

水工程构筑物施工

当前,我国给水排水工程建设事业迅猛发展,在各类水池、沉井、地下和地表取水构筑物等水工程构筑物的建造过程中,创新出了许多新工艺、新设备、新材料,在施工技术和施工组织上也积累了丰富的实践经验。由于水工程构筑物本身具有多样性、地区性及不同的施工条件,因此产生了种类繁多的施工工艺和方法。本章将介绍常见的几类水工程构筑物的施工要点。

5.1 现浇钢筋混凝土水池施工

5.1.1 提高水池抗渗性能的措施

水工程构筑物由于多用于储水且多数埋于地下或半地下,一般都要求承受较大的水压和土压,因此,除应满足结构强度外,还应保证它的防水性能,保证在长期正常的使用条件下具有良好的水密性、耐腐蚀性和抗冻性等性能。用于浇筑水工程构筑物的混凝土多采用外加剂防水混凝土和普通防水混凝土。

1. 外加剂防水混凝土

外加剂防水混凝土是指拌制混凝土时掺入适量外加剂,从而达到改善硬化后的混凝土内部组织结构、增加密实度、提高抗渗性的目的。

2. 普通防水混凝土

普通防水混凝土就是一种在普通混凝土骨料级配的基础之上,通过调整和控制配合比的方法,提高自身密实度和抗渗性的混凝土。普通混凝土具有非匀质性,其内部分布有许多大小不等且彼此连通的孔隙。由于孔隙和裂缝是造成渗漏的主要因素,因此提高混凝土的抗渗性的关键手段就是提高其密实度、控制孔隙、减少裂缝。

普通防水混凝土是一种富砂浆混凝土,强调水泥砂浆的密实性,使具有一定数量和质量砂浆能在粗骨料周围形成一定浓度的良好的砂浆包裹层,从而将粗骨料充分隔开,混凝土硬化后,密实度高的水泥砂浆不仅起到填充和黏结粗骨料的作用,而且能够起到切断混凝土内部沿石子表面形成的连通毛细渗水通道的作用,使混凝土具有较好的抗渗性和耐久性。由此可见,普通防水混凝土具有实用、经济、施工简便等优点。为了保证普通防水混凝土的抗渗性,在施工过程中应注意以下三个方面的问题:

1) 选择合适的施工配合比

应合理选择、调整混凝土配合比的各项技术参数,通过试配求得符合设计要求的防水混凝土的最佳配合比。

(1)水灰比。水灰比的选择应以保证混凝土的抗渗性和与之相适应的和易性,便于施工操作为原则,一般以 0.5~0.6 较为适宜。

(2)水泥用量。水灰比选定后,水泥用量是直接影响混凝土中水泥砂浆数量和质量的关键。在砂率确定的条件下,若水泥用量过小,不仅会导致混凝土拌合物的和易性差,而且会使混凝土内部产生孔隙,降低密实度。一般防水混凝土的水泥用量以不小于 320 kg/m^3 为宜,水泥强度等级不宜低于 42.5 MPa。

(3)砂率。防水混凝土的砂率以 35%~40%为宜。

(4)灰砂比。对于富砂浆的普通防水混凝土,灰砂比表征水泥砂浆的浓度,是衡量填充石子空隙的水泥砂浆质量的指标。一般认为灰砂比应控制在 1:2~1:2.5 为宜。

(5)坍落度。在选定水灰比和砂率后,还应控制坍落度。一般防水混凝土的坍落度以 3~5 cm 为宜;泵送混凝土施工时的坍落度为 8~18 cm。坍落度过大,易造成混凝土拌合物产生泌水,泌水通道会在混凝土内部形成毛细孔道,使混凝土的抗渗性降低。为了改善混凝土拌合物的施工和易性,可掺入适量外加剂。

2) 改善施工条件,精心组织施工

普通防水混凝土水池结构质量的好坏,与施工质量密切相关。因此,对施工中的各主要施工过程,如混凝土拌制、运输、浇筑、振捣、养护等,都必须严格按照施工及验收规范和操作规程组织实施。

(1)拌制。防水混凝土应采用机械搅拌,搅拌时间比普通混凝土的搅拌时间略长,一般不应少于 120 s,以保证混凝土拌合物充分搅拌均匀。

(2)运输。新拌制的混凝土在运输过程中要防止漏浆和产生离析现象,常温下应在 30 min 内运至浇筑地点,并及时实施浇筑。当运距较远或气温较高时,可掺入适量缓凝剂。

(3)浇筑和振捣。浇筑前,应检查模板是否严密并用水湿润模板内壁。如混凝土拌合物发生显著泌水、离析现象,应加入适量的原水灰比的水泥浆复拌均匀,方可进行浇筑。浇筑时应使用串筒、溜槽,杜绝在混凝土拌合物中发生粗骨料堆积的现象。混凝土应分层浇筑。浇筑时每层厚度宜为 30~40 cm,相邻两层浇筑时间间隔不应超过 2 h,夏季可适当缩短。防水混凝土应尽量连续浇筑,对于一些结构复杂、工艺构造特点要求或体积庞大、施工条件受限的池类结构,需要间歇浇筑作业时,应选择合理的部位留设施工缝。

混凝土的振捣应采用机械振捣,不应采用人工振捣。机械振捣所产生的振幅不大,频率较高的振动使骨料间的摩擦力减小,增加水泥砂浆的流动性,骨料能更充分地被砂浆包裹,同时挤出混凝土拌合物中的气泡,以利于增强密实性。

