

国内外城镇排水防涝体系研究 和 《室外排水设计标准》全面修订

张 辰



上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

SHANGHAI MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN INSTITUTE (GROUP) CO., LTD.

2021年4月17日

提 纲

一 国内外排水防涝体系

二 《室外排水设计标准》修订



上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

SHANGHAI MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN INSTITUTE (GROUP) CO., LTD.

发达国家和地区排水防涝标准体系研究

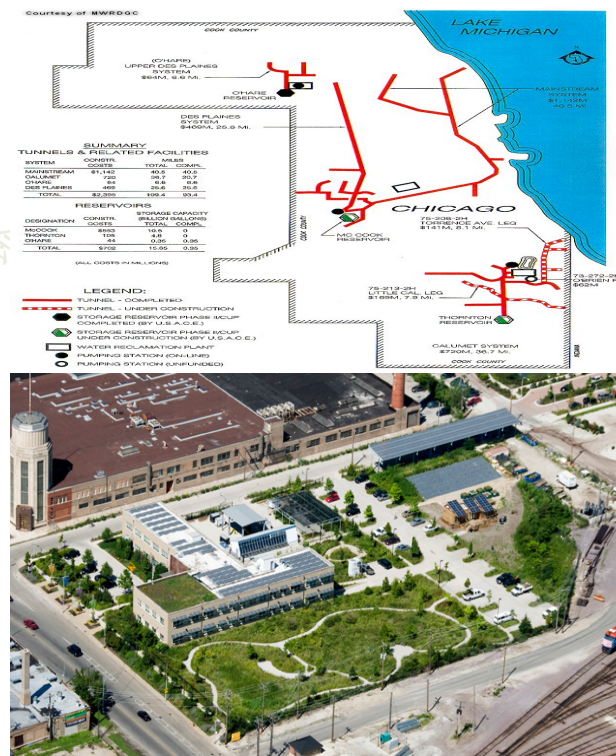


1 美国

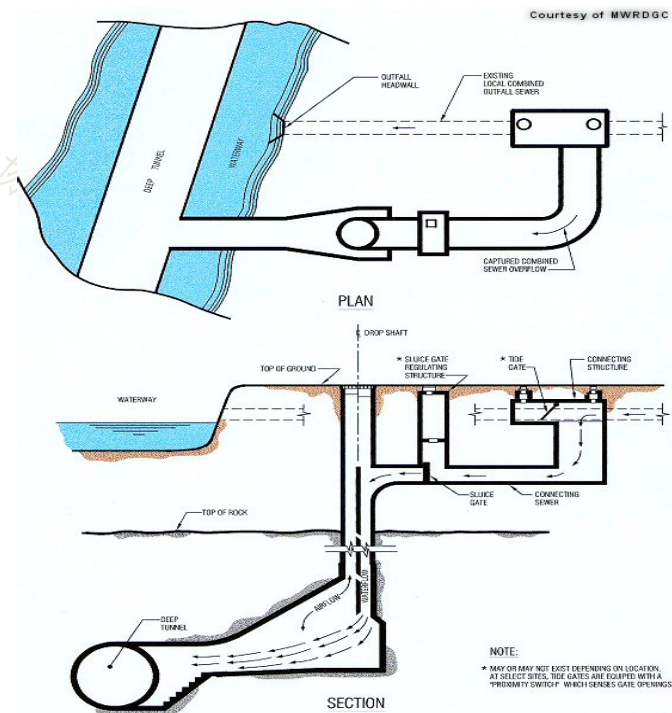
□ **设计理念** 建立了基于LID理念的设计工艺和方法

□ **设计标准** 分为**大排水系统 (major drainage system)** 和**小排水系统 (minor drainage system)**。

小排水系统（管道）设计标准为2~10年；
大排水系统100年。



- **内涝防治** 对全国17000个县实施洪涝灾害风险评级。
- **工程技术** 源头渗流、过滤、储蓄、蒸发、滞留；建立地上、地下式雨水调蓄设施，大型雨水调蓄隧道和水库。
- **应急管理** 建立地方洪涝灾害警报系统 (LFWS)。



上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

SHANGHAI MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN INSTITUTE (GROUP) CO., LTD.

美国丹佛市内涝防治标准 (2002/2006/2008/2010/2016)

