

超百年一遇强降雨对厦门岛沙滩影响研究

翁宇斌, 杨顺良, 赵东波

(福建海洋研究所福建省海岛与海岸带管理技术研究重点实验室 厦门 361013)

摘要:2018年5月7日厦门岛遭遇了超百年一遇的强降雨,对岸滩造成了严重影响。文章采用现场测量、无人机航拍等方法,通过对冲刷岸滩进行现场调查与测量,发现厦门岛东南部10.78km的滨海沙滩岸段,共有10个岸段的沙滩发生明显冲刷,受损岸线总长度为6.1km(占比57%),形成了28条冲刷沟,沙滩遭受的侵蚀面积为20 286m²,冲刷量超过4万m³。分析其原因,主要是海岸带开发利用时,不透水面增多且具有一定的坡度,加之后方陆域地下排洪管涵排水,当短期强降雨发生时,局部地形集中汇水后急速冲向海岸,导致海岸侵蚀垮塌和后退,沙滩冲刷成沟而流失大量海砂。针对不同沙滩的冲刷程度与影响机制,提出了相应的整治修复方案,可为今后沙滩维护保养提供参考。

关键词:海洋地质学;滨海沙滩;特大暴雨;侵蚀流失;沙滩修复

中图分类号:P737.1

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2022)01-0082-06

Study on the Impact of Super Heavy Rainfall on the Beach of Xiamen Island

WENG Yubin, YANG Shunliang, ZHAO Dongbo

(Fujian Institute of Oceanography, Fujian Provincial Key Laboratory of Coast and Island Management Technology Study, Xiamen 361013, China)

Abstract: On May 7, 2018, Xiamen Island was hit by extraordinary rainstorm (once in more than 100 years), which had a serious impact on the beaches in the southeast of the island. In this study, RTK GPS, leather ruler, ruler, drone and other equipment were used to investigate and estimate the degree of damage. A total of 10 shore sections including 22 beaches were washed out along the 10.78 kilometers beach in the southeast of Xiamen Island. The total length of the damaged shore line was 6.1 kilometers, accounting for 57% of the investigated beach. A total of 28 gullies were found and the damaged area was estimated to be 20,286 m². This extraordinary rainstorm was estimated to result in more than 40,000 m³ sand being carried away. The damage could be due to the pavement of impermeable surface along the coastal zone which formed strong surface runoff on the sloping terrain when the extraordinary rainstorm occurred. The current was strong enough to erode the sand and stone steps and lawn, and even form gully. Based on the de-

收稿日期:2021-03-22;修订日期:2021-12-09

基金项目:福建省科技厅科技计划项目“厦门岸滩稳定性及岸滩修复成效研究”(2016R1006-1)。

作者简介:翁宇斌,副研究员,研究方向为海洋地质、海岛海岸带管理

gree of damage and damage cause of individual beach, several remediation and restoration plans were suggested to recovery the beach. This study can provide some references for the future beach maintenance.

Keywords: Marine geology, Coastal beach, Super heavy rain, Erosion loss, Beach restoration

0 引言

沙滩是宝贵的自然资源,不仅具有消解波浪对海岸冲击,减轻海岸侵蚀等天然防护作用,还具有滨海旅游休闲的娱乐功能,也是沿海生物栖息和繁衍的重要生境,是海岸带生态系统的前沿阵地^[1-2]。沙滩的侵蚀则是目前地球科学研究的热点之一。目前,在针对沙滩侵蚀的研究中,重点是放在潮汐和波浪作用下沙滩发生的冲淤变化,对于极端气候的影响,也都是聚焦在台风及风暴潮对滩面造成的影响。而2018年5月7日,厦门岛内东南部百年一遇的暴雨给沙滩造成极大的影响,多处沙滩出现严重的冲刷,其破坏程度不亚于台风对厦门沙滩造成的影响。本研究旨在通过分析暴雨对厦门沙滩影响的程度,探究沙滩冲刷原因,在此基础上,提出受损沙滩的整治修复建议,供相关管理部门参考,为后期采取相应的防范措施,减少或者避免极端暴雨对沙滩的破坏。