(4)养护。当混凝土浇筑达到终凝(一般为 4~6 h)时即应覆盖并浇水湿润,养护时间不应少于 14 d。养护工作的优劣对防水混凝土的抗渗性能影响极大,在湿润条件下,混凝土内部水分蒸发缓慢,可使水泥充分完成水化反应,其生成物将毛细孔堵塞,使水泥石结晶致密,尤其是养护的前 14 d,水泥硬化速度快,强度几乎可达 28 d 标准强度的 80%。由于对防水混凝土的养护要求较严,因此不宜过早拆除模板。拆模时应确保混凝土表面温度与环境温度之差不超过 $15 \text{ }^\circ\text{C}$,以防产生裂缝。此外,为了确保水池的防水性能良好,可在结构表面喷涂防护层,也可用

重量比为 1 : 2 的掺适量防水粉的水泥砂浆抹面。为防止地下水渗透,亦可增涂沥青防水层。

3) 做好施工排水工作

在有地下水的地区修建水池工程时,必须做好施工排水工作,以保证地基土不被扰动,避免水池因地基沉陷而发生开裂。施工排水应在整个施工期间不间断地进行,以保证水池底板不因地下水位上升而出现裂缝。

5.1.2 钢筋混凝土构筑物整体浇筑

给水排水工程中常见构筑物(如储水池、水处理构筑物、泵房等)的特点是构件断面较薄,有的面积较大且具有一定的深度,钢筋布筋一般较密。这类构筑物要求具有高抗渗性能和良好的整体性,故需要采用连续浇筑的方式。对于这类构筑物的施工,需要针对它们的特点,着重解决好分层、分段流水施工,并且选择合理的振捣方式。对于面积较小、深度较浅的构筑物,可将池底和池壁一次浇筑完毕;对于面积较大而又深的水池和泵房地坑,可将底板和池壁分开浇筑。

1. 混凝土底板的浇筑

浇筑地下或半地下水工程构筑物底板时,混凝土拌合物的垂直运输和水平运输可以有多种方案。若使用布料杆混凝土泵车,则可以直接进行浇筑;若使用塔式起重机、桅杆式起重机等,则可以把拌合物料斗吊运至底板浇筑处,也可搭设卸料台,用串桶、溜槽下料。条件允许时尽量开设坡道,这样运输车辆就能直接开进基坑。池底为锥形底板时,从中央均匀向四周浇筑(见图 5-1),浇筑时,混凝土不应下坠,故应根据底板倾角的大小,设计好混凝土的坍落度。为控制水池底板、管道基础等浇筑厚度,应设置高程标桩,使混凝土表面与标桩顶取平或设置高程线控制。

混凝土拌合物在硬化过程中会发生干缩。如果混凝土四周有约束,就会对混凝土产生拉应力。当新浇灌的混凝土拌合物的强度不足以承受拉应力时,就会产生收缩裂缝。钢筋能抵抗这种收缩,素混凝土的收缩量较钢筋混凝土的收缩量大。浇捣的混凝土面积越大,越可能产生收缩裂缝。因此,要控制同时浇筑的面积,而且各块面积要间隔浇筑(见图 5-2)。对于分块浇筑的底板,需在块与块之间设置宽度为 1.5~2 cm 的伸缩缝,可使用木板预留。在混凝土收缩基本完成后,在伸缩缝内填入膨胀水泥或沥青玛蹄脂。为了避免剔取预留木板困难,可以放置止水带。

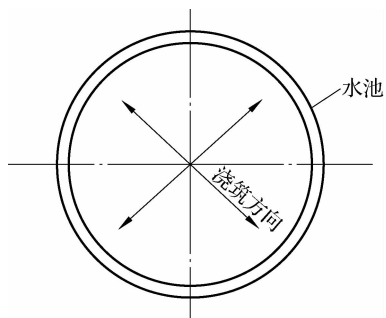


图 5-1 从中央向四周浇筑

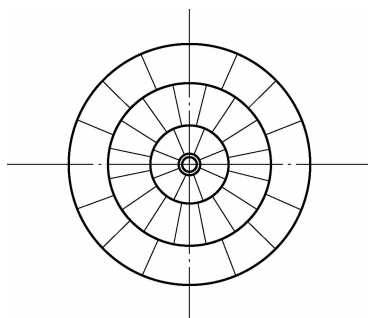


图 5-2 底板混凝土分块浇筑

混凝土板用平板式或插入式振动器捣固。平板式振动器的有效振动深度一般为 20 cm。

两次振动点之间应有 3~5 cm 的搭接。混凝土墙或厚度大于平板式振动器有效捣固深度的板,采用插入式振动器捣固。以振动器插点为中心的受振范围用振动器作用半径来表示,相邻插点应使受振范围有一定的重叠,如图 5-3 所示。

