



T/CECS_{xxx}-2023

中国工程建设标准化协会标准

智能化碳纤雨水收集模块系统技术规程

Technical specification for intelligent carbon fiber rainwater harvesting
module system

（征求意见稿）

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

智能化碳纤雨水收集模块系统技术规程

Technical specification for intelligent carbon fiber rainwater harvesting
module system
T/CECS xxx—2023

主编单位：沈阳工业大学
沈阳天吴环保科技有限公司
批准单位：中国工程建设标准化协会
施行日期：2023年XX月XX日

中国计划出版社
2023年 北京

前 言

本标准根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2022年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2022〕13号）的要求，编制组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制定了本规程。

本规程共分8章，主要内容包括总则、术语、基本规定、系统组成及主体材料、设计、施工、质量验收、运维养护。

本规程的部分内容涉及专利，涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与本规程的主编单位协商处理。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利。本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑与市政工程产品应用分会归口管理，由沈阳工业大学与沈阳天吴环保科技有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中如有意见或建议，请寄至沈阳天吴环保科技有限公司。（地址：沈阳市浑南区世纪路新才街36号1门，邮编：110000，邮箱：yanglu515@163.com）。

主编单位： 沈阳工业大学

沈阳天吴环保科技有限公司

参编单位： 辽宁省建设科学研究院有限责任公司

上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司

哈尔滨工业大学

重庆大学环境与生态学院

沈阳建筑大学

黑龙江工程学院

上海建筑设计研究院有限公司

中国市政工程中南设计研究总院有限公司

中国市政工程西南设计研究总院有限公司

中国建筑西南勘察设计研究院
中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司
中国建筑东北设计研究院有限公司
中国建筑西北设计研究院有限公司
中国中铁二院地铁院机电分院
中国联合工程有限公司
核工业西南勘察设计研究院
华南理工大学建筑设计研究院
悉地（苏州）勘察设计顾问有限公司
上海江欢成建筑设计有限公司
辽宁省建筑设计研究院有限公司
北京城建设计发展集团股份有限公司
天津城建设计院有限公司
大连市市政设计研究院有限责任公司
长春市市政工程设计研究院有限责任公司
广东斐舟环保科技有限公司
苏州大乘环保新材有限公司
天津普霖环境科技有限公司

主要起草人：杨璐 杨宏旭 王庆辉 肖骏 邱蓉 徐向飞 方琦
孙迎霞 聂长栋 刘宝玲 白舜文 张智 李亚峰 董雷
李刚 郑威 杨添喆 肖新波 王胤驰 杨霄 金鹏 许为民 王
东政 张子峰 刘超华 植堰 潘虹 韩素华 王伟 缪永刚
李松江 方凯飞 杨昆 陈海 孙宏亮 张惋综 邱峰
穆健鹏 姚聪

主要审查人：

目录

1 总 则	1
2 术 语	2
3 基本规定	4
4 系统组成及主体材料	5
4.1 智能化碳纤雨水收集模块系统	5
4.2 碳纤雨水收集模块	5
4.3 雨水净化导流装置	8
4.4 雨水排气装置	9
4.5 数据传输装置	9
4.6 软件系统	10
5 设计	12
5.1 一般规定	12
5.2 系统设计	12
5.3 设计节点	13
6 施工	29
6.1 土方开挖	29
6.2 模块安装	29
6.3 数据传感器铺设	29
6.4 回填	29
6.5 智能显示系统和数据传输装置安装	30
7 质量验收	31
7.1 一般规定	31
7.2 主控项目	32
7.3 一般项目	32
8 运维养护	34
8.1 模块调蓄设施运维	34
8.2 智能系统运维	34
附录A 体积吸水率试验方法	35
附录B 雨水净化导流装置测试方法	36
本规程用词说明	37
引用标准名录	38
附：条文说明	39

Contents

1 General Provisions	1
2 Terminologies	2
3 Basic Requirements	4
4 System Components and Body Materials.....	5
4.1 Intelligent carbon fiber rainwater harvesting module system	5
4.2 Carbon fiber rainwater harvesting module	5
4.3 Rainwater purification and flowtraining installation	8
4.4 Rainwater exhaust unit	9
4.5 Data transmission unit	9
4.6 Software systems.....	10
5 Design	12
5.1 General Provisions.....	12
5.2 System design	12
5.3 Design nodes	错误!未定义书签。 13
6 Construction	29
6.1 Earth excavation	29
6.2 Module installation	29
6.3 Data sensors laying	29
6.4 Earthwork backfilling	29
6.5 Intelligent display system and data transmission device installation	30
7 Quality Inspection and Acceptance	31
7.1 General Requirements.....	31
7.2 Primary items	32
7.3 General items.....	32
8 Maintenance.....	34
8.1 Operation and maintenance of modular storage facilities.....	34
8.2 Operation and maintenance of intelligent system	34
Appendix A Test method for volumetric water absorption	35
Appendix B Test method for rainwater purification diversion device	36
Explanation of Wording in This Code.....	37
List of Quoted Standards	38
Explanation of Provisions.....	39

1 总 则

1.0.1 为科学规范和指导智能化碳纤雨水收集模块系统的设计、施工、检测、验收和运行维护等工作，做到安全适用、技术先进、节能环保、确保工程质量，结合海绵城市建设实际情况，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑与小区、公园与绿地、城市道路与广场、公共停车场、园区内新建、改建、扩建项目中需采用雨水调蓄设施的区域。

1.0.3 智能化碳纤雨水收集模块系统设计、施工与验收，除应符合本规程外，尚应符合国家现行标准、行业标准和有关地方标准的规定。

2 术 语

2.0.1 智能化碳纤雨水收集模块系统 intelligent carbon fiber rainwater-harvesting module system

由碳纤雨水收集模块、雨水净化导流装置、排气装置及数据传输装置、信息化平台软件功能系统组合而成。

2.0.2 碳纤雨水收集模块 carbon fiber rainwater-harvesting module

由高强度耐酸碱滤透表层包裹布包裹碳纤雨水收集模块芯材形成的长方体产品。

2.0.3 碳纤雨水收集模块芯材 carbon fiber rainwater-harvesting module core material

通过对火山岩、石灰石和焦炭等原料采用复合交联技术工艺制造的褐色无机纤维，主要由天然岩石等无机材料经高温熔化后拉伸而成的纤维，经过缠绕加工而成的模块，将杂乱无章的纤维形成超薄的初始纤维毡，经三维打褶处理后，加热固化成型。

2.0.4 高强度耐酸碱滤透表层包裹布 high strength acid and alkali resistant filtration surface wrapping cloth

由高强度化学纤维和一定比例的碳纤混合编织而成的纤维布。

2.0.5 年径流总量控制率 volume capture ratio of annual rainfall

根据多年日降雨量统计数据分析计算，雨水通过自然和人工强化的入渗、滞蓄、调蓄和收集回用，场地内累计一年得到控制(不外排)的雨水量占全年总降雨量的比值。

2.0.6 径流系数 runoff coefficient

是一定汇水面积地面径流量与降雨量的比值，是任意时段内的径流深度 y （或径流总量 W ）与同时段内的降水深度 x （或降水总量）的比值，它综合反映了流域内自然地理要素对径流的影响。

2.0.7 SS削减率

是悬浮物的削减率，它取决于沉淀速度与停留时间、水深沉降速度受比表面积（颗粒大小）影响。

2.0.8 植草沟 grass furrow

是种有植被的地表浅沟，可收集、输送、排放并净化径流雨水。

2.0.9 下沉式绿地 sunken green

低于周边地面标高，可积蓄、下渗自身和周边雨水径流的绿地。

2.0.10 下垫面 underlying surface

降雨受水面的总称，包括屋面、绿地、水面、道路、广场及铺装等。

2.0.11 调蓄容积 detention and revaluating volume

雨水调蓄设施用于调蓄径流雨水的容积。

2.0.12 生物滞留带 biological retention zone

通过土壤的过滤和植物的根部吸收等作用，对径流雨水进行净化，去除大颗粒污染物并减缓流速的渗透设施。

2.0.13 海绵城市 sponge city

是新一代城市雨洪管理概念，是指城市在适应环境变化和应对雨水带来的自然灾害等方面具有良好的“弹性”，也可称之为“水弹性城市”。

2.0.14 城市热岛效应 urban heat island effect

城市因大量的人工发热、建筑物和道路等高蓄热体及绿地减少等因素，造成城市“高温化”的现象为城市热岛效应。

3 基本规定

3.0.1 智能化碳纤雨水收集模块系统，应符合国家和现行的建筑节能设计标准的规定，在正常使用和维护条件下，碳纤雨水收集模块部分设计使用年限不得少于25年。

3.0.2 落实海绵城市等相关规划，衔接排水防涝、绿地系统等相关要求，应协调智能化碳纤雨水收集模块系统与建设项目整体海绵专项方案的关系，确保基本功能，强化绿色海绵设施功能，实现功能与景观效果的有机统一。

3.0.3 根据建设项目周边环境和建设条件，坚持问题导向和目标导向相结合，合理确定智能化碳纤雨水收集模块系统化方案，应最大程度地发挥海绵城市系统设施的综合效益。

3.0.4 海绵城市提倡师法自然，利用自然生态手法实现雨水的自然 积存、自然渗透、自然净化。智能化碳纤雨水收集模块采用自然石材作为原材料，应具有安全无毒无害性，对土壤及地下水不造成二次污染。

3.0.5 加强智能化碳纤雨水收集模块系统建设过程的质量控制和监督管理，跟踪处理好材料的源头，应精心设计、认真施工、严格管理，强化运行维护，加强监测评估，积累建设和管理经验。

3.0.6 本规程中所指智能化碳纤雨水收集模块系统及其他原材料应符合国家现行环境保护的有关规定，避免对环境造成污染。

3.0.7 智能化碳纤雨水收集模块系统除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准和规范的规定。

3.0.8 智能化碳纤雨水收集模块系统所用材料的技术性能指标，除应满足本规程的要求外，尚应符合设计要求和相关产品标准的规定，并应经有资质的法定检测机构检测确认合格。

3.0.9 智能化碳纤雨水收集模块系统的组成材料，应符合现行国家和有关职业健康和环境保护的规定，严禁使用对人体产生危害、对环境产生污染的材料。

4 系统组成及主体材料

4.1 智能化碳纤雨水收集模块系统

4.1.1 智能化碳纤雨水收集模块系统应包括碳纤雨水收集模块、雨水净化导流装置、排气装置及数据传输装置、信息化平台软件功能系统。

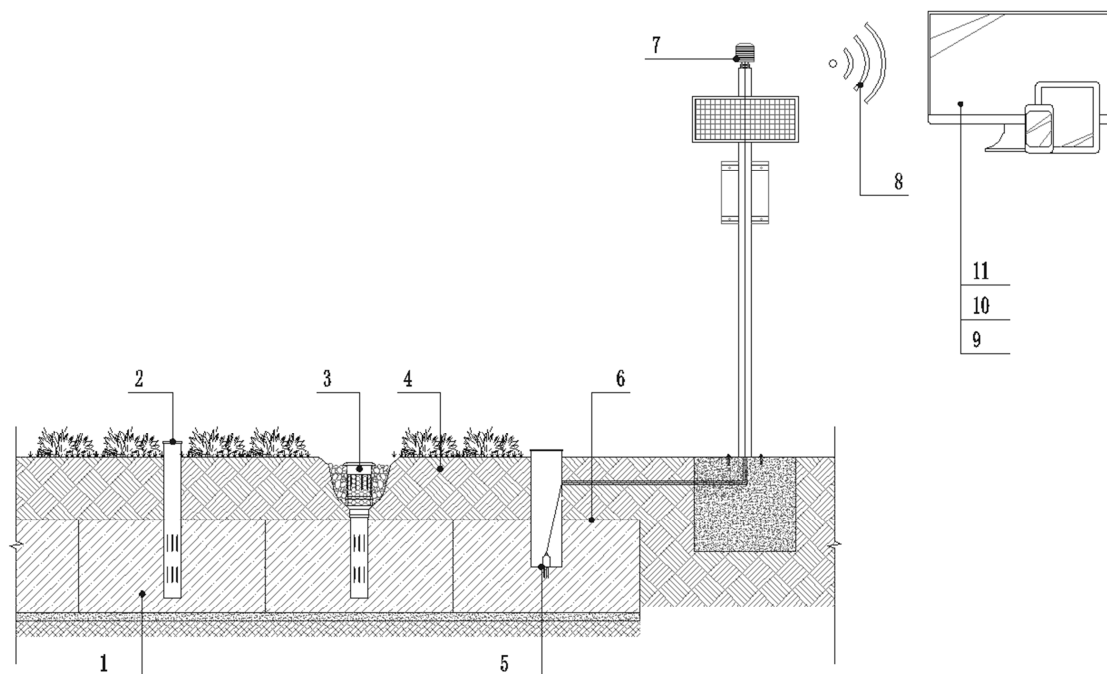


图4.1.1 系统组成图

1—碳纤雨水收集模块；2—雨水排气装置；3—雨水净化导流装置；4—回填土；5—传感器；
6—碳纤雨水收集模块包裹布；7—数据传输装置；8—4G/5G传输；9—信息化智能后台；
10—时空数据可视化；11—手机显示端

4.1.2 系统应用方式可与雨水口、雨水检查井、市政管网、下沉式绿地、雨水花园、生物滞留带、植草沟、绿植屋面、透水铺装、绿地等设施结合应用。

4.2 碳纤雨水收集模块

4.2.1 碳纤雨水收集模块应包括高强度耐酸碱滤透表层包裹布和碳纤雨水收集模块芯材。

4.2.2 碳纤雨水收集模块芯材应满足以下规定：

1 芯材主要化学成分有二氧化硅、三氧化二铝、氧化铁、氧化钙和氧化镁。芯材主要化学成分应按表4.2.2-1执行。

表4.2.2-1 芯材主要化学成分表

化学成分	质量比
二氧化硅	40~50%
三氧化二铝	13~18%
氧化铁	3~10%
氧化钙	18%~28%
氧化镁	5~13%

2 根据需求不同，可通过调整生产工艺，加工形成普通型、增强型、超强型、绿色屋面专用型四种类型的芯材，智能化碳纤雨水收集模块芯材相关技术参数应符合表 4.2.2-2要求。

表4.2.2-2 芯材技术参数表

技术参数	普通型 1200*250*(40~1200)mm	增强型 1200*200*(40~1200)mm	超强型 1200*150*(40~1200)mm	绿植屋面专型 1200*250*(40~100)mm	检测标准
外观	褐色无机纤维块				
体积吸水率（%）	≥93	≥91	≥88	≥94	附录A
抗压强度（kPa）	≥75	≥90	≥145	≥60	GB/T 13480
25次冻融后体积吸水率（%）	≥80	≥75	≥70	≥80	GB/T 33011
25次冻融后抗压强度（kPa）	≥50	≥60	≥85	≥50	GB/T 33011
渗透性能（mm/s）	≥5				GB/ 25993
化学性能	酸度系数≥2.0				GB/T 5480
	钾离子+钠离子≤4%				GB/T 1549
重金属含量 （mg/kg）	镉 ≤0.03				GB 15168
	汞≤0.08				
	砷≤2				
	铅≤30				
	铬≤300				
	铜≤50				
	镍≤60				
	锌≤150				
石棉	无				ISO 22262-1
甲醛释放量 （ug/m³）	≤9				CDPH/EHLB/标准测试方法V1.2
TVOC （mg/m³）	≤0.5				CDPH/EHLB/标准测试方法V1.2
抗霉菌性能	不支持生长				ASTM C1338-19
注：（1）重金属以元素总量计；其他重金属指标不得高于《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》表 1 最低值。					

