

最新

桥涵隧道工程设计施工验收养护规范

与质量验评标准及新技术应用手册



主编：李海岭 博士 中国公路工程咨询监理总公司
傅志斌 硕士 建设综合勘察研究设计院

北京科大电子出版社

最新桥涵隧道工程设计施工 验收养护规范与质量验评 标准及新技术应用手册

主编:李海岭 傅志斌

(第四卷)

江苏工业学院图书馆
藏书章

北京科大电子出版社

(三)沉管段的基础处理与创新设计

1. 基础垫层压缩量的计算

(1)基础垫层压缩量计算的前提条件。

假设基槽底地基是稳定的(如地基土过于软弱,则已作处理加固),基础垫层仅作“垫平”处理。

在土工试验室对垫层进行荷载板模型试验,求得在不同荷载作用下垫层的压缩量和密实度,为计算基础垫层压缩量提供参考资料。例如,砂垫层可以通过荷载板模型试验,得出 $P-e$ (孔隙比)曲线和 $P-S$ (沉降量)曲线,根据这两条曲线就可进行砂垫层压缩量计算。

(2)基础垫层压缩量计算的工况

工况 1:管节直接放置在垫层上(处于垫层施工阶段抗浮系数 1.05),计算出垫层的压缩量 S_1 (相对于垫层初始厚度 H_0)。

工况 2(采用鼻式托座对接定位):放置下一对接管节以后(等于该管节的垂直荷载的一半作用于前一个管节的垫层上),计算出垫层的压缩量 S_2 。

工况 3:管节顶部回填覆盖层(片石岩渣),计算出垫层的压缩量 S_3 。

工况 4:隧道运营期间加上动荷载,计算出垫层的压缩量 S_4 。

垫层总压缩量 $S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$,这一计算值很重要,不论是先铺法或后填法的基础处理,都必须预留出这个 S 超高量。但这个计算值仅作参考,还必须经过实体模型试验才能准确确定出垫层总压缩量 S 。如果垫层总压缩量 S 控制不准确,它会使管节底面标高产生误差,亦可能超出允许范围。

2. 用砂作为充填料的基础垫层抗地震液化设计

(1)液化的危害性。

位于地震区的沉管隧道,当地震发生时,基础砂垫层一旦液化,将会丧失或降低承载力,产生超量沉陷或不均匀沉陷,还将对管节产生一种浮托力,严重时将使结构损坏。因此,基础砂垫层的液化问题是基础处理设计的重要考虑因素之一。

根据以往经验,在某种地震情况下,饱和的细砂将会液化,失去所有抗剪强度并像液体般的流动。

影响砂层液化的主要因素包括土壤类型、相对密度、原始的侧限压力、地震强度和地震持续时间。

(2)我国台湾省高雄过港隧道沉管段基础处理抗地震液化设计。

该隧道沉管段由六节管节组成,每节管节高 7.718~9.35m,宽 24.9m,长 120m,沉放到 -24.4m 标高处。

海底下沉管段轴线处有一薄而软的冲积砂质淤泥层(厚约 0.6~1.2m)。在此以下 30m 钻孔底端为密实的漂砾—砾石—砂层。当地的地震安全防护标准为里氏 7.5 级。

砂垫层材料为黑江河砂,是一种在高雄附近的次棱角形岩类河砂,比重 2.70g/cm^3 ,平均粒径 $D(50) = 0.90\text{mm}$,其最大及最小干密度和孔隙比如下:

$$\gamma_{\max} = 1.837\text{g/cm}^3 \quad e_{\min} = 0.470$$

$$\gamma_{\min} = 1.5569\text{g/cm}^3 \quad e_{\max} = 0.765$$

添加水泥熟料的比重是 3.12g/cm^3 ,其平均粒径 $D(50) = 0.89\text{mm}$,最大及最小干密度和孔隙比如下:

$$\gamma_{\max} = 2.115\text{g/cm}^3 \quad e_{\min} = 0.470$$

$$\gamma_{\min} = 1.792\text{g/cm}^3 \quad e_{\max} = 0.741$$

基础处理设计采取两种措施:

①开挖成型的基槽,在管节沉放、对接、基础处理后用密实粗砂和砾石对管节两侧进行回填,其配合比要使填料在地震时成为自由排水材料。

②开挖成型的基槽,在管节沉放、对接后以压力灌注法回填砂、水泥熟料,通过把少量水泥熟料加入砂中可以获得一种混合物,使砂颗粒之间具有足够的化学结合力,能够防止砂垫层液化及变形。

3. 广州黄沙至芳村珠江水下隧道利用模型试验的结果

进行砂流法基础处理砂垫层沉降量的计算及各管节压砂孔的布置实例如下:

(1) 沉降量计算。

由于该沉管隧道在管节沉放、对接时不采用鼻式托座,而是采用四个支承千斤顶同时着地,进行水压对接,所以垂直荷载只有三种工况。

① 荷载(t/m)

主体结构: $G_1 = 241.781\text{t/m}$;

防锚层: $G_2 = 13.14\text{t/m}$;

管节内压重层: $G_3 = 25.6\text{t/m}$;

地铁孔中间隔墙: $G_4 = 4.14\text{t/m}$;

覆土: $G_5 = 17.16\text{t/m}$;

地铁孔轨道整体道床: $G_6 = 10.19\text{t/m}$;

管节顶面压重层: $G_7 = 8.352\text{t/m}$;

管廊设备: G_8 : 不考虑;

活载: $G_9 = 116.5\text{t/m}$;

恒载总和

$$\Sigma G = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6 + G_7 = 320.363\text{t/m}$$

若不包覆土: $\Sigma G' = 303.203\text{t/m}$;

浮力计算: $W = 271.463\text{t/m}$;

