

论“河川流域”自然经济系统的模拟

[苏] С. И. 佐托夫

目前对地理系统动态与功能的研究受到极大的重视。在这一方面,许多出版物提出的功能统一性方法已成为一种方向。它接近 Ф. Н. 米里柯夫提出的方法。河川流域被看作对陆地表面具有典型意义的“关键”客体,在流域内,沿河流向下游流动的水与固体物质,是系统形成的要素。

河川流域的结构与状态,不仅取决于自然条件,还取决于人类经济活动。在农业生产与建设的影响下,土被与植被发生巨大的变化。由于这个缘故,水流对土壤与岩层的侵蚀作用普遍活跃,这对河川流域地形有很大的影响。作为河川流域新要素的水库对各类径流与水质产生了重要影响。河水与地下水污染源同农业、工业及居民点有着密切的关系这就为把河川流域看作自然经济系统提供了依据,随着功能统一性方法的应用,为考虑到人类因素预报流域内自然资源状况提供了可能。某个流域自然资源状况的预报可以根据其模拟模型实现。

首先必须准确说明作为自然经济系统的河川流域的功能框图,这个框图是С. Я. 谢尔金提出,并使建立数学模型的方法具体化。为此必须用“植被”和“土被”子框图代替功能框图中的土壤植物组,此外,要相应地分出森林与栽培植被、森林和栽培土被子框图(参阅附图)。这种划分是必要的,因为在上述子框图中过程进行的特性和自然资源的利用存在很大的差异。在作物地块上,具有一些控制性的活动,如土地开垦、施肥、收获农产品。当然,在林地上也有这些活动的作用,但规模要小一些。林地与农田面积的比例关系对流域水文状况有很大的影响。森林植被促使部分地表径流转化为地下径流。从耕地及其它栽培作物地块进入河道的固体颗粒冲刷物,要比来自林地的高出好几倍。

功能框图中的子框图系统状态指标,反映了它们最重要的性质。例如,森林植被用植物群落及其生长情况表示,作物植被用作物收获量的变化表示,土被用腐殖质含量、营养物质和水分状况的变化表示,地表水用水文情势、化学成分和污染的数据表示。这些指标与农业、水利及林业管理机构,以及自然环境管理机构所利用的特征值一致。

为了确定功能框图,必须研究子框图系统的结构、它们之间相互作用的特征及外部影响。“大气圈”子框图包括气象环境的一部分,主要是大气圈行星边界层,其界限可扩展至地面以上1公里的高度。在流域结构与状态特性影响下,该层温度、湿度及其它特征的变化,形成地方气候。人类经济活动对于对流层下层的影响主要是下垫面的属性,以及大气圈受烟和尘埃的污染造成的。众所周知,来自地面源的大气污染物绝大部分降落在距离源地若干公里的地方。一般来说,城市与生产部门均位于河流附近。当流域特定的线性尺度在数十公里以内时,大气污染几乎不会超出流域范围。它们对气象环境质量与地方气候条件有影响。另一方面,地方气候与大气污染物的降落也影响到流域的植被、土壤和水。这种对流层下层状况与河川流域其它要素的相互关系证明,所研究的系统在一定程度上“组成”了大气圈的结构。

