

海绵城市

奥克兰水健康雨水管理关键指标剖析及启示

章卫军, 敖静, 何文, 姜巍

(宜水环境科技<上海>有限公司, 上海 200040)

摘要: 海绵城市的规划、设计、考核评估多以实现一系列关键的管控指标为目标,以保持“自然”特征,取得期望效果。目前我国海绵城市建设存在困境的根源在于对关键技术参数理解不足,从而导致普遍的指标分解依据不足,方案缺乏说服力,与专项规划也不好衔接。介绍了新西兰奥克兰的水健康雨水管理实践和核心指标,并对我国雨水管理指标年径流总量控制率与奥克兰的年降雨场次控制率进行对比分析。结合参与的海绵城市项目,认为应进一步加强对海绵城市建设过程中的关键参数理解和指标体系的改进,提出宜将我国的年径流总量控制率更新为雨量控制率,同时引导各地科学合理地采纳生态缓排、峰值控制指标。

关键词: 水健康; 海绵城市; 奥克兰; 雨洪管理

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2018)24-0001-07

Analysis and Enlightenment of Key Parameters in Healthy Rainwater Management in Auckland

ZHANG Wei-jun, AO Jing, HE Wen, JIANG Wei

(Ewaters Environmental Science & Technology <Shanghai> Ltd., Shanghai 200040, China)

Abstract: Sponge city planning, design and assessment are mostly aimed at achieving a number of key management and control indicators, which are expected to represent “natural” characteristics. At present, the root of the predicament of sponge construction in our country lies in the inadequate understanding of the key parameters, which leads to the insufficient basis of general index decomposition, the lack of convincing scheme, and poor connection with the specialized plan. This paper introduced the practice and core parameters of healthy rainwater management in Auckland, New Zealand, and compared the volume capture ratio of annual runoff in China with annual rainfall control rate in Auckland. Combined with experiences from sponge city projects, it was suggested that the understanding of the key parameters and the improvement of the index system should be further strengthened. It was suggested that the volume capture ratio of annual runoff should be updated to the annual rainfall control rate, and the extended detention volume and peak discharge volume index should be adopted scientifically and rationally.

Key words: healthy water; sponge city; Auckland; rainwater management

海绵城市示范在我国实践已悄然过去了3年多,从一系列的海绵城市规划设计中可见年径流总量控制率(或其次生指标,如SS去除率)作为最根本的控制指标,应用最为广泛。然而对年径流总量

控制率的定义在业界仍有不少争论,争论的焦点实际上是关于该控制指标是否能从技术途径上实现对海绵城市建设给予科学的支撑。

国际上美国、英国、荷兰、澳大利亚和新西兰等

国已经历了30多年的低影响开发(LID)、BMP、水敏性城市设计等类似海绵城市的实践,也是公认比较成功的国家。这些国家的技术体系根据自然环境和承载力,目标要求有高有低,但实际上基本相似。新西兰奥克兰市为了实现“最宜居城市”的目标,于2012年的城市远景计划中提出“水健康”愿景,认为城市雨水管理是实现水健康的重要部分。由于其海洋性气候、丘陵地区和脆弱的生态条件,奥克兰采用的雨水管理指标和体系堪称全球最严格之一。为此,以奥克兰市为例,研究其雨水管理体系中关键指标的制定背景对工程实践、管理体系的影响,以期为我国出台科学易懂、有权威的控制指标和技术指引提供借鉴。

1 水健康指标理论背景

城市开发会改变下垫面条件,引起微水系、产流、汇流、径流污染特征的改变,从而损害水生态系统,破坏“水健康”。河道生态系统健康状况采用塑造河道断面特征的流量来评估,具体包括:生态流量、河道基流、造床流量、漫滩流量。生态流量是指维持河道内水生生物生存和生物多样性,保持河道生态系统基本结构与功能所需的最小流量。河道基流是指河道常年能够保持的最小流量。造床流量是指多年水流与河道冲刷、淤积动态平衡过程,形成河道断面形态的特征流量。由于河道自然断面形态的复杂性,造床流量是一组特征流量,国际上用有效流量、漫滩流量和重现期流量组合表示。造床流量实际上是一些较大但又不是最大的洪水流量^[1]。漫滩流量则是指河道水位达到河边滩高度时的流量,是河槽内河道能够承受的最大流量。

