

# 城市排水管网潜水作业的实践与体会

李通

上海誉帆环境科技有限公司

潜水作业在江河湖海中有着广泛的应用，在市政排水领域也不可或缺，实际施工中，潜水作业在排水管道清淤，临时排水，管道检查、维修等各个环节均发挥着重要的作用。目前上海市在排水管理处的领导下，在排水行业协会的组织下已经形成行业有需求，作业有标准，资质有审核，人员有准入的体系。本从行业从业者的角度介绍了潜水作业在市政排水行业中的应用。

## 一、上海市政排水管网现状

管道被誉为城市的“血管”，是城市重要的基础设施，担负着雨、污水排放的功能，也是城市“吐故纳新”的重要保证。城市的污水、废水以及雨水等通过排水管道输送到指定地点处理，同时也承担城市排港、防洪的重要作用，是城市现代化程度的重要衡量标志。

上海地处东海之滨，长江入海口，截止 2015 年底上海的排水管网总长度超过 25000 公里，在过去的 10 年时间管道设施总量几乎翻倍，这对排水管网管理提出了更高的要求，客观上有越来越多的管道需要养护维修作业；与此同时，上海正在积极推进“管养分开”，让专业的人做专业的事，主观上要求我们不断提升自身的专业水平，才能在激烈的竞争中留有一席之地。

上海地面高程大约在海拔 3-5 米之间，管道埋深一般在 3-10 米，上海的地下水位很高，多数地区地下水位距地面仅一米多，因此多数排水管道均铺设于地下水位以下，这造成了排水系统高水位运行，特别是中心城区苏州河沿线多个排水系统靠泵站强排入河，而平时排水管道均满水，打开井盖水面距离地面仅有几十公分，管道的日常养护、检查、维修各种作业都需要潜水配合方能实施。比如我公司所在的长宁区，其中芙蓉江系统、剑河系统等 8 个分流制排水系统的雨水管道均常年高水位运行，平时管道内水位高、流速低，极易形成管道淤积，如果没有潜水作业，管道清淤、管道检测等工作都无从开展。

## 二、潜水作业资质与资格

作业环境和作业条件的制约要求我们建设适应市场需求的潜水作业队伍，市排水处将排水管道维护领域，按照作业内容的不同分成：排水管道养护维修作业养护类、检测类、特种类、潜水类等不同的资质（备案制）类型，对公司定期审查的同时，要求从业人员持证上岗，定期培训。目前上海市从事排水设施维护潜水作业企业已有 40 多家。

以上海市排水设施维护潜水作业企业作业证明为例，从业企业的主要经营负责人和项目上的安全生产管理人员须通过上海市安监局组织的安全培训。

潜水作业本身专业性强，危险性高，每一个合格的市政排水维护领域的潜水员都须经过潜水技能培训、排水行业培训、密闭空间培训等多重考验。其中，潜水员培训须经过至少半年的理论与实践学习；有毒有害有限空间作业则主要针对受限空间作业；另外上海排水处与

排水行业协会组织的“排水行业潜水作业基本知识和安全技术”培训则是在专业技能的基础上针对行业特点从安全角度进一步强化学习。

### 三、潜水作业在排水管道维护领域的应用

#### （一）潜水装备

排水行业用的潜水装备与深海打捞行业有所不同，通常有重装潜水装和轻装潜水装两种。前者适用于45m内水深作业，而后者只能适合水深12m内的水下作业。

如下图所示，重潜水装具有头盔、潜水衣、压铅和铅底潜水鞋等组成。使用重装式潜水装在水中工作时必须脚踏水底或实物，或手抓缆索，不能悬浮工作，由于放漂（即在水底因潜水服中气体过多，失去控制而突然急速上升）的危险性大，所以重装式潜水装已逐渐被轻装式取代。

浅潜水又称作轻装式潜水，它的装具通常由面罩(或轻便头盔)、轻装式潜水衣等组成，如下图所示。轻装型干式潜水服，其帽子、衣服、裤子和靴子连成一体，背后装有水密拉链，穿着方便，密封性能好，在潜水服内还可穿着保暖衣服，保暖性能优良，尤其适合水温较低的各种潜水作业。同时也可与潜水装具配套使用，水下活动灵活，被排水管道检测普遍使用。

