

有粘结预应力环锚技术在污水处理厂 的施工应用

谢日红 孙剑飞 谭俊冬 田宽凌

(柳州欧维姆工程有限公司 柳州 545005)

摘要:本文介绍了有粘结预应力环锚技术在上海市白龙港城市污水处理厂消化池中的应用,对预应力筋管道铺设、穿束、张拉、孔道灌浆等工艺进行叙述。

关键词:蛋形消化池 环锚 试验 变角张拉 施工

1 工程概况

上海市白龙港城市污水处理厂,位于浦东新区合庆镇长江新围海堤内,共有八座蛋形消化池,其单体容积12400立方米,设计高度45.6米(地面上高32.3米,地下埋深13.3米),最大内径25米,地面上为800-400毫米厚渐变池壁,为蛋形双向有粘结预应力钢筋砼结构,后张法施工,采用低松弛高强度预应力钢绞线,是国内目前建设在软土地基上单体规模最大,数量最多的双向有粘结预应力蛋形消化池工程,建成后其总体规模位居亚洲第一。

蛋形消化池单体结构池壁内共配置有预应力钢绞线194束,有环向和竖向两种布置形式。其中,环向预应力钢绞线共122圈,每圈由两束构成,包角为180°,相邻两圈的锚具槽错开60°交错布置在A、B、C、D、E、F六个锚固区池壁内(见图1、图2)。V1~V102圈采用 $6\phi^{j}15.24$ 的钢绞线,V103~V122圈采用 $4\phi^{j}15.24$ 的钢绞线,环向钢绞线两端采用变角张拉方式。竖向共有预应力钢绞线72束,分为a、b、c三种型号;其中a型36束,采用 $4\phi^{j}15.24$ 的钢绞线,两端张拉;b型18束,采用 $4\phi^{j}15.24$ 的钢绞线,两端张拉;c型18束,采用 $4\phi^{j}15.24$ 的环氧喷涂钢绞线,上端张拉,下端固定。预应力筋采用标准抗拉强度为1860MPa的 $\phi^{j}15.2$ 低松弛钢绞线,公称截面面积为140mm²。锚具采用HM15-6、HM15-4、OVM15-4、OVM.P15-4四种类型。波纹管为

HDPE塑料波纹管,有 $\phi 55\text{mm}$ 和 $\phi 65\text{mm}$ 两种规格。灌浆材料选用SBT-HF(C)无收缩高强灌浆料。消化池混凝土强度等级:主体结构为C40,抗渗等级S10;基础垫层为C30。场地类别为IV类,地震设防烈度为7度。

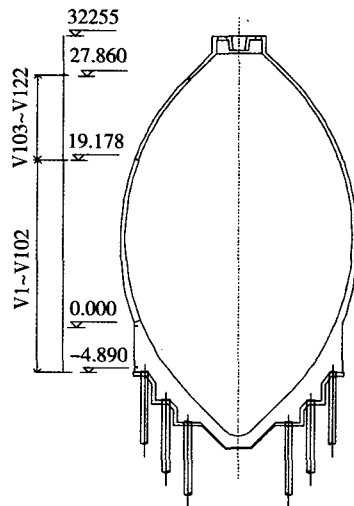


图1 环向预应力筋分布示意图

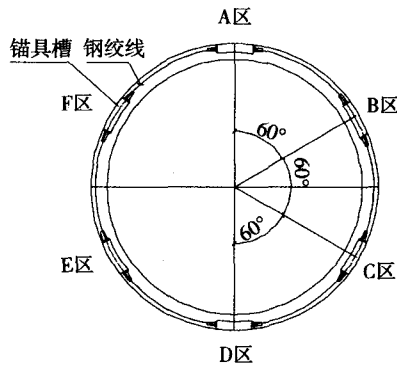


图2 锚具槽分布示意图

2 预应力管道铺设

消化池管道的铺设应遵循如下原则：①、孔道的尺寸与位置应正确。②要保证预留孔道畅通。③孔道的线形应圆顺。④孔道端的喇叭管应垂直于孔道的中心线。

在池壁普通钢筋骨架绑扎成型后，沿结构主筋每隔500~800mm焊定位支架钢筋。管道安装时从锚具槽一端的喇叭管起，沿着焊好的定位支架钢筋穿入池壁钢筋骨架内，将波纹管依次连接，直到对应的另一锚具槽端部的喇叭管止，完成半圈管道的铺设，然后按同样的方法完成另半圈管道铺设。在管道位置确定后用绑扎铁丝将管道固