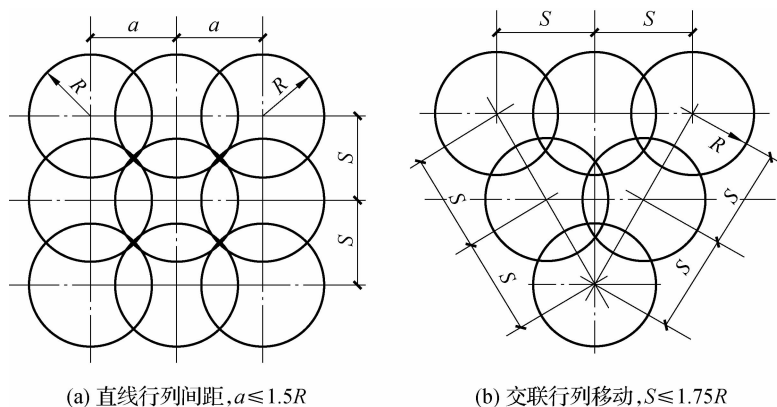


图 5-3 插入式振捣器的插点布置

a —插点间距; R —振动器作用半径; S —插点移动距离

振动时间与混凝土的稠度有关。当混凝土拌合物内的气泡不再上升,骨料不再显著下沉,表面出现一层均匀水泥砂浆时,振动就可停止。底板混凝土振动后,用拍杠或抹子将表面压实找平。水池顶板的钢筋混凝土浇筑方法与底板基本相同。

2. 混凝土池壁的浇筑

为避免施工缝的出现,混凝土池壁一般采用连续浇筑。连续浇筑时,在池壁的垂直方向上分层浇筑,每个分层称为一个施工层。相邻两个施工层的浇筑时间间隔不能超过混凝土拌合物的初凝时间。

一般情况下,池壁模板是先支设一侧,另一侧模板随着混凝土浇筑高度的上升而向上支

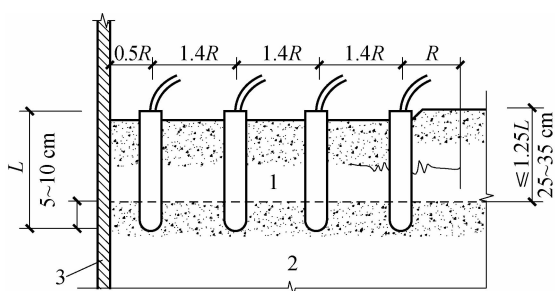


图 5-4 插入式振捣器的工作示意

1—新浇筑的混凝土; 2—下层已振捣尚未初凝的混凝土; 3—模板;

R —有效作用半径; L —振捣棒长

设。先支起里模还是先支起外模需根据现场情况而定。同时,钢筋的绑扎、脚手架的搭设也随着浇筑向上进行。施工层的高度应根据混凝土的搅拌、运输、振动的能力而定。施工时,在同一施工层或相邻施工层间进行钢筋绑扎、模板支设、脚手架支设、混凝土拌合物浇筑的平行流水作业。当预埋件和预留孔洞很多时,还应有检查预埋件的时间。

混凝土拌合物每次浇筑的厚度为 25~35 cm。使用插入式振动器时,一般应垂直插入到下层尚未初凝的拌合物中 5~10 cm,以促使上、下层相互充分结合,如图 5-4 所示。振动时,要快插慢拔。

5.1.3 构筑物严密性试验

对给排水储水或水处理构筑物,除检查强度和外观外,还需通过满水试验检验其严密性,以满足其功能要求。对消化池还要进行闭气试验。

1. 满水试验

满水试验是按构筑物工作状态进行的检查构筑物的渗漏量和表面渗漏是否满足要求的功能性检验。满水试验不能在雨天进行。

1) 试验条件及工作准备

(1) 水池满水试验应在下列条件下进行:

- ① 池体的混凝土或砖石砌体的砂浆已达到设计强度。
- ② 现浇钢筋混凝土水池的防水层、防腐层施工以前及回填土以前。
- ③ 装配式预应力混凝土水池在施加预应力以后、保护层喷涂以前。
- ④ 砖砌水池在防水层施工以后,石砌水池在勾缝以后。
- ⑤ 砖石水池满水试验与填土工序的先后安排符合设计规定。

(2) 水池满水试验前,应做好下列准备工作:

① 将池内清理干净,修补池内外的缺陷,临时封堵预留孔洞、预埋管口及进、出水口等,并检查进水及排水阀门,不得渗漏。

② 设置水位观测标尺,标定水位测计。

③ 准备现场测定蒸发量的设备。

④ 充水的水源应采用清水且做好充水和放水系统设施的准备工作。

2) 充水

向水池内充水宜分三次进行:第一次充水为设计水深的 1/3,第二次充水为设计水深的 2/3,第三次充水至设计水深。对大、中型水池,可先充水至池壁底部的施工缝以上,检查底板的抗渗质量,当无明显渗漏时,再继续充水至第一次充水深度。充水时的水位上升速度不宜超过 2 m/d。相邻两次充水的间隔时间,不应小于 24 h。每次充水宜测读 24 h 的水位下降值,计算渗水量,在充水过程中和充水以后,应对水池做外观检查。当发现渗水量过大时,应停止充水,待做出处理后方可继续充水。当设计单位有特殊要求时,应按设计要求执行。

3) 水位观测

充水时的水位可以用水位标尺来测定。当充水至设计水深进行渗水量测定时,应采用水位测针测定水位。水位测针的读数精度应达 1/10 mm。充水至设计水深后至开始进行渗水量测定的间隔时间应不少于 24 h。测读水位的初读数与末读数之间的间隔时间应为 24 h。连续测定的时间可依实际情况而定。如第一天测定的渗水量符合标准,则应再测定一天;如第一天测定的渗水量超过允许标准,而以后的渗水量逐渐减少,则可继续延长观测。