4.2.3 高强度耐酸碱滤透表层包裹布应对芯材起到保护作用，具有一定耐酸碱性、抗冻融性能、强度和透水性，主要技术参数应符合表4.2.3技术要求及规定。

表4.2.3 高强度耐酸碱滤透表层包裹布技术参数表

	项目		单位	数值	测试方法
物理性能	单位面积质量		g/m ²	110-140	GB/T13762
	断裂伸长率	纵向	%	≥70	GB/T15788
		横向	%	≥75	GB/T15788
	撕破强力	纵向	N	≥380	GB/T13763
		横向	N	≥370	GB/T13763
	CBR顶破强力		N	≥1100	GB/T14800
	等效孔径090		mm	≥0.15	GB/T14799
化学性能 (抗酸碱性能) GB/T17632	垂直渗透系数		cm/s	≥0.15	GB/T15789
	质量变化率		%	±1%	GB/T13762
	尺寸变化率		%	±1%	GB/T 4667
	断裂强力保持率	纵向	%	≥85%	GB/T15788
		横向	%	≥85%	
	断裂伸长率保持率	纵向	%	≥85%	GB/T15788
		横向	%	≥85%	
抗冻融性能 (-20℃-室温, 反复冻融 20次)	断裂强力保持率	纵横向	%	≥85%	GB/T15788
	断裂伸长率保持率	纵横向	%	≥85%	GB/T15788
	撕破强力保持率	纵横向	%	≥90%	GB/T13763
	CBR顶破强力保持率	纵横向	%	≥90%	GB/T14800

4.2.4 不同的使用场景，智能化碳纤雨水收集模块应选用不同类型的芯材，根据应用场景不同需要满足最小覆土深度要求, 不同应用场景对覆土深度要求及芯材类型应参照表4.2.4执行。

表4.2.4 应用场景及最低覆土深度及芯材类型参照表

适用场景	模块规格 ⁽¹⁾ (mm)	覆土深度 ⁽²⁾ (mm)	模块类型
绿地系统	1200×250× (40~1200)	200-2800	普通型
人行道下方	1200×200× (40~1200)	500-2500	增强型
停车场	1200×150× (40~1200)	500-2500	超强型
注：			
(1) 模块规格为常用规格；			
(2) 覆土深度主要为模块上部绿化覆土深度，可根据地下水位、地上植物生长要求、植物根系尺寸进行综合专项设计；			
(3) 模块应用在人行道下方或停车场时，可根据人行道、停车场透水结构安全进行综合专项设计。			

4.3 雨水净化导流装置

4.3.1 雨水净化导流装置根据需求应分为普通型和虹吸型两种，做法可参照图4.3.1执行。

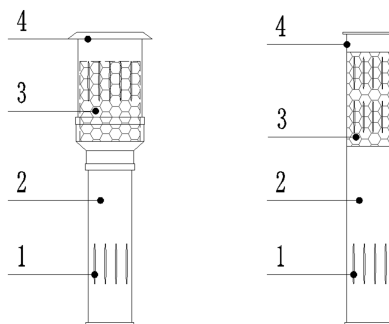


图4.3.1 虹吸型（图左）、普通型（图右）雨水净化导流装置

1—雨水净化导流孔；2—硬聚氯乙烯(PVC-U)管；3—P、N碳化去除层；4—雨水SS去除层

4.3.2 普通型雨水净化导流装置应执行表4.3.2的技术要求。

表 4.3.2 普通型雨水净化导流装置污染物去除率

污染物	污染物去除率	检测方法
总磷	≥70%	附录B
总氮	≥45%	
COD	≥80%	
固体悬浮物 SS	≥90%	

4.3.3 虹吸型雨水净化导流装置应执行表4.3.3 的技术要求。

表 4.3.3 虹吸型雨水净化导流装置污染物去除率

污 染 物	污 染 物 去 除 率	检 测 方 法
总磷	≥65%	附录B
总氮	≥40%	
COD	≥70%	
固体悬浮物 SS	≥80%	
注：虹吸型适用于下沉式绿地等对导流速度要求较高的场所。		

4.3.4 雨水净化导流装置规格尺寸应执行表4.3.4的技术要求。

表 4.3.4 雨水净化导流装置规格尺寸表

公称外径 (dn)	管外径 (de) (mm)	公称壁厚 (en) (mm)	执行标准
110	110	3.2	GB/T5836.1-2018
160	160	4.0	GB/T5836.1-2018
200	200	4.9	GB/T5836.1-2018
250	250	6.2	GB/T5836.1-2018
注： 1. 雨水净化导流装置管材应采用硬聚氯乙烯PVC-U平壁管或聚乙烯PE平壁管，管材应满足相关产品标准； 2. 雨水净化导流装置管材开孔率宜采用20-30%，开孔长径80-100mm，开孔短径5-10mm；			

4.4 雨水排气装置

4.4.1 雨水排气装置用于排放模块内空气，利于地表雨水通过导流装置快速进入模块。可参照图4.4.1执行，也可根据实际需求进行设计定做。

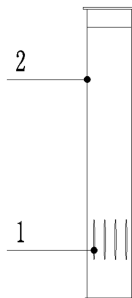


图4.4.1 雨水排气装置

1—雨水排气孔；2—DN100硬聚氯乙烯(PVC-U)

4.4.2 雨水排气装置规格尺寸应执行表4.4.2的技术要求。

表 4.4.2 雨水排气装置规格尺寸表

材质	公称外径 (dn)	管外径 (de) (mm)	公称壁厚 (en) (mm)	出地面高度 (mm)	执行标准
PVC-U	110	110	3.2	50-100	GB/T5836.1

注：雨水排气装置管材开孔率宜采用20-30%，开孔长径80-100mm，开孔短径5-10mm。

4.5 数据传输装置

4.5.1 数据传输装置应包括金属立杆、太阳能板、蓄电池、传输线、传感器、发射器。数据传输装置图应按图4.5.1执行。

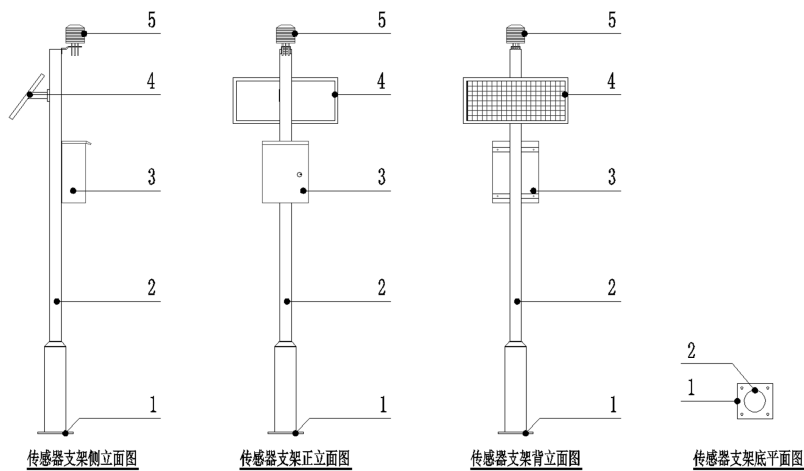


图 4.5.1 数据传输装置图

1—底板；2—支架；3—电源适配器；4—太阳能板；5—数据传输器

4.5.2 数据传输装置参数应符合以下规定：

- 1 供电电源电压需满足数据传输装置使用电压，电压过高时应设置电压转换器，将电压转换为符合数据传输装置使用的电压；
- 2 数据传输装置温度测量范围应在零下-40℃~零上80℃区间，测量精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；
- 3 数据传输装置水分测量范围应在0~100%，0~53%范围内精度应为 $\pm 3\%$ ；53~100%范围内精度应为 $\pm 5\%$ ；
- 4 传感器安装时应全部埋入或探针全部插入碳纤雨水收集模块中，响应时间 $< 1\text{s}$ ；
- 5 数据传输装置可采用4G或5G传输方式进行数据传输。

4.6 软件系统

4.6.1 智能监管系统数据架构由行业管理部门统一建设城市雨水资源数据资源中心，应构建涵盖企业和行业两个层级的雨水资源数据资源体系。

4.6.2 智能监管系统技术架构应根据系统的应用架构与数据架构，应在城市雨水资源收集和利用管理部门、雨水资源企业间合理配置相应的应用支撑平台、主机及存储系统、通信网络系统、信息安全系统、应用系统、数据采集终端系统等技术资源，还应考虑与部、省级雨水资源利用主管部门以及城市其他相关部门间的业务对接。

4.6.3 智能监管系统功能架构可根据需求，应增加雨量器、水质在线监测系统、模型模拟器、平台展示仪表等附加智能系统，可有效反馈降雨雨情、内涝风险预估、水质指标等实时数据，指导绿化浇洒、应急处理等管理工作。

4.6.4 智能终端系统应包括传感器、数据传输装置、信息化管理平台、移动终端等。

4.6.5 智能终端系统检测平台应体现在对城市水环境的智慧化管控，系统应对自然降水、海绵体前后水质水量、排水管网重要节点水质水量等数据进行长时间全面监测，从而通过物联网将海绵城市中的水系，绿地与广场，道路，建筑与小区等基础设施进行有效连接，为城市水安全、水环境、水资源、水生态的管理提供有力的数据支撑。

4.6.6 智能终端系统监测内容应符合以下规定：

- 1 雨量监测系统监测不同区域的降雨情况，应提供准确的降雨数据，分析不同时间段、不同地段区域的雨量数据变化规律；
- 2 海绵体监测系统通过压力水位和水质监测传感器应对人工湖、景观河、蓄水池等重要海绵体进行水位和水质监测，掌握雨水蓄积状况、确定再生利用方式，通过流量监测各个汇水区汇水面积变化，以起到提前预警、防治洪涝的作用；
- 3 排水管网监测系统通过对管网排口、泵站及易涝点水量水质的监测能力，应分析海绵建设与雨水管网的协调程度，有利于实现城市水安全系统的联合调度；
- 4 遥感影像监测系统通过局部空天地遥感地图影像、矢量地图的监测和收集，应实现遥感影像地图和矢量地图切换；重点区域用无人机采集的倾斜数据制作三维地图，可通过多期三维地图以及多起卫星遥感影像观察海绵体以及地表水资源的变化；

5 视频实时监测系统在各监测点安装视频监控设备，视频实时传送到指挥平台大屏幕上，应观测海绵体设备运行情况、进行远程指挥抢修、对7内日的视频进行回看，图像可同步到移动端APP，用于应急灾害处理。

4.6.7 智能评估系统应符合以下规定：

1 水质分析应对海绵设施建设前后径流水质控制效果进行评价，评价指标应包括水体pH、氧化还原度、浊度、电导率等指标数值及年污染物总量削减率等评价指标；

2 水量分析应对海绵城市建设前后径流量控制效果进行评价，评价指标应包括年径流总量控制率、径流峰值、地下水补给百分比、雨水回用率、雨水利用用途占比等；

3 复合径流削减率分析应通过对多场次降雨的对比观察，计算和对比不同降雨场次的径流、污染物的复合削减率；

4 技术效果评价应构建评价指标体系，利用SWMM和数学模型模拟测算指标值，基于主客观分析确定指标权重，获得最终雨洪治理效果；通过对管网负荷的模拟，获得海绵建设与城市排水系统匹配度；

5 多目标评价应基于生命周期影响评价法，对海绵设施的建设、运行、维护过程进行经济成本、环境影响和技术效用的测算；

6 其他指标可包括海绵体绿化植被成活率、城市洪涝预警等级、城市热岛效应定量化评价、河道关键断面的水量水质指标等海绵体系内的其它评价指标。

4.6.8 智能数据备份采用双机热备应对实时数据、报警信息和变量历史记录热备。主从机都正常工作时，主机从设备采集数据，并产生报警和事件信息。从机通过网络从主机获取实时数据和报警信息。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 智能化碳纤雨水收集模块系统使用规模的计算宜结合项目实际需求和经济技术分析后进行确定。

5.1.2 智能化碳纤雨水收集模块规模应综合考虑项目下垫面类型、汇水面积、安全性能要求等本底条件，并充分结合综合径流系数、年径流总量控制、年SS削减率等海绵城市建设指标要求进行综合分析计算。

5.2 系统设计

5.2.1 智能化碳纤雨水收集模块系统使用年限应不得低于完成面铺装、停车场等场地使用年限，且不得低于25年。

5.2.2 模块覆土深度应满足表4.2.4模块类型及最低覆土深度要求。

5.2.3 模块可根据实际应用需求进行不同规格尺寸的拼接设计。

5.2.4 雨水排气装置宜间隔20m设置1处，且应高出完成面50~100mm。雨水排气装置顶部应设置防水透气网，防止雨水倒灌现象发生。

5.2.5 雨水净化导流装置宜间隔20m设置1处，高度不应高于完成面。

5.2.6 智能系统应配置土壤含水率监测系统，其余指标监测可根据需要选择是否配置。

5.2.7 根据不同需求，本系统可灵活应用于各类场景，应结合需求进行具体的适应性设计。

5.2.8 高地下水位区域设计需满足覆土厚度及智能化碳纤雨水收集模块厚度合计高于地下水位30cm以上。

5.2.9 智能化碳纤雨水收集模块容积计算：

$$Q=V/p \quad (5.2.9)$$

式中：

Q -智能化碳纤雨水收集模块容积， m^3 ；

V -设计调蓄容积或需蓄水容积， m^3 ；

P -智能化碳纤雨水收集模块总孔隙度，0.88-0.97，具体参数参照表5.2.9进行计算。

表5.2.9 智能化碳纤雨水收集模块总孔隙度

技术参数	普通型	增强型	超强型	绿植屋面专用型
总孔隙度（%）	93~97	91~94	88~92	94~97

5.2.10 当采用多种技术措施组合控制雨水径流总量时，智能化碳纤雨水收集模块用量计算：

$$Q=(V-V_e)/p \quad (5.2.10)$$

式中：

Q -智能化碳纤雨水收集模块容积， m^3 ；

V -设计调蓄容积或需蓄水容积， m^3 ；

V_e -除碳纤雨水收集模块外各类技术措施控制的径流雨水总量， m^3 ；

P -智能化碳纤雨水收集模块总孔隙度， $0.88-0.97$ ，具体参数参照表 5.2.9 进行计算。

5.3 设计节点

5.3.1 路面及铺装雨水收集节点应满足以下要求：

1 系统与植草沟结合应用，可用于路面及铺装雨水收集，也可用于绿化内雨水的收集。参照图5.3.1-1 为系统与植草沟结合应用构造示意图。

2 系统与植草沟结合应用应满足以下要求：收集路面及铺装雨水时，道牙可做开孔处理，开孔数量及点位需根据雨水流量和植草沟位置进行布置，将雨水净化后快速导入植草沟内部；应在植草沟沟底设置雨水净化导流装置，将雨水净化后快速导入碳纤雨水收集模块内部；雨水净化导流装置进水口周边应设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀。

