

都市化对地面水质的影响

Б. Г. 斯卡卡利斯基

人类的整个生命活动与水有着最紧密的联系。不久以前，除地球上的一些干旱地区外，满足水的需要通常还没有造成严重的困难。世界水资源，仅就河川径流来说也是足够用的。根据计算，目前水的保证程度每人每年平均大约是12,900立方米（指中等水量年）。但是，在地球上，各种用水消耗（包括日常饮用水，工业用水，农业用水等）的体积大约只占上述数量的5.5%。

当然，对整个地球来说，这些平均值不能够反映出地球上某一地区的水资源消耗及其拥有水资源数量之间的实际关系。在许多情况下，由于水资源分布和人口密度的自然不平衡，这种关系可能是不利的。

但是，在现今情况下，甚至在充分拥有丰富水资源的地区，由于工业发展和都市化过程的速度加快，保证居民和各经济部门用水已经成为十分尖锐的主要问题。工业发展和都市化过程不仅引起了水消耗量的急剧增长，而且造成了废物数量的剧烈增加，在某种程度上，已经污染了整个自然环境要素：空气、土壤、水体。现在，都市化地区范围的天然水体遭到了最大程度的污染。

不久以前，由于考虑到水资源所固有的正常恢复能力，所以，天然水的污染没有引起特别的不安。但是，现在人类经济活动已经达到了这样的规模和强度，以致自然界的自身保护能力不能够对付不间断增长着的废物流。因此，在很多情况下，自然环境中的元素就发生了重大的稳定的质的方面的变化，从而导致了作为人类居住环境的自然环境的恶化。

都市化过程增大了人类社会与周围环境之间的相互作用，都市化成了自然环境变化最大的因素之一。虽然现有的城市大约只占地球表面的0.3%，但在那里却集中了整个地球上人口的40%。苏联现有1900个城市，所占面积不足国土的1%，但却居住了总人口的58%。同时，十一个大于百万人口的城市中有五个（莫斯科、明斯克、哈尔科夫、塔什干、斯维尔德洛夫斯克）分布在小河流流域。如果考虑到通常正是工业集中在城市中，那么城市地区显

个很稳定的行政地域经济实体。在范围上与革命前的伊尔库茨克州实质是一致的。

以上提出的6级经济区划体系，是为了强调地理学研究与实际经济需求之间的联系。最低层次的经济区在经济实力和面积上相对很小，但是它们仍可以从经济和行政管理角度定义。在多数情况下，它们反映了一个乡苏维埃范围的农村经济（或国营农场、集体农庄和伐木企业）。

在每个层次中，一个经济区通过不同层次中不同的区域界线，应构成一个有明确定义的空间经济实体。例如，布拉茨克——乌斯特——伊里姆斯克第四级区，应有两个第三级区（布拉茨克与乌斯特——伊里姆斯克），其分界依据它们对两个水库的引力。第三级区和第二级区依据交通地理位置的不同划分界线。

刘毅译自《Soviet Geography》 1985年4月

然是人类社会对周围环境影响最大和经常影响的场所。现代都市化过程的特征是加速大城市的发展，形成了大规模的城市群，从而在广大地区改变着自然环境。

都市化不可避免地引起了这些地区水资源开采量的急剧增加，城市发展显然是与水源的不断消耗相联系的。城市居民用水消耗定额平均是150~400升/日·人，而农村地区则是30~50升/日·人。虽然城市用水量最大的通常是工业，但城市公共事业的发展和文化及日常服务事业的改善，也促使了用水量的迅速增加，而且这种水应该合乎非工业用水的要求（占供水量的15%~40%）。但是，都市化地区水资源的主要危险与其说是水量的衰竭，不如说是引起水体污染后天然水质的明显恶化。据估计，生产和日常生活用水不能恢复的损失量大约是10%。

在城市地区，由于工业和日常生活用水而产生了大量的污水。通常，这些污水或是富集了各种分散度的矿物质液体，或是有机质溶液，或是两者的混合液体。在世界上很多城市里，污水中所含呈悬浮状态存在的有机质和矿物质的数量，大约是每人每日10升湿淤泥。因为，大多数城市分布在河流或水库岸边，所以，这些水体就经常接受来自城市的污水，从而在某种程度上引起了天然水质的恶化。

