

市政排水与城市排涝标准衔接理念及其应用案例分析

黄兆玮, 刘霞, 徐辉荣, 文艳
(广东省水利电力勘测设计研究院, 广东 广州 510635)

摘要: 极端天气带来的暴雨频发导致许多城市发生洪涝灾害,为系统整治城市排水排涝工程,彻底解决城市内涝问题,提出市政排水管网与城市排涝系统相衔接的理念。基于该理念,介绍了市政排水与城市排涝两套排水系统集水区域衔接、暴雨标准衔接、排水管道出口水位衔接的具体办法,并将其应用于广州市南沙新区起步区排涝规划设计中,其结论可为滨海城市的排水治涝作参考。

关键词: 市政排水; 城市排涝; 标准衔接; 城市内涝防治

中图分类号: TU992.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2018)04-0016-06

Concept of Matching Municipal Drainage and Urban Waterlogging Drainage Standard and Application Case Analysis

HUANG Zhao-wei, LIU Xia, XU Hui-rong, WEN Yan
(Guangdong Hydropower Planning and Design Institute, Guangzhou 510635, China)

Abstract: Frequent rainstorm due to extreme weather could lead to many cities' waterlogging disaster. In order to regulate urban drainage construction and to solve the waterlogging problem, the concept of connection between the two drainage systems of municipal drainage pipe network and urban waterlogging drainage system was put forward. Based on this concept, the measurements for matching catchment area, rainstorm standard and water level of outfall were introduced. These methods are applied to the waterlogging control planning of Nansha Start-area in Guangzhou. These methods could be used as reference in coastal cities for waterlogging control.

Key words: municipal drainage; urban waterlogging drainage; standard matching; urban waterlogging control

1 市政排水与城市排涝衔接理念的提出

根据城市水灾危险性评价结果:我国水灾高危城市主要分布在长江流域、海河流域、珠江流域及黑龙江流域。其中水灾最危险的城市为天津、武汉和广州;极高度危险的城市有12个,均为我国各大城市群的核心城市^[1]。近年来,随着极端天气带来的暴雨频发,许多大、中城市频频发生城市洪涝灾害,引起了广大学者的关注,对于城市排涝系统的研究

产生了大量研究成果。

目前,城市排水与排涝通常采用两级排涝体系:一级排涝系统负责较大区域的暴雨涝水以及市政雨水管网所汇集涝水的排除,属于水利排涝范畴,防治目标为发生城市内涝防治标准以内的暴雨时,城市不能出现内涝灾害,城市内河最高水位不超过最高控制水位;二级排涝系统承担城市小区、街道等小区范围范围的雨水排除,属于市政排水范畴,设计暴雨可

以采用短历时强降雨,防治目标为发生雨水管网设计标准以内的暴雨时,地面不应出现明显积水。城市的一、二级排水排涝系统虽然都是承担暴雨带来的涝水排除任务,但由于涵盖了市政排水和水利排涝两个行业,其采用的设计标准、行业规范各不相同。

排水与排涝分属市政与水利两个部门管理,两个系统根据各自的规模、功能、区域汇水时间不同而选取不同的设计频率和降雨历时,并且执行不同的设计标准。以往在治理城市排水系统时只重视对排水管网的整治而忽视了对排涝系统的整治,由于城市排水缺乏系统性治理,出现了年年治涝、年年水浸的局面。

市政排水与城市排涝两套排水系统的关系如图1所示。

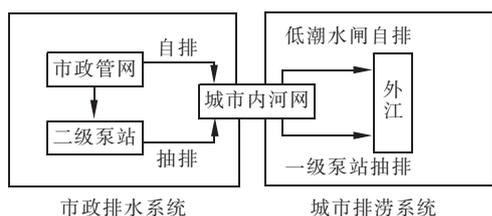


图1 市政排水与城市排涝系统的关系

Fig. 1 Relationship between municipal drainage system and urban waterlogging drainage system

为系统整治城市排水排涝工程,彻底解决城市内涝问题,必须建立相匹配的城市排水系统与排涝系统。目前,城市排水系统与排涝系统相衔接的问题已受到广泛重视。为此从两套排水系统的机理上初步分析其衔接的问题及解决的办法,并用于南沙新区起步区排涝设计中,为解决滨海低洼城市内涝问题作出探索。