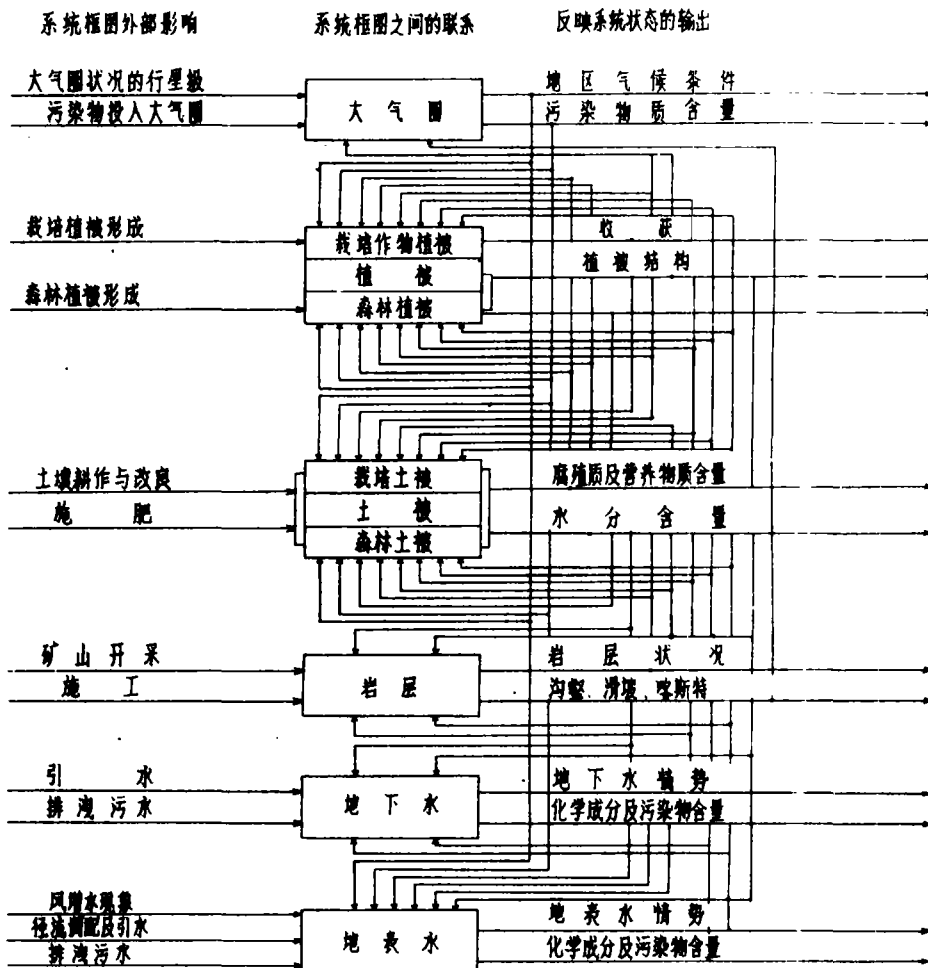


图 《河川流域》自然经济系统的功能框图

子框图的输入部分，为植被、湿度及地形结构的变化。它们的外部影响，为大气圈状况的行星级及区域变化，以及在流域范围内污染物抛入气象环境。地方气候条件和污染物含量乃是子框图的输出，它们对系统的植被和土被，以及地表水具有直接影响（参阅附图）。

“植被”子框图分解为森林植被和栽培作物植被。植被特性（类型组成、产量等）与河川流域综合的自然条件是相适应的。从河漫滩至分水岭可见其规律性变化，这种变化受地形特征、地质构造、小气候条件及土壤中是否具备营养物质等条件所制约。河漫滩高产植被被坡地相对低产的植被代替，在靠近分水岭地带其产量又重新提高。植被在“河川流域”功能系统中起着重要的作用。正如前面所述，森林植被可促使部分地表径流转化为地下径流。植物通过蒸腾而调节土壤水分含量的作用更为明显。植被的结构对地方气候也有影响。植被是有机物进入土壤的基本来源之一。植被的毁灭可导致侵蚀过程强化，使整个系统变得不稳定。

地方气候特征、土壤中腐殖质、营养物质及水分的含量、地表水与地下水情势等的变化

是子框图的输入部分。栽培植被和森林植被的定向形成过程,为其外部影响。在这一概念中应当包括森林砍伐。植被状态指标,对于森林植被,为植物群落的演变;对于栽培植被,为收获量的变化。

“土被”子框图也分为栽培土被和森林土被。河川流域在土壤复盖及其肥力分布上的“组成”原则,表现为土壤由河漫滩向分水岭的规律性演替。在河漫滩和阶地上,是有生产效益的冲积土,在坡地上它们在很大程度上受到冲刷,肥力相对降低,在平地上肥力又重新升高。尽管苏联欧洲部分大多数流域的土被业已熟化,但目前仍表现出明显的规律性。要达到作物最佳布局,必须考虑河川流域自然条件的规律性。

地方气候的变化、植物凋萎的数量(取决于栽培植物的收获量和森林植物群落)、河川流域岩层和地形状况,是子框图的输入部分。土被状况的控制可借助于土壤耕作和土壤改良、施肥等方式实现。腐殖质、营养物质及水分含量的变化为子框图的输出。

“岩层”子框图为在流域内自然与人类活动因素的影响实际上已消除的那一深度以下的疏松和结晶的岩层。流域内岩层的典型的“结构性”,表现为河床与河漫滩冲积层不断更替为河谷阶地冲积层、谷坡基岩。沟壑、沉陷现象、滑坡的形成,破坏了流域水文情势、改变了土壤形成过程、使植被结构改组,还造成其它一些后果。

植被结构、地下水与地表水水位与水化学情势的变化,也是子框图的输入部分。子框图的外部影响,为施工建设与矿山开采。岩层状况的变化、沟壑、滑坡及喀斯特的形成过程,为子框图的输出。

“地下水”子框图包括流域范围内的土壤水与层间水。地下水状况取决于河川流域的自然特性。地下水水位绝对高程的降低,与从分水岭至河床的地形变化相一致。地下水水位的年内变化,取决于河川流域的气候条件与河流水位变化。地下水在补给河水、形成河水化学成分方面起着重要的作用,并对土壤湿度及岩层状况具有很大的影响。地下水的埋藏深度及其水质在很大程度上决定着经济开发的形式。地下水状况的变化对流域整个系统的功能都是有影响的。

