

建筑现代化小丛书

中国建筑学会科学普及委员会主编



孔明成 郭连起

城市排水及污水处理

中国建筑工业出版社

中国建筑学会科学普及委员会主编
建筑现代化小丛书
城市排水及污水处理

孙明成 郭连起

中国建筑工业出版社

中国建筑学会科学普及委员会主编

建筑现代化小丛书

城市排水及污水处理

孙明成 郭连起

*

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷（北京阜外南礼士路）

*

开本：787×1092毫米 $1/32$ 印张：1 $1/8$ 字数：23 千字

1981年4月第一版 1981年4月第一次印刷

印数：1—8,900 册 定价：0.11元

统一书号：15040·4055

编 者 的 话

提高整个中华民族的科学文化水平是我国实现社会主义现代化的可靠保证。向广大干部、工人、农民、科技人员和青少年普及科学技术知识，是学会工作的一个不可忽视的重要方面。

建筑业各级党政干部迫切希望学习了解有关建筑业现代化的科学技术知识。为了满足他们这种学习业务知识的渴望，我们组织中国建筑学会的有关专业委员会和一些地方的建筑学会编写这一套《建筑现代化小丛书》，按专题分册陆续出版。

尽管这些专题小册子在付印之前，经过一定范围的试讲，反复修改、补充，在内容上仍不免有疏漏，甚至错误之处。希望读者发现有什么问题，或者有什么建议，能够告诉我们，以便改进和提高我们的工作。

这里，还需要说明，我们这一套小丛书强调除了介绍该方面的基本知识和发展水平之外，还请作者尽可能地结合我国的实际，提出一些见解或建议。既然是作者个人的见解或建议，大家的看法就可能不一致。如果这些小册子能够引起大家讨论涉及到建筑现代化的一些问题，提出积极的建议，供有关部门参考，也就起到了抛砖引玉的作用。

中国建筑学会科学普及委员会

1979年9月

在城市中，由于人们的日常生产和生活活动，不断产生工业废水和生活污水，如果任意排放，就会污染环境，影响生产，传播疾病，危害人民身体健康。由降雨产生的地面径流，需要及时排除，否则就会造成积水，阻碍交通，甚至淹浸工厂、仓库和住宅。因此，使城市排水畅通，污水得到必要的处理，是城市人民正常进行生产和生活的一个重要条件。城市排水及污水处理的工程建设是城市市政工程建设中不可缺少的重要组成部分。

一、排水工程的内容和排水制度

城市排水及污水处理的工程建设包括排水管道和污水处理厂两部分，统称排水工程(又称下水工程)。

排水管道的作用是收集并输送污水和雨水。

污水由室内卫生设备或工厂生产设备排出，经建筑物内的管道、街坊庭院或工厂内部管道流入埋设在城市道路下的排水管道，送往污水处理厂。排入城市排水管道后的生活污水和生产污水统称城市污水。凡对城市排水管道和污水处理厂的正常运行和维护有影响的生产污水，如产生易燃易爆或有毒气体的污水和酸碱污水等等，必须进行适当的预处理，符合《室外排水设计规范(TJ 14—74)》中排入城市排水管道的有关规定后，才允许排入。对含有大量病原体的生产污水和

医院污水，必须严格消毒，灭除病原体。

雨水由设在街坊庭院或工厂内的雨水口收集，经其内部管道流至城市道路下的排水管道，就近排入水体。道路路面上的雨水则由道路两侧雨水口收集。

工厂生产中排出的比较洁净的生产废水，如冷却水等，应尽可能回用。如需排除，可排入雨水管道。

污水处理厂的作用是将城市排水管道送来的城市污水，根据受纳水体的用途，处理到符合《工业企业设计卫生标准(TJ36—79)》以及《生活饮用水卫生标准(TJ20—76)》或《渔业水质标准(TJ35—79)》的有关规定，然后排入水体。若用于灌溉农田，应符合《农田灌溉水质标准(TJ24—79)》。