施加在砂垫层上的单位面积的恒载加活载(减浮力):

$$P_1 = 4.49\text{t/m}^2$$

施加在砂垫层上的单位面积的恒载加活载(含覆土)减浮力后,

$$P_2 = 5.01\text{t/m}^2$$

② 垂直荷载的工况

第一种工况——施工阶段,加载(压载水)至 1.04 抗浮安全系数时, $F = 0.3\text{t/m}^2$ 。

第二种工况——运行阶段(不包活载),恒载加载完毕后,由于覆土厚度不同引起不同的沉降。四节管节覆土荷载,见表 5-4-7。

表 5-4-7 覆土厚度产生的荷载

管节 项目	管节 两端	E ₁		E ₂		E ₃		E ₄	
		北端	南端	北端	南端	北端	南端	北端	南端
覆土厚度(m)		0.66	1.46	3.124	1.784	1.1	0.869	0.89	0.869
荷载(t/cm ²)		1.31	1.72	2.12	1.90	1.53	1.41	1.41	1.41

第三种工况——最终荷载(荷载 + 活载),见表 5-4-8。

表 5-4-8 最终荷载

管节	管节	E ₁		E ₂		E ₃		E ₄	
		北端	南端	北端	南端	北端	南端	北端	南端
项目	两端								
	最终荷载(m)	4.84	5.25	5.65	5.42	5.06	4.94	4.91	4.94

③沉降量计算。

计算公式：

$$S = (e_1 - e_2) / H / (1 + e_1) \quad (5-4-7)$$

式中： H ——砂垫层可压缩层厚度，cm；

e_1 ——与 P_1 相应的孔隙比；

e_2 ——与 P_2 相应的孔隙比， e_1 、 e_2 均可根据 $P-S$ 曲线(图 5-4-9)求得。计算结果，见表 5-4-9~表 5-4-11。

表 5-4-9 第一种工况沉降量

管节	管节	E ₁		E ₂		E ₃		E ₄	
		北端	南端	北端	南端	北端	南端	北端	南端
项目	两端								
	沉降量(m)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

表 5-4-10 第二种工况沉降量

管节	管节	E ₁		E ₂		E ₃		E ₄	
		北端	南端	北端	南端	北端	南端	北端	南端
项目	两端								
	沉降量(m)	10.7	14	17.3	15.7	12.5	11.7	11.7	11.7

表 5-4-11 第三种工况沉降量

管节	管节	E ₁		E ₂		E ₃		E ₄	
		北端	南端	北端	南端	北端	南端	北端	南端
项目	两端								
	沉降量(m)	35.3	38.6	41.9	40.3	37.1	36.3	36.3	36.3

(2)压砂孔的布置。

①基础在管节底板下的充满度一般要求不小于 80%，这决定了相邻灌砂孔形成的砂盘必须相切，这是确定压砂孔间距的因素之一。

②根据管节沉放、对接、基础处理施工过程中需要的负浮力 $Q_{\text{负浮力}}$ ，以及灌砂试验形成砂盘产生的上托力 $P_{\text{上托力}}$ ，要求按 $P_{\text{上托力}} \leq Q_{\text{负浮力}}$ 时最大砂盘直径来确定孔间距，这是确定孔间距的因素之二。

综合上述两个因素就可进行压砂孔布置设计。各管节压砂孔的布置，如图 5-4-113。

4. 压浆基础处理方法

其模型试验与砂流(压砂)法基本相同，但还应考虑如下问题：

(1)对压浆材料要求

压浆材料的流动性及易充满性能要好。

压浆时，不能用过大的压力以避免管节被顶起。

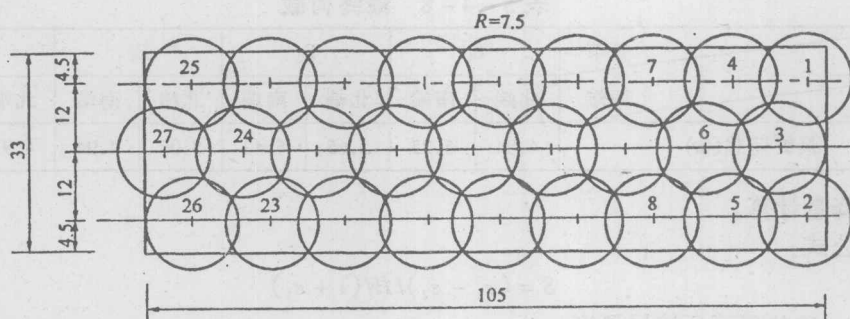


图 5-4-113 各管节压砂孔的平面布置图(尺寸单位:mm)

压浆形成垫层的强度应大于基槽地土承载力,因此要通过多级配试验来选择最合适的级配压浆材料,见表 5-4-12。

表 5-4-12 大型水槽试验所采用压浆材料的级配

水泥(kg)	膨润土(kg)	砂(kg)	水(kg)	粘度(s)
150	25.0~37.5	611~1055	533~700	14~18

在级配中采用膨润土之前,曾做过膨润砂浆的试验,试验结果发现在较高压力下(2.0~2.5kg/cm²),浆液流动不很理想,压浆垫层表面会有气泡离析,要排清这些离析气泡很困难,影响到压浆垫层的质量,所以没有用于工程实践中。

(2) 压浆过程应注意的问题

改进浆液的和易性;防止离析;保持长时间有良好的流动性;避免强度降低;避免过大干缩。

(3) 压浆法施工工艺在本节前面已详细论述,压浆垫层基础沉降量、压浆孔压浆材料的扩散半径与压浆压力、上托力等设计要素,亦要通过与上述砂流(压砂)法一样的模型试验得出。