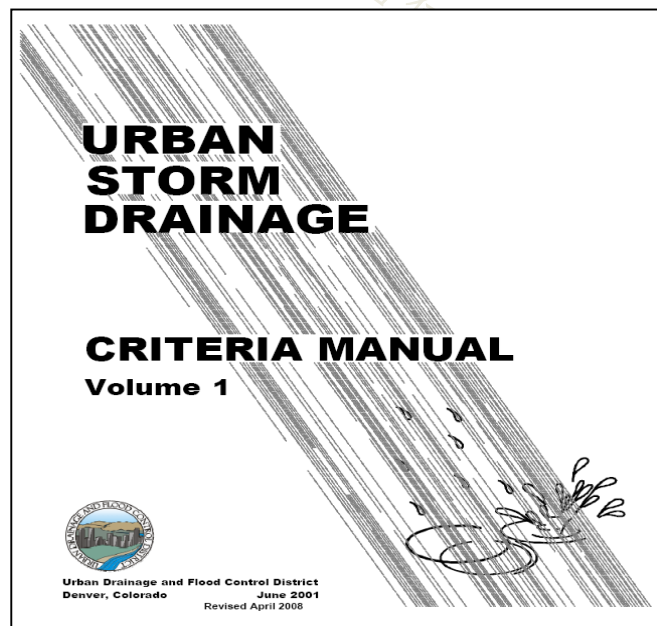
地面积水标准

道路分类	重现期 (a)	道路雨水口gutter flow line			道路交叉口cross pan		
		2002年标准	2006年标准	2016年标准	2002年标准	2006年标准	2016年标准
支路	2~5	不淹没路牙, 积水可延伸到路面中央最高点	同2002年标准	同2002年标准	道路积水深度≤6 inch(15cm)	若无雨水管, 则允许积水深度≤6 inch	道路积水深度≤6 inch(15cm)
	100	道路两旁建筑物不进水; 道路积水深度≤18inch	道路两旁建筑物不进水; 道路积水深度≤12 inch	道路两旁建筑物不进水; 道路积水深度≤12 inch	道路积水深度≤18 inch	积水深度≤12inch(30cm)	积水深度≤12inch
次干路	2~5	不淹没路牙, 至少1条车道不被淹	不淹没路牙, 至少1条车道 (路面最高点两侧各5feet) 不被淹	不淹没路牙, 至少1条车道不被淹	若允许积水, 深度≤6 inch(15cm)	不允许积水	若允许积水, 深度≤6 inch(15cm)
	100	道路两旁建筑物不进水; 道路积水深度≤18 inch	道路两旁建筑物不进水; 道路积水深度≤12 inch	道路两旁建筑物不进水; 道路积水深度≤12 inch	道路积水深度≤12 inch	不允许积水	积水深度≤12inch



上海市政工程设计研究总院 (集团) 有限公司

SHANGHAI MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN INSTITUTE (GROUP) CO., LTD.



城市排水与防洪控制区UDFCD

(Urban Drainage and Flood Control District) :

- 负责协调管理美国科罗拉多州丹佛市及周边地区排水事务；
- 提出城市排水防涝系统的规划设计的**12条基本原则**。

美国排水系统规划与设计的12条原则

- 1、排水问题是地区性现象，不受到行政界限的影响。
- 2、雨水管理系统只是城市总体水资源系统的一个子系统。雨水管理应该同时考虑多个相关问题，如防止水土流失，防洪，水质控制等。
- 3、每一个城市排水系统都分为主要排水系统（又称大排水系统）和次要排水系统（又称小排水系统）。
- 4、雨水径流的出路是一个空间分配问题。对于特定的降雨事件，**水量是不可压缩的，因此，排水规划必须提供足够的空间。**



美国排水系统规划与设计的12条原则

- 5、排水系统的规划不能把上游产生的问题转嫁到下游去。
- 6、排水系统规划应当同时考虑多用途和多功能，排水管理的策略应该兼顾多个目标。
- 7、排水系统的设计应当充分考虑到现有系统的特点、能力和功能，好的设计应当尽可能充分利用或模拟天然的排水方式。
- 8、新建项目应该尽最大可能地减少雨水径流，降低污染负荷。



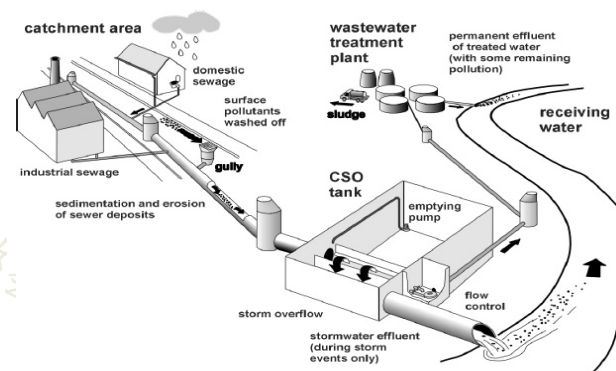
美国排水系统规划与设计的12条原则

- 9、雨水管理系统的设计应该充分考虑上游的过境流量。
- 10、排水设施应该接受必要的日常维护和管理，排水设施必须保护公众的健康和安全。
- 11、泄洪通道和河道漫滩应受到最大程度的保护。
- 12、为河道漫滩的泄洪通道预留足够的侧向移动空间，避免对公共和私人设施造成损失。**