都市化地区对天然水质的影响取决于工业废物和日常生活污水的排泄，以及城市地区大气降水和地表径流的污染状况。

因此，都市化地区对水体的影响是一个复杂的过程，许多因素参与了这一过程，这些因素与自然界本身作用的规律很不相同。

工业废物的数量和组成与该城市工业化发展水平、工业结构、使用原料的种类、实行循环供水的情况，以及其他因素紧密相关。因此，各城市工业废水的特点在很大程度上是不同的，但总的情况是不好的。

城市居民的生活供应、人口数量以及城市地区的发展规模作为污染的因素，均具有较大的意义。正是这些因素使城市废物种类比较稳定，而很少发生变化。事实上，由于生产需水量减少和由直接供水变为循环供水，会使流入水体的工业污水量大大减少。不过，采用这种办法来满足居民日常生活与饮用水的需要，从大范围来说未必是可以接受的。

还应该考虑到，用现代方法对污水净化的最大可能程度也只能使液体中废物质的含量不超过90~95%。通常，污水是高浓度的液体，因此，净化设施出口处残余的物质浓度可以超过水体中最大容许含量规定标准的好几倍。

由于上述这些因素的作用，在都市化水平较高的地区，大多数水流和水库出现了严重的水质恶化，这些水流和水库的分布范围不仅在都市化地区，而且在靠近都市的地区。在个别年份，很多天然河流的河槽径流资源，由于用水几乎耗尽，使城市下边的河川径流多半变为各种回水的混合体。据美国专家计算，象俄亥俄河这样大的河流，平水期河槽径流是由三次利用过的污水组成。伦敦的污水流入泰晤士河后，通常城市污水占河水流量的80%。夏季时，塞纳河流经巴黎后，河水中就有一半是污水。在我国很多河流中，回流的生产和生活用水占河川径流的很大部分。例如，流经上述百万人口城市的五条小河所接受的污水部分占年径流量的1/2到2/3。

目前，已经积累了都市化地区天然水化学成份变化的一些资料。但是，都市化对河流和水库天然水质影响的研究深度，都市化及其附近地区水质变化的定量计算研究，都还是不充分的。由于各个研究单位之间缺少一致的工作计划和统一的观察方法，所以对比和评价实际观察结果是困难的。

虽然如此，但根据现有资料，充分查明都市化对地面水成分变化的影响趋势是可能的。水中有机成分，即生化和细菌特征的变化是最重要的。重铬酸盐的氧化力（化学需氧量），即用来间接说明水中溶解的有机物含量指标，可以增加1~4倍，但水中有机物天然含量高的一些河流（许多森林景观带的河流及与沼泽化集水区有关的水流）除外，而在这些河流中通常其氧化力仅可增加30~50%。这说明容易氧化的有机物的生化需氧量（五日生化需要量）指标仅可提高大约1~4倍。

生物起源的化合物（硝酸盐、亚硝酸盐、铵、以及磷酸盐）的含量可增高3~10倍。生物起源的化合物浓度的明显增加，与分散在生产和生活污水中的一些特殊物质成分紧密相关。在人类社会，影响水体富营养化最强大的因素之一是含有大量生物起源物质的城市污水的排泄物，其中生产水平的提高和生物作用的加强会导致水质向不利的方向转化（出现毒性、使含氧状况恶化）。

水体中主要离子（钠、钾、钙、氯化物和硫酸盐）含量的变化是很小的。根据已有资料可知，多半由于工业污水注入水体，而引起 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 这些离子浓度的增加（通常在10~30%的范围内）。但是，C.M. 德拉切瓦的计算，工业和生活污水中离子的组成，大约是 Cl^- 和 Na^+ 占10~15%， K^+ 占20%。然而对水库来说，我们可以看到，作为主要成分的水体中的溶解氧化含量明显减少了。

近十年来，由于比较新的人造表面活性物质的污染，使得天然水的污染广泛发生。在日常生活和工业中最广泛使用的阳离子人造表面活性物质在水体中的含量，多半在0.2~0.5毫克/升。但是，有时其含量也可能相当高。水中人造表面活性物质的存在，使得水体形成了很多经久不散的泡沫，从而使水的通气性变差并破坏了水体的自净作用。人造表面活性物质的生物化学氧化作用，引起了水中溶解氧含量的减少。实验查明，人造表面活性物质除了对水质的直接影响外，其达到一定浓度后，能够加速水中植物腐生细菌、大肠杆菌及伤寒菌的繁殖。水中人造表面活性物质分解产物的逐渐增多，还能够促使微生物的发展，并在进行供水消毒时，使氯化物净化水的条件变坏。

