

第 8 章 施工方法与技术措施

1. 施工准备

1.1 场地内设施的拆除、改移

本站位于交通繁忙的京沪铁路站场范围内，施工前由各有关单位修建既有铁路基本站台出站地道出入口(其规模应按春运旅客量确定)，封堵原地道出入口，将出站客流引向临时出站通道，拆除围挡范围房屋和建筑物，改建站北居民出入道路。根据实际情况，安排时间改移需要改移和悬吊的管线。

1.2 施工场地平面布置

见第七章 临时工程

1.3 场地平整硬化

车站范围内地表基本平坦，为便于施工，明挖基坑四周施作施工便道，施工场地整平硬化，并布设好场内给排水、供电系统，做到“三通一平”。

1.4 测量放线

开工前，复测三角网点，中级控制桩点和水准点，标定围护桩的中心线及主要控制点，并引出永久性标记，其误差均不得大于规定值。

1.5 弃土外运

弃土外运遵守南京市的有关规定，白天产生的弃土用自卸汽车运至施工场地内的临时堆土坑，在夜间用自卸汽车运至指定弃渣场。在南北两个施工场地出入口均设洗车槽、清洗进出车辆，并采取有效措施，确保进出车辆不污染城市路面。

1.6 工地废水、污水排放

工地排水采用明沟排水系统，施工废水、污水经过明沟集流和沉淀以后，再用水泵抽运，排入公共下水道。

1.7 编制实施性施工组织设计

组织技术人员编制实施性施工组织设计，为工程开工做准备。

2. 明挖段施工

2.1 人工挖孔桩施工

本标段南京站站南北区明基坑的围护结构均采用人工挖孔刚性咬合的排桩支护形式（图 8-2-1）。由于南区基坑开挖范围内有厚约 0.3~5.0m 淤积层而在挖孔桩的外缘又布设了一排水泥搅拌桩止水帷幕，结构底板下设 12 根工程桩，桩长 5m。

车站南区基坑围护结构人工挖孔桩 308 根，桩长 22.07~30.34m；车站北区基坑围护结构人工挖孔桩 313 根，桩长分别为 22.49m，13.69m。人工挖孔桩桩身采用 C25 防水钢筋混凝土，护壁采用 C15 钢筋混凝土。

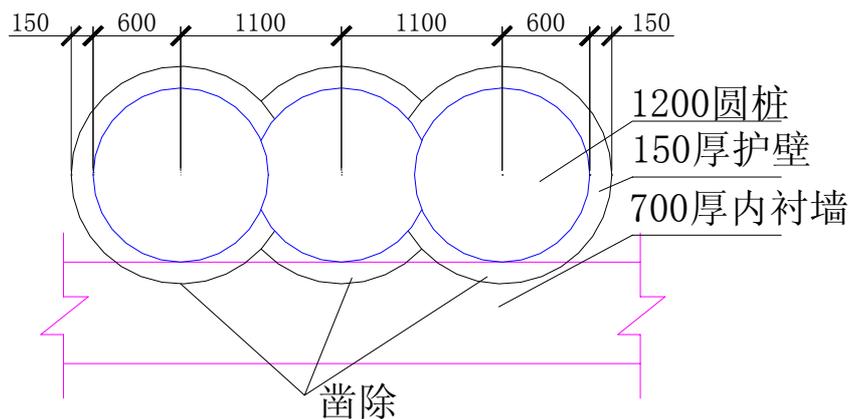


图 8-2-1 挖孔咬合桩构造图

根据相关技术规范，挖孔桩施工必须满足一定的桩间净距要求（排桩跳挖的最小施工净距不小于 4.5m）。结合以往施工经验，计划分三批进行

挖孔桩作业，跳桩施作，前批桩成桩后，再施工后批桩，同批相邻桩桩孔保持不小于 2m 的高差。具体挖孔分批顺序如图 8-2-1 及表 8-2-1 所示。

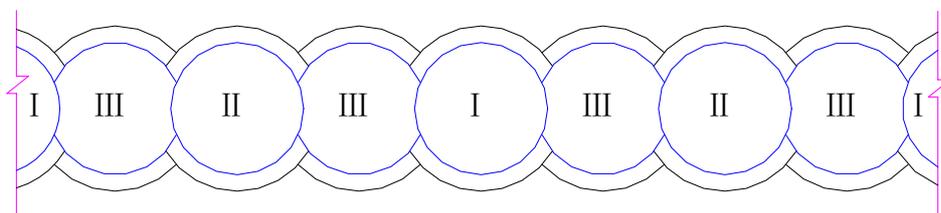


图 8-2-2 挖孔桩施工顺序图

挖孔桩施工次序表

表 8-2-1

批次	挖孔桩编号	孔桩类型	备注
I	I -1,2,3,4, ……	圆桩	间隔 3 个孔
II	II -1,2,3,4, ……	圆桩	间隔 2 个孔 1 个桩
III	III -1,2,3,4, ……	圆桩	间隔 1 个桩

人工挖孔桩所需的主要机具设备有：铁锹、尖镐、手摇多功能提升架、提桶、模板、支架、电机、电缆、卷扬机、滑轮、软吊桶、潜水泵、鼓风机和工作灯等。

人工挖孔桩采用三班制作业，单孔每班三人，土质地段一天挖孔深度 2m，每批桩施工时间约一个月（含混凝土灌注）；南区三批桩总的施工时

间为 90d，车站南区在水泥搅拌桩施工后进行人工挖孔桩的施工；北区三批桩总施工时间为 90d，车站北区在施工准备后即进行人工挖孔桩的施工。

2.1.1 人工挖孔桩施工程序及方法

2.1.1.1 人工挖孔桩施工程序（见图 8-2-3）

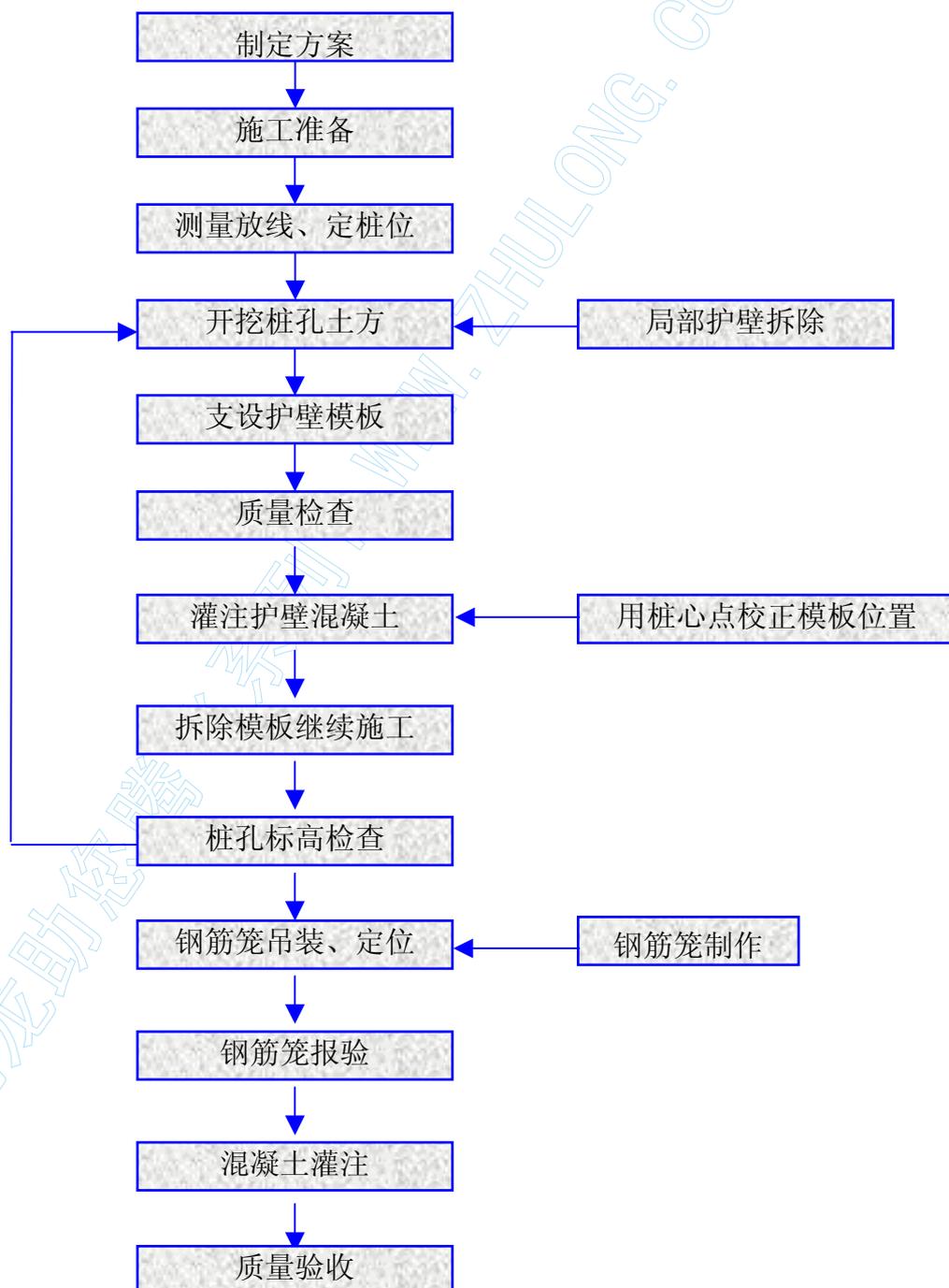


图 8-2-3 人工挖孔桩施工程序图

2.1.1.2 人工挖孔桩施工方法

(1) 定位及锁口

测出桩中心位置，在桩周放出桩心十字线，开挖第一节桩孔，护壁钢筋绑扎，支第一节护壁模板，灌护壁混凝土。第一节护壁混凝土高出地面 25cm，便于挡水和定位。孔圈中心线应与桩孔轴线重合，其与轴线的偏差不大于 20mm。

(2) 开挖支护

① 普通地层开挖支护

人工挖孔桩采用分批、分节挖土，分节支护的施作方法。根据地质状况（主要是保持直立状态的能力），一般地层考虑 1.0m 为一节，淤积层考虑 0.5m 为一节。

护壁采用 C15 现浇混凝土，厚度 15cm，为防止施工过程中护壁的脱落，护壁的结构形式设为“外一字内八字”搭接，搭接长度不小于 50mm。护壁模板采用工具式钢模板，为便于第 II、III 批桩施工，模板由两大两小四块组成，模板间用插销连接。

桩孔人工开挖，弃土装入吊桶，用多功能提升架提升至地面，倒入手推车运到临时存渣场。

孔桩开挖、支护分段如图 8-2-4 所示。

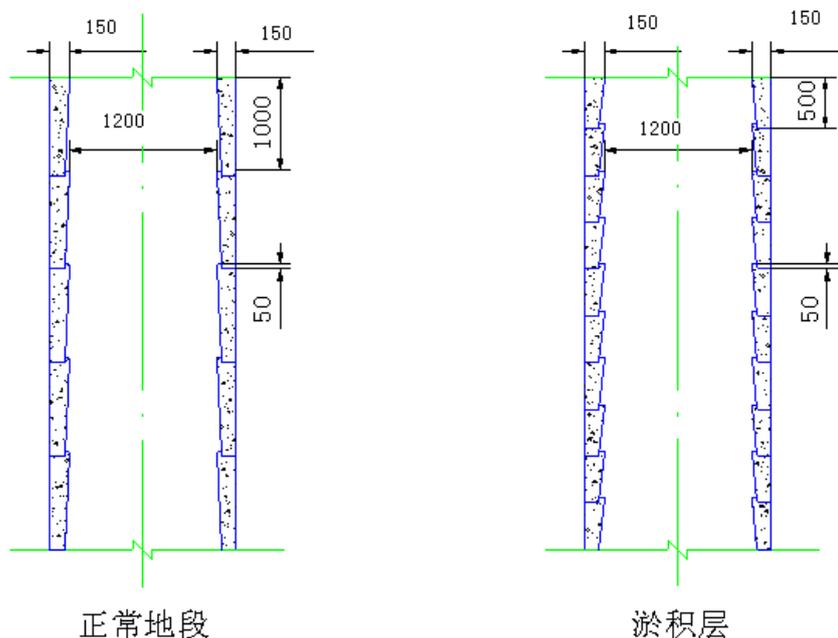


图 8-2-4 孔桩开挖、支护分段图

② 特殊条件下孔桩的成孔技术措施

a. 穿过淤积层的成孔措施

根据招标文件提供的地质资料，车站范围内有一层湖相淤积层，呈软~流塑状，层厚 0.3m~5.0m。

当人工挖孔桩穿过淤积层成孔困难时，可采用插板法开挖，并将桩孔每节开挖高度适当减少，一般以 0.3m~0.5m 为宜。根据其他地区人工挖孔桩过淤积层的成功经验，拟将开挖深度缩短为 0.5m，采用木板或竹板条超前支挡，开挖后及时浇筑护壁混凝土（见图 8-2-5）。当上述措施仍不能顺利成孔时，则应及时封闭作业面，通过分节注浆，配合钢导管通过淤积层。

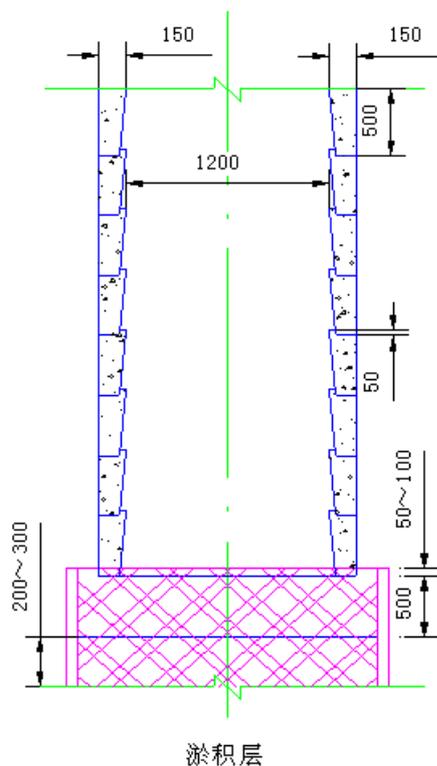


图 8-2-5 挖孔桩过淤积层示意图

b. 挖孔桩受地下管线干扰时的成孔措施

当人工挖孔桩位于地下管线下方，而该管线在施工过程中又不考虑拆迁时，应先施工不受管线干扰的孔桩，最后才施工受管线干扰的孔桩。

当挖孔桩位于管线下方时，孔桩开挖可采用图 8-2-6 所示的两种方法进行，钢筋笼可采用在孔内分节制安的方法施工。

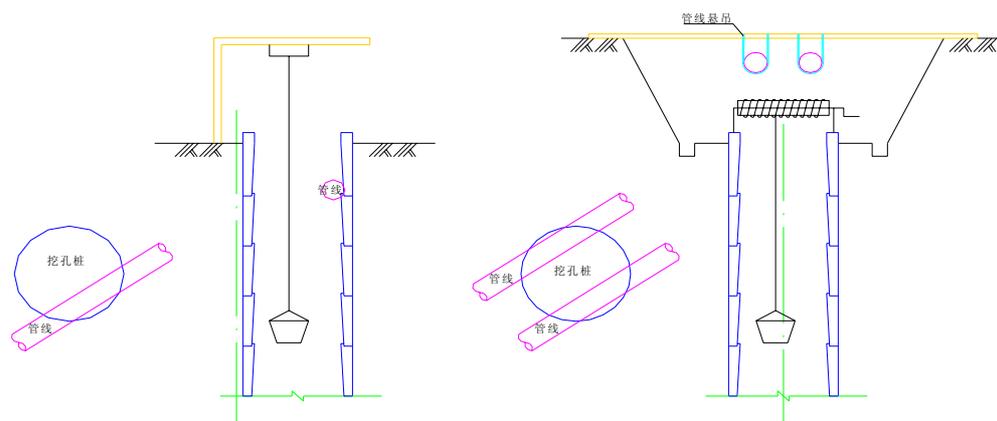


图 8-2-6 挖孔桩受地下管线干扰时的开挖方法示意图

(3) 挖孔桩成孔的质量控制及允许偏差

① 开挖前桩位应准确定位放样，并从桩中心位置向四周引测桩中心控制点。当第一节桩孔挖好并安装护壁模板时，必须用桩心点来校正模板位置，并在第一节混凝土护壁上设十字控制点，每节护壁模板的安装必须用桩心点校正模板位置，检查护壁厚度。

② 挖孔桩成孔应满足表 8-2-2 所示的允许偏差。

人工挖孔桩施工允许偏差

表 8-2-2

序号	项 目	允许偏差 (mm)
1	顺桩排轴线方向桩位	≤ 100
2	垂直桩排轴线方向桩位	≤ 50
3	垂直度	$0.5\%L$
4	桩径	-50, +50
5	有效桩长	-0, +100

注：L 为挖孔桩桩长

③ 桩孔开挖后及时灌注护壁混凝土，灌注护壁混凝土时，采用钢钎或木棒反复插捣，确保混凝土灌注密实。

④ 终孔时应清除护壁污泥、孔底的残渣、浮土、杂物和积水。检验合格后，应迅速封底，安装钢筋笼，灌注桩身混凝土。

⑤ 护壁应满足表 8-2-3 所示的允许偏差。

人工挖孔桩护壁允许偏差

表 8-2-3

项次	项目	允许偏差	检验方法
1	厚度 ≥ 100	± 20	丈量
2	每循环护壁长度 ≤ 900	-50	
3	护壁模板直径（长度）	符合设计	

(4) 钢筋笼制作工艺及吊装

① 笼制作允许偏差应按表 8-2-4 的规定执行。

钢筋笼制作及保护层允许偏差

表 8-2-4

序号	项 目	允许偏差 (mm)
1	主筋间距	± 10
2	箍筋间距	± 20
3	钢筋笼直径	± 10
4	钢筋笼长度	± 100
5	钢筋笼保护层	± 20

② 钢筋笼的主筋净保护层不宜小于 70mm，其允许偏差为±20mm。

③ 钢筋笼吊运时采取适当措施防止扭转、弯曲。安装钢筋笼时，应对准孔位，吊直扶稳，缓慢下放，避免碰撞孔壁，就位后立即固定。

④ 为便于加工、运输、起吊，当钢筋笼全长超过 10m 时，应分段进行，每段长度 8~10m（如图 8-2-7 所示），分段后的主筋搭接互相错开，保证同截面的接头数量不多于主筋根数的 50%，相邻主筋接头错开距离应大于 35d 且不小于 500mm，其搭接长度及焊接形式符合规范要求。

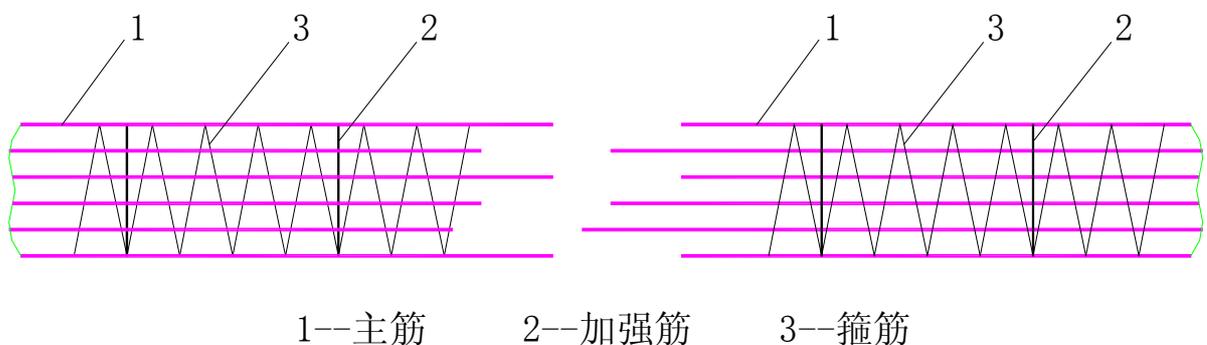


图 8-2-7 分段成笼对接示意图

⑤ 钢筋笼定位后，由测量组精确定位，将钢管横撑预埋钢板及其与主体结构板梁之间“线连”所需的钢筋牢固焊接在钢筋笼上。

(5) 桩身混凝土施工

① 桩身混凝土原材料按照相关规范的规定执行，坍落度宜控制在 8~10cm。

② 混凝土下料采用串筒（图 8-2-8），或用混凝土溜管，不得在孔口抛铲或倒车卸入；混凝土浇筑应连续分层浇筑，每层厚度不得超过 1.5m，宜用插入式振动器和人工插实相结合的振捣方法，以保证混凝土的密实度。

当机械或人工振捣困难时，可利用大坍落度的混凝土下沉力使之密实，但桩上部钢筋部位仍应用振捣器振捣密实。当桩内渗水量大超过 $1\text{m}^3/\text{h}$ 时，应采取水下混凝土灌注法施工（图 8-2-9）。

③ 混凝土采用高品质商品混凝土。

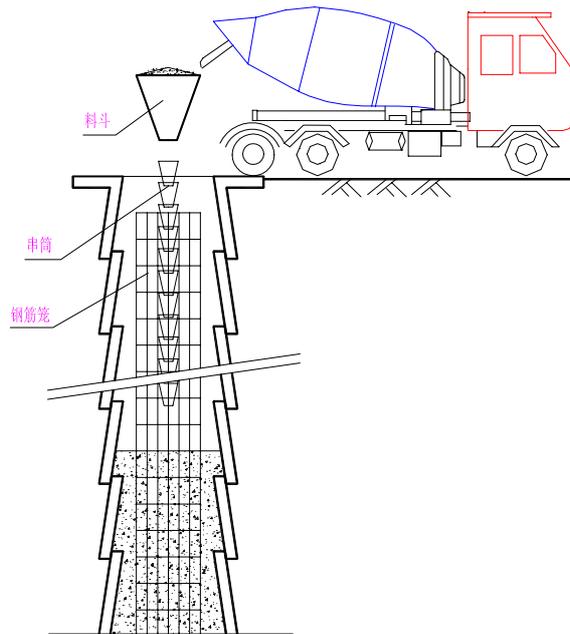


图 8-2-8 人工挖孔桩混凝土串筒灌注示意图

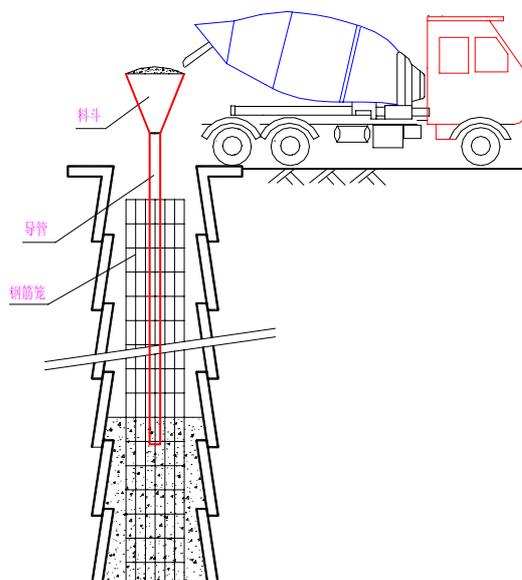


图 8-2-9 人工挖孔桩水下混凝土灌注

(6) 挖孔桩的安全措施

① 为防止地面施工人员和物体坠落桩孔内，孔口四周必须设置 0.8m 高的护栏进行围护。

② 供人员上下井所使用的电葫芦、吊笼等应安全可靠并配有自动卡紧保险装置，不得用人工拉绳子运送工作人员或脚踩护壁凸缘上下桩孔。电葫芦宜用按钮式开关，使用前必须检验其安全起吊能力。孔内必须设置应急软爬梯，并随挖孔深度放长到工作面。

③ 当桩孔开挖深度超过 5m 时，每日开工前应进行有毒气体的检测，并向孔内送风 5min，使孔内混浊空气排出，才准下人。孔深超过 10m 时，地面应配备向孔内送风的专用设备，风量不宜小于 $1.5\text{m}^3/\text{min}$ 。孔底凿岩时应加大送风量，并采取湿式作业法，加强通风防尘和人身安全。

④ 挖出的土石方应及时运走,孔口四周 2m 范围内不得堆放淤泥杂物,机动车辆的通行不得对井壁的安全造成影响。

⑤ 当桩孔挖至 5m 以下时,应在孔口设置半圆形的防护罩,防护罩可用钢木板或密眼钢筋(丝)网做成,在吊桶上下时,作业人员必须站在防护罩下面,停止挖土,注意安全;若遇起吊大块石时,孔内作业人员应全部撤离至地面后才能进行起吊。

⑥ 开挖复杂的土层时,每挖深 0.5~1m 应用手钻或不小于 $\Phi 16$ 钢筋对孔底做品字形探查,检查孔底面以下是否有洞穴、涌砂等,确认安全后,方可继续进行挖掘;认真留意孔内一切动态,如发现流砂、涌水、护壁变形等不良预兆以及有异味气体时,应停止作业并迅速撤离。

⑦ 孔内爆破时,孔内作业人员必须全部撤离至地面后方可引爆;爆破时,孔口应加盖;爆破后,必须用抽气,送风或淋水等方法将孔内废气排除,方可继续下一孔作业。

⑧ 施工场内的一切电源、电器的安装和拆除,必须由持证电工专管,电器必须严格接地、接零和使用漏电保护器。电器安装后经验收合格才准接通电源使用。各桩孔用电必须分闸,严禁一闸多孔和一闸多用。孔上电线、电缆必须架空,严禁拖地和埋压土中。孔内电缆、电线必须绝缘,并有防磨损、防潮、防断等保护措施,孔内作业照明应采用安全矿灯或 12V 以下安全灯。