其压浆孔布置,经有关试验研究得出,当压注泵的压入能力为 600~800L/min 时,如压浆孔直径为 3/4in(1in=2.54cm),施工时只要压浆率达 1%,稠度流动值达到 20s±1.5s 时,其作用半径可达到 3.75m。施工时砂浆的配合比为:水泥:膨润土:水:砂=0.167:3.7:6.63。

(四) 回填处理

基础处理完成后,最后一道工序是对已就位处理好的管节在基础两侧及顶部进行回填处理。回填处理的目的是对沉管隧道沉管段加以保护,使其具有较好防冲刷、防锚、防沉船等能力,同时也为了防止在基础边缘外侧可能形成抗地震液化薄弱区。因此,管节两侧回填层应具有良好的排水性能。

回填处理实例:香港地铁荃湾线尖沙嘴至湾仔沉管隧道,采用先铺法整体刮平基础处理方法,基础处理完成后,进行回填处理,如图 5-4-114,其回填处理分四层进行:

(1) 顶部的片石保护层。

(2) 碎石反滤层。

(3) 一般回填材料。

(4) 经挑选过的回填材料。

香港东区沉管隧道沉管段的回填处理,如图 5-4-114。

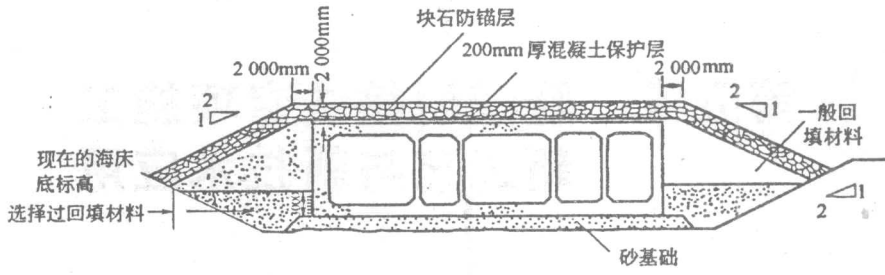


图 5-4-114 香港东区沉管隧道沉管段的回填处理

第五章 隧道明挖法专项施工 新工艺与新技术应用

第一节 明挖法施工工艺流程

明挖法是先从地表面向下开挖基坑至设计标高,然后在基坑内的预定位置由下而上地修筑衬砌、建造主体结构及其防水措施,最后回填土并恢复路面。明挖法施工的基本流程为:打桩(护坡桩)→路面开挖→埋设物支承防护与开挖→地下结构物的施工→回填→拔桩恢复地面(或路面),如图 5-5-1。

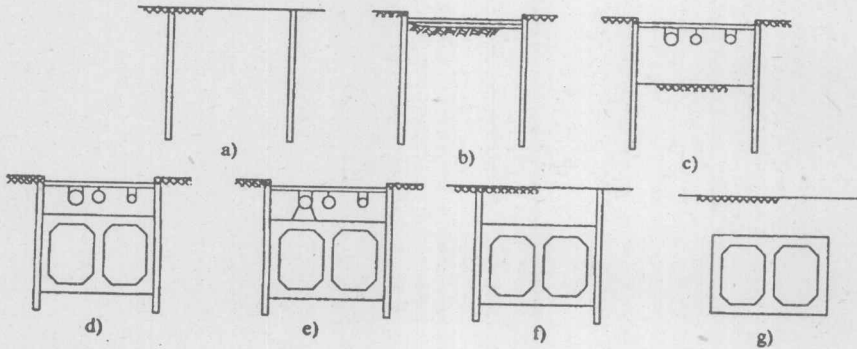


图 5-5-1 明挖法施工工艺流程示意图

- a)打桩;b)路面开挖;c)埋设物支承防护和开挖;
d)结构施工;e)埋设物支承修筑;f)回填;g)拔桩,恢复路面

明挖法施工中的基坑可以分为:敞口放坡基坑和有围护结构的基坑两类,在这两类基坑施工中,又采用不同的维护基坑边坡稳定的技术措施和围护结构,如下图 5-5-2 所示:

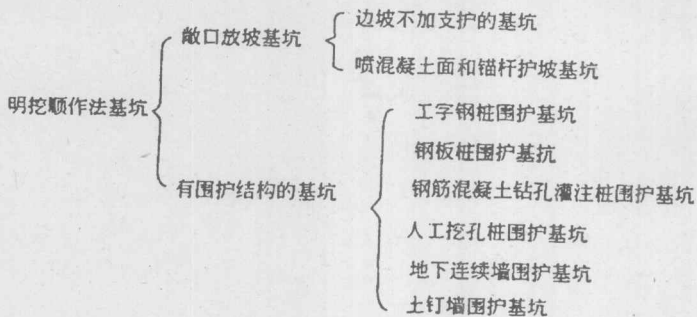


图 5-5-2 明挖基坑的类型

在选择基坑类型时,应根据隧道所处位置、隧道埋深、工程地质和水文地质条件,因地制宜地确定。

若基坑所处地面空旷,周围无建筑物或建筑物间距很大,地面有足够空地能满足施工需要,又不影响周围环境,则采用敞口放坡基坑施工。因为这种基坑施工法简单、速度快、噪声小、无需做围护结构。如果因场地限制,基坑放坡坡度稍陡于规范规定时,则可采用适当的挡土结构,如土钉加混凝土喷抹面对边坡加以支挡,即使如此,该方法的造价仍然是较低的。

如果基坑很深,地质条件差,地下水位高,特别是又处于城市繁华的市区,地面建筑物密集,交通繁忙,无足够空地满足施工需要,没有条件采用敞口放坡基坑,则可采用有围护结构的基坑。

第二节 明挖法施工技术指标

明挖法具有施工作业面多、速度快、工期短、易保证工程质量、工程造价低等优点,因此,在地面交通和环境条件允许的地方,应尽可能采用。特别是城市地下隧道在工程发展初期都把它作为首选的开挖技术。