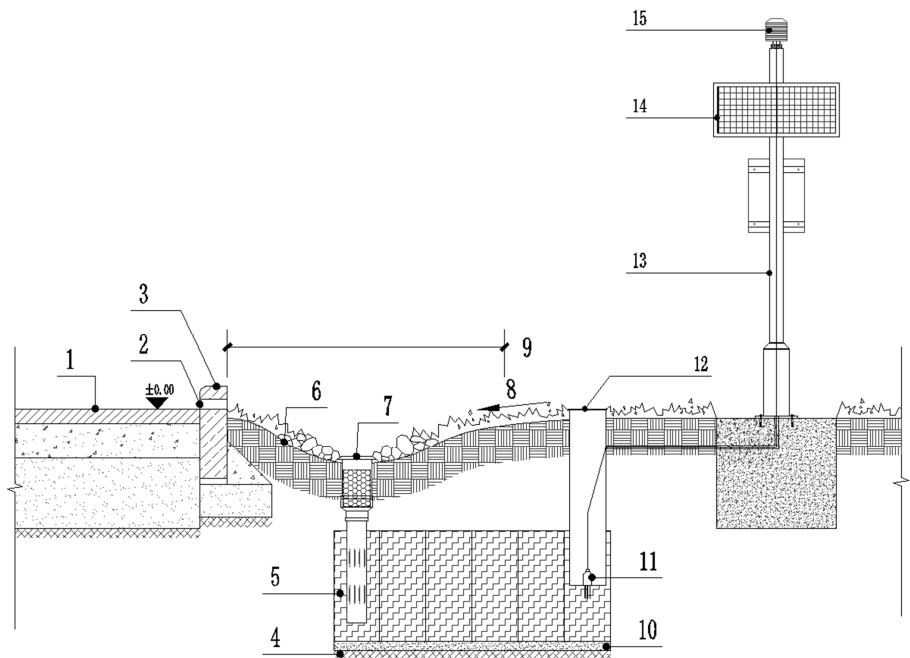


图5.3.1-1 系统与植草沟结合应用构造示意图

- 1—设计路面；2—排水豁口；3—道牙；4—素土夯实；5—碳纤雨水收集模块；
6—植被浅沟；7—雨水净化导流装置；8—排水坡向；9—宽度500~2000mm；
10—细砂找平50mm厚；11—传感器；12—传感器检修口；13—支架；14—太阳能板；
15—数据传输器

3 系统与下沉式绿地结合应用，可用于路面及铺装雨水收集，也可用于绿化内雨水的收集。参照图5.3.1-2、图5.3.1-3为系统与下沉式绿地结合应用构造示意图1/2。

4 系统与下沉式绿地结合应用应满足以下要求：紧邻铺砌地面或道路处的下沉式绿地要低于铺砌地面或道路 50-100mm，保证铺砌地面或道路的雨水能有效快速的进入下沉式绿地内；应在下沉式绿地低点设置雨水净化导流装置，将雨水净化后快速导入碳纤雨水收集模块内；雨水净化导流装置进水口周边应设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀。

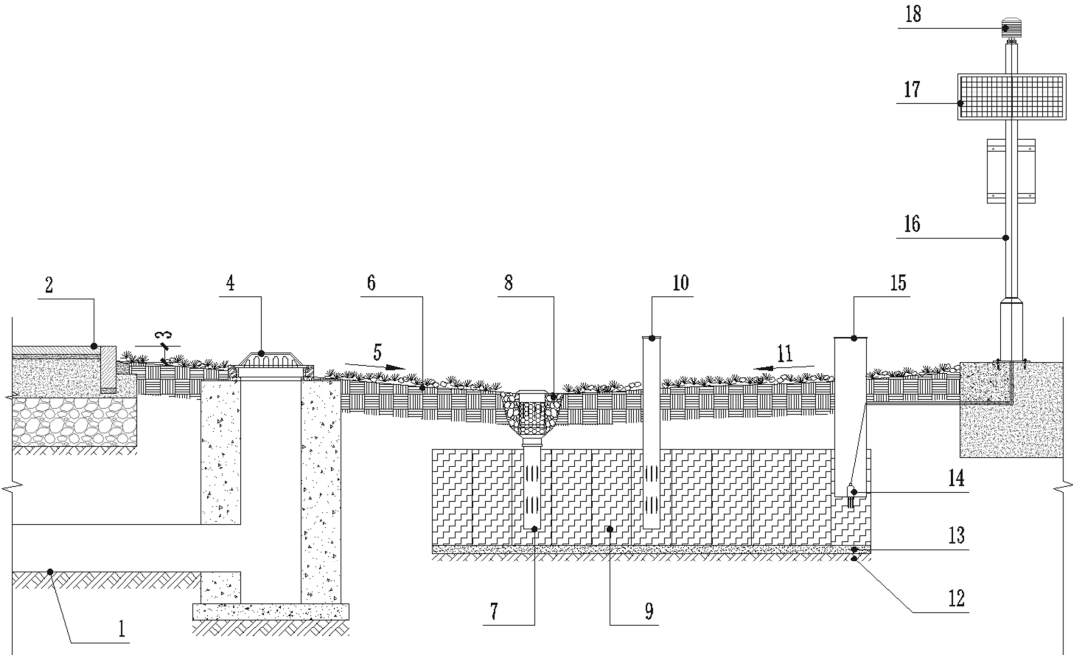


图5.3.1-2 系统与下沉式绿地结合应用构造示意图1

1—雨水排管至市政雨水管；2—设计路面；3—下凹50~100mm；4—溢流雨水口；
5—排水坡向；6—下凹绿地；7—雨水净化导流装置；8—碎石过滤；9—碳纤雨水收集模块；
10—雨水排气装置；11—排水坡向；12—素土夯实；13—细砂找平50mm厚；
14—传感器；15—传感器检修口；16—支架；17—太阳能板；18—数据传输器

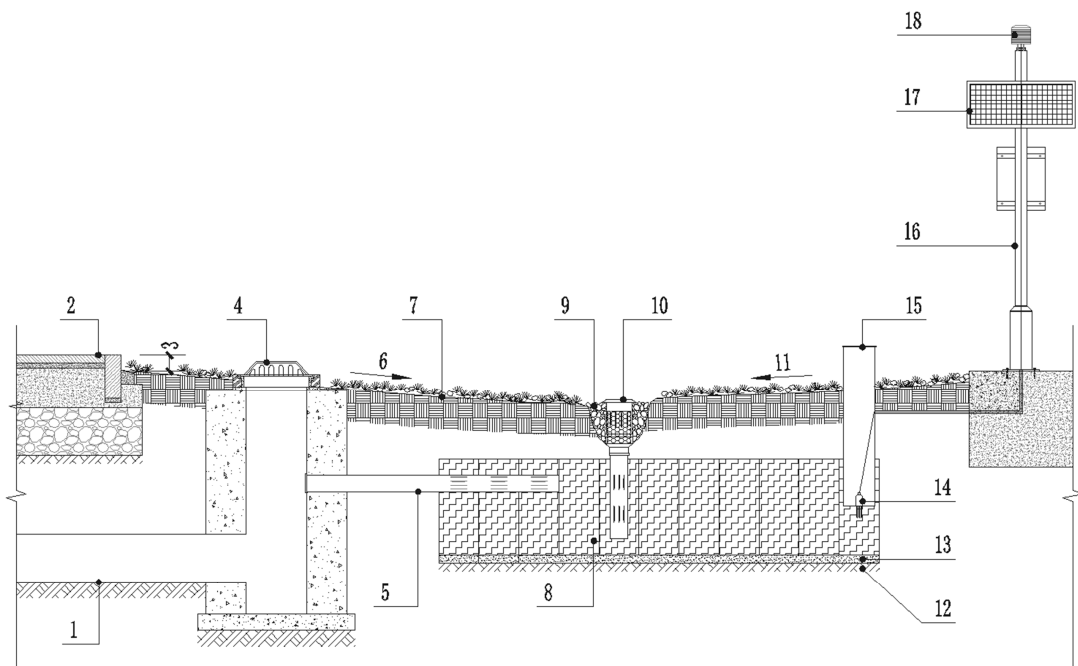


图5.3.1-3 系统与下沉式绿地结合应用构造示意图2

- 1—雨水排管至市政雨水管；2—设计路面；3—下凹50~100mm；4—溢流雨水口；
5—雨水排气装置；6—排水坡向；7—下凹绿地；8—碳纤雨水收集模块；9—碎石过滤；
10—雨水净化导流装置；11—排水坡向；12—素土夯实；13—细砂找平50mm厚；
14—传感器；15—传感器检修口；16—支架；17—太阳能板；18—数据传输器

5 系统与开孔路缘石结合应用，可用于路面及铺装雨水收集。参照图5.3.1-4是系统与开孔路缘石结合应用构造示意图。

6 系统与开孔路缘石结合应用应满足以下要求：雨水净化导流装置进水口周边应设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀。

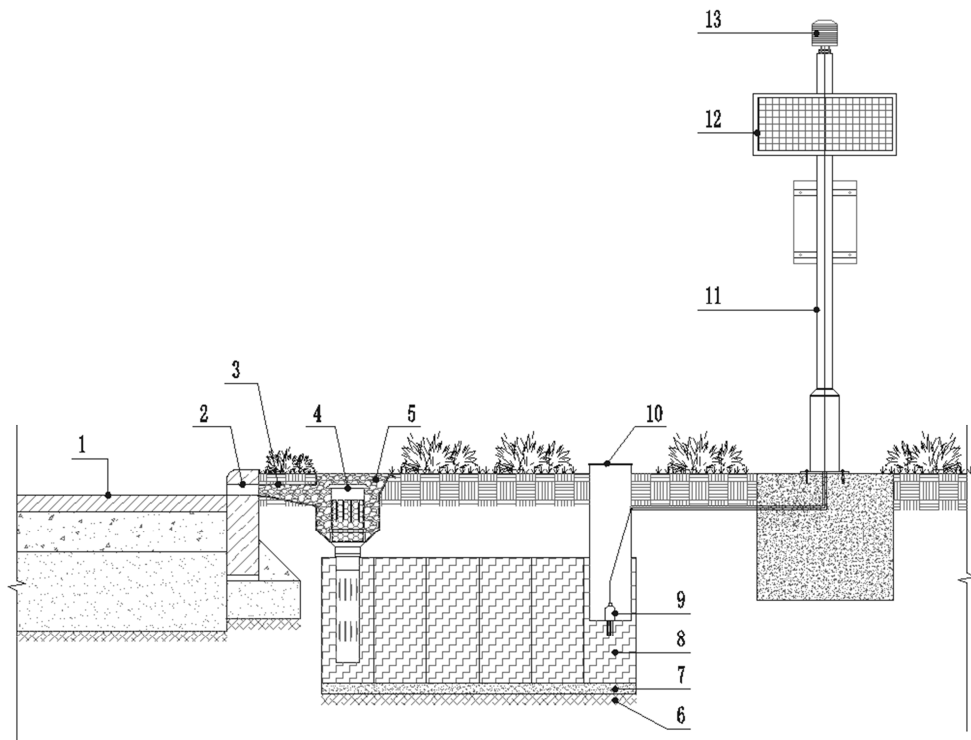


图5.3.1-4 系统与开孔路缘石结合应用构造示意图1

1—设计路面；2—开孔路缘石；3—透水土工布；4—雨水净化导流装置；5—碎石过滤；
6—素土夯实；7—细砂找平50mm厚；8—碳纤雨水收集模块；9—传感器；
10—传感器检修口；11—支架；12—太阳能板；13—数据传输器

7 系统与雨水口结合应用，可用于路面及铺装雨水收集。参照图5.3.1-5、图5.3.1-6、图5.3.1-7是系统与雨水口结合应用构造示意图1/2/3。

8 系统与雨水口结合应用应满足以下要求：雨水口需采用具有溢流功能的AB型雨水口，雨水由道路收集汇入溢流式雨水口B格，经雨水口B格中的雨水净化导流装置导入碳纤雨水收集模块中，当碳纤雨水收集模块饱和后，雨水通过溢流堰口至A格，排入市政雨水管道。

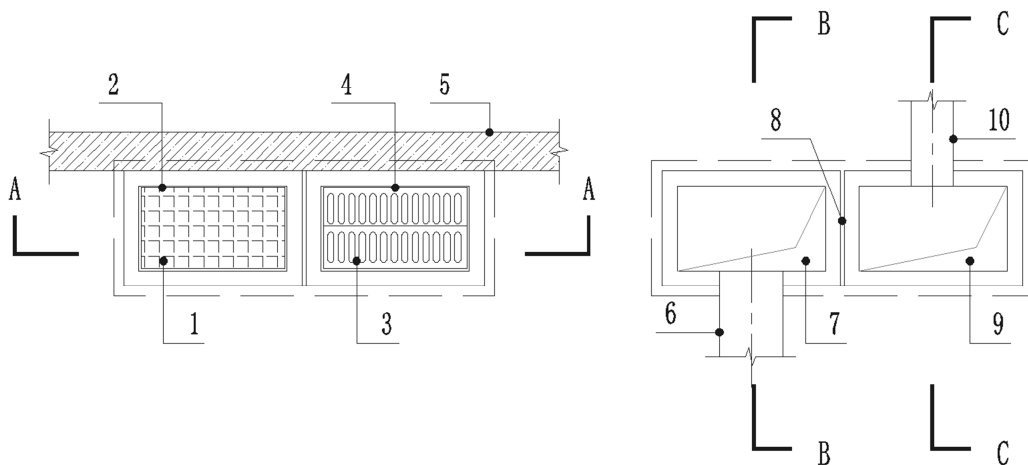


图5.3.1-5 系统与AB型雨水口结合应用构造示意图1

(左图为AB型雨水口上层平面图,右图为AB型雨水口下层平面图)

- 1—A格; 2—铸铁盖板; 3—B格; 4—进水口; 5—路缘石; 6—雨水排管至市政雨水管;
7—A格; 8—溢流堰; 9—B格; 10—雨水净化导流管至碳纤雨水收集模块

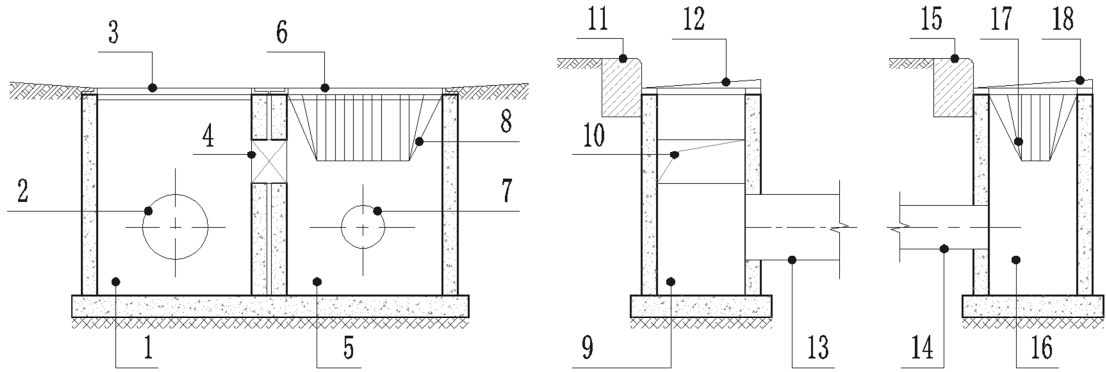


图5.3.1-6 系统与AB型雨水口结合应用构造示意图2

(从左到右依次为A-A、B-B、C-C剖面图)