4) 蒸发量测定

现场测定蒸发量的设备可采用直径约为 50 cm、高约为 30 cm 的敞口钢板水箱,并设有水位测针。水箱应检验,不得渗漏。水箱应固定在水池中,水箱中的充水深度可为 20 cm 左右。测定水池中水位的同时测定水箱中的水位。

5) 水池的渗水量计算

水池的渗水量按式(5-1)计算:

$$q = \frac{A_1}{A_2} [(E_1 - E_2)(e_1 - e_2)] \quad (5-1)$$

式中, q 为渗水量 [$L/(m^2 \cdot d)$]; A_1 为水池的水面面积 (m^2); A_2 为水池的浸湿总面积 (m^2); E_1 为水池中水位测针的初读数, 即初读数 (mm); E_2 为测读 E_1 后 24 h 水池中水位测针的末读数, 即末读数 (mm); e_1 为测读 E_1 时水箱中水位测针的读数 (mm); e_2 为测读 E_2 时水箱中水位测针的读数 (mm)。

按式(5-1)计算得到的渗水量如果超过规定的标准, 则应经检查、处理后重新测定。按《给水排水构筑物工程施工及验收规范》(GB 50141—2008)规定, 对混凝土构筑物, $1 m^2$ 的浸湿面积每 24 h 的漏水量不得大于 2 L。

2. 闭气试验

对于污水处理厂的消化池, 除应在泥区进行满水试验外, 还应在沼气区进行闭气试验。闭气试验是观察 24 h 前后的池内压力降。按规定, 消化池 24 h 压力降不得大于 0.2 倍试验压力。一般试验压力是工作压力的 1.5 倍。

1) 主要试验设备

(1) 压力计。压力计可采用 U 形管水压计或其他类型的压力计, 刻度精确至毫米水柱, 用于测量消化池内的气压。

(2) 温度计。温度计用以测量消化池内的气温, 刻度精确至 $1^\circ C$ 。

(3) 大气压力计。大气压力计用以测量大气压力, 刻度精确至 10 Pa (daPa)。

(4) 空气压缩机一台。

2) 测读气压

池内充气至试验压力并稳定后, 测读池内气压值, 即初读数, 间隔 24 h 测读末读数。在测读池内气压的同时, 测读池内气温和大气压力, 并将大气压力换算为与池内气压相同的单位。

3) 池内气压降的计算

池内气压降可按式(5-2)计算:

$$\Delta P = (P_{d1} + P_{a1}) - (P_{d2} + P_{a2}) \frac{273 + t_1}{273 + t_2} \quad (5-2)$$

式中, ΔP 为池内气压降 (daPa); P_{d1} 为池内气压初读数 (daPa); P_{d2} 为池内气压末读数 (daPa); P_{a1} 为测量 P_{d1} 时的相应大气压力 (daPa); P_{a2} 为测量 P_{d2} 时的相应大气压力 (daPa); t_1 为测量 P_{d1} 时的相应池内气温 ($^\circ C$); t_2 为测量 P_{d2} 时的相应池内气温 ($^\circ C$)。

5.2 装配式预应力钢筋混凝土水池施工

与普通钢筋混凝土水池相比, 装配式预应力钢筋混凝土水池具有更可靠的抗裂性能和不透水性, 比普通整体式钢筋混凝土水构筑物更为节省钢材、木材和水泥等材料。在外加荷载之前, 先对混凝土预加压力, 形成人为的压应力状态, 这种压应力称作预应力。它可以抵消由荷载引起的大部分甚至全部拉应力, 从而使构件在投入使用时拉应力显著减少或不出现。这样, 在荷载作用下, 裂缝能延迟发生或不发生, 也即延迟了裂缝导致的构件刚度降低, 因而预应力构件的挠度将比非预应力构件小。

5.2.1 壁板的构造与制作

池壁板的结构形式一般有两种:两壁板间有搭接钢筋和两壁板间无搭接钢筋。前一种壁板的横向非预应力钢筋可承受部分拉应力,但外露筋易锈蚀,壁板间接缝混凝土捣固不易密实。因此,大多采用后一种形式的壁板。

池壁板安插在底板外周槽口内。缠绕预应力钢丝时,须在池壁外侧留设锚固柱、锚固肋或锚固槽,安装锚固夹具,固定预应力钢丝。

5.2.2 构件吊装

构件吊装前,应结合水池结构、直径与构件的最大重量确定采用的吊装机械、吊装方法、吊装顺序和构件堆放地点等。吊装机械一般选用自行式起重机。构件吊装校正之后用水泥砂浆连接或预埋件焊接。采用预埋件焊接可提高结构的整体性及抗震性,而且不需临时支撑。

壁板吊装前,在底板槽口外侧弧形尺宽度的距离弹墨线。吊装时,弧形尺外边贴墨线,内侧贴壁板外弧面,同时用垂球找正,即可确定壁板位置,然后用预埋件焊接或临时固定。壁板全部吊装完毕后,在接缝处安装模板,浇筑细石混凝土堵缝。

5.2.3 壁板环向施加预应力

水池环向预应力钢筋的张拉工作应在环槽杯口、壁板接缝浇筑的混凝土强度达到设计强度的70%后开始。钢筋采用普通钢筋或高强钢丝。普通钢筋在张拉前应做冷拉处理。预应力钢筋有两种张拉方法,即电热张拉和绕丝张拉。