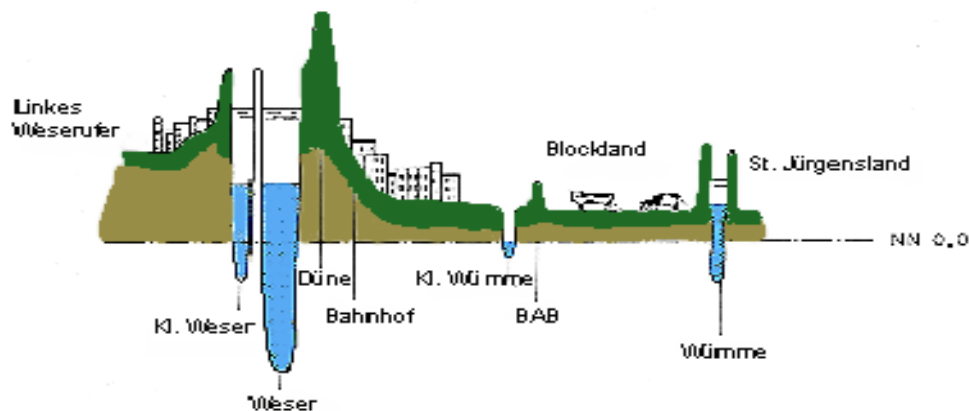


2 德国

- ❑ **设计理念** 基于分散式雨水管理的理念。
- ❑ **设计标准** 居民区采用2-5年重现期，地下建筑（包括地下室）采用10年一遇重现期。
- ❑ **内涝防治** 颁布《水资源法案》，将防洪纳入水资源管理。
- ❑ **工程技术** 源头上采用雨水利用设施，建立各种形式的雨水调蓄池。
- ❑ **应急管理** 各州设立洪水预报中心，四级预警



非常注重城市原始地形地貌的保护，往往是排水规划在前，道路规划在后，从而形成较好的竖向控制，也有利于在地表形成明沟等自然排水系统。



不来梅竖向设计

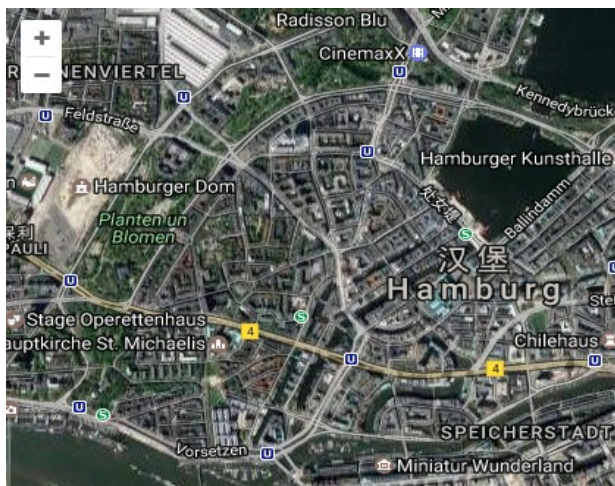
(城内河道水体在最低处，农田其次，城市建筑在最高处)



上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

SHANGHAI MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN INSTITUTE (GROUP) CO., LTD.

除水空间保护和恢复外，各大城市还重视城市绿地系统的保护和均衡布局，采取自然少干扰的手法开展滨河绿地、大型生态绿地的保护和建设，形成了“蓝绿”交织的空间格局，不仅为雨水滞蓄创造了良好的条件，而且有效提升了人居环境。



汉堡环城公园



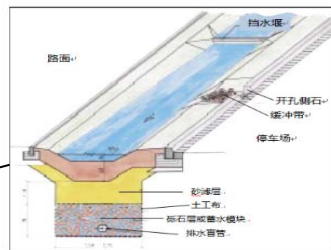
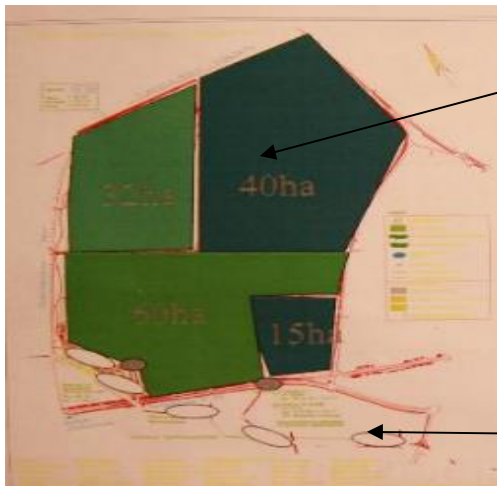
不莱梅蓝绿交织



建筑~绿地~水竖向合理

从修复和恢复自然水平衡出发，德国特别强调以流域或区域为单位开展排水总体规划，从满足排水口处水体的水安全、水环境、水生态的需求来确定排放水质、水量的控制目标，通过目标再来模拟明确各排水设施的布局和规模，尽量避免孤立的去布局单个的设施。

