

(七)逆筑法施工和设计中的浅见

1、逆筑法(- 明二暗)施工工艺

暗挖逆筑法(- 明二暗)是在地下连续墙、中间樁施工完成后即进行顶板浇捣,在其上铺设地下管线后进行复土,浇筑路面并恢复交通。在顶板以下部分采用从上至下挖土、支撑、浇筑结构中楼板,最后浇筑结构底板。

2、地下墙的侧向荷载

地下连续墙设计 - 般要进行挡土强度、垂直承载能力、墙体变形和基坑稳定等方面的计算工作,而作用在墙体上的荷载,主要有水、土压力,上部复土荷载和地面超载等。

地下墙侧向荷载在粘土地层中一般简化为在施工阶段采用水、土压力计算,而在使用阶段则选用水、土压力分算的计算方法。荷载的计算方法大多采用朗金(Rankine)或库仑(Coulomb)土压力计算方法。开挖 - 侧基坑底面以下常采用弹性地基梁考虑,迎土面 - 侧均按主(或被)动土压力计算。由于主、被动土压力均是地下连续墙墙体位移的函数,在逆筑施工地下连续墙的变位又很小。从顶板浇筑后逆筑阶段测斜资料可以看出墙体变位 2cm左右($\frac{\Delta}{H} \approx \frac{1}{500}$)以及地下连续墙迎土面埋设的土压力盒等测出的资料都较接近上海地区软粘土静止土压力。所以笔者认为在进行逆筑工况下地下连续墙受力分析时,土压力拟采用静止土压力。

3. 墙、板刚接情况下垂直荷载对结构的影响

以往由于墙板的钢接技术措施未能给以较好解决, 墙板连接常按铰接处理, 因而不考虑垂直荷载产生的负弯矩影响。逆筑施工后,在墙板连接中采用了锥螺纹钢筋连接器墙、板连接已视作刚性接头,在对地下墙进行受力分析时应考虑顶板上部复土荷载产生的负弯矩,以及顶、楼板的刚度对地下墙变位、弯矩和支撑轴力的有利影响。如陕西南路车站使用了钢筋连接器,刚性节点负弯矩影响,在支撑系统调整后支撑轴力明显变化,且接近实测值。(见表20)同样,在逆筑法施工条件下地下墙的水平变位量也大大减小,从量测资料来看,包括明挖阶段的水平位移量,大致为30mm左右,显然是比顺筑法施工引起的变位量减小了很多。

表20 支撑间距为3m支撑最大轴力(单位KN)

支撑位置	第1道	第2道	第3道	第4道
墙板刚接垂直荷载影响后,支撑轴力计算		732	1000	1710
实测轴力6轴/18轴	750/780	920/1100	/	

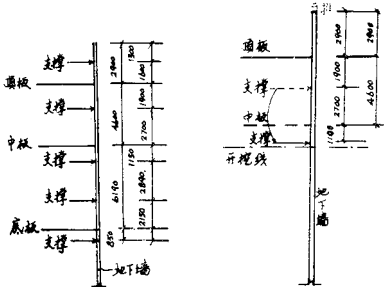


图34 原设计支撑位置 图35 工况1

4. 顶、楼板作为刚性支撑的作用

如上所述,逆筑施:工中顶、楼板的巨大刚性(和钢支撑相比)作用,使地下墙的水平变位大为减小。这样有可能在逆筑施工中能过适当调整支撑位置的方法,如减少支撑的道数或移位来减少架设吊运工作量大大方便施工。在陕西南路站逆筑施工中,我们在分段开挖的前提下,对站厅层施工,将第2道支撑用跳花的方式逐根下滑到第3道支撑位置。同样中楼板浇筑后站台层施工时,将第3道支撑用跳花的方式逐根下滑到第4道支撑位置,这样也就充分利用深基坑施工中的时间效应和空间效应等有利因素。原设计考虑5道支撑,其支撑间距见图34 7暗挖逆筑时支撑调整后的3种工况,其施工工况见图35,图36,图37。

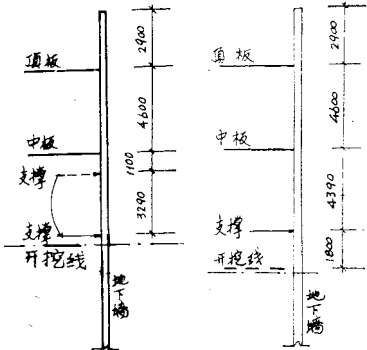


图36 工况2 图37 工况3

(八)北京永安里地铁车站防水施工工艺技术

永安里地铁车站是北京地铁复—八线的 - 座车站,位于建外大街与东大桥路丁字路口处,车站主体结构净宽20.3m,高15.3m,全长235.4m,为三跨三层整体现浇钢筋混凝土框架结构,采用复合式衬砌,即首先在开挖的洞壁上喷射混凝土,作为初期支护,

然后再铺设一层塑料板(膜)为主体材料的防水层，最后以模注混凝土作为二次衬砌。

工程实践证明，采用柔性板(膜)材作车站、隧道的防水层优于其他做法，在对几种膜材作比较(见表21)后，设计决定永安里地铁车站采用厚0.8mm的EVA膜作防水层。

永安里地铁车站采用盖挖逆作新工艺施工，防水是一个关键环节，防水设计遵循“防、排、截、堵相结合，因地制宜，综合治理”的原则。并依据工程的水文地质状况，结构形式，施工方法，防水标准和使用要求等因素采取了一系列措施，保障车站主体结构不渗水，本文对车站的防水施工技术及方法做一介绍。

1、车站防水

车站主体结构采用盖挖逆作法施工，即先做地下构筑物顶盖(顶板)，利用地下支护结构(连续墙和桩)支撑顶部荷载。在上部顶盖保护下自上依次进行下部结构的暗挖施工，故防水施工也由顶板开始。施工顺序如图38所示：

设计要求整个车站主体防水层要成为一个连续的不透水层，但车站采用盖挖逆作法施工，有许多预埋件及暗梁穿透防水层，给防水施工带来很大不便，后文将逐一介绍。

顶板防水采用两层3mm厚SBS改性沥青柔性油毡，它是以聚酯纤维无纺布为胎体，以SBS橡胶改性石油沥青为浸渍涂盖层，以塑料薄膜、细砂等为防粘隔离层，经配料共熔、浸渍等工序加工制成的—种柔性防水卷材。

表 21

序号	项目名称	单位	材料名称				
			LDPE	EVA	HDPE	ECB	PVC
1	比重	g / Cm ³	0.91	0.93	0.94	0.99	1.35 ~ 1.45
2	拉伸强度	Mpa	12	22.5	15	10.1	
3	断裂延伸率	%	450		500	600	150 ~ 250
4	撕裂强度	Mpa	45		65	50	1.96X40
5	耐酸性		稳定	稳定	稳定	稳定	稳定
6	维卡软化温度		70		290		
7	厚度 × 幅宽	Mm	0.8X2100	0.8X2100	0.65 ~ 1X4000	1.2X1580	1.0X1000
8	材料利用率		中	中	高	中	低
9	脆化温度		—60	—30	—60	—30	—45
10	材料价格	元 / cm ²	10	18	29.7	25	15