2 划分集水区域的衔接

2.1 集水区域划分机理

水文学中脉络相通的大小河流所构成的系统称为水系、河系或河网,水系中直接流入海洋、湖泊的河流称为干流,流入干流的河流称为支流。汇集地面水和地下水的区域称为流域,也就是分水线包括的区域,当地面分水线与地下分水线相重合,称为闭合流域,否则为不闭合流域,具体见图2。在实际工作中,除有石灰岩溶洞等特殊的地质情况外,对于一般流域,当对所论问题无太大影响时,多按闭合流域考虑^[2]。

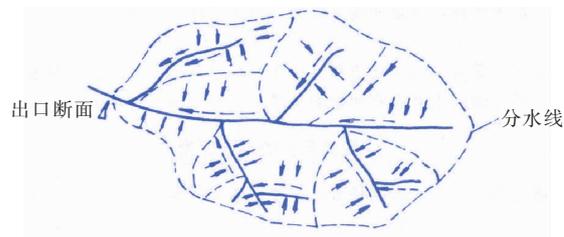


图2 城市排涝系统集水区域

Fig. 2 Schematic diagram of catchment area of urban waterlogging drainage system

城市排水管网即雨水管渠系统,是由雨水口、雨水管渠、检查井、出水口等构筑物组成的一整套工程设施^[3]。它的集雨面积划分与水文学的流域划分方法类似,但主要是按照管网划分,干管类似于干流,支管类似于支流,汇集雨水的区域为排水流域,具体见图3。

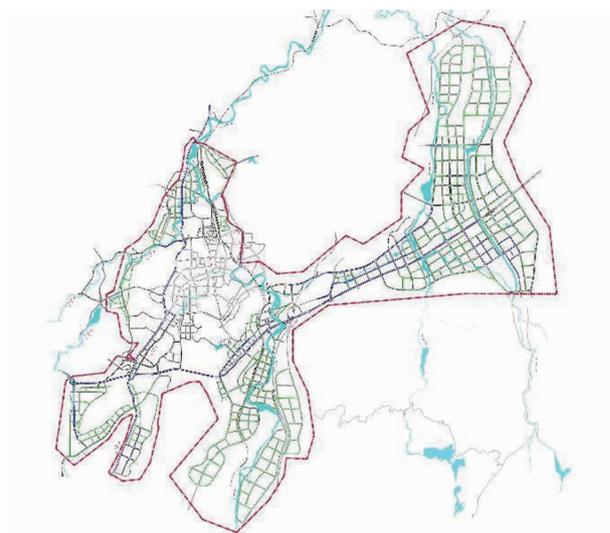


图3 市政排水系统的集水区域

Fig. 3 Schematic diagram of catchment area of municipal drainage system

市政排水系统的集水区主要是城市地区布置排水管道区域,一般不包括山洪集雨面积,而且与城市的建筑物布置、排水管道布置密切相关;而城市排涝系统的集水区包括集雨区内所有干支流的集雨区域;可以看出,市政排水系统与城市排涝系统分属两个不同范畴的概念,市政排水系统是小排水系统,城市排涝系统是大排水系统,市政排水系统应包括在城市排涝系统的集雨区域之内。

2.2 集水区域衔接的办法

市政排水管道的出口一般均接入河道,所以市政排水管道集水区域应包含在河道集水区域当中,

但河道集水区域包括山洪集水区,而市政排水管道一般不收集山洪,因此,在布置市政排水管道时,应该有明确的截洪沟或截洪渠截走山洪,而排水管道仅排除地块的雨水。在划分水利排涝集水区域时,也应根据截洪沟、截洪渠线路,将山洪集水区与低洼地块集水区分开划分,使低洼地块集水区包括市政排水管网集水区域,这样可以做到两套排水系统集水区域的衔接。

3 暴雨标准的衔接

3.1 极值暴雨样本选择的衔接

根据水利行业标准《水利水电工程设计洪水计算规范》(SL 44—2006),城市排涝系统在根据暴雨资料计算洪水时,设计暴雨值采用年最大降雨量进行排频计算,比如计算50年的24 h设计暴雨,则这50年中从365(366)天选取一场最大的24 h降雨作为暴雨样本,以50个样本进行排频计算得到设计暴雨值。