2.1.2 桩顶冠梁的施工程序及施工方法

(1) 桩顶冠梁的施工程序

桩顶冠梁施工程序详见图 8-2-10。

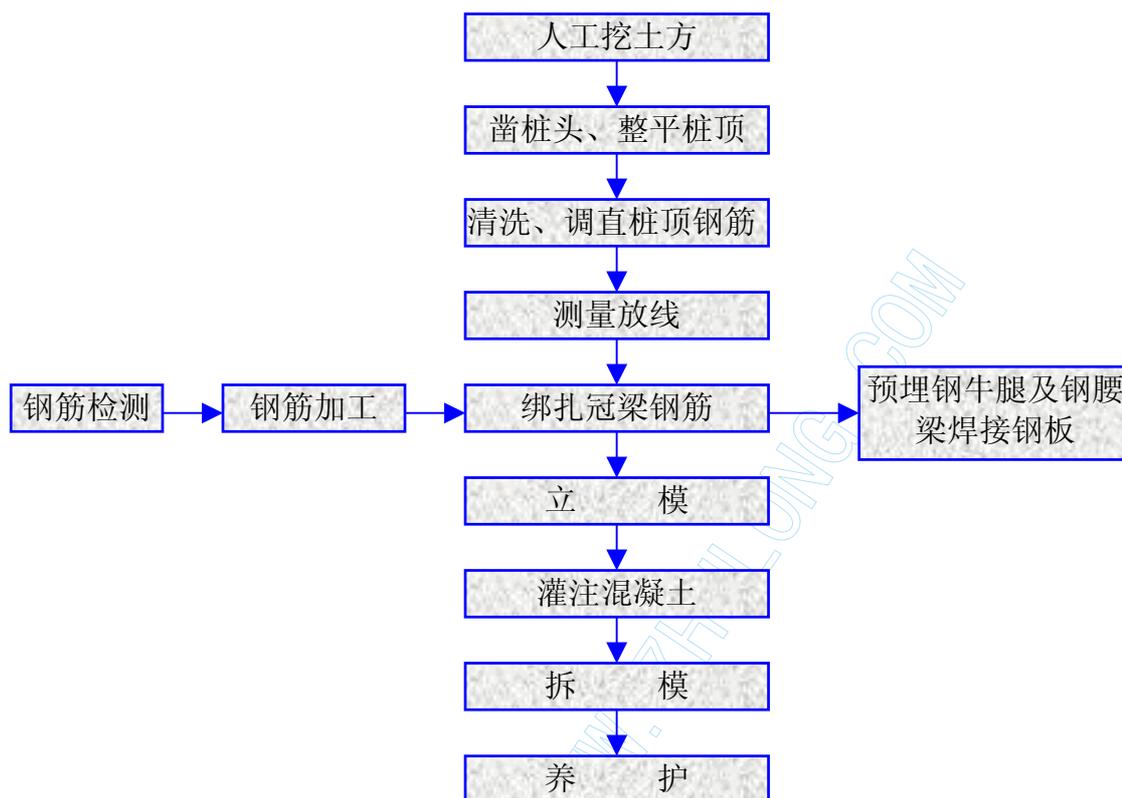


图 8-2-10 冠梁施工程序图

(2) 桩顶冠梁的施工方法及技术措施

车站围护结构均设置桩顶冠梁，将排桩连接为整体。

冠梁采用组合钢模板支模，现场绑扎钢筋，商品混凝土运至现场灌注，插入式振捣器振捣密实。桩顶冠梁随挖孔桩进度分段施作，并预留连接钢牛腿及钢腰梁的预埋钢板。

① 将挖孔桩顶部凿毛整平至设计标高，用高压风清洗后，采用 YJ-302 环氧混凝土界面处理剂涂抹在桩顶上，以免与冠梁连接时施工缝成为渗漏面，提高围护结构防水抗渗的能力。

② 放线固定预埋钢牛腿及钢腰梁焊接钢板。将预埋钢板按测量组放样的位置，牢固焊接在冠梁主筋和挖孔桩锚固钢筋上，并再次复核其位置的准确性，混凝土灌注时注意对预埋钢板的保护，不得碰撞。

③ 灌注冠梁混凝土时，加强对混凝土的振捣，使其密实。

2.1.3 工程桩的施工程序及方法

(1) 工程桩施工程序

工程桩施工程序基本同 2.1.2 中人工挖孔桩。

(2) 工程桩施工方法

工程桩施工方法基本同 2.1.2 中人工挖孔桩。不同之处在于入岩采用风镐开凿困难时，采用浅眼控制爆破。钻孔布置与起爆顺序见图 8-2-11。

1 号孔深 80~100cm，装 1.5 卷炸药，(2) 3 号孔深 60~80cm，装 1.0 卷炸药，用 3 段非电毫秒雷管起爆。(2) 3 号孔距周边 15cm 开孔，向外倾斜 20°~25° (孔深 80cm~100cm)，使孔底跨出桩孔周边 10cm。每次爆破可进尺 40~50cm，周边经过修整形成不小于设计要求直径。入岩部分，根据围岩强度经监理和设计代表同意，可不浇筑护壁混凝土，或将护壁厚度减小，或取消配筋。

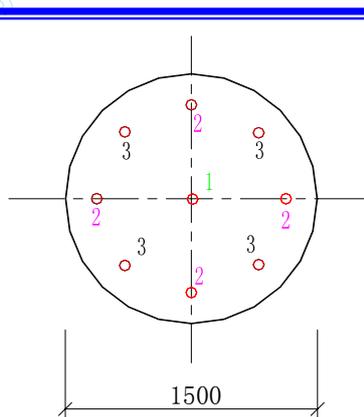


图 8-2-11 工程桩爆破施工设计图

工程桩成孔的质量控制及允许偏差、挖孔桩的安全措施、钢筋笼制作工艺及吊装、桩身混凝土施工等同人工挖孔桩。

由于南京站站地处南京火车站地段，所以爆破施工时必须严格进行安全防护。防护采用覆盖防护，在孔口放置井字形方木，铺钢丝网，网上放置二层砂袋，以防爆破冲击波和飞石从孔口冲出。爆破施工严格遵守有关操作规程及安全规定。

2.2 水泥土搅拌桩

2.2.1 水泥土搅拌桩施工工艺

施工工艺流程示于图 8-2-12。

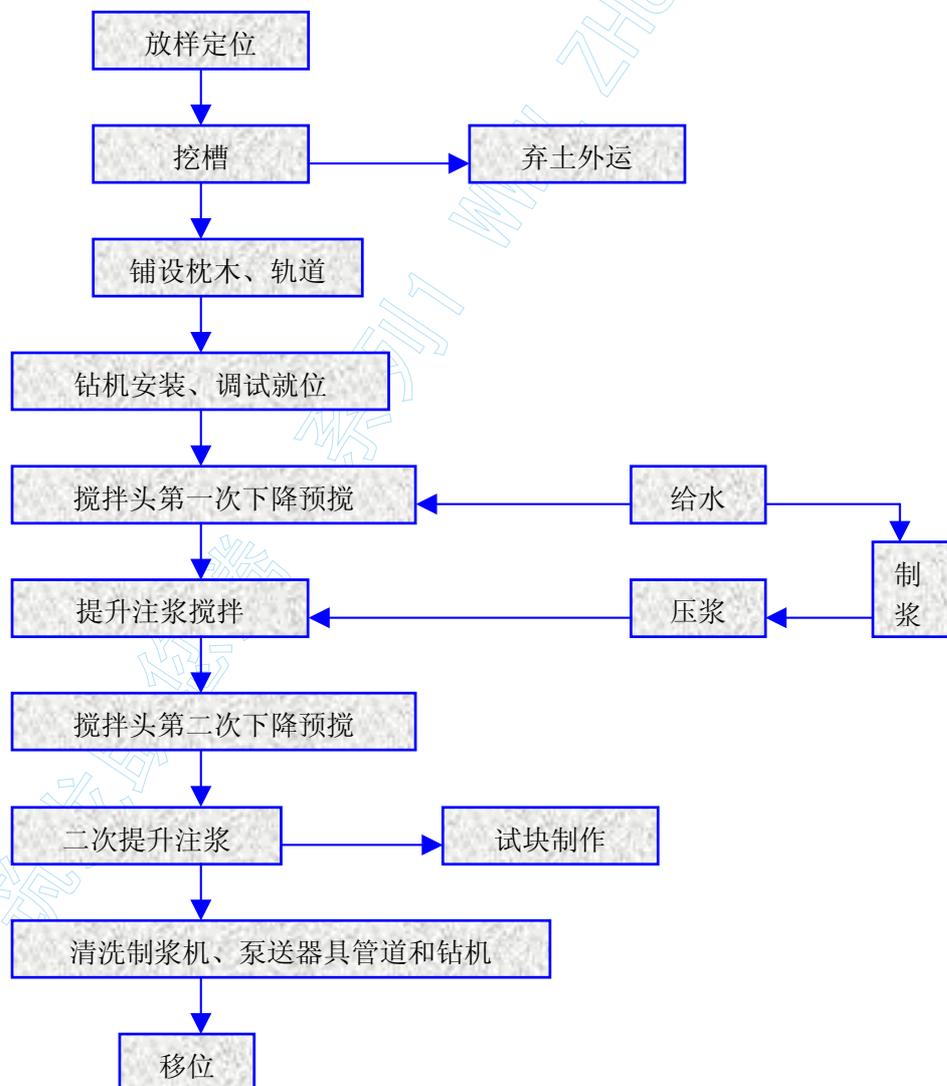


图 8-2-12 水泥土搅拌桩施工工艺流程图

2.2.2 搅拌桩施工

在车站南区人工挖孔灌注桩外设 $\phi 300$ 水泥土搅拌桩止水帷幕，水泥土搅拌桩与人工挖孔灌注桩相切，平面布置形式如图 8-2-13 所示。

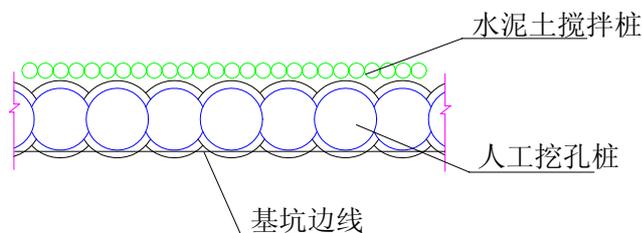
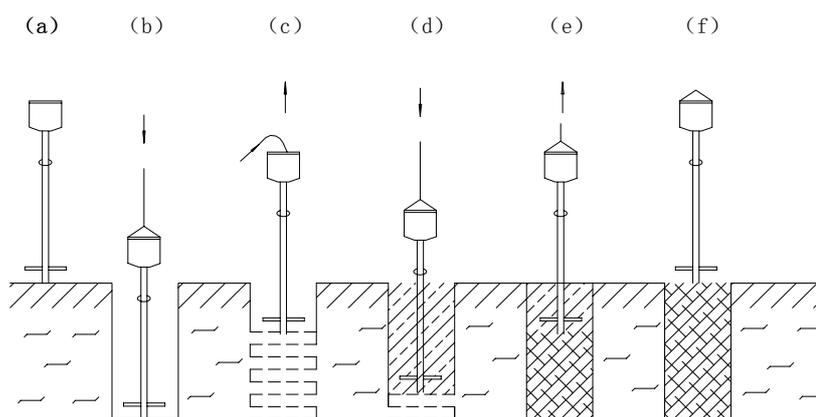


图 8-2-13 水泥搅拌桩平面布置图

(1) 搅拌桩工艺流程图如图 8-2-14 所示。



(a) 定位；(b) 预拌下沉；(c) 提升喷浆搅拌；
(d) 重复下沉搅拌；(e) 重复提升搅拌；(f) 成桩结束

图 8-2-14 搅拌桩工艺流程图

(2) 施工技术要点

① 搅拌桩机械拟采用 SBJ-11 型深层搅拌桩机机组。机组由深层搅拌机、步履式机架、流量计、灰浆搅制及泵送机组、控制柜、输浆管、电缆等组成。

水泥土搅拌桩采用二次喷浆四次搅拌。深层搅拌机开行达到指定桩位、对中及调整机架垂直度。施工中正确使用搅拌机械，确保灰浆泵与灰浆管路畅通和灰浆泵的正常工作压力。

② 施工前拆除场地内障碍物并平整场地，放出搅拌桩位置，确定搅拌桩机悬吊提升和下降的起汽位置。

施工前做工艺试桩，通过试桩确定施工工艺参数（钻进深度、喷浆压力及钻进状况等）。

水泥浆配制时控制好搅拌时间、水灰比及外掺剂的掺量，严格称量下料。

③ 预搅下沉的速度控制在 0.8m/min，喷浆提升速度不大于 0.5m/min，重复搅拌升降控制在 0.5~0.8m/min。控制好喷浆速率与提升速度的关系。

施工中发生意外中断注浆或提升过快现象，立即暂停施工，重新下钻至停浆面或少浆桩段以下 0.5m 的位置，重新注浆提升，保证桩身完整，防止断桩。

④ 搅拌桩施工主要检查项目的质量标准见下表 8-2-5。

深层搅拌桩施工主要项目的质量标准

表 8-2-5

项 目	标 准
桩的垂直度允许偏差	≧1.5%
桩位偏差	≧50mm
桩径偏差	≧4%
水泥强度及抗渗性	达到设计要求
喷浆及提升速度误差	≧±0.1m/min

2.3 旋喷桩施工

为保证基坑稳定，减少变形，对南区基底持力层进行加固，以确保基

坑施工安全。加固采用双重管旋喷加固，加固深度底板以下 3m。

2.3.1 旋喷桩施工工艺

(1) 旋喷桩施工工艺示于图 8-2-15。

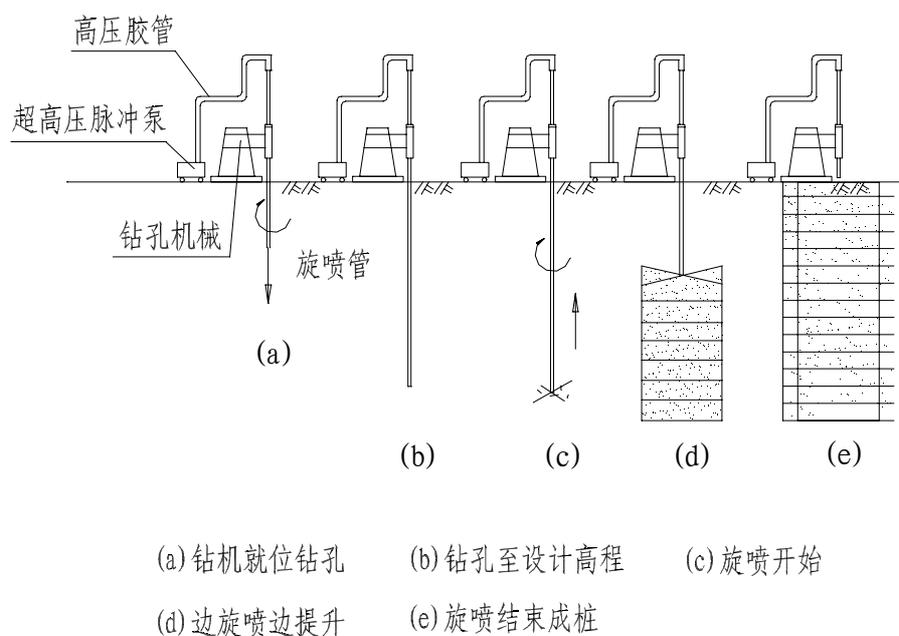


图 8-2-15 旋喷桩施工流程图

(2) 旋喷桩施工组织

a. 旋喷桩施工主要技术参数

根据工程地质特点拟选定的旋喷技术参数见表 8-2-6。

b. 旋喷桩施工设备

主要施工机械包括：XJ100 型振动钻机 2 台，ACF—700 型压浆车（柱塞式、带压力流量表高压泥浆泵），42mm 旋喷管（喷嘴直径 3.2~24.0mm），高压胶管（内径 19mm）。

旋喷桩施工主要技术参数

表 8-2-6

序号	项 目	参 数
1	高压旋喷种类	双管旋喷
2	高压泵压力	20~40MPa
3	注浆管外径	42mm
4	喷嘴直径	4mm
5	高压胶管直径	19mm
6	提升速度	10cm/min
7	浆液材料及配比	42.5 级普硅水泥，水灰比 1: 1

c.主要施工操作及注意事项

① 高压喷射注浆应自下而上进行,注浆过程中应达到:

高压注浆设备的额定压力和注浆量应符合施工图纸要求,并确保管路系统的畅通和密封;风、水、浆均连续输送,水泥浆液的高压喷射作业不得停喷或中断。

② 施工过程中,应经常检查泥浆(水)泵的压力、浆液流量、空压机的风压和风量、钻机转速、提升速度及耗浆量;当冒浆量超过注浆量 20% 或完全不冒浆时,应按规定及时进行处理。

③ 旋喷完毕后,泥浆泵和高压泵应用清水洗净,各管路内不得有残余浆液和其他杂物。管拆下后采用清水冲洗,泥浆泵停止运转后,拆洗缸室和三通阀。损坏部件及时修理和更换,运转部分要涂抹黄油以利润滑和防

锈。

④ 钻机就位后必须作水平校正，使钻杆轴线对准钻孔中心位置，同时保证钻杆垂直，其倾斜度不得大于 1.5%。钻孔位置与设计位置误差不得大于 50mm。

⑤ 旋喷桩施工主要质量控制标准见表 8-2-7。

旋喷桩喷射注浆质量控制标准

表 8-2-7

项 目	标准（或制值）
桩体垂直度偏差	$\geq 1.5\%$
钻孔孔径偏差（mm）	≥ 50
强度、渗性	达到设计要求
注浆管分段提升时注浆搭接长度 （mm）	≤ 100
冒浆量	10%~25%
浆液搅拌时间（min）	≤ 5
浆液待喷时间（min）	≥ 30

(3) 安全检查

旋喷桩施工以高压喷射为主，钻机和高压系统的安全操作是施工中的主要问题之一。

a. 高压注浆泵应做好以下安全检查工作：泵体内不得留有残渣和铁屑，各类密封套完整良好，无泄漏现象；安全阀中的安全销要进行试压检验，必须确保在规定达到最高压力时，能断销卸压，决不可安装

未经试压检验的或自制的安全销；指定专人司泵，压力表定期检修，保证正常使用；高压泵、钻机、浆液搅拌机等要密切联系配合协作，一旦发生故障，及时停泵停机，及时排除故障。

b.钻机操作应做以下安全检查工作：司钻人员具有熟练的操作技能并了解旋喷注浆的全过程；钻孔的位置经现场技术人员确认无误后方可开钻；人与喷嘴的距离不小于 600mm，防止喷浆伤人。

c.高压胶管在使用时不得超过容许压力范围。

2.4 明挖段开挖及支撑

2.4.1 施工准备

土石方开挖的施工准备包括以下几个方面：

- (1) 所有材料、设备、运输作业机械、水、电等必须进场到位。
- (2) 弃土地点必须落实，弃土线路畅通。
- (3) 降、排水系统正常运转。
- (4) 管线改移，支吊保护全部完成或落实好开挖过程中的加固保护措施。
- (5) 人工挖孔桩已经达到要求强度，基坑土体加固，降水已经达到预期效果，基坑才可正式按照施工设计开挖。

2.4.2 开挖机械

根据上述的开挖方案，开挖机械宜以液压反铲挖掘机为主，辅以装载机等设备，弃土运输则以自卸汽车为主。

2.4.3 基坑开挖

- (1) 开挖作业

① 车站工程根据临时钢管支撑的分布情况及反铲挖掘机的性能,采用三台反铲挖掘机接力开挖的方式。

a.自地面分段、分层放坡开挖至第一道钢管横撑底部,边坡坡度 1:1.5,坡面采用钢筋网喷混凝土临时支护,在施工围护结构前完成。

b.待围护结构及桩顶冠梁形成后,按图 8-2-16 所示的三个台阶组织开挖,各台阶底标高及坡度如图所示。

c.每个台阶各设一台反铲挖掘机同时开挖,土石方接力挖到运输便道的自卸汽车上。

d.坑底挖土至自卸汽车的过程为:

第一台反铲置于底部台阶,挖掘最底层土体,挖土甩放在该层台阶后部,由中层台阶反铲接力;由于该台阶反铲工作受基坑中层钢管支撑制约,反铲卸土工作净高为 3.89~4.5m,故反铲选型采用 WY60。

第二台反铲置于中部台阶,挖掘深度 4.5m,反铲选型采用 WY60A。

第三台反铲置于顶部,停机面为上层钢管支撑管底,挖掘土深度 5.5~5.7m,反铲选型采用 WY100,由该反铲负责装车。

② 土方开挖每层台阶的长度,根据机械开挖作业要求及地质条件,北区基坑开挖控制在 15m 左右,南区基坑(软土地层)开挖控制在 6~8m。

(2) 土石方开挖的生产指标

根据工期要求和工程施工安排情况,车站和区间在不同时间有不同的生产指标。

土石方开挖强度指标: 700m³/d。

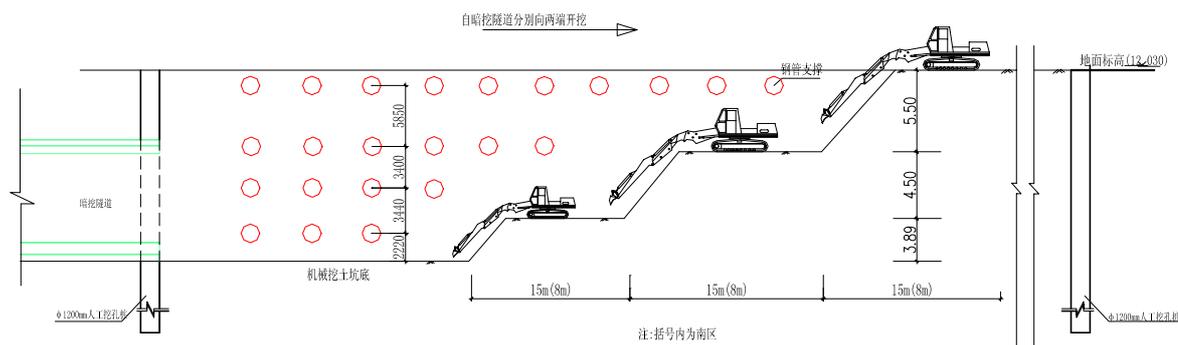


图 8-2-16 土方开挖剖面示意图

(3) 土石方开挖施工技术措施

为确保土石方开挖施工的安全、顺利，在开挖过程中掌握好“分层、分步、对称、平衡、限时”五个要点，遵循“竖向分层、纵向分区分段、先中间后两边、先支后挖、边挖边支”的施工原则。特制定以下的施工技术措施。

① 土石方开挖过程中应特别注意市政管线的保护。

土石方开挖过程中应特别强调对需要支吊管线的保护。在土石方开挖过程中应该做到：开挖暴露前调查清楚（包括具体里程、埋深等）、标明位置，开挖过程中留有保护距离、人工挖掘暴露，暴露后加以支吊保护，不得碰撞。管线附近土石方采用垂直运输的方法。

② 土石方开挖到各层钢管支撑底部时，应及时施作钢管支撑，如不能及时施作支撑的区段应注意抽槽开挖、留土护壁。

③ 土石方开挖过程中应注意坑内降水井的保护，确保降水、排水系统的正常运转。

- ④ 运输便道应设专人修整，确保运输安全、提高效率。
- ⑤ 机械开挖的同时应辅以人工配合，特别是基底以上 20~30cm 的土层应以人工开挖为主，以减少超挖、保持坑底土体的原状结构。
- ⑥ 在土石方开挖过程中，应加强观察和监控量测工作，以便发现施工安全隐患，并通过监测反馈及时调整开挖程序。
- ⑦ 土石方开挖过程中应随同土石方开挖从上至下凿除人工挖孔桩护壁及钻孔桩表面凿毛。
- ⑧ 由于横穿车站基坑管线的影响，管侧两侧部分土体需垂直运输。

2.3.4 支撑安装

(1) 钢腰梁的安装

钢腰梁的安装可按以下步骤及要求进行：

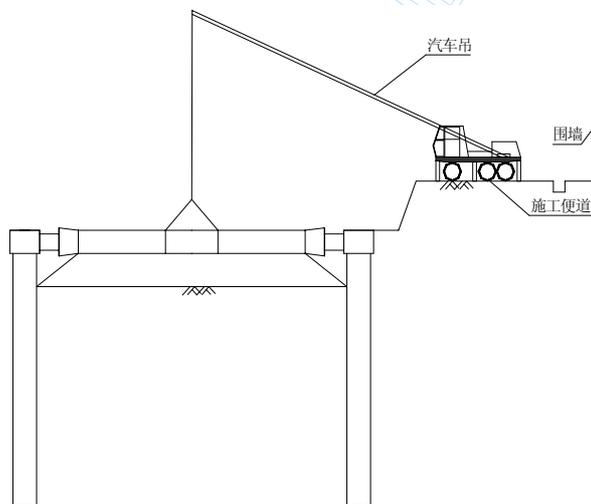
- ① 当土方开挖至各层钢腰梁设计标高时，在钢腰梁所在位置下面用冲击钻钻孔打入 M24 膨胀螺栓，膨胀螺栓在钢腰梁下面设一排，间距 1.5m。
- ② 采取单点取吊用吊车将钢腰梁吊至设计标高处放置在已安装好的膨胀螺栓上并固定。
- ③ 在钢腰梁内侧钢板对准已钻好的孔眼用冲击钻钻眼打入 M24 膨胀螺栓上下各一排固定钢腰梁。
- ④ 钢腰梁和挖孔桩间采用 C30 碎石混凝土填嵌；现场在钢腰梁基坑侧焊接支承钢支撑的托板及端板。
- ⑤ 两节钢腰梁之间的现场拼装联接点设在距支撑点 $1/3 \sim 1/4$ 跨度处，两节钢腰梁之间联接采用高强螺栓。