1 研究区概况

厦门岛位于福建省南部沿海,海岛面积134.8 km²,海岸线长度74.8 km^[3]。厦门岛的砂质海岸主要分布在东部和东南部,是宝贵的滨海旅游资源^[2]。为更好地保护利用该区域滨海沙滩,厦门市投入大量资金对海岸带雨水管网、植被绿化、沙滩修复养护、入海排洪管涵等进行改建,取得了显著的效果^[4-8],吸引大量国内外游客,滨海旅游已成为厦门旅游的一张靓丽名片。

厦门属于亚热带海洋季风气候,冬半年盛行NE—ENE风,风速较大,月平均风速3.5~4.2 m/s;夏半年以SE和S风为主,风速一般较小,月平均风速2.9~3.1 m/s。年主要风向为NE,频率为15%^[9]。气候温和多雨,每年5—8月雨量最多。一般在5月上旬中期,厦门开始进入梅雨季,其间易遭连续性暴雨侵袭^[10]。

2 研究方法

2.1 暴雨资料收集

2018年5月7日,厦门遭遇历史罕见的局地强降雨。5月7日08时至8日08时1天之内,全市的平均降雨量为62.8 mm,达到暴雨级别,但降雨量的空间分布并不均匀,呈现从沿海向内陆快速递减的趋势,不同于厦门市全年降水量的分布特征。思明区的平均降雨量为179.6 mm,达到大暴雨级别,而湖里区平均降雨量仅为60.9 mm。全市有13个街道出现了100 mm以上的累计降水量,有8个在思明区。思明区滨海街道科技中学连续2小时降雨强度均达100 mm以上,小时降雨强度最大107.5 mm,3小时累积雨量274 mm,24小时累积雨量320 mm,3个值均刷新了厦门气象水文观测记录的小时降雨强度,3小时、24小时累积雨量极值^[11]。其中,东渡监测站最强3小时降水量、最强1小时降水量分别是该站历史极值的2.5倍和1.2倍,均超百年一遇降水强度等级。由于受厦门岛东南部东坪山地形的影响,短时强降雨无法快速渗入土壤而被消纳,则很快形成地表径流而朝沙滩低洼地区下泄,水流强烈冲刷,导致沙滩滩面严重变形,海砂流失,影响滨海沙滩的环境与功能。

2.2 现场测量计算

厦门岛东南部滨海沙滩从厦门大学白城至“一国两制”标语牌岸段全长10.78 km,通过中海达V60型RTKGPS、皮尺、标尺、现场拍照与无人机航拍等手段对受损沙滩进行测量记录,主要测量沙滩冲沟上部、中部及下部的宽度、深度,综合计算得出冲沟宽度和深度的平均值,再结合冲沟长度统计沙滩冲刷量。

3 结果与讨论

3.1 岸滩损毁总体情况

本次特大暴雨对厦门岛东南部滨海沙滩的影响主要集中在厦门大学白城至“一国两制”标语牌

岸段的 10 个岸段。岸线全长 10.78 km, 受损沙滩共形成冲刷沟 28 条, 受损岸滩累计长度为 6.1 km, 沙滩侵蚀流失的面积为 21 166 m², 因暴雨导致的沙滩流失量超过了 4 万 m³。受损最严重的为黄厝玩月坡沙滩, 受损岸滩宽度最大, 为 115 m, 冲刷面积最大, 达到了 5 980 m², 沙滩侵蚀流失最多, 达到了 17 940 m³。冲刷深度最深的出现在亚洲海湾酒店东北侧沙滩, 平均深度 3.0 m, 最深处达到了 4.9 m。冲刷长度最长的为“一国两制”标语牌南侧沙滩, 长度达到了 100 m。冲刷面积超过 1 000 m² 的有 6 处, 冲刷量超过 1 000 m³ 的有 8 处(表 1)。