定在支架上，穿管与接管可以同时进行，波纹管之间通过波纹管套管互相连接，并用胶带缠好，防止漏浆。V1~V102圈管道采用 $\phi 65\text{mm}$ 的塑料波纹管；V103~V122圈管道采用 $\phi 55\text{mm}$ 的塑料波纹管。管道定位允许误差应控制在5mm以内。

3 锚具槽构造

消化池锚具槽有6孔和4孔两种类型，其中6孔锚具槽长1100mm，宽250mm，深195mm；4孔锚具槽长1100mm，宽250mm，深170mm。锚具槽两端与喇叭管连接，喇叭管又分为A、B型，其中A型用于被动张拉端，B型用于主动张拉端（见图3）。

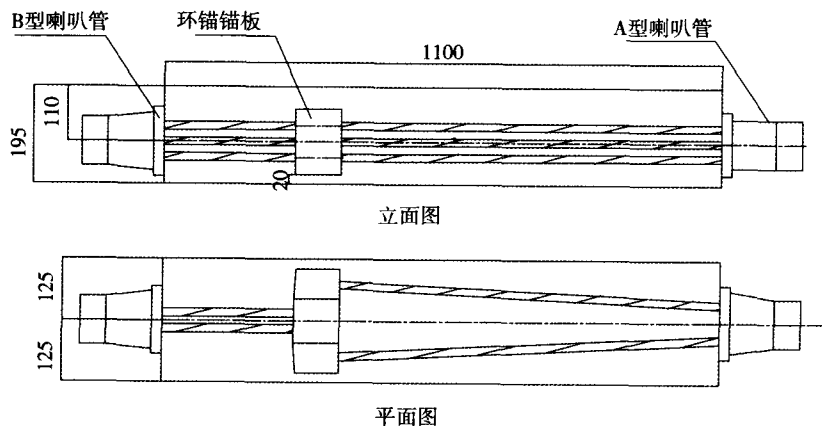


图3 HM15-6锚具槽构造图

4 预应力筋下料

消化池为蛋形结构形式，每圈预应力筋的下料长度均不一样，因此，在下料前需要计算出每半圈的理论长度，然后再加上工作长度，从而得到下料长度。下料长度计算公式： $L = L_{\text{半周长}} + A + L_1 + L_2$

A—环锚锚板厚度，90mm

L_1 —固定端余留长度，100mm

L_2 —张拉端工作长度（主要包括：限位板、偏转器、延长筒、过渡板、千斤顶），1700mm

5 预应力筋穿束

预应力筋采用整束穿法，钢绞线下好料后沿长度方向排列理顺编成束，每隔1m用18#铅丝绑

扎，铅丝头扣向束里，并在端部做好编号。钢绞线束前端制成特制的牵引头。用一根钢绞线做引线把卷扬机上 $\phi 11\text{mm}$ 的钢丝绳穿过孔道，通过卷扬机牵引钢丝绳，把钢绞线束穿入孔道，另一端人工推送。孔道内钢绞线穿完后，用彩条布将露在孔道外的钢绞线包好，防止水和其他杂物接触其表面。

6 预应力测试

6.1 偏转器摩阻损失测试

(1) 偏转器摩阻损失测试选在柳州欧维姆机械股份有限公司技术中心实验室进行。根据相关要求，试验分别对角度为 25° 、 35° 的偏转器进行试验。试验装置布置见图4。