(2) 钢支撑安装

钢支撑安装可按下列顺序及要求进行。

① 根据基坑宽度将活动端、固定端、标准管节拼装成整体，不同管节之间及管节与端头之间用法兰联接。

② 采用双起吊法用吊车将拼装好的钢支撑吊放到预定位置和标高处，放置在已焊接好的钢腰梁托板上，此阶段吊车的绳索不应松开。具体详见图 8-2-17。



8-2-17 钢支撑吊装示意图

③ 跨度较大处设置竖向临时型钢柱图 8-2-18

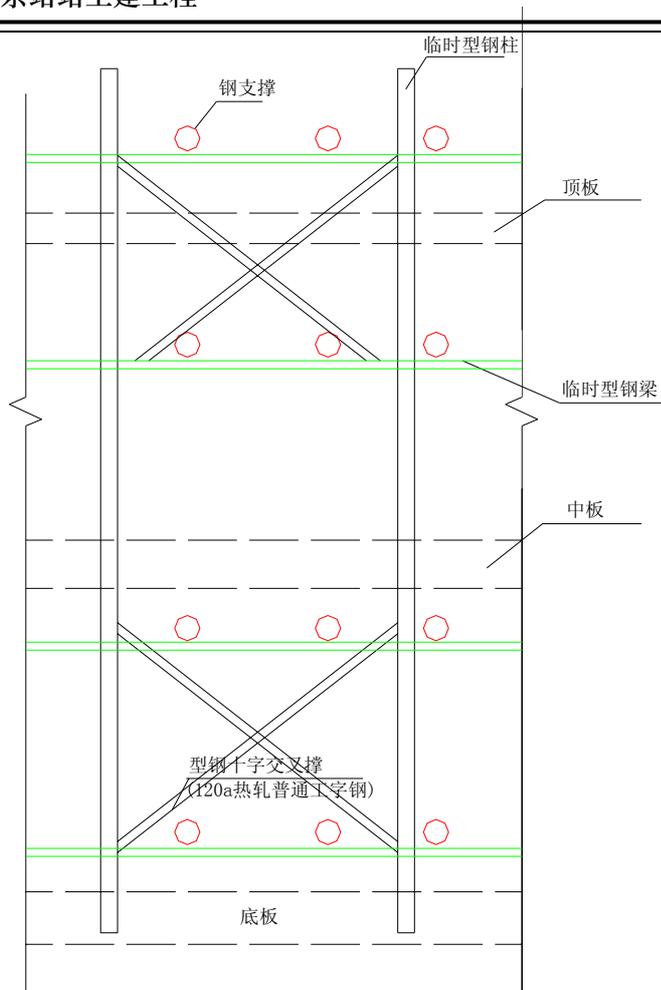


图 8-2-18 临时型钢柱竖向加固示意图

④ 钢管支撑安装允许偏差应满足表 2-2-8 的规定。

钢管支撑安装允许偏差表

表 2-2-8

项目	横撑中心 标高及同 层支撑顶 面标高差	支撑两端 标高差	支撑挠 曲度	立柱垂 直度	横撑与 立柱的 轴线偏 差	横撑水 平轴线 偏差
允许 值	$\leq \pm$ 30mm	$\leq 20\text{mm}$ $\leq L/600$	$L/1000$	$H/2000$	\leq 50mm	\leq 30mm

注：表中 L 为支撑长度， H 为基坑深度

⑤ 根据土方开挖不同阶段及各道支撑的设计轴力施加预加应力，预加

应力分三次加至规定值后锁定。预加力的大小取设计轴力值的 50%~75%。

⑥ 为减少温度应力对预加轴力的影响，在气温接近当天平均气温的时候对钢管支撑施加预应力。

(3) 主体基坑端头斜支撑的施工方法

为保证钢管支撑的轴向受压，在端头当钢支撑和钢腰梁斜交时，在钢腰梁上焊接一个三角形的剪力块，利用剪力块联接钢支撑和钢腰梁以保证钢支撑的轴向受压，具体见图 8-2-19 所示。

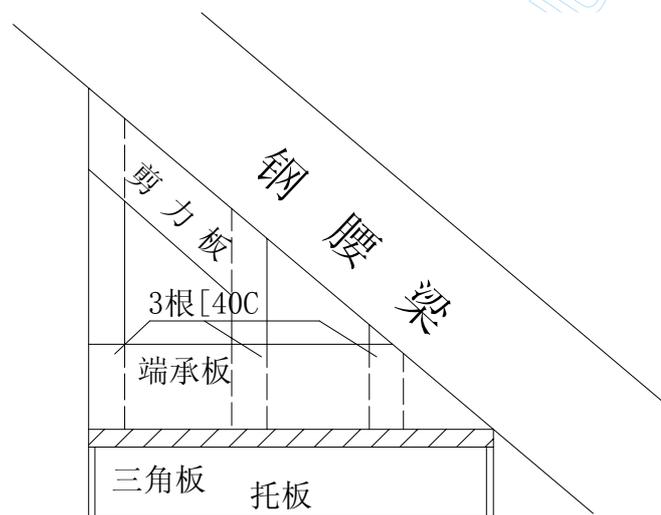


图 8-2-19 剪力安装图

(4) 内支撑体系的拆除

支撑体系拆除过程其实就是支撑的“倒换”过程即把由钢管横撑所承受的侧土压力转至永久支护结构或其他临时支护结构其施工程序见图 8-2-20 所示。

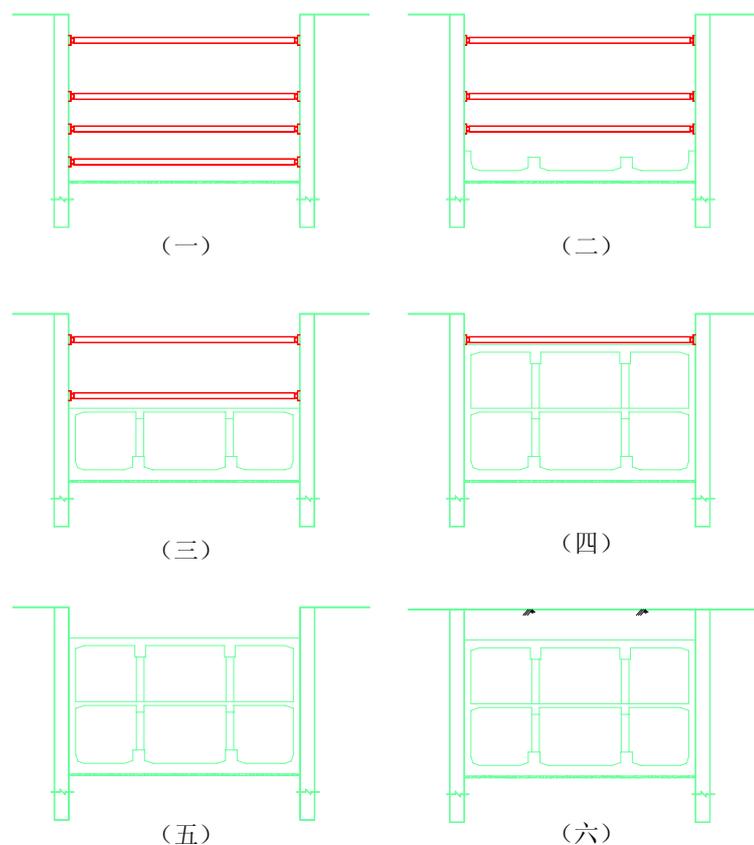


图 8-2-20 钢支撑拆除示意图

支撑体系的拆除施工应特别注意以下两点：

- ① 拆除时应避免瞬间预加应力释放过大而导致结构局部变形开裂。
- ② 利用主体结构换撑时，主体结构的楼板或底板混凝土强度应达到设计强度的 80%。

a、底板混凝土浇筑，待底板混凝土强度达到 80%后，拆除第四道钢支撑。

b、地下二层边墙及楼板混凝土浇筑，待混凝土强度达到 80%后，拆除

第二、三道钢支撑。

c、地下一层边墙及顶板混凝土浇注，待混凝土强度达到设计强度的80%后，拆除第一道钢支撑。

(5) 内支撑体系的加工制作

① 钢腰梁

钢腰梁 H 型钢采用国产 HN600×200 型,北区第二、三道钢腰梁 700×700 钢筋混凝土腰梁，开挖到腰梁标高后，作土模按侧墙配筋、混凝土等级现浇制作，外侧作防水，达到强度后架设支撑。

② 钢牛腿

钢牛腿采用 10mm 钢板加斜撑加工制作而成

③ 钢管支撑

钢管支撑分节制作，每节标准长度应为 4.0m，管节间采用法兰盘螺栓连接，钢管直径 $\phi 609$ 。壁厚 12mm。钢管支撑端部（仅一端）设预加轴力装置。

2.5 明挖段结构钢筋混凝土施工

2.5.1 主体结构施工

(1) 基坑开挖完成验收合格后，施工接地体、垫层和主体结构。主体结构按图 8-2-21（以标准段为例）的顺序进行施工。

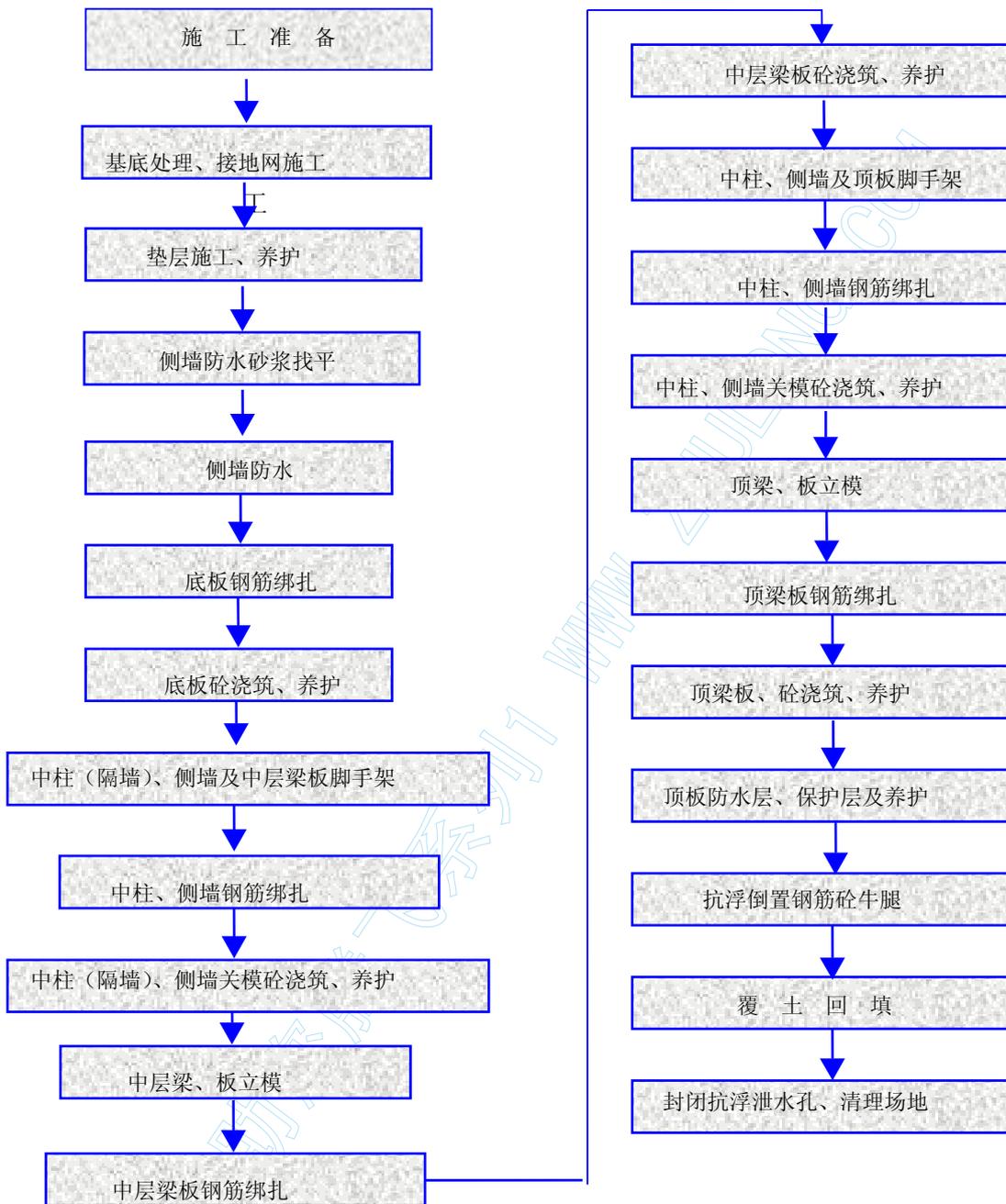


图 8-2-21 主体结构施工工艺流程图

(2) 交叉施工分层浇注

① 素混凝土垫层施工完成后，根据本章第 5 节“施工防排水”规定完

成侧墙结构防水层。

② 底板钢筋捆扎完成后，浇注底板钢筋混凝土过程中，本工程拟利用基坑降水井作抗浮泄水孔。

③ 进行底板，站台板，中板浇注时，严格按照设计要求，准确设置预留孔及预埋构件；同时，在反梁、内衬、柱及墙相对位置预埋钢板，以方便固定模板使用。

④ 进行内衬及楼板施工前，先仔细检查围护结构是否有渗漏点，如发现渗漏点，先堵漏（或引流）后再施工外包防水层，并认真保护，确保在混凝土浇注过程中不破损。

⑤ 各层钢筋混凝土内衬、柱、墙施工时，按设计要求，准确设置各类预留门洞、预埋构件。

⑥ 顶板浇注完毕，经养护后，再按设计要求进行外包防水层施工，并认真浇注混凝土保护层。

⑦ 全部主体施工完毕后，进行覆土分层夯实，以方便道路等原场地恢复。同时根据规范要求封闭抗浮泄水孔。

(3) 结构变形缝及施工缝

① 严格遵照设计要求在出入口通道与主体连接处设置结构变形缝，并按设计要求施工防水带，并预留疏水通道，使变形缝一旦积水可及时引排。

② 根据设计要求，为保证车站整体性，按设计要求设置施工缝。施工缝设多道膨胀防水橡胶条，且其接头部位按榫形结构设置，浇注前清除结合面上的杂屑、碎石，并冲洗干净。

(4) 脚手架和模板

① 中板和顶板施工需搭接承重脚手架，脚手架采用 $\Phi 48$ 钢管，脚手架间用专用铸铁拷件联结。

② 只有在混凝土强度在到设计强度的 80% 时，方可拆除脚手架。

③ 柱模板采用特制钢模板，墙、板结构采用大型木模板。模板安装前，须由专职技术人员确定模板安装线，以保证结构位置准确。

④ 各竖向模板用拉条螺丝及斜支撑固定，防止“跑模”；各模板要接缝严密，减少“漏浆”现象发生。同时做好预留孔、洞处的模板处理。

(5) 钢筋捆扎和混凝土浇注

① 钢筋捆扎作业严格按图纸要求及规范实施，作业中正确预埋各种预埋钢板、管件，预留洞处钢筋设置接驳器。并指定专职技术人员负责质量检验。同时，在混凝土浇注过程中，指定专人负责钢筋保护。

② 本工程采用商品混凝土，泵车浇注，要求泵车均匀放料，浇注面高差不超过 0.5m，雨期施工时，采用遮盖措施，并酌情减小水灰比。

③ 为保证混凝土密实，浇注过程中用混凝土振动棒捣固，一般采用 $\Phi 70$ 振动棒作业，局部钢筋较密处采用 $\Phi 50$ 振动棒作业；要求施工过程中不漏振，不过振。

④ 在混凝土浇注完成后，及时用麻袋等铺盖，并浇水养护，在炎热或寒冷天气施工，另外采用降温或防寒措施，减少温差收缩和干燥收缩带来的不良影响，控制裂缝在设计要求和规范允许的范围内。

(6) 标准段围护结构共四道钢支撑，在按前述操作工艺完成底板钢筋混凝土施工后，拆除第三、四道支撑。中板钢筋混凝土施工后，拆除第二道支撑，待顶板钢筋混凝土完成后，再拆除第一道支撑。其他工序施工方

法同前所述。

(7) 风井、通道等附属结构的围护结构同主体结构并行施工，顶板钢筋混凝土完成后，再拆除第一道支撑，其他（包括地面结构等）施工方法同前所述。

2.5.2 各分步结构施工方法及要求

2.5.2.1 基底检查及处理措施

(1) 基底素混凝土垫层施工前，人工清除基底 200mm 保护层。

(2) 检查基底地质情况、土质与承载力是否与设计相符，如承载力不高于原状土，或与垫层同级混凝土回填，或用砾石、砂、碎石回填，压实机械采用蛙式打夯机。

2.5.2.2 接地网施工方法及措施

(1) 接地网施工方法

在每节段土方开挖至设计标高后，测量放线放出垂直接地体及水平接地网位置。水平接地网采用人工挖槽埋设，垂直接地体采用 XY-1 型地质钻机造孔埋设。垂直接地体及水平接地网在敷设的同时周边均应施放降阻剂，使降阻剂包裹接地体，降低电阻。水平均压带不施放降阻剂，为使接地网形成联通回路，垂直、水平接地体交叉处均应采取气焊法将其焊牢。

(2) 接地网施工技术措施

① 接地网在车站底板垫层下的埋设深度不小于 0.6m，若底板垫层标高有变化，仍应保持 0.6m 的相对关系。

② 接地网的引出线，要求引出车站底板以上 0.5m。为防止结构钢筋发生电化学腐蚀，必须用绝缘热缩带进行绝缘处理，为防止地下水沿引出

线渗入地底结构，引出线上还应安设止水环。接地网引出线防水措施见图 8-2-22 所示。

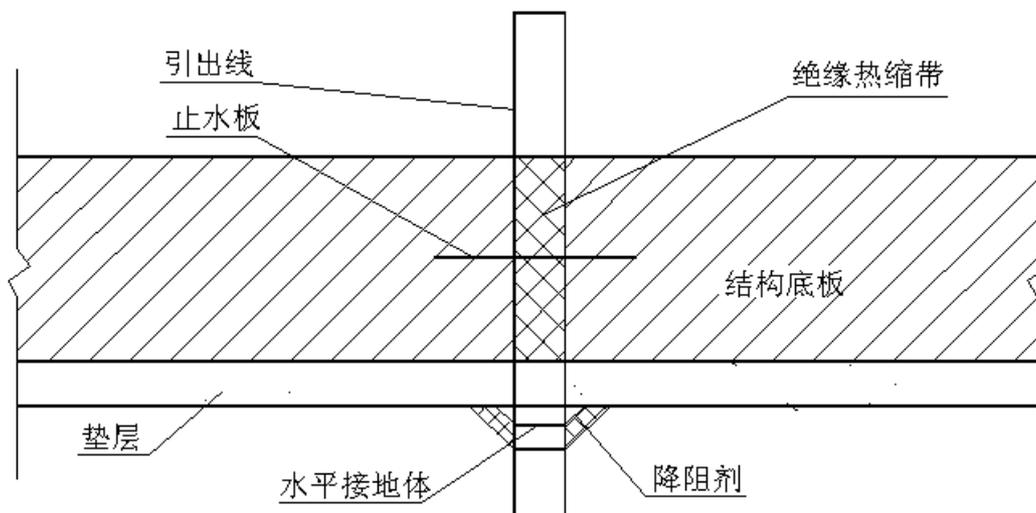


图 8-2-22 接地引出线防水示意图

- ③ 接地引出线应妥善保管，严防断裂。
- ④ 每一节段接地网施工完成后应进行接地电阻、接触电位差及跨步电位差测试，如不满足相关标准要求，则视具体处理。
- ⑤ 水平接地网沟用黏性土回填密实后方可进行下道工序施工。

(3) 钢筋工程

进场钢筋材料必须首先进行材质试验和可焊性试验，保证用于结构的钢筋为合格产品。

- ① 按设计图纸在加工场加工钢筋，用吊机吊放到工作面。
- ② 钢筋接头尽量采用闪光对焊和电渣压力焊焊接。如操作困难也可采

用搭接焊。焊接接头的设置应符合相关规范的规定。

③ 钢筋施工时，应对预埋件的安装位置、稳固程度有切实可行的保证措施。

④ 应对防杂散电流的钢筋焊接成网状闭合回路，节段施工时对其进行标识，所有防杂散电流的钢筋焊接不得漏焊和误焊。

⑤ 钢筋按结构设计要求分层、分批进行绑扎，对于多层钢筋，应在房间设置足够的撑筋，以保证钢筋骨架的整体刚度，防止钢筋骨架错位和变形。

⑥ 钢筋施工完成后，应对每个结构面预留出设计所需保护层厚度，以满足结构的设计受力状况和结构防水的要求。

⑦ 结构钢筋绑扎时一定要做好对柔性防水层的保护。

(4) 混凝土施工

① 车站主体结构采用抗渗商品混凝土。混凝土必须改善骨料级配，降低空隙率，合理选择单方混凝土用水量和胶凝材料用量，以提高混凝土的耐久性。

② 结构板体混凝土采取分层、分幅灌注，幅宽 1.0~2.0m 侧墙混凝土的灌注必须对称进行，层高为 0.5m，当混凝土灌注落差 $\geq 2\text{m}$ 时，则使用串筒把混凝土输送至工作面。

③ 结构混凝土采用“一个坡度，薄层浇注，循序渐进，一次到顶”的灌注方法来缩小混凝土暴露面；以及加大浇注强度以缩短浇注时间等措施防止产生浇注冷缝，提高结构混凝土的防裂抗渗能力。

④ 防水混凝土施工缝处采用二次捣固工艺施工，即对浇筑后的混凝土

在振动界限以前给予二次振捣。

⑤ 每节段施工缝在混凝土浇筑前必须凿毛及清洗干净，不能在浇注前灌注同等标号水泥砂浆的施工缝，如板横向施工缝，则应在施工缝界面涂抹 YJ-302 混凝土界面处理剂处理，以提高混凝土接缝处的粘结力。

⑥ 混凝土灌注过程中，采用插入式捣固器振捣混凝土，当墙高超过 3m 时设“门子板”进行捣固。

⑦ 顶板及结构外墙采用覆盖养护 14d，侧墙内侧采用喷水养护，底板采用蓄水养护。

⑧ 顶板混凝土灌注后终凝前进行“提浆、压实、抹光”工艺，消灭混凝土凝固初期产生的收缩裂纹。

(5) 中柱、侧墙

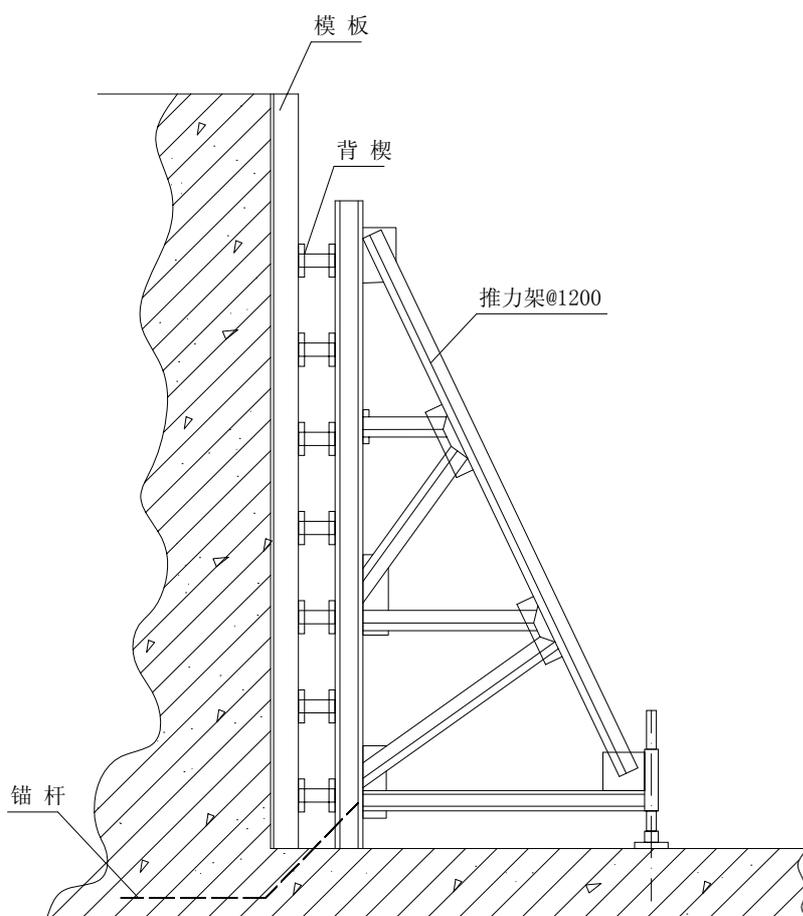
① 中柱施工采用组合钢模立模、柱箍承力、根据施工情况可增设对拉筋。

② 为保证混凝土外观质量，侧墙采用组合模板施工，如图 8-2-23 所示。

③ 必须对支护结构的接缝及墙面渗漏按设计要求处理，无设计要求时可按下列办法处理：

a. 仅有少量渗漏水可用防水砂浆抹面；

b. 有明显漏水点时，应用注浆堵漏进行封堵；



8-2-23 侧墙模板构造示意图

c.特别严重渗漏水现象须由专业防水队伍处理后,才能进行内衬混凝土施工。

④ 侧墙内模及支架应有足够的强度、刚度和侧向稳定性,以防止局部发生“走模”或变形。

⑤ 挡头模板应根据施工缝、变形缝所采用的止水材料进行设置,并注意稳固、可靠、不变形、不漏浆。

⑥ 立内模之前,应对防水层、钢筋及预埋件工程进行检查,合格后办理隐蔽工程验收,进行下道工序施工。

(6) 中层板

① 中层梁、板的模板支架采用满堂红支架，如图 8-2-24 所示。

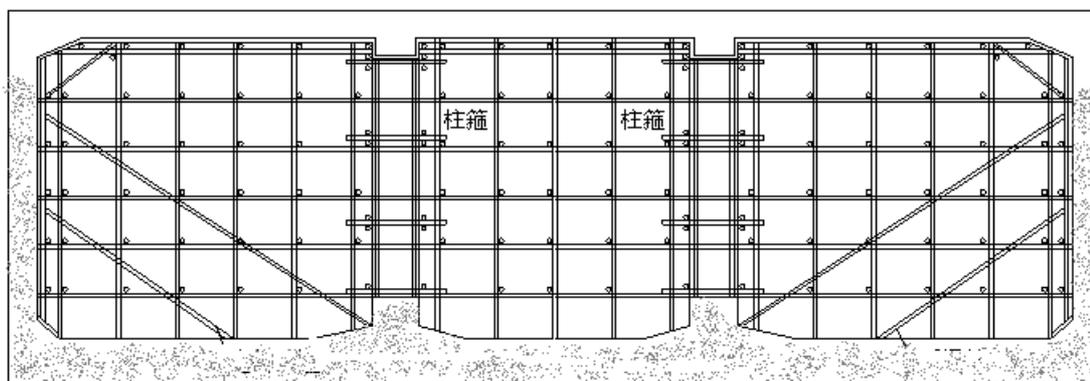


图 8-2-24 楼板及中柱模板支设示意图

② 中层板上、下两面预埋件的设置、预留孔洞的位置，必须经监理检查验收无误后，方可浇筑中层板混凝土。

③ 为保证下部建筑限界、沉降后净空仍能满足要求，楼板底标高应考虑支架、搭板沉降及施工误差。拆模时间应在顶板达到拆模强度后进行，不得过早拆模而发生下垂、开裂等现象。