年径流过程中不同特征流量分解示意图1,四种特征流量在河道断面的示意图2。

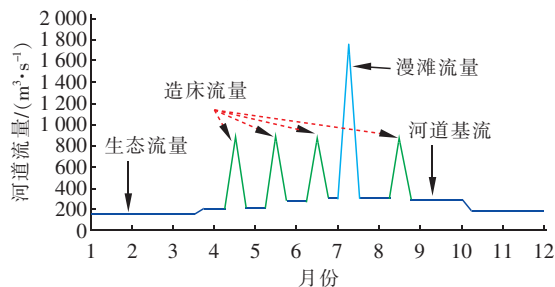


图1 年径流过程中不同特征流量分解示意

Fig.1 Schematic diagram of feature flows of an annual runoff time series

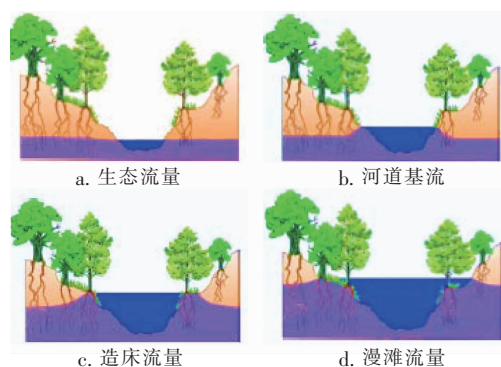


图2 河道断面不同特征流量示意

Fig.2 Schematic diagram of feature flows in a typical river cross-section

这些流量特征指标,通常是对长系列的监测数据进行统计、水文分析或水力学模拟得出,是在流域框架下管理下一级支流或汇水区的关键控制指标。

城市开发过程中,雨水系统设计不当导致的溪流、河道特征流量变化,将进一步影响城市水生态多年形成的自然平衡关系。例如:①河道流量峰值的增加,导致河岸冲刷,水土流失风险升高。河道泥沙冲刷和沉积将改变河道形态,破坏河岸结构及滨水植被带,导致河岸土壤裸露,更容易受到侵蚀。②在城市开发过程中,当河岸受侵蚀时会增加雨水径流中的悬浮物和沉积物,这将降低水体的透光性,河水中悬浮物过多可能造成鱼鳃堵塞,影响滤食性贝类生存,破坏底栖生物的栖息地,甚至扼杀底栖生物,损害水生态系统健康。③城市建设中修筑的涵洞、堤堰以及其他构筑物常常成为鱼类迁徙的障碍物,某些涵洞高于基流所在位置,涵洞出水水流一般比较急,鱼类无法通过,从而阻碍鱼类在水系中的自由活动。

另外,城市雨水径流在汇流过程中会挟带道路、广场、商业区、居住区等区域地面上的多种悬浮物、泥沙,以及附着的微量金属、营养物、油脂类和细菌等污染物进入自然水体,损害河湖水健康。

综上,影响河流生态、自然健康的关键参数有河道特征流量和城市径流污染。其中河道特征流量从属于降雨量,同时受流域水文水力条件的影响,为次生因子;城市径流污染的控制也受降雨量的影响。雨量特征由自然气象条件决定,是流域水生态环境因素中唯一不受人类活动影响的参数(在此暂时不考虑城市热岛效应等因素)。河道特征流量与降雨条件密切相关,在掌握了人类活动、地形地貌和雨水

工程分布的基础上,可以通过对不同级别降雨量的控制实现特征流量的控制。

因此,降雨量的控制是获得河道水生态和环境健康相应特征流量指标的最有效也是最容易理解和应用的手段。国际上通常采用降雨量作为控制参数,通过控制频发的小降雨事件,控制径流污染,补充地下水,维持下游河道生态流量和河道基流,改善水质条件;通过控制多种设计暴雨,保持河道造床流量特征,维护河道形态特征。

