

# 工厂预制混凝土方涵生产工艺及装备介绍

中国混凝土与水泥制品工业协会排水专家组 褚建中

## 一、概述

近几年来,我国频繁出现城市内涝的困境,一场暴雨就可以使整个城市陷入瘫痪,道路被淹,居民的生命及财产受到严重威胁。城市雨水内涝问题的频繁出现和危害程度逐渐呈高发态势。针对我国地下管网严重落后于经济发展的现状,为加大城市管网建设和改造力度,国务院及国务院办公厅连续发文(国发[2013]36号——关于加强城市基础设施建设的意见;国办发[2013]23号——关于做好城市排水防涝设施建设工作的通知),指出市政地下管网建设改造要加强城市供水、污水、雨水、燃气、供热、通信等各类地下管网的建设、改造和检查;开展城市地下综合管廊试点,用3年左右时间,在全国36个大中城市全面启动地下综合管廊试点工程;中小城市因地制宜建设一批综合管廊项目;新建道路、城市新区和各类园区地下管网应按照综合管廊模式进行开发建设。

城市供水、排水防涝和防洪设施建设要加快雨污分流管网改造与排水防涝设施建设,解决城市积水内涝问题。将建筑、小区雨水收集利用、可渗透面积、蓝线划定与保护等要求作为城市规划许可和项目建设的前置条件,因地制宜配套建设雨水滞渗、收集利用等削峰调蓄设施。

2014年底前,要在摸清现状基础上,编制完成城市排水防涝设施建设工程规划,力争用5年时间完成排水管网的雨污分流改造;用10年左右的时间,建成较为完善的城市排水防涝工程体系。

加快推进雨污分流管网改造与建设。要在雨污分流区域加大雨、污分流排水管网改造力度,暂不具备改造条件的,要尽快建设截流干管,适当加大截流倍数,提高雨水排放能力,加强初期雨水的污染防治。新建城区要依据《“十二五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划》和有关要求,建设雨污分流的排水管网。

根据文件要求,我国市政地下管网的现状以及发达国家地下管道工程的发展过程证明,预制混凝土方涵在工程中有大量应用,并将在以后的城市建设中发挥巨大作用。

预制箱涵应用的类型(如图1~图9所示):

**大型排洪道、城市雨污水管道** 在地下水位较高的城市,大型圆形断面管道的铺设易产生水流倒灌,而箱形管道可以根据工程的地理环境等各项条件,合理地调整箱形管道的宽度和高度,满足输送介质的流量要求和合理地占用地下空间;大型主线的污水管道中,为便于清淤和收集污物,除设置检查井以外,另间隔设置集污沉井,相比大口径圆管,方涵更容易设置集污沉井,同时抗渗要求也更



图1 预制混凝土方涵



图2 地下集水槽

能得到保障。

**大型蓄水槽** 随着“适当加大排污、排水管径，同时加强城市区域蓄水设施建设，形成‘蓄排结合’的防治体系”的提出，学习发达国家的先进经验，大型建筑物或广场地下建有大型蓄水槽，可快速蓄水，有效防止城市暴雨时产生的局部内涝，同时可节约水资源，用于消防和绿化浇灌。我国部分大城市已着手设计采用大型方涵或大口径管组成的地下水库方案。

**综合管廊** 为避免由于敷设和维修地下管线频繁挖掘道路而对交通和居民出行造成影响和干扰，降低路面多次翻修的费用和工程管线的维修费用，保持路面的完整

性和各类管线的耐久性；方便各种管线的敷设、增减、维修和日常管理；有效利用道路地下空间，节约城市用地；减少道路的杆柱及各种管线的检查井、室等，优美城市的景观；将城市电力、电信、热力、天然气等通用管道合理的集中放置在综合管廊内，与现有状况相比，可加快施工周期，节约城市建设费用，合理使用地下空间，便于于设施的维护保养，一般由预制混凝土方涵构成的综合管廊优势明显。

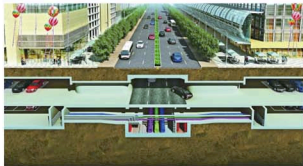


图3 地下综合管廊



图4 现浇成型管廊

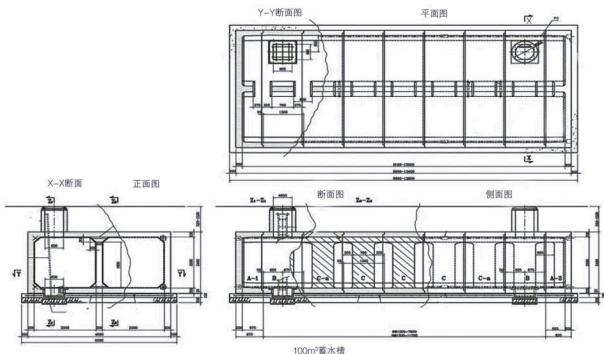


图5 蓄水槽产品及施工方案图

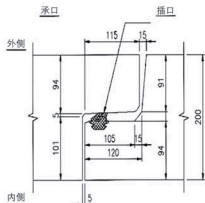
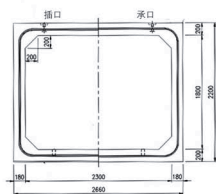