④ 浇筑混凝土必须作好标高控制桩，并严格按有关技术规范的要求进行。

(7) 顶板施工要求

① 严格按照设计规定设置顶板变形缝。

② 除严格遵循“中层板”施工要求外，尚应在施工过程中采取如下措施：

a. 跨度在 8m 以上的结构，必须在混凝土强度达到 100% 时方可拆模。

b.顶板混凝土终凝前应对顶面混凝土压实、收浆、抹光、终凝后及时养生，养护时间不少于 14d。

c.养护期结束后立即施作顶板防水层和保护层，采用砂浆或混凝土作保护时应进行养护。

③ 顶板混凝土未达到设计强度前不得堆放设备、材料等。

(8) 基坑回填

基坑回填采用推土机推土，人工配合机械分层对称夯实。

① 填料要求

a.碎石类土，砂土及爆破石渣（粒径不大于每层铺厚的 $2/3$ ，当用振动碾压时，不超过 $3/4$ ）可用于表层下的填料。

b.含水量符合压实要求的黏性土。

c.碎块、草皮、垃圾、含有杂质的有机质土、淤泥和淤泥质土不能用于回填。

② 顶板防水保护层强度达到设计要求后，开始回填基坑。结构顶板以上不少于 0.5m 厚度内必须采用黏土回填，其余部分回填料除淤泥、粉砂、杂土、有机质含量大于 8%的腐殖土，过湿土和大于 20cm 石块外，均可回填。

③ 各类回填土使用前，应分别取样测定其最大干密度和最佳含水量，并做压实试验，确定填料含水量控制范围、铺土厚度和压实度等参数。回填应在最佳含水量时填筑。若采用不同类土回填时，应按土类有规则地分层铺填，将透水性大的土层放在透水性较小的土层之下，不得混填。边坡不得用透水性较小的土封闭，以利水分排除和基土稳定，防止填方内形成

水囊和产生滑坡。

④ 基坑回填应分层摊平夯实；回填标高不一致时，应从低处逐层填压；基坑分段回填接荐处，已填土坡应挖台阶，其宽不小于 1m，高度不大于 0.5m。

⑤ 回填时机械或机具不得碰撞防水保护层，结构顶板 50cm 范围内以及管线周围应采用人工使用小型机具夯填，夯与夯之间重叠不小于 1/3 夯底宽度。采用机械压碾时，宜薄填、慢行、先轻后重、反复压碾，压碾时的搭接宽度不小于 20cm。

⑥ 对有密实度要求的填方，回填碾压过程中，应取样检查回填密实度。基坑填土每层按 100~500m² 取样一组，基槽和管线回填每 20~50m² 取样一组。密实度应满足如下要求：

- a. 在车行道范围内，必须符合相应道路路基密实度标准。
- b. 在车行道范围外，必须符合过渡式道路面层的土路基密实度标准。

2.5.3 底板垫层施工

基底经检查处理后，应及时进行封底垫层施工，为保证封底混凝土质量，一般采用排水封底垫层施工。垫层施工方法为：

(1) 在坑内开挖排水沟、集水井，抽干基底积水；坑底渗水较大，且有一定承压水时，则采取排水减压的措施后浇注封底混凝土。

(2) 垫层混凝土施工完必须保证其表面平顺、干净、干燥，再按设计要求在其表面进行防水砂浆找平层施工。防水砂浆为掺入 10%~12%UEA-H 膨胀性的砂浆，抹面时按宽 3.0m 分幅放线分格施工，砂浆终凝前进行“提浆、压实、抹光”工艺，以保证防水砂浆面光洁平整。

2.5.4 车站附属结构工程施工

车站风道和通道全部采用明挖法施工，站台板为现浇钢筋混凝土结构，为控制混凝土开裂，拟考虑分段施作，分段长度以不超过 20m 为宜。

主体结构大部分施工完成后，做为工序调节安排即可进行站台板结构施工。站台板结构采用分部施工，第一部分为侧墙施工，第二部分为板体施工。站台板施工技术如下：

- (1) 支撑体系采用可调式 PWJ 碗扣式支架，墙体加固使用穿墙螺栓。
- (2) 模型采用 3015 和 1015 组合钢模。
- (3) 结构钢筋在加工房内按设计加工成形，人工运至工地安装，侧墙钢筋与底板上的预留钢筋、站台板与侧墙预埋钢板采用焊接。
- (4) 板面混凝土初凝后进行压实抹面，终凝后用湿麻袋覆盖定时洒水养护。

站内房屋有现浇钢筋混凝土结构和砖墙加钢筋混凝土构造柱两种，站厅层和站台的房屋施工安排在主体结构顶板全部完成后和站台板完成后进行，其施工应符合工业与民用建筑有关规范。

- (5) 出入口通道施工见本章第 6 节

2.6 施工防排水

对水的处理及控制主要包括三个方面：

- (1) 水泥土搅拌桩止水

为保证人工挖孔桩安全顺利通过地下水丰富地段，在桩外侧施作水泥土搅拌桩止水。

- (2) 施工排水

排水水源主要是针对基坑内水源及外部环境（如降雨等）导致坑内积水而采取的措施，基坑排水贯穿基坑施工始终。

为确保基坑开挖安全，预防出现开挖坡面失稳下滑，除基坑顶面四周设排水沟和积水井外，开挖过程中依据开挖深度及水流情况，在开挖坡面坡脚平台设临时排水沟和积水井，逐层拦阻，积水井宜设在基坑四角。

施工过程中必须保证排水顺畅，并随时将积水井中的水排出坑外。在布设排水沟、积水井及确定抽水设备时应留有 20%~30% 的富余量。

（3）基坑降水

基坑降水是指基坑开挖之前，在基坑内部设降水井进行抽水，以降低基坑内地下水位，改善开挖条件。

① 降水设计

本车站明挖基坑降水的目的主要是降低淤泥层、砂层地下水，增强土体抗剪能力，确保基坑开挖后土体稳定性。根据地质条件和以往施工经验，降水至粉质黏土即可。

降水采用深井-真空泵降水，即用真空泵集水、深井泵抽水，以达到基坑降水和土体排水固结的目的。由于深水井的特殊结构，使真空泵能够作用于地表以下各层土层，将土层中的自由水充分汲出，汇集于深井之中，由深井泵排出，降水效果特别好；同时由于自由水充分排出，在重力作用下，土体孔隙比下降，提高了土体强度。

② 降水漏斗半径计算：

根据库萨金公式进行估算：

$$R=2S_k \sqrt{Kh_0}$$

其中 R —降水漏斗半径 (m)

S_k —漏斗降水深度 (m)

K —土层渗透系数 (m/d)

h_0 —初始地下水的深度 (m)

计算结果见表 8-2-9

降水漏斗半径计算表

表 8-2-9

土层编号	土层名称	土层渗透系数 $K(m/d)$	初始地下水深度 $h_0(m)$	漏斗降水深度 $S_k(m)$	降水漏斗半径 $R(m)$
②-1c2,②-1d4	粉土, 粉砂	3.63	1.1	12	47.95
②-2b4	淤泥质粉质黏土~粉质黏土	0.22	1.1	15	14.76
③-2-1b2	粉质黏土	0.15	1.1	16	13.00

降水井原则上沿基坑纵轴线布设, 孔径 $\phi 700$, 管径 $\phi 273$, 纵向间距 20m, 标准段深约 20m, 共设 22 口降水井, 通道和风井深约 14m, 共设 12 口降水井。降水井布设见图 8-2-25 “钢支撑和井点降水平面布置图”。

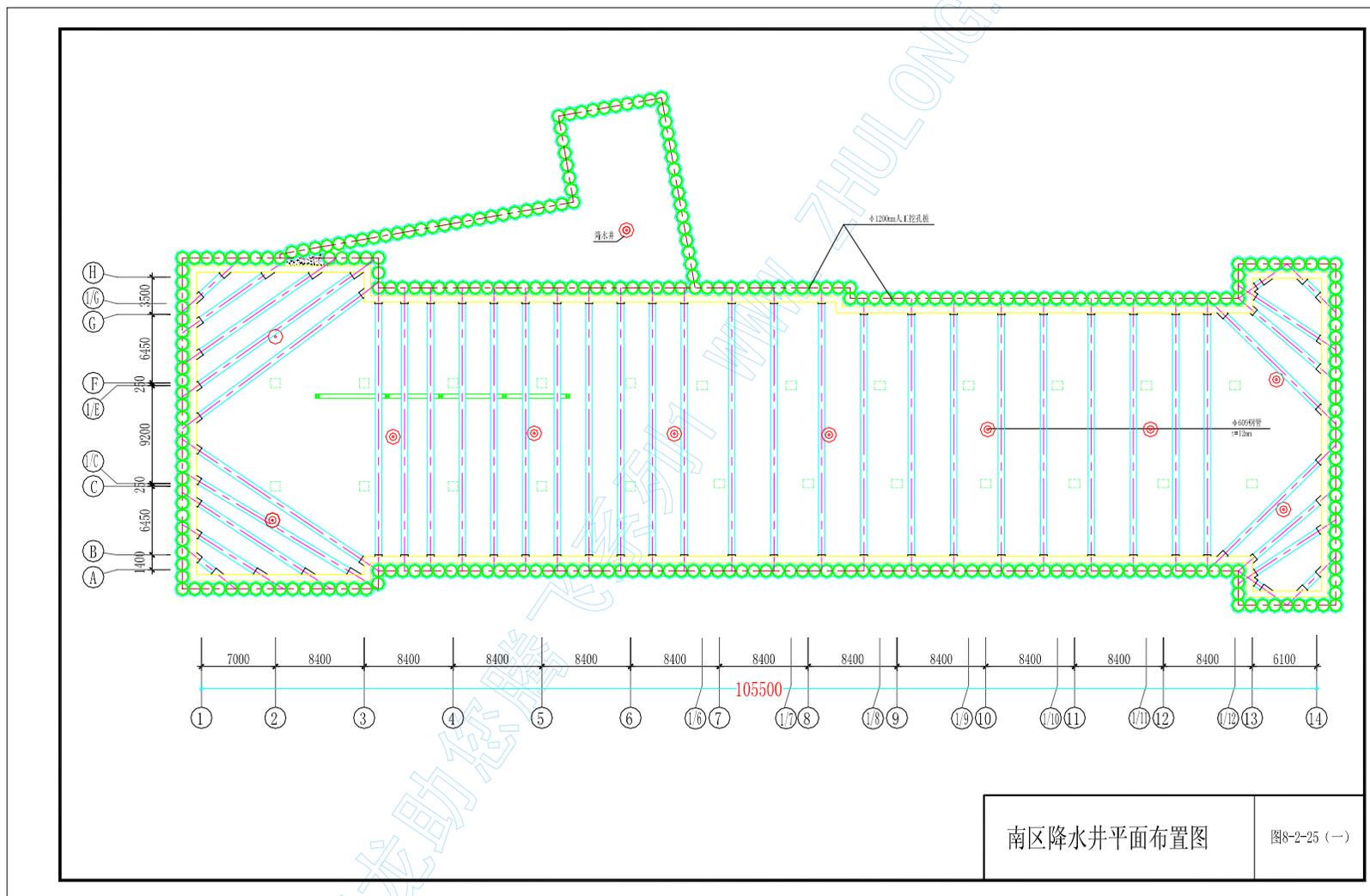


图 8-2-25 降水井平面布置图 (北区)

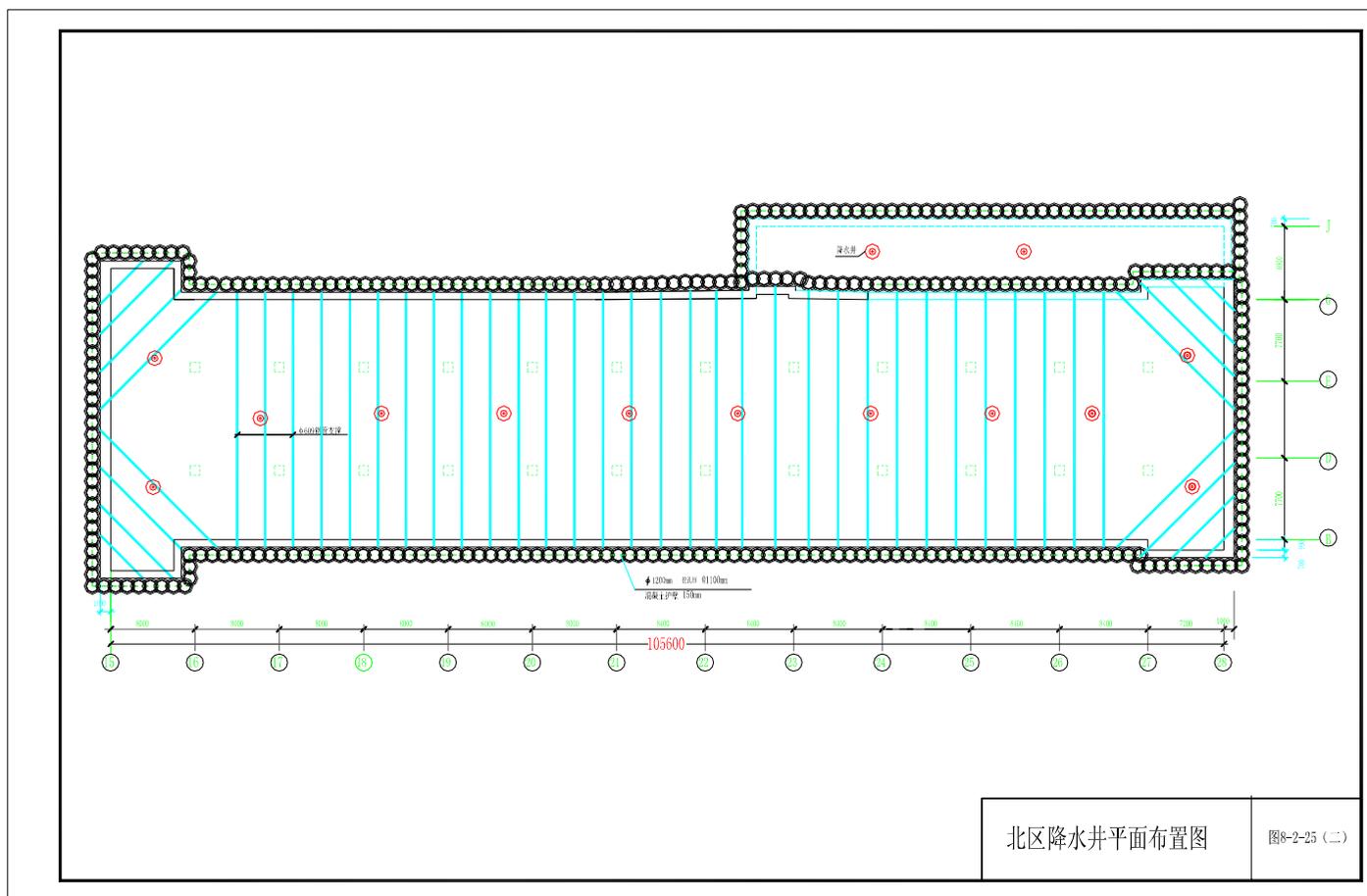


图 8-2-25 降水井平面布置图（南区）

③ 降水井施工

施工工艺流程：

测量定位→钻孔→下管→砾砂反滤层回填→洗井→试验性抽水→降水运行→降水任务完成→拆除降水井。

采用 GPS—15 型钻机成孔，孔径 $\phi 700\text{mm}$ 泥浆护壁， $\phi 273\text{mm}$ 钢筋混凝土井管，井管四周回填砾砂。

深井-真空泵埋置剖面见图 8-2-26。

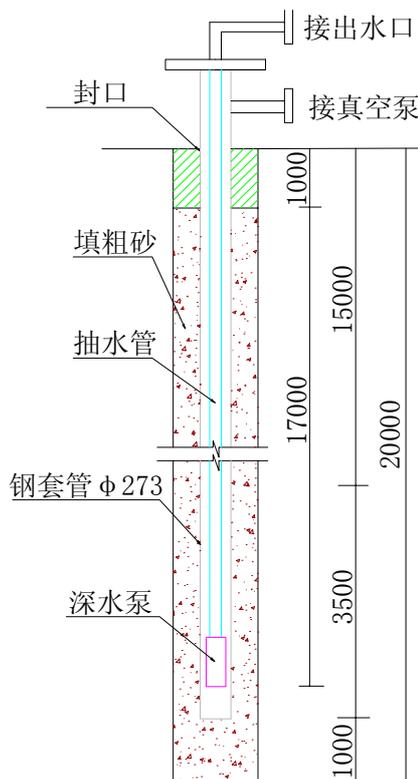


图 8-2-26 深水泵埋置剖面

④ 降水管理

在降水过程中，设专人进行水位、水量的监测，资料整理和降水运行

管理；并配备备用电源，以保证降水的连续性。

坑外水位发生变化时，应及时调整降水作业。

挖土施工过程中，严防施工机械碰撞降水井。

⑤ 降水监测

a.降水监测与维护期应对各降水井和观测孔的水位、水量进行同步监测。

b.降水井和观测孔的水位、水量和水质的检测应符合下列要求：

(a) 降水勘察期和降水检验前应统测一次自然水位；

(b)抽水开始后，在水位未达到设计降水深度以前，每天观测三次水位、水量；

(c)当水位已达到设计降水深度，且趋于稳定时，可每天观测一次；

(d)在受地表水体补给影响的地区或在雨期时，观测次数宜每日 2~3 次；

(e)水位、水量观测精度要求应与降水工程勘察的抽水试验相同；

(f)对水位、水量监测记录应及时整理，绘制水量 Q 与时间 t 和水位降深值 s 与时间 t 过程曲线图，分析水位水量下降趋势，预测设计降水深度要求所需时间；

(g)据水位、水量观测记录，查明降水过程中的不正常状况及其产生的原因，及时提出调整补充措施，确保达到降水深度；

(h) 中等复杂以上工程，可选择代表性井、孔在降水监测与维护期的前后各采取一次水样作水质分析。

⑥ 降水维护

- a. 降水期间应对抽水设备和运行状况进行维护检查，每天检查不应少于 3 次，并应观测记录水泵的工作压力、电动机、水泵温度，电流、电压、出水等情况，发现问题及时处理，使抽水设备始终处在正常运行状态。
- b. 抽水设备应进行定期保养，降水期间不得随意停抽。注意保护井口，防止杂物掉入井内，经常检查排水管、沟，防止渗漏。
- c. 更换水泵时，应测量井深，掌握水泵安全的合理深度，防止埋泵。
- d. 发现基坑（槽）出水、涌砂，应立即查明原因，组织处理。
- e. 当发生停电时，应及时更新电源，保持正常降水。
- f. 降水监测与维护期，宜待基坑中的基础结构高出降水前静水位高度即告结束；当地下水位很浅，且对工程环境有影响时，要适当延长。

⑦ 降水井的拆除

基坑内降水井的拆除，当基坑土石方开挖到底后即可拆除基坑内降水井。

3. 暗挖段施工

3.1 长管棚施工

车站明暗相接处，在进行暗挖隧道施工前共有四处需拆除明挖基坑围护结构，此四处洞身皆穿越淤积层、冲积层、残积层和全风化带，围岩条件很差，且隧道上部为既有铁路干线。如何保证施工过程中地层的安全稳定、控制施工引起的地表沉降、确保围护桩的安全拆除是技术关键，为此采取以下长管棚加固措施：

（1）预留长管棚施作空间

在施作南北区明挖段主体结构的边墙时，车站暗挖隧道开挖轮廓线以外 50cm 范围内的主体结构暂时不做，同时考虑到车站暗挖隧道拱顶高于明挖结构层板，故在施作负二层顶板及负一层顶板时，预留和此范围高度相同、宽度为 9m 的板洞，待长管棚施作完成，且隧道上层开挖支护 5m 后，再行封闭板洞。

(2) 非破损钻取导向孔

沿预留车站隧道开挖轮廓线标出长管棚布设范围及孔位，采用德国产 DD250 水钻（工作电压 220V，最大钻孔直径 250，最大钻孔深 4m，能钻进钢筋混凝土，在北京地铁已成功使用过），钻取导向孔，钻头直径取 $\phi 170$ ，钻进深度 1.8m，导向孔施作完安装导向管后，即用 XY-300 型地质钻机施作长管棚。

(3) 分块拆除围护桩

长管棚施作完后按“CRD”工法分段拆除桩身钢筋混凝土。

(4) 架设临时斜撑

为防止土压推力过大造成破除后的悬臂围护桩失稳，拟增加工字钢斜撑支撑，斜撑一端支在切断的桩身上，另一端支在浇筑底板混凝土时即预留好的工字钢短桩上（图 8-3-1）。待①部、③部分别施工 4m 后，开始施工②部、④部，拆除临时斜撑。

