

城市排水管网建设和运营管理若干问题探讨

唐建国

(上海市水务局, 上海 200003)

城镇排水管网肩负着城市防汛排水、污水收集输送的重任,是城市重要的基础设施。现结合自己实际工作,就城镇排水管网建设、运营管理方面存在的几个问题谈一些个人看法,来和大家一起讨论,共同把排水管网的事做好。

1 排水体制选择务必因地制宜

如何选择排水体制是一个城镇排水系统建设首先遇到的问题。合流制和分流制的优缺点众所周知,但是决不存在哪一个先进、哪一个落后的概念。我国幅员辽阔,降雨和地形状况千差万别,所以究竟选择合流制,还是分流制务必因地制宜。一般降雨量小、有一定地形坡度的城镇完全可以选择合流制。另外,一些城镇的老城(镇)区由于历史原因是合流制,而城镇新区是分流制,故许多地方提出将合流制改造成分流制,能改固然好,但是需要充分认识到其改造的难度和实施的可行性。

日本、德国等国家的城市多为合流制,随着水环境质量要求的不断提高,合流制的缺点愈发凸现,所以大阪、横滨、斯图加特、慕尼黑等城市均提出了“合流制等同分流制”的概念。也就是说,通过采取一系列的技术、管理措施,使合流制在雨季排入水体的污染物浓度与本系统如果是分流制时,雨季排入水体径流雨水的污染物浓度。这些措施包括建设调蓄池、提倡雨水渗蓄、加强管道疏通等。横滨总结出在合流制地区按照截流 5 毫米的初期雨水量设置调蓄池,即每公顷服务面积建设 5000 立方米的调蓄池,就能够实现“合流制等同分流制”的目标,这一目标的实现,就是大大减少了合流制排水系统雨季向水体的排放频率和污染物量。

2 雨、污混接已成为城镇排水的一个痼疾

分流制是目前绝大城镇首选的排水体制,主要出基于“正本清源”。如果能够真正实现雨水、污水“各行其道”则实现了城镇排水的最高目标。实际上目前在城镇分流制排水的雨水、污水两个系统中“你中有我,我中有你”的现象是非常普遍的,甚至成为城镇排水的一个痼疾。造成雨、污混接的主要原因有四:居民家中将洗衣机安装在阳台上,通过落水管将污水混接入污水系统;有关部门在实施、管理接管工作时,由于制度不严、管理不严,造成混接;三级管网为合流制,或者采用沿河截污,而二级管网为分流制,造成混接;在实施污水处理系统时,只实施了污水收集管道,而未实施雨水系统。造成其最大的危害体现在两方面,一是由于污水混接入雨水系统,造成污水通过雨水管道直接排入水体。目前由于雨、污混接,而从雨水泵站旱天溢流已成为影响上海河道水质的重要原因;二是由于雨水系统不健全,混接入污水系统的雨水会造成污水厂在雨天超量溢流。对于分流制系统,目前一个尚属有效的办法是,在雨水泵站加污水截流泵,这样可以在旱季将混接的污水截流至污水系统。用一句话概括:“分流制不是设计出来的,也不是建设出来的,而是后天管理出来的。”

在南方水网地区,为了降低雨水系统的造价,往往采用分散排水的模式(上海称为缓冲式排水模式),也就是说雨水结合河道情况,小范围收集后,就近直接排入河道中。这种排水模式,一则暴雨期需要和河道的水位控制结合起来;二则一旦发生雨、污混接,则由于是多出口排放,很难加以

改造，这种排水模式应慎用为好。

另外，在雨水排水系统设计中，有两个设计参数是非常重要的，一是暴雨重现期，二是地面径流系数。实际上一个雨水系统的设计标准是指暴雨重现期，即几年，上海一般采用一年（对应的小时降雨量为 36 mm），特殊地点采用三年（对应的小时雨量为 54 mm）。而在实际设计中，往往将径流系数也作为设计标准，即往往不结合实际，采用较大值的径流系数。由于雨量与重现期一般是对数，或者指数关系，而径流系数是乘积的关系，故径流系数值的大小对管径的影响远大于重现期。尽管采用较大值的径流系数，会得到较大的雨水管径，增强了排水能力，但是，一味采用较大值的径流系数是不科学的，这里体现了科学发展观的问题。雨水排水系统的设计不是孤立的，一定要和服务范围内的地表建设结合起来，也就是说硬化地面越来越大，对城市排水带来的压力也越来越大。故如何将道路、停车场、广场、人行道等等采用可渗水的地面才是科学的。为了提高一个已有排水系统的标准，如果能够从改善服务范围地表特征，降低径流系数，现有管道的排水能力有可能也就提高了。