□ 柏林Hoppe garten地区



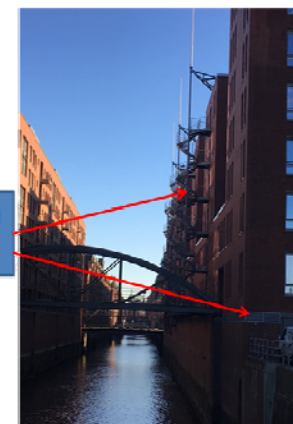
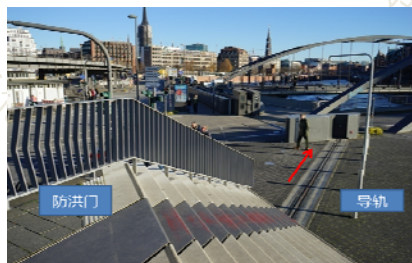
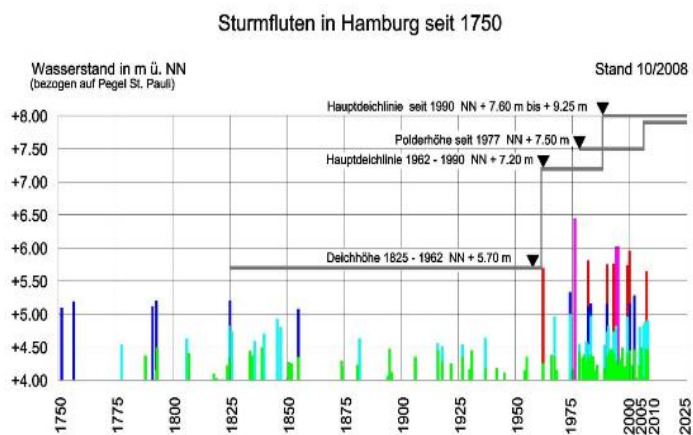
场地与道路——草沟



末端——雨水塘

柏林Hoppe garten地区（1992年开工建设的工业开发区，位于柏林东，约147公顷），水管理局要求本地区的雨水排放量标准为40L/s（远低于本地区实际降水的峰值流量10-15m³/s）。

重视城市排水防涝与流域防洪系统的衔接。如汉堡位于德国北部临海区域，面临日益上涨的海平面和较低海拔带来的防洪问题，采取防洪大坝、建筑单体防洪和城市应急防洪设施相结合的建设体系。

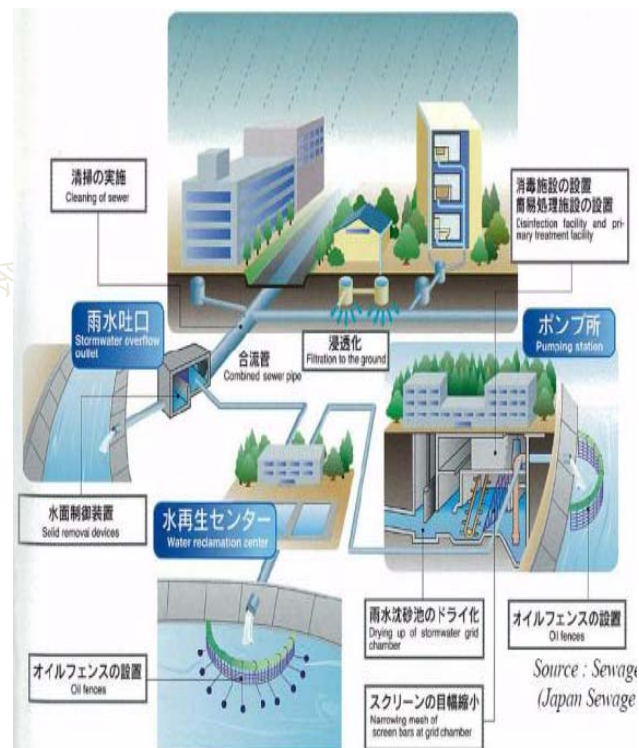


定期更新城市防洪的标高要求

各种形式的应急设施

3 日本

- ❑ **设计理念** 排水和防洪统一，建设外围排水系统
- ❑ **设计标准** 排水管道设计标准为5~10年，道路设计标准为1~10年
- ❑ **内涝防治** 颁布《河川法》、《抗洪法案》、《特定河流洪涝灾害预防法案》等
- ❑ **工程技术** 建设分流制下水管道系统、渗流设施以及雨水调蓄设施和管道
- ❑ **应急管理** 建立降雨信息系统，使用雷达观测，所有城市编制洪水险情地图



日本各城市排水系统的设计和最大降雨量统计表

城市名称		排水系统的设计水平		实际降雨事件 (有记录以来的最大降雨)	
		降雨强度 (mm/h)	重现期 (a)	降雨强度 (mm/h)	重现期 (a)
Sapporo	札幌	35.0	10	50.2	50
Sendai	仙台	52.2	10	94.3	>100
Niigata	新潟	49.9	10	97.0	>100
Chiba	千叶县	53.4	10	71.0	50
Saitama	埼玉	65.7	10	81.0	30
Tokyo	东京	50.0	3	131.0	>100
Kawasaki	川崎	57.9	10	117.0	>100
Yokohama	横滨	57.9	10	92.0	100
Shizuoka	静冈县	66.8	7	111.5	>100
Hamamastu	滨松	58.9	7	72.5	20
Nagoya	名古屋	60.3	10	97.0	80~100
Kyoto	京都	61.5	10	88.0	100
Osaka	大阪	60.0	10	77.5	40
Sakai	酒井	48.4	10	93.5	>100
Kobe	神户	49.1	10	87.7	>100
Hiroshima	广岛	52.9	10	81.0	>100
Kitakyushu	北九州市	53.1	10	101.0	>100
Fukuoka	福岡	59.1	10	116.0	>100