1. 电热张拉

电热张拉是将钢筋通电,使其温度升高,当长度延伸到一定程度时,将两端固定;撤去电源,钢筋冷却后,便产生了温度应力。可以一次张拉,也可以多次张拉,一般为2~4次。

2. 绕丝张拉

绕丝张拉是利用绕丝机围绕池壁转动,高强钢丝由钢丝盘被拉出,进入绕丝盘。绕丝盘与大链轮由同一轴转动,绕丝盘的周长 l_1 略小于大链轮的周长 l ,绕丝机沿池壁转动时,当大链轮自转了一周时,绕丝机还没有自转一周,故大链轮所放出的链条长度略长于绕丝盘放出的钢丝长度,这样,钢丝就被拉长 $\Delta l = l - l_1$ 。两者的长度差 Δl 使钢丝产生了预应力,同时牵制器又在相反方向上给钢丝初应力。

5.2.4 喷施保护层

喷浆施工应在水池满水试验合格后的满水条件下进行,试水一旦结束,应及早进行钢丝保护层的喷浆,以免钢丝暴露在大气中发生锈蚀。喷浆前,应对待喷面进行除污、去油、清洗处理。

喷浆机罐内压力一般为0.5 MPa,供水压力应相适应。输料管长度不宜小于10 m,管径不宜小于25 mm。灰砂比采用0.35~0.40,水灰比采用0.25~0.35。

喷浆应沿池壁的圆周方向自池身上端开始,喷口至待喷池面的距离以考虑回弹物较少、喷层密实等条件确定。每次喷浆厚度为15~20 mm,共喷三遍,保护层总厚度不宜小于

40 mm。喷浆保持垂直,做到连环旋射,出浆量应稳定且连续,不得滞射与扫射,喷浆凝结后,加遮盖湿润养护 14 d 以上。

5.3 沉井施工

5.3.1 沉井施工的概念

在给水处理工程中,常会修建埋深较大而横断面尺寸相对不大的构筑物(如地下水源井、地下泵房等),这类构筑物若在地下水位较高、流沙、软土等地段及工作面受限的地段采用大开槽方法修建,则施工难度较大,而沉井法施工能够较大限度地避免这些限制因素的影响。

沉井施工就是先在地面上预制井筒,然后在井筒内不断将土挖出,井筒在自身的重量或附加荷载的作用下,克服井壁与土层之间的摩擦阻力及刃脚下土体的反力而不断下沉直至设计标高,然后封底,完成井筒内的工程。

沉井法的施工程序是基坑开挖、井筒制作、井筒下沉及封底。为了满足工艺的需要,常在井筒内部设置平台、楼梯和水平隔层等,这些可在下沉后修建,也可在制作井筒的同时完成。但在刃脚范围的高度内,不得有影响施工的任何细部布置。

5.3.2 沉井施工的方法

1. 井筒制作

井筒制作一般分一次制作和分段制作。一次制作指一次制作完成设计要求的井筒高度,适用于井筒高度不大的构筑物,采用一次下沉工艺。而分段制作是将设计要求的井筒进行分段现浇或预制,适用于井筒高度大的构筑物,采用分段下沉或一次下沉工艺。

井筒制作视修筑地点的具体情况分为天然地面制作下沉和水面筑岛制作下沉。天然地面制作下沉一般适用于无地下水或地下水位较低时,为了减少井筒制备时的浇筑高度,减少下沉时井内挖方量,清除表土层中的障碍物等,可采用基坑内制备井筒下沉,其坑底最少应高出地下水位 0.5 m。水面筑岛制作下沉适用于在地下水位高或在岸滩、浅水中制作沉井,先修筑土岛,井筒在岛上制作,然后下沉。对于水中井筒下沉,还可在陆地上制备井筒,浮运到下沉地点下沉。

1) 基坑及坑底处理

井筒制备时,其重量借刃脚底面传递至地基。为了防止在井筒制备过程中产生地基沉降,应进行地基处理或增加传力面积。当原地基承载力较大时,可进行浅基处理,即在与刃脚底面接触的地基范围内进行原土夯实,垫砂垫层、砂石垫层、灰土垫层等处理,垫层厚度一般为 30~50 cm。然后在垫层上浇筑混凝土井筒。这种方法称无垫木法。若坑底承载力较弱,则应在人工垫层上设置垫木,增大受压面积。

为了避免采用垫木,可采用无垫木刃脚斜土模的方法。井筒重量由刃脚底面和刃脚斜面传递给土台,增大承压面积。土台通过开挖或填筑而成,与刃脚接触的坑底和土台处,抹 2 cm 厚的 1:3 水泥砂浆,其承压强度可达 0.15~0.2 MPa,以保证刃脚制作的质量。筑岛施工材料一般采用透水性好、易于压实的砂或其他材料,不得采用黏性土和含有大块石料的

土。岛的面积应满足施工需要,一般井筒外边与岛岸间的最小距离不应小于5~6 m。岛面高程应高于施工期间最高水位0.75~1.0 m,并考虑风浪高度。当水深在1.5 m、流速在0.5 m/s以内时,筑岛可直接抛土而不需围堰。当水深和流速较大时,需将岛筑于板桩围堰内。

2) 井筒混凝土浇筑

井筒混凝土浇筑一般采用分段浇筑、分段下沉、不断接高的方法。即浇一节井筒,井筒混凝土达到一定强度后,挖土下沉一节,待井筒顶面露出地面尚有0.8~2 m时,停止下沉,再浇制井筒、下沉,轮流进行直到达到设计标高为止。该方法的优点是井筒分节高度小,对地基承载力要求不高,施工操作方便;缺点是工序多、工期长,在下沉过程中浇制和接高井筒,易使井筒因沉降不均而倾斜。