2 奥克兰水健康雨水管理

作为新西兰最大的城市,奥克兰经过 20 多年的实践、研究,规划体系和技术导则的动态更新已形成一套较为完整的管理体制和技术体系,具体框架如图 3 所示。

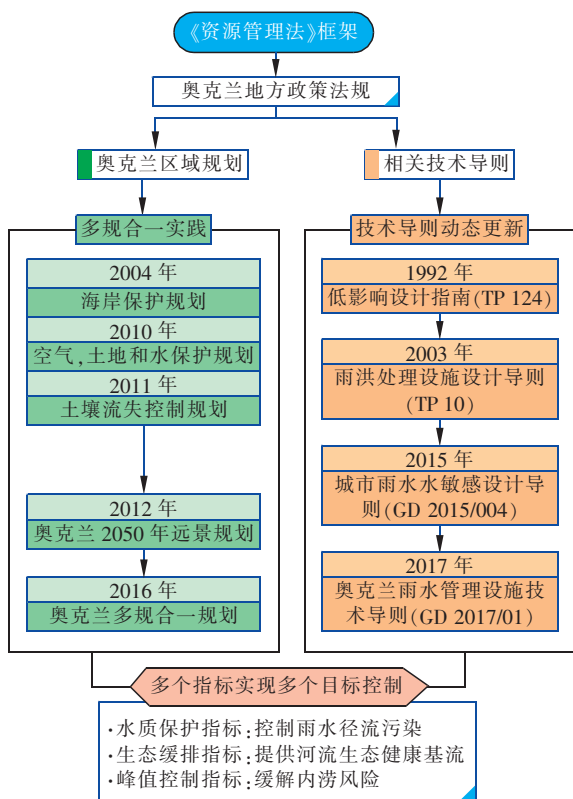


Fig. 3 Technical framework of stormwater management in Auckland

奥克兰在清晰的法律法规框架、渐进的科学规划、合理的技术指标体系建设及技术导则指导下,通过构建多个核心水文参数指标恢复开发前的水文状态,就地削减污染物,减小洪涝灾害频率,缓解土地开发带来的系列水环境问题,维持水健康。

1991年,新西兰正式颁发了集大气、水、土、森林、地下资源管理等于一体的《资源管理法》。在《资源管理法》框架下,奥克兰政府颁发了更详细可行的地区性规章制度。例如,《奥克兰地区规划:空气、土地和水》定义了雨水排放许可条件,允许不透水面积 $<1\,000\text{ m}^2$ 的区域所产生的雨水可排向任何土地或水体,如果超出这个范围,则应获得排放许可证后才可进行下一步工作。2012年奥克兰通过了“奥克兰2050愿景计划”,为了实现该计划目标,奥克兰政府更新了原有的地区规划,最终于2016年编制完成了奥克兰多规合一整体规划,替代了13个地方专项规划。在该规划中形成了解决上述问题的主要技术方法原则,具体如下:①在流域综合管理规划中融入水敏性设计的理念,作为土地开发设计的核心手段;②采用滞留、调蓄手段减缓降雨径流的流量、峰值影响;③通过工程或非工程手段减少污染物的富集,规定对高污染负荷的停车场及道路采用雨水水质净化处理措施。

为了使资源管理法及相关规划落地,奥克兰政府自1992年起推出了一系列导则与手册,建立了一套水健康规划、设计、施工、维护等多方面的技术指南。需要指出的是,随着不断的实践积累以及该领域理念认识的不断深入,奥克兰对最初颁布的相关导则都进行了相应的更新。

3 奥克兰水健康雨水管理指标定义

3.1 雨水管理指标

奥克兰水健康管控的指标体系将雨水管理的目标分解为水质、生态、水量三个方面。通过对不同量级的24 h设计降雨量的控制,实现水质保护、生态缓排、径流峰值控制目标。三个目标对应的雨量控制指标为:

① 水质保护指标

水质保护指标是指为实现水质保护目标所需要控制的24 h设计雨量。主要是通过LID设施截留包含泥沙和污染物的雨水径流,从而去除部分悬浮沉淀物,以及附着在沉淀物上的微量金属、营养物、油脂类和细菌等污染物。

奥克兰在2003年发布的《雨洪处理设施设计导则》(TP 10)中规定,水质保护指标为LID设施能实现滞留汇水区域2年一遇24 h设计降雨的1/3的雨量产生的径流,以期控制源头雨水径流污染。2017年颁布的GD 2017/01导则将此标准再度更