向市民提供下水管道的水位信息

中野区防災気象情報

中野区エリア情報 | 防災気象情報 | 防災関係リンク | 防災関係情報 | 災害情報

ピンポイント予報 | 雨量観測情報 | 水位観測情報 | ライブカメラ

水位観測情報【10分水位】 〆凡例
システム更新にともない、観測データの配信を停止する場合があります。

Water Level 6日 20時 0分
10分水位

江古田線い橋 | 双鷲橋 | 千歳橋 | 天神橋 | 太陽橋 | 桃园川下水道干线 | 末広橋 | 春橋

危険水位 (Red square icon)
警戒水位 (Yellow triangle icon)
通常水位 (Blue circle icon)
データがありません (Grey circle icon)

中野区の注意報・警報
現在、注意報・警報は発表されていません。

中野区の週間予報

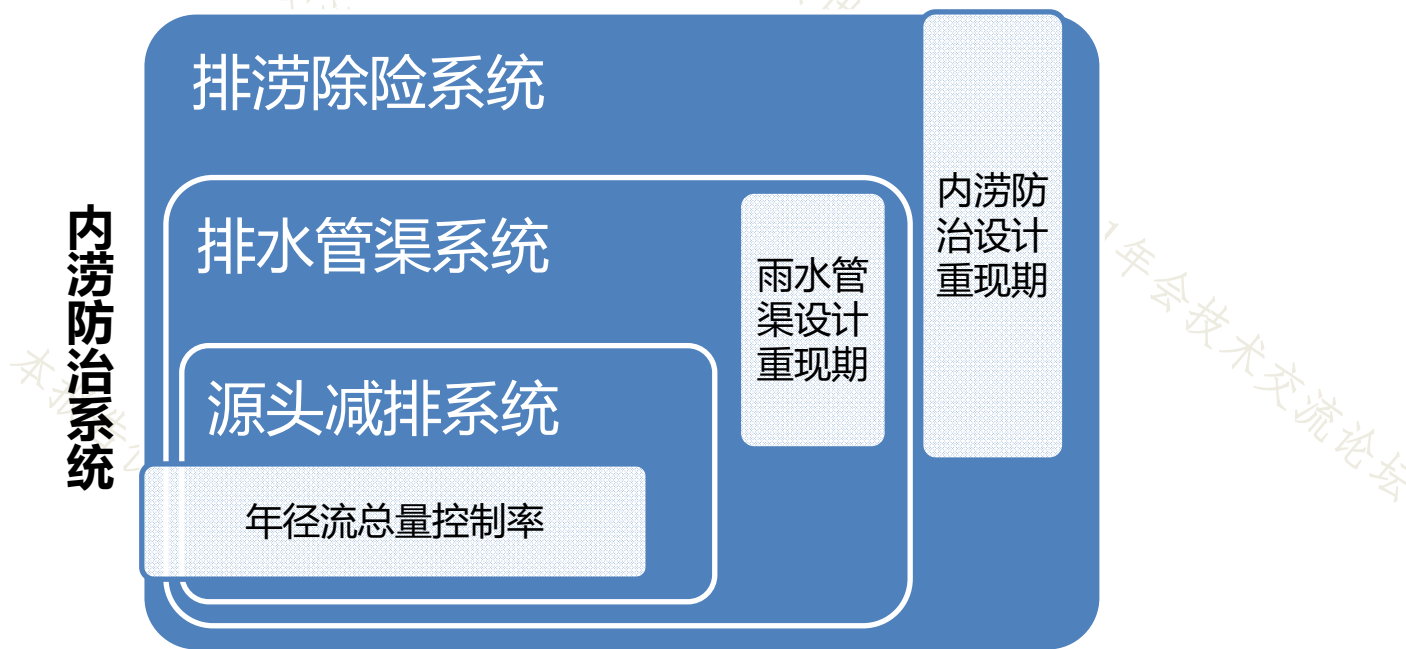
11/8 (土)	11/9 (日)	11/10 (月)
17/11 ℃ 50%	19/14 ℃ 60%	19/14 ℃ 40%
11/11 (火)	11/12 (水)	11/13 (木)
20/14 ℃ 50%	17/18 ℃ 30%	17/12 ℃ 30%

観測地点名 | 観測値 (cm)



4 中国

建立了与国际接轨的内涝防治标准体系。



上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

SHANGHAI MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN INSTITUTE (GROUP) CO., LTD.

建设“源头减排、雨水管渠、排涝除险”的城市排水防涝工程体系，并与流域防洪做好衔接。

□ 源头减排

应对低强度的中小降雨，在传统“排”的基础上，增加“渗、滞、蓄、净、用”等措施，发挥控制径流污染、削减径流峰值以及错峰排放的功能，超过源头减排设施能力的径流溢流排入雨水管渠。



上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

SHANGHAI MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN INSTITUTE (GROUP) CO., LTD.

□ 雨水管渠

应对短历时强降雨的大概率事件，承担雨水的运输、调蓄和排放，保证在设计降雨强度下地面不出现积水。



管道沉积



雨水箱涵中混接污水



注重完善城市排水工程两张网——雨水管网和污水管网



上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

SHANGHAI MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN INSTITUTE (GROUP) CO., LTD.