3 污水收集三级管网建设至关重要

在上海推进污水管网的建设中，将污水管网分为三级，一级接一级。其中，一级管网指污水处理厂的进水总管，其主要将污水管网收集的污水输送至污水处理厂（有的一级管网是很庞大的，如嘉兴市的污水主管网、绍兴市的污水输送管网等均是一级管网）；二级管网指敷设在城镇道路下，接纳道路两侧街坊、小区（工业区）、行政和企事业单位内部污水的管网；三级管网指街坊、小区（工业区）、行政和企事业单位内部污水的管网。

这样分的目的是为了分清责任，一级和二级管网的建设责任主体是政府相关部门；三级管网建设的责任主体则有所不同，新建小区为开发商，工业区和企事业单位内部则为工业区和各单位自身，老的小区，则因开发商走了，只能由当地政府埋单。一级管网一般在实施污水处理厂时，同时实施了；二级管网则随着城镇道路的新建、改建和扩建进行建设，当然目前二级污水管网建设滞后于实际需要，但是造成污水处理厂建成后无水、或者不能够满负荷运行的主要原因是三级管网，从根本上来讲就是三级管网是否完善，故污水收集管网建设一定是一、二、三级管网同步建设。

在南方水网地区，在污水未接入污水管网前，三级管网范围内的污水、雨水往往是一并就近直接排入河道的，而采用沿河截流的方式，实际证明是错误的，一则二级管网是分流制，二则排污口标高也很可能与二级管网标高不一致。没有三级管网，截污治污就是空话，所以三级管网建设至关重要。

另外，从保护水环境的角度而言，即便是二级管网系统是合流制，三级管网系统有条件最好也是分流制。如果能够结合三级管网区域内的雨水渗、蓄和利用，如屋顶雨水收集利用，要比小区所推广的污水再生利用要科学得多，也经济得多，同时，对提高整个外部系统的排水标准和减少对河道污染，均具有重要意义。

4 各类管材均有各自的适用条件

目前应用于排水系统的管材有钢筋混凝土管、塑料管（包括 UPVC、HDPE）、玻璃钢夹砂管等。在国家大力提倡采用新材料管材的推动下，塑料管材和玻璃钢夹砂管得到了广泛的应用。更有甚者称：钢筋混凝土管已过时了，不能够再用了。真是如此吗？实际上每一种管材都有各自的适用条件。新型管材由于与钢筋混凝土管相比，不需要刚性混凝土基础，故施工快捷，而受到青睐。这些新型

管材是柔性管，从柔性管的理念上讲，刚度越小越好，但是其必须与土体成为一体（即所谓的“管土效应”）才能够发挥柔性管的特性，而由于受施工的限制，难于真正做到管土一体，故在实际中需要采用较高的刚度。由于柔性管材实施后，是受动荷载而时时在弹性变化，动荷载越大、越频繁，柔性管材的弹性变化越强和越大，其使用寿命也就越短，所以在快车道下、重车多的道路下应该慎用柔性管材。当然，对于钢筋混凝土管而言，应该停止使用平口类的钢筋混凝土管，而强制采用承插橡胶圈接口的钢筋混凝土管以成为必须。

另外，在选用管材时需要和管道的养护管理结合起来。目前，国外采用高压冲洗车、吸泥车进行排水管道的养护已成为普遍。国内上海、广州、深圳也在大力推广这些机械养护设备。由于高压冲洗车的喷头压力在 160 ~ 200 Ba 以上，国外已证明对塑料管，甚至玻璃钢夹砂管是有害的，会将管壁击穿。正是如此，德国 HDPE 管的管壁厚度在其标准中已做了修改。