井筒混凝土的浇筑还可采用分段接高、一次下沉的方法。即分段浇制井筒,待井筒全高浇筑完毕并达到所要求的强度后,连续不断地挖土下沉,直至达到设计标高。第一节井筒达到设计强度后抽除垫木,经沉降测量和水平调整后,再浇筑第二节井筒。该方法可消除工种交叉作业的施工现场拥挤混乱现象,浇筑沉井混凝土的脚手架、模板不必每节拆除;可连续接高到井筒全高,可以缩短工期。该方法的缺点是沉井地面以上的重量大,对地基承载力要求较高,接高时易产生倾斜,而且高空作业多,应注意高空安全。此外,还有一次浇制井筒、一次下沉方案及预制钢筋混凝土壁板装配井筒、一次下沉方案等。

2. 井筒下沉

井筒混凝土强度达到设计强度70%以上时可开始下沉。下沉前要对井壁各处的预留孔洞进行封堵。

1) 排水下沉

排水下沉是在井筒下沉和封底过程中采用井内开设排水明沟,用水泵将地下水排除或采用人工降低地下水位的方法排出地下水。它适用于井筒所穿过的土层透水性较差,涌水量不大,排水不致产生流沙现象而且现场有排水出路的地方。井筒内挖土根据井筒直径大小及沉井埋设深度来确定施工方法,一般分为机械挖土和人工挖土两类。

2) 不排水下沉

不排水下沉是在水中挖土。当排水有困难或在地下水位较高的粉质砂土等土层,有产生流沙现象地区的沉井下陷或必须防止沉井周围地面和建筑物沉陷时,应采用不排水下沉的施工方法。下沉中要使井内水位比井外地下水位高1~2 m,以防流沙。

3. 井筒封底

一般采用沉井方法施工的构筑物,必须做好封底,保证不渗漏。井筒底板的结构如图5-5所示。图5-5(a)所示的结构用于无地下水的地基,图5-5(b)所示的结构用于水下浇筑混凝土,图5-5(c)所示的结构是明沟排水下沉的底板结构。人工降低地下水位进行沉井,通常采用图5-5(b)所示的结构。井筒下沉至设计标高后,应进行沉降观测。当8 h下沉量不大于10 mm时,方可封底。

排水下沉的井筒封底,必须排除井内积水。超挖部分可填石块,然后在其上做混凝土垫层。浇筑混凝土前应清洗刃脚,并先沿刃脚填充一周混凝土,防止沉井不均匀下沉。垫层上做防水层、绑扎钢筋和浇筑钢筋混凝土底板。封底混凝土由刃脚向井筒中心部位分层浇筑,每层厚度约为50 cm。

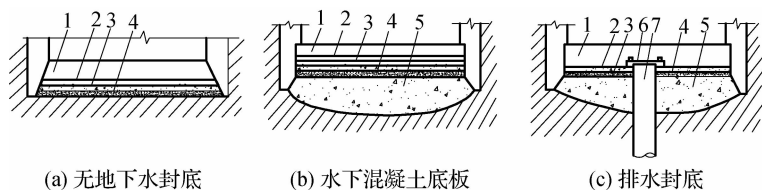


图 5-5 井筒底板的结构

1—钢筋混凝土底板；2、3—混凝土层；4—油毡层；5—垫层；6—盖堵；7—集水井

为避免地下渗水冲蚀新浇筑的混凝土,可在封底前在井筒中部设集水井,用水泵排水。排水应持续到集水井四周的垫层混凝土达到规定强度后,用盖堵封等方法封掉集水井,然后铺油毡防水层,再浇筑混凝土底板。

不排水下沉的井筒,需进行水下混凝土的封底。井内水位应与原地下水位相等,然后铺垫砾石垫层和进行垫层的水下混凝土浇筑,待混凝土达到应有强度后将水抽出,再做钢筋混凝土底板。

5.3.3 沉井施工质量检查与控制

井筒在下沉过程中可能会因水文地质资料掌握不全、下沉控制不严及其他各种原因,发生土体破坏、井筒倾斜、筒壁裂缝、下沉过快或不继续下沉等事故,故应及时采取措施加以校正。

1. 土体破坏

沉井在下沉过程中可能产生破坏土的棱体。土质松散,更易产生。因此,当土的破坏棱体范围内有已建构筑物时,应采取措施保证构筑物的安全,并对构筑物进行沉降观察。

2. 井筒倾斜的观测及其校正

井筒下沉时,可能发生倾斜。倾斜误差校正结果有可能使井筒轴线水平位移。沉井下沉允许偏差见表 5-1。

表 5-1 沉井下沉允许偏差

项 目		允许偏差/mm
沉井刃脚平均标高与设计标高差		≤ 100
沉井水平偏差 a	下沉总深度为 H	$\leq 1\%H$
	下沉总深度小于 10 m	≤ 100
沉井四周任何两对称点处的刃脚底面标高差 h	两对称点间的水平距离为 L	$\leq 1\%L$ 且 ≤ 300
	两对称点间的水平距离小于 10 m	≤ 100

井筒发生倾斜的主要原因是刃脚下面的土质不均匀,井壁四周土压力不平衡,挖土操作不对称,以及刃脚某一处有障碍物。井筒是否倾斜可采用井筒内放置垂球观测、电测等方法确定,或在井外采用标尺测定、水准测量等方法确定。