长管棚布设示于图 8-3-1。

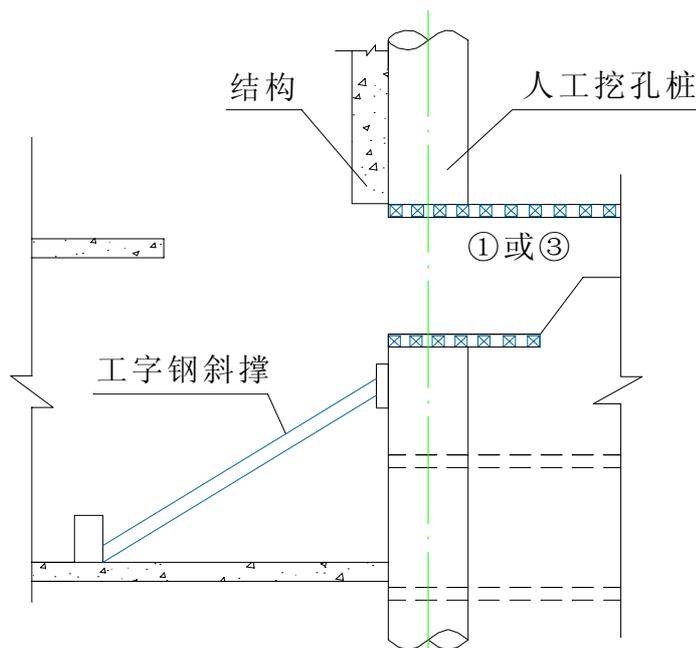


图 8-3-1 临时斜撑支撑方法图

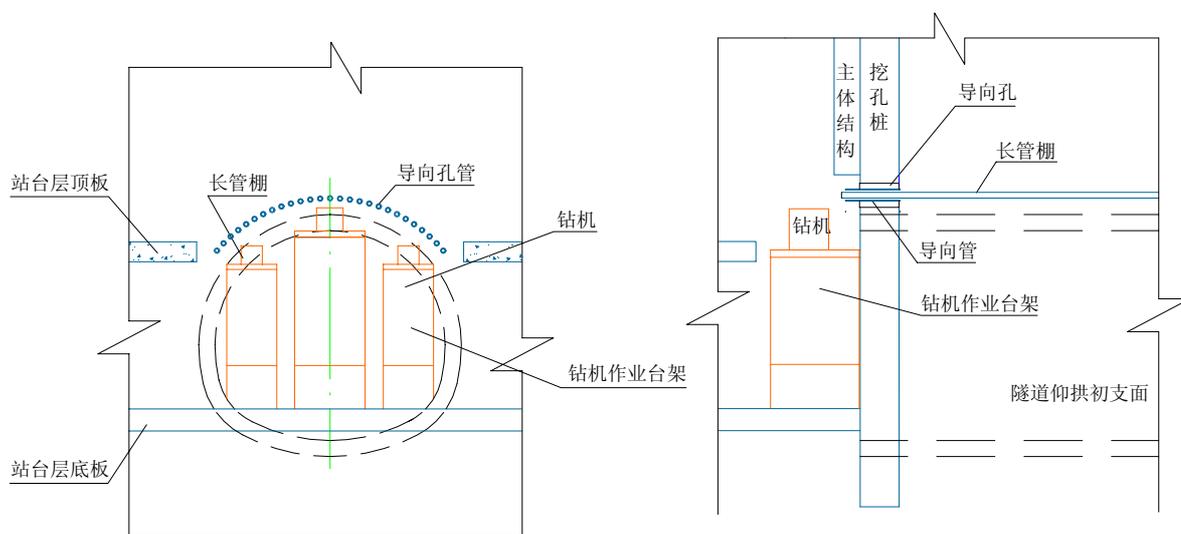


图 8-3-2 长管棚布设示意图

(5) 超前长管棚支护

超前长管棚主要设置于车站明、暗挖接口处，其主要设计参数为：管长 37m，管径 $\phi 159$ ，壁厚 8mm，布设在拱部 120° 范围内，环向间距

40cm，外插角 1° ，双洞单向共 64 根。长管棚采用 4~6m 的管节，由对口丝扣联结。管内注浆为水泥—水玻璃双液浆，压力 0.3~0.4MPa。

长管棚施工工艺流程见图 8-3-3。

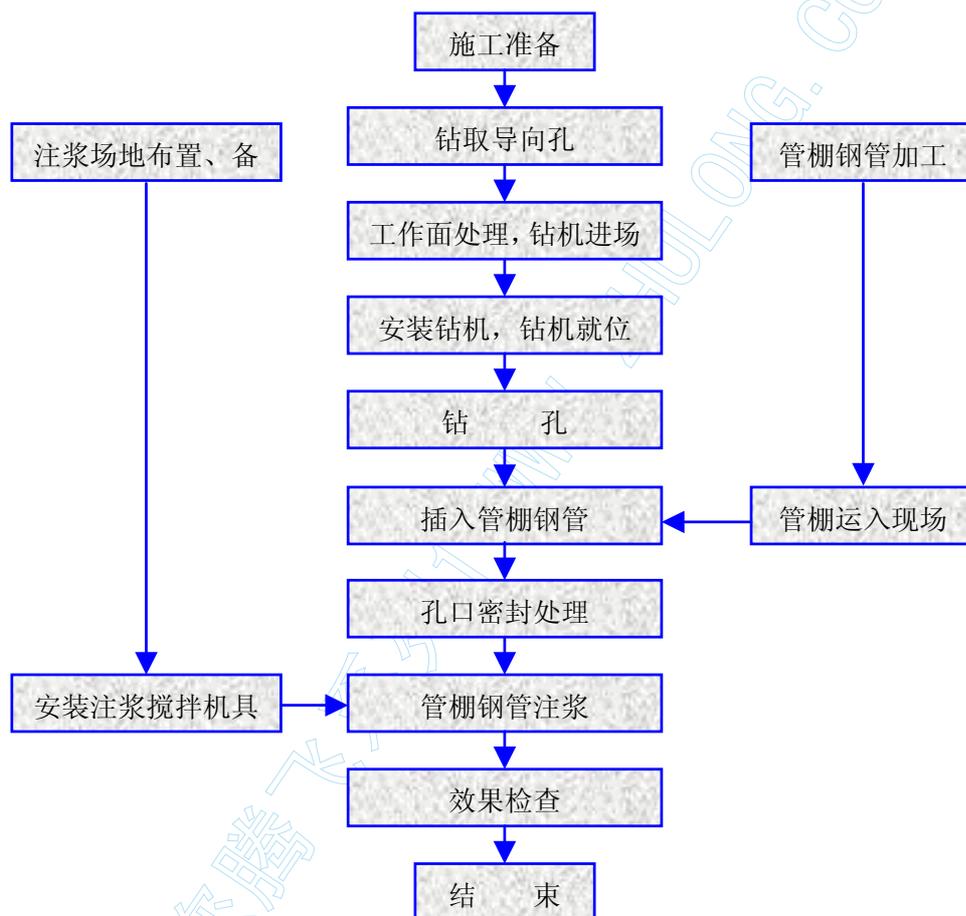


图 8-3-3 长管棚施工工艺流程图

① 钻孔：选用 XY-300 型地质钻机

a. 钻机定位

移动钻机至钻孔部位，调整钻机高度，将钻杆放入导向管中，使导向管、钻机转轴和钻杆在一条直线上，并用仪器量测这一直线的角度。

b. 钻孔

经仪器量测，并在钻杆方向和角度满足设计要求后方可开钻。钻孔开始时选用低档，待钻到一定深度后，退出、接钻杆，继续钻进。钻孔过程中要始终注意钻杆角度的变化，并保证钻机不移位。每钻进 5m 要用仪器复核钻孔的角度是否正确，以确保钻孔方向。

c. 偏斜修正

钻孔中和压入钢管时的偏斜，可由每隔 5m 测定的钻孔偏斜而知，钻孔偏斜过大时，采用特殊钻头等修正偏斜的方法进行修正。如：向下偏斜时，在偏斜部分填充水泥砂浆，等水泥砂浆凝固后再从偏斜开始处继续钻进；向上偏斜时，采用特殊合金钻头进行再次钻进。

② 下管：下管前要预先按设计对每个钻孔的钢管进行配管和编号，以保证同一断面上的管接头数不超过 50%。由于地质条件较差，因此下管要及时、快速，以保证在钻孔稳定时将管子送到孔底。前期靠人工送管，当阻力增大，人力无法送进时，借助钻机顶进。

③ 注浆：管棚施工完成一根，注浆一根，必要时加设钢筋笼，其目的是充填管棚，增加管棚的刚度，同时，通过孔底两节管管壁的孔眼使浆液渗入到管棚周围加固地层。

注浆分两步完成，当第一次注浆的浆液充分收缩后，再进行第二次注浆，以使管棚填充密实，第二次注浆采用水泥浆。

车站内共有两个工作面施作长管棚，南、北基坑内各 1 个，共施工长管棚 128 根。单工作面施工一环长管棚预计用时 13 天。长管棚施工设专业操作小组，每组 15 人，共 45 人，三班制作业。每组 6 人负责钻孔、下管，5 人负责注浆，3 人负责钢管打眼、配管，另设技术干部 1 人，负责管棚角

度、方向控制及解决现场的其他技术问题。

3.2 小导管注浆施工

小导管注浆用于超前加固地层和背后回填注浆及时稳定地层。

3.2.1 超前注浆加固技术

区间隧道注浆加固的地层主要为砾质黏性土层，根据以往的工程经验，宜采用水泥-水玻璃双液注浆。

(1) 施工准备

① 小导管制作

超前小导管采用 $32\text{mm} \times 3.25\text{mm}$ 普通水煤气管，管长 $3.0 \sim 3.5\text{m}$ ，注浆管一端做成尖形，另一端焊上铁箍，在距铁箍端 $0.5 \sim 1.0\text{m}$ 处开始钻孔，钻孔沿管壁间隔 $100 \sim 200\text{mm}$ 呈梅花形布设，孔位互成 90° ，孔径 $6 \sim 8\text{mm}$ （图 8-3-4）。

② 注浆设计参数

a、注浆钢管应沿隧道开挖轮廓线布置，外插角一般取 $5^\circ \sim 10^\circ$ ，处理坍塌时可适当加大。

b、注浆压力应根据地层致密程度决定，一般为 $0.4 \sim 0.6\text{MPa}$ 。

c、纵向前后相邻两排小导管搭接的水平投影长度一般不宜小于 1m 。

d、注浆小导管环向间距应通过试验确定，但不得超过 0.4m ，无试验条件时，视地质条件按 $0.2 \sim 0.4\text{m}$ 选用。注浆试验的主要目的是选定注浆压力 p 、注浆半径 r 及注浆量。在选定注浆半径 r 后，可按两圆相交形成厚度等于 30cm 确定孔距（图 8-3-5）。

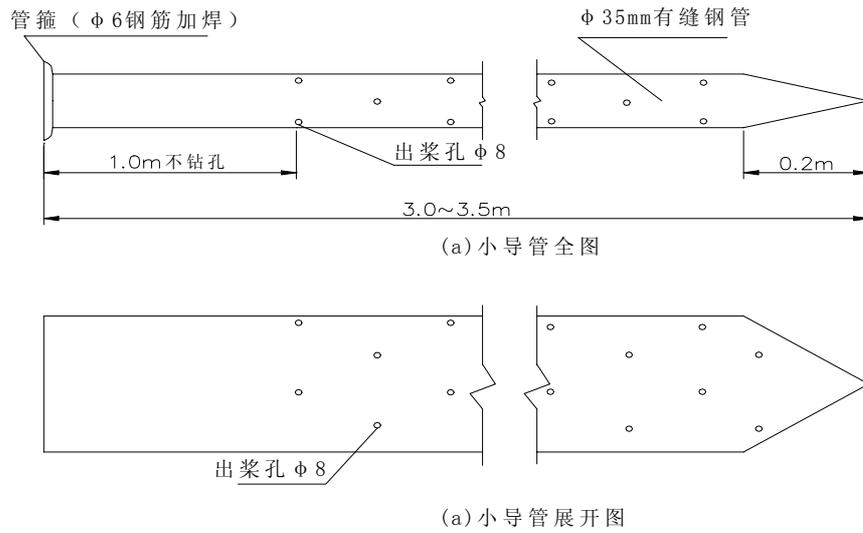


图 8-3-4 小导管加工示意图

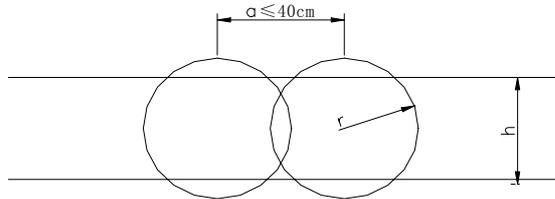


图 8-3-5 注浆半径及孔距选择图

(2) 注浆工艺流程

注浆工艺流程如图 8-3-6 所示。

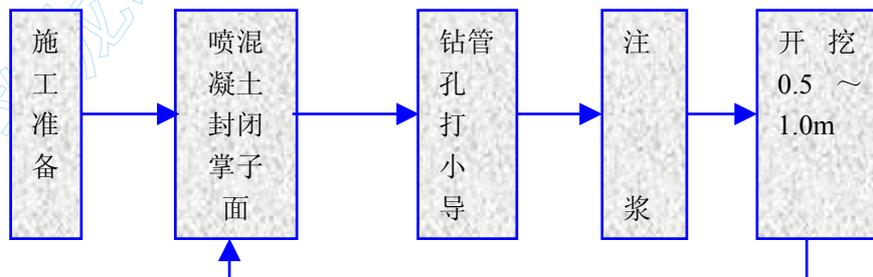


图 8-3-6 注浆工艺流程图

(3) 注浆

① 钻孔、打小导管

② 注浆

注浆前先喷混凝土封闭掌子面以防漏浆，对于强行打入的钢管应先冲清管内积物，然后再注浆，注浆顺序由下向上，浆液用搅拌桶搅拌。

注浆时将两种不同的浆液分别放在两个容器内，使用双液注浆泵按配合比分别吸入两种浆液，两种浆液在混合器混合后注入地层。

注水泥-水玻璃双液浆时，水泥浆水灰比为 1.25: 1~0.5: 1；水玻璃模数以 2.4~2.8 为宜，水玻璃浓度使用范围为 30~45 波美度，水泥、水玻璃浆体积比为 1: 1~1: 0.3，初凝时间可用不同配合比和少量磷酸氢二钠来控制。

3.2.2 小导管回填注浆

隧道及地下工程中的回填注浆具有堵水、加固结构、改善结构受力条件和控制地层沉降等多重作用。根据回填作用部位和目的不同，回填注浆又可分为初期支护回填注浆和二次衬砌背后回填注浆，由于注浆工艺、注浆机具和注浆目的等内容都较为一致，因此对回填注浆技术统一叙述如下。

(1) 回填注浆孔的布置

① 注浆孔布置于拱顶，初期支护背后注浆孔孔距 3~5m/个，二次衬砌背后注浆孔孔距 9~12m/个，布孔以避开环向施工缝为宜。

② 注浆管采用 $\phi 42$ （或 $\phi 25$ ）普通焊接钢管，均采用预埋方式布管。

③ 将注浆孔编号，先注奇数孔，后注偶数孔，这样可使各孔注浆达到互补作用，提高注浆效果。

(2) 注浆工艺流程

注浆工艺流程如图 8-3-7 所示。

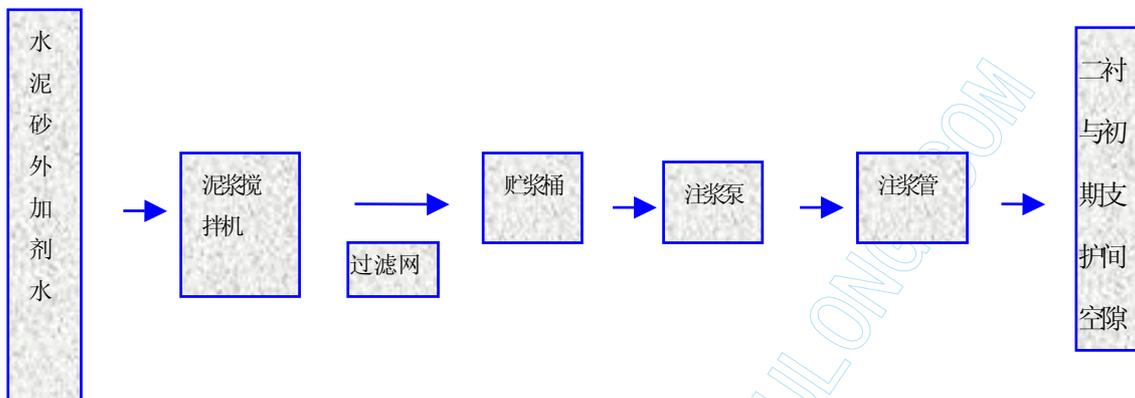


图 8-3-7 背后回填注浆工艺流程图

(3) 注浆浆液配制

根据既有工程经验，选择水泥浆液作为背后回填注浆浆液较为适宜。

水泥浆水灰比宜为 1: 1~1: 1.5，水泥选用 42.5 级硅酸盐水泥，内掺水泥用量 12% 的 Fs-1 防水剂及聚丙烯酰胺（水用量的 0.5~1%，拌浆前先溶于水）。

(4) 注浆压力

回填注浆压力不宜过高，只要能克服管道阻力和二衬与初期支护防水板之间空隙阻力即可，压力过高易引起初期支护或衬砌变形。采用注浆泵注浆时，紧接在拱顶注浆处的压力宜控制在 0.3~0.4MPa，不得超过 0.5MPa。

(5) 注浆施工

① 注浆之前，清理注浆孔，安装好注浆管，保证其畅通，必要时应进

行压水试验。

② 注浆必须连续作业，不得任意停泵，以防浆液沉淀，堵塞管路，影响注浆效果。

③ 注浆顺序

注浆应由低处向高处，由无水处向有水处依次压注，以利充填密实，避免浆液被水稀释离析。当漏水量较大，则应分段留排水孔，以免高水压抵消部分注浆压力，最后处理排水孔。

④ 注浆时，必须严格控制注浆压力，以防大量跑浆和使结构产生裂缝。

⑤ 在注浆过程中，如发现从施工缝、混凝土裂缝少量跑浆可以采用快凝砂浆勾缝后继续注浆，当冒浆或跑浆严重时，应关泵停压，待一、二天后进行第二次注浆。

⑥ 注浆结束标准

当注浆压力稳定上升，达到设计压力并持续稳定 10min（土层中要适当延长时间）后，不进浆或进浆量很少时，即可停止注浆，进行封孔作业。

⑦ 停浆后，立即关闭孔口阀门，然后拆除和清洗管路，待浆液初凝后，再拆卸注浆管，并用高等级水泥砂浆将注浆孔填满捣实。

⑧ 注浆管理

a.为了确实地获取注入浆液质量和数量，必须保管好全部证明书及测量数据等。

b.施工中应经常监视注入量、注浆压力及二衬结构状况，必要时应变换注浆参数。

c.根据注浆情况，事先应计算出注浆量，并与实际注浆量进行对照，

及时跟踪、变更施工参数。

3.3 微振动控制爆破

在确保地面建筑物安全的前提下，针对本站所处地质情况和地面环境条件，根据我局长期在软弱围岩隧道施工中所形成的控制爆破技术以及在城市地下工程钻爆施工中所总结出减振降噪技术，对本站必须采用爆破施工地段作如下设计，并将组织科学合理的微振动控制爆破施工。

(1) 减震开挖方案

① II类围岩地段可采用“CRD”法施工。采用人工风镐松动开挖。

② III类、IV类围岩采用“CRD”法控制爆破技术。上半断面采用人工风镐松动开挖，下半断面采用控制爆破开挖。

③ 爆破循环进尺控制在 0.5m。控制单段药量，控制爆破规模以达到控制原点振速的目的。石质好的地段，在保证地面安全的情况下，爆破循环进尺控制在 1.0m。

(2) 单段最大装药量

根据萨氏公式 $V=K(Q^{1/3}/R)^{\alpha}$ ，参考同地区所取得的 K 、 α 值，利用公式 $[V_{\max}]=K(Q^{1/3}/R)^{\alpha}$ ，反算出所允许的单段最大装药量 Q ，并在施工中不断根据监测结果来调整单段装药量。

我局在广州地铁杨体区间、林河村段暗挖隧道、公园前站实测爆破时所得的 K 、 α 值，经回归后为 $K=160$ ， $\alpha=2.0$ 。

以质点允许振速 $[V_{\max}]=2.0\text{cm/s}$ 作为最高控制标准，最小爆距约为 15m 代入公式：

$$Q=R^3 ([V_{\max}]/K)^{3/\alpha}$$

$$Q=15^3 (2.0/160)^{3/2.0}=4.72 \text{ (kg)}$$

也就是最大段装药量应控制在 4.72kg 以内,达到控制爆破振速的目的。

在爆破振动监测信息反馈下可适当增加单段药量。

(3) 爆破器材

起爆雷管选取用国产 II 系列 15 段非电毫秒雷管、乳化炸药。

(4) 孔网参数

各类围岩钻爆设计孔网参数详见钻爆设计 8-3-1。

(5) 爆破技术

在对振速有严格要求地段以及过断层破碎带时,为了控制振速及保证成形质量,均采用预留光爆层以实现光面爆破技术。其光爆设计参数见表 8-3-1。装药结构为空气间隔装药。

(6) 爆破网路

设计爆破网路为孔内同段,孔外微差的非电微差起爆技术。导爆管一般跳段使用,使段间间隔时间大于 50ms,防止地振波相叠加而产生较大的地振动。

(7) 安全措施

为确保钻爆施工所产生的地震效应不影响周围环境,施工期间,尤其是钻爆初期,每炮应进行爆破振速监测,以便及时调整钻爆参数,减轻地振动,确保地面建筑物安全。

下断面中、微风化岩层控制爆破钻爆装药参数见表 8-3-1。

中、微风化岩层钻爆装药参数表

表 8-3-1

断面	部位	炮眼名称	段号	眼深 m	眼数	炸药 类型 (kg/ 条)	单孔 条数 (条)	单孔 药量 (kg)	单段 药量 (kg)	装药 长度 (m)	装药 结构
下 断 面	中 部	掘进 眼 1	1	1.5	3	0.18	2.5	0.45	1.35	0.5	集中
		掘进 眼 2	5	1.5	4	0.18	3.5	0.63	2.52	0.7	集中
		掘进 眼 3	7	1.5	5	0.18	3.5	0.63	3.15	0.7	集中
	边 部	辅助 眼 1	9	1.5	3	0.18	2.5	0.45	1.35	0.5	集中
		辅助 眼 2	10	1.5	3	0.18	2.5	0.45	1.35	0.5	集中
		辅助 眼 3	11	1.5	3	0.18	3.5	0.63	1.89	0.7	集中
		周边 眼 1	13	1.5	6	0.12	2.5	0.3	1.8	0.5	间隔
		周边 眼 2	14	1.5	6	0.12	2.5	0.3	1.8	0.5	间隔
		底部	底板 眼	15	1.5	5	0.18	2.5	0.45	2.25	0.5

3.4 开挖步骤

车站隧道所处地质为硬塑粉质黏土、全风化岩层时，采用人工开挖；当隧道所处地质为中、微风化岩层时，采用控制爆破开挖施工。由于断面高、跨度大、覆土浅，为确保施工安全和控制地面及周边建筑物的沉降，车站暗挖隧道采用“CRD”法施工。辅助施工措施采用长管棚及小导管超

前支护注浆固结地层。

隧道拱部施作长管棚超前支护后，即进入开挖支护工序。“CRD”工法分 4 部施工，即首先开挖②部土体，架设正洞格栅及临时中隔壁，网喷混凝土支护，施作临时仰拱，②部掘进约 4m 后，即开挖支护④部，其作业程序与②部相同。④部掘进约 4m 后，即开挖⑦部，最后实现整个洞体的一个封闭支护环。“CRD”工法施工步骤见图 8-3-9。