(2) 偏转器摩阻损失试验结果见表1。

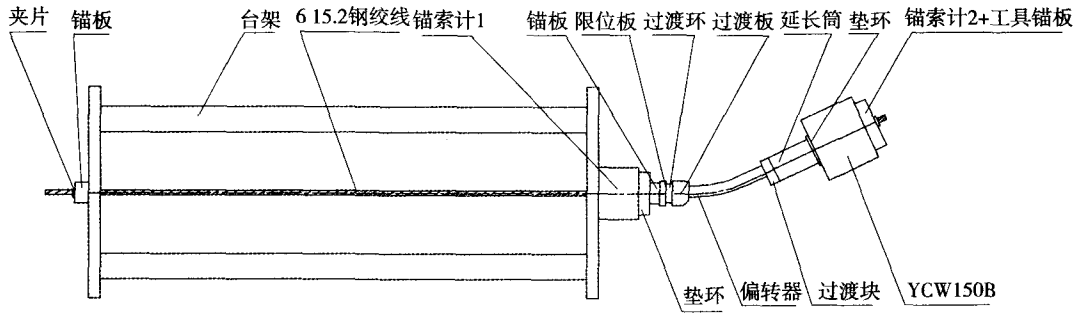


图4 试验装置布置示意图

表1 偏转器摩阻损失试验结果

偏转器角度	序号	荷载分级	荷载 F_0 kN	前端锚索计荷载 F_1 kN	后端锚索计荷载 F_2 kN	两端荷载差值 $F_1 - F_2$ kN	摩阻 $(F_1 - F_2) / F_1 * 100\%$	备注
25°	第一组	0.5 f_{pk}	625	623	595	28	4.49	
		1.0 f_{pk}	1250	1226.6	1172	54.6	4.45	
	第二组	0.5 f_{pk}	625	622.7	587	35.7	5.73	
		1.0 f_{pk}	1250	1240	1179.5	60.5	4.88	
35°	第一组	0.5 f_{pk}	625	623	582	41	6.58	
		1.0 f_{pk}	1250	1250	1181	69	5.52	
	第二组	0.5 f_{pk}	625	624	562	62	9.94	
		1.0 f_{pk}	1250	1250	1161.6	88.4	7.07	

根据以上两种角度偏转器试验数据，取它们两组试验结果的平均值作为本角度试验的结果。在张拉力为0.5 f_{pk} 时，统计出25° 偏转器摩阻损失为5.11%，35° 偏转器摩阻损失为8.26%；在张拉力为1.0 f_{pk} 时，统计出25° 偏转器摩阻损失为4.67%，35° 偏转器摩阻损失为6.29%。

6.2 孔道摩阻损失测试

(1) 试验选在最先建好的4#蛋形消化池上进行，选其编号为V3~V5的三圈环向预应力束，对每圈都进行孔道摩阻损失测试。测试方法如

下：根据张拉槽口的位置将试验部位的每圈钢绞线分为两个半圈分别进行试验；对于每半圈钢绞线，测试时选择两端中的一端作为张拉端，另一端作为固定端，在每端各布置2个锚索计，试验装置布置见图5及图6，其中工作锚2、3均不装夹片。在每次张拉过程中，2#和3#锚索计读数的差值即为本次张拉时因孔道摩阻产生的预应力损失。具体操作时，先A端为张拉端，B端为锚固端进行测试；之后交换张拉与固定端，B端为张拉端，A端为锚固端再重新进行测试；取两次试验结果的平均值作为本半圈试验的结果。