图6 方涵接口



图7 浇注成型



图8 芯模振动成型



图9 高频竖向成型

**其他市政应用** 为加快施工周期, 提高工程质量, 减少施工费用, 预制混凝土方涵被广泛地应用于地下人行通道、机动车地下隧道、小型车库。

由于应用广泛和不可替代的优势, 预制混凝土方涵在一些城市的重点工程中得到使用, 如上海世博会地下综合管廊、沈阳浑南开发区城市共用管廊、广州大学城地下综

合管廊、首都机场地下物流通道、厦门开发区城市综合管廊、地下通道等, 但受到建设资金不足、技术规范不健全等条件制约, 我国预制混凝土方涵的应用仍处于起步阶段, 大量的需求将在今后几年发生。

国内目前采用的混凝土方涵工程中, 多数为现浇成型, 而工厂预制混凝土方涵与现场浇注比较, 具有更大的优势, 见表1。

按不同的功能要求、施工方法、地质条件等, 混凝土预制箱涵种类繁多, 目前国内还没有混凝土预制箱涵产品标准, 在工程中的方涵产品要求一般根据工程要求, 设计部门制定方涵产品规格, 产品质量及验收标准按地方或企业标准; 综合管廊工程中的方涵产品参照由住房城乡建设部发布自2012年12月1日起实施的《城市综合管廊工程技术规范》(GB50838-2012), 由于该规范主要为工程技术要求, 方涵产品没有详尽的技术要求与规定。

目前国内混凝土预制箱涵应用主要存在以下问题:

表1 工厂预制混凝土方涵与现场浇注主要指标对比

	工厂预制成型	现浇成型
产品质量	生产规范, 检验手段齐全, 产品质量易控制	产品质量不易控制
产品成本	用材可控, 产品成本低; 如采用立即脱模成型工艺, 可进一步下降产品成本	产品成本高
产品规格	受运输限制, 一般生产3m以下方涵	可生产任意规格产品
施工周期	出厂产品可立即铺设施工, 施工周期短	产品生产与施工合一, 支模、浇注、养护、拆模等工序均在开挖后的同一处完成, 施工周期长
施工方式	开挖敷设, 顶进施工	开挖敷设
综合成本	综合成本低, 社会效益好	综合成本高

(1) 产品分类、外观、外形和有效尺寸不统一, 各工程、各生产厂、各地要求均不统一, 造成生产机具设备浪费, 同时给施工、设计带来很大难度。

(2) 产品质量要求不一致, 无法详细约定。在大部分地下方涵工程中, 使用与制造双方根据工程及制造情况约定产品质量要求, 一般不太详尽, 多有边施工、边修改的情况。

(3) 施工设计没有依据。设计单位一般不采用没有国家行业标准的产品, 地方标准或企业标准缺乏权威, 产品推广应用困难。安徽合肥滨湖开发区城市共用管廊工程就是由于此原因, 最终采用3000mm圆管, 管材制造技术依据套用《钢筋混凝土排水管国家标准》(GB11836-11837-89), 并加以其他技术约定。

(4) 检验、测试数据无法判定结果, 给产品合格检验、工程质量验收带来很大困难。

值得期待的是, 《混凝土预制方涵》产品国家行业标准的制标申请已由“苏州混凝土水泥制品研究院”和“苏州科星混凝土水泥制品装备公司”提出, 现已由国家工业和信息化部批复同意制标, 预计2014年底完成, 同时将配套设计《产品结构及配筋参考图集》。

## 二、工厂预制混凝土方涵产品

用于综合管廊工程的工厂预制混凝土方涵的综合管廊大致可分为干线综合管廊(管廊内可包括电力、热力、通信、燃气、给水、排水管线, 一般为双仓或三仓结构); 支线综合管廊(分配于管廊内的管线致使用点, 一般为单仓或双仓结构); 缆线综合管廊(管廊内可包括电力、通信、道路照明电缆等管线, 多采用单仓结构)。方涵内壁设

钢构预埋件, 底部多有排水明沟、间隔设集水坑。

用于地下集水槽的工厂预制混凝土方涵为单仓结构, 间隔设淤泥沉淀井。

根据生产技术及运输条件, 工厂预制混凝土方涵一般为断面4000mm×3000mm以下的单仓或双仓结构产品。

接口型式多样, 与混凝土排水管道相似, 根据施工方式, 明挖敷设的多采用柔性企口型式; 顶进施工多采用钢承口接口型式; 不采用平口接口型式。为确保管接口部分的抗渗性能, 多采用PC钢棒或钢筋对管与管间锚固涨紧; 接口间普遍使用遇水膨胀橡胶密封。也有采用单胶圈或双胶圈密封型式。