表 1 厦门岛东南部沙滩 28 处冲沟位置与受损情况

序号	沙滩受损位置	冲沟大小(长 ×宽×深)/m	冲刷面积 /m ²	冲刷量 /m ³
1	白城公交站沙滩	55×10×1.5	550	825
2	白城救生站沙滩	75×18×1.5	1 350	2 025
3	胡里山炮台沙滩 1	20×50×1.6	1 000	1 600
4	胡里山炮台沙滩 2	15×8×0.8	120	96
5	胡里山炮台沙滩 3	15×16×0.6	240	144
6	胡里山炮台沙滩 4	8×25×0.9	200	180
7	珍珠湾木栈道沙滩 1	30×10×1.2	300	360
8	珍珠湾木栈道沙滩 2	30×8×1.2	240	288
9	珍珠湾木栈道沙滩 3	30×8×1.2	240	288
10	珍珠湾木栈道沙滩 4	30×5×1.2	150	180
11	珍珠湾木栈道沙滩 5	30×7×1.2	210	252
12	36#管涵及周边沙滩 1	40×9×2	360	720
13	36#管涵及周边沙滩 2	40×9×2	360	720
14	38#管涵及周边沙滩	40×40×1.5	1 600	2 400
15	亚洲海湾酒店东北侧沙滩 1	30×40×3.0	1 200	3 600
16	亚洲海湾酒店东北侧沙滩 2	25×8×1.5	200	300
17	海韵台南养护通道沙滩	35×8×1.0	280	280
18	海韵台沙滩 1	10×15×1.5	150	225
19	海韵台沙滩 2	30×11×2.0	330	660
20	海韵台沙滩 3	17×8×1.0	136	136
21	黄厝玩月坡沙滩	52×115×3.0	5 980	17 940
22	黄厝 40#管涵东侧沙滩	30×30×1.4	900	1 260
23	黄厝 1 号公厕西 300 m 沙滩	60×9×1.5	540	810
24	黄厝 1 号公厕沙滩	65×10×1.5	650	975
25	椰风寨便民服务站沙滩 1	60×3×0.6	180	108
26	椰风寨便民服务站沙滩 2	60×10×1	600	600
27	“一国两制”标语牌南侧沙滩	100×22×2.0	2 200	4 400
28	会展南侧沙滩	60×15×2.0	900	1 800

本研究根据受损岸段及其后方陆域地形、汇水范围、排水条件与开发利用现状等各种因素, 综合选取了 5 个岸段分别分析其受损情况及受损成因。

3.1.1 胡里山炮台沙滩

该处沙滩位于胡里山炮台南侧, 长度共 340 m, 滩面宽度约 30 m。沙滩后方原为一处荒地, 后经政府规划建设为停车场, 原本土质的荒地基本上都改为硬质的水泥地面。停车场向海一面有围墙, 在围墙东西两侧分别各预留了 1 处宽度约 5 m 的行人出入口, 场地自陆向海坡度为 4°。在暴雨发生时, 雨水均汇集在停车场内, 顺硬化路面而下, 于两侧出口排出, 导致沙滩冲刷, 形成 4 处冲沟(图 1)。

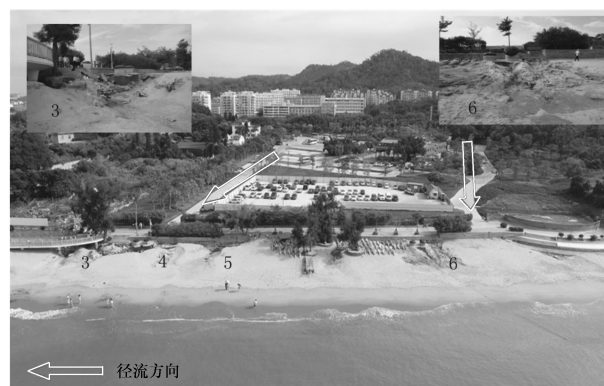


图 1 胡里山炮台沙滩损毁全貌

3.1.2 亚洲海湾酒店东北侧沙滩

该处受损沙滩位于亚洲海湾酒店东北侧 150 m 处。沙滩受损情况主要为: 环岛栈桥下沙滩冲刷形成冲沟 1 处、北侧平台外侧形成冲沟 1 处。其中: 环岛栈桥下沙滩受损长度为 30 m, 形成的冲刷沟宽度为 40 m, 平均冲刷深度为 3.0 m, 冲刷最大深度为 4.9 m, 冲刷面积为 1 200 m², 冲刷量为 3 600 m³; 平台外侧受损略轻, 沙滩受损长度为 25 m, 形成的冲刷沟宽度为 8 m, 平均冲刷深度为 1.5 m, 冲刷最大深度为 2.3 m, 冲刷面积为 200 m², 冲刷量为 300 m³。根据现场调查, 环岛栈桥下受损沙滩后方为一自然地势形成的小排洪沟渠, 沟内有一管径约 0.4 m 的排洪管涵。来自环岛路内道雨水, 叠加排洪沟内的排洪管涵来水, 汇合后冲向海边。直接作用于沙滩挡土墙, 导致挡土墙垮塌, 沙滩被冲刷。平台外侧由于暴雨形成的地表水流汇集在硬质平

