

北京未来科学城

地表径流减控与面源污染削减综合示范工程

项目位置：北京未来科技城位于昌平区北七家镇

项目规模：占地面积10hm²

竣工时间：2015年

23.1 现状基本情况

（1）项目位置

北京未来科技城位于昌平区东部，距首都机场约10公里，南距北四环15公里，北部与北六环相邻。基地北至顺于路西延、东至京承高速路和昌平区界、南至七北南路、西至北七家镇中心组团东边界。

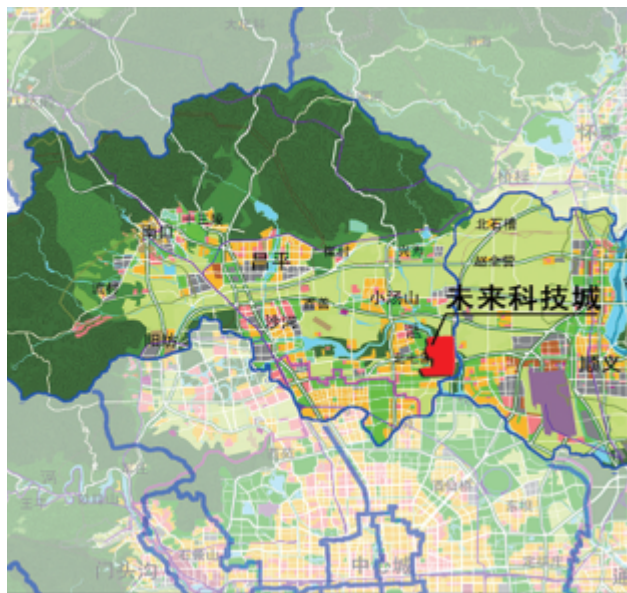


图1 未来科技城位置示意图

（2）自然条件

未来科技城地处温榆河沿岸的平原地区，呈南高北低，地面海拔高度在27~40米之间，自然坡度1‰，地势较平坦开阔。温榆河流经园区中部，沿东部小汤山和北七家镇界东南向流入顺义区境。

（3）水文气象

未来科技城所在的昌平区属温带大陆性季风气候，四季分明。春季干旱多风沙，夏季雨热同步，秋季天高气爽，冬季寒冷干燥。多年平均气温为11~12℃，多年平均日照2669小时/年；多年平均相对湿度为60%，年际间在55~67%间变化。冬季多为西北风，平均风速在3.0~3.5m/s，最大风速达22.0m/s。无霜期为200天左右。

多年平均（1956~2000年，下文同）降水量574mm，多年平均水面蒸发量1245mm。受大陆性季风气候影响，降水具有年际变化大、年内分配不均、丰枯水年交替发生，亦有连续发生等特点。其中最大年降水量1002mm（1956年），最小年降水量344mm（1965年）。降雨多集中在汛期6~9月，降水量约占全年的80%左右。全区1999~2009年平均降水量为465mm，比多年平均值减少了19%。

（4）河流水系

未来科技城地区属于温榆河流域，现状该地区主要的河道有：温榆河、清河、温榆河河湾、清河河湾；另外还有六排干、六排干支渠、梁家沟、鲁疃西排水沟、鲁疃排水沟、土沟排水沟等现状沟渠。现状区内雨水及大部分生活污水主要通过上述河道和沟渠排除。



图2 北京未来科技城周边水系示意图

温榆河是海河北系四大河流之一，起自昌平区沙河闸，流经昌平区、顺义区、朝阳区至通州区北关拦河闸，全长约为47.4公里，流域面积约为2478平方公里。温榆河曾于2000年进行治理，河道治理标准为10年一遇洪水标准疏挖主河槽，50年一遇洪水位加高1.5米标准筑堤。

温榆河河湾位于未来科技城北部，长度约2.5公里，呈半环状，两侧与温榆河主河道相连，现状河道非常不平整，上口宽约40~140米，沟深约4米。温榆河河湾与温榆河主河道相连处现状分别有一座节制闸。

清河是北京市区北部一条防洪排水兼农业灌溉的河道，自安河闸向东、向北入温榆河，全长23.6公里，总流域面积217平方公里。该河道于2007年进行过治理，治理标准为20年一遇。