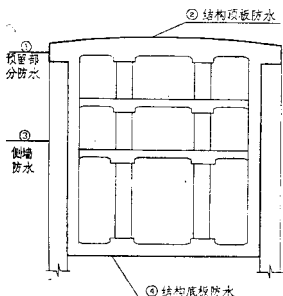


图38

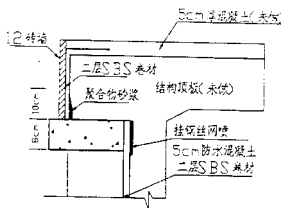


图39

为保证使车站防水层成为一个整体性的不透水层，需在结构顶板混凝土浇筑前，在边墙处将与顶板及地下—层防水相接的预留部分完成，具体施工方法如图39。

车站顶板混凝土浇筑完成后，强度达到一定程度，无大的凸凹，含水率不大于9% (现场施工中可将一块油毡铺在基面上，24h后揭开，无明显的湿渍)即可进行SBS防水层铺贴，施工前，将顶板面清理干净，用高压风吹干，然后在顶板面上均匀涂刷—层冷底子油干燥12h以上，再进行SBS的铺贴。先粘—层以塑料薄膜为隔离层的SBS，按车站的坡度由西向东顺水搭接，短边搭接不小于15cm，长边搭接不小于10cm。再粘第二层—面带页岩片保护的SBS，和第—层SBS的接茬部位错开1 / 3。顶板边缘部位与原预留防水卷材相接，为保证卷材铺贴平整顺直，铺贴前均放线确定每幅卷材所铺贴的位置并严格按线铺贴。卷材与卷材、卷材与基面间粘结紧密，没有空鼓，起泡现象。接茬部位用喷灯烘烤，抹子压实。然后铺—层5cm厚卵石混凝土保护层以避免其它工序施工时损坏防水层。

2、车站边墙防水

因车站顶板预留到地下—层侧墙的防水材料为SBS卷材，而车站的主体防水材料为EVA膜，故在地下—层有SBS与EVA的过渡问题。因ECB膜可以和EVA粘接。又能与SBS粘接，经防水专家组研定，以ECB作为过渡材料。经检验粘接强度均达到设计要求，过渡段施工方法详见图40：

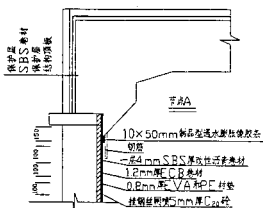


图40

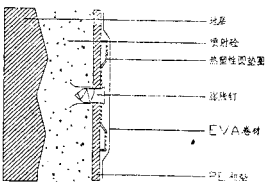


图41

上图所示PE衬垫为闭孔的聚乙稀泡沫，它具有 - 定的拉伸强度且比较柔软，称为缓冲材料，它对于做在喷射混凝土基面上的柔性防水层来说是不可缺少的材料，它有两个作用“其 -、缓冲作用，因喷射混凝土基面是极为凹凸不平的，如没有缓冲材，EVA膜直接与喷射混凝土基面接触，在打二次衬砌时，防水膜极易被坏。其二、排水作用，它将渗入衬喷射混凝土的水向下疏导到排水沟内，减少水对防水膜的腐蚀。

车站采用的几种防水材料性能见表22。

表 22

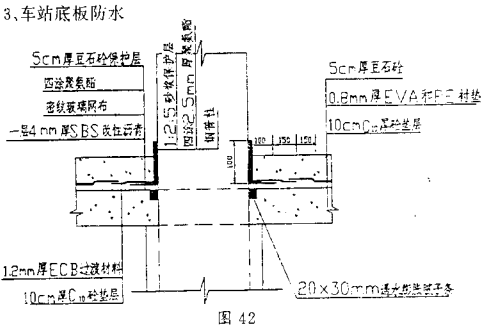
序号	项目名称	单位	材料名称			
			SBS	ECB	EVA	PE
1	比重	9/cm³	-	0.95	0.95	0.92
2	拉伸强度	Mpa	4.41	10	15.7	7.1~16.2
3	断裂延伸率	%	44.0	600	600	90~650
4	撕裂强度	Mpa	29.5	49	53	-
5	耐酸性	-	耐	耐	耐	耐
6	柔性		—20 无裂纹	- 30 对折不裂	—30	-

过渡段防水施工完成后，即可进行大面积防水施工，施工前检查基面的D / L值(其中L为两凸片间的距离，D为该两凸片间凹进去的深度)要求不大于1 / 6，无突出的锚杆、铅丝、钢筋等易刺破防水膜的杂物，检查合格后即可用塑料焊枪在基面上粘贴PE衬垫，须沿顺水方向搭接且不得有破损，然后用膨胀钉将 - 热塑性、带凹槽的垫圈钉在PE衬垫及基面上，钉头即被埋在垫圈的凹槽内，而不致与防水膜接触破坏防水层，EVA膜热焊粘结在此垫圈上，局部构造如图41。

EVA膜间采用热楔式双焊缝焊接，即将电热原件组成的两个热楔加热至 - 定温度，穿过防水膜，使两膜间接触面积溶化几微米，随即通过压滚系统片材上下两方受力，将溶化的接触面紧密的结合，形成一个整体。接缝处的抗拉强度基本上达到了原材料的强度，两道焊缝间形成 - 个连续的空气通道，用于检测粘合效果。焊机无法行走的局部用塑料焊枪人工粘接。地下 - 层、二层EVA膜施工时均需向下层预留，预留量超过楼板底面1.5m，以便下层接焊施工。

3、车站底板防水

车站底板处于地下水位以下，故底板防水尤其是关键，但是有 600钢管柱穿透底板，破坏了防水的整体性，为避免地下水沿钢管柱根部进入车站主体结构，设计决定除大面积仍采用EVA膜外，钢管柱根部位采用ECB、 SBS过渡，铺玻璃纤维布，涂刷聚氨酯涂膜防水涂料，如图42。



聚氨酯涂膜防水材料为双组份型，系以聚氨酯预聚物(A组份)和固化剂，以及增韧剂、增粘剂、催化剂、防霉剂、填充剂、稀释剂等混合物(B组份)加工组成，施工配料时必须严格按照配合比准确称量，施工时，因聚氨酯与SBS改性沥青油毡粘结效果不好，故需加铺 - 层玻璃纤维布以改善粘贴效果。常温下固化成膜后可形成整体的橡胶状涂膜，具有耐老化、耐摩擦、抗化学腐蚀、防水、防霉、弹性好、无污染等特点，确保了整个车站防水层的完整性。

4. 聚氨酯涂膜防水材料主要技术性能指标见表23。

表 23

耐热性	80oC	12h	无变化
低温柔韧性	-30oC		对折合格
延伸率%			>400
不透水性	0.3MPa	10h	不渗水
粘结强度 MPa			>0.7
耐碱性	在饱和 Ca(OH) ₂ 溶液中浸泡 15d 涂膜无变化		

4. 车站特殊部位防水

每层的东、西两面墙上均有几道暗梁与边桩钢筋相连，为保证车站防水的整体性，须进行特殊处理：先将梁槽的四周抹成40~

坡向外延伸，用SBS卷材热熔粘贴伸到槽底，将以用焊机焊好的EVA及ECB的ECB部分与SBS热熔焊接，槽的底部用聚合物灰浆涂刷一遍，然后再用聚合物砂浆抹面，上涂一层2mm厚聚氨酯，再用高标号水泥砂浆抹面以保护聚氨酯，见图43。

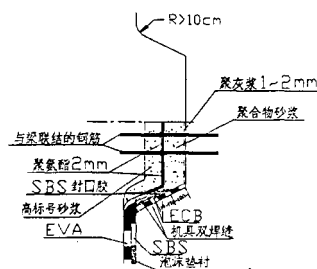


图 43

为避免梁处从EVA与二次衬砌之间进水而导致车站整体防水失效，故在施工中除严格要求外，又在梁与侧墙EVA防水层交界处，在结构侧钉一条遇水膨胀橡胶条，以确保防水效果。如图44。

图止水环，如图 45。

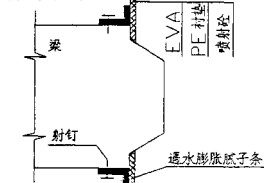


图 4 4

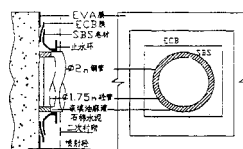


图 4 5

另外，在车站一层1—11轴处有道由1.75m电力管沟横穿车站，为确保整个防水层的严密性，故在混凝土管周围采用ECB及SBS，再在混凝土管上套截2m钢管，再在管上焊圈止水环，女口图45。