台,过水断面的面积较大,水于平台处分散流出,形成的冲刷力较分散,因此冲刷程度较轻(图2)。



图2 亚洲海湾酒店东北侧沙滩损毁全貌

3.1.3 海韵台沙滩

该处受损沙滩位于海韵台东侧海滩,受损沙滩冲刷形成冲沟3处,总受损长度为57 m。其中中部受损最严重,沙滩受损长度为30 m,形成的冲刷沟宽度为11 m,冲刷平均深度为2.0 m,最大深度为2.4 m,冲刷面积为330 m²,冲刷量为660 m³。根据调查,在受损沙滩后方有一个2016年新建的水泥观景平台,该区地势特征以环岛路最高,顺草坡而下至水泥平台最低。当暴雨发生时,环岛路上的积水顺坡而下,同时雨水也均往此低洼处汇集,当积水漫过水泥平台向海一侧排放时,水泥平台靠近草坪处修建了2座花坛,把平台分割形成2处狭窄的出入口。水流经过出入口时,流速加快,导致观景平台外侧沙滩被冲刷流失。由于平台修建在沙滩上,下方硬化地基只有0.15 m,当平台下方沙子被流水冲走后,平台石阶失去支撑而出现垮塌(图3)。



图3 海韵台沙滩损毁全貌

3.1.4 黄厝玩月坡沙滩

该处受损沙滩位于黄厝玩月坡海滩受损情况主要为:沙滩滩面冲刷严重;沙滩后方草坪垮塌,部分路基受损。形成的冲刷沟宽度为115 m,冲刷最大深度4.6 m,冲刷面积为5 980 m²,冲刷量为17 940 m³。该处沙滩紧邻环岛路的路肩,沙滩下方有4根大的排洪涵管。以排洪涵管为中心,向两侧各有约55 m的草坪及路基垮塌。从地形上看,道路护坡占据滩肩,高潮时潮水能直接作用到路基挡土墙。在暴雨形成的地表径流冲刷下容易形成滑坡。该岸段两侧汇水至中部较低洼路段,顺坡流向沙滩,水流冲毁地表草皮及素填土(30 cm厚)的同时,下覆沙子受到回流水流的冲刷进一步加剧了岸坡的损毁(图4)。

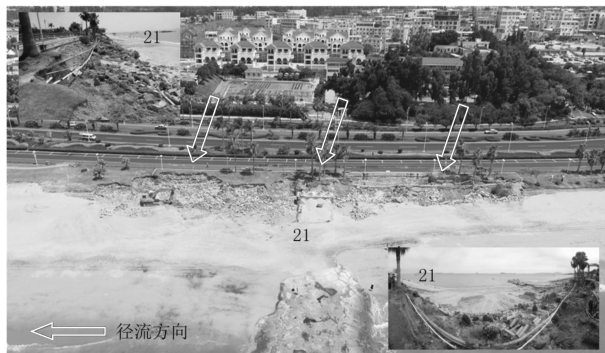


图4 黄厝玩月坡沙滩损毁全貌

3.1.5 “一国两制”标语牌南侧沙滩

该处受损沙滩位于“一国两制”标语牌南侧海滩,受损沙滩共有1处。沙滩滩面冲刷严重,形成宽度达22 m的冲刷沟,冲刷面积为2 200 m²,冲刷量为4 400 m³(图5)。根据现场调查分析,该处冲沟形成并不是由于本次暴雨才形成的,应该一直都存在,只是由于之前水量较小,导致冲沟不明显。在环岛路向陆一侧原为垃圾填埋场,初步判断其排洪水沟可能为垃圾填埋场下渗的雨水通过环岛路下的隐蔽工程,下穿环岛路之后,直接排放到沙滩上,造成沙滩长期冲刷。