清河河湾位于未来科技城南部，长度约3.9公里，一侧与温榆河主河道相连，另一侧与清河主河道相连，现状河

道形状非常不平整，现状上口宽约20~160米，沟深约1~3米。现状清河河湾上有桥梁两座，节制闸两座。

梁家沟、鲁疃西沟及鲁疃沟位于未来科技城南部，北七家镇以东、鲁疃村以南，主要承担沿线的农田以及鲁疃村部分地区的雨水排除任务，现状排水干渠疏挖较整齐，上口宽约为6~12米。下游均接入清河河湾。

土沟排水渠位于温榆河以北，穿酸枣岭村后进入土沟村，进入土沟村后分为两个支流，一条向西南流入温榆河，一条流向东南穿越京承高速路涵洞进入方氏渠后汇入温榆河。主要承担沿线的农田以及土沟村部分地区的雨水排除任务，其中穿过土沟村的部分已经基本被改建为暗沟。

（5）地质条件

该区域的工程地质综合评价为Ⅱ、Ⅲ类区，大部分属于平原区工程地质条件较差地区，该地区易受地震液化沉陷、地下水位、洪水淹没等，对建设工程的建设标准要求较高，城镇建设应进行工程地质评价，并应采取适宜措施，方可进行工程建筑。

区域大部分属于沙土液化区，还有一条北东向的黄庄——高丽营地震断裂带斜穿未来科技城北区土沟村。根据2010年11月编制完成并通过专家评审的《未来科技城北区土地一级开发项目地裂缝勘察报告》，确定了黄庄—高丽营断裂带地裂缝位置，并提出断裂带避让宽度为100米，其中上盘（东侧）为74米，下盘（西侧）为26米。

区域地下水的主要补给源为河水、大气降水、上游侧向径流。河道两侧地下水为潜水，地下水动态变化主要受补给源控制，潜水水位随季节变化，年变幅一般为1~2m，多年变幅主要受大气降水量控制。地下水排泄方式为向下游径流和人工开采。一般水位埋深为1~4m。地下水主要赋存于砂层中。

23.2 问题与需求分析

（1）区域面临着防洪威胁

未来科技城存在局部低洼地区，温榆河未来科技城段堤顶高程虽高于50年一遇洪水水位，但局部河段堤防超高不足。科技城横跨温榆河，由于温榆河水系上游规划的防洪体系尚未完善，存在一定防洪风险，建议对未来科技城

整个区域进行必要的洪水风险分析。

随着昌平区北七家镇及未来科技城的城镇建设，现有河道及沟渠功能发生转变，由原来的农村田间排水渠道变为城市排水渠道。其中，北区土沟排水渠需改道入方氏渠。方氏渠现状断面本身就不能满足原有流域防洪要求，土沟排水渠将洪水排入方氏渠后，将进一步加大方氏渠的行洪风险。