- 1—A格; 2—雨水排管至市政雨水管; 3—铸铁盖板; 4—溢流堰; 5—B格;
6—进水口; 7—雨水净化导流管至碳纤雨水收集模块; 8—截污框; 9—A格; 10—溢流堰;
11—路缘石; 12—设计路面; 13—雨水排管至市政雨水管; 14—雨水净化导流管至碳纤雨水收集模块;
15—路缘石; 16—B格; 17—截污框; 18—设计路面

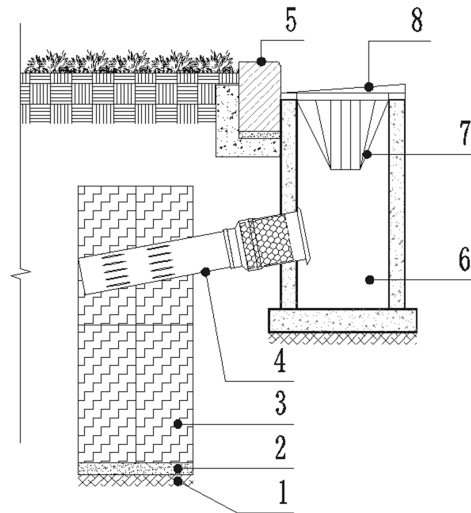


图5.3.1-7 系统与AB型雨水口结合应用构造示意图3

- 1—素土夯实; 2—细砂找平50mm厚; 3—碳纤雨水收集模块; 4—雨水净化导流装置;
5—路缘石; 6—B格; 7—截污框; 8—设计路面

9 系统与停车场结合应用,可用于停车场路面及铺装雨水收集。参照图5.3.1-8为系统与停车场结合应用构造示意图。

10 系统与停车场结合应用应满足以下要求: 碳纤雨水收集模块埋于停车场路面或铺装下方时,应采用抗压性能符合设计要求的产品。

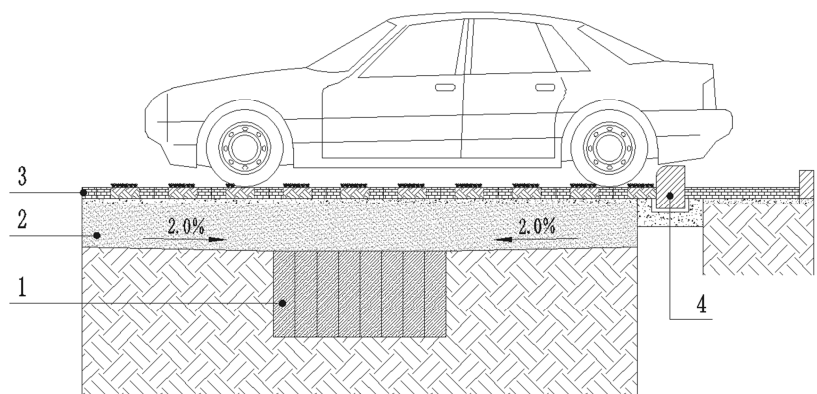


图5.3.1-8 系统与停车场结合应用构造示意图

1—碳纤雨水收集模块；2—细砂；3—停车位；4—车档

11 系统与截水沟结合应用，可用于海绵校园跑道区的路面及铺装雨水收集。参照图5.3.1-9为系统与截水沟结合应用构造示意图。

12 系统与截水沟结合应用应满足以下要求：雨水净化导流装置及雨水排气装置应放置在截水沟检修口处，便于日后设施维护和更换；雨水净化导流装置应高出沟底50-100mm,完成前期弃流；雨水排气装置排口位置应高于截水沟内溢流高度50-100mm；碳纤雨水收集模块四周需做撼砂处理。

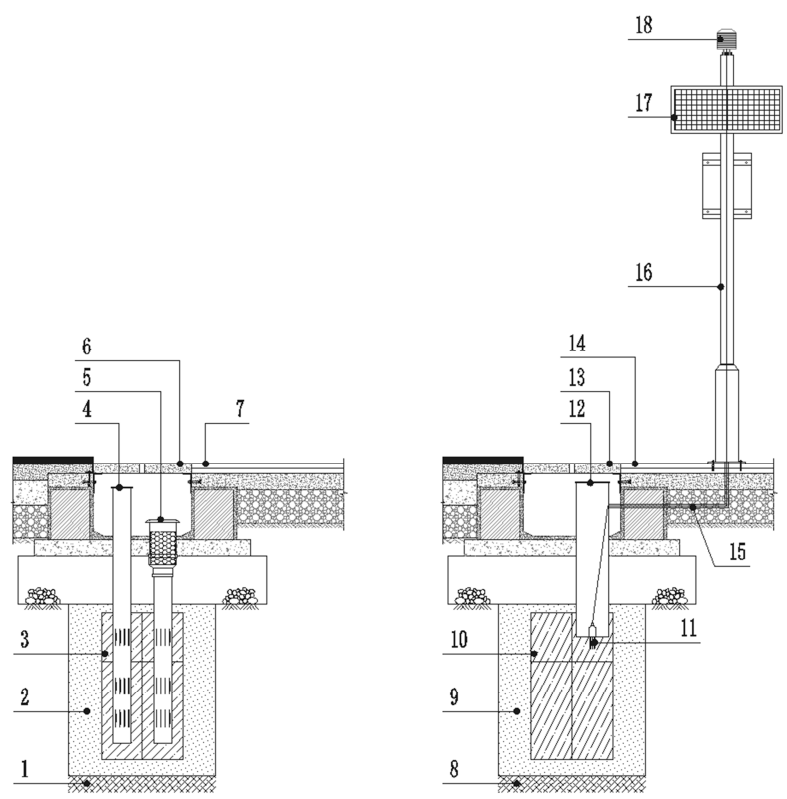


图5.3.1-9 系统与截水沟结合应用构造示意图1/2

1—素土夯实；2—撼砂；3—碳纤雨水收集模块；4—雨水排气装置；5—雨水净化导流装置；
18

6—截水沟检修口；7—设计铺装；8—素土夯实；9—撼砂；10—碳纤雨水收集模块；
11—传感器；12—传感器检修口；13—截水沟检修口；14—设计铺装；15—穿线管；
16—支架；17—太阳能板；18—数据传输器

5.3.2 屋面雨水收集节点应满足以下规定：

1 系统与绿色屋面结合应用，可用于建筑屋面雨水收集。参照图5.3.2-1为系统与绿色屋面结合应用构造示意图；

2 系统与绿色屋面结合应用应满足以下要求：屋面种植应根据种植土深度、荷载等因素，选择耐候性好的植物；排水版上方直接接触碳纤雨水收集模块，碳纤雨水收集模块需做固定处理，可采用强力胶（抗冻、耐老化、抗氧化）将碳纤雨水收集模块包裹布与蓄排水板粘结在一起形成一个完整体，防止分离滑动。为减缓雨水流速对土壤的冲刷，防止水土和有机质养分的流失，碳纤雨水收集模块安装可按3-6米规格做分格固土；

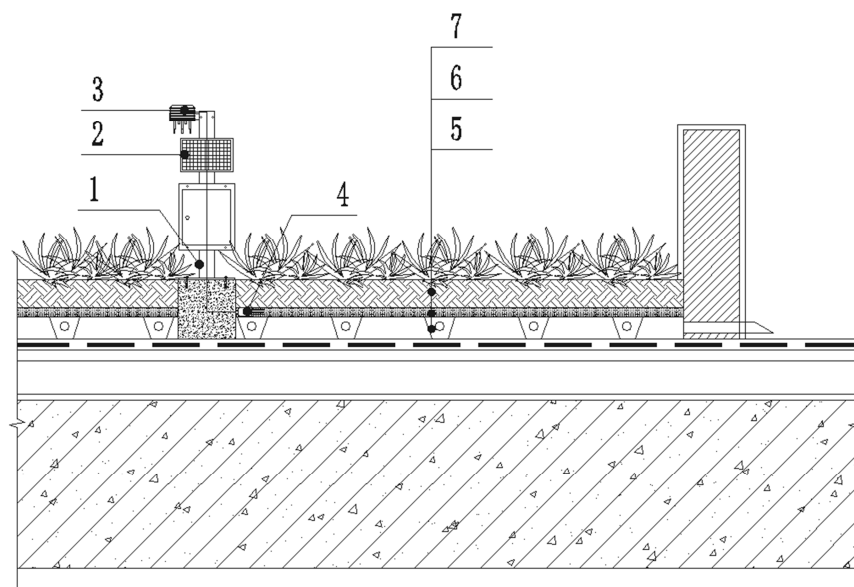


图5.3.2-1 系统与绿色屋面结合应用构造示意图

1—支架；2—太阳能板；3—数据传输器；4—传感器；5—排水板；
6—碳纤雨水收集模块；7—土壤

3 系统与建筑内排水做法应用，可用于建筑屋面雨水收集。参照图5.3.2-2为系统与雨水井结合应用构造示意图；

4 系统与建筑内排水结合应用应满足以下要求：建筑排水为内排水形式，可采用该种方式；雨水净化导流装置进水口应低于雨水管网排管；雨水净化导流装置导管坡度需 $\geq 3\%$ 。

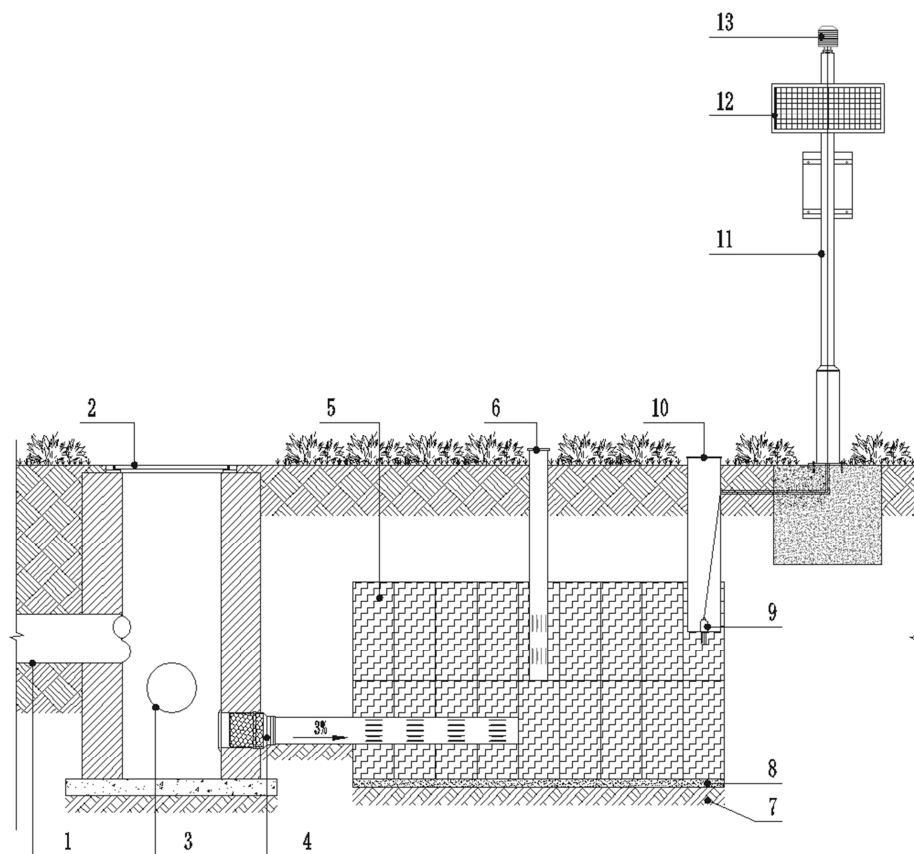


图5.3.2-2 系统与建筑内排水做法应用构造示意图

- 1—建筑雨水排管；2—雨水分流井；3—雨水排管接雨水管网；4—雨水净化导流装置；
5—碳纤雨水收集模块；6—雨水排气装置；7—素土夯实；8—细砂找平50mm厚；
9—传感器；10—传感器检修口；11—支架；12—太阳能板；13—数据传输器

5 系统与建筑外排水做法应用，可用于建筑屋面雨水收集。参照图5.3.2-3系统与建筑外排水做法应用构造示意图。

6 系统与建筑外排水做法应满足以下要求：建筑排水雨水断接形式，可采用该种方式；应在生物滞留带底部设置雨水净化导流装置，将雨水净化后快速导入碳纤雨水收集模块内；雨水净化导流装置进水口周边应设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀。

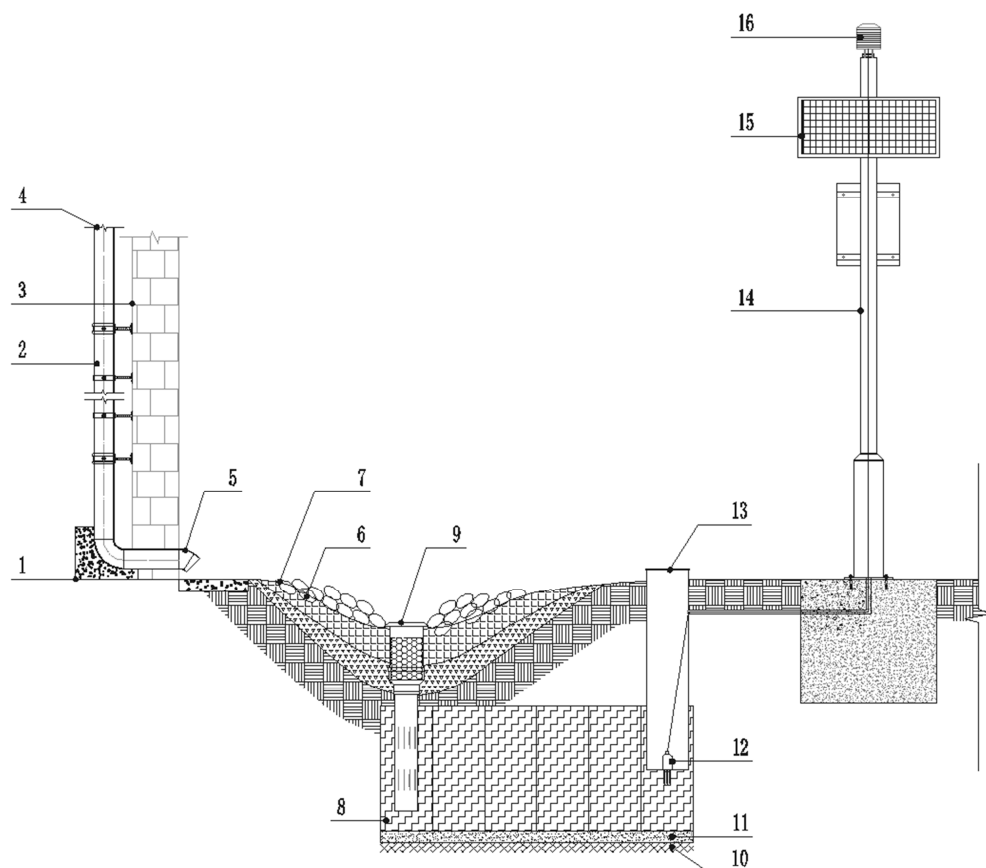


图5.3.2-3 系统与建筑外排水做法应用构造示意图

1—室内地面；2—雨水立管；3—建筑外墙；4—接屋面雨水斗；5—雨水排口；
6—鹅卵石缓冲带；7—生物滞留设施；8—碳纤雨水收集模块；9—雨水净化导流装置；
10—素土夯实；11—细砂找平50mm厚；12—传感器；13—传感器检修口；14—支架；
15—太阳能板；16—数据传输器