#### （二）潜水检查

潜水检测是为进行查勘排水管渠的情况而在携带或不携带专业工具的情况下进入水面以下的活动。

在很多地下水位高的城镇，特大型和大型管一般情况下断水和封堵有困难，同时管道运行水位也很高，包括倒虹管和排放口，采用潜水员进入管内的检查往往是不二选择。潜水员通过手摸或脚触管道内壁来判断管道是否有错位、破裂、坝头和堵塞等病害。潜水员发现情况后，应及时用对讲机向地面报告，并由地面记录员当场记录。由于该种方法是肢体感觉的判断，有时带点猜测，检测结果的准确性和可靠性无法与通过视觉获得的信息相比，全凭下潜人员口述，因此在不完全确认的情况下，还须采取降水等措施，实现视觉或摄像等获取真实现状。

潜水检测工作一般要遵循下列原则：

- 1、潜水员一般从上游检查井进入管道开始检查，顺坡缓慢行走，为的是节省体力；
- 2、潜水作业人员必须熟悉使用信号绳的规定及事先约好的联络信号。特别是在深水、流急及管道、水库处作业必须系信号绳，以备电话发生故障时，可利用信号绳传递信号；
- 3、潜水员在水下作业时，应经常与地面电话员保持联系，将手摸到的和脚触到的情况随时报告给地面电话员。遇有险情或故障，应立即通知水面电话员，同时保持镇静，设法自救或等待水面派潜水员协作解救；
- 4、潜水员在水下工作时，必须注意保持潜水装具内的空气，始终保持上身（髌骨以上）高于下身（髌骨以下）防止发生串气放漂事故；
- 5、潜水员水下作业应配带潜水工作刀，在深水中作业应尽可能配备水上或水下照明设备。

6、作业水深超过 12 米，潜水员上升必须按减压规程进行水下减压；水深不足 12 米，但劳动强度大或工作时间长，也应参照减压标准进行水下减压。

### （三）潜水清淤

管道清淤是排水管道养护的主要工作之一，DN1200 或以上的污水主干管，大型的雨水箱涵是市政排水管道领域疏通清淤工作量大、难度高的管道，高压射水疏通在这种大型管道清淤工作中效果甚微，而管道中长年堆积的有机物经过厌氧发酵形成溶解于水中的有害物质，即使能够降低管道水位，人员也不敢轻易下井作业，这时携带正压式呼吸系统或者地面供气的潜水作业优势尽显。

根据《城镇排水管道与泵站运行、维护和安全技术规程》CJJ68-2016 中相关规定：采用潜水作业的管道，其管径不得小于 1200mm，流速不得大于 0.5m/s，潜水清淤多数情况下只清理检查井井底淤积，满水情况下如果要进入管道内作业，进入距离一般也不超过 5 米。如果管道口径大，淤积位置距离检查井远，则应在一定的降水措施下，仍然由潜水员下井清淤。

### （四）潜水封堵

高水位运行的管道如需要采取工程措施，比如清淤、CCTV 检测、开挖或非开挖修复，都需要局部断水作业。目前主流的临时封堵措施有两种：1) 气囊封堵，适用于电视检测、高压射水疏通养护作业等，它的特点是施工时间短，无需人员下井，恢复通水速度快，即使汛期也不影响防汛安全；2) 砖墙封堵，适用于管道修复、管道新建等，但砖墙封堵的养护期时间长（2-3 天），拆除时间也长（1 天），为保证防汛和排水安全，砖墙封堵一般需要配套临时调水措施。

#### 1、潜水气囊封堵

进行潜水气囊封堵一般按照以下流程进行：

（1）连接好三相电源，调试空压机，检查空压机气压表至正常气压；

（2）医用氧气瓶装氧气表和气管并与空压机连接好当应急气源用；

（3）潜水员穿好潜水装备，调好对讲系统，进入管道做第一次水下探摸，并检查管道内是否有杂物毛刺，并做清理至符合气囊安装条件；

（4）检查气囊表面是否干净，有无附着污物，是否完好无损，充少量气检查配件及气囊有无漏气的地方。确定正常方可进入管道内进行封堵作业；

（5）管道的检查：封堵前应先检查管道的内壁是否平整光滑，有无突出的毛刺，玻璃，石子等尖锐物，如有立即清除掉，以免刺破气囊，气囊放入管道后应水平摆放，不要扭着摆放，以免窝住气体打爆气囊；

（6）做气囊配件连接及漏气检查：首先对管道堵水气囊附属充气配件进行连接，连接完毕后做工具检查是否有泄漏处。将管道堵水气囊伸展开，用附属配件连接进行充气，充气充到基本饱满为止，压力表指针达到 0.03MPa 关掉止气阀，用肥皂水均匀涂在气囊表面上，观察是否有漏气的地方