1. 明挖法的优点

(1)使用功能好。由于对地铁车站的最小埋深除需满足地下管线敷设的要求外,一般无特别限制,在某些特定条件下可以做得很浅,甚至将结构顶板与路面合二为一,所以乘客进出站十分方便,出入口可根据需要灵活布置,能很好地吸引地面客流和较快地疏散车站内的客流,并可兼作城市的过街通道。

明挖法的适应性强,可以根据场地条件和使用要求灵活布置车站的平面及纵断面。尤其适用于客流量大的车站、换乘站以及需要考虑城市地下、地上空间综合利用的车站,例如与地下车库、地下街、地下管廊、城市立交工程或高层建筑等合建。

明挖法能较好地利用地下空间,紧凑、合理地把设备用房集中设置在车站内,管理方便。

(2)施工方法简单,技术成熟。

(3)工程进度快,根据需要可以分段同时作业。

(4)浅埋时工程造价和运营费用均较低,且能耗较少。

2. 明挖法的缺点

(1)外界气象条件对施工影响较大。

(2)施工对地面交通和居民的正常生活有较大影响,且易造成噪声、粉尘及废弃泥浆等的污染。

(3)需要拆除工程影响范围内的建筑物和地下管线。

(4)在饱和的软土地层中,深基坑开挖引起的地面沉降较难控制,且坑内土坡的纵向稳定常常会成为威胁工程安全的重大问题。

3. 明挖法的适用条件

鉴于功能要求、造价和工期等对能否发挥修建隧道的社会效益和经济效益起决定作用,而施工期间对环境的影响只是一种短期效应,所以浅埋隧道仍多采用明挖法,与不同类型的围护结构结合能适用于各种地层。在山岭隧道的洞口和明洞的施工中一般都采用明挖法,在城市的地铁车站施工中也多采用明挖法。在交通繁忙的地段修建地铁车站,尤其是修建有综合功能要求的车站,或需要严格控制基坑开挖引起的地面沉降时,则可采用盖挖法施工。当不允许施工干扰地面交通,或由于地面拆迁量过大等原因明挖施工很不经济时,可采用暗挖法(矿山法或盾构法)施工,且一般用于规模较小的中间站。

第三节 明挖法专项施工新技术应用

明挖法施工的隧道,其主体结构施工与地面上工程类似,其主要工序为基坑开挖与支护。

一、敞口放坡基坑

在城市地下工程采用明挖法施工时,为了防止塌方,保证施工安全,在基坑(槽)开挖深度超过一定限度时,土壁应做成有斜率的边坡,以保证土坡的稳定。工程中常称为放坡。

采用敞口放坡基坑法修建隧道时,保证基坑边坡的稳定是非常重要的,否则,一旦边坡坍塌,不但地基受到震动,影响承载力,而且也影响周围地下管线、地面建筑物的稳定和交通安全。

放坡开挖是明挖法施工的首选方案。

(一)土方边坡开挖规定

根据《土方及爆破工程施工及验收规范》的规定,当地下水位低于基底,在湿度正常的土层中开挖基坑(槽),且敞露时间不长时,可做成直立壁不加支撑,但挖方的深度不宜超过下列规定:

碎石土和砂土:1.0m;

轻亚粘土及亚粘土:1.25m;

粘土:1.5m;

坚硬的粘性土:2m。

施工过程中,应经常检查沟壁的稳定情况。

当土的湿度、土质及其他地质条件较好且地下水位低于基底时,基坑(槽)深度在5m以内且不加支撑时,其边坡的最大允许坡度,如表5-5-1。

表 5-5-1 深度在5m以内不加支撑的边坡最大坡度

土的类别	边坡坡度(高宽)		
	人工挖土并将土抛于坑(槽)上边	机械挖土	
		在坑(槽)底挖土	在坑(槽)上边挖土
轻亚粘土	1:0.67	1:0.50	1:0.75
亚粘土	1:0.50	1:0.33	1:0.75
粘土	1:0.33	1:0.25	1:0.67
中密碎石土	1:0.67	1:0.50	1:0.75

注:①如人工挖土不把土抛到基坑(槽)时,而随时将土运往弃土场时,则应改用机械挖土的坡度。

②当有足够资料和经验时,可不受此表所限。

挖土时,土方边坡太陡会造成塌方,反之则增加土方工程量,浪费机械动力和人力,并占

用过多的施工场地。

因此在开挖不符合规范条件的基坑(槽)时,就有确定土方边坡稳定的问题。边坡稳定问题是敞口放坡法施工中最重要的问题。如果处理不当,土坡失稳,产生滑动,不仅影响工程进展,甚至危及生命安全,造成工程失败,因此土坡稳定是保证既安全又经济地进行敞口放坡施工的关键。

(二)影响基坑边坡稳定的因素

基坑边坡坡度是直接影响基坑稳定的重要因素,当基坑边坡土体中的剪应力大于土体的抗剪强度时,边坡就会失稳坍塌。其次施工不当也会造成边坡失稳。影响边坡稳定的因素主要有:

(1)没有按设计坡度进行边坡开挖。

(2)基坑边坡顶部堆放材料、土方以及运输机械车辆等增加附加荷载。

(3)基坑降排水措施不力。地下水未降至基底以下,而地面雨水、基坑周围地下给排水管线漏水渗流至基坑边坡的土层中,使土体浸湿,加大土体自重,增加土体中的剪应力。

(4)基坑开挖后暴露时间过长,经风化而使土体变松散。

(5)基坑开挖过程中,未及时刷坡,甚至挖反坡,使土体失去稳定性。

为保持基坑边坡的稳定,可采取以下措施:

(1)根据土层的物理力学性质确定基坑边坡坡度,并于不同土层处做成折线形或留置台阶。

(2)必须做好基坑降排水和防洪工作,保持基底和边坡的干燥。

(3)基坑放坡坡度受到一定限制而采用围护结构又不太经济时,可采用坡面土钉、挂金属网喷射混凝土或抹水泥砂浆护面。

(4)严格控制基坑边坡顶部1~2m范围内堆放的材料、土方和其他重物以及较大的机械所产生的荷载。

(5)基坑开挖过程中,随挖随刷边坡,不得挖反坡。

(6)暴露时间在1年以上的基坑,一般可采取护坡措施。

(三)基坑边坡坡度的确定

确定基坑边坡坡度有3种方法,即计算法、图解法和查表法。一般采用查表法。

在城市隧道施工中,一般在地质条件良好、土质较均匀而地下水位低或通过降水将地下水位维持在基底面以下时,常采用查表法确定基坑边坡的坡度。根据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)并结合北京地下铁道一、二期工程施工经验给出表发出5-5-2、表5-5-3,施工时可作为参考。

表 5-5-2 岩石基坑边坡坡度

岩石类别	风化程度	坡度值(高宽比)	
		8m 以内	8~15m
硬质岩石	微风化	1:0.1~0.2	1:0.2~0.35
	中等风化	1:0.2~0.35	1:0.35~0.5
	强风化	1:0.35~0.5	1:0.5~0.75

续表

岩石类别	风化程度	坡度值(高宽比)	
		8m 以内	8 ~ 15m
软质岩石	微风化	1:0.35 ~ 0.5	1:0.5 ~ 0.75
	中等风化	1:0.5 ~ 0.75	1:0.75 ~ 1.00
	强风化	1:0.75 ~ 1.00	1:1.00 ~ 1.25

表 5-5-3 土质基坑边坡坡度

土的类别	密实度或状态	坡度值(高宽比)		
		5m 内	5 ~ 10m	10 ~ 15m
碎石土	密实	1:0.35 ~ 0.5	1:0.5 ~ 0.75	1:0.75 ~ 1.0
	中密	1:0.5 ~ 0.75	1:0.75 ~ 1.0	1:1.0 ~ 1.25
	稍密	1:0.75 ~ 1.0	1:1.0 ~ 1.25	1:1.25 ~ 1.5
粉土	$S_r \leq 0.5$	1:1.0 ~ 1.25	1:1.25 ~ 1.5	1:1.5 ~ 1.75
粘性土	坚硬	1:0.75 ~ 1.0	1:1.0 ~ 1.25	1:1.25 ~ 1.5
	硬塑	1:1.0 ~ 1.25	1:1.25 ~ 1.5	1:1.5 ~ 1.75

二、围护结构基坑施工工艺

目前,城市隧道明挖基坑所采用的围护结构种类很多,其施工方法、工艺和所用的施工机械也各异。因此,应根据基坑深度、工程地质和水文地质条件、地面环境条件等,特别要考虑到城市施工这一特点,经综合比较后确定。

(一)工字钢桩围护结构

作为基坑围护结构主体的工字钢,一般采用 50 号、55 号和 60 号的大型工字钢。基坑开挖前,在地面用冲击式打桩机沿基坑设计边线逐根打入地下,桩间距一般为 1.0 ~ 1.2m。若地层为饱和淤泥等松软土层,也可采用静力压桩机和振动打桩机进行沉桩。基坑开挖时,随挖土方随在桩间插入 5cm 厚的水平木背板,以挡住桩间土体。基坑开挖至一定深度后,若悬臂工字钢的刚度和强度都不够,就需要设置腰梁和横撑或锚杆(索),腰梁多采用大型槽钢、工字钢制成,横撑则可采用钢管或组合钢梁,其支撑平面形式,如图 5-5-3 其设计、施工要求详见基坑围护结构的支撑体系。

工字钢桩围护结构适用于粘性土、砂性土和粒径不大于 10cm 的砂卵石地层,当地下水位较高时,必须配合人工降水措施。而且打桩时,施工噪声一般都在 100dB 以上,大大超过环保法规定的限值,因此,这种围护结构只宜用于郊区距居民点较远的基坑施工中。

(二)钢板桩围护结构

钢板桩强度高,桩与桩之间的连接紧密,隔水效果好,可多次倒用。因此,沿海城市如上海、天津等地修建城市隧道时,在地下水位较高的基坑中采用较多;北京地铁一期工程在木樨地过河段也曾采用过。