排水制度一般可分为分流制、半分流制和合流制三种。

分流制(图1)：它具有两个独立的排水管道系统。一个是污水管道，收集生产污水和生活污水，并将其输送至污水处理厂；另一个是雨水管道，收集并输送雨水和洁净的生产

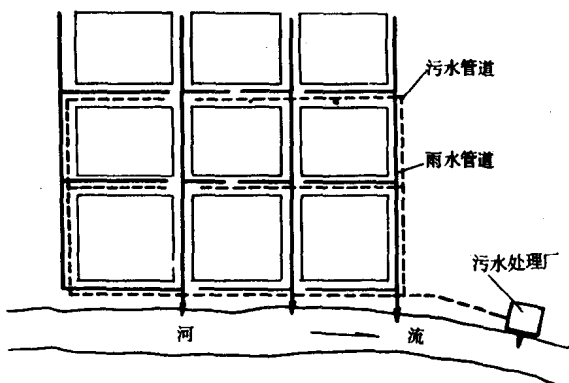


图1 分流制

废水，并将其排入水体。分流制的优点是在建设初期可先修建污水管道，用较少的投资解决危害较大的城市污水污染问题，而雨水则暂用道路边沟或土明渠排除。我国新建的城市排水工程一般都采用分流制。

合流制(图2)：污水和雨水由同一个系统的管道收集并输送。晴天时污水全部进入污水处理厂；降雨时雨水与污水汇集在一起，一部分通过溢流井溢入水体，一部分被截留送至污水处理厂。被截留的流量取决于采用的截流倍数(即开始溢流时所截留的雨水量与污水量之比)。小于这个流量时不溢流，雨水和污水一起流入污水处理厂。截流倍数小，则工程建设费用少，但由于降雨时很多污水随着雨水一起泄入水体，其卫生效果要比分流制的差。截流倍数应根据各地的具体条件确定，并须经当地卫生主管部门同意。一般采用1~5。

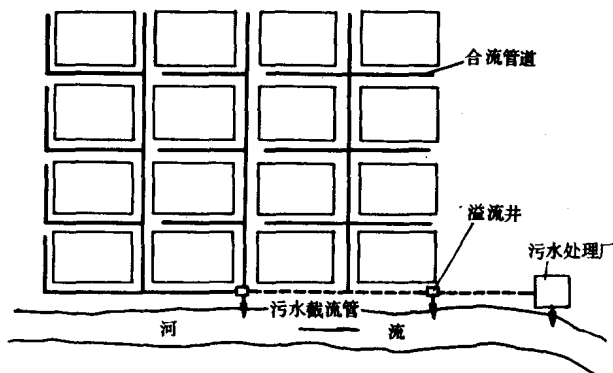


图2 合流制

合流制管道的建设费用比其它制度管道的少，但初期建设费用却比分流制先建污水管道时的大，因为分流制的污水管管径比污水和雨水一起输送的合流管管径小得多。由于部

分雨水进入污水处理厂，其规模增大，因此污水处理厂的建设费用也比分流制的大。我国一些城市旧区现有的排水管道多为合流制，但没有污水截流管和处理设施，污水和雨水直接泄入水体。在改建这些旧区的排水工程中，一般均结合现状，仍采用合流制，但增建污水截流管，把截留的污水送至新建的污水处理厂进行处理。

半分流制(图3)：这种制度基本上与分流制相同，也是具有两个排水管道系统。所不同的是半分流制中的雨水管道在排入水体的出水口前设置溢流井。降雨时，初期雨水挟带地表脏物流入雨水管道，经溢流井截留进入污水管道，与污水一起送往污水处理厂进行处理。雨大时，雨水才由溢流井溢入水体。这种排水制度能获得比分流制更佳的卫生效果，但工程建设费用较高。