施工中，SBS和ECB的粘接总达不到满意的效果，故又在原设计基础，在SBS与ECB的接缝处粘一条3cm宽的SBS小条，以便防水效果达到最好。

(九)北京永安里地铁车站中桩施工技术

1、工程概况

根据目前城市范围交通越来越趋于饱和、施工占地非常紧张，施工期间不允许中断交通的特点，对明挖法、暗挖法和盖挖法施工从技术难易程度；对交通干扰情况；施工占用场地；地上地下拆迁量；对周围环境的影响；施工安全；工程造价；工期等八个方面进行了分析比较，设计、甲方施工方一致认为采用盖挖逆作法施工是永安里车站的最优方案。

永安里地铁车站东西长235.4m、南北宽20.3m。车站全高15.3m，顶板覆土约1m。地下共分三层结构，一层净高2.8m，作为地下过街通道；二层净高4.5m作为站厅层；三层净高6m，作为站台层。车站沿周边线设600mm边桩；纵向设中桩柱两排直径600mm(其中基础部分1500mm)纵向中距6m横向中距5.4m，共计87根。

中桩、中柱为桩柱合一结构，在车站主体结构施工过程中，中柱支承未形成闭合结构的结构自重及路面荷载，设计单桩承载力为400t，沉降量不得大于2cm。在车站形成三层闭合框架结构后，基桩则完成使命，位于基桩顶上的中柱—钢管混凝土柱则成为各层的结构柱，设计要求钢管混凝土柱垂直度偏差不得大于1/600。因此中桩中柱施工是盖挖逆作法施工的关键工序。

2. 中柱采用的施工工艺

为确保中柱施工质量达到设计要求，同时确保施工人员的操作安全，我们安排了以下施工工艺流程：测量放线 钻孔成孔 下钢筋笼及钢套管 灌注桩混凝土 钻芯、抽泥浆 凿杯口混凝土 注浆 安装定位器 下钢管柱 上口固定 浇筑口混凝土 浇筑钢管柱混凝土 钢套管回收灌砂。

(1)测量放线：在中桩东西和南北方向各设2点挂线对中，按中心点将设备就位。水千位置偏差控制在2cm以内。

(2)钻孔成孔：采用泵吸反循环成孔和悬挖钻成孔方法。主要质量要求：孔径不得小于1500，孔底要钻入卵石层50cm以上，垂直度偏差要保证在1/100以内。

(3)下钢筋笼及套管：按设计要求提前加工好13m钢筋笼运到现场后，需要和套管焊牢，用吊车分两次将钢筋笼和套管包括注浆管下到孔内，将上口调中并固定牢固。要求焊接时保证套管与钢筋笼的同轴度，而且套管安装要严密，防止漏水，特别是将钢筋笼及套管下到孔底后，先将孔口重新调整中心后，才能将上口固定。

(4)灌注混凝土(基桩)：水下灌注混凝土主要应控制好拔导管的时间，同时混凝土的塌落度应保证在18—20cm。灌注深度应保证将导管埋入1.5—2m范围内，必须连续灌注到规定的桩长。

(5)钻芯、抽泥浆：灌注水下混凝土7小时以后开始下入600钻头将杯口混凝土中心部分钻出。要注意钻孔中心基本准确，钻孔深度不得超过定位器基面。钻芯完成后，用深井泵将套管内泥浆抽出。

(6)凿杯口混凝土：使用专用三角架、绞磨将人运到16.5m深的孔底开始凿除杯口混凝土，要求保护好注浆管，按规定标高完成。

(7)注浆：采用高压注浆泵将搅拌好的浆液通过注浆管向桩底注入，主要解决灌注桩桩底浮碴不密实问题，使其空隙用浆液填充以满足沉降量在2cm以内的要求。

(8)安装定位器：将预加工好的定位器，用膨胀螺栓安装在规定的混凝土基面上，定位器安装的质量中桩施工的关键，因此要求定位器除按规定高程及中心固定外，还应注意定位器必须与基面牢固，基面不得存泥水，定位器底部应砂浆饱满。

(9)下钢管柱：吊装钢管柱前应先检查钢管柱型号是否对应，基面是否存有杂物。钢管柱下到孔底后，经过复测高程合格后才算完成。

(10)上口固定：将钢管柱按测定的中心定位、固定牢固。

(11)浇筑杯口混凝土：用专用导管沿套管和钢管柱之间插入到孔底灌注混凝土。深度控制在1.5m。

(12)灌注钢管柱混凝土：灌注前应先检查 - 下钢管柱固定是否牢固，孔内不得有泥水或杂物。灌注必须 - 次完成。

(13)钢套管回收灌砂：此工序先采用竖向顶升的办法，即用油压千斤顶沿垂直方向向上顶进，当顶力小于10t时，即可改用倒链或中车拔管，在拔管同时随拔随向套管内灌砂。

3. 施工中改进及完善的几项技术

(1)成孔及钻孔的改进：当中桩施工完成18根之后，发现套管垂直度偏差较大，有不能安装钢管柱的情况。其主要原因是基桩按国家规范规定垂直度允许偏差是1 / 100，而设计要求钢管柱安装垂直度允许偏差是1 / 600。由于精度不一样给钢管安装带来困难。于是我们及时组织设计、监理、甲方及有关单位研究控制钻孔偏差的措施，根据不同的打孔设备制定了相应的防斜措施：例如：对于旋挖钻成孔方式钻孔的改进措施是钻机对中后，检查机台是否水平，钻杆是否垂直；干孔钻孔完成后，测量成孔垂直情况，发现孔斜超标立即纠偏；钻进时少钻、勤提，避免钻机机台下沉。对于泵吸反循环钻孔方式改进措施是设备安装时保证转盘水平。遇卵石层控制钻速钻压。同时下完钢筋笼及套管后加强对套管检测，使其垂直定位。

由于采取了以上纠偏措施及时控制了中桩的垂直度偏差，使钢管柱安装顺利完成。

(2)钢筋笼施工的改进：根据设计要求，中桩下部 1500基桩混凝土中设置钢筋笼直径是 1370，与 1200钢套筒焊接共同入孔，为确保中桩上部钢管柱安装垂直满足设计要求，经与设计商定将基桩钢筋笼的直径缩小到 1272，以利在成孔中钢套管垂直度的调整。

(3)定位器安装的改进：原中桩底部定位器是由工字钢制成，重量较大，操作安装较困难，后经改进用钢板代替工字钢既节约了钢材也方便了施工。

(4)拔套管方法的改进：钢管柱安装过程是在套管的保护下完成的。

当安装钢管柱的各工序完成后，垂直拔出套管。起初竖向提升摩阻力很大，拔管很困难，后采取法兰加斜托板、保持套管外侧泥浆流动、外法兰包铁皮、拔管前用水冲管等措施降低了套管摩阻力，收到了较好的效果。

(5)注浆工序的改进：根据设计要求，在开工前作了中桩荷载试验，通过试验决定在中桩基底注浆，以提高桩端承载力。但注浆管的安装位置及何时注浆我们经过实践才有了正确的认识。开始我们将四根注浆管单根下到孔内，由于位置不易准确，钻芯工序对注浆管损坏严重，后改为注浆管在钢筋笼内预先焊好，并封好顶端头，待凿除杯口混凝土时凿出管头再注浆就解决了注浆管被破坏问题，使每根中桩都能按计划注入40升浆液。经过实测桩的沉降量满足设计要求。

4、钢管柱质量检验及成果分析

中桩钢管柱施工自开工以来到，93年10月底全部完成，开挖地下 - 层时，对中柱垂直度的检测证明采用以上的施工方法中柱的垂直度可完全满足偏差小于1 / 600的要求。（实测中垂直度最大偏差仅为1 / 1000）。

经过施工实践证明我们的中柱施工方案是可行的。它为今后的钢管柱应用于盖挖逆作法施工的地下工程提供了可借鉴的参考。在今后的施工中，我们特别要注意：首先控制管理好成孔工序 中柱钢筋笼应加园形垫块以保证钢筋笼的保护层 钢套管直径可根据具体情况确定，一般在可能条件下选择大些为好 进行定位器安装工序时要注意送空气，以保证操作人员安全，同时定位器安装要牢固。 灌注钢管柱混凝土时要检查基面不得有泥水 安排组织好拔管工序，减少套管的一次性投入。