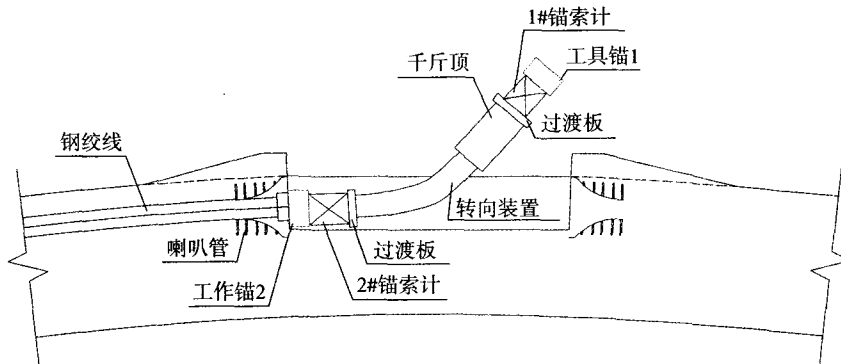


图5 A端试验装置布置示意图

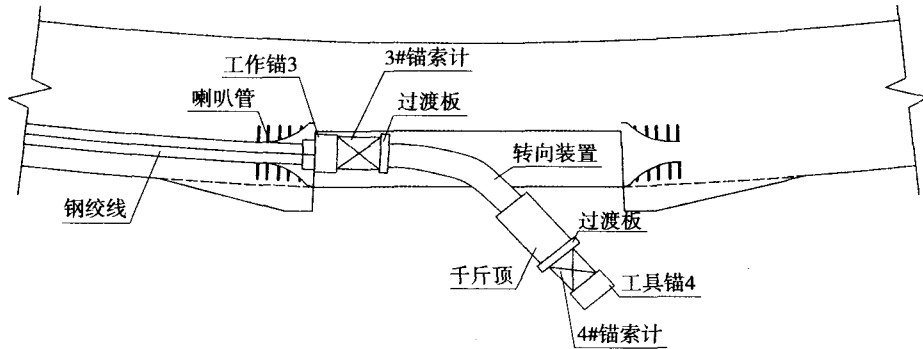


图6 B端试验装置布置示意图

(2) 孔道摩阻系数测试结果见表2。

表2 孔道摩阻系数测试结果

试验位置	偏转器角度			
	25°		35°	
	张拉至 $0.5\sigma_{con}$ (%)	张拉至 σ_{con} (%)	张拉至 $0.5\sigma_{con}$ (%)	张拉至 σ_{con} (%)
V3(C-D-E-F)	0.233	0.227	0.202	0.210
V3(F-A-B-C)	0.228	0.238	0.196	0.204
V4(A-B-C-D)	0.207	0.220	0.201	0.212
V4(D-E-F-A)	0.210	0.220	0.211	0.215
V5(B-C-D-E)	0.185	0.192	0.181	0.190
V5(E-F-A-B)	0.206	0.216	0.203	0.210
均值	0.211	0.219	0.199	0.207

从上述孔道摩阻系数统计结果可以看出,在本次试验中当张拉力达到 $0.5\sigma_{con}$ 时获得的孔道摩阻系数值比张拉力达到 σ_{con} 时小;考虑到实际施工中张拉力必须达到 σ_{con} ,根据上述统计结果,取25°变角及35°变角两种情况在张拉达到 σ_{con} 时获取的 μ 值的平均值作为本次试验的结果,即:在 $k=0.002$ 时,孔道摩阻系数 $\mu=0.213$ 。

7 预应力筋张拉

7.1 张拉设备及机具

张拉采用ZB4-500型电动油泵、YCW150B型千斤顶、25°偏转器。在使用前进行检查,配套标定千斤顶、压力表,压力表的精度不低于1.5级。

7.2 张拉方式及张拉力控制

(1) 预应力张拉方式:环向预应力筋采用两端同步张拉。

(2) 在消化池壳体混凝土龄期大于1个月

后,方可进行预应力筋的张拉。张拉控制力 $\sigma_{con} = 0.8 f_{ptk} = 1488\text{MPa}$; $P_{con} = 140 \times 1488 = 208.32\text{kN}$ 。

(3) 张拉控制程序: $0 \rightarrow 0.1P \rightarrow 0.2P \rightarrow 0.5P \rightarrow 1.0P$ (持荷2min锚固)。

7.3 张拉顺序要求

先张拉标高0.000以下环向钢绞线,再张拉竖向b、c钢绞线,然后张拉剩余环向钢绞线,最后张拉竖向a钢绞线。其中在张拉环向钢绞线时,先张拉V1、V3……(奇数号),后张拉……V4、V2(偶数号)。

7.4 张拉操作过程

①张拉编为2组,张拉配套设备、工具准备到位。②安装限位板、偏转器、过渡块、延长筒、千斤顶、工具锚、工具夹片、油泵、电源,并试运行正常(见图7)。③开始张拉,控制油压,均匀升压至控制力的0.1P暂停,测量千斤顶活塞初伸长量和锚具游动初位移。④均匀升压至0.2P测量千斤顶活塞伸长量和锚具游动位移。⑤再升压至0.5P测量千斤顶活塞伸长量和锚具游动位移。(若预应力束伸长值大于千斤顶活塞行程,则此级千斤顶需回程后再继续张拉)⑥最后升压至1.0P持荷2min后测量千斤顶活塞终伸长量和锚具游动最终位移。⑦降压至零,关闭油泵,取下张拉设备完成张拉。⑧测量出来的千斤顶活塞终伸长值减去初伸长值,即为该顶张拉的从0.1P-1.0P间预应力筋的实测伸长。与理论伸长值比较,符合-5%~+10%要求,继续下一钢束张拉;如与理论伸长值不符合