还应注意，对都市化地区河流水质变化的评价，应该在总结观察资料的基础上进行（在河水与污水完全混合的断面处观察）。一些观察资料多半是在10~15万人口的城市地区的中等河流上取得的。河流的污染状况既取决于进入河流的污染物质的数量，又取决于河流接受的污水量。显然，大城市位于小河流旁是最不好的情况。例如，下列表格中引用的一些资料，可以反映小河流水质变化的特征（年平均流量为5~10立方米/秒）。在此需要说明，取得这些资料的条件是：百万人口的城市排放污水（部分是净水）、城市人均单位供水量约400升/昼夜、城市位于小河流旁。

查明城市居民数量与溶解于河水中的有机物及生物起源的化合物含量之间的关系，对于水质预测计算来说，无疑具有重要意义。按照以上得到的特征关系，可以根据一昼夜进入排水网的污水量，来确定河流水质的变化情况。

在都市化区，除了工业和生活污水外，进入水体的污染物质还有其他的来源。同时，研究都市化对水质的影响，还应考虑到，即是城市所有污水排放完全中断后，城市地区水体污染也不会很快完全消除。在进入水体的其他的污染来源中，城市地区的地面径流，包括雨水、雪水和洒街水占有重要的地位。由于城市扩大和公用事业的增加，引起水体污染的物质是大量的，因此，在深入研究城市水源保护措施时，需要专门考虑这一因素。但是，不久以前，对于这一因素没有给予应有的注意，反而认为地面是比较干净的，是不用净化的。

城市上、下游河流水质指标值关系表 (低值/高值)

季 节	悬浮质	溶解氧	化学需氧量 (重铬酸盐 的氧化力)	五日生 化需氧 量	矿化度	Cl ⁻	So ₄ ²⁻	无机氮	人造表 面活性 物质	色度
夏、秋季	10	0.1	4	10	2	10	3.5	16	30	3
冬 季	5	0.4	4.5	15	2	8	3.5	13	33	3
春 季	7.5	0.2	3.5	20	2	10	3	15	15	2.5

由于城市上空大气环境和城市地区本身污染程度的提高,使城市地面径流中含有大量的有机物和矿物质。根据一些计算,城市地区一平方公里面积上的大气降水,每年可溶解的物质达20~30吨,然而农村地区仅为5~15吨。

根据各城市观察到的资料,城市地区流下的降水和洒街水的污染程度是相当高的,其五日生化需氧量为10~15毫克氧/升,悬浮质为450~5000毫克/升。

有资料表明,长时间的下雨可以大大减少水污染的程度。但是,即在持久下雨的时候,雨水产生的地面径流中的悬浮质和其他溶解物质的浓度,也仍然是很高的。

在水体污染物总量中,由城市地面集水区进入排水道和水体中的物质数量是很大的。根据一些资料(Γ.Γ.希戈林, H.A.普腊沃申斯基, C.P.米伊别尔等)可知,生活污水中的污染物质占8~15%。这一情况对于预测都市化地区水源水质变化,具有重大意义。估计汇聚到净化设施中去的城市地面径流,可能不超过城市地面径流总量的25%,但全部生活污水和工业污水则都需要净化。

深入评价都市化对水质的影响,需要解决一系列的问题。首先是要建立城市试验场,以便进行专门的实际观察,其观察项目应包括整个水文气象动态的一些基本要素,以及按照化学,物理及细菌指标要求的一些水质观察项目。

据目前所知,仅仅在莫斯科(全苏给水、排水、水工建筑和工程水文地质科学研究所德米特罗夫斯基试验场)开展了这种试验,而明斯克和哈尔科夫正在筹建。显然,没有这些实际观察资料,要预估都市化对天然水化学成分变化的影响是困难的。

在研究城市化地区水质变化时,必须在污染地带组织综合观察(在完全混合的断面上进行)。目前,一些大城市虽然进行这些观察,但多不是综合观察,也没有进行相应的水文变化(流速、水位、流量)的观察。在系统整理观察资料时,应按照合理的分类方式进行,而这种分类方式要考虑各种等级的城市——河流系统。然而至今,这些分类方式还没有提出来。根据我们的意见,应当以一定的城市居民人数(考虑到需水标准)、集水面积、城市面积、河流接受污水后有代表性的流量及一系列其他因素之间的相互关系,作为分类方式的基础。

席荣光译自《Качество вод и научные основы их охраны》,

水文气象出版社, 1976, 列宁格勒