虽然中柱施工已完成，但是继续深入研究它的施工工艺工作没有停止，我们应该吸取本次施工的经验教训，充分利用现代化管理手段，不断推出新的工艺?在今后的地下工程施工中，争取拿出更先进、更优化的方法，为完善盖挖逆做法做出我们的贡献！

(十)大北窑地铁车站连续墙围幕“盖挖逆作法”施工简介

1、工程概况

1.1车站的地理位置及结构形式

地铁大北窑车站位于建国门以东，大北窑立交桥南侧的快慢车道内。车站北侧外墙皮距立交桥南侧栏杆水干投影距离1.2米，附属结构设有西北、东北、西南、东南四个出入口及西南、东南两座风道，三处人行过街及自行车出入口。(如图46所示)总建筑面积18462m²。

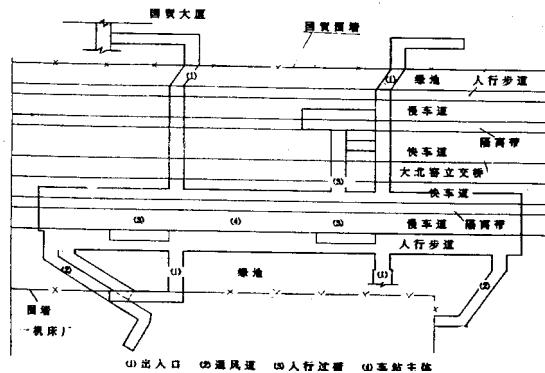


图46 车站平面及结构示意图

西北出入口与国贸地下商城衔接，全长102.277米，马蹄形结构。拱部超前导管注浆加固地层，初期支护为钢格栅、喷射C28砼，厚300mm。二次衬砌模注C28砼、厚200mm。斜坡道为箱型断面。

西南出入口，设计为箱型结构，通道及局部斜坡道地段为600mm钻孔灌注桩及二次模注复合衬砌结构。防护段为600mm钻孔灌注桩支护明挖顺做现浇钢筋砼结构。

西南风道包括通风竖井，防护段及机房。设计为二层箱型框架钢筋砼结构，外墙为0.6米厚的连续墙和200mm厚的模注钢筋砼复合衬砌结构。中间壁柱底板以下为0.6米厚的连续墙通基，以上为0.6米厚的壁柱。

本站主体结构设计全长213.5米，宽21.8米，挖深16.85米。结构形式为三层三跨钢筋砼箱形框架结构。

结构横断面如图47所示两边跨度为6.9米，中间跨度6.4米，站台层净高6米，站厅层4.5米，顶层3.5米，两侧边墙均为0.6米厚连续墙及0.2米厚的钢筋砼复合内衬。

中间十字桩钢管柱，由两部分组成。结构外底以下为十字型钢筋砼柱基，长11.15米，以土为直径700X12mm的钢管柱，长15.85米。抓槽深度27.2米。

1.2地质及水文地质条件

自上而下依次所见地层为：

- (1)人工回填土，一般层厚2—3.5米。
- (2)轻亚粘土及亚粘土层，层厚8—9米。
- (3)粉细砂层，分布在车站中心的东部，层厚0—7米，为含水层。

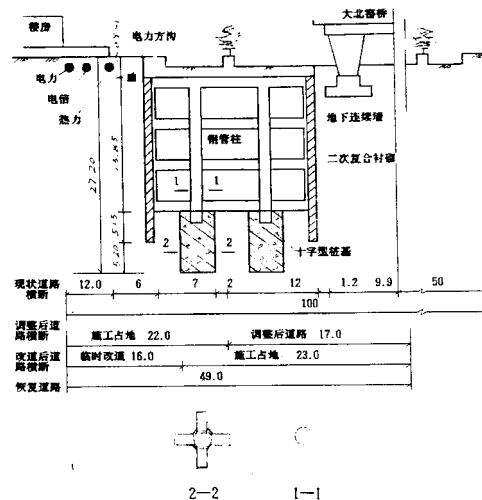


图47 大北窑地铁车站横断面示意图

(4)圆砾层，层厚4.3—5.5米，地耐力较大，是主要含水层、车站结构底板落在此层上。

(5)轻亚粘土层，为不透水层，车站连续墙底面落在此层内。

(6)细砂层，层厚0.3—3.5米，为含水层。

(7)砂卵石层，一般粒径为20—40mm，最大粒径140mm，层厚5—10米为承压含水层。

本段所见地下水类型：有上层滞水、潜水和承压水三种

(1)上层滞水，位于(2)层轻亚粘土及粉细砂透镜体内。

(2)潜水：分布在(3)(4)粉细砂及圆砾石层内，埋深8—9米，渗透系数 $k = 80—100 \text{米/d}$ ，水位在车站主体结构底板以上6.64米。

(3)承压水：分布在(6)(7)细砂及砂卵石层内，水位埋深18.2米左右，渗透系数 $K = 100 \text{米/d}$ 。水位在车站底板以下约1米，对车站主体结构施工没有影响。

2、现状地下管线及构筑物的处理方案

2.1地下管线与地铁结构的关系

- (1)与西北、东北出入口和人行过街相交的管道有八条。
- (2)与车站主体相平行，并位于结构以内的管道有三条。
- (3)与车站主体结构垂直相交的有 426mm热力管道； 900mm雨污合流连通管和交通信号控制电缆各一条。
- (4)与西南风道及出入口相交的有四条及 - 机床厂人防 - 处。

2.2地下管线的管理

在施工中对现状地下管线采取避、悬、改、拆的原则。因此，对影响施工的各种管线和构筑物进行以下的处理方案；

(1)对位于车站主体结构内的现状 400mm上水和 400mm— 600mm雨污合流管，交通信号控制电缆、直埋电力电缆进行了改移。

(2)对与车站结构垂直相交的900mm雨污合流管进行拆除；热力和12孔电信及南侧风道、出入口相交的2.0X2.0m电力方沟和36孔电信管道，由于不能停止运行，采取就地悬吊和恢复的措施。

(3)对与南侧风道及出入口相交的直埋电力电缆改线入沟，人防局部拆除；热力支线结合季节停汽临时断管再恢复的处理方案。

3. 地下水的治理

3.1车站主体及风道工程的治水方法

车站主体及风道结构埋深较大，位于地下水位以下6—7米。经过方案对比，确定地下连续墙围幕止水并作为结构的一部分，利用第(5)层轻亚粘土进行封底，明排降低围幕内地下水位的设计施工方案。

3.2出入口结构施工治水方法：

西北出入口结合暗挖施工，采取井点与内排相结合的降水施工方案；西南、东南出入口结合明挖施工，选择大口井降排水施工方案。

3.3连续墙断开缺口的止水方案

在施工中，与风道及车站主体相交的现状供电和通信管道运行不能间断，又不具备改线条件，使连续墙围幕断开形成缺口，宽3—5米，为了解决缺口渗漏问题，选择三重管高压定旋喷注浆防渗墙与内排堵漏相结合的止水措施，有关高压喷射工艺技术参数如下：

- (1)高压水射流、压力28—34MPa、流量75L / min
- (2)压缩空气、压力0.55—0.70MPa、流量3m³ / min
- (3)水泥浆射流、压力0—0.5MPa、流量70—80L / min
- (4)浆液浓度1.49—1.6(水灰比0.8 : 1—1 ; 1)
- (5)喷咀直径 2.01—2.1mm
- (6)喷咀旋转速度8—12rpm
- (7)喷咀提升速度80—120mm / min
- (8)旋喷有效直径 1.4米
- (9)定喷有效长度3.0米
- (10)定喷以5°角折线交接

4、车站结构的施工

4.1车站主体工程施工方案的选定

在车站主体和风道确定采取地下连续墙围幕止水方案以后，结合本车站的特点提出“盖挖逆作法”和“明挖顺作法”两个方案进行综合分析、研讨，认为锚喷“明挖顺作法”施工方案存在以下问题：