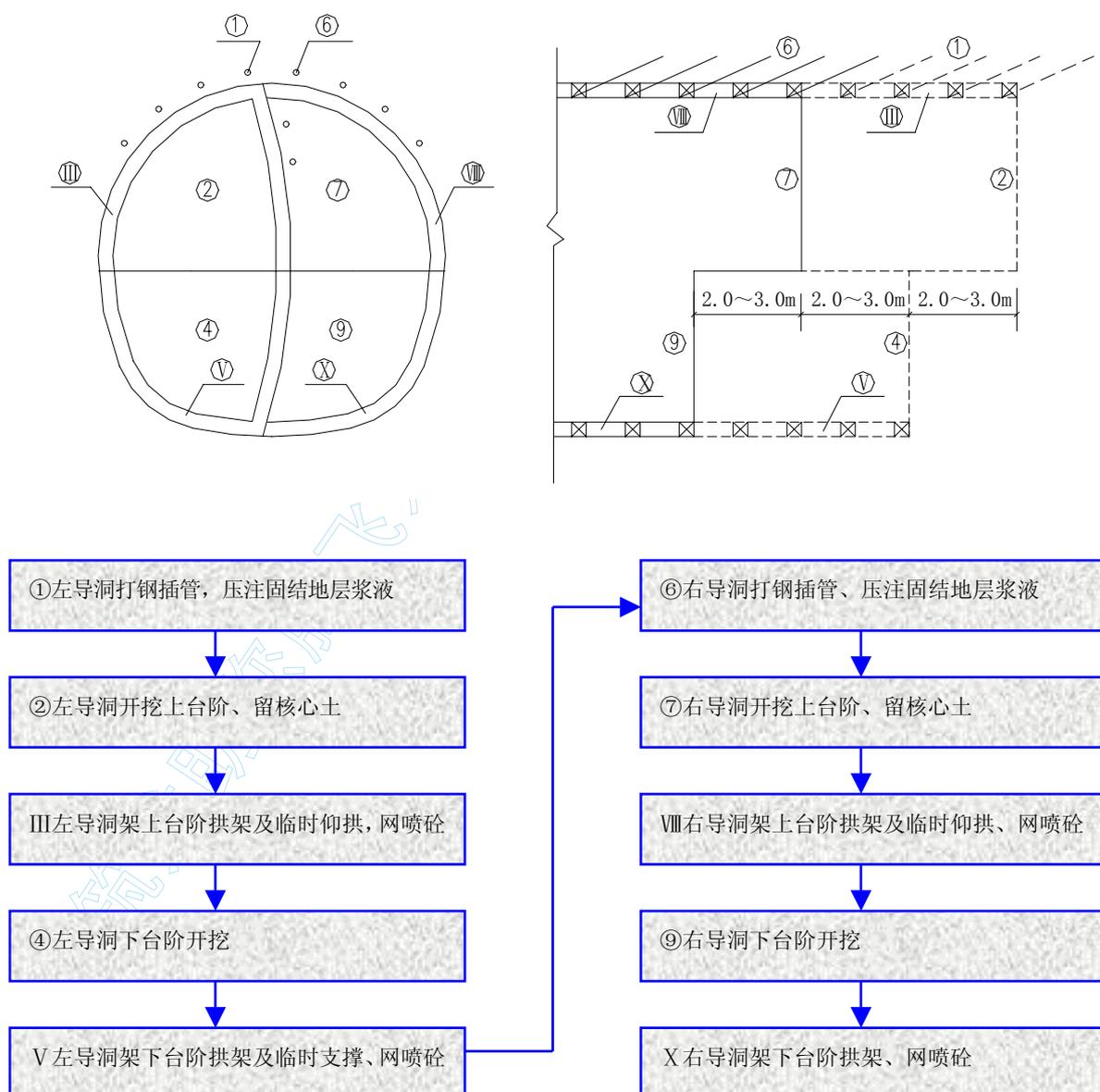


图 8-3-9 暗挖隧道 CRD 法施工流程图

“CRD”法施工时，还应采取以下技术措施，确保地表及拱顶下沉在控制范围内：

- ① 每部拱脚部位均设置注浆锁脚锚管，控制拱脚变位。
- ② 尽量缩短分部开挖距离，尽快支护封闭成环。

3.5 拱脚处理

开挖时，在上台阶拱脚处设临时纵梁图 8-3-10，改变拱脚受力状态，上部拱架落在梁上，保证拱部稳定。

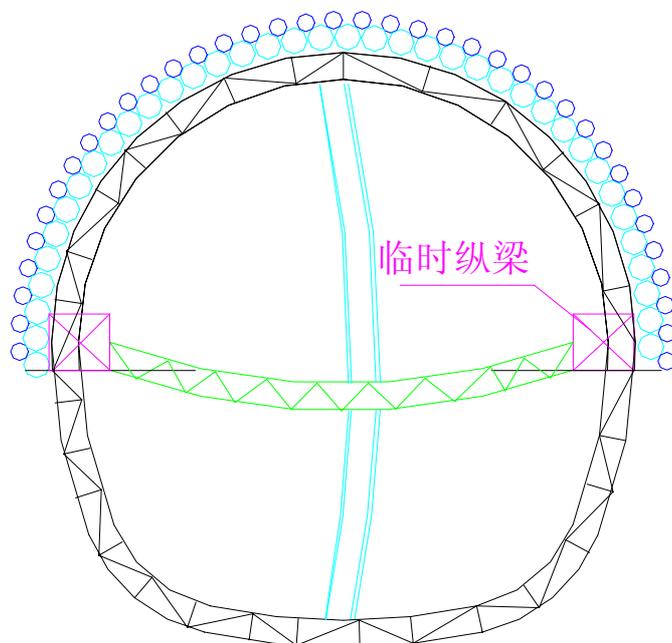


图 8-3-10 拱脚加固临时纵梁图

3.6 模筑混凝土工艺

根据本工程特点，暗挖隧道二次衬砌在初期支护完成后进行。采用人工衬砌方式。人工衬砌每循环 7.5m。

对“CRD”工法施工的隧道，衬砌前凿除临时支撑喷射混凝土，保留

临时工字钢支撑。临时支撑拆除分段进行，每次拆除长度为一个衬砌循环的长度，严禁超前拆除。

车站暗挖隧道主体结构采用 C30 混凝土、抗渗等级 P8，二次衬砌与初期支护之间设全封闭柔性防水层。

二次衬砌施工工艺流程见图 8-3-11。

3.6.1 基面处理

(1) 初期支护面漏水部位注浆堵水，渗水部位施作防水砂浆刚性防水层，保证基面无明显渗漏水。

(2) 拆除运输轨道，清除回填渣土和喷射混凝土回弹料，与边墙接头的仰拱部分用高压风或高压水清理干净，保证初期支护混凝土基面上无泥、水和基本干燥。

(3) 拱墙部分自拱顶向两侧将基面外露的钢筋头、铁丝、锚杆、排管等尖锐物切除锤平，并用砂浆抹成圆曲面。

(4) 保证喷射混凝土表面平整，两相邻凸出部分的高度 H 与间距 L 之比，拱部不大于 $1/8$ ，其他部位不大于 $1/6$ ，超出部位必须处理。

(5) 隧道断面变化或突然转弯时，阴角应抹成半径大于 10cm 的圆弧，阳角处应抹成半径大于 5cm 的圆弧。

(6) 基面处理经监理检查确认后，方可进入下一道工序的施工。

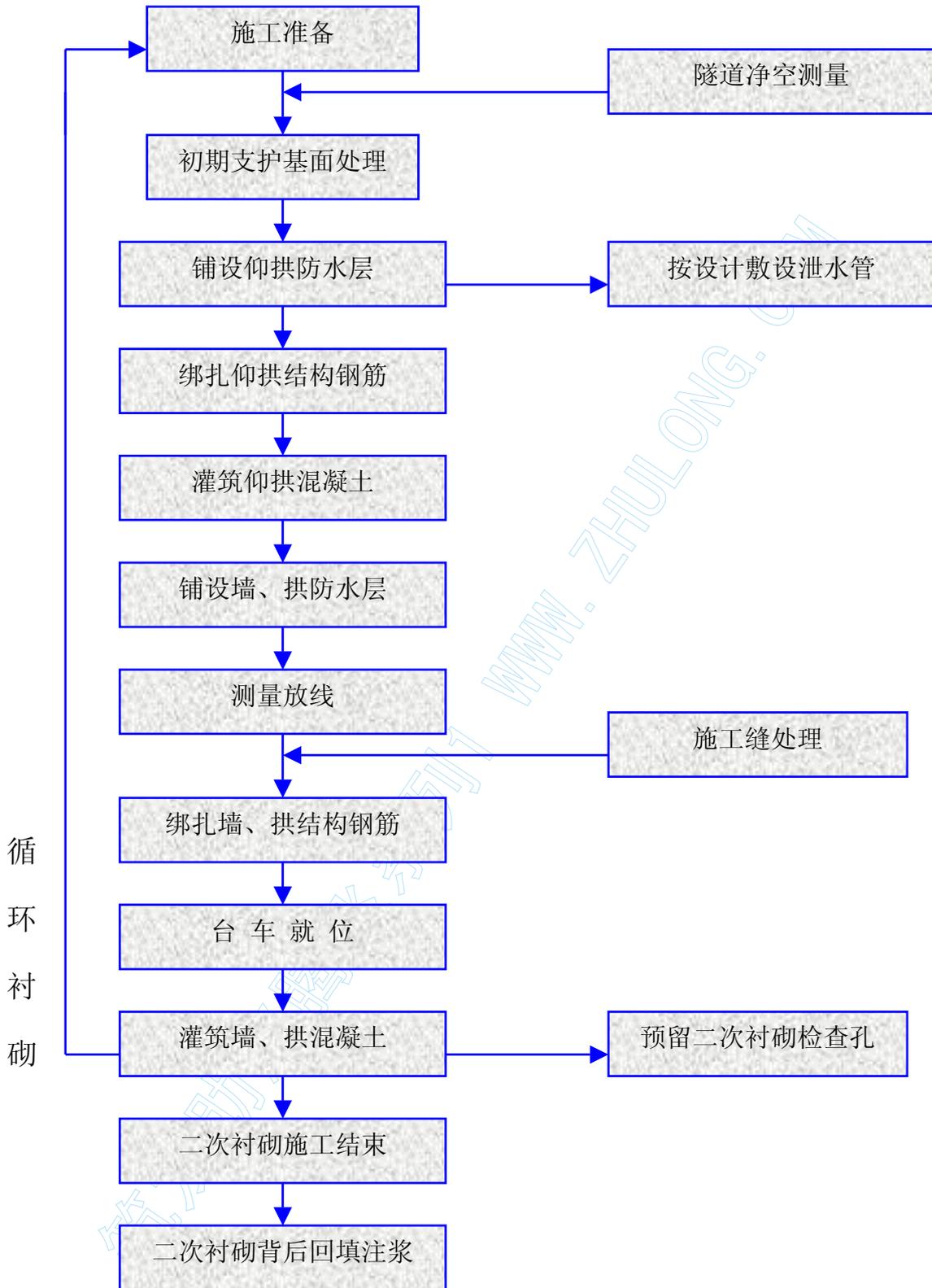


图 8-3-11 二次衬砌施工工艺流程图

3.6.2 防水层铺设

车站隧道防水层设计为无纺布+PVC 或 EVA，采用无钉铺设，具体施工工艺详见 5.3.2。

3.6.3 钢筋绑扎

(1) 钢筋是有质保书和试验报告单的合格产品，各项指标符合规范要求。

(2) 严格按设计要求进行下料，钢筋级别、数量、直径等符合设计。

(3) 钢筋绑扎符合设计和规范要求，位置准确、不漏筋、搭接长度满足设计和规范要求。绑扎过程中要严格要求操作人员提高工作责任心，不碰撞防水板，尽量减少现场焊接，若必需焊接，应在防水板上面加垫木板或石棉板隔热层，以免防水板被烧坏。

(4) 同一根钢筋上长度在 $30d$ 且小于 500mm 的范围内只准有一个接头。

(5) 绑扎或焊接成形的骨架或网片必须架立牢固，在安装及灌筑混凝土时不得松动或变形。

(6) 绑扎钢筋或焊接接头与钢筋弯曲处相距长度不小于 10 倍主筋直径，也不宜位于最大弯矩处。

(7) 钢筋与模板间应设置足够数量和强度的混凝土垫块，以确保钢筋的保护层厚度。

(8) 双层钢筋之间应设置足够强度与数量的钢筋撑脚，确保钢筋网络的定位准确。

(9) 所有预埋件、预留盒必须和钢筋骨架固定在一起，以免灌筑混凝土

土时移位。

3.6.4 模板施工

人工衬砌时采用组合钢模板，支撑采用钢管、方木、衬砌拱架等，每次衬砌长度 7.5m。

(1) 模板必须支撑牢固、稳定，不得有松动、跑模、超标准的变形下沉现象。较大变断面处的模板支撑刚度经过检算方可投入使用。

(2) 模板安装前必须经过正确放样，检查无误后再立模。

(3) 使用尺寸合格的模板，模板表面清理干净，涂刷好脱模剂。模板拼缝应平整严密，不得漏浆。

(4) 模板安装好后，必须复核中线及标高是否正确，及时报验。

3.6.5 混凝土施工

混凝土采用商品混凝土。

(1) 施工组织

二次衬砌时，混凝土运输车在北区地面通过输料管将混凝土输送到放在井下的混凝土泵内，由混凝土泵泵送入模。

混凝土输送系统如图 8-3-12 所示。

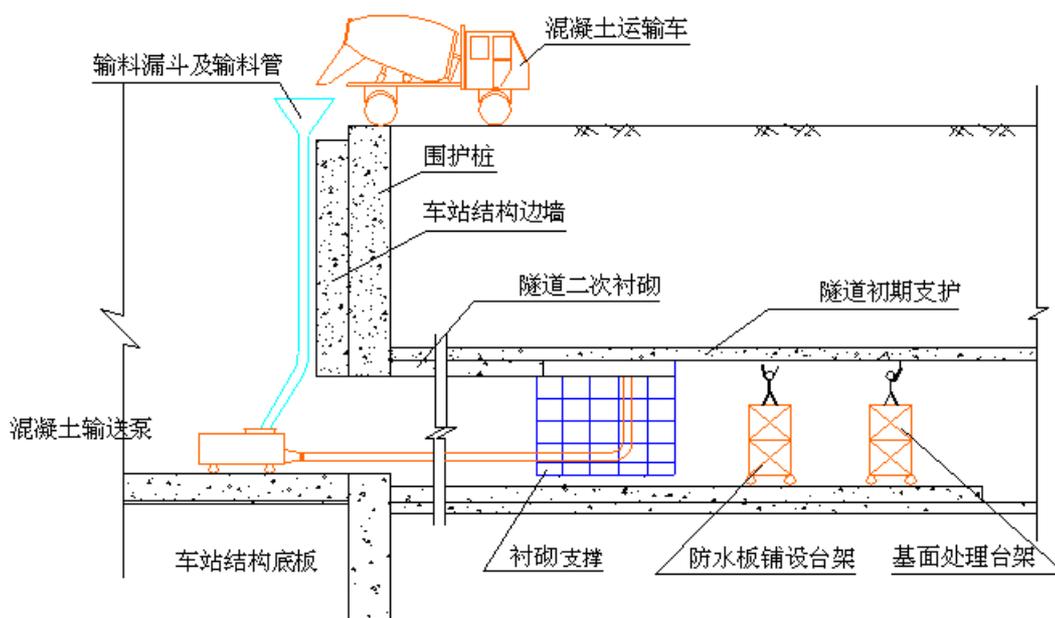


图 8-3-12 混凝土灌注示意图

(2) 混凝土施工

混凝土分层水平对称灌注，插入式振捣器振捣。

① 编制混凝土的浇注方案，制定详细的混凝土供应方式、现场质量控制措施、混凝土浇注工艺流程、混凝土施工路线、混凝土灌注及养护、防止混凝土质量通病的措施等，报监理审批后实施。

② 在现场管口测试坍落度，严禁在现场加水，并按规定制作混凝土抗压、抗渗试件。

③ 先灌注砂浆润滑管路，并检查管路的密封是否良好。

④ 混凝土灌注前应对模板、钢筋、预埋件、预留孔洞、施工缝、变形缝止水带等进行检查，清除模板内杂物，隐蔽验收合格后，方可灌注混凝土。

⑤ 混凝土从低处向高处分层连续灌注，如必须间歇时，其间歇时间应

尽量缩短，并在混凝土初凝前将混凝土全部灌筑完。如果间歇时间超过规范要求时，应按施工缝处理。

⑥ 混凝土灌筑过程中，用插入式振捣器振捣，尤其在预埋件处、钢筋密集处及其他特殊部位应事先制定措施，严禁不振、漏振或过振。

⑦ 混凝土灌筑过程中应随时观察模板、支撑、防水板、钢筋、预埋件、预留孔洞等情况，发现问题及时处理。

⑧ 在拱部离两端头各 100cm 以及中部，制造时预留 $\phi 50$ 锥形检查孔 3 个，当混凝土灌筑时，用锥形铁棒堵塞此孔并在混凝土初凝前将此棒拔出，以检查混凝土灌筑是否密实，此孔在二次衬砌背后回填注浆时，可作为注浆孔用。

⑨ 混凝土终凝后及时进行洒水养生，结构混凝土养生期不少于 14d。

3.7 横通道施工

车站暗挖隧道左右线通过两条横通道连接，通道在车站隧道施工完后施作。

(1) 拱部短管棚超前支护

通道上部水平段采用大管棚超前支护，同时配合 $\phi 22$ 早强锚杆加固地层。短管棚采用 $\phi 108$ ，拱部范围设置， $L=8\text{m}$ ，壁厚 6mm，环向间距 0.3m，单洞 29 根。

(2) 车站主隧道衬砌时预留和人行横通道相接的钢筋。人行横通道衬砌时认真做好施工缝的处理，加强振捣，使人行横通道和主隧道结构连接紧密。

(3) 采用台阶法开挖（图 8-3-13）。根据新奥法原理，本着“管超前、

短进尺、强支护、早封闭、勤量测”的方针，施工时，上台阶开挖留核心土，其正面投影影响面积不少于上台阶开挖面积的一半，纵向长度以 1.5m 为宜，初喷 50mm 厚混凝土，格栅支撑间距 0.5m，施作径向锚杆，挂双层网喷混凝土。为防止拱脚下沉，拱脚加设钢板并设置锁脚锚杆（管），或采用加大拱脚的方法处理。上台阶超前下台阶 4~5m，下台阶采用液压镐开挖或微震爆破开挖。开挖后及时施作初期支护，并应及早封闭成环，二次初砌应紧跟初期支护施作。

台阶法施工步骤及程序说明

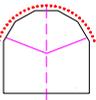
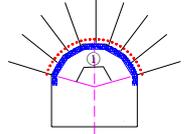
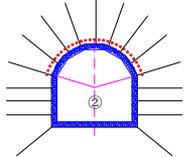
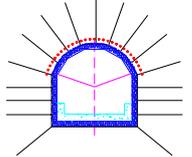
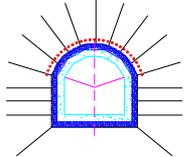
序号	图示	说明
1		Φ108短管棚超前支护 注超细水泥浆
2		①步开挖 保留核心土 架拱部格栅钢架 设置早强锚杆 挂网喷C20砼
3		②步开挖 架拱部格栅钢架 设置早强锚杆 挂网喷C20砼
4		清底 施作防水 钢筋绑扎 下部二次衬砌
5		拱墙基面处理 施作防水 钢筋绑扎 直墙及拱部二次衬砌

图 8-3-13 横通道施工流程图

3.8 开挖期间确保列车安全的技术措施

本站工程施工的重点和难点主要就是过站区暗挖隧道施工，保证列车安全的前提是控制地表变形，根据工程实际和以往经验，暗挖隧道施工采

用“CRD”工法，同时辅助以下技术措施：

(1) 暗挖隧道施工中采取的措施

① 拱部长管棚超前支护

斜通道上部水平段采用大管棚超前支护，同时配合小导管注浆填充加固。对南端拱顶淤泥层段，为防止漏泥冒顶，以小导管为导向管在小导管注浆之前先施作咬合钢插板，形成护顶。

② 中间土体进行注浆加固,设置对拉锚杆

车站左右线隧道之间净距较小，应在隧道开挖前对相邻隧道间土体进行注浆另固，以增强掌子面和围岩的稳定性。超前施工隧道施作初衬时，设置与滞后施工隧道之间的边墙对拉锚杆。

③ 优化施工工序

施工车站隧道，左右线错开 8~16m 的安全距离，先施工隧道须初期支护成环，形成整体结构后再进行后施工隧道的施工。横通道在车站隧道施工完后进行施工。

④ “CRD”工法施作每部拱脚均加设锁脚锚杆或加大拱脚喷混凝土厚度，设置临时纵梁，控制拱脚变位。

⑤ 及时进行初期支护和二次衬砌背后回填注浆。

⑥ 加强施工现场监控量测，选择合理的监测项目，及时反馈信息，以掌握施工中围岩和支护的力学动态及稳定程度，以确定施工工序，保证施工安全。

⑦ 贮存足够的诸如方木、钢管、砂袋、喷浆机等抢险物资和设备，这些物资和设备应具有轻便、优质、适用等特点，利于快速抢险。

(2) 地面线路加固措施

① 对列车进行限速 45km/h（正线）或 25km/h（停靠线）的控制。

② 对无缝钢轨线路进行应力释放，在预先施工的便梁支墩上架设Ⅷ道 D16 甲型施工便梁，对 7 道采用吊轨纵横梁加固线路。

③ 隧道施工到 3 站台且隧道混凝土强度达到设计强度时，拆除 7 道吊轨纵横梁、Ⅷ道 D16 甲型施工便梁。

④ 用吊轨纵横梁加固 4 道、5 道、6 道线路，左、右线车站隧道按顺序向前施工。

⑤ 隧道施工到 2 站台且隧道混凝土强度达到设计强度时，拆除 4 道、5 道、6 道吊轨纵横梁，同时用吊轨纵横梁加固 1 道、3 道线路并架设Ⅱ道 D16 甲型施工便梁。

⑥ 车站隧道施工完后，拆除施工便梁及吊轨纵横梁，恢复无缝线路。

4. 地面扣轨设计与施工

地铁南京站站分三部分，其中南北区用箱形框架结构明挖法施工，过站区采用单层双隧道穿越南京火车站中心线，与铁路 8 股轨道成 80°斜交。过站区暗挖隧道覆土 6.69~8.06m，隧道中心线间距 15.46m，采用喷锚构筑法暗挖施工。为确保铁路运输安全可靠，不降低运输能力，尽可能减少对正常运输秩序的干扰，必须对站场 8 股线路进行加固，其中Ⅱ、Ⅷ道采用 D16 甲型施工便梁加固，Ⅰ道和Ⅲ~Ⅶ道采用吊轨纵横梁加固。

4.1 既有线路应力释放

地铁南京站站穿越南京火车站 8 股轨道，其中Ⅱ、Ⅷ道为沪宁下行干

线，60kg/m 钢轨无缝线路，上行为 II 型钢筋混凝土轨枕；I 道和 III~VII 道为旅客列车道发线，为 60kg/m 钢轨线路，69 型、I 型、II 型钢筋混凝土轨枕混铺。

4.1.1 应力释放方法

由于轨条较长，拟采用长轨两端缓冲区更换短轨（或长轨）的办法，采取应力调整释放与滚筒释放相结合的方法。

(1) 为了提高锁定轨温，采用液压或电动机械拉伸器拉长钢轨，以达到设计锁定轨温的要求。释放时，先把钢轨抬起放在滚筒上，然后用拉轨器夹住长轨节一端进行拉伸，当达到预计拉伸量后，放下钢轨，重新锁定。在拉伸的同时，撞轨器配合进行。

(2) 为了降低锁定轨温，把需要释放应力的长轨节先松开，并拆除扣件，然后抬起钢轨，每隔 20 根轨枕撤掉一根轨枕上的胶垫，放上直径约为 30mm 的钢管，将钢轨落在钢管上，用撞轨器撞击长轨节数次。一旦长轨缩短接近设计的缩短量后，即撤滚筒，埋扣件，重新锁定。

4.1.2 应力释放措施

为了保证安全，且满足无缝线路施工技术条件要求，必须采取如下施工措施：

(1) 6~9 月锁定轨温释放至高温轨 43~48℃；4、5、10、11 月恢复到南京地区正常气温锁定轨温 25~37℃；12、1、2、3 月将锁定轨温锁定回收至 0~15℃。

(2) 锁定轨温左右两股钢轨不得大于 5℃。

(3) 曲线上股锁定轨温不得高于下股。

- (4) 释放或回收后，应立即做出伸缩标记，经常观测伸缩变化。
- (5) 应力释放应在长轨条全长范围内一次完成，不得释放一部分。
- (6) 应力释放时禁止先松开固定区扣件；禁止在轨条“卡死”情况下硬撞。
- (7) 应力释放后，应及时拧紧扣件，并做好复紧工作。
- (8) 加强轨道养护，确保列车正常行使。

4.2 D16 甲型施工便梁施工

4.2.1 简述

为保证施工期间铁路正线的运行安全，在施工之前对站场火车轨道第 II、VIII道采用 D16 甲型施工便梁加固。

4.2.2 施工准备

- (1) 测量放线，测定挖孔桩桩位，设孔口围栏，围栏不得侵入行车界限；
- (2) 派驻站联络员办理请点报警；
- (3) 按铁路技术规范设定限速牌，并设专职警戒员；
- (4) 按设计规定设置监控量测点；
- (5) 制定安全操作体系，对员工进行铁路安全知识教育；
- (6) 组织人员设备进场，施工电力线、风、水、管路架设到位。

4.2.3 甲型施工便梁的施工程序及方法

- (1) 人工挖孔桩的施工组织

根据设计施工便梁为两孔三柱形式，每孔两片主梁中间加设横梁承托轨道。梁端支座置于 $\phi 1500$ 挖孔桩桩顶上，构成二跨 16 m 的简支桥梁，

以加固铁路站场正线轨道，达到安全运行的目的。桩的位置与车站暗挖隧道错开。其平面布置图见图 8-4-1。人工挖孔桩桩长 19.5 m， $\phi 1500$ 。桩身采用 C30 钢筋混凝土，护壁采用 8cm 厚的 C15 钢筋混凝土。

结合挖孔桩的位置特点，计划分二批进行挖孔桩作业，第一批桩成桩后，再施工第二批桩。具体挖孔分批顺序如平面布置图见图 8-4-1。

由于挖孔桩地理位置的特殊性，要求在施工时作好安全保证措施。

① 施工之前做好挖孔桩的围挡，在整过程中遵循快速开挖，快速灌注的原则；

② 每班安排专人进行值班，以保证开挖时的安全。火车到时通知施工人员，折离桩井，待火车通过时再下井施工；

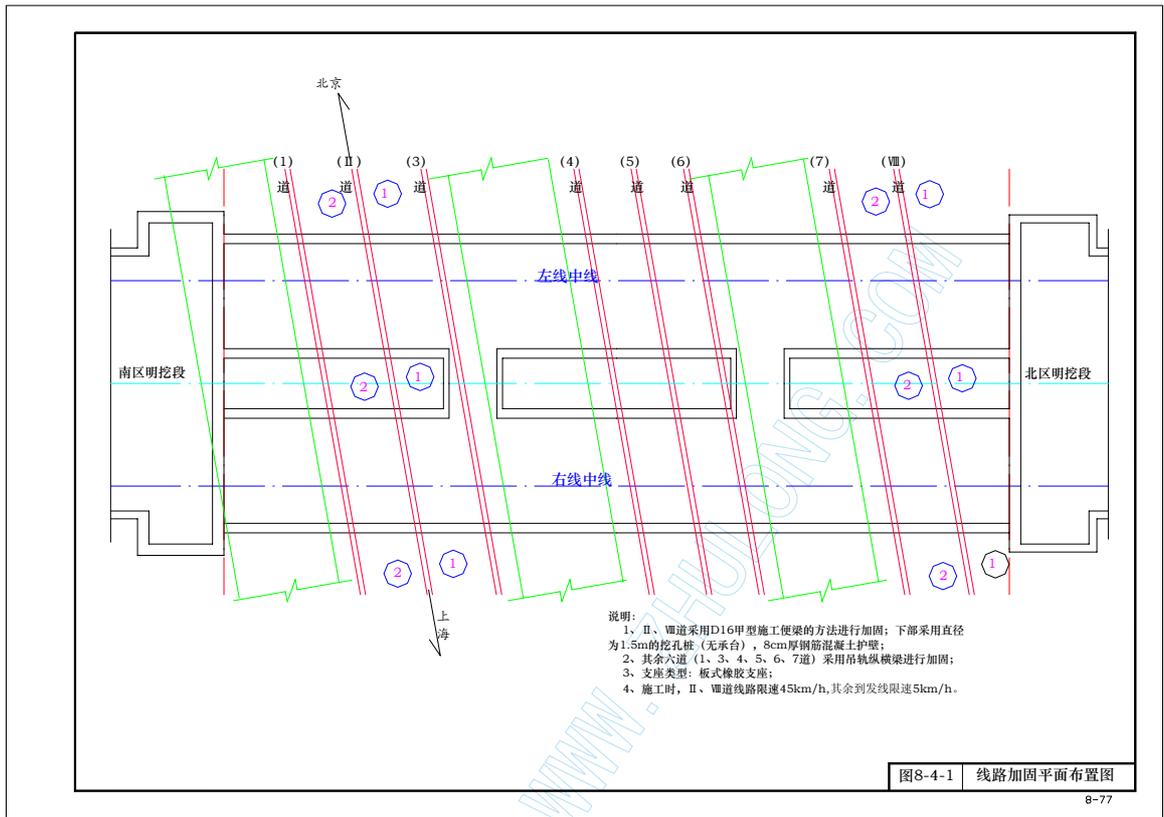


图 8-4-1

③ 采取措施以保证每开挖出来的渣土及时运走，不致影响火车的运行安全。

④ 桩位的选择要准确，经测量组严密放线之后再行开挖，且围挡范围必须严格控制在火车轨道限界之外，以保证火车的安全；

⑤ 严格控制桩长、桩底标高，保证桩的嵌岩深度不少于设计值；

⑥ 桩身混凝土采用商品混凝土，混凝土运输采用轨道车运输。

⑦ 待混凝土的强度达到 70% 之后，对桩顶进行凿毛，之后用砂浆对桩顶抹面，以保证桩顶标高；

⑧ 采用 D16 甲型施工便梁的第 II、VIII 道限时速 45km/h 以下。

人工挖孔桩所需的主要机具设备有：铁锹、风镐、风钻、手摇多功能提升架、提桶、模板、支架、电机、电缆、卷扬机、滑轮、软吊桶、潜水泵、鼓风机和工作灯等。

人工挖孔桩采用三班制作业，单孔每班 3 人，土质地段一天挖孔深度 2m，每批桩孔施工时间约 11 天（含混凝土灌注）。两批桩孔总的施工时间为 22d。

（2）D16 甲型便梁的架设

当桩芯混凝土达到设计强度之后进行便梁架设工作。D16 甲型便梁为定型产品，到达现场之后用吊机整片吊装落位。吊装之前，必须先经过测量组的量测，在桩顶上放出中线水平。以保证 D16 甲型便梁施工之后轨道的标高与原铁路轨道的标高相同。误差调整在桩顶支座进行，支座采用板式橡胶支座，规格为 25 cm × 35 cm × 4.7 cm。在 D16 甲型便梁安装之后用丝扣把轨道与便梁连接牢固，不得有吊板现象。D16 甲型便梁加固立面图