新,以 LID 设施能实现滞留汇水区域 90% (某些区域为 95%) 年降雨场次控制率相应雨量产生的径流,作为水质保护指标。对于不同地区,该数值可通过奥克兰政府颁发的水文手册查得,大约在 24 ~ 34 mm 之间。

按照此设计降雨,即水质保护指标,计算得出的调蓄容积称为“水质保护容积”。具体 LID 设施设计时,需提供水质保护指标降雨条件下不外排的雨水调蓄容积,确定设施的最小有效容积。

② 生态缓排指标

生态缓排指标是指为实现水生态保护需要控制场地雨水缓慢排出的 24 h 设计雨量。生态缓排目标希望 LID 设施调蓄小雨量事件所产生的径流,保证其在雨后一定时间后才缓慢排出,保持开发前的缓排效果,以维持接纳水体基流特征和河道物理结构的稳定性。

奥克兰在 2003 年发布的《雨洪处理设施设计导则》(TP 10)中规定,该指标为 LID 设施能实现调蓄汇水区域内 24 h 的 34.5 mm 降雨产生的径流量,且在雨后 24 h 才能排空。2017 年颁布的 GD 2017/01 导则将此标准再度更新,以 LID 设施能实现调蓄汇水区域 95% 年降雨场次控制率相应雨量产生的径流,对应的降雨量从水文手册可以查得,约为 32 ~ 48 mm。

工程中一般利用雨水源头调蓄设施,通过出口排水流量控制实现缓排,此功能所需要的调蓄容积,称为“生态缓排容积”。

③ 峰值控制指标

峰值控制指标是指为实现场地设计暴雨径流峰值不大于开发前的 24 h 设计雨量。土地开发会增加下游区域的洪涝风险,峰值控制目标为维持汇水区设计暴雨特征流量,从而缓解对下游河道水系断面形态的影响。奥克兰在 TP 10 和 GD 2017/01 导则中均规定控制 2 年、10 年、100 年(部分区域)一遇 24 h 设计暴雨外排流量峰值不大于开发前。

根据具体指标设置雨水源头调蓄控制设施,削减外排径流峰值,利用数学模型模拟计算调蓄设施容积,保障土地开发后径流峰值流量不大于土地开发前。

工程中一般利用雨水源头调蓄设施,通过排水设施流量控制实现不同设计频率的峰值削减。实现此目标所需要的调蓄容积,称为相应设计频率的

“峰值控制容积”。

3.2 指标与海绵设施选择的关系

不同的海绵城市典型设施具有不同的功能,选用时应与规划控制目标相对应。为了理解滞蓄、调蓄和洪水缓解措施对特定地点的影响,设计者需要了解相应集水区以及拟建雨水装置的功能和效果。

① 可保护河流和供给地下水的滞蓄措施

特定的雨水装置可以滞留雨水,这些雨水可以用来现场回用或渗入周围的土壤和地下水层。通过滞蓄,雨水不会被输送到雨水系统,因此,不会在降水事件期间增加下游的水量。此外,滞蓄设施通过渗透还可以补给地下水。

② 保护河道的生态缓排调蓄措施

调蓄对于河流保护的重点在于保持了下游河道可接受的环境物理结构,提供可以维持健康生态系统的生境条件。奥克兰 TP 10 导则中提出实现 24 h 的 34.5 mm 降雨产生的径流量,并在雨后 24 h 后排空,以维持河流的物理健康状态。其他河流保护措施包括河岸种植,或使水先通过种植的植被后排放,如湿地系统等。

③ 作为洪水管控的调蓄措施

设计雨水管理设施时,可以通过为较大的降水事件(2 年、10 年甚至 100 年一遇)提供调蓄来实现洪水管控,以降低发生洪水的可能性。通过湿地和雨水塘设施设计可以实现这一目标。

4 中国与奥克兰雨水管理指标异同分析

4.1 相似性比较

对我国《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》(以下简称《指南》)定义的年径流总量控制率与奥克兰年降雨场次控制率的计算方法进行比较,分析两者异同。