- (1)施工占路时间长，社会效益差。
 - (2)从经济上虽然节省33万元，但施工时便道占用南侧机动车道一条，对交通影响太大，难以解决。
 - (3)从工期上看采取“明挖顺作法”施工，把桥基加固时间计算在总工期内；与“盖挖逆作法”施工进行比较，总工期相接近，但占路时间长6个月。
 - (4)从安全上看，“明挖顺作”在施工中需要打锚杆、架支撑，连续墙悬臂暴露时间长，对现状立交桥安全不利。而采取“盖挖逆作法”进行结构施工，从上往下分层进行，连续墙分段暴露时间短，处于稳定状态，能保证桥的安全。
- 因此，在场地比较狭窄，结合水文地质条件特点，在不影响交通和现状构筑物稳定的情况下，我们选择连续墙围幕和十字桩钢管柱为支撑的“盖挖逆作法”作为大北窑地铁车站主体施工方案。

施工程序：地下连续墙 十字桩钢管柱 明挖结构顶板土方 顶板结构 回填土，恢复路面-进行“盖挖逆作”施工。

4.2施工部署

为实现总体施工方案，将车站分为三个施工阶段(如图48所示)：第一阶段：调整道路，进行车站南侧连续墙、风道及出入口的施工；第二阶段：改造，进行车站主体北侧及两端连续墙，中间桩柱、顶板及“盖挖逆作法”的施工；第三阶段：进行车站北侧出入口及人行过街道的施工。

- (1)调整现状道路实施第一阶段施工目标

将原快车道12米改为8米，慢车道7米改为5米；人行步道6米改为4米；隔离带2米改为1米隔离墩。调整后，沿人行步道南侧围挡，进行风道及主体南侧连续墙和出入口的施工。

(2)改道是控制车站主体结构工期的关键，也是实现总进度计划的重要环节。因此，在第 - 阶段连续墙，风道顶板及出入口结构完成后，抓紧土方回填，电力方沟、电信管道、热力管沟的恢复及雨污合流管的改线，确保改道的实施。

本次改道范围，位于车站主体结构南侧，连续墙以南1.5米。占地宽度16米，设单向双线快车道8米、隔离带1米，慢车道4米，人行步道3米。

改道后，进行第二阶段围挡、连续墙、十字桩钢管柱、暗挖顶板及顶层、站厅层及站台层，结构的施工。

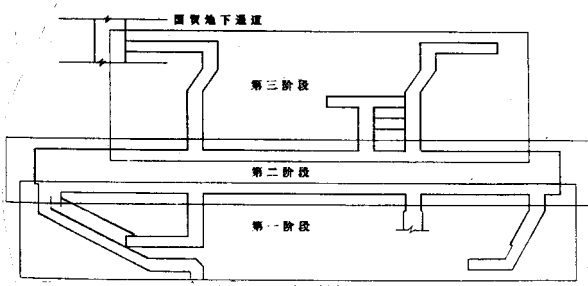


图48 施工阶段划分

5、主要施工程序及方法

5.1地下连续墙的施工

(1)施工程序：施工准备 测量放线 导墙施工及泥浆制备 抓槽 安放接头管 清槽及接头处理 钢筋笼制作及吊放 吊放导灰管 浇注砼 拔接头管 进行下槽的施工。

(2)施工方法

按设计槽段的划分和施工进度安排，选定首开槽、依次进行施工。每槽段施工方法如下：

a. 导墙的制作：采用正L型导墙，测量以中心轴线定位、人工挖槽、槽底夯实、打砼垫层，在垫层上支立模板、安放预制钢筋，每2米设一道木支撑，调整加固，保持导墙内净距不小于 630mm，灌注砼。

b. 抓槽采用W - 180履带式起重机和K - 60抓斗(抓斗宽度600mm，长2900mm)。进行泥浆护壁抓槽出土，并运至弃土地点。

c. 清槽换浆：为了保证在泥浆内浇注砼的质量、抓槽至设计标高后进行清底换浆。本工程采用西德100m³ / 时的筛砂机和60m³ / 时的泥浆泵进行清底筛砂。直至含砂率小于4%，槽底以上200mm处的泥浆比重不大于1.2t / m³，沉渣厚度不大于200mm为止。

d. 接头管的安放：接头管的位置，按设计位置放置。要保证接头管垂直度采用QUY50履带吊车插入槽内。

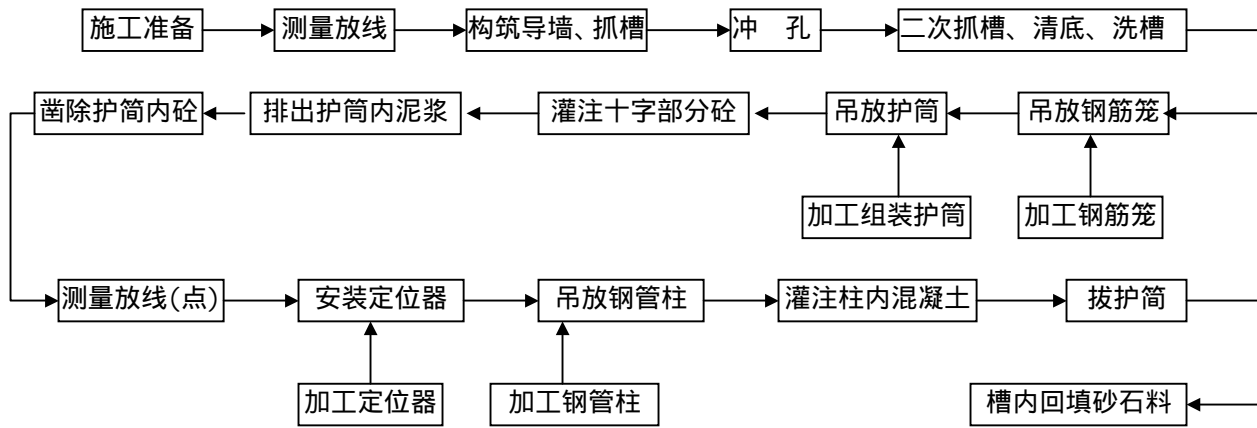
e. 钢筋笼的吊放：钢筋笼在场内加工整体成形后，采用QUY50履带吊，主副钩配合起吊。缓缓放入抓好的槽段内，本工程由于受到吊车起重量的限制，对6米槽段分两节下入，钢筋采取焊接和绑扎。

f. 水下砼的灌注：砼采用C25、S8商品砼，坍落度要求18—22cm，浇注时采用直径 250mm的导灰管。QUY50履带吊严格控制导灰管的起拔速度，并作砼浇注记录。

g. 接头管的起拔：接头管的起拔在砼浇注后2—3小时开始，采用西德280t拔管机、静力起拔，每次10cm左右。拔到0.5—1米后停止。最后根据砼的凝结状态，采用50t吊车全部拔上。

5.2 十字桩柱的施工

施工程序如下：



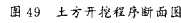
施工工艺见十字桩施工技术

5.3车站顶板的施工

顶板是在车站主体连续墙和中间十字桩柱完成后，进行明挖的施工。其工程项目包括结构顶板内底以上的土方、(24) - (30)轴横撑的架设与拆除，连续墙顶部浮渣的凿除、顶板内底土模的制作、钢筋的加工、绑扎及砼的浇注；同时，在连续墙和土方开挖施工中，对现状12孔电信管道进行局部改移和悬吊；对(11) - (12)轴热力管沟采取临时停汽断管悬吊措施使连续墙通过。

车站施工划分为三段。即东段长60米，中段长69米，西段长97米。为了保证位于(19)轴，原有回车线社会车辆的正常运行，采取倒段施工。

土方开挖程序:第 - 步反铲挖至结构顶板内底以上10 - 20cm,第二步由推土机和人工配合捡底。第三步人工挖除纵梁及两侧边墙的埂斜(如图49所示)。



通过大北窑地铁站的工程实例,认为在地铁建筑中,因地制宜的采取地下连续墙围幕止水 and “盖挖逆作法”施工技术上是可行的、先进的。十字桩的开发与应用大大提高了小断面桩柱的承载力,为地铁站“盖挖逆作法”施工减小了桩柱施工的难度,而且为今后地下工程包括房建深基础工程逆作法施工提供了 - 种简单易行的施工方法。连续墙围幕在穿过现状城市管线处留缺口,管线下部必须封闭确保挡水效果。