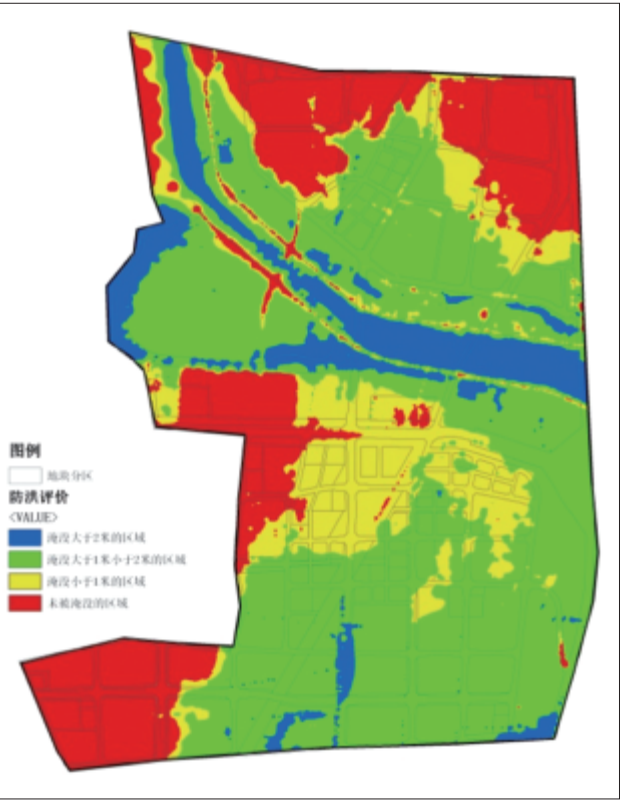


图3 未来科技城现状地面高程与温榆河20年一遇水位对比图

（2）区域面临着排涝威胁

昌平区北七家镇排水需通过科技城排入温榆河，增加了该区域的排涝压力。根据《北七家镇中心区雨污水排除规划》，六排干及六排干支渠结合市政道路建设改建为市政雨水管道，通过2个4×3米的方涵接入老河湾。

西部地势较高的北七家地区发生超标准排水时，将会沿道路进入未来科技城，增加科技城排涝压力。

（3）区域生态用水缺乏

北七家镇处于昌平地下水资源相对贫乏地区，水资源短缺。温榆河水资源利用规划没有考虑科技城的环境用水

需求。因此，需要加大节水力度，增加再生水及雨水等非常规水源的利用，解决未来科技城的生态用水问题。



图4 北七家镇雨水排放规划图

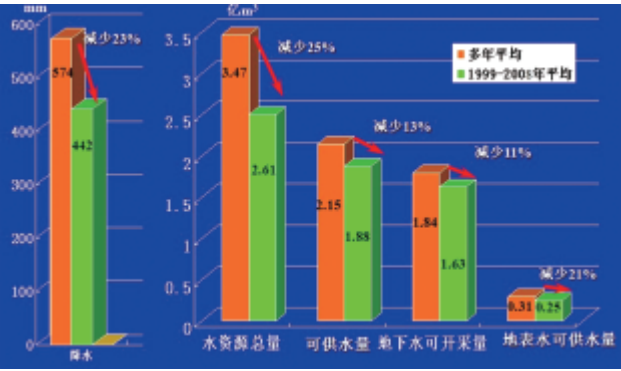


图5 昌平区降雨及水资源变化趋势

23.3 海绵城市设计目标

- （1）设计目标：
- 1）综合径流系数
- 开发建设后未来科学城规划范围内5年一遇降雨外排水的综合径流系数（流量径流系数）控制到0.43以下。
- 2）年径流总量控制目标
- 通过低影响开发措施的实施，使开发建设后多年平均外排径流量不大于开发前水平，多年平均年径流系数≤0.15，多年平均年径流总量控制率（年雨水综合利用率）≥0.85。

（2）工程总体思路

未来科学城全面贯彻低影响开发的先进理念，将园区雨水排除、雨水利用、内涝防治、水土保持与园区景观绿化等有机结合，采用先进的系统模拟手段，分区分块进行分析计算，按照开发建设地块、地块周边城市道路、公共绿地三种土地利用类型进行雨水利用。对于开发建设地块，严格限制雨水外排，依据“优先下渗、注重滞蓄调控、适当集蓄回用”的原则将雨水就地消纳；对于地块周边道路，以控制透水铺装和下凹式绿地的比例为重点，通过下渗、滞蓄、渗蓄自灌、集蓄灌溉等措施减少城市道路雨水外排，削减污染负荷；对于公共绿地，坚持以滞蓄和下渗为主，在保证消纳自身雨水的同时，力争调蓄下渗一部分外来径流（图6）。