地形、湿度、土壤中营养物质的含量、河水水位及化学成分的变化,为子框图的输入部分。引水与排洩污水是外部影响。地下水情势及其化学成分为子框图的输出。

“地表水”子框图包括河川流域水文网的水量。水流及冲刷的固体物质流,是河川流域的主要的系统组成因素。径流担负着河川流域地形形成和排洩的功能。它是物质迁移,包括营养物质迁移的主要因素。因此径流在很大程度上决定河川流域诸成分的功能统一性。它直接或间接地影响着流域范围内的经济活动。

河水又是河川流域内发生的自然与经济过程的指示剂。河流的水位与流量反映流域的湿润程度。水的含沙量与河口底部沉积物的粒度成分,说明河川流域侵蚀过程的强度。根据河水中氧、氮及其它物质的含量,可以判定其经济开发程度。这种情况对于组织河川流域的自然资源开发具有重要意义。

应当把河川流域系统实际存在的一切成分的变化都看作子框图的输入,而把径流的调配、引水及排放污水作为外部影响。地表水情势、化学成分及污染物含量的变化,是子框图的输出。

功能框图可以作为系统模拟。它提供了有关系统的基本成分、各成分间的联系,其外部影响及表示子框图状态输出的明确概念。借助于功能框图很容易用数学表达式计算系统的各环节,兹对这方面内容阐述如下。

以“土被”子框图的腐殖质平衡为例。因为腐殖质含量是土壤肥力的基本指标之一，研究该指标的变化是一个重要的生产课题。

土壤腐殖质平衡方程式，可以下述差分形式表示：

$$M_{rt+1} = M_{rt} + \Pi_y(t) + \Pi_p(t) - B_M(t) - B_c(t) \quad (1)$$

式中 M_{rt} — t 时土壤腐殖质含量； M_{rt+1} — $(t+1)$ 瞬时的土壤腐殖质含量； $\Pi_y(t)$ —单位时间内由于施放有机肥而形成的腐殖质； $\Pi_p(t)$ —单位时间内由植物残体形成的腐殖质； $B_M(t)$ —单位时间内由于腐殖质矿化而损失的腐殖质； $B_c(t)$ —由于地表冲刷而损失的腐殖质。

M_{rt} 值为计算的初始条件。 $\Pi_y(t)$ 取决于有机肥施肥量 $Y(t)$ ，与“土被”子框图相比较，这一部分作为外部影响。其关系式为：

$$\Pi_y(t) = K_1 Y(t) \quad (2)$$

式中 K_1 —有机肥腐殖化系数。 $Y(t)$ —“土被”子框图的外部影响，它必须按过去及未来的经济活动给定。利用公式(2)可以完成将外部影响导入系统子框图输入中。

数值 $\Pi_p(t)$ 取决于植物残体量 $\Phi(t)$ ：

$$\Pi_p(t) = K_2 \Phi(t) \quad (3)$$

式中 K_2 —植物残体腐殖化系数。 $\Phi(t)$ —“植被”子框图的输出，同时又是“土被”子框图的输入。公式(3)是上述子框图之间的联系方程式。腐殖化系数值 K_1 和 K_2 ，引自 $\Phi. И. 列文的著作$ 。 $B_M(t)$ 取决于土壤中腐殖质含量 M_{rt} ：

$$B_M(t) = K_3 M_{rt} \quad (4)$$

式中 K_3 —腐殖质矿化系数。在其它条件相同的情况下，腐殖土愈丰富，则 $B_M(t)$ 愈大，反之， $B_M(t)$ 愈小。因之，腐殖质矿化过程调节（稳定）土壤中的腐殖质含量。系数值 K_3 取自 $Л. М. 汤普逊及\Phi. Р. 特罗乌的著作$ 。

$B_c(t)$ 值与输沙量 $R(t)$ 及土壤中腐殖质含量 M_{rt} 成正比：

$$B_c(t) = R(t)(M_{rt} / M_{\Pi}) \quad (5)$$

式中 M_{Π} —土柱质量； M_{rt} / M_{Π} —吹走的土壤物质中腐殖质的含量。公式(5)是“地表水”与“土被”子框图之间的联系方程式。这一表达式同时也是“土被”子框图的负反馈，因为冲刷可以调节土壤中腐殖质的含量。

本模型是表示“河川流域”系统中相互关系和反馈关系的物质平衡方程组。人类活动影响可以借助于所得到的物质平衡收入项导入模型的输入。将河川流域内各地区人类活动影响，作为模型的输入，我们便可根据模型的输出预测流域自然资源的状态。改变人类活动的影响，可选择最有利的自然资源预测方案。在此基础上提出的建议，可应用于使地区经济发展和自然环境保护达到最佳配合的效果。