而根据《室外排水设计规范》(GB 50014—2006,2011年版),市政排水系统取样方法采用年多个样法,每年每个历时选择6~8个最大值,然后不论年次,将每个历时子样按大小次序排列,再从中选择资料年数的3~4倍的最大值,作为统计的基础资料。

《室外排水设计规范》(GB 50014—2006,2016年版)则对以往做了较大修改,分超大城市、特大城市、中等城市、小城市等类型新确定了雨水管渠设计标准及内涝防治设计标准,其中内涝防治设计标准在以前版本的《室外排水设计规范》中未出现过。暴雨数据由旧版的多样本排频法修改为年最大值排频法。这些修改都体现了市政排水与城市排涝两套标准的衔接。

对比这两种暴雨样本的选择方法,采用年最大值选样法,由于每年只取一次最大的暴雨资料,所以在每年排位第二、第三的暴雨资料就会遗漏,使得这种方法推求高重现期时比较准确,而对于小重现期其结果就会偏小^[4]。虽然市政排水系统标准与水利排涝系统标准在计算暴雨机理上已相互衔接,但相同重现期设计暴雨强度小于2011年版《室外排水设计规范》中采用年多个样本法排频的雨强,如果在设计市政管网时,仍然按同样的重现期设计,则设计出的管道排流量会更小,更偏于不安全。所以2016年版《室外排水设计规范》的设计重现期比

2011年版的设计重现期提升一个级别,基本与2011年版的校核重现期一致,采用提高设计重现期的办法修正了年最大值样法与年多个样本法之间的差别,基本合理。

3.2 暴雨频率的衔接

城市排涝系统排涝标准是按排除长历时暴雨设计的,在由暴雨推算设计洪水计算方法中,如综合单位线法和推理公式法,采用的降雨历时为10、60、360、1 440、4 320 min等;而市政排水系统排水标准按排除短历时暴雨设计,通常采用5、10、15、20、30、45、60、90、120 min等九个降雨历时。由于两套排水系统设计洪水使用的公式、方法不同,城市排涝系统采用综合单位线法、推理公式法或经验公式法,而市政排水系统采用雨强公式法计算,所以讨论两套排水系统的设计洪水标准衔接已经没有意义。由于城市排涝系统排除长历时暴雨包含了市政排水系统排除的短历时暴雨,所以讨论两套排水系统暴雨频率衔接则是十分必要的,也是使两套排水系统衔接的一个重要因素。

对于两套排水系统暴雨衔接的研究已经有大量的成果:谢华等^[5,6]研究了河网地区城市一、二级排水标准的衔接关系,提出一级排水系统的设计暴雨必须以二级排水设计短历时强降雨总量作为峰值雨量,提出了二者之间的重现期衔接关系。贾卫红等^[7]通过分析上海市排水标准与除涝标准的差别,提出了研究年最大1 h与年最大24 h雨量相融性关系的方法,建立了排水标准与除涝标准衔接的暴雨重现期关系。杨星等^[8]认为城市管道排水和河道排涝存在组合设计的问题,组合设计的安全性可以用风险率表示。

在计算设计洪水时,注意市政排水系统短历时暴雨与城市排涝系统峰值处短历时暴雨的衔接,这里所指的衔接并非对等的关系,而是说城市排涝系统的短历时雨量应大于或等于市政排水系统的暴雨量,城市排涝系统除了收纳市政管道的排水之外,还要收集地面坡流、道路雨水等其他水量,因此只有在设计时考虑将城市排涝系统短历时雨量大于市政排水系统设计雨量,才能够实现两套排水系统的衔接,使城市排涝系统排涝能力足以排走市政排水系统排出的雨水。

城市排涝系统与市政排水系统衔接的雨型如图4所示。

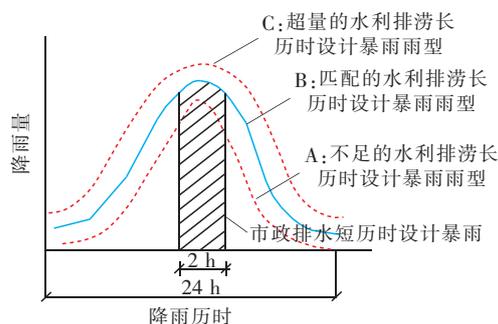


图4 水利排涝系统与市政排水系统相匹配的雨型

Fig.4 Rainfall pattern of waterlogging drainage system matched with municipal drainage system

