

城市水文学

М. И. ЛЬВОВИЧ

目前,地球上的城市面积约100万 km^2 ,占地球表面的1%弱。考虑到城市的快速发展,城市水文的作用将越来越明显。在人口稠密、经济发达的地区,城市面积所占的比重超过10%。例如,在莫斯科地区,城区和工业区占该地区面积的15%。

现在,城市人口约为15亿,约占世界总人口的1/3。15~20年以后,按现在的发展速度推算,地球上的人口将达60~70亿。依联合国教科文组织的预测,那时将有一半的人口——约30亿人居住在城市。

苏联的人口为2.7亿,60%强的人住在城市。城市面积超过10万 km^2 ,其中3/4在欧洲部分。

根据联合国的材料,在1950~1960的10年间,世界城市面积平均每年以3.5%的速率增长,1975~1980为2.93%,本世纪最后10年每年预计以2.81%的速率增长。在苏联,相应的数字为3.91, 2.23及1.35%。

城市水文作用主要表现在地表渗透状况的改变上(沥青路面,屋顶)。在城市里,渗透比天然的土壤要小得多。天然的土壤很少具有象城市这样小的渗透能力。由于水不能穿透沥青街道及屋顶,城市的地表径流量大,地下水补给量少。城市的重要还在于,它几乎已成为河流及水库的污染源。污染有两种原因,第一,大量的下水道的污水虽经过净化处理仍带有不少有害物质,排入了河流及水库,而全球大约还有一半的管道污水没有经过净化就直接排入河流及水库;第二,降水(融雪和雨水)冲洗城市后多少带些污染物进入水库及河流,特别是降水滞留地区的泥沙冲刷物,大量流入河流和水库。

随着城市的发展,反映水平衡及物质交换变化的过程将在更大的范围内进行。这种现象不仅与城市人口的增长有关,还与今后城乡差别将逐渐减小有关。在农村及乡镇已出现铺设沥青的路面,建造城市式的统一的给、排水管道。经过20~30年,这种变化将有更大的发展。可以看出,这种情况将在苏联所有的农村及乡镇普及。这将扩大工业聚集以及增加不透水路面,使得乡村在水文环境上与现代城市相近。

如按照上述因素进行推算,20~30年后,苏联的城市及类似城市水平衡环境的地区,其面积将达20万 km^2 。它们的影响将扩大到周围环境及水库,尤其是沿河径流。这种影响的范围可能是城市面积的数倍以上,即超过100万 km^2 。

上面所引用的数字只是近似的,但在一定程度上证明了城市与相似地区的水文交换特征对周围环境在大范围内已有明显的影响。这种影响是不同的,并将大大增加。因此,应尽可能详细地研究这个过程,并以此研究为基础,作出变化预测及提出最大限度减少不利变化的措施。

抱着这个目的,苏联科学院地理研究所首次着手苏联某些城市的水平衡的计算。为了较详细地研究城市在区域水平衡及物质交换方面的作用,在地理所的库尔茨克站所在地从1975年开始对库尔茨克组织了相应的研究工作。这是对从1962年起对荒漠草原环境下的水平衡及土壤冲刷研究的补充,其研究地点在中央黑土区以В.В.阿廖辛命名的保护区及库尔茨克的国家农业试验站进行。这项试验研究工作,在整体上形成了方圆数十公里的三个不同自然景观条件的水平衡及物质交换的水文地理实验研究区。

本文主要介绍城市对水平衡及物质交换影响的研究成果。内容主要是土壤水文作用的研

究部分,因为影响水平衡变化的主要因素在于人为作用对土壤渗透能力的改变上。前面已指出,不透水的城市街道及沥青路面改变了地面的渗透性质,这是人为作用对水文环境变化所起的主要作用。