(十 -)十字桩在地铁车站中的应用

十字桩是指桩身为圆柱形，桩基为十字形的灌注桩。试验证明，这种桩既提高了单桩承载力，又可以减少沉降变形，又能保证地铁车站的建设设计外观效果。

地铁车站中间柱受建筑设计外观的限制断面为圆形，直径不能太大，否则会影响车站内部美观；在地铁车站采用盖挖逆作施工时，承载力受断面直径限制很难达到要求。这是因为，圆形断面灌注桩基的承载力取决于断面面积和周边长度；同时，目前圆断面灌注桩的成桩方法采用机钻钻孔、出土，对于桩尖上(桩底沉渣)需要另配专用机具来清理，也给施工带来诸多不便(见附表24、25)。所以要提高桩的承载力，就要提高桩的端阻力和摩擦阻力，这样就需要从改变桩的断面形式上考虑。十字桩正是为了达到上述目的而研究的。

表24 北京复一八线大窑地铁车站中间桩柱施工方案比较

项 目	十字桩钢管柱	钻孔灌注桩钢管柱	人工挖孔桩钢管柱
施工机械	连续墙成套施工机械	2.0 米以下钻机	不需要大型设备
护壁形式	泥浆立体循环护壁	设沉淀池泥浆护壁	护筒
降水	不需要	不需要	需要
大北窑桥加固	不需要	不需要	需要
安全性	新工艺、无危险	现有工艺、无危险	由于降水易引起桥墩下沉
环境保护	无泥泞、无环境污染	现场泥泞、环境条件差	降水需占道，影响交通
经济比较	造价最低	造价居中	造价最高

表25 十字桩与圆形断面桩承载力比较

项目 桩型	底面积 (m)	侧面积 (m)	端承力 (t)	侧摩力 (t)	承载力 (t)	桩体积 (m)	单位体积 承载力 (t / m)
十字桩	3.2	121	640	514	1154	352	32.8
2.5m 桩	4.9	86.3	981	367	1348	53.9	25
2.0m 桩	3.14	69.1	628	294	922	34.54	26.7
1.5m 桩	1.77	51.8	353	220	573	19.47	29.4
备 注	本表数据按地铁车站桩长 11 米计算得到						

1、工程概况

大北窑地铁车站位于东长安街与东三环路交会处，大北窑立交桥南侧。车站主体为三层、局部二层框架结构，采用地下连续墙做结构边墙的 - 部分，五十六根中间柱全部采用十字型灌注桩作为主要承重结构，进行盖挖逆作施工。

中间柱分上下两部分按柱的作法施工：车站底板以下为两幅连续墙十字相交构成；底板以上为圆柱形钢管混凝土桩(如图50所示)。

2、水文地质情况

根据城建设计研究院勘察测绘分院提供的勘测资料，地质情况如下：

- (1)地面以下0.5m范围内为沥青路面。
- (2) - 0.5m至 - 1.1m之间为素填土。
- (3) - 1.1m至 - 8.8m之间为轻亚粘土，其中在 - 5m ~ - 6m之间有细砂层。
- (4) - 8.8m至 - 10.09m之间为细砂层。
- (5) - 10.09m至 - 12.07m之间为轻亚粘土。
- (6) - 12.70m至 - 18.0m之间为圆砾层，最大粒径30mm， - 一般为10mm。
- (7) - 18.0m ~ - 25.5m之间为轻亚粘土。
- (8) - 25.5m ~ - 27.0m之间为中细砂。
- (9) - 27.0m以下为圆砾层。

设计抓槽总深度为27.20m，桩基座在圆砾层上。十字桩桩长10.20m，钢管桩长16.8米，桩身沉降应小于15mm，钢管柱中心偏差应小于20mm。

3. 十字桩试验情况

由于中间桩的设计荷载大，对沉降变形要求十分严格，考虑十字桩的上部为车站钢管桩，所以施工中对垂直度、中心位置偏差等精度要求也很高，同时要使十字桩与钢管柱灌注 - 次完成，就必须有严密的施工技术措施与高质量的施工工艺作保证。为此在地铁车站主体结构施工前，我们先进行了中间柱施2122E艺试验和承载能力、变形特征方面的试验研究。

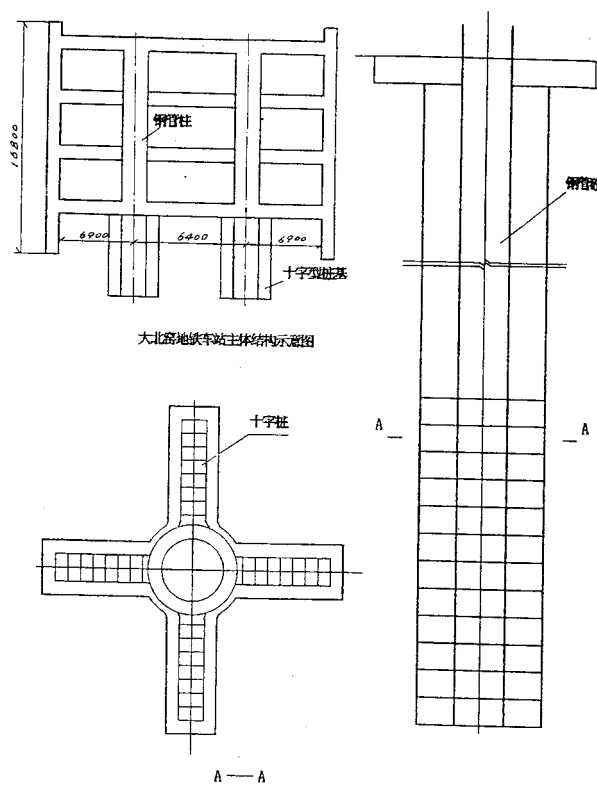


图50 十字桩结构断面图

为了模拟大北窑地铁车站主体结构中间柱在盖挖逆作施工中承受地面车辆、回填土方、结构钢筋砼荷载及施工荷载作用下中间柱的承载能力和变形特征，试验桩位置选择在地铁车站西侧的西南出入口交会处，做两根试桩，该处地质条件与车站主体结构基本相同。

3.1 主要设计参数

单桩承载力5000KN

钢管混凝土柱为A3低碳钢焊接钢管，直径630mm，壁厚8mm，长18.4米，内部浇注C40混凝土。施工安装必须满足下列精度要求：

垂直度 1 / 1000

标高误差 - 8mm +5mm

中心位置偏差 20mm

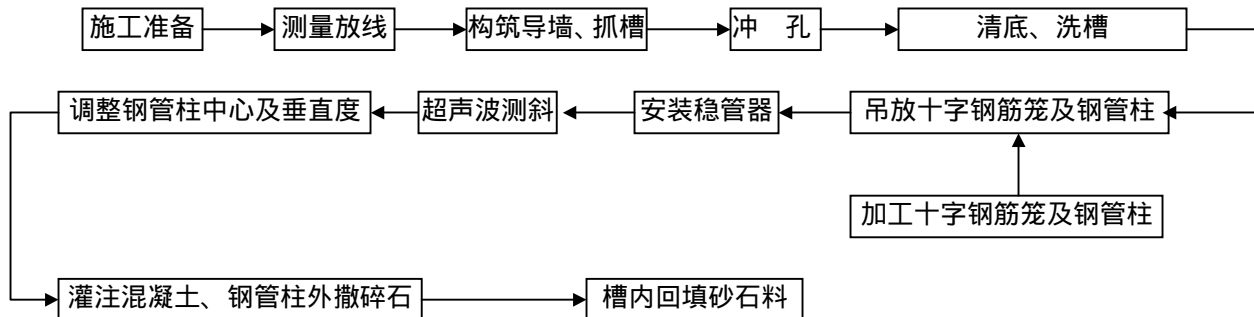
桩身沉降 15mm

为防止钢管柱在灌注混凝土时错动，采用专用器具两点定位。

十字桩是由两幅0.6米厚，3.0米宽的连续墙垂直相交而成，桩顶在结构底板以下距地面约16.8米；柱底落在卵石层上距地面约27米。十字桩中心冲扩直径为1.3米的圆孔。混凝土标号C40。