5.3.3 绿地雨水收集节点应满足以下规定：

1 系统与雨水花园结合应用，可用于绿地雨水收集。参照图5.3.3.1系统与雨水花园结合应用构造示意图1/2。

2 系统与雨水花园结合应用应满足以下要求：图5.3.3-1为系统与雨水花园结合应用构造示意图1中，雨水净化导流装置应高出溢流雨水口底200-250mm,完成前期弃流；图5.3.3-1为系统与雨水花园结合应用构造示意图1中，雨水排气装置排口位置应高于溢流雨水口雨水排口50-100mm；图5.3.3-2为系统与雨水花园结合应用构造示意图2中，雨水净化导流装置应低于溢流雨水口雨水排口；图5.3.3-2为系统与雨水花园结合应用构造图2中，雨水排气装置排口位置应高于溢流雨水口雨水排口、高于雨水净化导流装置雨水排口。

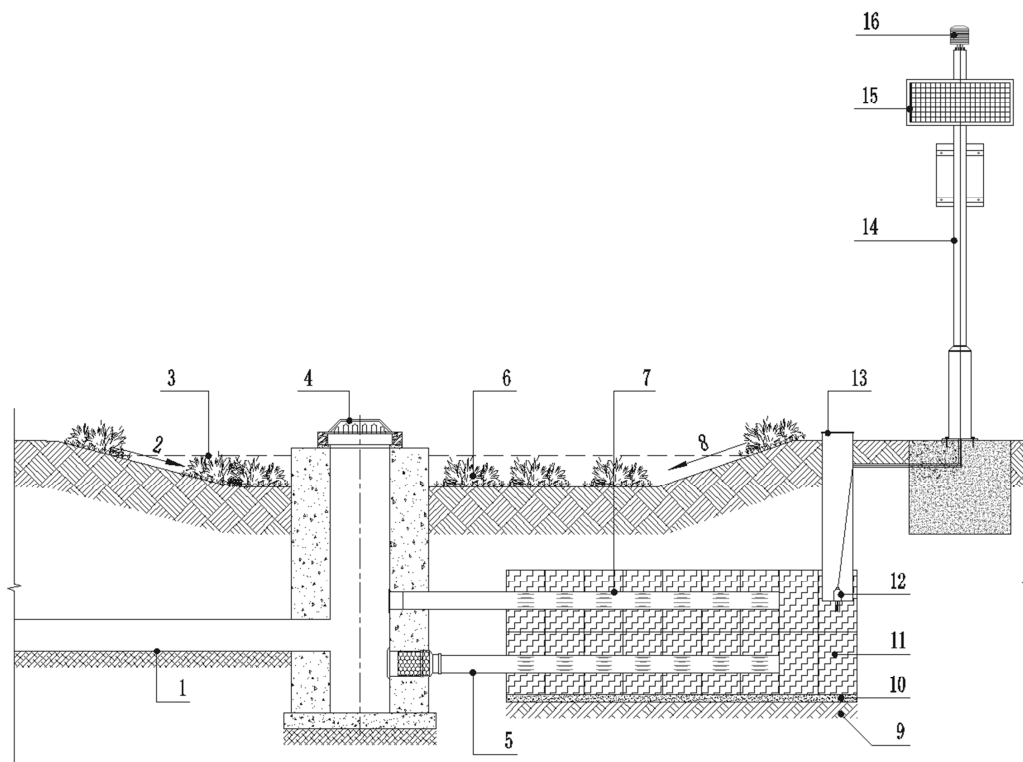


图5.3.3-1 系统与雨水花园结合应用构造示意图1

- 1—雨水排管接雨水管网；2—排水坡向；3—水位线；4—溢流雨水口；
5—雨水净化导流装置；6—雨水花园；7—雨水排气装置；8—排水坡向；9—素土夯实；
10—细砂找平50mm厚；11—碳纤雨水收集模块；12—传感器；13—传感器检修口；
14—支架；15—太阳能板；16—数据传输器

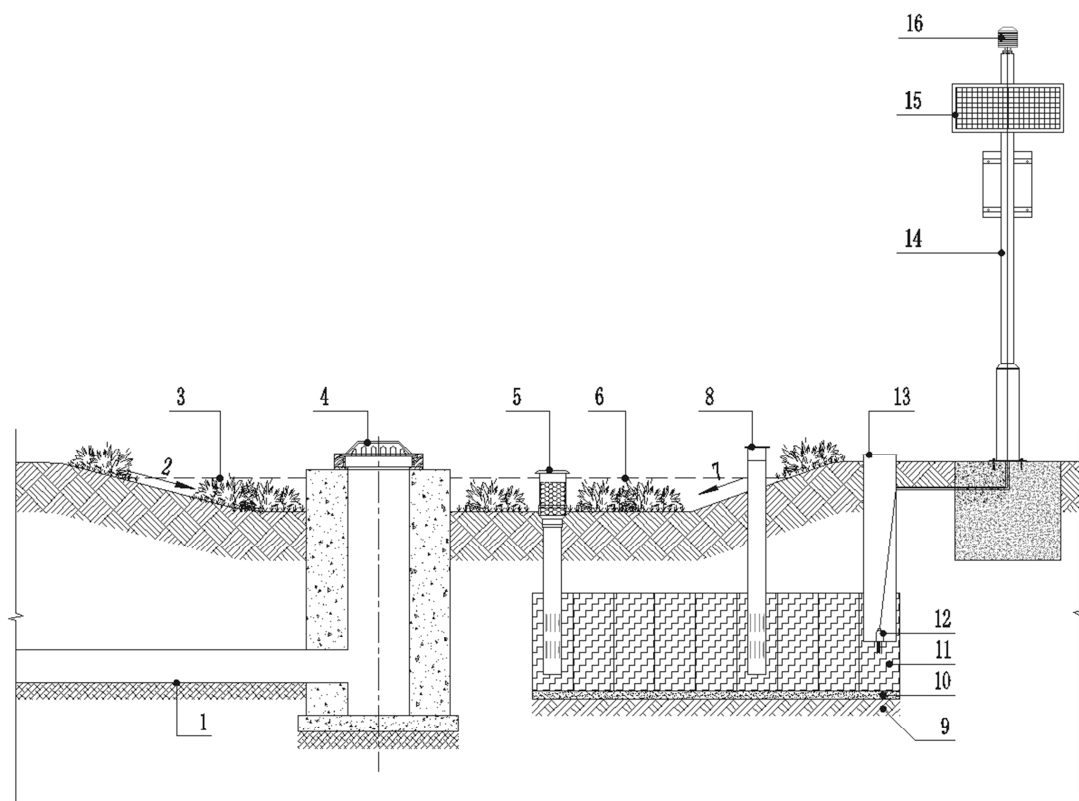


图5.3.3-2 系统与雨水花园结合应用构造示意图2

1—雨水排管接雨水管网；2—排水坡向；3—水位线；4—溢流雨水口；
5—雨水净化导流装置；6—雨水花园；7—排水坡向；8—雨水排气装置；9—素土夯实；
10—细砂找平50mm厚；11—碳纤雨水收集模块；12—传感器；13—传感器检修口；
14—支架；15—太阳能板；16—数据传输器

3 系统与生物滞留带相结合应用，可用于绿地雨水收集。参照图5.3.3-3为系统与生物滞留带相结合应用构造示意图。

4 系统与生物滞留带结合应用应满足以下要求：应在生物滞留带低点设置雨水净化导流装置，将雨水净化后快速导入碳纤雨水收集模块内部；雨水净化导流装置进水口周边应设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀。

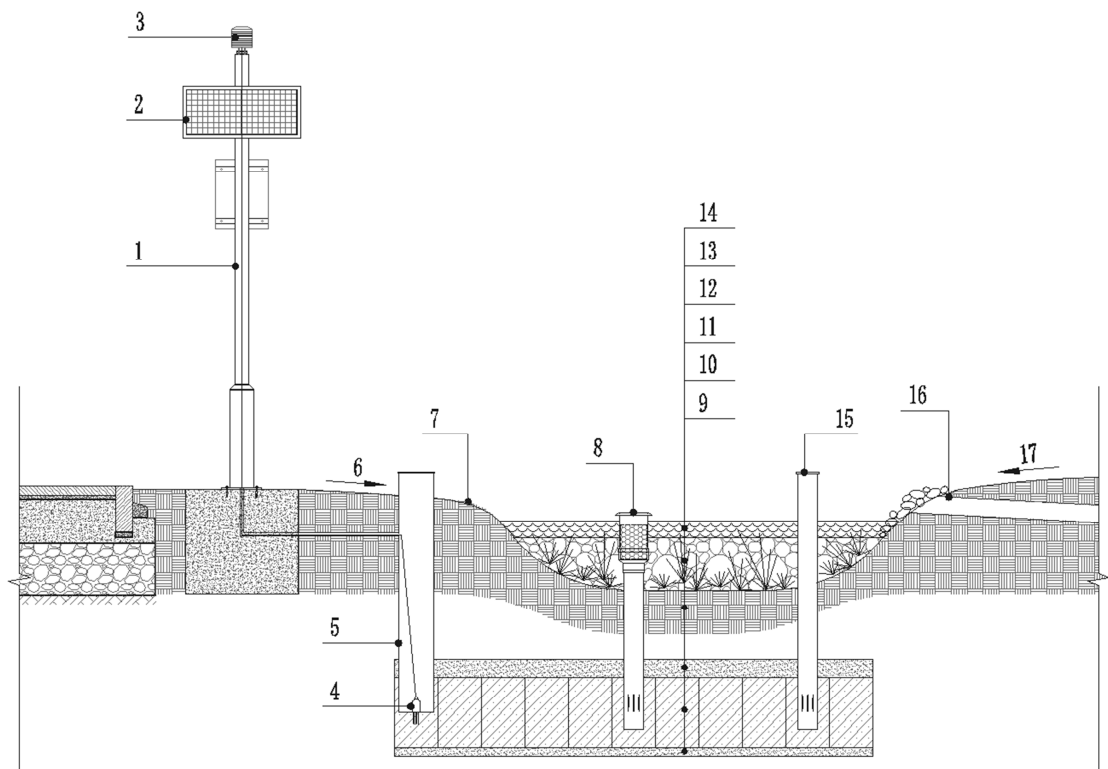


图5.3.3-3 系统与生物滞留带相结合应用构造示意图

1—支架；2—太阳能板；3—数据传输器；4—传感器；5—传感器检修口；6—排水坡向；
7—生物滞留带；8—雨水净化导流装置；9—砂层找平50mm；10—碳纤雨水收集模块；
11—砂层100mm；12—未压实得种植土300~1000mm；13—蓄水层200~300mm；
14—超高水层100mm；15—雨水排气装置；16—溢流管；17—排水坡向；

5 系统与立体种植结合应用，可用于立体种植雨水收集。参照图5.3.3-4为系统与立体种植结合应用构造示意图。

6 系统与立体种植结合应用应满足以下要求：为防止立体种植区域雨水流失，模块底部可做防水土工布进行阻隔，防水土工布开孔率20—50%；雨水净化导流装置可设置在立体种植的高处和低处，高处用来减少地表径流，减少泥土冲刷；低处用来快速雨水收集；雨水排气装置应高出所在位置100mm及以上。

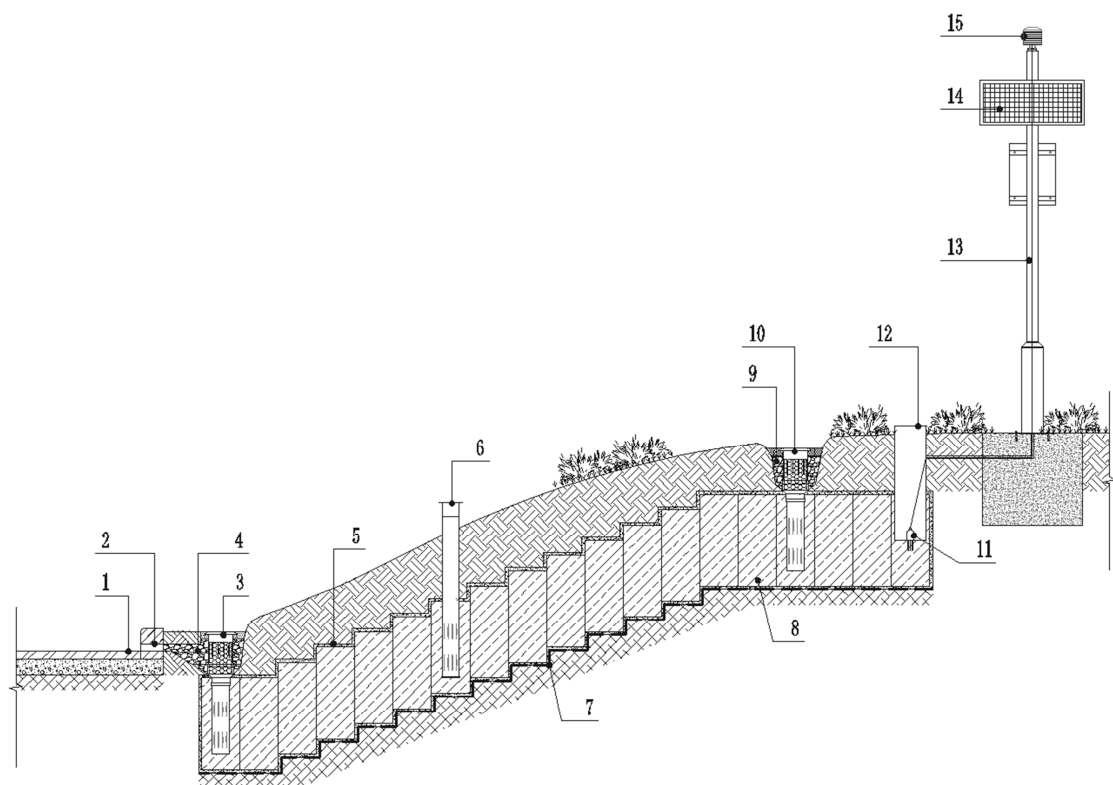


图5.3.3-4系统与立体种植结合应用构造示意图

1—设计路面；2—开口边石；3—雨水净化导流装置；4—碎石过滤层；5—细砂50mm厚；
6—雨水排气装置；7—防水土工布阻隔层（开孔20~50%）；8—碳纤雨水收集模块；
9—碎石过滤层；10—雨水净化导流装置；11—传感器；12—传感器检修口；13—支架；
14—太阳能板；15—数据传输器