排水制度的选择和排水系统的布置，应根据城市规划、

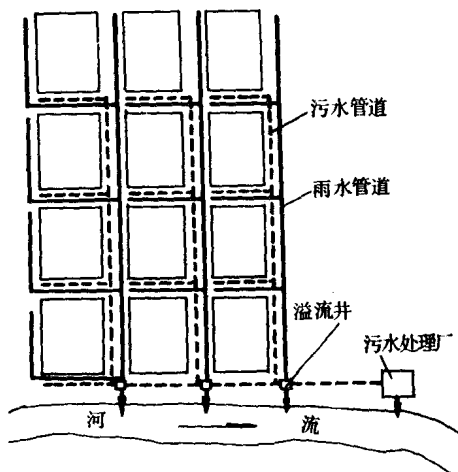


图3 半分流制

环境保护要求、污水利用情况、原有排水设施、水质、水量、地形、地质、气候、水体以及与其它地下管道工程的关系等条件，从全局出发，通过多方案的技术经济比较，综合研究确定。同一城市的不同地区可以采用不同的排水制度。

二、排 水 管 道

为了收集沿途居住区和工厂排出的污水和雨水，排水管道内水流通常是自流的。排水管道一般沿低处敷设，要充分利用自然地形，尽可能使管道的坡度和地形的自然坡度相一致，以减少管道埋设深度。

当管道埋设过深时，应考虑设置中途排水泵站，将污水或雨水提升后，再自流输送。若泵站下游一段沿途没有自流的支管接入，该段排水管也可采用压力流。

当排水管道穿越河流时，可设置倒虹管。

雨水一般应分散就近排入水体。每个排水系统的管渠输送距离应尽可能短，汇水面积宜小不宜大，以减小雨水管渠的断面和埋设深度，节省投资。在洪水期间水体水位升高，雨水不能自流排出时，需设置雨水泵站，经提升后排入水体。

排水管道常用圆形的陶土管，混凝土管和钢筋混凝土管。管径一般不大于2.0米。管道下设基础，一般采用的有土基础、砂基础、灰土基础和混凝土基础等，视地质等条件而定。管道接口一般有抹带、承插和套管三种。抹带接口用于平口或企口管，用水泥砂浆或石棉沥青卷材、沥青胶砂等接口材料在管外抹带封口。承插管用承插接口，接口材料有水泥砂浆和油麻沥青胶砂等。套管接口系在平口或企口管连接处加一个套管，套管与管子之间的缝隙用石棉水泥、油麻石

棉水泥、微膨胀水泥(自应力水泥)或油麻沥青胶砂等填塞。管径较大的企口管,也有在管内用微膨胀水泥填缝封口。在地基松软或有不均匀沉降地段,应采用套管或沥青材料等做成的柔性接口,管道基础也应采取加固措施。大型的雨水管道和合流管道则采用矩形和马蹄形等砖砌、石砌或钢筋混凝土渠道。有些城市采用路边暗渠或明渠排除雨水。在建设初期采用土明渠排除雨水,可减少近期建设费用,但卫生条件较差,维护工作量较大,占地多。

穿越河流的倒虹管,一般不少于两条,通常用铸铁管或钢管铺设在河底。必要时在管道上部需铺砌块石,以防河水冲刷。

由于污水和雨水中含有泥砂、悬浮物以及其它各种污染物,而且排水量又时大时小,当流量小时,管内流速低,水中的固体杂质极易沉积在管道内,天长日久就会缩小过水断面,甚至堵塞管道。

为了维护和疏通排水管道,在管道交接处、转弯处、管径或坡度改变处以及跌水处,均需设置检查井。检查井之间的距离不能过大,最大间距与管径有关。管径小于700毫米,污水管道和雨水管道(或合流管道)的最大间距分别为50米和75米;管径700~1500毫米,分别为75米和125米;管径大于1500毫米,分别为120米和200米。检查井一般为圆形或矩形,采用砖或钢筋混凝土结构。井顶设有人孔,必要时维护工人可从人孔下井操作。

排水管道的管径和设计坡度应通过水力计算确定。为了使排水管道经常保持畅通,减少维护工作量,在设计流量时,管内水流速度应不低于最小设计流速。在最小设计流速下,水流一般能把管内的淤积物冲走,起到管内自动清洗的作

用。污水管管径小于或等于500毫米时，其最小设计流速为0.7米/秒；管径大于500毫米时，其最小设计流速为0.8米/秒；雨水管和合流管的最小设计流速为0.75米/秒；如果雨水采用明渠排除，因清淤方便，最小设计流速可减为0.4米/秒。敷设在城市街道下的污水管最小管径为200毫米，其最小设计坡度为0.4%；雨水管和合流管的最小管径为250毫米，其最小设计坡度为0.3%。