城市从屋顶及工业企业来的雨、雪径流穿过沥青区域进入水网,它比土壤中形成的径流量要大得多。从屋顶或沥青路面来的水,如经过绿化地段,则有相当大的部分渗入地下。结壤仅有不透水面来的径流,及泥沙和溶解物质进入水文地理网络。这种径流形成是小城镇,特别是城市中新建区或独立区的特色。因为这些地区的周围一般广布着树林、园圃及菜园。城市本身具有特别重要的水文意义的是:它同天然状态下的用地,如森林、荒漠草原相比,渗透能力远小于天然状态下的土壤。在这两种情形之间,存在许多别的情形。例如,与E·H·车尔内雪夫合作进行的研究,曾着重于地理结构的问题,全面研究了城市,特别是大城市对自然界的影响,包括对水体的影响。

在库尔茨克实验基地进行的不同用地的土壤渗透性质的实验研究结果列入表1(略)。表1表明,春季来自城区的径流量与从农林地来的径流量没有什么明显不同。这是由于耕地土壤冻结的缘故。在秋天浅耕农地里,较少出现大的径流,这不仅是因为浅耕提高了土壤渗透率,还因为雪被风吹走了一部分。当然,还应该计算从城市主街道来的雪量。

暖季水平衡的收入部分为降水(P_2),城市水平衡与天然或农作状态下的水平衡有明显的区别,后者没有雨水径流。城市的雨水径流量(s)为其降雨量的 $1/4$,而地区蓄水量(w)比农作利用下的 w 小 $1/3$ 。城市内的独立区是个例外,因为宅边地被用作园圃、花园、菜园,它的地表径流及它的径流系数仅为城市其它设施区的 $1/5$ 。

全年的水平衡是综合了两个季节的反映。城市区域内的年降水量的递增规律尚不清楚,但城市内不同环境下的年降水量($P_1 + P_2$)的差异可用雪盖区的分布状况来说明。因为冬季降水量不是用雨量计测定的,而是按照实验流域内的容雪体积来估测的。水平衡中的这个因素的大小与雪的蓄存、移动环境有关。因而,在森林、秋播地及城市独立区雪盖内的蓄水量是最多的。具有最大的年径流量(s)及最小的区域存水量(w),这是城市公共区的特征,生荒地正好与之相反,耕地和城市独立区的情形则介于两者之间。

森林草原带的三种特征景观的水平衡情况列于表2(略)。表中数据是研究区三种景观的综合。为了作整个城市区的水平衡计算,试验研究的运用与结果都综合地考虑了城区的柏油覆盖部分及树林覆盖部分。表中数字证明了森林草原水平衡的变化。

如果计算城市及沥青路面的面积(目前为区域的 2%),这个因子对森林草原地带水平衡的影响尚不显著。经过20—30年,城市不断扩展,农村及乡镇向着城市化方向发展,再加上现有道路网的扩展,对于地表水来说的弱透水面积可能达到森林草原带的 6% ,这可能使得城市对区域水平衡的影响向着不利方向演变。地表径流量的减少与土壤水分的增加是森林草原带水平衡变化总的趋势,这一有利方面将保存下来。但由于秋天浅耕地的存在,其变化速度较慢。因为耕地与城市的水平衡变化方向不同,同时在农田人为挡地表径流是需要花费很大力气的。

上述地理所研究成果及苏联其他二个城市的资料可与最近该城市的流域的水平衡状况进行比较。这些流域是以农业为主的,因而可作为城市水文的对比单元,比较结果见表3(略)。城市水平衡的研究结果与天然状态下的不一样,这主要表现在产流总量的增加虽来源于地表水,但地下水补给地表水的量并不多。有意义的是,不透水面占 60% 的莫斯科城区的地表径流比莫斯科河流域大 265% ,而地下径流小 50% ,蓄满产流大 105% 。由此明显看出,径流量依赖