各类材料排水管道的施工，最重要的就是接口和回填。在实施管道时，究竟是先实施检查井，还是一边实施管道，一边实施检查井。为了保证接口完全能够完全到位，检查井应该按照管道接口完全到位后的实际长度定位，施工中设计、监理决不能够随意同意施工单位变更井位。为了保证接口能够完全到位，上海一德国设计、监理的工地，其不但先实施了检查井，而且将钢筋混凝土管的混凝土基础在承口处做成凹型，以保证整个管身完全落在基础上，也同时保证接口到位；否则管道是无法接入井内，也无法将承口落在凹槽内。回填是保证管道在运行期间道路不会塌陷，柔性管不会变形。而如果接口不严则回填材料将会通过接口进入管内，特别是在南方高地下水水位地区。对于柔性管回填采用黄砂，一旦管道有渗漏，由于砂是遇水流动的，则就为砂提供了流动路径，砂子就流到管道中，使的管体周围被淘空，影响到管道周围的土体，不但影响管道安全，而且还会对道路安全造成影响，同时，地下水也会大量渗入管道中。因而高质量的回填，是保证管道安全的基本保证，而合格的接口又是保证后期管土一体的基本保证。

目前我国排水管道的施工质量是不能够令人满意的，甚至是令人及其担心的。本来就建设排水管道就缺少资金，今后（或许在不长的时间）就要花费更多的资金去弥补由于管材选用不当、或者施工的缺陷和带来的危害，希望这不是危言耸听。

5 排水管道养护和运营管理责任重大

排水管道养护和运营管理包括定期对管道内积泥的清除、采用摄像设备等对管道质量状况进行检查、评估、提出整治计划、实施修理、整治措施及污水纳管审批、许可等工作。排水管道需要定期疏通，否则积泥不但会影响输水条件，而且如不及时清理排水管道中的积泥，在雨季会将管道中的积泥冲入水体中，污染水环境，而且这种污染是十分严重的。这也是国外在分流制系统中大力推广建设通蓄池（管）的原因。国内行业标准《排水管渠和泵站养护规程》已修订完成，不久即将颁布实施。

管道埋在地下会因种种原因出现错口、开裂、腐蚀、树根进入等，这些均是排水管道的结构性病害，不但影响着排水管道的使用。特别是在流沙地区，将会出现道路塌陷，上海称为“沉管”现象。所以国外已将排水管道的定期检查作为一项正常管理工作，如日本、德国均规定三年，或者五年对排水管道进行一次检查，根据管道的损坏情况，分近期、中期和远期修理、整治计划，对排水管道真正做到心中有数。国内如上海、杭州、广州、深圳已购置了排水管道 CCTV 监测车等设备，上海也颁布了排水管道电视检查技术规程。但是，国内许多城市（镇）连起码的养护队伍都没有，排水管道敷设后，基本上没有养护过，更谈不上对管道的定期检查了。所以有关管理部门要象开车

一样，爱车除了需要经常擦洗外，还要做定期的检查和保养。这一理念更应该灌输给有关领导同志。

6 非开挖修理技术在国内应用前景广阔

排水管道损坏了，就要及时修理，否则贻害无穷。排水管道修理从大的方面讲，可以分为开挖修理和非开挖修理。开挖修理就是开挖后，挖除旧管，重新敷设新管道，这种方法和新敷设管道没有什么区别。非开挖修理顾名思义就是指在不开挖的前提下进行管道修理，这是一种已被国外广泛采用的修理方法，国内也已在尝试使用。上海已在排水管道非开挖修理方面迈出了可喜的一步，几乎所有的非开挖修理技术在上海均得到了应用。非开挖修理技术最大的特点是在充分利用原有管道的基础上，避免因开挖管道对交通和周边居民、商业造成不利影响。尽管采用某些非开挖技术修复管道费用高于开挖修理，但这种费用的计算仅是就工程本身而言的，如果考虑社会的间接成本，非开挖修理的总成本则低于开挖修理，这也就是非开挖修理在国外发展迅速，并被越来越广泛采用和具有很强生命力的原因。

非开挖修理按使用年限可分为临时性修理和长效（永久性）修理；按施工方法可分为注浆法、嵌补法、涂层法、套环法和内衬管法等；按修理部位可分为点状修理和整体修理二个大类。许多管道的损坏仅仅发生在管道接口部位，如果只对接口进行修理，这就叫点状修理（Spot Repair）；如果对一节管道从头到尾都进行修理，这就叫整体修理（whole repair）。按修理目的分：可分为防渗漏型、防腐蚀型和加强结构型三类。实际上，按点状修理和整体修理来划分，是排水管道修理技术分类的一种基本方法。