为了避免水流冲刷管壁，损坏管道，管内的水流速度也不能太大。金属管的最大设计流速为10米/秒；非金属管为5米/秒。明渠的最大设计流速视其表面铺盖材料而定，一般为0.8~4.0米/秒。

为了保持污水管道内的通风，及时排除其中产生的有害或易燃易爆气体；使管道保留一部分备用容量，以容纳预计不到的高峰流量；以及获得较满流时为大的流速，污水管道均按不满流设计，即水流不充满整个管的断面，管内上部留有一部分空间。最大设计充满度（管内水流深度与管径之比）为0.6~0.8，随管径而异，管径小，最大设计充满度也小。雨水管道和合流管道则按满流设计。

为了承接庭院街坊或工厂的排水，避免管道被车辆压坏，防止管内水流冻结和土的冻胀损坏管道，排水管道要有一定的埋设深度。在车行道下地面至管顶的最小覆土厚度，一般不小于0.7米。在土的冰冻深度很大的严寒地区，无保温措施的生活污水管道和水温接近生活污水的生产污水管道，其管底可埋设在冰冻线以上0.15米。管道埋设深度对整个排水系统的造价和施工期限影响很大，管道埋设愈深，造价愈高，施工愈困难。当超过一定深度时，常常由于地质等条件变化和施工方法的改变，施工费用大量增加，施工技术也变

得复杂，甚至造成很大的困难，这时就需要设置中途排水泵站，将管内水流提升，以减少管道埋设深度。中途排水泵站设置与否以及设置的具体位置，应从技术经济等方面予以综合分析比较后确定。

地面雨水径流由雨水口收集。雨水口的进水篦一般用生铁浇铸，也有用钢筋混凝土制做。城市道路上的雨水口一般设于车行道两边的侧石下。

排水泵站(图4)分污水泵站和雨水泵站两种，均由集水池和泵房两部分组成，有合建式和分建式两种类型。合建式是把集水池和泵房合建为一个整体，分建式则两部分为各自独立的构筑物。污水或雨水流入集水池后，由设在泵房内的水泵抽升排走。

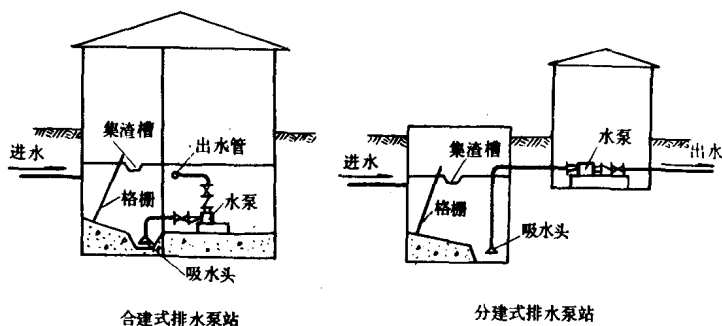


图4 排水泵站

抽升污水采用污水泵，抽升雨水一般采用轴流泵。污水泵房内除工作水泵外，还应设置备用泵，当工作水泵发生故障时，备用泵能及时投入工作。污水泵站水泵的启闭一般用集水池内的水位进行自动控制。城市污水泵站通常不允许间断工作，故应设双电源。当一个电源发生故障断电时，另一

电源自动接入。

泵站应尽量设置事故排出口，供泵站发生严重事故无法工作时紧急排水之用。但污水一旦从事故排出口流出，就会污染周围环境，所以事故排出口位置必须取得当地卫生主管部门的同意。

泵站一般采用混合结构，地下部分为钢筋混凝土结构，地上部分为砖石结构。其平面形状常为圆形或矩形。

三、污 水 处 理

(一)污水性质和污水出路

在城市的“三废”污染中水污染危害最大。污水处理是解决水污染危害的重要方法。如果城市污水不经处理直接排放，就会污染环境。世界上许多国家都因此而发生过城市水源被污染；水体中鱼类减少甚至绝迹，水产资源遭到破坏；蚊蝇孳生以及引起传染病发生和蔓延等事故。