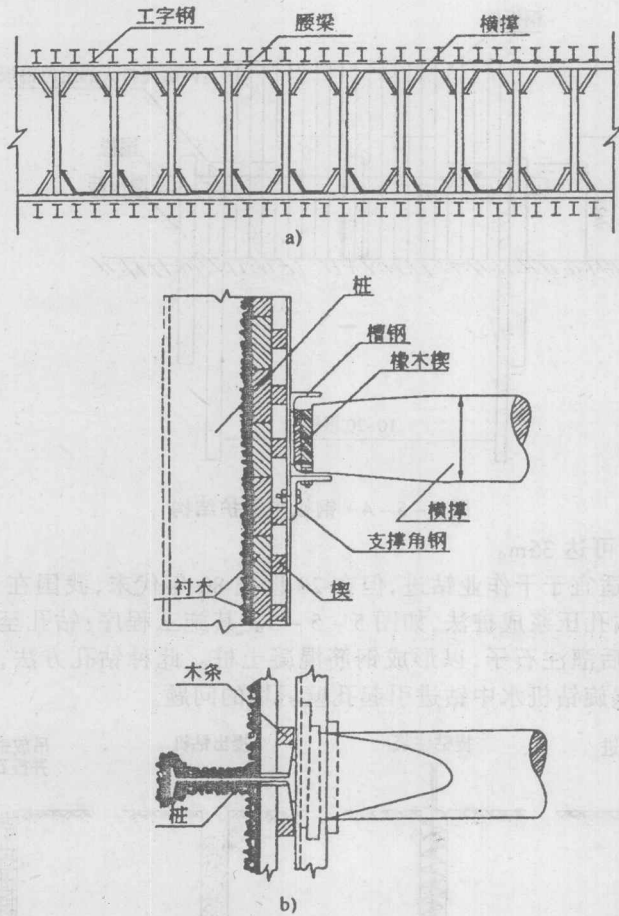


图 5-5-3 工字钢桩围护结构支持
a)平面图; b)立面图

钢板桩常用断面形式,多为 U 形或 Z 形。我国城市隧道施工中多用 U 形钢板桩,其沉放和拔除方法、使用的机械均与工字钢桩相同,但其构成方法则可分为单层钢板桩围堰、双层钢板桩围堰及屏幕等。由于城市隧道施工时基坑较深,为保证其垂直度又方便施工,并使其能封闭合拢,多采用屏幕式构造,如图 5-5-4。

钢板桩围护结构的适用范围,基本上与工字钢的适用范围相同。

(三)钻孔灌注桩围护结构

1. 成孔方法

钻孔灌注桩一般采用机械成孔。隧道明挖基坑中所用的成孔机械,多为螺旋钻机和冲击式钻机。正反循环钻机,由于采用泥浆护壁成孔,故成孔时噪声低,适于城区施工,在明挖隧道基坑和高层建筑深基坑施工中得到广泛应用。

(1)螺旋钻机成孔。螺旋钻机分长螺旋钻机和短螺旋钻机两种,由于地质条件限制,长螺旋钻机应用较广。短螺旋钻机,由于要把钻头提升到地面后反转甩出,钻进中挤入钻杆叶片间的土,在反复钻进和提升过程中,孔壁扰动后易于坍塌,在粘性土中较为适用,其他软土地层,则受到一定限制。

长螺旋钻机钻孔直径一般为 $\phi 300 \sim \phi 800\text{mm}$,钻深可达 25m;而短螺旋钻机钻孔直径一般

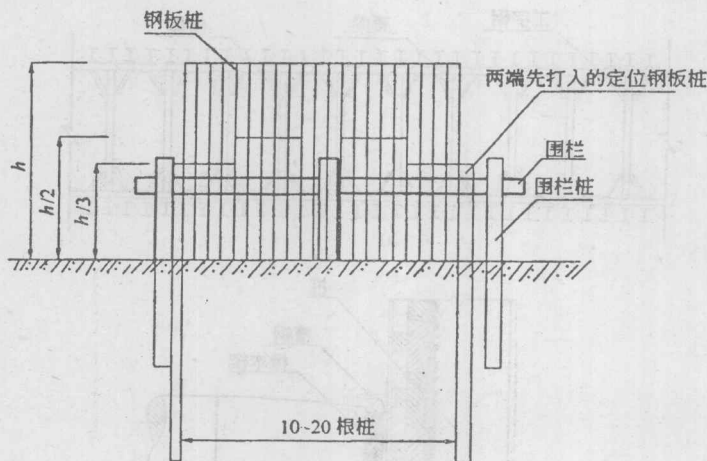


图 5-5-4 钢板桩围护结构

为 $\phi 400 \sim \phi 1500$, 钻深可达 35m。

螺旋钻机一般只适宜于干作业钻进,但在 20 世纪 80 年代末,我国在 PIP 桩的基础上,稍加改进,试验成功了钻孔压浆成桩法,如图 5-5-5。其施工程序:钻孔至孔底→随压浆随提升钻杆→吊放钢筋笼后灌注石子,以形成钢筋混凝土桩。此种钻孔方法,因随提钻随压水(砂)浆护壁,解决了螺旋钻机水中钻进引起孔壁坍塌的问题。

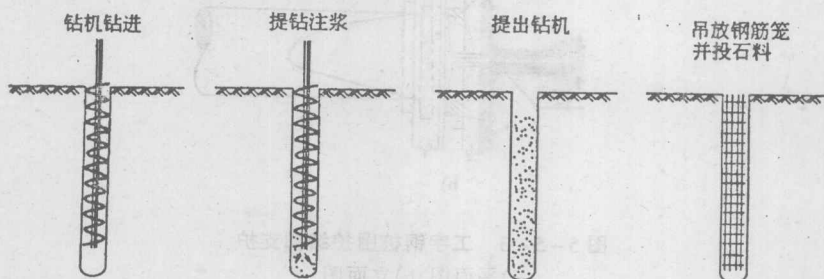


图 5-5-5 钻孔灌注桩成桩步骤

(2) 钢丝绳冲击钻机成孔。利用悬吊着的钻头的冲击力,将钻孔内的土或岩层冲碎,并采用泥浆护壁,通过捞渣将钻孔内的大部分泥土清出孔外。其操作要点为:钻孔前,先在孔口处埋设护筒,然后使钻机就位,并使钻头对准护筒中心;钻进过程中当深度在护筒底以下 3~4m 时,应低锤冲击,锤高控制在 0.4~0.6m,并及时加泥浆护壁,保持孔壁稳定;钻进中,每冲击 3~4m 掏一次渣,并及时加水保持孔内水位高度,防止坍孔。掏完渣后向孔内加护壁泥浆并保持正常浓度。这样反复冲孔、掏渣、注浆,直至设计深度。

(3) 正循环回转钻机成孔。它是在钻机驱动钻具回转钻进的同时,冲洗液沿钻杆与孔壁之间的环形空间上升,然后从孔口返回沉淀池,形成正循环回转钻进。钻机的主要部件有转盘、马达、卷扬机、钻架、钻杆、钻头和水管等。

