

北京城区雨水径流水质 及其主要影响因素

车 伍 欧 岚 汪慧贞 李俊奇

(北京建筑工程学院, 北京 100044)

摘 要 掌握城区雨水径流水质及其主要的影响因素是有效地利用城区雨水资源和控制城市非点源污染的基础。根据北京 1998—2000 年大量的降雨径流水质数据, 本文分析了城区屋面和道路雨水径流的水质变化规律及其主要影响因素。

城市雨水径流的水质很差, 初期径流的污染程度甚至超过城市污水。除了空气质量的影响外, 最重要的影响因素是屋面材料、道路类型及路面污染状况、气温、降雨强度、降雨量和降雨间隔时间等。

关键词 雨水径流 水质 污染 影响因素

The quality and major influential factors of runoff in Beijing urban area

Che Wu Ou Lan Wang Huizhen Li Junqi

(Beijing Institute of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044)

Abstract It is a critical basis for utilization of rainfall resource and pollution control of runoff in urban area to understand runoff quality and its main influential factors. On the basis of large quality data selected from rainfall events during 1998—2000 in Beijing, this article analyzes the quality of runoff from roofs and roads, and major factors which affect the quality.

The quality of the runoff is very poor, the polluting strength of the first flash of the runoff is higher than that of raw sewage. In addition to air quality, the most important influential factors are roof material, road type and its pollution condition, air temperature, rainfall intensity and volume, and interval of rainfall events etc. Some necessary management measurements for utilization and pollution control of the urban runoff in Beijing are discussed.

Key words runoff; water quality; pollution; influential factors

掌握城区雨水径流水质及其主要的影响因素是有效利用城区雨水资源和控制城市非点源污染的基础。首都北京正面临水资源短缺和水环境污染双重压力。因此, 对城区年均约 2 亿 m^3 雨水径流量的水质状况进行研究具有重要意义。

作者对 1999 年和 2000 年雨季数十场降雨的天然雨水、屋面雨水和路面雨水水质进行了分析和研究, 表明天然降雨中污染指标浓度较低, 水质基本良好。而屋面和路面径流污染较为严重, 主要为有机污染和悬浮固体污染, 其他污染指标浓度相对较低, 故本文重点以 COD 和 SS 两个指标进行分析。

1 污染物浓度随降雨历时的变化规律

所有降雨事件的水质分析结果均表明, 屋面和

路面雨水初期径流污染物浓度很高, 随降雨历时的延长, 主要污染指标逐渐下降并趋于稳定。初始浓度和达到稳定的浓度取决于汇水面性质、降雨条件、季节、降雨的间隔时间和气温等多种因素。

图 1 给出部分典型的屋面径流 COD 浓度与降雨历时的关系。可见初期径流 COD 可达到相当高的浓度(尤其沥青油毡屋面), 在降雨后期, 一般可维持在 100mg/L 左右。通常, 屋面初期径流 SS 一般在数百 mg/L 左右, 但也可高达上千 mg/L。

图 2 是部分路面径流 COD 和 SS 浓度随降雨历时的变化。道路初期径流 COD 和 SS 均可达到很高的浓度, 主要取决于降雨条件和路面状况等因素。因路面条件比屋面复杂, 所以水质波动幅度也较大。