污水处理厂是城市排水工程的重要组成部分。城市污水如何处理，取决于污水的性质和污水的出路。

污水按其形成过程可分为生产污水和生活污水两大类。由于工业生产性质、生产过程、加工原料等不同，所形成的生产污水成分也不同。生活污水即为卫生间的粪便、淋浴水，厨房的淘米、洗菜水及洗衣、拖地水等的总称。为城市中，生产污水通常是与生活污水混在一起流入污水处理厂。有些生产污水与生活污水的性质相近似，可以直接接入城市排水管道同生活污水一起进行处理。另有一些生产污水，成分比较复杂，必须经预处理后，才能排入城市排水管道。此外，若城市排水管道为合流制或半分流制时，天然降水（雨、雪水）

的一部分也将流至城市污水处理厂。

污水来源不同，所含污染物质也多种多样。按污染物质的性质，可分为无机物、有机物和微生物三种。无机物包括泥砂、炉渣和无机盐类等；有机物包括蛋白质、油脂、纤维素、碳水化合物和各种工业有机物等；微生物包括有细菌、病原菌和寄生虫卵等。

按污染物在污水中的物理状态，又可分为溶解性物质、非溶解性物质和胶体物质。

污水中所含的大量有机物，如果供氧充足，在好气微生物（在有空气的环境中才易生长繁殖的微生物）作用下，被氧化分解为二氧化碳和水等无机物。若是缺氧，则在厌气微生物（在无分子氧的环境中生长繁殖的微生物）作用下，开始腐化，被厌气分解为有机酸、氨、硫化氢和其它硫化物等，此时污水呈现使人讨厌的颜色，并发出难闻的臭味。

污水的出路有排入水体和综合利用两种情况。由于出路不同，要求的处理程度也不同。

排入水体的污水需要处理到什么程度，取决于接纳水体的流量、流速、水深等水文情况，水体水质和自净能力，污水排放口至下游用水点（如集中式给水取水点、养渔场、游泳场等）的距离，用户对用水点水质的要求以及环境保护的要求等条件。

污水排入河道后，流经一段距离，由于混合扩散，污水与河水完全混合。这段距离的长短，主要取决于河道的水文情况和污水排放口的形式（集中或分散）。在污水与河水完全混合处以前，参与稀释污水的只是河道中部分河水流量。河道中参与稀释污水的河水流量和污水流量之比称为稀释倍数。

污水排入水体后，在微生物的作用下，有机物逐渐氧化分解成无机物，并消耗水中的溶解氧。同时水体则不断从其

表面吸收空气中的氧，使水中的溶解氧得到补充。水体自身的这种把有机物变成无机物，从不洁变清的净化过程，称为水体的自净。水体本身均有一定的自净能力。当水体污染较轻时，水中仍能保持足够的溶解氧。由于水体的自净作用，流经一段距离后，水体可恢复到污水排入前的清洁程度。但是，当污染程度超过水体的自净能力时，水中缺氧，有机物开始厌气分解，腐化发臭；或者水中虽未缺氧，但下游用水户已无法应用。因此，正确地评价和利用水体的自净能力，既能达到保护环境的要求，又能避免不必要地提高污水处理程度，而浪费大量的建设和运行费用。

当用污水灌溉农田时，污水处理程度应从农作物生长对水、肥的要求和土壤的净化能力等方面考虑，使污水在灌溉过程中既发挥水、肥的作用，同时污水也得到了净化，又不污染环境。国内外一些城市由于用未经处理的污水灌溉农田，曾造成土壤盐碱化、重金属积累、肠道病流行、作物品质下降等等。经过多年实践，现在国外多采用二级处理后的污水进行灌溉。