7 系统与生态海绵树池结合应用，可用于生态海绵树池雨水收集。参照图5.3.3-5为系统与生态海绵树池结合应用构造示意图。

8 系统与生态海绵树池结合应用应满足以下要求：碳纤雨水收集模块设置时应避开乔木主根系，其材料成分中不应含有有毒有害物质，对植物根系生长造成破坏。

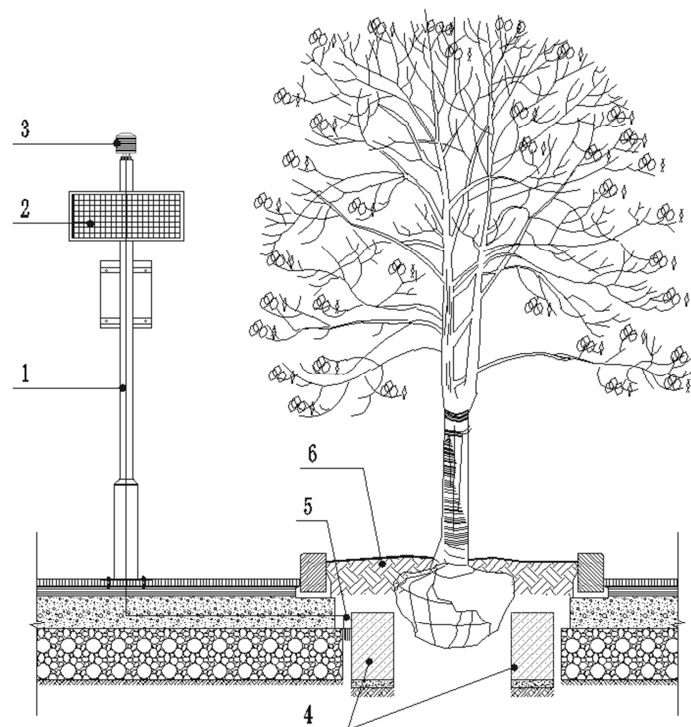


图5.3.3-5系统与生态海绵树池结合应用构造示意图

1—支架；2—太阳能板；3—数据传输器；4—碳纤雨水收集模块；5—传感器；6—树池

9 系统与普通绿地结合应用，可用于绿地内雨水收集。参照图5.3.3-6为雨水净化导流装置A设施做法示意图。

10 系统与与普通绿地结合应用应满足以下要求：碳纤雨水收集模块设置时应避开乔木主根系；应在绿地低点设置雨水净化导流装置，将雨水净化后快速导入碳纤雨水收集模块内；雨水净化导流装置进水口周边应设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀；雨水排气装置应高出地面50-100mm。

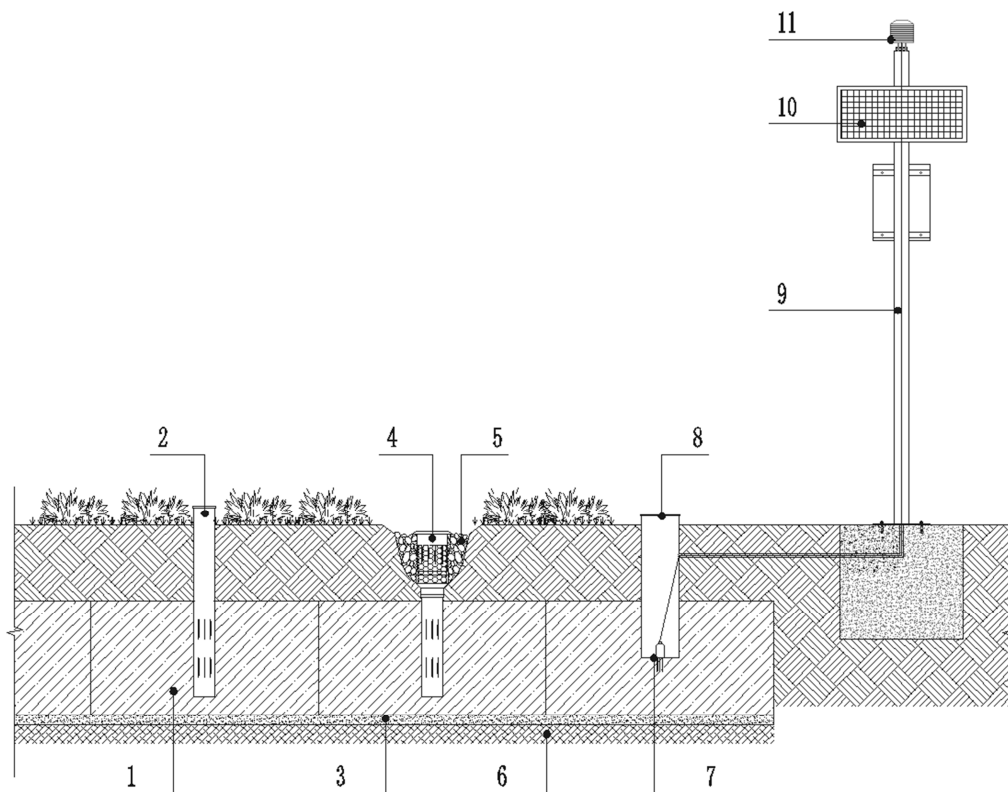


图5.3.3-6 系统与普通绿地结合应用构造示意图

1—碳纤雨水收集模块；2—雨水排气装置；3—细砂找平50mm厚；4—雨水净化导流装置；
5—碎石过滤层；6—素土夯实；7—传感器；8—传感器检修口；9—支架；10—太阳能板；
11—数据传输器

5.3.4 雨水管网雨水收集节点应满足以下要求：

1 系统与雨水井结合应用，可用于雨水管网内雨水收集。参照图5.3.4为系统与雨水井结合应用构造示意图。

2 系统与雨水井结合应用应满足以下要求：模块采用集中布置时，可采用该种方式；雨水净化导流装置进水口应低于雨水管网排管；雨水净化导流装置导管坡度需 $\geq 3\%$ ；雨水排气装置高出地面50-100mm。

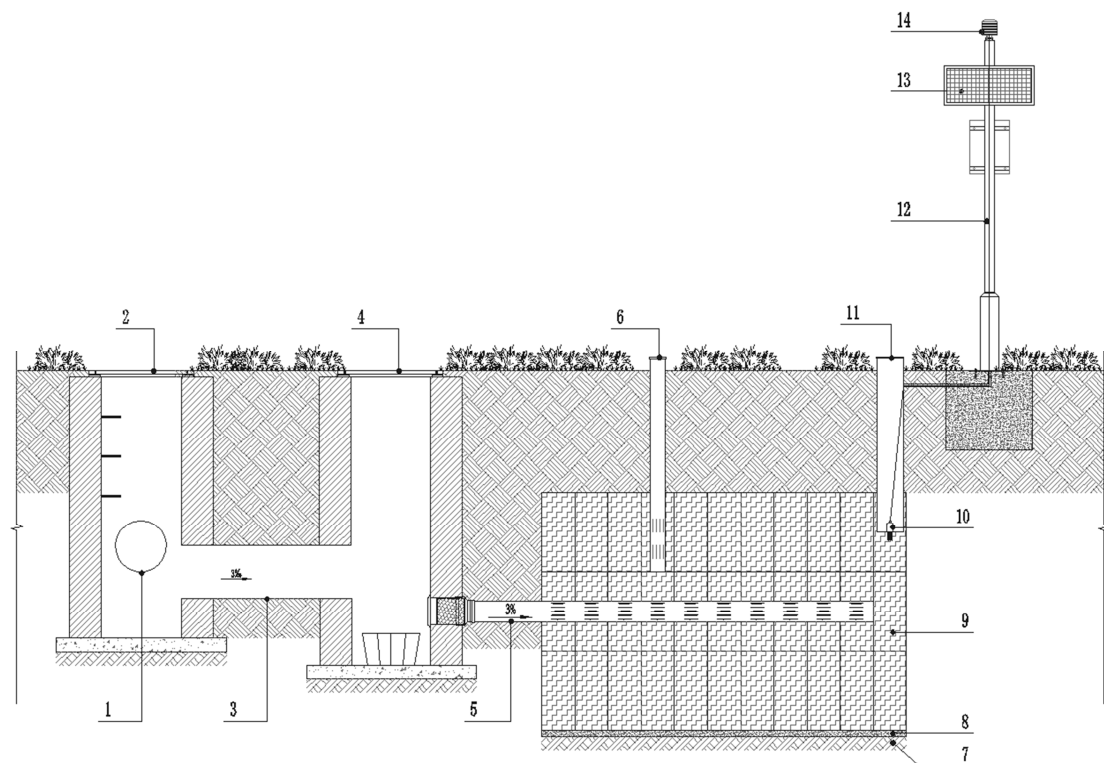


图5.3.4 系统与雨水井结合应用构造示意图

- 1—雨水排管；2—雨水检查井；3—雨水排管；4—雨水分流截污井；5—雨水净化导流装置；
6—雨水排气装置；7—素土夯实；8—细砂找平50mm厚；9—碳纤雨水收集模块；
10—传感器；11—传感器检修口；12—支架；13—太阳能板；14—数据传输器

6 施工

6.1 土方开挖

6.1.1 沟槽开挖一般采取机械作业，无法进行机械作业的，采取人工开挖，开挖过程中应尽量避免避开管线，避免对已建管线造成破坏。

6.1.2 开挖的宽度和深度应根据设计图纸而定。

6.1.3 沟槽开挖至设计标高后，进行人工清槽、素土夯实，压实度不低于83%且满足面层功能要求，素土上层铺设50mm厚细砂洒水拍实。

6.1.4 针对淤泥质土或地下水位较高的施工场地，开挖至设计标高后，模块四周宜加铺50~100mm砂土并夯实。

6.2 模块安装

6.2.1 智能化碳纤雨水收集模块铺设时，应按照模块箭头标志方向铺设，严禁倒置或按照非箭头标志的其他方向放置模块。

6.2.2 模块与模块之间需完全接触，严禁踩踏或挤压模块。

6.2.3 铺设的模块宜紧靠沟槽一侧，避免两侧均有留缝，影响回填及夯实效果。

6.2.4 配置由连接管道的系统，在施工时应清洁管道连接处，确保连接紧密。

6.2.5 按照设计要求安装雨水排气装置、雨水导流装置。

6.2.6 雨水排气装置与雨水导流装置间距宜控制在10m之间；雨水排气装置及雨水导流装置设置点位若与应用场景其他设施有冲突，应进行点位优化布置；对于人行道、停车场等场景，应考虑侧向排气导流管的设置。

6.3 数据传感器铺设

6.3.1 根据设计施工图纸及数据传感器安装环境要求，应铺设数据传感器，并与传输端连接。

6.3.2 根据施工图纸要求，品种及数量应匹配不同性能的数据传感器。

6.4 回填

6.4.1 模块系统安装完毕并验收合格后，应进行回填。

6.4.2 回填介质宜为素土、砂，不得夹有大块砖石等棱角硬块物体。

6.4.3 模块与沟槽之间的空隙应采用浸湿砂土（直径 $>0.25\text{mm}$ ）回填，同时应注意对模块的保护，免遭破坏。

6.4.4 回填至完成面后，根据区域整体设计要求，应进行铺装施工或绿化植被栽种。

6.4.5 为保证产品周边土壤总孔隙度与智能化碳纤雨水收集模块总孔隙度接近，有利于释水通畅，也可铺设掺杂有絮状碳纤维的专用种植土。

6.5 智能显示系统和数据传输装置安装

6.5.1 智能系统数据传输装置应安装稳固、不影响使用功能。

6.5.2 智能显示系统安装应满足需求且不影响周边其他功能需求。

6.5.3 智能化碳纤雨水收集模块、传感器及数据传输装置、智能显示系统调试运行应符合使用功能。

7 质量验收

7.1 一般规定

7.1.1 智能化碳纤雨水收集模块应满足以下规定：

1 施工过程中，应及时对智能化碳纤雨水收集模块工程进行质量检查，隐蔽施工应严格执行隐蔽工程验收相关要求。

2 智能化碳纤雨水收集模块工程验收的检验批划分应符合下列规定：

1) 对采用相同类别智能化碳纤雨水收集模块划分为一个检验批；

2) 检验批的划分应与施工流程一致。

3) 根据使用规模，低于100立方米使用量，随机抽检 2处；低于300立方米使用量，随机每100立方米抽检 1 处；低于600立方米使用量，随机每200立方米抽检 1 处；低于900立方米使用量，随机每300立方米抽检 1 处；高于900立方米使用量，随机每300立方米抽检 1 处。

3 检验批质量验收合格，应符合下列规定：

1) 检验批主控项目应全部合格；

2) 应具有施工操作证明文件和质量检查记录。

4 隐蔽工程验收应有文字记录和图像资料，应包括下列内容：

1) 土方开挖部位及宽度和深度数值；

2) 智能化碳纤雨水收集模块铺设规模；

3) 导流装置和排气装置安装在模块上的位置。

7.1.2 传感器及数据传输装置应满足以下规定：

1 传感器及数据传输装置参数满足项目要求。

2 监测项目应包括温度、湿度、光照度、二氧化碳、风速、风向、雨量、土壤温度、土壤湿度、COD、水质悬浮物、浊度、电池电压、信号强度。

7.1.3 智能显示系统应包括智慧海绵城市检测平台、海绵城市智能评估系统、智慧海绵城市可视化管理平台。

7.1.4 智能化碳纤雨水收集模块应满足以下规定：

1 智能化碳纤雨水收集模块系统施工应提供模块及原材料的型式检验报告及现场抽检检验报告，复试报告等验证齐全后，方可施工；

2 现场检验报告应包含且不限于模块的压缩强度、有效总孔隙度、透水系数、重金属含量、冻融性能、酸度系数、钾钠含量；高强度耐酸碱滤透表层包裹布的撕破强力、抗碱液性能、抗冻融性能及雨水净化导流装置对污染物去除率等；

3 其他材料应符合《海绵城市建设工程施工及验收标准》及《海绵城市基础设施施工与质量验收标准》相关要求。

7.1.5 传感器及数据传输装置应满足以下规定：

1 传感器及数据传输装置说明书；

2 服务器协议或接口文档等。

7.1.6 智能显示系统应满足以下规定：

- 1** 《需求规格说明书》，确认《需求规格说明书》符合实际需求，方可进行开发；
- 2** 《数据库设计说明书》，满足数据库设计的合理性、有效性、准确性；
- 3** 《用户使用说明书》，主要包括操作界面及使用方法，保证用户能更清晰地使用系统。

7.2 主控项目

7.2.1 碳纤雨水收集模块系统应满足以下规定：

1 检查碳纤雨水收集模块系统全套型式检验报告的真实有效性、完整性应符合设计图纸技术指标要求；

2 碳纤雨水收集模块芯材部分的冻融性能、酸度系数、钾钠含量现场抽检复试结果应符合设计图纸技术指标要求；

3 碳纤雨水收集模块包裹布部分的撕破强力、抗碱液性能现场抽检复试结果应符合设计图纸技术指标要求。

7.2.2 传感器及数据传输装置应满足以下规定：

- 1** 传感器及数据传输装置响应情况；
- 2** 是否经过EMC和EMI测试，及抗干扰能力。

7.2.3 智能显示系统应满足以下规定：

- 1** 智能显示系统的正常运行；
- 2** 系统功能设计满足《需求规格说明书》内容。

7.2.4 智能化碳纤雨水收集模块系统施工完成应满足以下规定：

1 配置碳纤雨水收集模块系统宜进行蓄水及释水测试，且满足以下要求：根据使用规模，随机抽检2处-10处，通过雨水导流装置进行灌水测试，首次计量灌水至模块饱和状态，每间隔1.0小时继续计量灌水至模块饱和状态，循环6次，计算6小时内的雨水收集总量：调蓄能力应不小于模块使用量的2倍为合格；