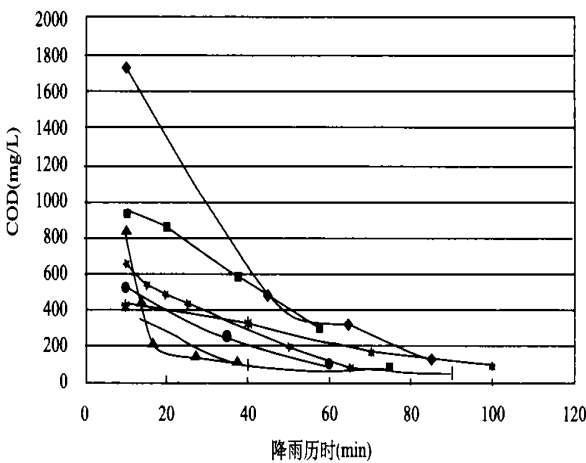


图 1 2000 年部分屋面径流 COD 随降雨历时的变化

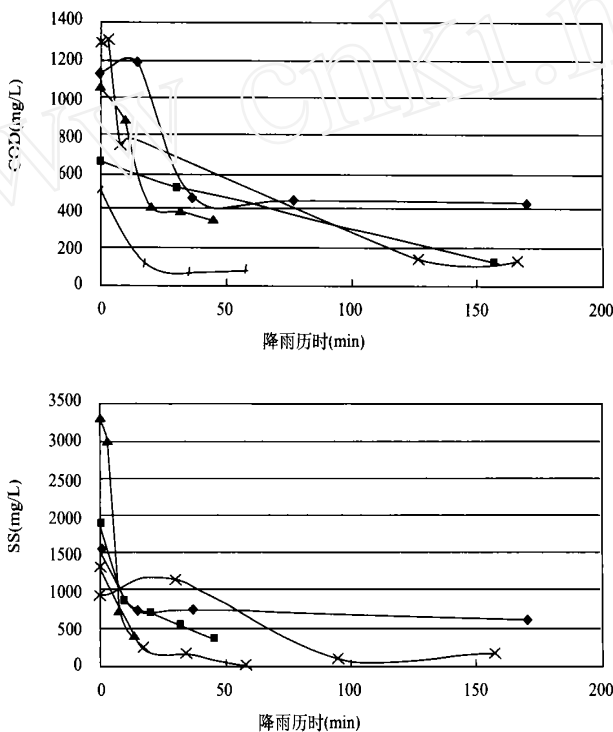


图 2 道路雨水径流水质变化 (COD/ SS)

2 汇水面性质对径流水质的影响

研究表明,汇水面性质对径流水质有重要影响。对屋面而言,屋面材料的种类是最重要的因素。北京目前较多地采用沥青油毡屋面(平顶)和瓦屋面(坡顶),油毡屋面明显地比瓦屋面污染严重^[1](如图 3 所示)。瓦屋面的雨水径流水质比较稳定,而油毡屋面的雨水水质变化幅度很大,除了降雨的冲刷和稀释作用外,屋面材料的性质,如材料的类

型、新旧程度等是水质污染的最根本原因。图 4 反映了新旧油毡材料对径流水质的影响,可见更换材料后的屋面初期径流水质有明显改善。

表 1 给出油毡屋面一次降雨初期径流中部分污染物指标,可大致了解主要污染物及其数量级。

道路径流水质主要取决于路面污染状况,随机性和变化幅度更大。路面的各种污染物是最直接的污染原因。市区主要交通道路的污染因素多,一般比居住区路面雨水污染严重。道路初期雨水的

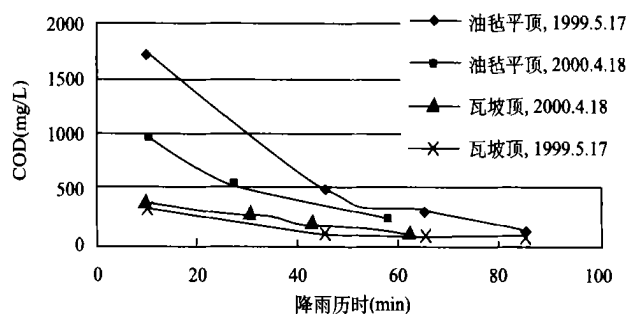


图3 两种屋面径流水质的比较

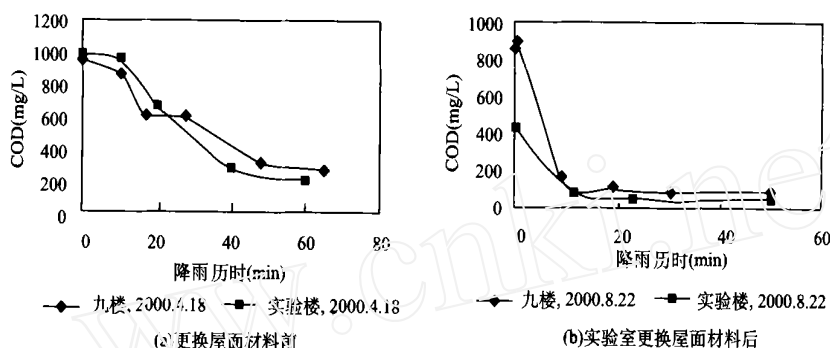


图4 新旧油毡材料对初期径流 COD 的影响

表1 沥青油毡屋面部分污染物指标

指标	COD	酚	合成洗涤剂	石油类	氰	TP	TN	硫酸盐	Pb	Zn	Fe	Mn	六种苯
浓度 (mg/L)	457	0.1	4.4	16	0.038	0.43	12.2	74.6	0.009	1.36	0.44	0.06	<0.01

COD 和 SS 浓度一般都超过城市污水。

3 季节与气温对径流水质的影响

气温主要对油毡屋面径流水质有明显影响,而对瓦质等无机材料屋面影响很小。从 1999—2000 年的大量雨水水质分析结果看,虽然屋面雨水径流水质的影响因素复杂、随机性大,但有明显的随季节变化的趋势。图 5 是 2000 年北京西城一些油毡屋面的情况。由于具体条件不同,每场降雨初期径流的 COD 浓度值具有随机性,但污染最严重的屋面径流一般都发生在每年最初的几场雨和夏季高温期。