□ 排涝除险

应对极端暴雨，为超出源头减排和雨水管渠设施承载能力的雨水径流提供蓄排空间和最终出路。



临港海绵试点：台风期间芦茂路路面（左）及早溪（右）

池州海绵试点：第十中学多功能下凹式庭院



上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

SHANGHAI MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN INSTITUTE (GROUP) CO., LTD.

□ 与流域防洪做好衔接

流域防洪

- 洪、涝、潮灾害统筹治理；
- 合理布置防洪工程布局 and 规模；
- 确定合理的设计洪峰流量、时段洪量和洪水过程线。

提供规划边界

内涝防治

- 合理布局源头减排设施系统、市政雨水排水管渠系统和排涝除险系统；
- 与城镇内污水处理和合流制溢流污染控制等系统有机衔接；
- 着重竖向高程规划。



提 纲

一 国内外排水防涝体系

二 《室外排水设计标准》修订



上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

SHANGHAI MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN INSTITUTE (GROUP) CO., LTD.

1 修订历程

《室外排水设计标准》GB50014-2006

56年标龄，是排水工程的母规范

2014年、2016年局部修订：
新增内涝防治系列内容，继续
提高雨水管渠设计重现期和合
流制系统截流倍数标准等

2011年局部修订：调整排水体制
、补充低影响开发（LID）、提高
排水系统重现期标准、增加雨水
调蓄和水量计算等。

2019年全面修订：增强室外
排水工程、雨水与内涝防治、
污水与径流污染控制系统性，
体现生态文明和技术进步。



上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

SHANGHAI MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN INSTITUTE (GROUP) CO., LTD.

2 修订目标

系统 观念

根据新时代的需求，以系统治理的理念设计室外排水工程，协调与其他相关规范间的关系，体现排水规范间的系统性。

生态 文明

根据生态文明建设要求，在室外排水设计中实现水环境保护、水安全保障和雨水和再生水资源利用。

技术 进步

总结技术发展，在室外排水工程工艺和技术上推陈出新，调整部分设计参数。



上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

SHANGHAI MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN INSTITUTE (GROUP) CO., LTD.

章节结构调整

- 1 总 则
- 2 术语和符号
- 3 **排水工程** (新增)
- 4 设计流量和设计水质
- 5 **排水管渠和附属构筑物**
- 6 泵站
- 7 **污水和再生水处理**
- 8 **污泥处理和处置**
- 9 **检测和控制**

删除原4.15,4.16和4.17, 新增5.12渗透管道

新增8.4污泥好氧发酵, 8.6污泥石灰稳定

新增9.3自动化, 9.4信息化, 9.5智能化和9.6智慧排水系统

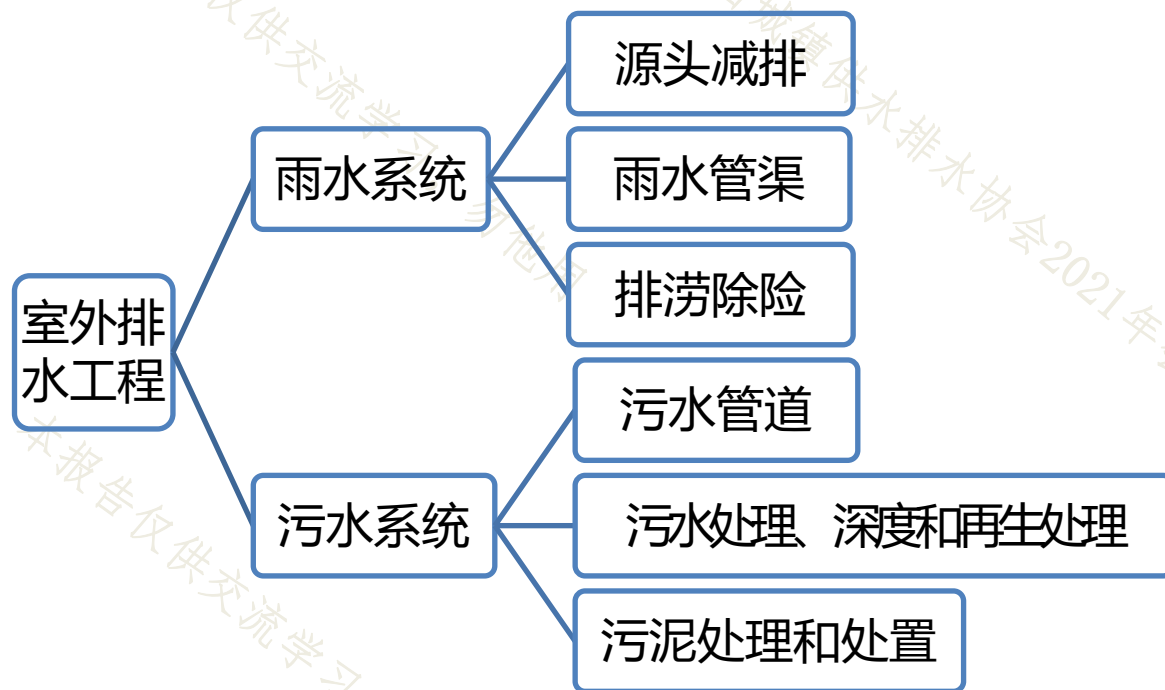
3、主要修订



上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司

SHANGHAI MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN INSTITUTE (GROUP) CO., LTD.