有许多损坏管道的使用年限还不到十年，管体结构完好，只是接口出现渗漏。对这类管道采用点状修理显然是合理的。早期点状修理的方法比较简单，主要靠人员进入管内进行修理，因此该技术只能用于直径 800 mm 以上的管道。点状修理方法主要有：接口嵌补法、注浆法、套环法、局部树脂固化

整体修理就是对二个检查井之间的管段整段加固修理，可分为二大类：一类是涂层法，另一类是衬管法。涂层法适用于直径 800 mm 以上，以防腐、防渗为修理目的管道。涂层法对结构强度没有增强作用，只能起到防腐和防渗作用。涂层法对管道断面的影响小，价格相对较低，但工期长，质量可靠性较差，施工中管道的清洗处理、温度、通风、人员素质等都会影响修理质量。玻璃钢和 JCTA 是两种在上海都使用过的涂层材料，JCTA 是上海曹阳黏合剂材料厂开发的聚合物水泥基防水材料，涂层中加有一层玻璃纤维网格，柔性较好。

内衬管修理的管道不仅可以防腐、防渗而且可以增加管道结构强度。内衬管法施工速度快，可靠性强，因此已经成为排水管非开挖修理的主流。但造价也相应较高，某些内衬管方法对管道断面的损失比较大。

衬管法主要有：

① 翻转法（Inversion）

俗称袜筒法：安装前在加工厂或者在现场工地按修复管道的尺寸对由化学纤维和高强度塑膜复合而成的软管进行“量体裁衣”，然后对软管进行抽真空，并向软管中涂灌环氧树脂和固化剂。在需修理管段的检查井口处用灌水或者充气的方法使之不断翻转，同时由井口进入管内，然后加热将树脂固化，最后在旧管道内形成独立的树脂衬管。翻转法适用范围广，可用于 200 ~ 2000 mm 的管道，能应付接口错位和管道变形等各种病害，管径损失小，是世界各国应用最多的一种内衬管修理工法。除热水固化外目前又发展了蒸汽加热、喷淋加热和紫外线加热等更节能、施工速度更快的

固化方法。翻转法由于其是后固化成型的，所以其不但可以修复圆形管道，而且也可以修复任意形状的管道，也可以对检查井井体进行修复。在进行排水管道整体修复时，同时对检查井进行修复是非常重要的，否则会由于管体部分的渗漏水路堵塞后，会加剧井体的渗漏，而加速引起事故的发生。

② 整体牵引法

凡采用将内衬管整体由地面牵引进入母管的方法都可以归入牵引法。牵引法适用的管径一般在 600 mm 以下，多数牵引法施工时需要开挖比深度长 3~4 倍的导入基坑。牵引法适用于长距离内衬，在石油和燃气管道中应用较多。牵引法种类繁多，主要有以下几种：滑衬法 (slip lining)：用绞车将略小于母管的塑料衬管直接拖进要修理的管道，是一种最简单的牵引内衬工法。U 型内衬 (U-lining)：将 PE 软管预先折叠成 U 型，然后用绞车牵引进入要修的管道，最后用压缩空气或蒸汽使之复圆并紧贴母管，U 型内衬更适用于给水、石油、天然气之类的压力管。挤压牵引 (商业名：SUBTTERA)：外径等于母管内径的 PE 管被加热并挤压后，管径暂时缩小，然后被牵引进入母管，最后利用材料的记忆效应，让衬管恢复原来直径，紧贴母管。：PE 灌浆内衬 (商业名：TROLINING)：外侧带钉状的 PE 软管折叠成 U 型后从井口被牵引进入母管，然后充气使之复圆，钉状短柱使 PE 管与母管之间保留了一个等厚的空隙，最后向空隙内灌注水泥浆使 PE 内衬定型。PE 灌浆内衬不需要开挖导入基坑，适用管径可达 2 m 以上，上海和苏州已购置了专用设备并完成了多项工程。PE 内衬同样也可以修复井体。

③ 螺旋管内衬 (Rib-Loc)