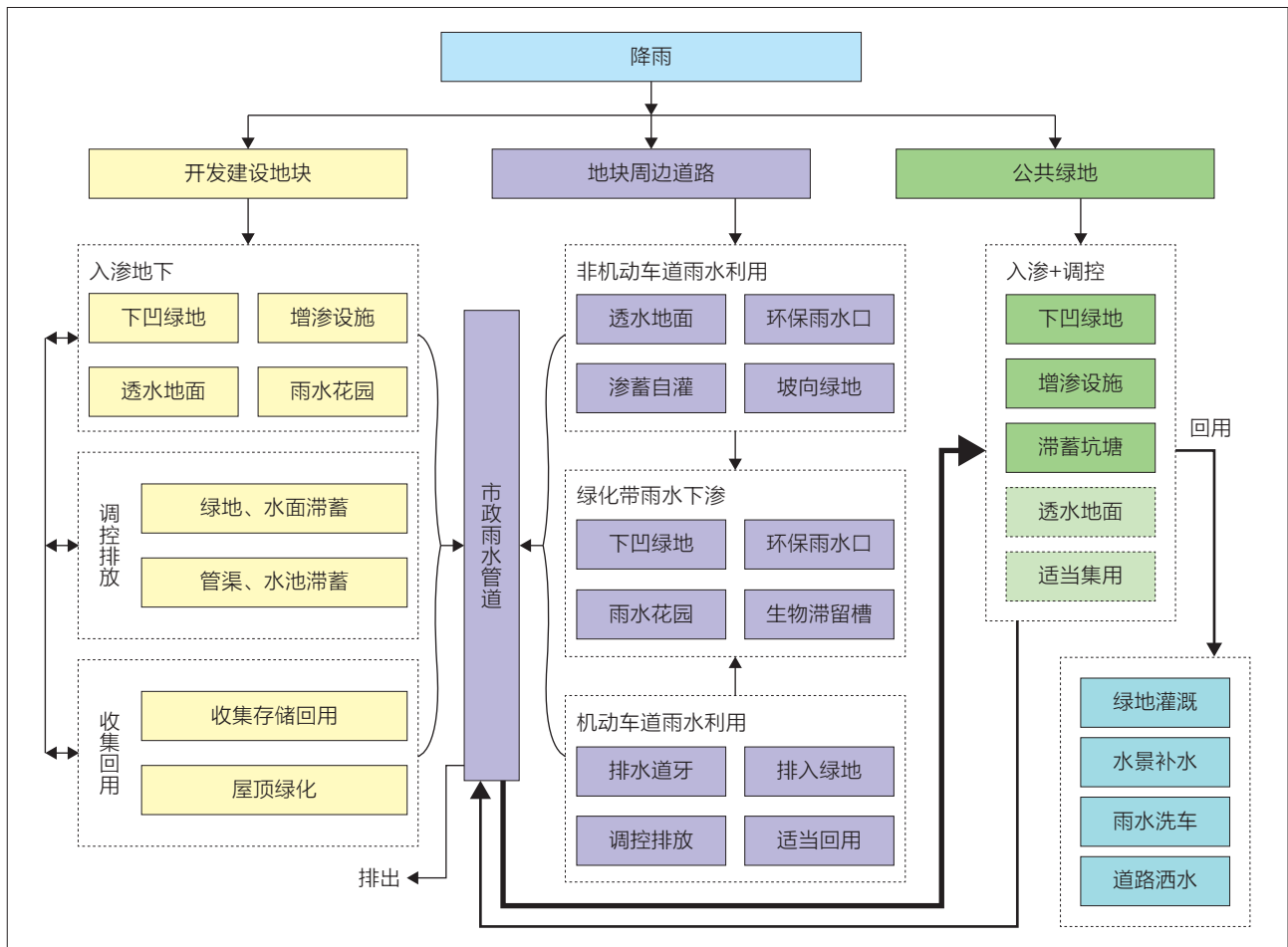


图6 海绵工程总体思路示意图

23.4 海绵城市建设实施方案

23.4.1 雨水控制利用分区

根据未来科学城的土地利用功能划分和《未来科技城外部雨污水排除规划》，结合雨水控制利用的目标，将未来科学城分为如图2-17所示的2类6个雨水利用区域。位于园区中部和沿京承高速公路一侧的公共绿地为雨水零排放区，包括北部雨水零排放区、滨河雨水零排放区、京承雨水零排放区；开发建设区域为雨水控制排放区域，包括北部雨水控排区、西南部雨水控排区、东南部雨水控排区。

雨水零排放区域内的绿地通过采用下凹式绿地、绿地增渗设施、入渗槽等设施使绿地内的雨水全部滞蓄下渗，外排水

量为零。

雨水控排区域内的地块通过屋顶绿化、透水铺装、下凹式绿地、增渗设施、调蓄设施控制地块内雨水排放的峰值和总量，道路雨水通过透水人行道、透水自行车道、下凹式绿地、生态沟等措施控制地块内的雨水排放峰值和总量。