(1) 室外排水工程的系统性



(2) 雨水与内涝防治的系统性

源头减排

4.1.1 源头减排设施的设计水量应根据年径流总量控制率确定，并应**明确相应的设计降雨量**，可按附录A的规定进行计算。

【条文说明】……根据年径流总量控制率所对应的设计降雨量和汇水面积，采用**容积法**进行计算以确定源头减排设施的规模。

附录A 年径流总量对应的设计降雨量计算方法

选取至少近30年的日降雨资料，剔除降雪和小于等于2 mm的降雨事件的日降雨量，将剩余的日降雨量由小到大进行排序，根据下式依次计算日降雨量对应的年径流总量控制率：

$$P_i = \frac{(X_1 + X_2 + \dots + X_i) + X_i \times (N - i)}{X_1 + X_2 + \dots + X_N}$$



(2) 雨水与内涝防治的系统性

排水管渠

4.1.3雨水管渠的设计流量应根据雨水管渠设计重现期确定，并应根据汇水地区性质、城镇类型、地形特点和气候特征等因素，经技术经济比较后按表4.1.3的规定取值，**明确相应的设计降雨强度**，且应符合下列规定……

【条文说明】雨水管渠是应对**短历时强降雨**状况下的安全排水设施……雨水管渠的传输能力是根据雨水管渠设计重现期下的**设计降雨强度**、汇水面积和径流系数，通过推理公式法或数学模型法计算流量确定。



雨水管渠

4.1.3【条文说明】各地应根据年最大值法确定的暴雨强度公式计算对应雨水管渠设计重现期下的小时设计降雨强度，以便公众理解。

表2上海市雨水管渠设计重现期对应的设计降雨强度

区域位置	雨水管渠设计重现期	小时设计降雨强度 (mm/h)
主城区及新城	≥5年一遇	58.1
其他地区	≥3年一遇	51.3
地下通道和下沉式广场等	≥30年一遇	82.2



排涝除险

4.1.4 排涝除险设施的设计水量应根据内涝防治设计重现期以及对应的最大允许退水时间确定。内涝防治设计重现期应根据城镇类型、积水影响程度和内河水位变化等因素，经技术经济比较后按表4.1.4的规定取值，明确相应的设计降雨量，且应符合下列规定……

【条文说明】排涝除险设施的规模，应根据其类型（调蓄或排放），进行相应的**水量或流量**计算……内涝防治系统是应对长历时、长降雨状态下的排水安全……计算中降雨历时一般采用3h-24h。发达国家一般根据服务面积，确定最小降雨历时……



排涝除险

4.1.5 在内涝防治设计重现期下，**最大允许退水时间**应满足表4.1.5要求。人口密集、内涝易发、特别重要且经济条件较好的城区，最大允许退水时间应采用规定的下限。交通枢纽的最大允许退水时间应为0.5h。

表4.1.5内涝防治设计重现期下的最大允许退水时间

城区类型	中心城区	非中心城区	中心城区的重要地区
最大允许退水时间(h)	1~3	1.5~4	0.5~2

注：1 本标准规定的最大允许退水时间为雨停后的地面积水的最大允许排干时间。



3、污水与径流污染控制的系统性

设计流量

系统考虑污水设计流量，新增“旱季设计流量”和“雨季设计流量”

旱季设计流量：旱季设计流量包括最高日最高时的综合生活污水量和工业废水量。地下水位较高地区，还应考虑入渗地下水量。(4.1.13)

雨季设计流量：合流制——截流后的合流污水量。(4.1.22)

分流制——在旱季设计流量基础上，根据调查资料，增加截流雨水量。(4.1.19)



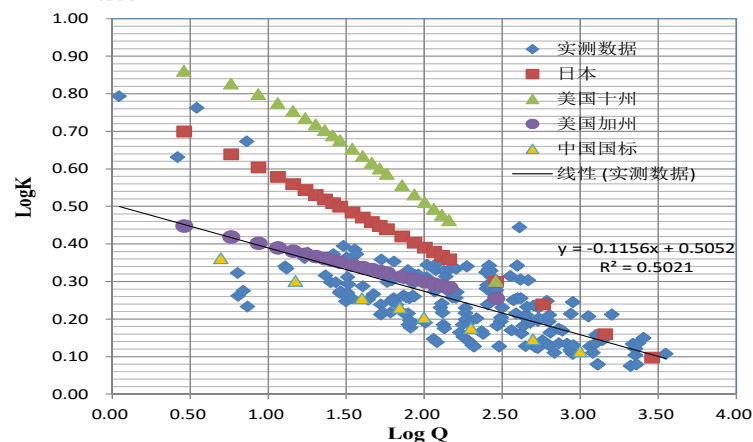
(3) 污水与径流污染控制的系统性

设计流量

表4.1.15 综合生活污水量变化系数

平均日流量 (L/s)	5	15	40	70	100	200	500	≥1000
变化系数	2.7	2.4	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5