一般工厂预制混凝土方涵的混凝土强度要求不低于C30, 采用PC钢棒或钢筋对管与管间锚固涨紧的方涵的混凝土强度要求C40以上。构件混凝土壁厚普遍采用1/10或以上。

## 三、工艺及装备

工厂预制混凝土方涵的生产成型工艺一般为浇注(加辅助振动)成型、芯模振动成型、高频竖向振动成型等成型工艺方式。

### 1. 浇注(加辅助振动)成型工艺

浇注成型工艺的的优点为成型工艺简单、小批量生产灵活、产品外观光滑、漂亮, 可生产大规格和多孔方涵产品。缺点是规模生产时模具投入大、产能小、工人劳动强度大, 相对另外两种工艺方式, 原辅材料、人工及其他生产成本高。

### 2. 芯模振动成型工艺

芯模振动成型工艺采用干法生产, 芯模高频整体振动

由于芯模振动成型原理方式为激振力横向传递、沿法线方向激振力衰减,在生产方型构件时混凝土所受激振力强度大小不一,四直角处所需振力要求最高,实际传递的振力最小。通常芯模振动成型工艺不生产大口径的预制

生产的工艺方法及工艺程序与成型钢筋混凝土排水管相同,在插口成型时有所不同,芯模振动混凝土排水管的插口成型时对插口部分的混凝土施加压力,通过碾压压机、成型盘的下压定位及抖动使混凝土排水管道形成插口;在混凝土方插口成型时碾压压机、排水管道成型盘对插口部分的混凝土施加单纯的压力,配合芯模振动提浆定

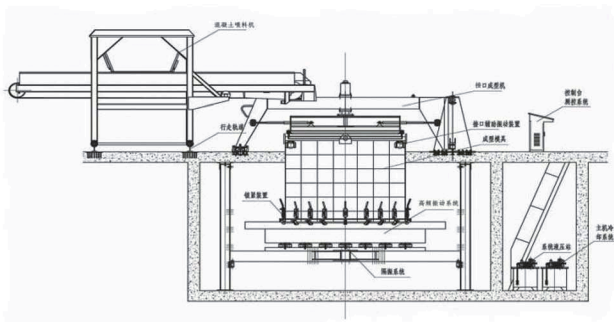


表 2 預制混凝土方涵成型工艺比较

	立式芯模振动	高频竖向振动	浇注
生产效率	高	高	低
劳动强度	低	低	高
自动化程度	高	高	低
产品规格	<2500×2500, 单仓	<4000×3000, 1~3仓	大, 多仓
生产占地面积	小	小	大
生产成本	低	低	高
设备一次投入	中	高	低
设备总投入	低	低	高
废浆、污水	无	无	多
模具数量	一套模具多个底托	一套模具多个底托	多
养护条件	可自然养护	可自然养护	蒸气养护
产品质量	好	好	好
外观	一般	一般	好

型插口。

### 3. 高频竖向振动成型工艺

高频竖向振动成型工艺主机采用大型高频板式竖向振动原理,可预制混凝土检查井和箱涵;接口部分辅助加压振动,瞬时脱模,由于也是高频干法生产,具有与芯模振动成型工艺一样的优点。

高频竖向振动成型工艺由于同一平面上的受振情况一致,所以能成型大口径的多仓混凝土方涵,最大可达 $4000\text{mm} \times 3000\text{mm} \times 1500\text{mm}$ 混凝土方涵。

由于竖向垂直振动受重力影响及整体设备参振部分质量大,竖向振动成型的激振力衰减比横向传递激振力的芯模振动要快。所以输出能量也就是设备的装机容量大,生产一个 $3000\text{mm} \times 3000\text{mm}$ 的方涵需 $600\text{kN}$ 的激振力。此工艺成型方式最适合制造平面面积大、竖向矮的混凝土制品。

该工艺方式生产的制品与芯模振动成型工艺相似,生产的制品强度高、抗渗性能好,生产大小混凝土方涵的适应性强,模具费用低。但产品表面不如浇注成型工艺生产的制品光滑,主机设备一次性投入较大。

生产设备主机示意图如图10所示。

### 结语

随着国务院相关文件的逐步落实,我国地下管网建设的全面发展,今后几年甚至是更长时间内,各种用途的混凝土方涵需求量将非常巨大,而“工厂预制装配式钢筋混凝土箱涵”由于相比“现浇钢筋混凝土箱涵”在生产、施工、质量、综合造价等各方面的优势,在国内必将进入一个大的发展时期。希望水泥制品企业在新产品时根据自身及市场的实际情况合理选则生产工艺,加大产品的市场开发力度,带动行业健康持续发展。