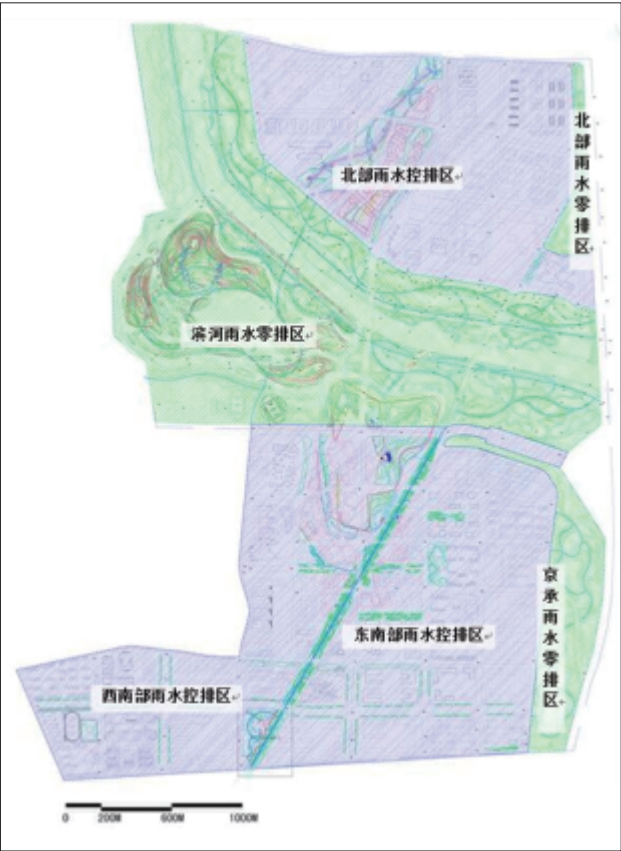


图7 未来科技城海绵城市建设分区图

23.4.2不同类型用地海绵方案

（1）开发建设地块雨水利用

开发建设地块是指，未来科学城规划范围内包括央企用地的教育科研用地、居住用地、商业金融用地、多功能用地、市政公用设施、医疗卫生用地等进行开发建设的地块。

按照前面对雨水利用目标的分解，开发建设地块的雨水利用控制目标为：35mm降雨不外排（强制性）；5年一遇降雨外排峰值径流系数不大于0.58（强制性）；平均年径流总量控制率不小于0.87（强制性）。由于不同开发建

设地块的建设用地、绿化用地比例不同，不同类型用地的建设强度、标准等不同，因此针对不同用地的特点，将开发建设地块的平均雨水利用控制目标分解到不同类型地块如表2所示。对于绿地率≤25%的地块，年径流总量控制率≥85%，控制雨量为32.5mm；对于绿地率>25%，空地率≥55%且<65%的地块，年径流总量控制率≥87%，控制雨量为36mm；对于绿地率≥30%，空地率≥65%的地块，年径流总量控制率≥89%，控制雨量为39mm。

为了鼓励收集雨水进行回用，推荐各类开发建设地块的雨水收集回用率不小于5%，相当于每1hm²用地面积年收集回用雨水量≥290m³。

规划在开发建设地块采取下凹式绿地、透水铺装及下渗集用、路边雨水花园、屋面及地面雨水收集回用、调控排放、屋顶绿化等雨水利用措施。依据《控规》的要求和控制目标分解，确定各类地块的雨水利用控制指标。

（2）地块周边道路雨水利用

地块周边道路是指未来科学城规划范围内各类开发建设及绿地地块周边的各种道路，包括主干路、次干路、支路等。按照前面对雨水利用目标的分解，地块周边道路的雨水利用控制目标平均为：14mm降雨控制利用（强制性）；5年一遇降雨外排峰值径流系数不大于0.7（强制性）；平均年径流总量控制率不小于0.6（强制性）。