于地表不透水面积。

三个城市及小莫斯科区的水平衡因子变化的计算结果及它与地表不透水面之间的大体的相关关系如图 1 (略) 所示。为了直观地表示, 相关数据用百分比。它们表示了城市对水平衡的巨大影响。这个影响带有局部性特征, 因为城市范围或建成区通常指工业区、生活区及道路。如在更大区域内估计城市水文影响, 它的影响较小且仅与该区城市面积相关。以明斯克为例, 城区占 10%, 根据研究结果, 它对水平衡的影响是: 地表径流增长 20%, 总径流量约增 10%, 而地下径流减少 5%。

但是, 城市对周围区域水平衡的影响分析不能仅局限于城市面积, 而不考虑它的布局特征。图 1 关系曲线反映了随着城区不透水面积的增加, 水平衡因子的增长及减少的情况。

对地表径流来说, 这影响是很明了的, 如库尔茨克, 不透水面占城市面积的 12%, 故增加 1% 的不透水面, 地表径流增加 2.2%, 对于不透水面占 35% 的大莫斯科区, 这个指标为 27%, 明斯克 (不透水面占 50%) 为 3.7%, 小莫斯科区 (不透水面为 55%) 为 4.8%, 这个规律是由于不透水面积的分布相对不大时, 它的分布特征是一块一块的, 这样, 在沥青地表及屋顶形成的径流进入透水地表时大都消耗于渗透, 只有较少的径流进入河网。莫斯科的边缘地区也与此相似, 因其结构特点是房屋及沥青路面与林、园地相间分布。

在房屋及沥青路面分布稠密的地方, 城市的地表径流分布是另一种情形。在这种情况下, 从屋顶及沥青覆盖面来的流水汇集成大的径流并注入河流的可能性很大。在有下水道的情况下, 城区的这种径流量减少, 但并不减弱城市暴雨及雪水进入水文地理网络的流量。

由此可以得出结论, 通过相应的城市布局设计, 可以调整水平衡状况, 改变由于地表径流集中及相应的泥沙或溶水物质富集的不利影响。同时, 不能忘记, 这样的径流形成过程如果发生在耕地占多数的大区域内, 地表径流增加将起极不利的作用。因为这会加强冲蚀强度, 可能减少地下水的补给, 而地下水是重要的水资源之源。但在农业用地里, 人工环境产生了负影响, 这是对城市影响的局部补偿。

对城市区冲蚀过程, 如冲积土数量、运移量以及对水平衡的影响等, 国外已开始研究。1953年, 苏联科学院地理研究所在后伏尔加南部开始对不同人工坡面土壤侵蚀及固体径流进行研究。虽选择当地典型坡面, 用不同混浊度的水冲刷坡面, 观测坡面产生的单位固体径流或土壤冲蚀量, 这种观测在当时是首创的。研究工作在地块进行, 每地块面积为 1 公顷。在库尔茨克站区的所有实验区均作了类似的研究, 也包括库尔茨克城。

上述研究共进行了七年艰苦的野外和实验工作, 试验结果列入表 4 (略)。从表中可以看出, 城市里春季固体径流形成的最有利环境是城市中的独立区, 而在耕地环境下是秋耕地。这是完全合乎规律的, 因为城市独立区的侵蚀过程多发生在菜园、果园地及土路、或与之相近的环境, 即进行农业生产的区域。众所周知, 农地易受侵蚀的影响。

城市公共区固体径流产生于不被沥青覆盖部分的冲刷、绿化林地及新建区的冲刷。在新建区大兴土木工程, 由建筑地基及敷设管线的冲刷量也是很大的。

城市春季单位景观区的固体径流过程与农用地相同, 具有日循环特征, 过程线与液体径流一致。在城市, 春季固体径流的日变化曲线振幅及最大悬浮物的量比耕地里的大。

固体径流一般规律是: 春季城市固体径流仅为没耕地的 1.3 倍, 而暖季里这个差别要大得多。如前所述, 耕地及荒地不产生固体径流, 库尔茨克城区的固体径流量一般为其周围耕地的四倍。