3.2 施工工艺及要点

(1) 施工工艺



(2) 施工要点

成孔和清除孔底沉渣

十字桩成槽采用连续墙成套机械。清除孔底沉渣采用同 - ‘套设备，清除后护壁泥浆的含砂率<1.8%，比重为1.13，PH值为8.5。

钢管柱安装

钢管柱安装时，采用控制钢管柱位置和垂直度的专用机具——稳管器。垂直度检查使用超声波测斜仪，用稳管器调整中心位置和垂直度。

混凝土灌注

为了防止混凝土从十字桩钢筋笼顶面过多溢出，在钢筋笼顶面铺设一层钢丝网，并在灌注混凝土的同时，在钢丝网上填碎石约2米高，十字桩和钢管柱内混凝土一次灌注完成。

3.3 十字桩的静载荷试验

十字桩试验步骤、方法及整个试验全过程由中国建筑科学研究院地基所完成，试桩设备安装图如图51所示。

试验结果

(1) 单桩承载力

1号桩极限承载力大于12000KN，2号桩极限承载力为12000KN

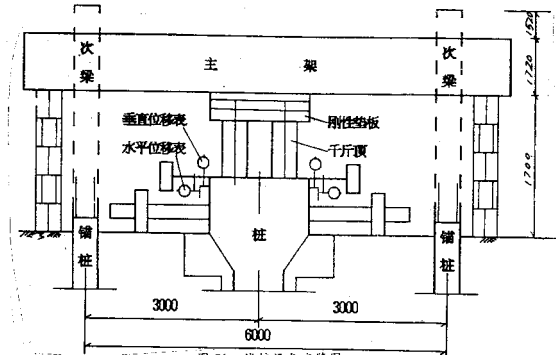


图51 试桩设备安装图

(2) 桩身沉降

试验荷载为5000KN时，1号桩沉降为5.3毫米，2号桩沉降为10.2毫米，设计要求小于15毫米，所以满足设计要求。

(3) 两根桩的比较

1号比2号桩身长约2.2米，桩底进入卵石层深约2.0米，两者无论是承载力还是沉降变形差异都较大，说明桩端阻力应考虑持力层土的状态及桩进入持力层的深度效应，当桩进入持力层深度越大时，端阻越大，所以为了获得较高承载力，减少沉降，桩端进入卵石层深些是适宜的。

(4) 通过试验证明十字桩的承载力大，变形小，钢管混凝土柱的抗弯能力及稳定性达到了设计要求。

4、十字桩施工应用情况

经过试验，单桩极限承载力12000KN为设计承载力的1.6倍，承载力满足设计要求，但由于试验桩钢管柱安装就位靠超声波测斜仪检测，稳管器究偏，而测斜仪本身精度较差，实测垂直度1/350，不能满足设计要求。由于工程紧迫，一时难以找到合适的测斜设备，经设计、建委、施工单位的多次研讨，为满足1/600垂直度的要求，将测斜仪检测改为人工检测，将十字桩中心冲孔改为1.35m。其它改变如下：

(1) 设计参数

单桩承载力改为7500KN。

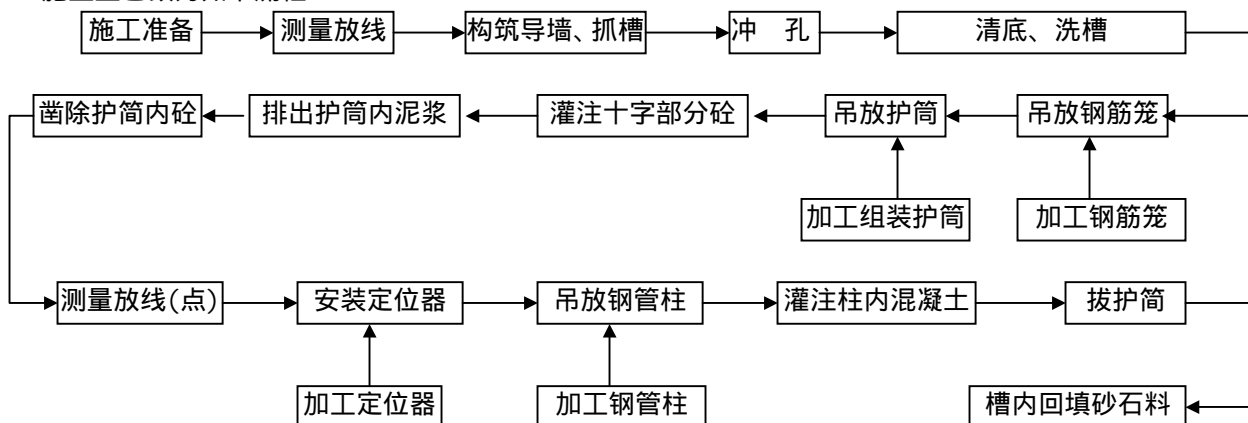
钢管混凝土柱改为直径700mm，壁厚12mm焊接钢管，长18.4米，内部浇筑C40混凝土。

十字桩必须插入卵石层1米以下。

施工测量、定位及凿除十字桩部分多余混凝土用的护筒：直径1.3米，壁厚12毫米，分上下两节，一上节16.18米，下节2.6米，上节可以拔出，周转使用，下节留在桩中。

(2) 施工工艺

施工工艺改为如下流程：



(3) 施工周期

表 26 单桩施工周期

序号	工序名称	工时	累计工时(天)
1	挖槽、冲孔	2.5	2.5
2	清底、洗槽	0.5	3
3	下十字部分钢筋笼、装护筒、浇注砼	0.5	3.5
4	养护	0.5	4
5	凿除护筒内砼, 安定位置	1	5
6	下钢管柱, 浇注钢管柱内砼	0.5	5.5
7	养护, 拔护筒、回填	2.5	8

作业流水

每天 - 根, 最后 - 根施工完后, 延长7天。

5、几点体会

5.1使用钢护筒护壁与试验时的十字桩成桩法比较, 主要存在以下缺点:

(1)钢护筒只能做到上半部回收, 下半部有 - 段 ϕ 1300长2.6m仍丢弃在桩中。

(2)凿除钢护筒底的碴土及砼费工费时, 劳动强度大; 高温、噪声和安装定位器时的电气焊烟雾, 环境恶劣, 对施工不利, 也不安全。施工时必须特别注意。

(3)增加了提升碴土的装置。

(4)钢管柱内砼和十字部分砼在柱底连接, 是个薄弱环节。

5.2 发展前景

随着科学技术的发展, 新的垂直度检测设备不断更新, 最近国内研制的 - 种检测垂直度的仪器, 可在水下测中间柱垂直情况, 其精度达1 / 1000, 如果使用稳管器和预制钢导墙, 加上测量仪器, 可 - 次灌注成型, 此方法和试验桩施工方法相同, 取消钢护筒, 工艺简单, 可以使工期提前 - 倍, 而且避免了上列问题。

总之, 十字桩就其技术本身而言, 和其他桩相比它有如下特点:

(1)十字桩具有侧表面积大, 承载力高, 变形小的特点。

(2)施工中采用护筒上下地点吊装就位钢管柱, 人工检测, 虽然办法笨拙, 但在检测仪器不可靠的情况下, 钢管柱的质量更易于保障。

(3)在单桩承载力要求高, 沉降变形要求小, 使用其它类型桩很难满足要求的情况下, 使用十字桩切实可行, 而且经济。

(十二) 天安门东站采用盖挖逆作法施工

1、地质概况

1.1工程地质

本站地处永定河冲洪积扇的脊部地带, 上部为第四纪地层, 总厚度达80m, 呈韵律分布。下部为第三纪碎屑岩, 地质条件较为复杂, 围岩类别: 类。

表27 各土层主要物理力学性质综合表

地层编号	地层名称	含水量 W(%)	密度 (g / cm ³)	孔隙比 e	液性指数 I _L	压缩模量 E _{s1-2} (MPa)	侧系压力数 K ₀	垂直基床系数 K ₁ (KPa / m)	水平基床系数 K ₂ (KPa / m)
(1)	填土								
(2)	轻亚粘土	20.5	1.96	0.667	0.23	12.9	0.35		48000
(3)	中、细砂		2.05	0.5		25	0.30		30000
(4)	圆砾土		1.95	0.4		40	0.2		41750
(5)	轻亚粘 ±	26.5	1.98	0.714	0.62	16	0.35	80583	51000
(6)	中砂		1.95	0.5		30	0.3	50047	62500
(7)	圆砾土		2.10	0.4		50	0.2	60000	60000
(8)	轻亚粘土	26.7	1.94	0.765		7.6			