规划在地块周边道路采用透水铺装人行道、人行道雨水渗集自灌行道树、透水非机动车道和下凹绿化带及生物滞留槽、生态沟等技术，有条件的小流量机动车道可采用透水沥青道路。

（3）公共绿地内雨水利用

按照前面对雨水利用目标的分解，公共绿地的雨水利用控制目标为：80mm降雨（1年一遇24小时降雨）控制利用（强制性）；5年一遇降雨外排峰值径流系数不大于0.1（强制性）；平均年径流总量控制率不小于0.97（强制性）。规划在公共绿地采取下凹式绿地、透水地面、生态沟槽、滞蓄塘等措施。依据《控规》的要求和控制目标分解，确定公共绿地雨水利用控制指标为：绿地下凹率≥60%（强制性）；硬化地面透水率≥70%（推荐性）；屋顶绿化率≥50%（推荐性）；单位面积净调蓄容积≥81m³/hm²（强制性），雨水消耗能力≥10m³/(h·hm²)（强制性）。

23.4.3区域雨水整体滞蓄调控方案

为实现低影响开发的整体目标，需要对区域内的雨水进行滞蓄调控。由于区域内有较多的规划绿地，应考虑利用绿地进行滞蓄调控，经多方案比选确定采用源头分散滞蓄调控利用方案，在各个地块内进行分散滞蓄调控雨水，并适当进行集蓄回用，技术原理如图8所示。在各个地块内因地制宜地设置雨水滞蓄及利用设施，使地块内雨水排放达到相应标准，超标的雨水进入市政管线，在有条件的公共绿地内因地制宜设置雨水池，就近将市政管线的雨水接入雨水池进行调蓄和净化利用，利用方式可为灌溉绿地、

洗车、道路保洁等。

由于未来科学城的雨水利用控制总体目标为32.5mm降雨控制利用，因此，按照32.5mm降雨未来科学城各地块实施雨水利用措施后的径流量确定雨水池的容积。计算得到未来科学城各地块实施雨水利用措施后，对于32.5mm降雨还有1600m³的径流排入市政雨水管线，占降水量的0.6%，接近于零排放。因此，可根据条件建设总容积为1600m³的地下调蓄设施，以便在补充调蓄的同时增加雨水利用量。