当挖土不均匀引起井筒轴线倾斜时,可用挖土方法校正。在下沉较慢的一边多挖土,在下沉较快的一边刃脚处将土夯实或做人工垫层,使井筒恢复垂直。如果这种方法不足以校

正,就应在井筒外壁一边开挖土方,相对另一边回填土方,并且夯实。在井筒下沉较慢的一边增加荷载也可校正井筒倾斜。如果由于地下水浮力而使加载失效,则应抽水后进行校正。在井筒下沉较慢的一边安装振动器振动或用高压水枪冲击刃脚,减少土与井壁的摩擦力,也有助于校正井筒轴线。

3. 下沉过程中障碍物处理

下沉时,可能因刃脚遇到石块或其他障碍物而无法下沉,松散土中还可能因此产生溜方,引起井筒倾斜。小石块用刨挖的方法去除,或用风镐凿碎。大石块或坚硬岩石则用炸药清除。

4. 井筒裂缝的预防及补救措施

下沉过程中产生的井筒裂缝有环向裂缝和纵向裂缝。环向裂缝是下沉时井筒四周土压力不均造成的。为了防止井筒发生裂缝,除了保证必要的井筒设计强度外,施工时还应使井筒达到规定强度后才能下沉。此外,也可在井筒内部安设支撑,但会增加挖运土方的困难。井筒的纵向裂缝是因挖土时遇到石块或其他障碍物,井筒仅支于若干点,混凝土强度又较低而产生的。爆震下沉,亦可能产生裂缝。如果裂缝已经发生,必须在井筒外面挖土以减少该方向的土压力或撤除障碍物,防止裂缝继续扩大,同时用水泥砂浆、环氧树脂或其他补强材料涂抹裂缝进行补救。

5. 井筒下沉过快或沉不下去

长期抽水或砂的流动,使得井筒外壁与土之间的摩擦力减少;或土的耐压强度较小,使得井筒的下沉速度超过挖土速度而无法控制,这些情况在流沙地区常会发生。防治方法是在井筒外将土夯实,增加土与井壁的摩擦力。当下沉将到设计标高时,为防止自沉,可不将刃脚处的土方挖去,下沉到设计标高时立即封底;也可在刃脚处修筑单独式混凝土支墩或连续式混凝土圈梁,以增加受压面积。沉井沉不下去的原因有两点,一是遇有障碍,二是自重过轻,应采用相应的方法处理。

根据沉井下沉条件而设计的井壁厚度,往往使井筒不能有足够的自重下沉,过分增加井壁厚度是不合理的,可以采用附加荷载的方法以增加井筒下沉重量,也可以采用振动法、泥浆套或气套方法以减少摩擦阻力使之下沉。

5.4 管井施工

5.4.1 管井施工的概念

管井是垂直安装在地下的取水构筑物。管井主要由井壁管、滤水器、沉淀管、填砾层和井口封闭层等组成。

管井的深度、孔径,井管种类、规格及安装位置,填砾层的厚度,井底的类型和抽水机械设备的型号等取决于取水地段的地质构造、水文地质条件及供水设计要求等。

管井施工是用专门钻凿工具在地层中钻孔,然后安装滤水器和井管。一般在松散岩层、深度在30 m以内、规模较小的浅井工程中,可以采用人力钻孔。深井通常采用机械钻孔。机械钻孔根据破碎岩石的方式不同可分为冲击钻进、回转钻进和锅锥钻进等;根据护壁或冲

洗的介质与方法不同可分为泥浆钻进、套筒钻进、清水水压钻进等。近年来,随着科学技术的发展和建设的需要,涌现出诸多新的钻进方法和钻进设备,如反循环钻进、空气钻进、潜孔锤钻进等,并已被逐步推广应用到管井施工中,取得了较好的效果。在不同地层中施工应选用适合的钻进方法和钻具。

5.4.2 管井施工的步骤

管井施工的程序包括施工准备、护壁与冲洗、钻孔、安装井管、洗井、抽水试验和验收等。

1. 施工准备

选择井位和施工时应避开钻井场地及附近地下与地上障碍物或采取适当保护措施。施工前应做好临时水、电、路、通信、场地平整等准备工作。

安装钻塔时应将塔腿固定于基台上或用垫块垫牢。绷绳安设应位置合理,地锚牢固,并用紧绳器绷紧。

泥浆作业时应在开钻前挖掘泥浆循环系统,并安好钻具。

2. 护壁与冲洗

护壁作业有泥浆护壁作业、套筒护壁作业和清水水压护壁作业。

泥浆由黏土和水制成,在凿井施工中起到固壁、携砂、冷却和润滑等作用。泥浆的相对密度越大,黏度越高,固壁效果越好。冲击钻进时,泥浆寿命会随含砂量的增加而严重缩短。泥浆失水越多,形成的泥皮越厚,钻孔直径越小。

套筒护壁作业是用无缝钢管作为套筒,下到凿成的井孔内,形成护壁。井孔应为圆形且应垂直。

进行清水水压护壁作业时,清水在井孔中起到液体支撑的作用。清水水压护壁适用于结构稳定的黏性土及少量露水的松散地层,且具有充足水源的凿井施工。

3. 钻孔

冲击钻进是靠冲击钻头直接冲碎岩石而形成井孔。回转钻进是依靠钻机旋转,同时保证钻具在地层上有一定压力,慢慢切碎岩石形成井孔。锅锥钻进是一种半机械化钻进作业,由人力与动力配合完成。