见图 8-4-2。

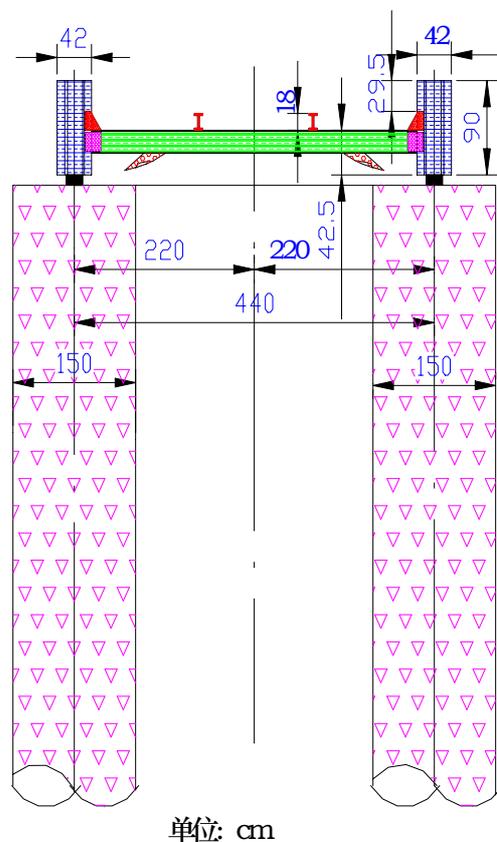


图 8-4-2 D16 甲型便梁加固立面图

4.3 吊轨纵横梁加固施工

除第 II、VIII 道采用 D16 甲型施工便梁外，其余 6 股轨道采用吊轨纵横梁加固。加固顺序从北往南在隧道开挖前分三批进行（7 道；6 道、5 道、4 道；3 道、1 道）。

在轨道的两侧先施工扩大基础支墩。扩大基础支墩尺寸根据土壤承载力计算确定。在施工期间，由于其地理位置的特性必须保证施工期间的安全。

(1) 施工之前按铁路工务规定做好施工安全防护，在整过程中遵循快速开挖，快速灌注的原则；

(2) 每班安排专人值班，以保证开挖时的安全，主要负责火车到发时的人员安全；当列车通过时，必须将人员折离行车界限外。

(3) 采取措施保证开挖出来的渣土集中定时运走，不致影响火车的运行安全。

(4) 基础放样要准确，必须经测量组严密放线之后方可进行开挖；

(5) 扩大基础用混凝土采用商品混凝土，用轨道车运至施工现场；

(6) 待混凝土的强度达到 70% 之后，对墩顶进行凿毛，之后用同级砂浆抹面，以保证墩顶标高符合设计要求；

待扩大基础施工完成，强度达到 100% 之后即进行纵横梁的架设。纵梁采用 2×450 的工钢进行组合而成，横梁采用 I 22a 的工钢，在每股轨道的两根轨枕之间设一道横梁。在进行扩大基础施工期间，场外加工好吊轨纵横梁。吊轨纵横梁加固图见图 8-4-3。

加工纵梁时必须保证焊缝的焊接质量，横梁与纵梁的连接采用螺丝扣连接。因此，加工螺丝孔的孔位必须保整其精确性，施工之前先在场外进行安装调试。

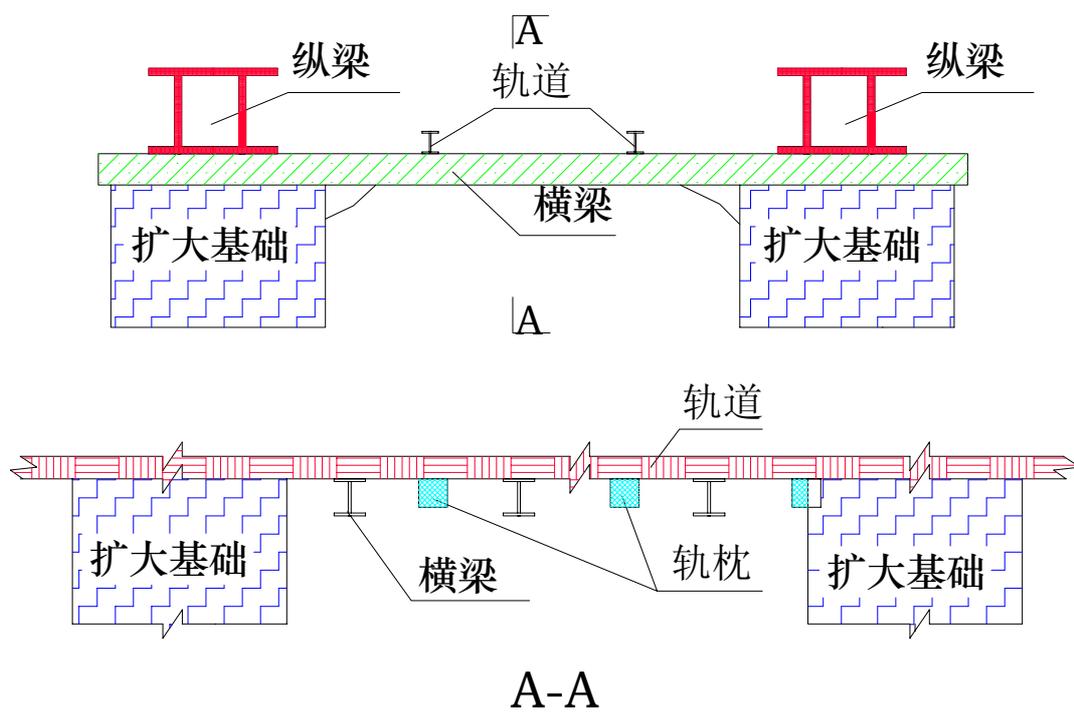


图 8-4-3 吊轨纵横梁加固示意图

4.4 行车安全控制措施

- (1) 对施工作业人员进行岗前安全培训。
- (2) 施工作业人员跨越股道时必须遵守“一站、二看、三通过”的原则。
- (3) 施工作业时加强防护，加强了望，来车及时通知下道。
- (4) 施工作业过程中临线来车必须下道。
- (5) 在施工慢行期间，昼夜进行线路行车的测速工作并实行专人负责。
- (6) 施工作业时保证作业现场的材料、机具等放置在安全处所，并不得侵入线路界限。
- (6) 封锁施工时做到：准备工作不过头，施工作业不违章，放行列车

不冒险。

(7) D16 施工便梁及扣轨纵横梁架设后,由专人对便梁、扣轨梁及两端各 50m 线路进行 24h 监控,发现问题及时处理,确保线路行车安全。

5. 结构防水施工

5.1 结构防水工程的施工组织

本标段区域内地下水位较高,稳定水位在 0.60~3.00m,为第四系孔隙潜水,水位变化受大气降水入渗影响,年变幅 0.8~1.5 m 左右。结构基本处于地下水位以下,结构防水要求高,防水难度较大。

5.1.1 结构防水原则及等级标准

(1) 结构防水原则

本标段结构防水设计遵循“防、排、截、堵,因地制宜、综合治理”的原则,以结构自防水为主,外防水为辅,关键处理好施工缝、变形缝等特殊部位的防水。

(2) 防水等级及标准

车站主体结构、出入口及通道防水等级为一级,即结构不允许出现渗水,表面不得有湿渍。风道、风井防水标准为二级,即不允许漏水,结构表面允许有少量、偶见的湿渍。

车站隧道和横通道防水标准为一级即结构不漏水,表面无湿渍,特别应确保隧道顶部的防水效果。

5.1.2 结构防水施工的主要技术要求及结构防水体系

5.1.2.1 防水施工的主要技术要求

(1) 明挖框架结构防水

以混凝土结构自防水为主，车站结构内衬墙、顶、底板的抗渗等级为 **0.8MPa**，混凝土的抗侵蚀系数不得低于 **0.8**，并宜在混凝土中掺微膨胀剂。

车站主体结构与区间、暗挖隧道、出入口通道、风道等接头附近设置变形缝，变形缝间设橡胶止水条，并设置接水槽。

做好施工缝和后浇带的防水处理，采用橡胶止水带、遇水膨胀橡胶止水带等措施。后浇带、后补孔采用微膨胀混凝土。

结构顶板、内衬墙设附加柔性防水层(无纺布+1.2mm厚PVC或1.0mm厚EVA)，顶板用70mm厚细石混凝土作保护层，底板下设150mm厚素混凝土垫层，底板为自防水。

(2) 车站隧道防水

① 施工尽量采用人工开挖，减少对底层的扰动，减少对隧道上方粉质黏土的振动破坏。

② 结构以自防水为主，二次衬砌采用防水(钢筋)混凝土，抗渗等级为 **P8**。

③ 开挖前采用管棚及小导管超前支护和预注浆。注浆材料采用水泥浆或水泥水玻璃浆液。

④ 在初期支护与二次模筑衬砌之间采用1.2mm厚PVC或1.0mm厚EVA防水板作为复合式衬砌夹层防水层兼作为隔离层。

⑤ 加强以施作防水层的工艺质量，尤其是在与横通道相连时断面发生变化处，应做到防水层的连续性、连接可靠性和耐久性，施工中须采取措施始终保持防水层与初期支护密贴，并在防水层与二次模筑混凝土之间设

置盲沟以引排少量渗水。

⑥ 隧道中间不设置变形缝。施工缝采用缓膨胀型遇水止水条，缝口用密封嵌缝材料处理。止水条须具有抗潮性，以避免受潮发生预膨胀，能与凿毛的混凝土基面密贴牢固。

⑦ 在侧墙底部设置泄水孔，以排除防水层与二次模筑混凝土之间的少量渗水，废水流向车站南端明挖框架结构段最低处设置的排水泵站。

5.1.2.2 结构防水体系

本标段结构防水体系见图 8-5-1。

5.1.3 结构防水工程的施工组织

(1) 根据 ISO9002 质量标准，防水作业作为特殊工序在施工前编制专项技术交底、专项安全施工交底，并编写作业指导书进行工艺细化，切实保证防水施工质量。

(2) 由于防水作业的专业性极强，因此施工中必须组织专业的施工队伍。结构自防水队伍由混凝土班组成，施工中严格按作业指导书和规范操作。另拟成立基面处理、注浆堵水、防水板铺设专业作业组，优选具有丰富操作经验的工人组成，并经考核合格后，持证上岗。

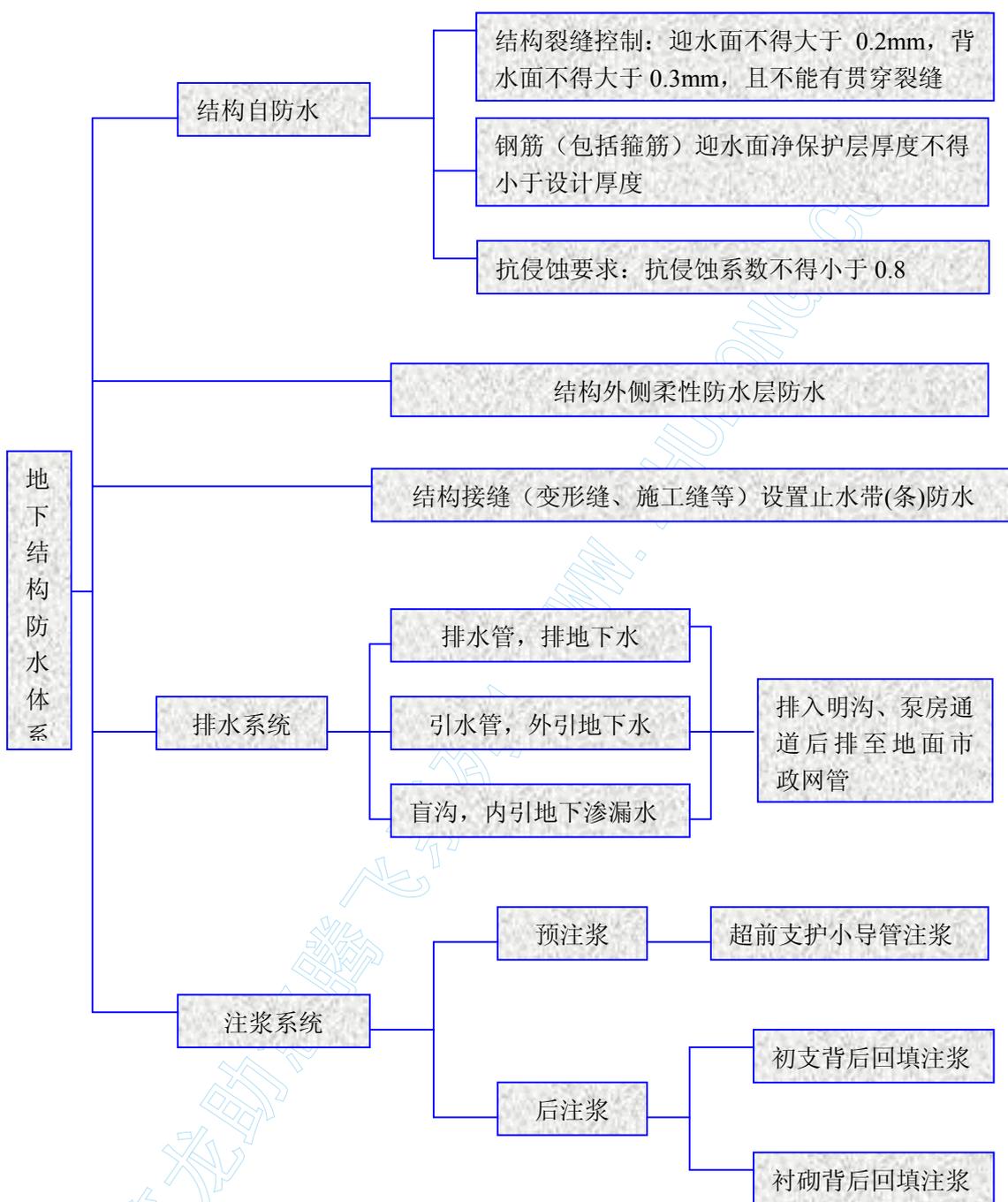


图 8-5-1 结构防水体系

(3) 注浆堵水组设 5 人，负责对漏水点进行注浆堵水或引排，确保基面无渗漏；基面处理组 10 人组成，单班制作业，主要负责防水板铺设前结

构表面的凿除、修整、清洗以及尖锐物的割除、封头、使基面平顺符合技术标准和防水板铺设要求。以上两班组人员根据施工进度需要可由现场施工员临时调剂使用，防水作业班共设 21 人，分三个组，三班制作业，负责防水板的焊接和固定及排水管安设，施工缝、变形缝施做。防水施工每班配 1 名技术人员跟班现场指导、监督。施工人员根据生产实际需要统一调配。

(4) 防水板铺设班组配置 6 台 ZPR-210 型热合机，9 把专用热风枪，并配足用于充气检查的气筒及其他有关的工具。基面处理班组配备一套气割设备，一副移动式工作平台和足够的凿子、锤子、抹子和灰桶等手工工具。注浆班组配备 KBY50-70 型双液注浆泵和手压泵各一台及其他附属设备。设备和工具由班长明确专人管理、使用和维修。

(5) 防水施工实行质量负责制，经理部建立切实有效的激励机制。技术主管总负责，明确质量标准，进行责任分解，组织工序质量考核。作业班组实行责任包干，具体负责。质量监督员负责施工过程中的质量控制和检查，并有详细的记录。

(6) 与商品混凝土供应商签订符合防渗指标的技术经济合同，并据此进行检验。

5.2 明挖结构防水工程的施工程序及方法

明挖结构防水断面示于图 8-5-2。

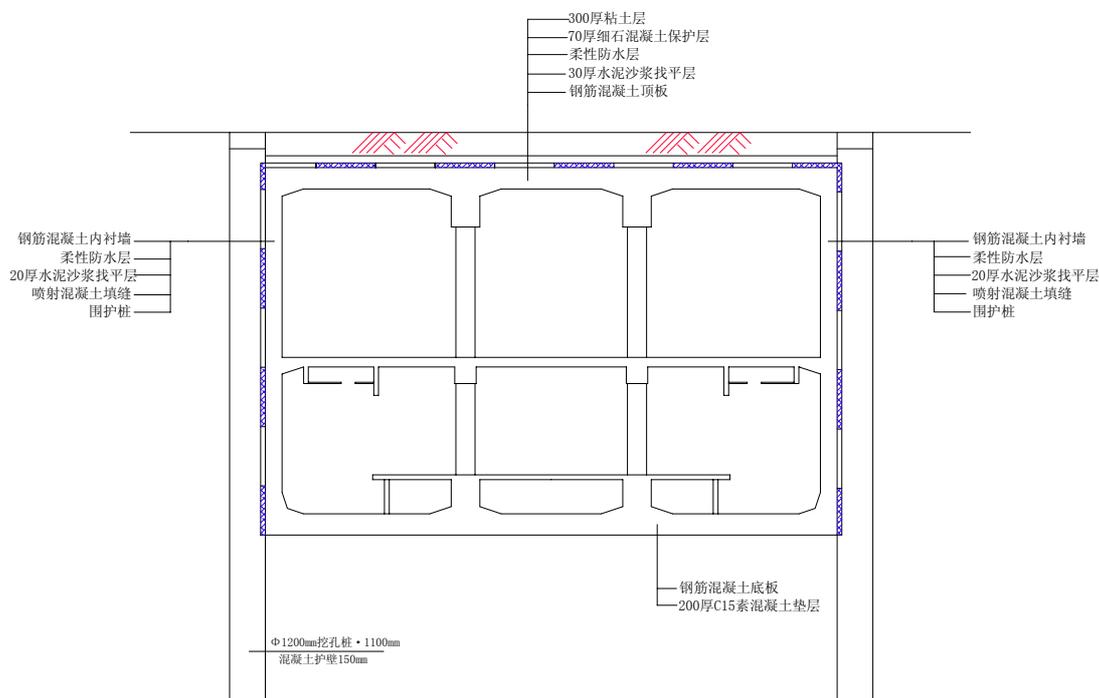


图 8-5-2 明挖结构防水断面示意图

5.2.1 结构自防水

(1) 南京站站明挖结构为顺筑法施工，其主体围护结构为 $\phi 1200$ 挖孔咬合桩，桩间咬合 100mm 。人工挖孔桩施工前，先在围护桩外施作深层水泥搅拌桩，改善土壤的抗渗性，作为桩外止水措施。

(2) 车站主体及附属结构的顶板、侧墙及底板均采用防水混凝土，防水等级为 P8。

(3) 结构自防水是地下工程的主要防线。混凝土结构自防水和接缝防水处理也是地铁车站工程防水的基本环节。混凝土结构自防水主要是由防水混凝土依靠其自身的憎水性和密实性来达到防水效果、提高混凝土的抗

渗性就是提高其密实度，抑制产生孔隙。施工中，用控制水灰比、水泥用量和砂率来保证混凝土中砂浆质量和数量以抑制孔隙，使混凝土浸水一定深度而不致透过。通过加入膨胀剂和高效减水剂，减少混凝土收缩，增强其抗裂性能，并采取一系列措施保证混凝土施工质量。

① 优化配合比设计，尽量减小水灰比，水灰比不能大于 **0.45**，砂率宜为 **35%~45%**，灰砂比为 **1: 2.0~1: 2.5**。

要求商品混凝土供应商按以上要求配比。

② 确保水泥、砂子、石子、水和外加剂的质量要求。施工中严格按配合比准确计量。计量允许偏差为：水泥、水、外加剂为 $\pm 1\%$ ；砂、石为 $\pm 2\%$ 。减水剂应在混凝土拌合水中预溶成一定浓度的溶液，再加入搅拌机搅拌。

以上标准列入混凝土供应合同条款，要求混凝土供应商严格执行，并经常性抽检，监督其施工质量，保证混凝土的防水效果。

③ 严格控制混凝土的坍落度。结构防水混凝土的入模坍落度控制在 **11~14cm**。混凝土浇注时除使拌合物充满整个模型外，还应注意拌合物入模的均匀性，保证不离析。拌合物自由下落高度控制在 **2m** 内，超过时，采用 $\phi 150$ 的软管接长下料，软管沿墙方向每 **3m** 布置一道。为保证混凝土结构的整体性，在后浇带范围内的每一分块，除留设水平施工缝外，做到一次性完成。施工过程中严禁外来水渗透到正在浇灌的混凝土中。下雨时，灌注混凝土应有遮蔽防雨措施。

④ 采用插入式振捣器振捣，“快插慢拔”操作，混凝土分层灌注时，其层厚不超过振动棒长的 **1.25** 倍，并插入下层不小于 **5cm**，振捣时间为

10~30s，视振捣混凝土表面下沉、气泡、灰浆来判断。为避免漏振，采用“行列式”或“交错式”振捣，每次移动的位置的距离不大于振动棒作用半径的 1 倍。墙体振捣时，沿墙长方向两行排列，但必须满足振动棒靠模板的距离为 0.5 倍振动半径。

⑤ 在炎热季节施工时，应采用有效措施降低原材料温度，必要时埋设冷凝管，并减少混凝土运输时吸收外界热量。混凝土结构的表面温度与室外最低温度的差值不应大于 20℃。为防止混凝土收缩开裂影响防水效果，结构恒温温度不高于 50℃，混凝土降温速度不应大于 2℃/h。温度测试由实验人员负责，并将实测记录报驻地监理核备。

⑥ 防水混凝土结构内部设置各种钢筋或绑扎铁丝，不得接触模板，固定模板用的螺栓必须穿过混凝土结构时，在截面中间设 20cm×20cm 的止水钢板。

⑦ 施工缝在混凝土浇筑前除表面进行凿毛至新鲜混凝土外，水平施工缝先在基面上铺 20~25mm 与浇筑混凝土同标号的水泥砂浆，竖向施工缝应刷一层水泥净浆。并充分振捣，保证新老混凝土结合良好。

⑧ 防水混凝土终凝后立即进行养护，这是保证混凝土防水质量的一个重要因素，混凝土浇筑 4~6h 后立即覆盖麻袋或草袋，并浇水湿润养护 14 昼夜。洒水养护时，平均气温应高于 5℃，低于 5℃时不得洒水养护，应采取保温措施。

⑨ 防水混凝土在强度达到 70%，且混凝土表面温度与环境温度差不超过 15℃时，方可拆摸，拆摸之前层板结构不允许承受较大的荷载。

5.2.2 结构外防水

(1) 鉴于结构自防水可能存在的不完善性, 南京站站明挖结构在围护桩及内衬墙之间以及顶板上施做全包型外防水, 防水层选用 $\geq 300\text{g}/\text{m}^2$ 土工布与 1.2mm 厚 PVC 塑料板(或 1.0mm 厚 EVA)复合而成。顶板防水层上下两层土工布复合, 侧墙由一层土工布与一层 PVC 塑料板复合。防水层加工时, 四周预留 20cm 宽不复合, 保证 PVC 塑料板与土工布分离, 以方便焊接, 在与防水板生产厂家签订购销合同时, 提出相关技术要求, 据此检查验收。

外防水施工工艺流程见图 8-5-3。

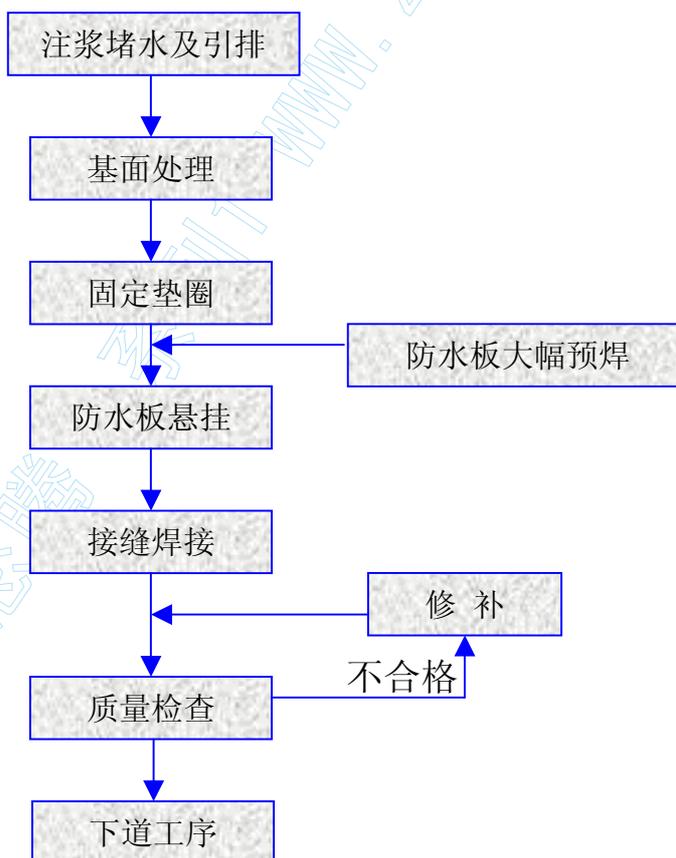


图 8-5-3 外防水作业施工工艺流程图

(2) 铺设防水层前，外露钢筋头、钢管等尖锐物要挫平、割除，用 1:2 的水泥砂浆抹平。清除围护结构、垫层、顶板上的浮土、泥浆、油污等杂物。对渗漏水地方进行注浆堵漏，防水砂浆找平，必要时埋设透水盲管，保证防水层铺设前基面平整无渗漏。