(4) 反循环回转钻机成孔。反循环回转钻机成孔的冲洗液流向是从地面沿钻具与孔壁间的环形空间,或采用专门管线以及双壁钻杆的外环间隙流向孔底,然后沿钻杆的中心孔上返回地面,形成反循环排渣回转钻进。其主要设备与正循环钻进成孔的设备基本相同,但一般不需要泥浆泵,按吸升泥浆和排渣方法不同,需配置吸泥泵与真空泵或空气吸泥机和水力吸泥机等。

反循环钻孔,一般有压缩空气、泵举和泵吸反循环法3种,施工中可根据具体情况选用。

2. 钻孔灌注桩混凝土配制与灌注

(1) 混凝土应满足下列要求:

混凝土应按设计配合比配制;坍落度为水下混凝土18~22cm,干作业混凝土12~18cm;强度要达到设计要求,基坑开挖后桩身无蜂窝、麻面、断桩、夹泥等不良现象。

(2) 混凝土灌注分干孔和水下灌注两种:

① 干孔灌注。一般采用直接由孔口倾倒入孔方式。由于桩身较长,依靠混凝土的自重即可以将其振实。

② 水下混凝土灌注。通常采用导管灌注方式。混凝土通过导管连续灌入桩孔内。为方便混凝土灌注,导管顶部应放置漏斗。第一次灌注混凝土时,导管应事先在地面组装好,经检查合格后吊入桩孔,并在导管底部装隔水塞,但不能妨碍混凝土顺利排出。导管底距桩孔底高度不宜超过500mm。

在灌注混凝土过程中,导管应保持埋入混凝土内2~3m,并严格控制导管拆卸时间,一般不超过15min,混凝土灌注要连续进行。在灌注混凝土的同时,应测量混凝土的上升高度,以便及时提升和拆卸导管。

桩身混凝土达到设计强度后方可进行土方开挖。

(四) 挖孔灌注桩围护结构

挖孔灌注桩又称人工挖孔桩,因其具有应用灵活,无机械噪声和泥浆污染,易调整纠偏和控制精度,对施工场地和机具设备要求不高和造价便宜等优点,而被广泛地用于基坑的围护结构和建筑物基础。在英国基础规范(BS 80041986)中定义为人工挖掘的沉井(Hand-dug caisson),在香港简称为HDC,在美国又称为加利福尼亚井和芝加哥沉井。

1. 成孔方法和步骤

挖孔桩通常是由工人用手持式工具挖掘成孔,并用手摇或电动绞车和吊桶出土。每挖一节桩身土方后,随即立模灌注混凝土护壁,逐节交替地由上往下进行直到设计标高。随着井身加深,应即时安装通风、照明、通讯等设备。若挖至地下水位以下,一般可采用潜水泵排水,但为防止挖孔底部坍塌,排水量不应超过60L/min。若水量过大,则应预先人工降水或进行注浆加固,然后再挖孔。

挖孔桩的最小直径为800mm,但为了工作方便以不小于1200mm为宜。

为了防止挖孔坍塌,保证施工安全,每节桩身开挖长度控制在0.9~1.0m之内,在复杂地质条件下,每一节的开挖长度尚应减小。混凝土护壁厚度为10~15cm,必要时可配置一定数量的 $\phi 6 \sim \phi 10$ 的钢筋,混凝土标号为C20。特大直径的挖孔桩,其混凝土护壁的尺寸和构造应专门设计。混凝土护壁均留在挖孔内成为桩身的一部分,如图7-6。

挖孔桩桩身混凝土的制备和灌注方法及技术要求与钻孔桩相同。

2. 挖孔桩的施工安全措施

挖孔桩施工安全是头等重要的问题,除上面已提到的要求外,尚应注意:

(1) 要有足够的现场调查资料和有经验的现场管理,并严格按操作规程施工。

(2) 要加强地面观察,检查其是否产生异常的沉陷现象。

(3) 在孔口应设置围栏和工作平台。

(4) 设置通风系统和瓦斯检测仪器。

(5) 井下挖土工人应戴安全帽、保险吊带、防毒口罩,挖孔内还要设置救生吊梯。

3. 工程实例

在广州地下铁道车站施工中,广泛地采用密排的挖孔桩作为基坑的围护结构,直径1200

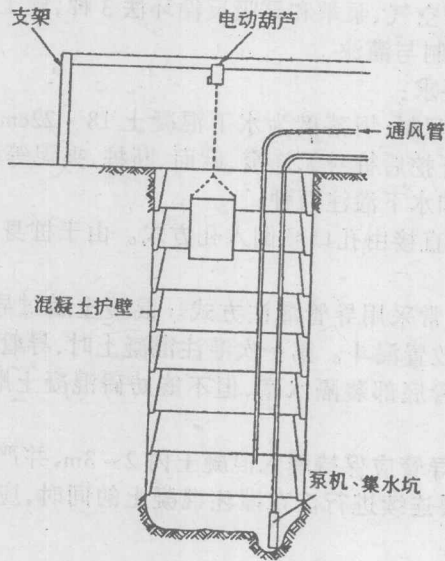


图 5-5-6 挖孔桩施工图

~1500mm, 深度 15~27m, 形状有圆形的, 亦有方形的。无论在经济效益或施工速度上都取得了很好的成绩。

香港地下铁道车站施工中不仅采用挖孔桩作为基坑的围护结构, 而且也用来作为主体结构的边墙或边墙的一部分。图 5-5-7 表示香港地下铁道彩虹车站的结构图, 该站采用逆作法施工。内径为 1.5m 的挖孔桩既为围护结构又是主体结构的边墙。由于地下水的存在, 挖孔桩只做到底板下 2.0m, 其余部分为直径较小的、通过挖孔内部施工的钻孔桩。桩身混凝土则由下而上一并浇筑。