(7) 将连接好的管道堵水气囊里面的空气排出，竖着卷一下，通过检查口放入，达到指定位置后，即可通过胶管向气囊充气，充气至规定的使用压力即可。充气时应保持气囊内压力均匀，充气时应缓慢充气，压力表上升有无变化，如压力表快速上升说明充气过快，此时应放慢充气速度，将止气阀稍微拧紧一些，以减轻进气速度，否则速度过快，迅速超过压力很有可能就会打爆气囊。

## 2、潜水砖墙封堵

潜水砖墙封堵作业主要材料为砖块、快速水泥、黏土、沙浆、一小节预留短管。小管道作业时墙体可采用单层砖墙封砌，大型管道（一般管径大于 DN1000）建议采用双道或三道墙体以增加管道封堵的安全性。由于墙体和黏土水泥完全硬化需要 1-2 天的时间，所以墙体初封时都设置预留短管，以供临时排水，预留短管的位置宜在管道封堵的下半部分，这样可以减少墙体两侧的水位差或水流较急时对墙体产生的压力。待黏土水泥完全结硬（一般需要 2-3 天）墙体结构性稳定后，可再次下井将预留短管封死，墙体封堵即高完成。

拆除砖墙时需先打开预留短管，使墙体封堵两侧水位齐平，不再有水位差，之后再拆除墙体。

大管道作业时需注意留出充分的时间待黏土水泥结硬，拆除时完全拆净，不留残余坝头。

## 四、潜水作业安全要点

潜水作业工作是一项极其危险的工作，保护好潜水检测人员的生命安全至关重要，在检测过程中应该注意以下事项：

(一) 潜水供气胶管可根据作业环境选择漂浮式或重型胶管。排水管道检测中，应采取漂浮式胶管，但在水较深、流速较大的管道内作业时宜采取用重型胶管；

(二) 潜水装备应建立保管、使用档案。潜水衣、头盔、供气胶管要定期检查和清洗消毒，凡达不到安全强度要求的应报废停用；

(三) 潜水员和井上监护人的默契是施工效率的保证，否则潜水员在水下得不到相应的支持，即使等待也会无谓地耗费体力，拖延整个项目的进度；

(四) 潜水配合，不论是封堵气囊、砖墙，还是管口清淤、水下摸排往往是项目的起点，潜水作业的工作结果与整个项目的进度、安全、质量息息相关；

(五) 潜水作业的装备在现场的供氧设备上连接另一套应急供氧设备，不但起到保证工作期的作用，更重要的是人员安全的保证。

## 五、潜水作业应用实例

### (一) 长宁区排水管道雨污混接调查

长宁区排水管道雨污混接调查项目是上海市自发布雨污混接改造行动计划以来全市首个通过正式验收的混接调查项目。项目采用了电视、声呐、潜水等多种手段。上图即为延安西路上 DN2000 大型雨水管道连接关系的摸排现场，施工时由于管道高水位运行，且泵站无法配合降水，延安西路又是长宁区与闵行区的行政边界区，与排水系统边界有偏差，为准确确认管道的连接关系，我单位采用潜水排摸解决问题。

## （二）汧崇公路 DN1800 非开挖 CIPP 内衬修复

汧崇公路 DN1800 污水干管非开挖 CIPP 整体内衬修复是国内目前为止管径最大，一次修复作业施工距离最长的管道修复项目。修复管道是市级污水主干管，日通水量 5-6 万吨，修复前管道多处接口存在内渗漏现象，导致地面凹陷，临近管道已经数次坍塌。修复时管道无法实现断水，后经研究决定管径大、深度深的潜水砖封采用 80cm 厚墙体，分两次封堵，预留两个 DN300 管道待墙体稳定后再封死。项目于 2015 年春节前顺利完成。

## 六、市政排水领域潜水作业展望

我公司专门从事市政排水管道维护，主要包括管道养护、管道检测、非开挖修复等，潜水作业在上述各项工作中均发挥着重要作用。我们在广东、福建、浙江、重庆等城市设有分公司，在舟山、镇江、南通、长沙、泉州、福州、中山等多个城市设有项目部，其中多数城市没有排水管道潜水作业的专业人员和公司，我们就集合上海总部的技术力量把我们的专业技术连同潜水作业方法带到其它城市，解决了大量城市排水管道运行维护中产生的问题。特别是在东南沿海城市、地下水位高的城市、沿江沿河沿湖地区，排水管道有着相似的运行环境和施工条件，潜水作业的需求是普遍的。我们看好这个行业，将继续把我们的技术做精、做强，得到更广泛的市场认可。