4 排水管道出口水位的衔接

4.1 排水管道设计原理

市政排水系统排出涝水进入城市排涝系统时,最关键的衔接因子就是城市排涝系统的水位,水位顶托是导致许多地方出现市政管道排不走设计标准以内雨水的一个很重要的原因。

根据《排水工程》关于排水管道设计理论,排水管道设计有一个重要的假设,就是排水管道出口可以自排,在这个基础上,再根据划分的集雨区面积,按雨强公式计算出排水标准下的集雨区设计洪峰,自上游到下游设计排水管道,使排水管道的坡降、管径能够满足排峰需要及覆土深度要求。

常规的市政排水管道的的设计方法应用于地势较高的山区城市是比较适用的,基本上较少出现严重的雨涝问题;但是对于地势低洼的城市,如沿海三角洲城市,这些城市的地面大多与外江高水(潮)位时相当,这样就会出现外江水位顶托排水管的情况,导致排水管道出口段由自排时的自由出流变为淹没出流,出口段排水管一般处于满流状态,排水管中的水力坡降也不再是设计时的水力坡降,而是变成十分平缓的实际水力坡降,这些变化都会降低末端排水管的实际排水能力,远小于其设计排水能力,从而形成涝灾。

4.2 水位衔接的办法

两套排水系统的出口水位衔接是两套排水系统衔接中最为关键的因素,目前已经得到广泛的关注,一些水力计算软件已经开发了市政排水管道与城市排涝系统耦合的计算模块,如 Mike Urban、鸿业软件近年就提出了与河道连接的管道设计模块,以反映河道水位顶托的影响。但是这些方法仅是能够反映已经设计的排水管道受水位顶托的影响状态,而不

能从根本上设计出能考虑水位顶托的管道。

综上所述,要设计出考虑出口水位顶托的排水管道需做到以下几步:一是根据城市排涝系统排涝计算得到城市河涌最高控制水位;二是排水管道设计分自排区域与淹没出流区域两部分;三是自排区域按现有的理论设计,淹没出流区域的水力坡降可参考地面高程与河涌最高控制水位之间的坡降取值,并且在计算管道排放流量时补充淹没出流系数,以此来设计淹没出流区的排水管道。

5 应用案例

广州市南沙区是2012年9月国务院批复的第六个国家级新区,位于广州市南端、珠江三角洲的中心,方圆100 km范围内包括了珠江三角洲经济最发达的城市群,具有优越的区位交通条件。南沙新区起步区包括蕉门河以西地区和南沙慧谷地区、灵山岛尖、横沥岛尖,规划总用地面积约33 km²,陆域面积约19.1 km²,可建设用地面积约17.25 km²。南沙区地势低洼,大部分地面高程与海平面持平,如何有效解决南沙区排涝问题是制约新区发展的重要问题。

① 划分集水区域的衔接

根据南沙起步区规划河涌的分布对规划后的排涝区域分区,排水分区包含在排涝分区内,完成了两套集水区域的衔接,具体见图5。



图5 南沙新区起步区集雨分区

Fig.5 Schematic diagram of catchment area of Nansha new district starting zone

② 暴雨标准的衔接

综合《城市防洪工程设计规范》及相关规划的排涝标准,根据2013年住建部《城市排水(雨水)防涝综合规划编制大纲》的规定,结合南沙新区城市水系规划导则确定的城市排涝标准:排涝系统采用50年一遇24 h暴雨不成灾标准,并以市政雨水排放

标准进行校核;排水系统采用 5 年一遇市政排水标准。雨水排频均采用年最大值法,这样就实现了城市排涝系统的短历时雨量大于市政排水系统的暴雨,具有足够的排除市政涝水的能力。

另外,为了对比 2011 年版《室外排水设计规范》多样本暴雨排频法与 2016 年版《室外排水设计

规范》年最大值排频法,表 1 对两者相同雨量的频率进行了比较,可见 2016 年版的设计重现期比 2011 年版的设计重现期提升一个级别,基本与 2011 年版的校核重现期一致。所以,在排水管网的设计上,采用年最大值法排频成果来校核,使排水管网排峰能力更大更安全。

表 1 年多个样本法和年最大值法暴雨重现期对比

Tab. 1 Comparison of design return period between multiple sample method and annual maximum method