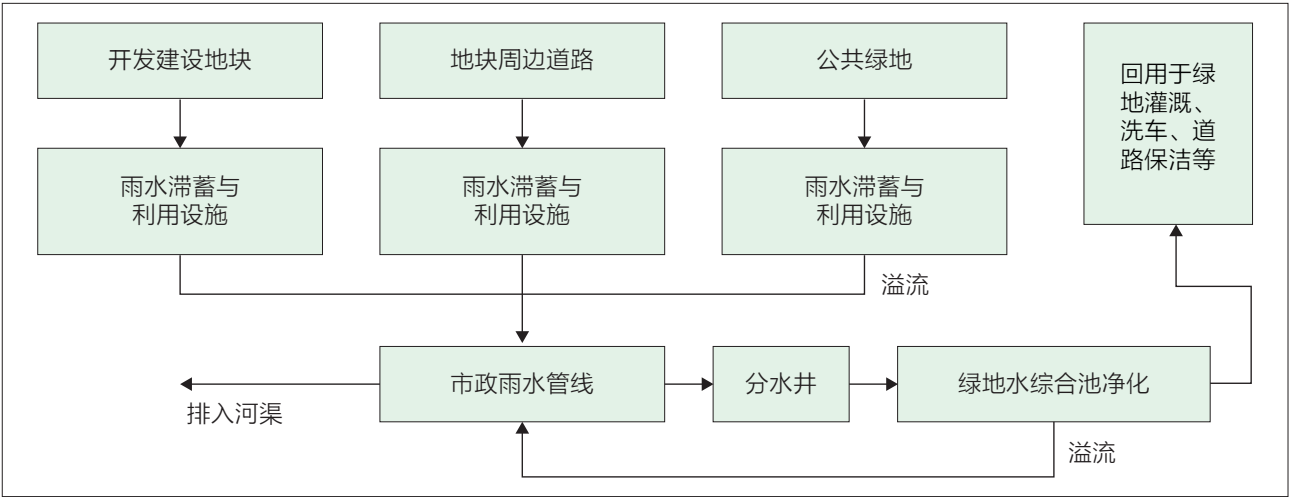


图8 源头分散滞蓄控制海绵方案示意图

23.5 建成效果

根据北京市水文总站提供的2016年实测9场产流降雨的降雨过程和径流过程数据，分析计算径流减控效果如下：

23.5.1 径流削减效果

（1）径流系数

由于2016年监测期间在监测点控制汇水区内有尚未开发和正在施工建设的地块，这些地块有围墙围着，内部没有雨水管网，区域内雨水就地消纳不外排入雨水管网，在分析计算径流深和径流系数时应考虑消除其影响。经统计，2016年监测期间未来科学城北区、东南区未建区域面积分别有31hm²、62hm²，正在施工建设区域的面积分别有15hm²、14hm²，如图9所示。根据当时正在施工建设区域实际的下垫面情况，将60%的在建区域面积归为未建设区。综上所述，扣除未建、在建区域面积，示范区北区、

东南区能产生径流外排的实际汇水区面积分别为：230.97hm²、170.33 hm²。



图9 2016年未来科学城示范区内未建、在建区域示意图

根据精细化模型模拟结果，得出不同重现期降雨情况下，采取地表径流减控措施和不采取地表径流减控措施的雨量径流系数计算结果如表1所示。北区、东南区的雨量径流系数分别为0.48、0.46。

表1 不同重现期下未来科学城采取径流减控措施前后雨量径流系数模拟值

情景分类		重现期2年			重现期3年			重现期5年		
		减控前	减控后	削减比例/%	减控前	减控后	削减比例/%	减控前	减控后	削减比例/%
北区	径流系数	0.432	0.248	42.59	0.475	0.294	38.02	0.48	0.338	30.57
	洪峰流量	16.54	10.60	35.91	17.80	13.75	22.75	18.59	15.86	14.69
南区	径流系数	0.416	0.225	45.81	0.457	0.259	43.35	0.46	0.285	39.10
	洪峰流量	16.21	8.83	45.53	17.84	11.01	38.28	20.55	13.57	33.97

考虑未建设地块和正在建设地块无雨水外排的情况，根据实际监测得到2016年几场降雨的径流量，计算实际有径流外排建成区域雨量径流系数结果如表2所示。

表2 未来科学城监测区域内建设区的径流系数

起始时段	终止时段	场次降水量（m³）		径流系数		
		东南区	北区	东南区	北区	园区综合
2017/6/6 21:40	2017/6/7 0:45	12093.3	16399.0	0.021	0.063	0.039
2017/6/9 20:45	2017/6/9 22:35	40367.8	54740.5	0.041	0.123	0.076
2017/6/12 23:55	2017/6/13 0:40	59614.9	80840.4	0.038	0.121	0.073
2017/6/21 19:05	2017/6/21 19:40	19247.1	26099.9	0.009	0.060	0.030
2017/6/28 2:10	2017/6/28 3:00	16010.9	21711.4	0.081	0.103	0.090
2017/7/14 19:10	2017/7/15 5:45	56378.7	76451.9	0.121	0.142	0.130
2017/7/18 13:30	2017/7/18 14:15	17543.8	23790.2	0.202	0.123	0.169
2017/7/19 8:45	2017/7/19 17:10	20780.1	28178.6	0.150	0.196	0.169
2017/7/20 1:25	2017/7/21 6:20	332140.2	450396.3	0.194	0.275	0.228
多场次综合		574176.7	778608.2	0.145	0.211	0.173
年度综合		800543.1	1085570.6	0.105	0.152	0.125
5年重现期以下		242036.5	328211.9	0.079	0.124	0.098

备注：因“7.20”场次暴雨重现期大于5年一遇，接近10年一遇，5年重现期以下的综合径流系数的计算时将“7.20”场次暴雨去除。

（2）径流系数削减

由于计算得到不采取措施计算得外排径流系数为5年一遇降雨的设计径流系数，其值相对偏大。而2016年监测的场次降雨中除“7.20”降雨外的其它场次的重现期都较小，因此选取监测到的其它8场降雨中径流系数最大的值，用于计算相对于不采取径流减控措施的径流系数削减率，即径流系数为0.169。