① 雨水年径流总量控制率统计方法

参考《指南》,根据我国气象科学数据共享服务网中国地面国际交换站气候资料数据,选取至少近 30 年日降水量数据,扣除小于或等于 2 mm 的数据后,按雨量由小到大进行排序,依次分别统计小于或等于该序列降雨量数值的降水总量(小于或等于降雨量值的按真实雨量计算,大于降雨量值的按该降雨量值计算,两者累计总和)在总降水量中的比例,得到雨水年径流总量控制率序列值。该序列值对应的日雨量,即为该年径流总量控制率对应的设计降雨量。

② 年降雨场次控制率统计方法

奥克兰政府在 GD 2017/01 导则中规定采用年降雨场次统计法。美国环境保护署 (USEPA) 在 2009 年下发了《联邦工程项目实施 EISA 438 条文的水雨径流控制技术导则》(以下简称《438 技术导则》), 对该方法进行了详细描述, 并推荐采用 Excel 中的 PERCENTILE 函数, 通过对序列 24 h 降雨量数值的后台分析, 直接得出给定降雨场次控制率所对应的设计降雨量值。

表 1 5 座城市 30 年降雨数据统计特征值

Tab. 1 Summary of 30 years daily rainfall data samples in five cities

项目	宁波	宜兴	昆山	连云港	宿迁
降雨数据开始时间	1981-01-01	1985-01-02	1985-01-01	1986-01-01	1984-01-01
降雨数据结束时间	2010-12-31	2014-12-11	2015-12-31	2015-12-31	2013-12-31
数据样本天数/d	10 956	10 935	11 321	10 956	10 957
数据样本年数/a	30	30	31	30	30
多年平均降水量/mm	1 432.5	1 273.1	1 161.5	893.4	892.4
降雨量 > 2 mm 的样本/个	2 991	2 494	2 383	1 533	1 578
降雨量 > 2.54 mm 的样本/个	2 809	2 342	2 248	1 443	1 478

表 2 5 座城市的雨水年径流总量控制率、相应日降雨量与对应的年降雨场次控制率

Tab. 2 Volume capture ratio of annual runoff, corresponding daily rainfall and corresponding annual rainfall control rate

城市	年径流总量控制率/%	相应的日降雨量/mm	对应的降雨场次控制率/%
宁波	70	16.6	70
	75	19.5	77
	80	23.2	82
	85	28.2	87
宜兴	70	19.4	75
	75	23.1	80
	80	27.9	85
	85	34.2	89
昆山	70	18.7	76
	75	22.3	81
	80	27.3	86
	85	34.0	90
连云港	70	25.7	79
	75	30.7	84
	80	37.0	87
	85	45.2	90
宿迁	70	24.1	79
	75	29.0	84
	80	35.7	88
	85	44.1	91

由于资料限制, 未对更多城市进行上述研究。

具体计算步骤如下: a. 获取连续至少 30 年逐日降雨数据。b. 去除降雨量为 0.1 英寸 (2.54 mm) 以下的降雨事件以及降雪事件。c. 采用 PERCENTILE 函数计算年降雨场次控制率所对应的设计降雨量。

利用上述统计方法对宁波、宜兴、昆山、连云港、宿迁市 30 年的逐日降雨数据 (见表 1) 进行分析, 获取各城市 70%、75%、80% 及 85% 雨水年径流总量控制率对应的日降雨量及年降雨场次控制率, 详见表 2。

目前, 我国大多数城市采用的年径流总量控制率在 70% ~ 80% 左右, 表 2 表明, 在这一指标范围内, 用年降雨场次统计的百分数略大, 大致在 70% ~ 88% 之间。由此可见, 我国采用的年径流总量控制率标准略低于奥克兰采用的最基本的水质保护指标。

我国采用的年径流总量控制率与新西兰年降雨场次控制率相比, 虽然计算方法不同, 结果略小, 但能一一对应, 本质一样, 都是为了管理大量小雨事件和大雨事件的初期降雨量而估算的一个指标。在 GD 2017/01 导则发布前, 奥克兰早期的研究分析确定的水质保护指标为 2 年一遇 24 h 雨量的 1/3, 又是另一种方法。因此, 笔者认为我国《指南》定义的年径流总量控制率本质上也是为了控制高频率的小降雨, 或大雨的初期部分雨水产生的径流, 在技术上考虑了不同地域的气象条件, 其正确性和合理性无可争议。