降雨历时 10 min			降雨历时 15 min			降雨历时 20 min			降雨历时 30 min			降雨历时 60 min			降雨历时 120 min		
年多个 样本法 暴雨强 度/mm	年多个 样本法 重现 期/a	年最大 值法重 现期/a															
331	1	1.6	287	1	1.6	253	1	1.6	206	1	1.5	134	1	1.5	81	1	1.4
386	2	3.1	335	2	3.1	297	2	3	243	2	3	161	2	2.9	100	2	2.8
417	3	4.7	362	3	4.6	321	3	4.6	263	3	4.5	176	3	4.4	110	3	4.3
456	5	7.5	396	5	7.4	352	5	7.4	290	5	7.2	196	5	7.1	125	5	7
510	10	13	444	10	13	395	10	13	327	10	13	224	10	13	146	10	13
579	20	24	502	20	23	446	20	23	370	20	22	258	20	22	172	20	23
613	30	35	531	30	33	472	30	32	393	30	31	276	30	32	187	30	34
650	50	49	563	50	47	501	50	47	419	50	46	297	50	48	205	50	54

③ 排水管道出口水位的衔接

南沙起步区附近的潮位站——南沙站有长系列潮位测量资料,其潮位历年变化趋势见表 2。可见,南沙站多年平均高低潮位为 4.6 m,多年平均低高潮位为 5.55 m,以此为基础确定起步区内河涌日常管控水位为 4.7~5.3 m,这样利用一天的两次潮位过程高引低排。

表 2 南沙站潮位历年变化趋势(广州城建高程)

Tab. 2 Variation trend of tide level in Nansha station m

项 目	高高潮	高低潮	高潮 平均	低高潮	低低潮	低潮 平均
20 世纪 50 年代	6.74		5.65		3.71	4.31
20 世纪 60 年代	6.91	4.6	5.64	5.86	3.62	4.28
20 世纪 70 年代	6.88	4.59	5.67	5.45	3.61	4.30
20 世纪 80 年代	6.92	4.6	5.65	5.52	3.64	4.29
20 世纪 90 年代	6.95	4.59	5.66	5.47	3.86	4.47
2000 年后	6.97	4.62	5.69	5.52	3.82	4.44
多年平均	6.9	4.6	5.66	5.56	3.71	4.35

内河涌最高管控水位越高,河涌调蓄能力越大,所需泵排装机也越小,但相应地块的高程均要填高,需要较大的填土投资,因此应该合理优化调蓄和抽排的比例,在降低管控水位的同时,通过建设一定规模的泵站来达到治涝的目的。因而需充分考虑自排的可能,尽量少使用泵站抽排。分析 1989 年—2009 年南沙站逐日潮位数据,得到南沙站潮位频率曲线,

具体见图 6。

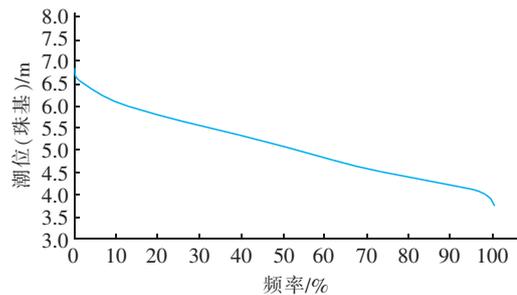


图 6 南沙站潮位历时频率曲线

Fig. 6 Duration frequency curve of tide level at Nansha station

表 3 列出了最高管控水位分别为 6.0、6.3、6.5 m 三种不同方案,灵山岛尖与横沥岛尖河涌调蓄与抽排比例,相比之下管控水位为 6.0 m 时虽然可降低地块填土高程,但可自排的几率低,所能利用的河涌调蓄涌容最小,所需泵站规模大,故不推荐;管控水位为 6.3 m 的方案相对能利用的河涌调蓄涌容较大,泵站规模与管控水位为 6.5 m 的方案相差不多,可自排的几率也达 95.07%,同时也可降低地块填土高程,所以确定最高管控水位为 6.3 m。此外,由图 6 可见,潮位高于 6.3 m 对应的频率为 4.93%,即最高管控水位定为 6.3 m 时有 95.07% 的几率是可以自排到外江的。