3.2 沙滩侵蚀原因分析

胡里山炮台沙滩。受损情况:形成4处冲沟,沙滩的受损长度为58 m,冲刷面积1 560 m²,冲刷量2 020 m³;近岸市政设施损毁2处,石阶被冲毁



图5 “一国两制”标语牌南侧沙滩损毁全貌

1处。侵蚀原因:短时强降雨,城市排水系统无法及时消纳,地表不透水面增加,形成地表积水从陆向海排放,导致沙滩冲刷。

亚洲海湾酒店东北侧沙滩。受损情况:形成2处冲沟,受损长度共55 m,宽度最大40 m,冲沟深度最大4.9 m,冲刷面积为1 400 m²,冲刷量为3 900 m³;栈桥下石质护岸垮塌。侵蚀原因:①短时强降雨,城市排水系统无法及时消纳,地表不透水面增加,形成地表积水从陆向海排放,导致沙滩冲刷;②短时强降雨,陆域排洪管涵未铺设至深海排放,而是在沙滩后方陆域直排,导致沙滩冲刷。

海韵台沙滩。受损情况:沙滩受损3处,受损长度57 m,最大受损宽度15 m,冲沟最大深度2.0 m,冲刷面积为616 m²,冲刷量为1 021 m³;石阶垮塌2处。侵蚀原因:短时强降雨,城市排水系统无法及时消纳,地表不透水面增加,形成地表积水从陆向海排放,导致沙滩冲刷。

黄厝玩月坡沙滩。受损情况:沙滩受损长度为52 m,冲沟宽度为115 m,冲沟最大深度4.6 m,冲刷面积为5 980 m²,冲刷量为17 940 m³;路基垮塌滑坡,排洪管涵出露。侵蚀原因:①短时强降雨,城市排水系统无法及时消纳,地表不透水面增加,形成地表积水从陆向海排放,导致沙滩冲刷;②道路护坡占据滩肩,海浪直接作用到路基挡土墙,加剧了岸坡的损毁。

“一国两制”标语牌南侧沙滩。受损情况:沙滩滩面冲刷严重,形成长度达100 m的冲刷沟,冲沟宽度22 m,冲沟最大深度2.0 m,冲刷面积为2 200 m²,冲刷量为4 400 m³。侵蚀原因:修建环岛

路时埋设的排洪管涵,该管涵未铺设至深海排放,长期排放,导致沙滩冲刷。

依据前文所述,造成本次厦门岛东南部沙滩遭受暴雨冲刷侵蚀的原因主要有3个。①城市发展改变了原来的生态环境,地面硬化后丧失了天然的雨水蓄水功能,使得原本可以渗透的雨水被集中快速排放,导致雨水径流量增大^[12]。加之厦门岛东南部区域与中部区域被东坪山所隔,东南部地势自山向海逐渐降低,沙滩所在位置为地势最低处,因此,当遇上强降雨,城市排水系统无法及时消纳,造成地表积水,雨水直接排海对沙滩形成冲刷,该原因是本次沙滩冲刷侵蚀的最主要的原因。②因陆域后方排洪管涵管理及维护不善,导致排洪管涵未铺设至深海排放,而是直接在沙滩后方陆域直排,导致沙滩被冲刷。③城市设施直接占滩,高潮时,波浪可直接作用至该设施,在暴雨冲刷的同时,波浪也作用于该岸段,导致岸段冲刷加剧,造成更严重的破坏。

3.3 暴雨后沙滩修复

3.3.1 修复措施

在本次沙滩遭受暴雨冲刷后,根据本研究的调查结果,政府及时采取了修复措施,投入修复金额约350万元,补沙量约29 970 m³。其具体修复方案如下:①损毁程度较轻的17处:不补沙,只进行人工加机械作业进行修复,消除安全隐患。②涉及沙滩后方(市政绿化+挡墙)整体滑坡:首先进行人工加机械作业进行修复,消除安全隐患;其次在后方挡墙修复完成后,进行补沙作业,补沙量约17 220 m³。③有暗埋管排水冲刷沙滩:首先进行人工加机械作业进行修复,先消除安全隐患;其次对沙滩进行补沙作业,补沙量约12 750 m³。

3.3.2 修复成效

为了掌握厦门岛东南部沙滩的冲淤变化情况,当地海洋主管部门在该段沙滩布设有长期的固定观测剖面,本研究收集了位于本次冲刷岸段的部分剖面资料(厦大白城、珍珠湾、海韵台、黄厝),通过对这些剖面暴雨前及修复后的沙滩剖面形态进行对比,可以判断本次沙滩修复成效。根据对比,通过采取的修复措施,冲刷的沙滩基本上恢复到了暴