4. 安装井管

(1)做好井管安装前的准备工作。在井管安装之前用试孔器试孔,保证井孔尺寸满足设计要求。确定全部井管重量与井管承受拉力,从而确定井管的安装方法。检查井管质量,井管应无缺陷,井管与管箍丝扣松紧度应适当。对井管进行编号,从最下部井管开始安装。将井底的稠泥掏出或抽出,适当换稀井孔泥浆。

(2)下管。当井管自重(浮重)不超过井管允许抗拉力和钻探设备安全负荷时,宜采用直接提吊下管法。当井管自重(浮重)超过井管允许抗拉力和钻探设备安全负荷时,宜采用浮板下管法或托盘下管法。

(3)填砾石与井管外封闭。为增强滤水能力,防止隔水层或含水层塌陷而阻塞滤水管的滤网,应在井壁管的周围回填砾石滤层。砾石滤层填好后,就可着手井管外的封闭。其目的是将取水层与有害取水层隔离,并防止地表水渗入地下污染井水。

5. 洗井、抽水试验和验收

1) 洗井

洗井是为了清除钻进过程中孔内岩屑和泥浆对含水层的堵塞,排出滤水管周围含水层中的细颗粒,以疏通含水层,借以增大滤水管周围的渗透性能,减小出水阻力,延长使用寿命。洗井必须在下管、填砾、封井后立即进行。洗井方法有活塞洗井、压缩空气洗井、水泵和泥浆泵洗井、化学洗井、二氧化碳洗井、高速水喷射洗井等。

2) 抽水试验

抽水试验是为了正确评定单井或井群的出水量和水质,为设计施工及运行提供依据。试验中水位下降次数宜为三次,最低不少于两次。

3) 验收

管井验收时需提交的资料包括管井柱状图、颗粒分析资料、抽水试验资料、水质分析资料及施工说明等。

5.5 地表水取水构筑物浮运沉箱法施工

沿江河或湖泊的工业和城市用水,多以地面水为给水水源,故需修建取水构筑物。这类构筑物常见的有岸边式、江心式、斗槽式等。在江河中修建取水构筑物的方法可以采用围堰法和浮运沉箱法。

围堰法是指用围堰圈隔基坑,并在抽干堰内水量的条件下进行修建。围堰是为创造施工条件而修建的临时性工程,待取水构筑物施工完成后,随即将围堰拆除。围堰的结构形式有多种,如土石围堰、草土围堰、木板桩围堰、木笼围堰、钢板桩围堰等。采用何种围堰要根据施工所在地区的江河水文、地质条件及河流性质等确定。下面主要介绍浮运沉箱法。

5.5.1 浮运沉箱法概述

浮运沉箱法是指预先在岸边制作取水构筑物(沉箱),通过浮运或借助水上起重设备吊运到设计的沉放位置上,再注水下沉到预先修建的基础上。当修建的取水构筑物较小、河道水位较深、修建施工围堰困难或工程量很大不经济时,适宜采用此法。由于沉箱本身就是取水构筑物的一部分,因而不必修建费时费钱的临时性围堰。

浮运沉箱法特别适用于淹没式江心取水口构筑物的施工,但需要具备足够的水上机具设备和潜水工作人员。取水口构筑物常采用钢筋混凝土制作,其结构形式有两种;取水口结构是一个整体沉箱;取水口为装配式结构,分段预制,在水下拼装就位。取水口构筑物的基础一般采用抛石基础。基槽开挖需要配备水下挖泥设备,当遇有岩石河床时,需进行水下爆破。取水口结构与管道连接的接口宜采用柔性接口。

5.5.2 浮运沉箱法的施工特点

采用浮运沉箱法施工,必须注意如下特点:

- (1) 受江河的流量、流速、水位等特性变化的影响很大,组织施工比较复杂。
- (2) 受江河枯水期、洪水期和雨季影响,施工条件多变,施工的组织与进度安排要掌握季节性。

(3)江河取水构筑物工程一般由取水口、自流管线和泵房等组成。各单项工程的结构类型和特点、施工方法和施工条件不同,但彼此间又相互联系密切,是综合性工程施工,须统筹、周密安排,避免相互干扰影响工期。

5.5.3 浮运沉箱法的施工准备及过程

1. 浮运沉箱法的施工准备工作

- (1)掌握当地水文、地质和气象,以及当地的技术经济条件等基础资料。
- (2)需要根据施工条件和技术水平,做好必要的物资、人力准备。
- (3)认真编制切实可行的施工组织设计,合理选择施工方案。
- (4)为了增强预见性,还需有备选方案并拟定应急技术组织措施等。

2. 浮运沉箱法的施工过程

- (1)合理选择预制沉箱(取水口结构)的场地。
- (2)水下开挖基槽(当遇岩石河床时,尚应进行水下爆破)、抛筑块石基础,并进行整平作业。
- (3)沉箱下水、浮运、定位和下沉至基础上。当采用分节预制沉箱时,需水上起重船运送、下沉,并进行水下拼装。
- (4)进行必要的水下混凝土填筑或抛石围护作业。
- (5)铺设水下管道等。

思考练习题

1. 为了保证普通防水混凝土的抗渗性,在施工过程中应注意哪些问题?
2. 水工程构筑物严密性试验包括哪些? 简述其操作要点。
3. 水池壁板环向预应力钢筋张拉方法有哪些? 如何操作?
4. 何谓管井施工? 简述管井施工的步骤。