当然, 挖孔灌注桩的使用范围还是有限制的, 地层必须有一定的自稳能力, 地下涌水量不能太大, 挖孔深度不宜超过 30m, 但世界上挖孔深度有超过 100m 的, 如新加坡联合银行大厦, 62 层, 挖孔直径 6~9m, 地层为泥岩和砂岩。

(五) 地下连续墙围护结构

在基坑深、地质条件差、地下水位高时, 一般都需要采用地下连续墙作为基坑的围护结构; 当条件适宜时, 常常配合土层锚杆或横撑一并使用。由于地下连续墙的内容较多, 故需另章阐述。

(六) 土钉墙围护结构

土钉墙围护结构是在隧道新奥法原理的基础上发展起来的, 故又称为深基坑的“喷锚网支护结构”。所谓土钉就是置于基坑边坡土体中, 以较密间距排列的细长金属杆。土钉依靠它与土体接触面上的粘结力或摩擦力, 与其周围土体形成一个有自承能力的挡土墙体系, 承受未加土钉土体施加的侧压力, 以保持基坑边坡的整体稳定性。

这种围护结构, 近年来在北京、广州、深圳等城市的高层建筑深基坑中采用较多。在北京地下铁道西客站预埋区间隧道的明挖基坑中也已采用, 取得较好的效果。

土钉墙围护结构用于深基坑开挖的做法如下: 即从上到下分段开挖土方, 每段高度一般为 1~2m, 并随开挖随在开挖面上设置土钉, 然后挂网喷混凝土。也可先挂网喷混凝土, 后设置土钉, 视土质而定。土钉可击入土体, 但通常都是先钻孔, 然后插入土钉并沿全长注浆。

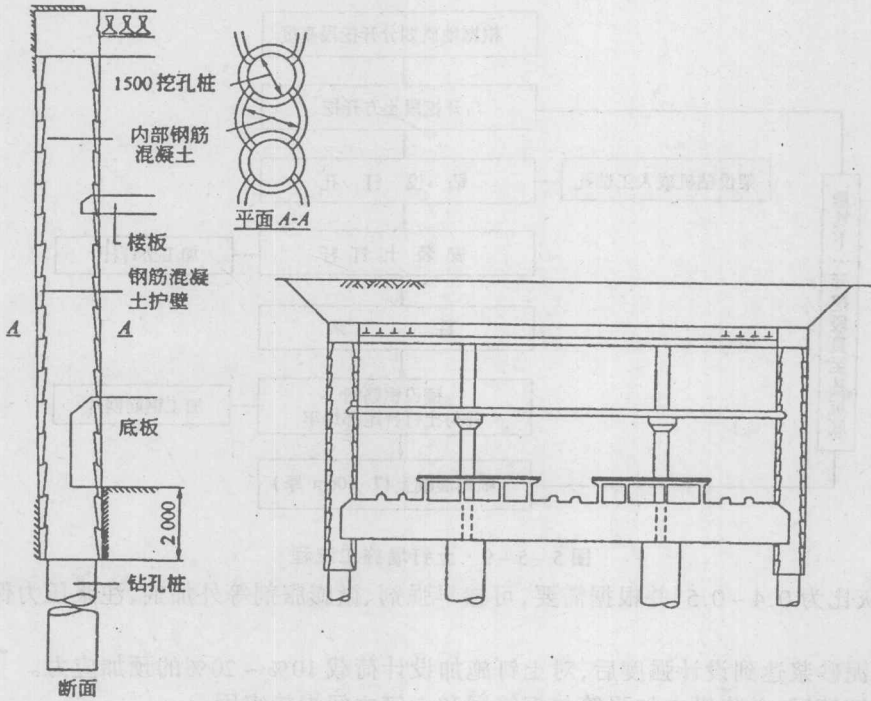


图 5-5-7 香港地铁彩虹车站结构图

土钉与锚杆有相似之处,但作用机理不尽相同。除锚固段外,锚杆沿长度方向受到同样的拉力,并将这拉力通过锚座传给面部的挡土墙或桩(见基坑围护结构的支撑体系)。但土钉受力沿其长度是不均匀的,土钉支护中的喷射混凝土面层不是主要受力构件。土钉间距小而数量多,锚杆间距大而数量少,如图 5-5-8。当然,土钉与灌浆锚杆相同之处较多,但土钉一般都较短,而灌浆锚杆则较长’。

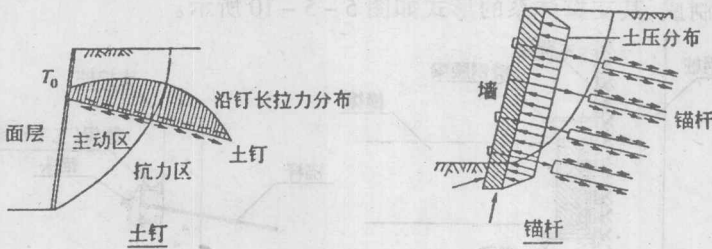


图 5-5-8 土钉及锚杆工作示意

1. 土钉墙的施工流程

土钉墙的施工流程如图 5-5-9 所示。

2. 施工要点

(1) 钻设钉孔。采用钻机或人工钻设,孔径一般为 100~150mm,孔深根据地质情况一般为基坑深度的 70%~100%,孔距 0.5~2m,倾斜度 13°~20°。

(2) 加工并安装钉杆。钉杆可采用螺纹钢筋,孔口处留有弯钩,以便与墙体网片焊接,钉杆与注浆管要绑扎牢固。为保证钉杆置于孔中心,每隔 2m 左右设置一支撑环,钉孔钻好后即可安装钉杆。

(3) 注浆。钉杆安装完毕,即可进行注浆,浆液可采用水泥浆或水泥砂浆,其强度不低于