4.2 关键指标定义更新的必要性

年径流总量控制率是一个非常关键的技术指标, 该指标的准确定义和理解需要水文学专业知识, 工程实践需要将复杂的技术概念通俗化。海绵城市需要全社会的积极参与, 由于大多数人的误解, 或者对实质概念理解不清晰, 导致许多质疑和消极态度及建设方向的偏离。

一个比较合适的概念可能是“雨量控制率”, 此

概念沿用了年径流总量控制率的本质含义,避免了“径流”概念的干扰和争议,也有助于规划、设计与考核评估阶段对关键指标的合理应用。

由于每一个城市的土壤、气象条件、城市径流污染特征、生态环境本底条件等不同,为控制径流污染采用的“雨量控制率”可因地制宜,以问题为导向,通过研究评估确定。

4.3 与相关专项规划的衔接需要额外控制指标

奥克兰水质保护、生态缓排、峰值控制三位一体的指标体系对设施规模、工程措施的选择和组合起着关键作用。以水质保护指标控制雨水径流污染,通常采用生态草沟、雨水花园、人工湿地等处理道路、地面雨水;生态缓排指标提供河流生态健康基流条件,通常采用雨水箱、人工湿地、雨水塘等缓排调蓄设施;峰值控制指标缓解内涝风险,通常采用雨水箱、人工湿地、雨水塘甚至专门设计的下凹绿地等调蓄设施。

从以上不同等级雨量控制设计指标可以看出,新西兰指标体系涵盖小雨至大雨多种影响生态环境的降雨特征,实现了控制雨水径流污染、提供生态缓排、缓解内涝风险等多重目标。这样的工程体系已经与现有的水环境、水资源、水生态、水安全实现有效衔接。

我国年径流总量控制率最多只能满足类似于奥克兰指标体系中最基本的水质保护指标。研究表明,一般年径流总量控制率设计降雨量还达不到2年一遇24 h降雨量的1/4。因而仅用年径流总量控制率设计的海绵设施缺乏对较大雨量的控制,显然没有内涝防治功能。而对于生态保护、水资源利用等,海绵城市建设的相关指标实际上是综合流域范围内多因素或多工程体系才可能实现的系统控制指标。海绵城市设施建设中,除了源头雨水水质控制以年径流总量控制率为设计指标外,其他如生态保护、洪涝安全等都缺乏相应的海绵城市设施设计指标,导致海绵城市设施的设计与现有大的系统性的工程体系脱节严重,在技术体系上没有衔接。

因此,海绵城市建设为了实现生态保护、洪涝安全等目标,需要另外考虑主导设计的相应控制指标。

4.4 监测与评估的期望和方法需要推敲

《指南》术语对年径流总量控制率的定义为:根据多年日降雨量统计数据进行分析计算,通过自然和人工强化的渗透、储存、蒸发(腾)等方式,场地内累计

全年得到控制(不外排)的雨水量占全年总降雨量的比例。笔者认为,“不外排”指在利用日降雨量设计海绵设施规模时不允许外排。新西兰、美国、澳大利亚等国家都允许次日或多日连续降雨事件发生时,超过设施下渗或滞蓄能力的径流外排。这部分外排的水量,认为是已经过雨水设施处理的相对干净的雨水。

另一方面,径流计算涉及经验水文模型、非线性的土壤下渗参数、微观地形等复杂参数和随机多变的降雨过程。因而设计控制的雨量比例并非期望控制的不外排径流量的比例,即“年径流总量控制率或雨量控制率”为75%,并非场地内75%的年径流量不可外排,或等效于径流系数0.25。

根据笔者近几年研究分析得出的结果,以年径流总量控制率为75%设计的海绵系统,多年平均场地外排的径流系数为0.35~0.50。径流系数的差异性主要与地形、土壤条件、连续降雨事件等条件有关。同时研究还表明,径流系数与年径流总量控制率之间并非存在年径流总量控制率 $= (1 - \text{径流系数}) \times 100\%$ 的关系。另一方面,由于年际、逐月雨量变化,降雨量、径流量和经过海绵城市设施控制后外排水量的非线性关系变得更为复杂,因此逐年或逐月径流系数也不是常数。