(1) 填土: 杂色、黄褐色, 稍湿, 厚2-3m, 最厚达7m。

(2) 轻亚粘土: 褐黄色或灰色, 硬塑-可塑, 稍湿-很湿, 厚度7-12m。

(3) 中、细砂: 褐黄色, 中密-密实, 厚2-3, 最厚达5m。

(4) 圆砾土: 褐黄色: 密实, 稍湿-饱和, 最4-6m。

(5) 轻亚粘土: 褐黄色, 饱和, 塑, 厚1-4m。

(6) 中砂: 褐黄色, 密实, 厚1-4m/

(7) 圆砾土：褐黄色，密实，夹粗砂透镜体，厚7-10m。

(8) 轻亚粘土：褐黄色，饱和，可塑，厚2-4m。

1.2水文地质

在第四纪地层中蕴藏着上层滞水=潜水、承压水，其补给来源多为大气降水。上层滞水赋存于(2)轻亚粘土层中，水位标高：37.8m。潜水赋存于(4)圆砾土层中，渗透系数100m/d，水位标高：28.11-30.45m，随季节变化幅度为0.5-1.0m。承压水赋存于(6)中砂层和(7)圆砾土中，渗透系数：200m/d，水位标高：23.97-27.18m，流向自西向东，水位变化幅度0.5-3.0m。

1.3地震

地震基本烈度为八度。

2. 车站建筑形式

天安门东站结合不同施工手段和本地区特殊要求及乘客存放自行车难等条件，共研究两种建筑类型。

2.1 三拱二柱双层支护结构：上部为站厅层，下部为站台层，站台宽度16m，横向柱距9m，纵向柱距6.6m，适用于浅埋暗挖法施工作业，但对存车难仍无法解决。见图52。

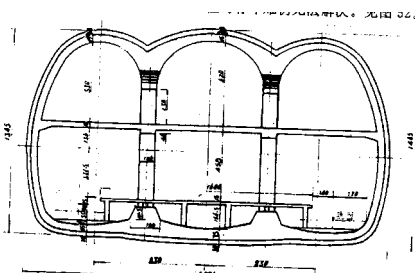


图52

2.2 三跨二柱三层框架钢筋混凝土结构：地下-层：停车场及部分管理用房，净高2.8m；地下二层：站厅层，净高4.5m；地下三层：站台层，净高6m，站台宽度16m，横向柱距9m，纵向柱距6.6m，适用于明挖或盖挖法施工。

三跨二柱三层框架结构与三拱二柱双层拱形结构相比，地铁增加-层，建筑面积增加5600m²，可以有效地解决天安门地带存放自行车难题，并增加了管理用房，由于覆土厚度提高到1-1.8m，可以大部分避开地下水作业，并改善了旅客乘降条件，且建设投资约可节省18%。

2.3 盖挖逆作法

在交通繁忙路段采用“盖挖逆作法”修建地铁车站，是一种较为理想的施工手段，主要占用路段时间短，干扰少，覆土厚度可以提高到1-1.8m，对改善旅客乘降条件，减少地下水施工难度均有显著优点，尤其在天安门地带经过精心安排，仍能保持七条机动车道（四上、三下）及二条慢车道正常通行，为该方案主要特点。

(1) 施工安排

车站主体及各出入口通道均采用“盖挖逆作法”施工，因此，为了唯交通正常通行，须要两次围挡改变地面通地条件；车站两端风井及通道和四条桩下梁式基础结构，均采用浅埋暗挖法施工。

(2) 围挡及交通组织

本段路幅宽度80m，车站中轴线偏向道路永中线南侧15.20m。第一次围挡：道路永中线南侧，以施作车站主体及南面各出入口和通道和四条桩下梁式基础，用浅埋暗挖法实施，机动车道和慢车道布设在道路永中线北侧，维持正常交通通行。围挡时间，预计五个月；第二次围挡：待车站主体结构施作到一定阶段后再次围挡，主要安排地面各出入口及通道作业，则各机动车道、慢车道要改移到永中线南侧通行，围挡时间，预计三个月。

(3) 施工方法

盖挖逆作法实施手段，有连续墙法和桩墙法两种，结合天安门地质条件，着重以桩墙法作些比较。桩墙法一般有两形式，一种采用钻孔桩法作业，另一种用挖孔桩法施工。两种不同实施手段对工期与质量，差异较大。

钻孔桩法

边桩 ϕ 300mm钢筋混凝土桩，间距600mm。中桩：钻孔中 ϕ 1500mm，灌注 ϕ 800mm钢管混凝土柱。据某地铁车站实施经验，钻进速度较快，但各项辅助作业成桩时间较长，因此工期无法保证，且有泥浆污染，噪声也大，机械台班费高等不利条件，该站历时一年余才告完成，致使围挡无法拆除，影响正常交通通行，尤其在天安门地带工期为其主要关键，必须要在预定的工期时间内，恢复地面交通，否则是无法实现的。

挖孔桩法

过桩分为三种。施工桩：挖孔 ϕ 1000mm，内径 ϕ 800mm，间距2000mm，计228根；兼进料用桩；挖孔 ϕ 1700mm，内径 ϕ 1500mm，计8根；兼进长管材用桩：挖孔 ϕ 3200mm，内径 ϕ 3000mm，计12根。中桩：采用 ϕ 800mm钢管混凝土柱，分两种孔径挖孔。施工柱：挖孔 ϕ 1700mm，内径 ϕ 1500mm，计58根；兼进料用桩；挖孔 ϕ 2200mm，内径2000mm，计8根。

挖孔桩设备简单，可以采用多工作面平行作业，施工方便，台班费省，有得争取工期；无泥浆污染，噪场小，符合环保要求，由于采用挖孔桩作业，易于保证桩体精度和质量。缺点：对地下水较敏感，但其桩基深度普遍比钻孔桩方案提高3-7m,仅部分接触到浅水层，且已有降水措施，已取得可喜效果。

桩下梁式基础方案

为改善挖孔桩基受力条件，提高三跨二柱三层框架结构整体承载能力，将各边桩和中桩均统一置放在桩下梁式基础上，使其沉降均匀，可以增强大型地下建筑的稳定性和结构物的整体性；同时，对盖挖逆作法又增添一种新的结构形式，使其适用性更加广泛。

施工安排有用浅埋暗挖法，用四条小导洞先行作业，再由地面采用多工作面挖孔施作边桩和中柱，施工较简便，易于保证工期。

两种方法比较

挖孔桩加桩下梁式基础方案主要特点：将挖孔桩与梁式基础相结合，开创了盖挖逆作法新的构造形式，具有受力明确，整体受力性好，增强了结构物整体性和稳定性，使其沉降均匀。同时，挖孔桩可以采用多工作面平行作业，有得争取工期。且设备简单，操作方便，无泥浆污染，符合环保要求，由于是挖孔作业，易于保证桩体质量。缺点：对地下水较敏感，且已有降水措施，效果良好。

钻孔桩法钻进速度较快，但机具易出故障，成桩时是长，工期难以保证，台班费高，泥浆污染大，噪声大。且在泥浆护壁孔内下放钢筋笼灌注混凝土，桩底易存碴，质量不易控制，若钻孔偏斜也不易纠偏。

综合上述分析，权衡各种利弊条件，天安门东站确定采用三跨二柱三层框架结构，用盖挖逆作法和挖孔桩加桩下梁式基础方案实施。