雨冲刷前的滩面形态,甚至海韵台沙滩修复后比之前的滩面高程更高,修复基本达到了预期目标。

4 讨论

本次暴雨后,政府采取的沙滩修复措施虽及时有效,但仍属于治标不治本,仅仅是对沙滩侵蚀部分做了面上的修复,但对于造成沙滩冲刷的“罪魁祸首”却没有从根源上解决问题。虽然厦门岛东南部海滩已经修建了多个地下排洪管涵,排洪管涵经过延伸改造,极大改善了海滩后方城镇的排洪需求,相比之前,沙滩遭受洪水侵袭的概率大大降低。但同时,由于城市建设的发展,不透水面逐渐增多,而能消纳降雨的泥土地与草地的面积大大减少,以致出现区域性的暴雨积水现象。如环岛路向海一侧,硬质路面范围大,且没有布设雨水井及泄洪通道等排洪设施,在坡度有利于地表水流汇集区域,水流破坏力增强,以致冲毁沙滩。

因此,从长远发展角度考虑,需要对东南部海岸带雨水管网进一步梳理,加紧对厦门市的排水系统进行优化升级,避免城市内涝以及地表水集聚对海滩的冲刷;对于局部地形汇水造成岸滩冲刷侵蚀的,应对局部地形的汇水排放进行改造,将其引入周边已有入海排洪管涵,或者针对局部地形汇水建设新的入海排洪管涵,雨水排洪管进入海域的需尽量埋深并延伸排洪管,减少对沙滩的冲刷和景观影响。同时修复沙滩后,对后方的草地进行清除,为防止风沙对后方道路的影响,可考虑种植观赏性的椰树等乔木植物,一方面是增加沙滩后滨的空间;另一方面可提升后滨的景观,同时为游客提供休闲歇息的场所。

5 结语

厦门岛东南部部分沙滩被强降雨冲毁,其原因

主要包括:降雨量大;滨海区域不透水面多;适合的坡度形成汇水区;低洼区域缺少排水管道;沙滩人工石阶与观景平台设计没有考虑排水影响;人工设施占滩等。因此,在进行人工补沙修复沙滩时,还需要结合滨海一线的地势坡度设计排水通道,在现有不透水面增加输水管线,增厚草地土壤层,减少地表径流的形成,雨水排洪管进入海域的需尽量埋深及延伸排洪管,减少对沙滩冲刷和景观影响。

参考文献

- [1] 蔡锋,刘根.我国海滩养护修复的发展与技术创新[J].应用海洋学学报,2019,38(4):452—463.
- [2] 周军. 潍坊滨海旅游度假区人造沙滩监测及稳定性分析[D]. 青岛:中国海洋大学,2014.
- [3] 福建海洋研究所.福建省近海海洋综合调查与评价专项—福建省海岛调查总报告[R].2011.
- [4] 曹惠美,蔡锋,陈峰.厦门滨海沙滩的养护与海洋旅游业发展的探讨[J]. 海洋开发与管理,2009,26(7):58—62.
- [5] 杨顺良,欧寿铭.9914号台风对厦门岛东南部岸滩的环境效应[J].台湾海峡,2001,20(1):115—122.
- [6] 欧寿铭,杨顺良.厦门海滨浴场的环境质量及容量研究[J].台湾海峡,2001,20(4):471—477.
- [7] 王广禄,蔡锋,曹惠美,等.厦门香山至长尾礁沙滩修复实践及理论探讨[J].海洋工程,2009,27(3):66—75.
- [8] 雷刚,刘根,蔡锋.厦门岛会展中心海滩养护及其对我国海岸防护的启示[J].应用海洋学学报,2013,32(3):305—315.
- [9] 雷刚,刘根,蔡锋.厦门岛会展中心海滩养护及其对我国海岸防护的启示[J].应用海洋学学报,2013,32(3):305—315.
- [10] 陈素盆,黄翠仙.厦门连续性暴雨天气气候特征[J].河南气象,2004(4):13—15.
- [11] 李婷婷,周乐照.2018年5月7日闽南极端特大暴雨成因分析[C]//中国气象学会.第35届中国气象学会年会 S1 灾害天气监测、分析与预报.合肥:中国气象学会 2018:5.
- [12] 王峰,颜正惠,黄伟乐,等.城市雨水内涝成因及对策[J].中国给水排水,2012,28(12):15—17+20.