污水需要处理的程度和污水处理的效果，一般用污染物的去除率和它在处理后水中的含量表示。去除率是指污水在处理过程中所去除的污染物含量与处理前污染物含量之比，以%表示。由于污水中污染物质的组成比较复杂，一般用综合指标悬浮物和生化需氧量(BOD)表示。有时还用化学需氧量(COD)予以补充。污水用滤纸过滤后，截留在滤纸上的杂质叫悬浮物，以干重计。而生化需氧量是污水中的有机物在好气微生物作用下氧化分解所需的氧量。要测定总生化需氧量需很长时间，这在实用上是有困难的，一般以五天作为测定生化需氧量的标准时间，所测得的结果称五日生化需氧量，并以 BOD_5 表示。化学需氧量是污水用强氧化剂重铬酸

钾氧化所需的氧量。指标的单位一般均以毫克/升计，即每升污水所含污染物或所需氧量的毫克数。

(二) 处理方法

处理方法一般可分为机械处理、生物处理、物理化学处理等。采用哪种处理方法，应根据对污水处理的要求来决定。近年来，由于环境科学的发展，为了保护人类环境免遭污水的污染，对污水排放提出了更高的要求，因此，污水处理也向深度或高级处理方面发展。

1. 机械处理

机械处理，即物理处理，也称一级处理，是利用污水中污染物的物理性质将其去除。这种处理方法去除污染物的效率较低，悬浮物的去除率约为50%，五日生化需氧量一般去除25~30%。

在机械处理流程(图5)中，首先遇到的是由等间距的平行金属栅条组成的格栅，用以截留较大颗粒的污物，如棉丝、破布、大块砖石炉渣以及碎纸木块等物，以防堵塞水泵或其后的处理构筑物。栅条间距的大小按后续处理工序要求确定。被格栅截留的污物可人工或机械清除。采用机械清除的格栅称机械格栅，国外已普遍采用，国内也已开始使用。格栅截留的污物，在国外一般用磨碎机磨碎后，投入污水中，与污水一起进行处理。磨碎机国内正在试制。

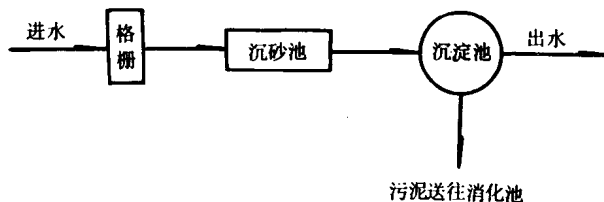


图5 机械处理流程

污水中颗粒较小的不溶解矿物杂质主要为砂、炉渣等，由于它们的比重较大，易沉淀，可在格栅后设沉砂池将其去除，不使它们沉积在后续的处理构筑物中，妨碍处理厂的正常运行。

沉砂池有平流式和竖流式。矩形平流式沉砂池是较常用的一种(图6)，其工作原理是污水以一定流速通过沉砂池，使较重的无机杂质沉于池中，而有机杂质仍随水流走。污水在池中停留时间为半分钟到几分钟。池底沉渣可借助于重力从沉砂池中排除，国外则普遍采用砂泵、水力提升器、抓斗、螺旋输送器等机械设备从池中清渣。排出的沉渣送至晒砂场晒干。

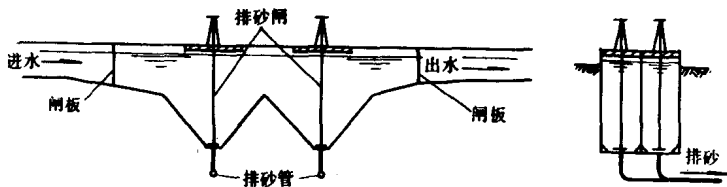


图6 矩形平流式沉砂池

控制沉砂池中水的流速是保证沉砂池具有良好运转效果的重要因素。过去采用的平流式或竖流式沉砂池，由于受水量变化的影响，往往处理效果不佳，沉渣中含有很多有机物，不易处置。近来国外多采用曝气沉砂池。由于水在其中的流速可通过曝气强度加以控制，受水量变化的影响小，沉砂效果较好，沉渣中有机物很少，晒干后可用于填坑。

污水中含有的大量可沉降的有机悬浮物，则需要用沉淀池将其去除。

沉淀池是圆形或矩形的水池，按水在其中的流向可分为平流式(图7)、竖流式(图8)和辐流式(图9)三种，其工作原理是污水进入沉淀池后，由于流速很小，悬浮物以自身的