23.5.2 污染削减效果

以2016.7.20典型特大暴雨为例，分析调控措施的污染物总量削减效果。未采取减控措施的径流量按照径流系数法进行计算。对于未来科学城北区，除去不产生径流外排的未建设和在建区域面积后产生径流排放区域的面积为230.97公顷，按照《水专项课题示范工程第三方监测方案》计算得到未采取径流调控措施的径流系数为0.52，降雨量为201.7mm，则径流量为24万m³。不采取地表径流减控措施的外排径流污染物浓度选用2016年7月19日、20日对未来科学城屋面、停车场、广场和道路地表径流监测浓度的平均值。采用径流调控措施的污染物数据为北区排

水口实际监测数据的平均浓度，径流量为北区排水口监测数据，径流量为13万m³。

根据监测数据，将实测的外排径流量和污染物浓度与污染物量与不采取径流减控措施的污染物浓度和污染物量进行对比分析如下：总氮的浓度由7.31mg/L削减到2.20mg/L，削减率为69.9%；总磷的浓度基本不变（从0.26mg/L表与0.28mg/L），削减率为-9%；COD的浓度由28.55mg/L削减到24.04mg/L，削减率为15.8%；氨氮的浓度由5.51mg/L削减到0.96mg/L，削减率为82.7%；SS的污染物浓度由560mg/L削减到199mg/L，削减率为64.5%。

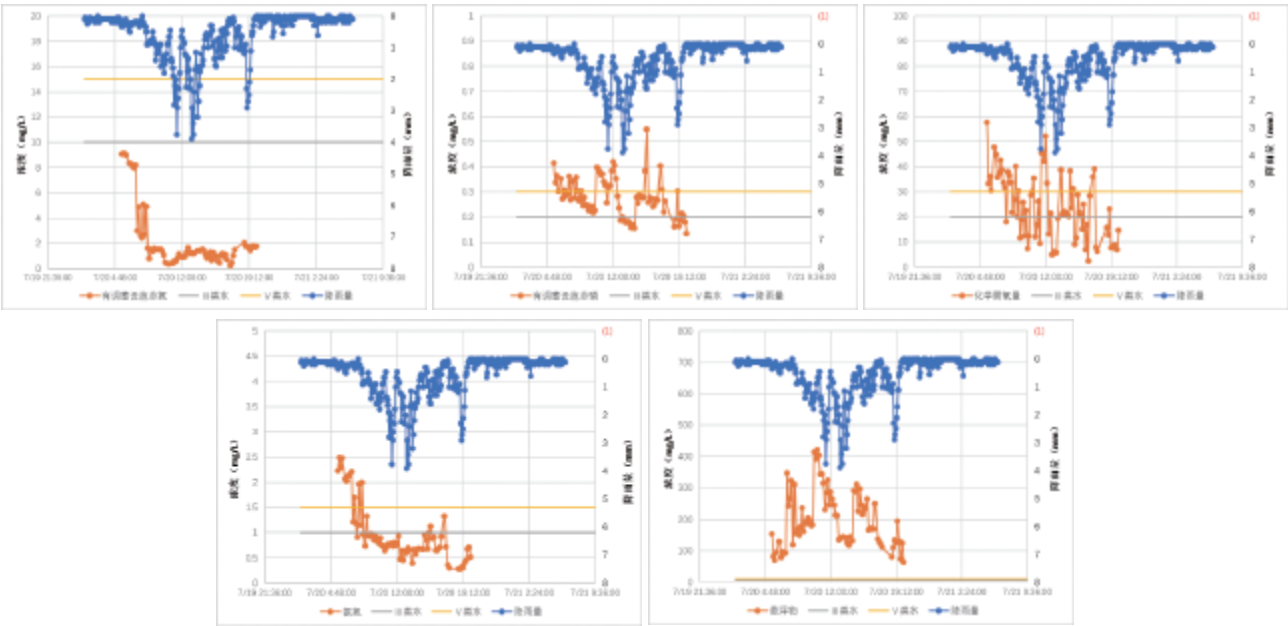


图10 污染物浓度变化过程