要求,则暂停张拉,分析原因,解决问题后再继续张拉。⑨做好张拉原始记录。

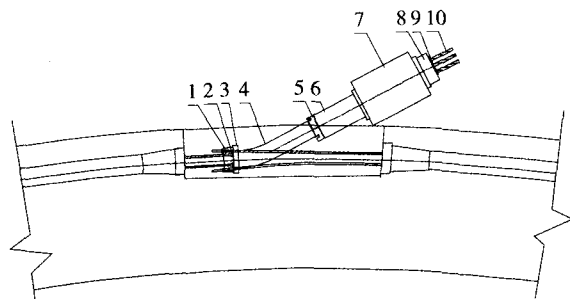


图7 变角张拉装置应用示意图

1、环锚锚板 2、工作夹片 3、限位板 4、偏转器 5、过渡块
6、延长筒 7、千斤顶 8、工具锚板 9、工具夹片 10、钢绞线

8 灌浆管安装及锚具槽回填

预应力筋张拉完成后,整理张拉记录,在实测伸长值符合规范要求的情况下,采用砂轮切割机对张拉端部外露钢绞线进行切割,钢绞线预留长度为距游动锚具300mm。张拉端部外露钢绞线切除后,开始在锚具槽两端安装灌浆管和出浆管,安装时喇叭管口处要用棉纱塞紧,防止回填混凝土时浆体流入管道内影响灌浆;最后用C45微膨胀细石混凝土回填。

9 孔道灌浆

9.1 灌浆前准备工作

(1) 灌浆前用空气压缩机清除孔道内的积水和杂物,空气压缩机的输出压力不低于0.7MPa。

(2) 安装灌浆球阀和接头。

(3) 检查相应灌浆设备运转是否正常。

9.2 灌浆制浆要求

(1) 孔道灌浆采用成品料制浆,水灰比为0.34。

(2) 浆体性能:浆体采用高速制浆机搅拌,搅拌后3h泌水率宜控制在2%,最大不得超过3%,24h泌水应能被吸收,体积变化率不大于2%,流动度18~20s。

9.3 灌浆操作

(1) 将灌浆成品料通过高速搅拌机搅拌均匀后,经过一层1.2mm过滤网,放入到贮浆桶中,再从贮浆桶引到灌浆泵,当灌浆泵输出的浆体浓度与贮浆桶中的浆体浓度一样时,将泵上的

高压橡胶管接到锚具槽上的进浆阀上,连接要牢固。

(2) 关闭灌浆阀,启动真空泵抽真空,使真空度达到-0.06~-0.1MPa并保持稳定。打开灌浆阀,启动灌浆泵,开始灌浆。灌浆过程中,真空泵保持连续工作。

(3) 待抽真空端的透明胶管有浆体经过时,关闭通向真空泵的真空阀,关闭真空泵,稍后打开排气阀门,当水泥浆从排气阀顺畅流出,且稠度与灌入的浆体浓度相当时,关闭排气阀门。

(4) 灌浆泵继续工作,压力达到0.5~0.7MPa时,持压1~2分钟。关闭灌浆泵及灌浆端阀门,完成真空灌浆。

(5) 拆卸灌浆设备及管道,并及时清理干净。待浆体初凝后,拆除压浆端和出浆端的球阀,清洗干净。如浆不满,可采用人工补浆。

(6) 灌浆过程中,应做好灌浆原始记录,同时还应做好试块及试样,以备检测浆体其它性能。

10 结束语

(1) 蛋形消化池的主要荷载为水压力和气压力,为了抵抗这些荷载在壳体池壁上产生的拉应力,采用预应力混凝土结构,壳体池壁上的拉力基本上由高强预应力钢材承担,池壁混凝土经常处于拉应力很小的状态,不会引起池壁混凝土开裂。这对结构的长期安全可靠使用具有重要意义。

(2) 通过偏转器摩阻损失试验得出25°和35°摩阻损失分别为4.67%和6.29%,这对今后设计类似工程考虑预应力损失时具有参考意义。

(3) 消化池由于采用高强钢绞线预应力体系,可以充分利用结构材料的强度,从而节约钢材12%左右。

参考文献

- [1] 赵顺波等. 环形高效预应力混凝土技术与工程应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008
- [2] 熊学玉等. 预应力工程设计施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003