可见,不少城市希望监测示范区或小区外排流量,通过计算累计外排水量估算年径流总量控制率,但存在如下无法解决的问题:①测量布置缺乏对数据分析和研究目标的理解,导致布点和仪器的安装忽略了水力条件和仪器的局限性,因而流量监测尤其是大多数小流量的监测数据误差很大(甚至缺测);②即使所有流量监测100%可以精确获得,计算所得的实际上是监测历时内的径流系数。根据上述分析,也并非(多年平均)径流总量控制率。

径流总量控制率合理可行的取值范围需要在实践中通过监测与评估研究而确定,但监测的目的、技术方法和评估手段需要懂得流量监测原理和参数的真正含义。

4.5 着力控制用地变化影响和规划衔接

奥克兰雨水管理指标,主要应用于雨水管控单元内新建地块、旧城改造或民宅改建时的水敏性雨水设计,或类似我国的海绵设计。其目标是管理好城市建设土地利用变化对水系统的影响。

这一思路的假设是各专项规划解决好自身体系

存在的问题。新的海绵城市理念和技术,能够降低因城市开发或改造导致的大量零星分散项目对现有体系的影响,并强化各专项规划之间的协调和反馈。这样现有体系与海绵城市建设各有侧重,管理责任和目标明确,既能解决新问题,又能优化和衔接现有体系。

另一个值得探讨的关键概念,就是关于“开发前”概念。奥克兰 GD 2017/01 导则对“开发前”的定义是“在提交拟建或改建计划之前的场地条件,包括现状建筑物、道路。”我国对“开发前”的定义不是很清晰,通常以完全自然作为开发前的设计条件,导致海绵设计的规模、要求相差很大,尤其对建成区设计的设施规模大、落地难。

尽管奥克兰雨水控制管理指标比我国的多,要求高,但其应用条件和“开发前”基本概念清晰,使得类似海绵建设的水敏性城市设计推动相对容易、可行、有权威。

我国有些城市承诺 2020 年 20%、2030 年 80% 建成区达到海绵城市建设要求,该目标实际上将新的城市建设对水问题增加的影响,与城市现有水系统问题混在一起,导致海绵城市规划与各专项规划有诸多交集,过多涉及本该其他专项规划完成的事项,“越位”又不专业,目标虚高,不易实现。

我国海绵城市控制指标如能借鉴奥克兰经验,确定应用条件,将有利于推动合理的海绵城市建设,理清海绵城市规划的定位和体系,实现海绵城市体系与各专项规划工程的有效衔接。

5 结语

我国海绵城市建设大规模实践后,更需要总结经验教训。奥克兰可持续发展理念,清晰的法律法规,持久渐进的科学研究,以及合理的技术指标体系建设,为水健康管控提供了重要基础,其水健康管控

指标及技术体系发展为我国提供了可借鉴之路。通过近年参与的国内不少城市的海绵城市规划、设计、研究等项目,笔者深深感悟到关键参数理解和指标体系突破的重要性和迫切性。为此提出如下建议:一是将“年径流总量控制率”更新为“雨量控制率”,并作为控制新区开发或旧城改造的海绵城市建设基本要求;二是引导各地因地制宜、科学合理地采纳生态缓排、峰值控制指标。只有这样,才能使海绵城市规划和建设体系真正衔接并反馈各专项规划,工程建设科学可行,效果客观而有效。

参考文献:

- [1] Qureshi M M, Shaker A S, Lesleighter E. Channel forming discharge in rivers: A case study of Jhelum River in Pakistan[J]. Pak J Engg Appl Sci, 2013, 12: 82-94.



作者简介:章卫军(1966—),男,新西兰华裔,水力学及河流动力学硕士,宜水环境科技(上海)有限公司总经理,主要研究领域为流域水管理、城市可持续发展、水信息与模型技术。

E-mail: weijun. zhang@ ewaters. biz

收稿日期:2018-06-16

坚持节约资源和保护环境的基本国策