表3 不同最高管控水位方案对比结果

Tab.3 Comparison of maximum control water level

项 目	排涝安全管控水位/m					
	6.0 m		6.3 m(推荐方案)		6.5 m	
片区	灵山岛尖	横沥岛尖	灵山岛尖	横沥岛尖	灵山岛尖	横沥岛尖
50年一遇暴雨洪峰/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	62.24	126.74	62.24	126.74	62.24	126.74
可自排的几率/%	86.65		95.07		98.26	
需调蓄或抽排的洪量/ 10^4 m^3	72.51	153.59	72.51	153.59	72.51	153.59
河涌调蓄量/ 10^4 m^3	16.16	41.70	20.25	44.11	23.31	47.34
所需泵站规模/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	30.00	50.00	25.00	48.00	20.00	45.00
调蓄与抽排比例	0.29 : 1	0.37 : 1	0.39 : 1	0.40 : 1	0.47 : 1	0.45 : 1
陆地面积/ km^2	3.2	5.6	3.2	5.6	3.2	5.6
填方量/ 10^4 m^3	320	560	416	728	480	840

通过起步区水系重构后河涌涌容、规划水闸排水能力,以正常高水位为5.3 m起调,控制最高水位到6.3 m,通过排涝计算得到需建设的排水泵站规模,通过闸排、泵排共同运行达到控制内河涌最高管控水位与正常运行水位的目的。

南沙新区起步区排水管网设计时,根据正常管控水位在4.7~5.3 m之间,排水管出口高程均设置在5.3 m以上,当河涌水位达到排涝安全控制水位6.3 m时,对排水管进行了复核计算,虽然排水管出口处于淹没出流,但仍然能排泄50年一遇设计标准的涝水。

6 结语

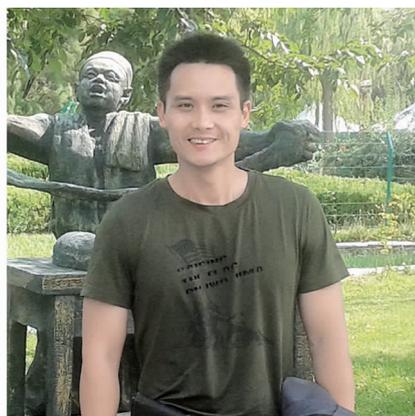
城市排涝系统属于一级排水系统,市政排水系统属于二级排水系统,二级排水系统的涝水排到一级排水系统中排除,因此城市排涝系统排除能力应该满足市政排水系统的排水要求,通过集雨区域划分的衔接,实现城市排涝系统排水区包含了市政排水系统排水区;通过暴雨标准的衔接,使城市排涝系统长历时暴雨包含了市政排水系统的短历时暴雨;最后通过两套排水系统的水位衔接,最终可以实现水利排涝标准与市政排水标准的衔接,使市政排水系统与城市排涝系统共同解决城市洪涝灾害问题,此理念应用于广州南沙起步区设计中,可为滨海城市治涝提供参考。

参考文献:

- [1] 雨辰,龚常. 暴雨洪水:城市不可抗自然力的困扰——现代城市洪灾事件与灾害管理[J]. 上海城市管理, 2011, (4): 78-83.
- [2] 詹道江,叶守泽. 工程水文学(第3版)[M]. 北京:中

国水利水电出版社,2000.

- [3] 孙慧修,郝以琼,龙腾锐. 排水工程[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [4] 鲁航线,张开军,陈微静. 城市防洪排涝及排水三种设计标准的关系初探[J]. 城市道桥与防洪, 2007, (11): 64-66.
- [5] 谢华,黄介生. 平原河网地区城市两级排涝标准匹配关系[J]. 武汉大学学报:工学版, 2007, 40(5): 39-42.
- [6] 谢华,黄介生. 城市化地区市政排水与区域排涝关系研究[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(5): 10-13.
- [7] 贾卫红,李琼芳. 上海市排水标准与除涝标准衔接研究[J]. 中国给水排水, 2015, 31(15): 122-126.
- [8] 杨星,李朝方,刘志龙. 基于风险分析法的排水排涝暴雨重现期转换关系[J]. 武汉大学学报:工学版, 2012, 45(2): 171-176.



作者简介:黄兆玮(1978-),男,广西梧州人,硕士,高级工程师,从事水利规划工作。

E-mail: huang. zw@ gpdiwe. com

收稿日期:2017-05-13