在世界文献中, 城区固体径流同以农用地作环境背景值的比较分析, 尚属少见。类似的

材料在布朗先生1978年的著作中有所反映,这本书论述的是美国北卡罗来纳州不同环境下的侵蚀过程。这州的自然环境与库尔茨克相去甚远,因而可以看出:不同环境不同地域条件下,固体径流存在着极大的差异。北卡罗来纳城区的固体径流量为4.4吨/公顷,而库尔茨克为2.8吨/公顷。在北卡罗来纳的新建区,这个值可高达16.2吨/公顷。在计算库尔茨克的量时,已整体上考虑了新建区。假定新建区占北卡罗来纳建城区的5%,那么来自城区(包括新建区)的固体径流约为12吨/公顷,而园林地为18.6吨/公顷。在资料方面,库尔茨克同它是不能完全一样的,但有一点类似:不管自然环境差别如何,新建区的固体径流都大。在北卡罗来纳城,介于新建区与建城区之间的值也比库尔茨克大,这主要是由于前者的冬季短,降水量大,土壤在降水影响下整年发生侵蚀。

这里需强调的是,库尔茨克地区近20—30年来的土壤侵蚀强度已因浅耕地的扩大而减弱了,这主要是由于耕地春季径流量减少,减少了流向河谷的水量,使土壤的冲蚀减弱或停止了。按照美国的统计指标,北卡罗来纳的冲沟侵蚀量为350吨/公顷,相当于每年冲蚀20mm的土壤层。我们没有关于冲沟作用的固体径流数据,但是它的减弱或停止无疑是该地区河流固体径流减少的基本因素之一。

有趣的是,春季秋耕地的土壤侵蚀比耕地强烈。这个过程,如前所述,是在雪流能量减少及耕松土壤的稳定性下降的条件下发生的。坡地及耕松地的侵蚀物堆积在峡谷地带,往往不能进入河道。在农地及峡谷地区的冲积物中,仅有10%进入河道形成固体径流。城市由于暴雨输水系统的存在,加速了冲积物的运移,增加了进入河道的泥沙。这一不利影响应排除或最大可能地减弱。除泥沙外,还从城市带走了大量的溶水物质,特别是生物物质。下面将讨论其数值评估问题。

T·T·希戈林在1963年首次提出了关于城市暴雨中溶解物质的容量问题。根据他的资料,面积1000公顷以上的城市,暴雨水流中悬浮物质为137公斤/公顷,生物物质为46公斤/公顷(以BPK₂₀表示)。这些数字说明,暴雨中的污染物与下水道的污染物相近。所以,城区及工业区、道路来的雪、雨应作为不利的环境因子之一。前面已经谈到,城区的冲蚀对居民来说是件好事,因为这是净化城市环境的良好措施。但同时,这会污染近城市的河流,特别是当河流较小不足以冲释城区来的污水时,情况更为严重。

为了研究这个问题,在研究雪、雨径流系统的同时,研究了库尔茨克的特征区、农地及生荒地水流的水质构成。主要考虑的是生物因子——N、P、K及COD,矿物质总量。

表5(略)中列出7年内按有关指标统计的水中溶解物的情况。为了进行对比分析,表中还列出农地及天然保护区下的水中溶解物。天然保护区完全没有利用过,因而具有很高的科研价值。保护区内分布着茂密的栅树林。根据20年的径流观察结果,保护区基本不产流,甚至春季也很少出现径流。因此,荒漠草原及森林区也不会有溶质径流。

春季融雪时期从库尔茨克区来的水中矿物质为102公斤/公顷,约为农地的3倍。夏季的变化增大:农地一般没有雨水径流,而从城区来的雨水径流中矿物质达到900公斤/公顷。城区年径流水中溶解物为1吨/公顷,而农地仅为32公斤/公顷,即小30倍。而作为背景区的中央黑土带水中溶解物小到5公斤/公顷,比城市小200倍,比农地小6倍。

