨水形成的汇流水质基本稳定,杂质含量少,成分相对单一。将这部分雨水通过管道,水渠、水槽等辅助设施输送至蓄水池进行储存,同时在蓄水池中加入混凝剂,使在初期弃流中未被去除的悬浮物、胶体等物质再去除。蓄水池在蓄水的同时起到沉淀池的作用。之后再通过压力泵提升到压力滤池中,通过简单的直接过滤后添加消毒剂进行消毒。最后进入中水系统,以供城市市政消防、绿化、路面的喷洒、洗车、公共厕所的冲水的等方面的利用。西安市城市屋面雨水利用方式可采用图 2 所示的工艺流程^[6]。

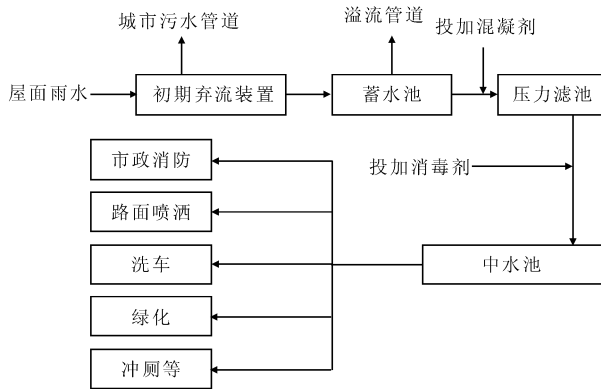


图 2 城市屋面雨水利用方案工艺流程

2.2 道路雨水的利用

2.2.1 道路雨水的可利用性

城市的地表主要为路面,目前西安市主要道路均采用水泥沥青等硬化材料铺设,透水性较低,西安市城区内近 400 km² 的交通用地路面都实现了硬化^[7]。宋伟等研究认为^[8]以往可以通过土地地面渗入地下的雨水,超过 80% 都在硬化过的地面如水泥、沥青等路面汇集,必须用排水系统排至河流等,不仅雨水未得到合理的利用,同时极大地增加了排水管道的压力。雨水降至地面形成的径流水质总体较差,污染物除了在降水过程中吸收的空气中的粉尘等污染物外,路面的泥土、灰尘、有机污染物也会被雨水冲刷而进入雨水径流中。

通过对西北大学南校区路面水质指标 COD 和 SS 进行测量,路面水污染程度偏高。但随着降雨时间的增长,污染物浓度明显下降。由图 3、图 4 所示。

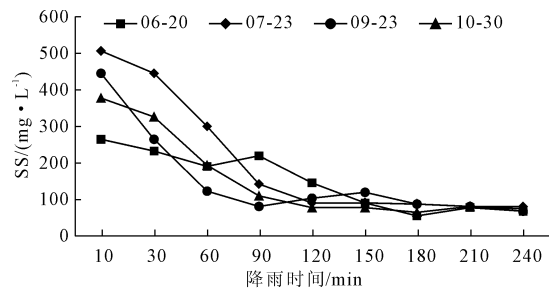


图 3 SS 随降雨时间的浓度变化曲线

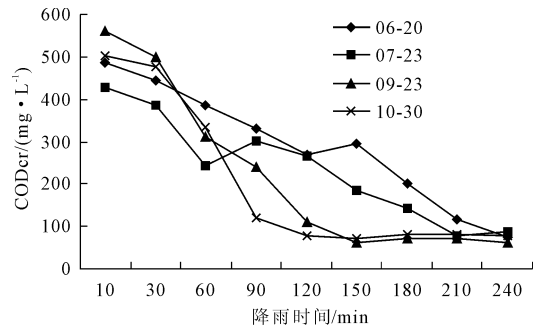


图 4 COD_{Cr} 随降雨时间浓度变化曲线

同时孙常磊^[9]等对西安市降雨后路面径流进行了水质分析,也得出相似结论,在降雨初期路面水质很差,浊度大,随着降雨时间的增加水体中的污染物浓度明显降低。可见路面径流的污染物浓度变化方式基本一致。

将初期污染物浓度较高的路面径流弃流之后,剩下的雨水形成的径流建议采用以下方式利用,①将易收集到的雨水通过汇入地下蓄水池进行处理后统一利用;②对于分散性较强,面积较小、收集雨水困难度大的路面,可将路面改设为透水路面,或在路面铺设透水方砖。雨水通过下渗补给地下水,增加入渗量,不仅减小城市径流量,同时还能在雨洪时期减少洪峰量,延迟雨水回流时间。③对于与绿化用地相邻的路面可将绿化用地面修建的低于道路面,以利于路面的雨水流入绿地,减少绿化用水,同时通过绿地下渗,回补地下水。

2.2.2 道路可收集雨水水量估算

① 地下蓄水池的蓄水量可通过式(2)进行计算:

$$V = \Psi \alpha (D/2) L (H \cdot 10^{-3}) \quad (2)$$

式中: V 为蓄水池容积(m³); Ψ 为径流系数; α 为初期弃流折减系数; D 为路面宽度(m); L 为量蓄水池之间距离(m); H 为设计日降雨量(mm)。