Rib-Loc 是由澳大利亚人所发明的一种独特的制作塑料管方法。系以塑料材质为板材，以螺旋制管的方式，于施工场地，现场卷制成新管。此种塑料管主要应用于地下污水管线的整治与防洪排水管的埋设。正因此施工法有施工方便、迅速、效果良好等特性，因此广泛的使用在全世界各地，例如美国、德国、日本、苏联、澳大利亚、西班牙、阿拉伯联合大公国等地。Rib-Loc 螺旋制管法，经过多年来不断的发展与改进，开发 Rib-Loc Expanda、Rib-Loc Slipliner 与 Ribsteel 等系列方法。

④ 短管内衬

塑料短管或管片由检查井进入管内，然后组装成衬管，最后在衬管和母管之间灌注水泥浆。上海的几处短管工程实践表明，短管内衬设备简单，速度快，质量稳定，价格低，但管道断面损失比较大。目前国内缺乏专门生产用于内衬的短管或管片是影响短管内衬技术发展的主要因素。

不同的非开挖修理技术适用于不同管径、不同埋深、不同的地质条件、不同的损坏情况、以及经费状况。

按照我国目前的一般情况，大型管道修理采用点状修理比较经济；接口嵌补法虽然质量不稳定而且施工期长，但在某些地质条件较好而经费又不足的地区来说仍然是可考虑的一种选择；在流沙地区采用整体内衬安全性更好；太深的管道如采用牵引内衬则会因导入坑的费用太高而变得不合理；翻转法的质量和适应性都是最好的，但也是最贵的。材料和设备的供应距离也是必须考虑的问题，如果某外国公司在本地没有材料，接到订单后从欧洲发货必然要超过 40 天，这对于大多数抢修工程来说显然是难以接受的。此外，施工单位的素质也是必须考虑的问题，好的工艺和设备同样需要一支好的施工队伍。如何选择最好的修理方法，或许可以用下面的一句话来回答：“合适的就是最好的”。另外，管道修理应该遵循的原则是“阻断水路”，这是保证修理是否成功的关键。

合理选择非开挖修理方法能有效降低工程质量、缩短工期，减少对环境、交通的负面影响。各种修理工法都有其独特的一面，也有共同点，相互可以借鉴贯通。

7 排水管网同样需要新技术来支撑

现在支持排水管网建设、管理的新技术也是层出不穷的。国外发达城市对排水系统已实现了数值化、模型化。国内许多城市也在积极建立各自的排水管道地理信息系统，这对于排水管道的运营管理是非常重要的。

在这里提出几点建议：

① 及早制订“排水管道气密性检查”的相关标准或者规程。目前我国在进行施工后的严密性检查时，采用的是闭水试验，该方法耗水、耗时，特别是对于大口径的管道。当水源缺乏的地区，闭水试验有时是不可能的。而气密性检查，方便、快捷、费用低。本人在《给水排水》2001 年第 11 期发表了《中德两国排水管道严密性检查讨论》可供大家参考。

② 积极建立排水管道地理信息系统 GIS。应结合排水管道的实施、普查建立符合各自实际的 GIS 系统。但是这种系统应该是动态的，这就需要对该系统加以及时的更新、维护，并且在关键点进行测流。有条件的地方可以采用数学模型，利用 GIS 对排水系统进行优化。

③ 积极推广预制检查井。国内目前可选用的管材品种很多，但是，检查井仍然是沿用传统——砖砌，而国家对采用粘土砖早有限制，所以积极推广“钢筋混凝土预制井”和“塑料预制井”势在必行，也是可行的。上海已在开始推广各类预制井，而且也将出台“塑料预制检查井”的施工及验收规程。

④ 合流制改善和分流制系统初期雨水的治理在我国应逐渐提到议事日程。德国、日本等国家的城市，在 80 年代有一个体会，污水处理率越来越高，但是水体环境质量仍然未得到提高，究其原因主要是合流制的雨季溢流和分流制的初期雨水污染。我国目前也遇到了这一问题，故应该积极开展合流制的改善措施和分流制系统初期雨水治理的问题。这里面一个新的理念就是减少雨水径流（如减少硬化地面、屋顶雨水利用、加强管理限制雨、污混接等）、加强管道养护、积极结合绿地、停车场、运动场来推进雨水调蓄池建设。

总之，城镇排水系统是一个系统工程，更是一个涉及多个方面的工程。正如前面所说的径流系数，就是一个涉及城市建设理念的问题，所以在进行排水系统的设计、管理、改造时，应多方面、多角度来考虑。

电话：021-23116449

E-mail: tangjianguoxsh@163.com