2 隐蔽工程的文字记录和图像资料符合设计图纸要求。

7.3 一般项目

7.3.1 碳纤雨水收集模块系统应满足以下规定：

- 1** 检查碳纤雨水收集模块颜色、单片规格尺寸、外观应符合设计图纸技术指标要求；
- 2** 检查碳纤雨水收集模块芯材部分的压缩强度、有效总孔隙度、透水系数、重金属含量、等应符合设计图纸技术指标要求；
- 3** 检查碳纤雨水收集模块包裹布部分的物理性能、冻融性能应符合设计图纸技术指标要求；
- 4** 检查雨水净化导流装置对污染物去除率应符合设计图纸技术指标要求。

7.3.2 传感器及数据传输装置应满足以下规定：

- 1** 传感器及数据传输装置兼容性应符合产品说明书要求；
- 2** 传感器及数据传输装置传输频率符合产品说明书要求。

7.3.3 智能显示系统应满足以下规定：

- 1** 硬件设备接口的调试应符合设计图纸技术指标要求；
- 2** 手机移动端应显示正常运行。

8 运维维护

8.1 模块调蓄设施运维

8.1.1 智能化碳纤雨水收集模块使用寿命长，日常不需要特殊维护管理工作，若发现模块应用场地出现沉降隐患，应及时开挖并查明原因。

8.1.2 日常运维时应结合监测系统数据进行智能化碳纤雨水收集模块蓄水能力评估，如蓄水能力下降至初始的20%，须查明原因。

8.1.3 对开挖的模块进行滤透表层布和芯材进行检测分析，若滤透表层布经过清洗或更换，模块功能可以恢复至初始的70%，可进行再利用；否则，建议现场对芯材进行粉碎处理后与密实度较高的土壤混合，作为改良土壤的外加剂，可有效增大土壤渗透系数；若经检测，模块中重金属等含量超标，须委托专业公司进行处理。

8.1.4 雨水净化导流装置内设置了SS去除层，磷、氮去除层，当设置于模块的传感器数据显示水质不达标时，须更换雨水净化导流装置的净化芯；若未设置在线监测系统，建议宜每年对水质进行1次定期人工化验检测，判断是否更换净化芯。

8.1.5 系统设计时宜进行全寿命周期的成本分析。设计使用30年周期所产生的维护使用。系统应根据未来每年的技术发展情况开展技术升级，以及根据系统运行情况和数据积累和运行情况开展数据维护，此外还要包括传感器的设备更新。每年维护成本不少于系统总投资的5%。

$$e_y = (\sum(t_p \times d_p)) + (E + \sum_{Y=1}^{y-1} e) \times 5\% + (\sum d_z \times n_z) \quad (8.1.5)$$

式中：e-表示每年维护所需要的成本；

y-当前年份；

t_p-表示完成当年模块开发所需要的天数；

d_p-表示完成模块开发所需员工的日工资单价；

E-表示项目建设总投资；

Y-表示建设初始年份；

d_z-当年更新传感器和新增传感器数量；

n_z-传感器单价。

8.2 智能系统运维

8.2.1 应对智能系统进行数据传输、太阳能光伏电板、远传装置、管理平台等系统进行日常维护管理，确保信息采集及传输的稳定、可靠。

8.2.2 对部分未安装智能监测系统的区域，可采用手持终端进行人工定时监测，辅助日常运维管理。

附录A 体积吸水率试验方法

A.0.1 将规定尺寸的试样浸泡于水中，充分吸水，计算出试样中水分所占的体积比，以此来表示体积吸水率。

A.0.2 试验仪器钢直尺：分度值为1mm；容器：长宽比试样长宽略大，高度是试样高度2倍以上的容器。。

A.0.3 试验用水取自来水。

A.0.4 试样为立方体，尺寸为100mm*100mm，试样厚度为样品的原厚。试样数量3块。

A.0.5 试验应按下列步骤进行：

1 测量试样的尺寸长度和宽度采用钢直尺测量，在试样的正、反面各测两次，读数精确到1mm，采用钢直尺测量厚度，测量点位于试样四个侧面的中部，读数精确到1mm。

2 全浸试验试样体积 V_1 ，容器中放入试样体积2倍或以上的水，体积 V_2 。缓慢将试样放入容器中试样应全部浸没在水中，静置30分钟，记录体积 V_3 。

A.0.6 试样体积吸水率计算应按下列公式计算：

$$W=(V_1+V_2-V_3)/V_1*100\% \quad (\text{A.0.6})$$

式中： W -- 体积吸水率，%；

V_1 -- 试样体积，单位为毫升（ml）；

V_2 -- 注入水的体积, 单位为毫升（ml）；

V_3 -- 容器中吸水后试样和水的体积，单位为毫升（ml）。

附录B 雨水净化导流装置测试方法

B.0.1 将测试溶液从雨水净化导流装置上端垂直浇灌，测试溶液经过导流装置内部的吸附材料分层净化、检测经雨水净化导流装置过滤前后的水体，以此表示雨水净化导流装置的净化能力。

B.0.2 试验仪器采用 2000毫升量杯、100毫升量筒、500毫升量筒、紫外可见分光光度计、50毫升酸式滴定管、10毫升移液管、25毫升比色管、鼓风干燥箱、分析天平。

B.0.3 测试溶液采用1500毫升测试溶液，其中化学需氧量浓度约300mg/l、悬浮物浓度约1800mg/l、磷浓度约5.0mg/l、氮浓度约50mg/l。

B.0.4 实验方式为垂直浇灌。

B.0.5 试验应按下列步骤进行：

1 将测试溶液以垂直浇灌的方式迅速倒入雨水净化导流装置；

2 对过滤前后的液体分别进行检测，化学需氧量检测按照HJ 828-2017执行，悬浮物检测按照GB 11901-1989执行，总磷检测按照GB 11893-1989执行，总氮检测按照HJ 636-2012执行。

B.0.6 试样净化率计算应按下列公式计算：

$$W=(C_1-C_2)/C_1*100\% \quad (B.0.6)$$

式中：W -- 净化率，%；

C₁ -- 测试溶液净化前浓度，单位为毫升（mg/l）；

C₂ -- 测试溶液净化后浓度，单位为毫升（mg/l）。

用词说明

为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

引用标准名录

- | | |
|--------------------------------------|-------------|
| (1) 《纤维玻璃化学分析方法》 | GB/T 1549 |
| (2) 《纺织品织物拉伸性能第1部分：断裂强力和断裂伸长率的测定条样法》 | GB/T 3923.1 |
| (3) 《矿物棉及其制品试验方法》 | GB/T 5480 |
| (4) 《建筑用绝热制品压缩性能的测定 | GB/T 13480 |
| (5) 《土工合成材料土工布及土工布有关产品单位面积质量的测定方法》 | GB/T 13762 |
| (6) 《土工合成材料梯形法撕破强力的测定 | GB/T 13763 |
| (7) 《土工布及其有关产品有效孔径的测定干筛法》 | GB/T 14799 |
| (8) 《土工合成材料静态顶破试验（CBR法）》 | GB/T 14800 |
| (9) 《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》 | GB 15618 |
| (10) 《土工布及其有关产品抗酸、碱液性能的试验方法》 | GB/T 17632 |
| (11) 《土工合成材料宽条拉伸试验方法》 | GB/T 15788 |
| (12) 《土工布及其有关产品无负荷时垂直渗透特性的测定》 | GB/T 15789 |
| (13) 《透水路面砖和透水路面板》 | GB/T 25993 |
| (14) 《建筑用绝热制品抗冻融性能的测定》 | GB/T 33011 |

中国工程建设标准化协会标准

智能化碳纤雨水收集模块系统技术规程

CECSXXX：2023

条文说明

制订说明

《智能化碳纤雨水收集模块系统应用技术规程》T/CECSxxx-2023经住房和城乡建设部2022年 月 日以第 号公告批准、颁布。

在规程编制过程中，编制组对智能化碳纤雨水收集模块系统工程的实践经验进行了总结，对新建、改建、扩建的海绵城市建设项目中的绿地、屋顶和场地中智能化碳纤雨水收集模块系统工程设计、施工及验收等要求等作了规定。

为便于广大设计、施工、科研、院校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《智能化碳纤雨水收集模块系统应用技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目录

1 总 则	42
2 术 语	43
3 基本规定	44
4 系统组成及主体材料	45
4.1 智能化碳纤雨水收集模块系统	45
4.2 碳纤雨水收集模块	45
4.3 雨水净化导流装置	46
4.6 软件系统	47
5 设计	49
5.3 设计节点	49
6 施工	51
6.1 土方开挖	51
6.2 模块安装	51
7 质量验收	52
7.2 主控项目	52

1 总 则

1.0.1 海绵城市建设已经在国内全面铺开，智能化碳纤雨水收集模块系统产品在国内海绵城市建设市场大量应用，同时智能化碳纤雨水收集模块系统具备优越的雨水调蓄能力和雨水收集利用能力，是海绵城市建设的可靠的技术措施之一，为了使该行业有序化发展，规范市场，防止假冒伪劣产品影响海绵城市建设效果，急需对该产品的行业应用编制一本技术规范。

1.0.2 本规程适用于建筑与小区、公园与绿地、城市道路与广场、公共停车场、园区内新建、改建、扩建项目中需采用雨水调蓄设施的区域。

1 建筑小区：建筑小区应结合地形地貌进行竖向设计，尽可能采用地面汇流方式恢复或畅通雨水径流，实现“渗、滞、蓄、净、用”径流过程，控制屋面、道路、停车场、广场等的雨水径流。对于湿陷性黄土、地下水位埋深不足2m、渗透能力不足0.001m/d等区域，可渗透地面率指标不做硬性评价。

2 道路、停车场及广场：由于硬质铺装较多，是快速形成雨水径流，导致排水集中、内涝和径流污染的重要区域。因此应通过城市建设措施控制径流体积、峰值流量和污染，减轻对城市生态和环境的影响。

3 公园与绿地：新建与改扩建项目控制的径流体积不得低于雨水年径流总量控制率对应计算的径流体积。除城市建成区内的公园与防护绿地外，还应充分保护和利用湿地公园、郊野公园等区域绿地对区域雨水径流进行管控。山地公园及改扩建公园不具备接纳周边区域雨水径流时，不做硬性评价。

1.0.3 智能化碳纤雨水收集模块系统设计、施工与验收，除应符合本规程外，尚应符合现行国家标准、行业标准和辽宁省有关地方标准的规定。智能化碳纤雨水收集模块系统是多年可持续城市雨水管理背景基础下，吸收国外先进技术经验，进行研发、优化、创新雨水收集技术，应用智慧海绵城市系统，致力于雨水的高效收集与利用，运用自然生态海绵的绿色设施方式去还原城市的生态海绵系统，具有较强的推广价值。

2 术 语

2.0.1 智能化碳纤雨水收集模块系统 intelligent carbon fiber rainwater-harvesting module system

由碳纤雨水收集模块、雨水净化导流装置、排气装置及数据传输装置、信息化平台软件功能系统组合而成。一种基于智能化碳纤雨水收集模块的海绵城市水系统，其包括若干个雨水收集单元以及用于管理雨水收集单元的服务器，所述的雨水收集单元包括，用于收集存储雨水的碳纤雨水收集模块，以及至少一个用于将地表雨水导入碳纤雨水收集模块的雨水净化导流装置，以及用于将雨水收集单元的信息发送至服务器的数据传输装置。本系统可以将碳纤雨水收集模块工作数据实时传输至服务器，服务器上将城市中所有的碳纤雨水收集模块的信息进行汇总、统计，水务人员或相关人员可以通过信息终端查看海面城市的运行状态，评估运行效果，及时调整相关的施工建设，及时调整碳纤雨水收集模块的容量。

2.0.5 年径流总量控制率 volume capture ratio of annual rainfall

雨水年径流总量控制率是海绵城市建设的核心评价指标。中小降雨事件发生的频率高，累计降雨量占年均总降雨量的比例大，带来一定的雨水径流冲击和大量的污染负荷。雨水年径流总量控制率指标能体现对大量中小降雨事件的控制水平，对维系生态本底水文特征的原真性，实现海绵城市建设的综合目标具有重要意义。

2.0.14 城市热岛效应 urban heat island effect

城市建设通过增加可渗透地面与自然植被、修复水文循环、增加生态基流，对缓解城市热岛效应有重要作用。

3 基本规定

3.0.2 面对着城市化带来的各种负面影响日益加剧，基于削减城市雨洪的“海绵城市”建设理念应运而生。“海绵城市”这种绿色建设理念来源于国际上低影响开发（LID）理念。这些设计理念的基本思路就是从源头控制雨水径流，技术方法包括：

- 1 保护性设计。减小不透水地面，增加绿地等透水地面；
- 2 渗透。通过碳纤雨水收集模块、透水路面、渗水沟、绿地等渗透设施，增加雨水下渗通道；
- 3 径流贮存。修建蓄水池、池塘等调蓄洪峰；
- 4 过滤与雨水利用。通过滤料或多孔介质将雨水径流中的悬浮物质截留，将净化后的雨水作为再生水水源利用；
- 5 生物滞留。通过树木、草坪滞留沟等措施降低雨水径流的汇流速度，推迟洪峰；
- 6 低影响景观。根据当地气候和土壤条件，选择合适的植物种类，稳定土壤，提高雨水下渗能力。

我国城市人口密度大，建筑密度大，城市用地紧张，经济财力有限，不宜建设大规模的蓄水池、雨水利用设施和大规模绿地，而应充分发挥有限的绿地的蓄渗能力。我国的“海绵城市”建设的起步相较国外稍晚，并且我国城市面临洪涝灾害和水资源紧缺的挑战范围更大更广，需要通过整体、综合的合理规划，制定多目标、多范围的利用方式，而非单一目标的或工程的利用方式。

首先，因地制宜是建设海绵城市的核心，要保证海绵工程与城市管道的和谐性和衔接性。其次，渗滤系统是海绵城市建设的关键，要解决大雨天的内涝积水，在设计中应着重考虑绿地土壤渗透性及雨水口、渗井、渗管、渗滤系统等绿色基础设施的排泥和堵塞的问题。再次，粗放式施工是海绵城市建设的大忌，其需要精细化施工从而降低后期维护的成本，施工过程中在材料、方案、质量等方面须严格按照设计规划进行，否则就可能前功尽弃。另外，管养维护是海绵城市建设的保障，如透水材料、排泥设施、淤泥清理、植物修护和管养等后期使用中的运维也是需要考虑的问题。最后，全生命周期的投资是海绵城市建设的根本，海绵城市的初衷在于利用自然生态的力量对城市水系统进行管理，其系统的建设成本要比其他工程低许多，因此不能因盲目节省成本而制造“面子工程”，要考虑到系统的周期性使用。