城区年均地表径流中,生物因子的组成是:N为1.27公斤/公顷,P为0.25公斤/公顷。不管是春季,还是暖季,总量及N的侵蚀主要发生在交通流量大的沥青路面上。P的来源是:在城市——来自不利覆盖面广布的区域,城市之外——来自农业生产的区域。

城区地表径流中,有机物为60公斤/公顷,其中仅有30%的年排放物质经过生物和化学氧化

匈牙利的环境地貌

Marton Pécsi

摘 要 匈牙利的应用地貌研究向来有两个目的: 1. 关于对自然环境中起制约作用的地貌之重要性的研究; 关于地貌对土地利用之影响方面的研究。上述两方面的研究均已被介绍到个别地区的专题论述和应用地貌图中; 2. 对因人类活动所引起的非稳定性和动力不平衡效应研究而今已成为地貌学的前沿。最近以来, 技术经济活动和现时生产建设总是引起局部地貌的不平衡, 并产生着巨大、持续的破坏。然而, 为了保持地貌平衡和维持建设的安全运行, 必须对地貌进行合理的处理。这说明尚有大量的有机物质没有经过良好的处理。不管是春季, 还是暖季, 城市中坚硬覆盖面分布广的地区, 径流中的有机物总量最多。地表径流富积了来自城市公共区的有机物, 暖季更甚。

在年径流中, 单位面积上城区来的水中物质与农地环境相比, 前者的 N 为后者的 2 倍, P 为 1.5 倍, K 为 9 倍, 有机物为 5 倍。与自然保护区相比, N 为 25 倍, P 为 80 倍, K 为 100 倍, 有机物为 16 倍。

减缓城市对水平衡及物质交换的不利影响比起使河流及水库免受污染还要复杂。这是由于, 通过严密的计算及有效的净化方法, 城市排污水可得到一定的控制。净化方法包括大范围的生物净化, 最大可使有机污染物减少 2/3; 利用一些特殊的方法, 可使生物因子减少 90% 或更多。在封闭的良好的供水系统中利用工业废水的方法已应用得相当广泛, 主要是采用先进的工艺及对排污水的局部净化, 逐个减少生产企业的污染。特定区域内复合体的目标是形成单一的不同于天然状态下的水循环经济圈, 即逐渐停止向河流及水库排污水。

经济活动产生的排污水中含有较多的有机物质, 可以通过利用这些物质制造肥料的方法来解决这个问题。

同时, 为了消除城市对水平衡及物质转换的不利影响, 上面的方法也是局部可行的, 这是由于城市地表径流的增加, 地下径流的减少及排污物的减少不是与庞大的城市设施相关联的。用于减轻不同水文影响的一些办法看来是可行的。

首先, 这些问题与城市规划有关。现代的规划原理包括了消除城市对水平衡不利影响的内容。在此前的规划中, 建房子时常将房子与周围不透水面形成一个整体, 而现在这样的规划已不多了。城市中某一个区域的道路系统设计应该是不形成大的径流。为此, 城市道路系统应包括排水系统和绿化, 使水流进入地下前消耗在渗透中, 保持城市覆盖物及街道的清洁是十分重要的。

最后考虑的一个问题是在城区建立蓄水系统的合理性问题。蓄水池可以大坝的形式建在城区或城市边缘地带的洼陷地。这样, 从城市来的雨水就可以蓄存在水坝中。通过对有机物质的氧化作用处理, 可以减缓冲刷及局部地减少有机物质。瀑布式蓄池有助于提高这种作用。所有这些均有助于改善城市卫生状况及服务于美化环境的目标。

这样将引出一个问题: 城区的原有水系是否需要大规模地填平呢? 在考虑了所有可能性之后, 还是利用原有水系建立沿城蓄水系统为好。

陈建耀译自《Вода и жизнь》, Издательство «Мысль», 1986, 凌美华校