夏季高温时,在强烈日光的照射下,黑色的沥青油毡极易吸热变软,且容易老化分解。由于沥青为石油的副产品,其成分较为复杂,许多污染物质可能溶入雨水。一般日照越强烈,气温越高,沥青油毡屋

面材料的分解越明显,相应屋面雨水径流的 COD 越高,主要为溶解性的难降解有机物, BOD_5/COD 值一般为 0.1—0.2 左右^[2]。

由于道路的定期清扫和路面材料等原因,道路径流水质受季节和气温的影响程度小于屋面,主要由路面污染程度、降雨条件等因素决定。

4 降雨强度和降雨量的影响

降雨强度和降雨量是影响屋面径流水质的重要因素。它们对屋面污染物具有冲刷、稀释和溶解等多重作用。图 6 是两种不同降雨强度条件下屋面径流水质的变化规律,具有代表性。其中左图是一场短时暴雨,15min 降雨量为 4mm,由于冲刷强度大,初期径流 SS 高达 1985mg/L, COD 和 SS 浓度均在 12min 后达到稳定。右图的降雨强度很小,1h 降雨

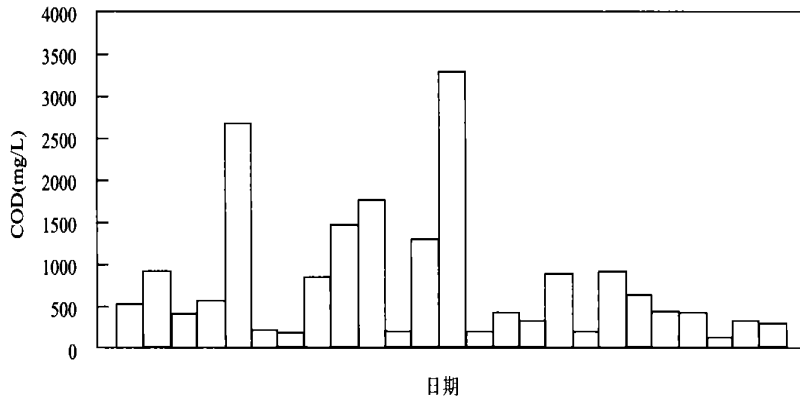


图5 油毡屋面初期雨水水质情况(2000年)

(图中日期依次为:3.14,4.18,4.19,4.29,5.9,5.11,5.14,5.18,6.7,6.11,7.4,7.9,8.2,8.8,8.17,8.19,8.22,8.30,9.4,9.19,9.20,9.27,10.5,10.7,10.22)

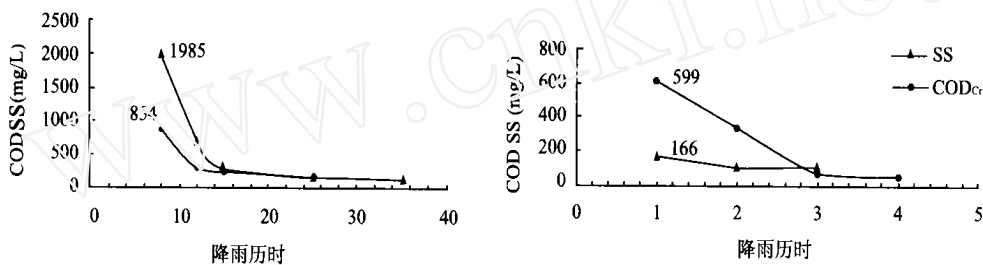


图6 降雨强度对屋面径流水质的影响

仅 1.4mm, 因冲刷作用小, 初期径流 SS 仅 166mg/L, COD 约 50min 后才趋于稳定。

由于降雨强度和降雨量对径流污染物浓度有明显影响, 因此, 分析降雨径流污染物负荷(总量)显得更为重要。对多场降雨水质数据的数学模型计算, 每场降雨屋面径流 COD 负荷平均值数量级分别为: 平顶油毡屋面 2000mgCOD/m² 左右, 坡顶瓦屋面 400mgCOD/m² 左右, SS 负荷在 400—600mgCOD/m² 左右, 具体数值取决于每场降雨的条件, 会有较大幅度的变化。

由于路面的特点不同, 地形、地貌和路面污染状况等因素相差较大, 降雨强度或冲刷作用的影响更为复杂和显著。图 7 是根据城区三个取样点多场降雨数据的数学模型计算结果, 每场降雨产生的径流污染负荷平均值分别为: 市区道路 3000mgCOD/m² 和 7000mgSS/m² 左右, 居住区道路 2000mgCOD/m² 和 1700mgSS/m² 左右, 也有较大幅度的变化。