根据上海市80座污水泵站2010年至2014年之间的日运行数据拟合规律调整综合生活污水量变化系数，比《室外排水设计规范》GB50014-2006，2016版中表3.1.3的总变化系数数值增加约**15%左右**。拟合结果与与美国加州公式计算值（紫色）最接近，小流量的K值仍低于日本（红色）和美国十州（绿色）的公式计算值。



拟合值与美国、日本标准中变化系数对比

设计流量

4.1.20 分流制截流雨水量应根据接纳水体的环境容量、雨水受污染情况、源头减排设施规模和排水区域大小等因素确定。

【条文说明】截流雨水量应根据接纳水体的环境容量、雨水受污染情况等因素确定。例如，英国南方水务的暴雨溢流控制量中，分流制截留雨水量按2倍旱流污水量确定。

4.1.21 分流制污水管道应按旱季设计流量设计，并在雨季设计流量下校核。

设计流量

4.1.24截流倍数应根据旱流污水的水质、水量、受纳水体的环境容量和排水区域大小等因素经计算确定，**宜采用2~5**，并宜采取调蓄等措施，**提高截流标准**，减少合流制溢流污染对河道的影响。同一排水系统中可采用不同截流倍数。

【条文说明】……截流标准与截流倍数的概念不同，**截流倍数是针对某段截流管或截流泵站的设计标准，而截流标准指的是排水系统通过截流、调蓄共同作用达到的合流污水截流目标。**日本控制合流制溢流污染时，采用的是1mm/h的截流量加上2mm~4mm的调蓄量。**英国**南方水务针对合流制排水体制规定，污水厂最大处理流量（Flow to Fill Treatment, FFT）应为旱季生活污水和工业废水流量之和的3倍，再加上最大地下水入渗量，确保整个系统在满足污水量的变化基础上，还能处理25mm以下降雨产生的径流量。此外，污水厂最大处理流量（3倍旱流污水量）和68L/人的厂内调蓄量（或2h峰值流量调蓄）还可以共同实现6.5倍~8倍旱流污水量的暴雨溢流控制量。

泵站

6.2.1 污水泵站的设计流量，应按泵站进水总管的旱季设计流量确定；污水泵站的总装机流量应按泵站进水总管的**雨季设计流量**确定。

6.2.2 雨水泵站的设计流量，应按泵站进水总管的设计流量计算确定。雨污分流不彻底、短时间难以改建的地区或考虑径流污染控制的区域，雨水泵站中**宜设置污水截流设施**，输送至污水系统进行处理达标排放.....

【条文说明】以上海为例.....为**减少雨污混接对河道的污染**，上海市城镇雨水系统专业规划提出在分流制排水系统的雨水泵站内增设截流设施，旱季将混接的旱流污水全部截流，纳入污水系统处理后排放，远期这些设施可用于分流制排水系统截流雨水.....截流量可根据排水系统实际情况确定.....一般不低于系统服务范围内**旱流污水量的20%**。

污水处理

7.1.5 污水处理构筑物的设计，应符合下列规定：

- 1 旱季设计流量，应按分期建设的情况分别计算；
- 2 当污水为自流进入时，应满足**雨季设计流量**下运行要求；当污水为提升进入时，应按每期工作水泵的最大组合流量校核管渠配水能力；
- 3 提升泵站、格栅和沉砂池，应按**雨季设计流量**计算；
- 4 初次沉淀池，应按旱季设计流量设计，**雨季设计流量校核**，校核的沉淀时间不宜小于30min；
- 5 二级处理系统，应按旱季设计流量设计，**雨季设计流量校核**；
- 6 管渠应按**雨季设计流量**计算。



污泥处理和处置

8.1.5 污泥处理处置设施的规模应以污泥产量为依据，并应综合考虑排水体制、污水处理水量、水质和工艺、季节变化对污泥产生量影响后合理确定。处理截流雨水的污水系统，其污泥处理处置设施的规模应统筹考虑相应的污泥增量，可在**旱流污水量对应的污泥量上增加20%**。

【条文说明】……污泥产生量会受到多种因素的影响而变化，主要影响污泥产生量的因素有：

- 1) 不同的排水体制以及管网运行维护程度造成污水厂进水水量、水质的差异；
- 2) 不同的污水处理工艺产泥量差异；
- 3) 季节交替等因素造成的水温波动从而影响污泥产生量；
- 4) **雨季时的污水污泥增量。**



污泥处理和处置

8.1.6 污泥处理处置设施的设计能力应满足设施检修维护时的污泥处理处置要求，当设施检修时，应仍能**全量处理**处置产生的污泥。

【条文说明】……不同的污泥处理处置设施有不同的运行和维护保养周期，如一套污泥焚烧系统的设计年运行时间一般为7200h。因此必须通过放大设计能力以保证设施检修维护时的污泥处理处置要求……使污水处理产生的污泥得到全量处理处置。



本报告仅供交流学习，
中国城镇供水排水协会2021年会技术交流论坛

谢谢！



上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

SHANGHAI MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN INSTITUTE (GROUP) CO., LTD.