2017年，《全国城市市政基础设施规划建设“十三五”规划》正式发布，其中关于“海绵城市”建设方面提出：全面治城市黑臭水体，建立城市排水防涝工程，加快推进海绵城市建设，实现城市建设模型转型。“海绵城市”建设的目标是：在到2020年，城市建成区20%以上的面积要达到将70%的降雨就地消纳和利用这个要求；到2030年，城市建成区80%以上的面积达到目标要求。

4 系统组成及主体材料

4.1 智能化碳纤雨水收集模块系统

4.1.1 智能化碳纤雨水收集模块系统5年内已经过国内众多应用案例的支撑，在实际应用中体现了优秀的雨水调蓄能力和雨水收集利用能力，其技术是成熟可靠的，智能化碳纤雨水收集模块系统获得6项国家专利。

4.2 碳纤雨水收集模块

4.2.2 重金属以元素总量计；其他重金属指标不得高于《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》表 1 最低值。

表 1 农用地土壤污染风险筛选值（基本项目）

单位：mg/kg

序号	污染物项目 ^{①②}		风险筛选值			
			pH≤5.5	5.5<pH≤6.5	6.5<pH≤7.5	pH>7.5
1	镉	水田	0.3	0.4	0.6	0.8
		其他	0.3	0.3	0.3	0.6
2	汞	水田	0.5	0.5	0.6	1.0
		其他	1.3	1.8	2.4	3.4
3	砷	水田	30	30	25	20
		其他	40	40	30	25
4	铅	水田	80	100	140	240
		其他	70	90	120	170
5	铬	水田	250	250	300	350
		其他	150	150	200	250
6	铜	果园	150	150	200	200
		其他	50	50	100	100
7	镍		60	70	100	190
8	锌		200	200	250	300
注：①重金属和类金属砷均按元素总量计。 ②对于水旱轮作地，采用其中较严格的风险筛选值。						

4.2.3 高强力耐酸碱滤透表层包裹布化学性能和抗冻融性能说明：

1 高强力耐酸碱滤透表层包裹布化学性能主要体现为耐酸碱性；耐酸碱性检测实验试液参照《土工布及其有关产品 抗酸、碱液性能的试验方法》4.2 试液。

4.2 试液

使用两种类型的液体：

a) 无机酸：0.025 mol/L 的硫酸；

国家质量技术监督局 1998-12-24 批准

1999-03-01 实施

b) 无机碱:氢氧化钙 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 饱和悬浮液,例如可用约 2.5 g/L 的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

应使用化学纯的试剂,试验用水为 3 级水。

注:在浸渍试验期间,应保持媒介的组成不变。在有效元素浓度降低,或者相态体系发生变化的情况下,按常规方法调节浓度或更换液体。

2 高强度耐酸碱滤透表层包裹布抗冻融性能项中第 1-3 项“断裂强力保持率”、“断裂伸长率保持率”、“撕破强力保持率”是三个不同指标,代表不同的意义。“断裂伸长率保持率”即断裂强度,是单位宽度试样在拉伸至断裂过程中能够承受的最大拉力,单位为千牛每米(kN/m);断裂伸长率保持率即断裂伸长率,是试样拉伸至断裂时的应变,以%表示;撕破强力保持率即梯形撕破强力,是试样沿规定的切缝逐渐扩展裂口至整个试样全部破坏过程中出现的最大撕破力,单位为千牛(kN)。

4.3 雨水净化导流装置

4.3.1 雨水净化导流装置是降雨产生的雨水径流导流至模块内的通道,由固体悬浮物去除层、活性生物过滤填料除磷脱氮层、雨水净化导流孔组成,应具有良好的净化功能。

4.3.2 活性生物过滤填料除磷型活性生物滤料应呈现多孔网状结构,具有更大的比表面积;通过添加特种纳米活性成份,磷活性吸附点位更多,并缓慢释放功能性离子,与磷充分结合生成无害的磷酸盐沉淀;可有效去除污水中的磷元素,去除率可达95%以上。

4.3.3 除磷型活性生物填料的除磷过程应具备吸附、反应及沉降三个阶段。

1 吸附阶段为水中溶解性磷酸盐类,包括正磷酸盐、偏磷酸盐以及磷酸氢盐等,在毛细作用下进入填料孔隙,填料中活性物质将各种形式的磷酸盐吸附固定在孔隙表面;

2 反应阶段为聚集在孔隙表面的磷酸盐类物质与填料所含活性物质结合并发生化学反应,将磷酸盐等锁定于滤料物质中;

3 沉淀阶段为随着反应进行,成团固体颗粒在外力(重力、冲刷等)作用下从填料表面脱落,填料表面活化点重新裸露,继续进行吸附-反应-沉降循环。由于本身仅有少量物质参与反应,所产污泥量可忽略不计,且滤料可长期保持活性。

4.3.4 活性生物过滤填料脱氮型生物滤料,应通过化学沉淀、吸附等一系列物理/化学作用,微生物生化反应,持续去除污水的氨氮。

1 离子交换应为滤料晶格中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子与污水中的 NH_4^+ 离子发生共沉淀作用,生成不溶性盐类并附着于滤料表面。该滤料对 NH_4^+ 离子的交换容量可达6-8mg/g以上。

2 吸附作用应为滤料内部有大量大小均匀的孔穴和通道,并具有很大的内表面积(800m²/g 以上),因而产生较大的扩散力,可用作氨氮吸附材料。且内部孔穴直径一般为8~15×10⁻¹⁰m,孔道为4~10×10⁻¹⁰m, NH_4^+ 离子直径为2.86×10⁻¹⁰m,因此该滤料对 NH_4^+ 离子具有很好的选择吸附性。

3 微生物作用应在有氧条件下微生物将氨氮氧化为硝态氮，硝态氮再经过后期反硝化作用转化为氮气，完成氨氮处理，且能通过硝化作用产生的H⁺溶解滤料中的钙离子，达到同时去除总磷之效果。

4.6 软件系统

4.6.2 智能系统作为智能化碳纤雨水收集模块建成后的监管系统，主要目的有如下四点：

1 改进海绵城市建设与运维监管方式，通过城市雨水资源体系状态与数据采集机制，包括海绵城市建设项目的模型化分析，雨水径流数据、水质数据等指标参数的动态化采集，以及雨水在城市区域的积存、渗透和净化的数字化感知，实现城市雨水资源体系的建模、统计、收集和利用过程的数字化动态监测，实现地表水污染源和指标的实时监测。

2 通过一体化的业务监管平台，对海绵城市的建设、管理和运维的业务监管提供技术支撑，在全面数据感知的基础上，为宏观层面的指挥协调、服务监管、异常预警和辅助决策提供过程数字化、管理可视化、决策数据化的能力，并提供城市雨水资源数据共享能力，统筹和促进自然降水、地表水和地下水的系统性，协调给水、排水等水循环利用各环节。

3 将相关海绵城市信息化建设内容全面补充到城市综合管理平台中。从基础架构、数据信息、接口中间件、物联网络，以及功能应用的不同层面进行集成。做到数据结构标准化，方便与城市综合管理信息平台的数据形成综合性城市管理大数据。将接口标准和平台融合中间件的标准与城市综合管理平台标准相互统一，实现数据共享。

4 与城市信息模型（CIM），以及国土空间基础信息平台进程深度融合。扩展完善实时监控、模拟仿真、事故预警、管理决策等功能。根据各相关部门的业务需求，在省级统建、分级部署的共享应用系统基础上，统筹进行项目共享应用系统二次开发，满足设施规划、项目建设、运行服务、应急防灾等功能。

4.6.5 智能系统平台监测方法应符合以下要求：

1 在线传感器法应通过布置各类监测感知设备（水位、流量、水质及视频）并整合已有水雨情监测系统，建立全面的水务感知体系，实现对各类水务设施的实时在线监测，海绵城市监测指标体系应符合表 1 要求；

2 数据接入法应对已有的气象、水文、污水处理厂等监测数据进行接入，避免重复建设；

3 视频监控法应对于各河道、污水厂、调蓄池、排污口、积水隐患位置、湖泊、人工湿地、重点部位等视频监控设备自动采集的信息，通过采用自建光纤或移动4G的方式将数据上传至监控中心；

4 APP人工填报法应对部分非传感器覆盖的区域，采用手持终端人工填报的方式。如人工水质采样数据、积水位置监测未覆盖区域、基础信息采集等工作内容；

5 模型模拟法应通过部分监测数据对所建立的模型率定验证，保证模型可靠性后进行实测降雨数据的模拟分析，以达到非布点区域管网运行情况的分析。

表 1 海绵城市监测指标体系

序号	监测节点	监测指标
1	降雨	雨量
2	净化设施	水位、SS (COD、氨氮)
3	蓄水设施	水位、SS (COD、氨氮)
4	处理设施	水位、SS (COD、氨氮)
5	回收设施	水位、COD、氨氮、SS、流量
6	排水设施	水位、COD、氨氮、SS、流量、压力
7	遥感影像	卫星影像、无人机采集正射影像、倾斜模型
8	摄像头	实时监控视频

5 设计

5.3 设计节点

5.3.1 路面及铺装雨水收集节点应满足以下要求：

1 雨水净化导流装置及排气装置结合应用方案

通常小雨和中雨的情况下，雨水可以通过植物根系传导到距离植物根系100mm下方的智能化碳纤雨水收集模块，急骤雨的情况下，土壤的渗透时间有限，地表同样会形成一定时间的积水，这种情况下，利用发明的雨水净化导流装置可迅速将雨水导流到智能化碳纤雨水收集模块内，同时智能化碳纤雨水收集模块内的空气排出

2 与下沉式绿地结合应用方案，下沉式绿地形式为普遍的海绵城市建设做法，该做法存在两大痛点：

1) 下沉式绿地内植物难以存活，每年都需要重新栽植植物，其原因为植物休眠后复苏阶段，根系需要在土壤中吸收水分，下沉式绿地形式的结构为一层土壤一层碎石和土壤，碎石层孔隙较大，将下方的土壤水分隔离，复苏期的植物得不到土壤水分而枯萎，智能化碳纤雨水收集模块可以连接传导上下土壤水分，供给植物根系；

2) 下沉式绿地收集雨水，经过一段时间会出现黑臭水、蚊虫滋生、环境污染等问题，重点是收集到的雨水利用率极低，不能满足规范要求，采用智能化碳纤雨水收集模块代替碎石层，可以将收集的雨水迅速释放给下方土壤，回补地下水，得以利用。

3 与开孔路缘石结合应用方案，道路缘石开孔，结合雨水排气装置，降雨时通过开孔路缘石孔洞将路面雨水快速收集到智能化碳纤雨水收集模块当中，减少路面积水，晴天时智能化碳纤雨水收集模块当中的水分补给植物生长。

4 与雨水井结合应用方案，系统可通过雨水井，将雨水迅速的导入智能化碳纤雨水收集模块内，在雨水井内市政排管的下方设置管路通到模块，小雨和中雨的情况下，雨水会不断的导入智能化碳纤雨水收集模块内，同时海绵块也将收集的雨水不断的释放给土壤；急骤雨的情况下，大部分雨水被海绵块吸收，海绵块饱和后，多余的雨水在雨水井中通过水位上升经过市政管道排出

5 与绿色屋面结合应用方案，绿色屋面是最直接有效的屋面雨水收集利用方案，传统绿色屋面的做法，屋面覆土厚度300mm--900mm,加上水分的重量，需要考虑到屋面结构荷载问题，风吹日晒水分流失速度快，浇灌频率高；采用智能化碳纤雨水收集模块技术的绿植屋面，结构简单、轻质、安全，40mm厚度可按照草坪植物需水量4升/天，可满足12天不下雨不需要浇灌，显著降低浇灌频率和提高植物存活率。同时我们的模块还具有保温、降低建筑热度、吸收噪音的作用。这也是未来4.0建筑屋面垂直种植最有效的方案之一。

6 与立体种植结合应用方案，立体种植的植物需要频繁的浇灌，浇灌水在坡上瞬间停留后流淌到坡下，出现极大水资源浪费现象，同时也需要大量的人工成本；采用智能化碳纤雨水收集模块技术的立体种植，灌入式将水灌到植物根系下方100mm处的智能化碳纤雨水收集模块内，为了防止模块水分向下方土壤分散，模块下方设置开孔20%的防水土工布，

达到大量水分供给植物的目的，通过模块容水量和植物需水量，计算出多少天的浇灌频率，同时下雨时的雨水通过坡底处收集回模块内。

6 施工

6.1 土方开挖

6.1.1 工程开工前，施工单位应根据合同文件、相关单位提供的施工界域内地下管线等建（构）筑物资料，工程水文地质资料等踏勘施工现场，依据工程特点编制专项施工方案，并按其管理程序进行审批。

6.1.2 施工前应由建设单位组织设计单位会同勘察、测量单位向监理及施工单位交接，根据设计图纸的要求，复测各主要控制点，包括平面位置、开挖深度等。根据设计标高和设计宽度精确地放出样桩，用模线放出边线。

6.1.3 为了防止沟槽底部有突出坚硬物刺穿碳纤雨水收集模块，影响其使用寿命，本条规定了在沟槽开挖至设计标高后，要进行人工清槽、素土夯实、铺设50mm厚细砂等相关工序，合格后方可进行下道工序施工。

6.2 模块安装

6.2.1 智能化碳纤雨水收集模块抗压特性与其受力面存在一定的物理关系，本条规定铺设时，应由厂家提供模块铺设方向，施工单位应按照模块箭头标志方向铺设，严禁倒置或按照非箭头标志的其他方向放置模块。

6.2.2 智能化碳纤雨水收集模块与智能化碳纤雨水收集模块、土壤之间是通过毛细效应进行的水运动，受力特性为面受力，点受力可能会对其造成一定的破坏，本条规定了铺设时，模块与模块之间需完全接触，严禁踩踏或挤压模块。

7 质量验收

7.2 主控项目

7.2.1 碳纤雨水收集模块系统应满足以下规定：

1 酸度系数是产品化学稳定性的重要技术指标：酸度系数越高，钾钠离子越低，化学稳定性越好，使用寿命越长，智能化碳纤雨水收集模块的酸度系数 ≥ 2 的同时，钾离子+钠离子含量 $\leq 4\%$ ，能够保证模块在潮湿土壤中也具备稳定的使用性能和长期的使用寿命。

2 抗冻融性能：海绵块在冻层处埋设，必须考虑材料的耐冻融性能，智能化碳纤雨水收集模块普通型产品经过25次 -25°C 冻融测试后，测试结果为抗压强度 $> 50\text{kPa}$ ，体积吸水率 $> 80\%$ 。

3 表层包裹材料：耐酸碱性能是包裹材料耐候性和使用寿命的重要衡量指标。目前市场上通用的短纤维，耐酸碱性能不稳定的包裹布材料，埋设土壤中易破碎、腐烂，使用寿命短，甚至会堵塞海绵块的蜂孔，降低产品使用性能。天吴模块外包裹材料采用进口长纤维、高强度耐酸碱滤透表层布，从而提高了产品的耐候性，保证和延长了模块的使用寿命。