北京的雨季主要集中在 6—9 月份, 一般 7、8 月份降雨强度大, 降雨量多, 对路面污染物的冲洗彻底, 因此这个期间降雨径流的污染负荷也较高。当降雨间隔时间短, 前一场降雨冲刷彻底, 则后一场降雨径流的污染负荷会有明显降低。

5 结 论

(1) 城区雨水径流污染严重, 主要为有机物污染和悬浮固体污染, 一般规律是: 初期径流污染最严重, 可达到很高的浓度, 随降雨历时的延长, 浓度逐渐下降并趋于稳定。

(2) 汇水面性质对雨水径流水质有最直接的重要影响。屋面污染物主要为干沉降物和屋面材料的分解产物, 油毡屋面是一种主要的污染源。路面污染状况是道路雨水污染的决定性因素, 水质比屋面雨水更复杂, 随机性更大, 初期径流的 COD 和 SS 浓度一般均超过城市污水。

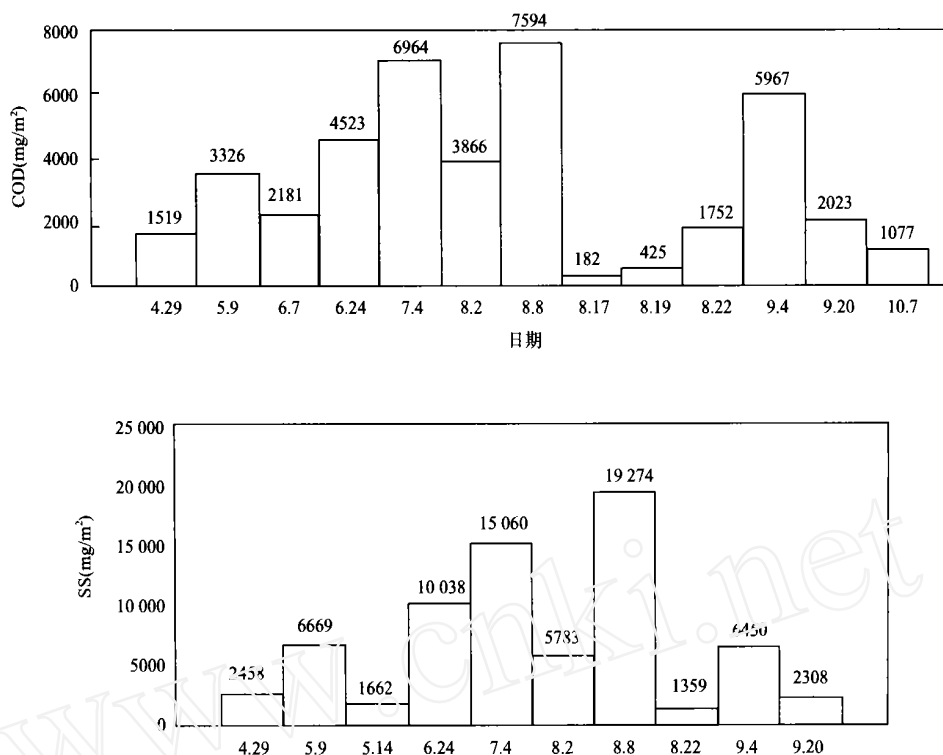


图7 路面径流的 COD/SS 负荷量

(3) 气温、降雨的间隔时间、降雨强度和雨量对城区雨水径流水质均有明显影响,这些因素相互交错或同时作用,使径流水质变化规律比较复杂。气温主要对油毡屋面水质影响显著,夏季可导致油毡屋面初期径流 COD 高达数千 mg/L,色度大,主要为溶解性难生物降解有机物, BOD_5/COD 值一般为 0.1—0.2 左右。

由于上述因素影响及北京的降雨特点,屋面及道路雨水径流污染负荷均表现随季节变化趋势。

(4) 城区雨水径流的污染直接关系到雨水资源的合理利用和城市非点源污染的控制、城市生态环

境建设及可持续发展,必须给予足够的重视,并采取相应的控制措施,如城市排水系统的合理规划与设计、屋面材料的改进、初期雨水径流的有效控制、路面环境及雨水管理的立法等。

参考文献

- [1] 车武,刘红,李俊奇等. 对城市雨水地下回灌的分析. 城市环境与城市生态, 2001, 14(4): 28—30
- [2] 车武,汪慧贞,刘红等. 北京市屋面雨水污染及利用研究. 中国给水排水, 2001, 17(6): 57—61

(责任编辑:郑晓梅)