计算式中,径流系数 Ψ 的取值根据《建筑给水排水设计规范》(GB50015 - 2009) 中 4.9.6 规定混凝

土和沥青路面等不透水表面的径流系数,一般取0.9; α 一般取0.85。

渗水设施的渗水量可由式(3)进行计算:

$$W_s = a \times K \times J \times A_s \times T_s \quad (3)$$

式中: W_s 为渗透能力(m^3); a 为综合安全系数,一般取0.5~0.8; K 为土壤渗透系数(m/s); J 为水力坡降,垂直渗透一般可取 $J = 1.0$; A_s 为有效渗透面积(m^2); T_s 为渗透时间(s)。

2.2.3 道路雨水利用的初步技术措施

道路雨水利用的初步技术措施可分为以下两种模式:

(1) 不透水路面的雨水收集利用。

不透水路面汇流的雨水,由于污染物难以扩散导致水质较差。因此在利用的时候工艺比较复杂,需在道路雨水口加设格栅、滤网等以过滤较大的污染物。雨水通过初期弃流装置将初期难以利用的雨水弃掉后,进入蓄水池,在蓄水池中经过过滤消毒后进入中水系统,进行利用。具体流程可用图5表示。

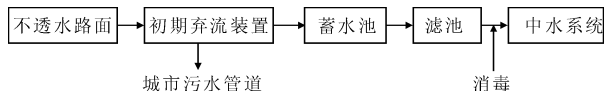


图5 不透水路面的雨水收集利用流程图

(2) 透水路面的雨水收集利用。

透水路面的雨水利用方式主要是通过透水路面和透水方砖将雨水弃除初期径流后,依靠土壤的净化调节作用,直接下渗入地下的生态渗滤沟等,进行地下水的补给。具体流程见图6。

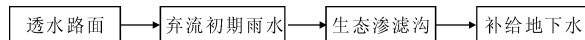


图6 透水路面的雨水收集利用流程图

2.3 绿地雨水的利用

绿地是城市中极好的渗透设施。绿地雨水的利用方案较前两种方案简单。绿地雨水的主要利用途径即回灌。雨水通过绿地下渗土壤,不仅可以补充地下水的储量,还可以减少汛期时洪水的径流量达到防洪减排的作用。建设绿地时,绿地地面高度应设计为低于路面高度,增大绿地的雨水径流收集量。同时优先考虑将其建设为下凹的方式,以增加其下蓄水能力和下渗能力。尽量减少拱形绿地,防治雨水径流沿坡面流出,及绿地边缘土壤含水量过快饱和,造成后续雨水的下渗减慢。同时在绿色植被与土壤之间宜增设贮水层、透水层等,从而减缓雨水的

径流速度,以增加土壤的相对含水量^[10]。

3 结 语

通过对西安市水资源现状的分析,认为雨水资源化是当前解决水资源短缺,水资源污染严重的有效措施之一。为此根据雨水的汇流介质提出了屋面、道路、绿地三种介质上雨水资源化的利用方案。通过对其可行性的分析,针对不同汇流介质提出了相应的初步技术措施。

西安市雨水资源化过程中,应当对气象、降雨、水文、洪涝灾害等方面的资料进行系统分析,得出其内在关系及其规律,同时还应加大城市路面的改造,增加绿地面积,提高雨水的入渗率,发挥土壤的调蓄功能,使地下水的储量得到就地补给,最后,应该全面合理的协调用水、蓄水与降雨的不同步关系,合理分配用水,也是实现西安市雨水资源化可持续利用的有效途径之一。

参考文献:

- [1] 岳尚华,王浩:中国水现状不容乐观——访中国工程院院士、中国水利水电科学研究院水资源所名誉所长王浩[J].地球,2013,(10):15-19.
- [2] Shizuo shindo. Rainfall harvesting in Volcanic Islands of Japan - Case studies of the Izu Island[C]//Proceeding of International Symposium & 2nd Chinese National Conference on Rainwater Utilization. Xuzhou, Jiangsu Province, China, 1998:131-133.
- [3] 党碧玲,任志远,张翀.西安地区近50年降水量的统计分析[J].西北大学学报:自然科学版,2011,41(1):139-144.
- [4] 黄亚伟.西安市城市小区雨水利用设计方案的探讨[J].陕西建筑,2006,(10):7-9.
- [5] 车武,欧岚,刘红,等.屋面雨水土壤层渗透净化研究[J].给水排水,2001,27(9):38-41.
- [6] 曹秀芹,车武.城市屋面雨水收集利用系统方案设计分析[J].给水排水,2002,28(1):13-15.
- [7] 张迪.西安城市雨水资源化研究[D].西安:西安建筑科技大学,2009.
- [8] 宋伟,周庆华,郭永辰.着力开展以雨洪利用为重点的城市水土保持生态建设工作[J].河北水利,2006,(4):13-14.
- [9] 孙常磊.西安城市雨水利用分区及不同下垫面雨水径流水质研究[D].西安:西安理工大学,2005.
- [10] 宋进喜,李怀恩,王伯铎,等.西安市雨水资源化及其利用的探索[J].水土保持学报,2002,16(3):102-105.