(3) 防水板接缝焊接

① 防水板接缝焊接是防水施工最重要的工艺，焊缝采用 ZPR—210 型爬行热合机双缝焊接，即将两层防水板的边缘搭接，通过热熔加压而有效粘结。防水板搭接宽度，短边不小于 150mm，长边不小于 100mm，焊缝宽度不小于 10mm。由于防水层在加工时，边缘处的塑料板与土工布没有复合，施工焊接时比较方便，焊样形式见图 8-5-4。

② 竖向焊缝与横向焊缝成十字相交时（十字形焊缝），在焊接第二条缝前，先将第一条焊缝外的多余边削去，将台阶修理成斜面并熔平，修整长度 $> 12\text{mm}$ ，以确保焊接质量和焊机顺利通过（图 8-5-5）。

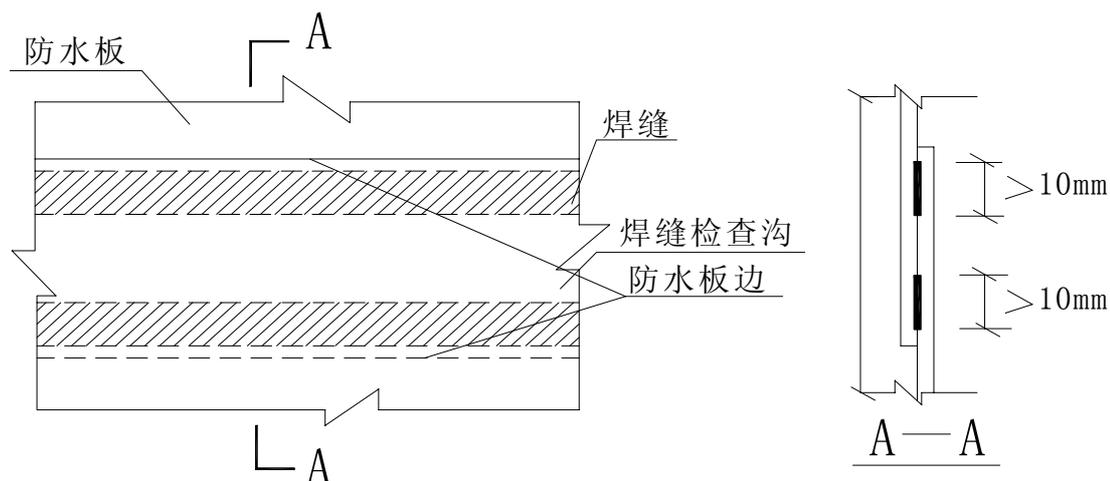


图 8-5-4 防水板搭接双焊缝平面图

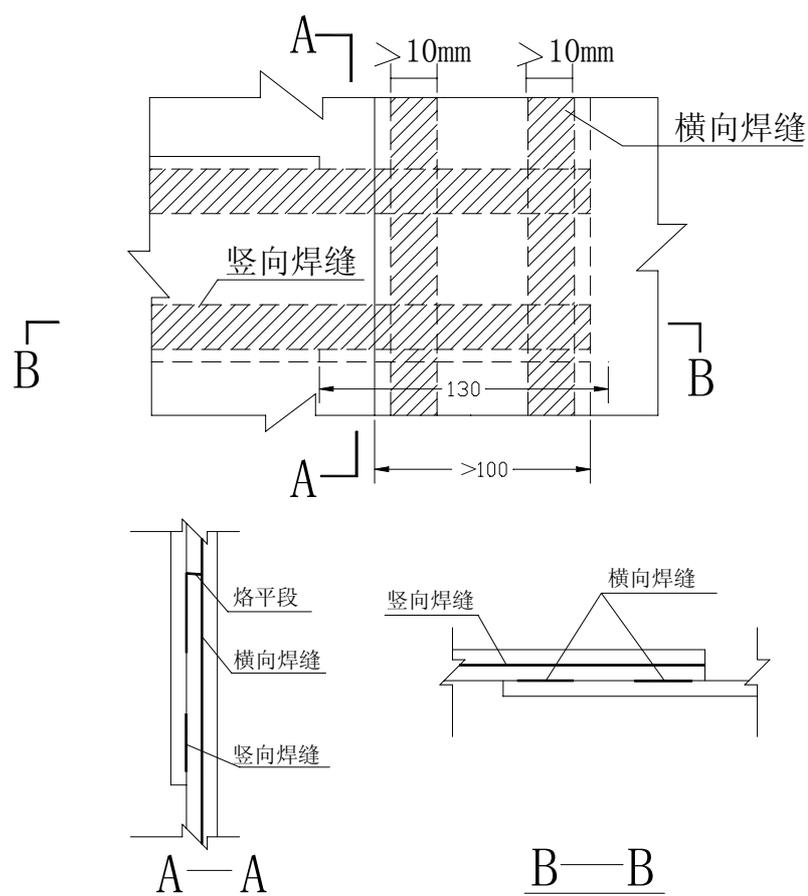


图 8-5-5 十字交叉焊样图

- ③ 防水层的接头处应擦拭干净，去除表面油物灰尘，以保证焊接质量。
- ④ 在结构立面与平面的转角处，防水板接缝留在平面，距转角不小于 600mm。
- ⑤ 焊接温度与电压及环境有密切关系，施焊前必须进行测试，点画出电压—温度关系曲线，供查用。
- ⑥ 防水层一次铺设长度根据混凝土循环灌筑长度确定，铺设前，先行试铺，并加以调整。

(4) 防水板的固定

防水板采用无钉铺设悬挂技术，即将塑料垫圈用射钉或木螺丝固定于基面上（垫圈间距墙为 $1.0\text{m} \times 1.0\text{m}$ ，顶、底板为 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ ，呈梅花形布置），再将防水板背后的布带挂在垫圈上（图 8-5-6）。

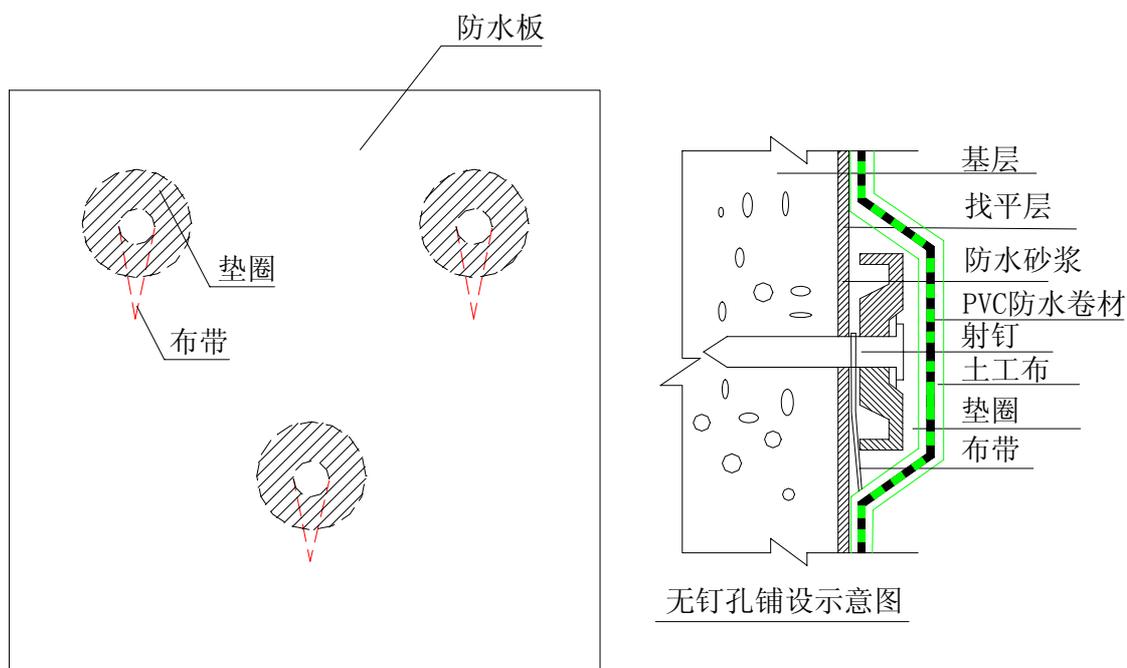


图 8-5-6 防水板固定示意图

(5) 防水层的保护

铺设好的防水层应特别注意加以保护，注意钢筋运输、绑扎可能对防水板产生的损伤。对局部钢筋接头进行焊接时，要用石棉板隔挡进行保护。发现防水层有损坏时应及时进行修补。

5.2.3 特殊部位防水

(1) 施工缝

由于结构分段分部施工，不可避免留有施工缝，施工缝分为水平施工缝和竖向施工缝，施工缝除满足防水混凝土施工要求外，另采用 BW-96 遇

水缓膨胀止水条止水（图 8-5-7）。

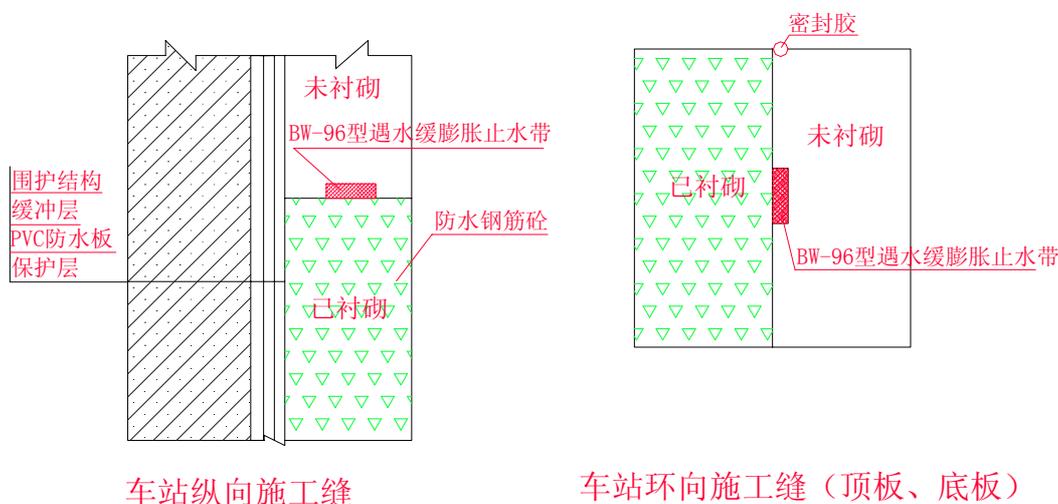


图 8-5-7 施工缝处理示意图

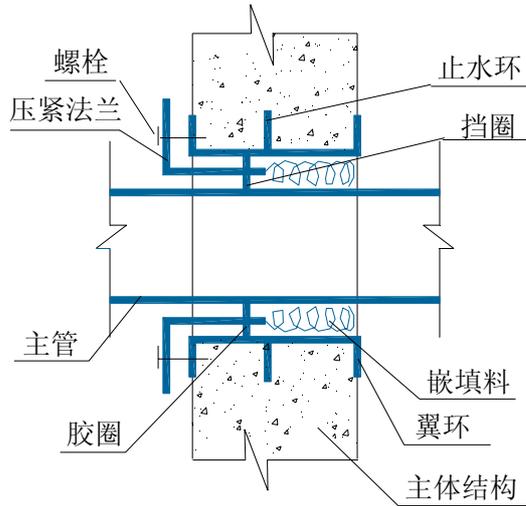
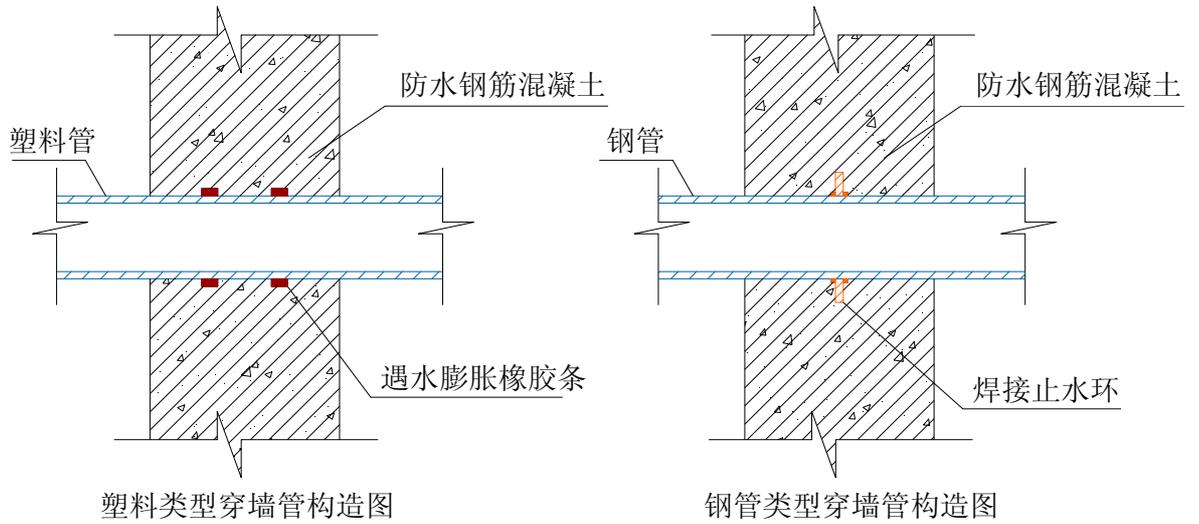
具体保证措施见暗挖部分的变形缝、施工缝的处理（5.3.3.3）。

施工时，在钢筋绑扎完成后固定钢板腻子止水带，中心位置和挡头处用铁丝固定。浇注混凝土前，将腻子下端的保护膜撕掉后进行混凝土施工，混凝土必须将止水带埋入一半，在二次浇注时，撕掉上端的保护膜，然后浇注混凝土。止水带连接采用搭接，搭接 100mm，用手将重叠部分压紧，排除空气，使其粘接牢固，然后重新贴上保护膜。

（2）穿墙管和穿墙钢筋

各类管线穿过混凝土结构必须有防水措施，做到不渗不漏。穿墙管分固定式穿墙管和套管式穿墙管，穿墙管的主管在浇筑混凝土前固定在钢筋骨架上，采用固定式防水方法，防水材料选用钢板止水环（钢管或锌管）或遇水膨胀橡胶止水条（塑料管）（图 8-5-8）。

穿墙钢筋防水同钢管。



套管式穿墙管示意图

图 8-5-8 穿墙防水示意图

5.3 暗挖结构防水工程的施工程序及方法

本标段的暗挖结构包括车站主体结构暗挖段和二个横通道。暗挖结构以早强喷射防水混凝土、全封闭柔性卷材防水层和二次衬砌结构自防水等组成综合防水体系。此外，尚有相应的注浆堵水系统，纵向排水管排水体系（图 8-5-9）。

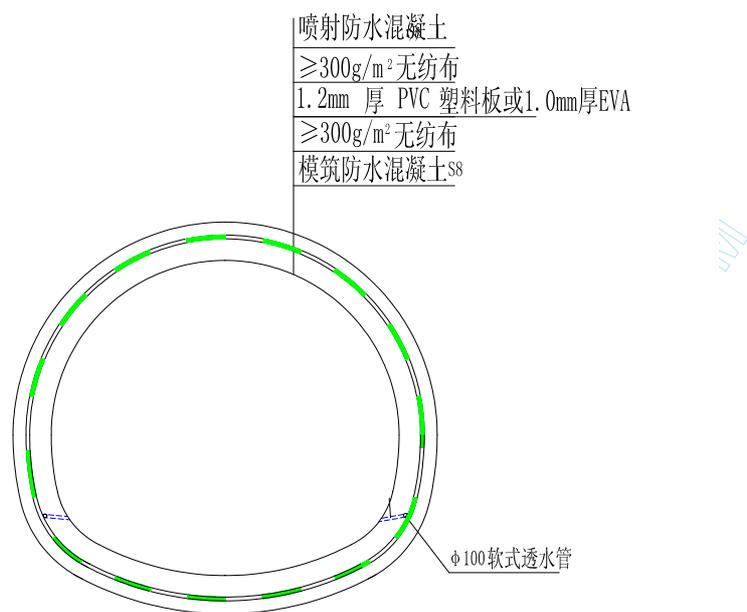


图 8-5-9 暗挖防水断面图

5.3.1 结构自防水

按照设计要求，车站暗挖隧道结构自防水由初期支护喷射混凝土和二次衬砌防水混凝土组成。

5.3.1.1 初期支护喷射混凝土

提高喷射混凝土的防水效果的实质就是增加喷射混凝土的密实性，减少其收缩变形裂缝，达到防渗防漏目的。由于喷射混凝土水泥用量较多，易产生干缩裂缝，而且其质量与喷射混凝土技术关系密切，因此，要想喷射混凝土不裂不渗，必须设计好用料级配，控制水灰比，选择好施工工艺。具体实施时采取以下有效措施。

(1) 对受喷面进行处理

- ① 当受喷面有滴水、淋水或涌水时，应先治水。根据现场情况，治水

可用堵（采用注浆堵水）、排（采用埋管引水）方法，从而保证喷射混凝土不带水作业，不改变喷射混凝土的配合比。

② 在岩石地段要用高压水冲洗受喷面，除掉岩粉，以保证喷射混凝土与围岩密贴，从而提高喷射混凝土与围岩的粘结力及抗渗能力。

（2）对使用材料严格控制

喷射混凝土使用材料主要有水泥、砂、石、水，对这些材料规格质量都应严格控制。其中石子最大粒径不大于 15mm，其砂石最佳级配可参照表 8-5-1。

砂石级配表

表 8-5-1

石子粒径 (mm)	0.15	0.3	0.6	1.2	2.5	5.0	10.0	15.0
使用量(%)	5~7	10~ 15	17~ 22	23~ 31	35~ 43	50~ 60	73~ 82	100

（3）合理选用外加剂

为了提高喷射混凝土的早期强度和防水性能，喷射混凝土时一般都须添加一定数量的外加剂。外加剂的品种和用量也直接影响喷射混凝土的防水效果，必须合理选择。

① 速凝剂的选用：为了提高喷射混凝土的早期强度，须在喷射混凝土中添加一定数量的速凝剂，结合广州地铁的特点和以往的实践经验，采用以矾土为主要原料生产的 782 型速凝剂，掺量为水泥用量的 3%~6%（重

量比)。

② 防水剂的运用：普通喷射混凝土是非匀质材料，内附许多孔隙，水泥在硬化过程中会产生收缩变形，多余水份的蒸发会给混凝土内部留下孔隙，因此在普通喷射混凝土中掺加防水剂，使混凝土更加密实，而且可推迟收缩变形产生的时间。当水泥收缩时，喷射混凝土已有足够的强度，有效地抵抗收缩开裂和减少混凝土内部的细小裂缝，使其具有结构自防水能力。根据我局地铁暗挖隧道的施工经验，施工中采用 FS-1 型防水剂。

(4) 在施喷过程中，先喷 3~5cm 厚混凝土后，再架设钢架和钢筋网，再分层喷至设计厚度，以保证喷混凝土的密实性。现场实际情况表明渗水多发生在网构钢架拱墙连接节点处。施工中采取以下措施：

① 清除拱脚处的全部回弹料和渣土，并在施喷前用高压风水冲洗连接面。

② 上齐扣紧全部节点的螺栓。

5.3.1.2 二次衬砌模筑防水混凝土

二次衬砌防水要求较高，施工中加强管理，严格施工工艺，对混凝土施工进行全过程控制，选好合格的混凝土供应商，根据以往的经验，施工应特别注意以下几点：

(1) 防水混凝土施工必须在围岩和初期支护基本稳定后进行，施工前做好初期支护的注浆堵水工作。

(2) 为减少水化热的产生，施工时在混凝土中掺入部分粉煤灰，借以提高混凝土的和易性。粉煤灰采用 I 级标准，掺量不大于 25%。

(3) 防水混凝土的搅拌与运输

混凝土搅拌不仅仅使材料均匀的混合，还起到一定的塑化和提高和易性作用，对防水混凝土的性能影响较大，混凝土搅拌达到色泽一致后方可出料，拌和时间不小于 **2min**。施工中采用商品混凝土，混凝土运输采用混凝土拌合车运送，在运输过程中要避免出现离析、漏浆，并要求浇注时有良好的和易性，坍落度损失减至最小或者损失不至于影响混凝土的浇注与捣实，在冷天、热天、大风等气候条件下运送混凝土时应力求缩短运输时间。

(4) 防水混凝土的灌注

① 模板要架立牢固、严密，尤其是挡头板，不能出现跑模现象。混凝土挡头板做到表面规则平整，避免出现水泥浆漏失现象。

② 把好泵送入模关。暗挖隧道防水混凝土采用泵送入模。施工前，用同标号的水泥砂浆润管，并将水泥砂浆摊铺到施工接茬面上摊铺厚度 **20~25mm**，以促使施工缝处新旧混凝土有效结合。混凝土泵送入模时，分层连续灌注，以减少接缝造成的渗漏现象。严格控制其自由倾落高度，当自由倾落高度超过 **2m** 时，应使用串筒、溜槽。衬砌台车按灌注孔先下后上，由后向前有序进行，防止发生混凝土砂浆与骨料分离。

③ 结合暗挖区间的特点，施工中先浇筑仰拱，隧道拱墙一次灌注，保证其整体性。拟采用长度为 **9m** 的简易模板台车施作二衬。

(5) 混凝土振捣

暗挖结构防水混凝土振捣采用插入式振捣棒，振捣时，振捣棒应等距离地插入，均匀地捣实全部混凝土，插入点间距应小于振捣半径的 **1** 倍，前后两次振捣棒的作用范围应相互重叠，避免漏捣和过捣，振捣时严禁触

及钢筋和模板。

(6) 暗挖结构拱顶混凝土灌注的特殊要求

暗挖隧道拱顶混凝土灌注采用泵送挤压混凝土施工工艺，拱顶设计三个灌注孔，由后向前灌注。由于客观原因，拱顶混凝土往往会产生不密实、灌不满等现象，对此部位的混凝土施工，根据工程经验，在拱顶最高位置贴近防水板面预埋注浆管，一是作为排气孔，排除拱部空气，减小泵送压力；二是通过灌注过程观察流浆情况检查混凝土灌满程度。三是作为注浆管，对二衬实施回填注浆，以弥补混凝土因收缩或未灌满造成的拱顶空隙。

(7) 混凝土的养护

防水混凝土灌注完毕，待终凝后应及时养护，采用喷、洒水养护。由于台车和模板不能及时拆除，初期养护洒水至模板表面和挡头板进行降温，待拆模后，对结构表面及时进行洒水养护，保持混凝土表面湿润，养护期不少于 14d，以防止在硬化期间产生干裂，形成渗水通道。

5.3.2 柔性防水层

5.3.2.1 柔性防水层施工技术要点

(1) 材料选择

根据设计要求，选取重量 $\geq 300\text{g/m}^2$ 的双层土工布和 1.2mm 厚 PVC 或 1.0mm 厚 EVA 防水板作为柔性复合防水层，采用无钉铺设悬挂技术。

(2) 铺设工艺

① 基面处理：在暗挖结构施工中，喷射混凝土表面往往不平整，防水板铺设前，对基面的粗糙部位、凹凸不平处、外露的锚杆头、排管、铁丝等进行特殊处理，要求及重点如下：

a.对平整度要求

隧道拱部平整度 $D/L < 1/8$ ，边墙及底板平整度为 $D/L < 1/6$ （ D 为相邻两凸面间凹进去的深度， L 为相邻两凸面间的距离）。

b.基面不得有钢筋及凸出的管件等尖锐突出物，否则要进行割除，并在割除部位用砂浆抹成圆曲面，以免防水层被扎破。

c.隧道断面变化或转变处的阴阳角均应做成圆弧，阴角处圆弧半径不小于 10cm，阳角处圆弧半径不小于 5cm。

d.防水层施工时基面不得有明水，如有明水则用堵漏剂堵水或注浆、引排。

② 防水板铺设技术 见 5.3.2

(3) 防水板质量检查

① 外观检查

防水板铺设应均匀连续，焊缝宽度不小于 10mm，搭接宽度不小于 100mm，焊缝应平顺、无褶皱、均匀连续，无假焊、漏焊、焊过、焊穿或夹层等现象。

② 焊缝质量检查

防水板搭接用热合机进行焊接，接缝为双焊缝，中间留出空隙以便充气检查。检查方法为：用 5 号注射针头与打气筒相连，针头处设压力表，将打气筒加压至 0.15MPa 时，停止充气，保持该压力达 2min，否则说明有未焊好之处，用肥皂水涂在焊接缝上，产生气泡地方重新焊接，可用热风焊枪和电烙铁等补焊，直到不漏气为止。检查数量采取随机抽样的原则，每 10 条抽试一条，为保证质量，每天每台热合机焊接应制取一个试样，注

明取样位置、焊接操作者及日期，供试验检查之用。

5.3.2.2 防水板的保护

(1) 防水板铺设完成后，不得穿带钉子的鞋在防水板上走动，并对现场施工人员加强防水层保护意识教育，严禁损坏。

(2) 钢筋绑扎要小心谨慎，以免划破防水层，局部出现防水板损坏时，应立即通知防水板专业队伍进行修补，采用双层补丁补焊。

(3) 如需进行钢筋焊接时，必须在此周围用石棉板遮挡隔离，以免溅出火花烧坏防水层，焊接作业完成后，石棉板待钢筋冷却后再进行撤除。

(4) 混凝土振捣时，振捣棒不得直接接触防水层，以免破坏防水层。振捣棒引起的对防水层的破坏不易发现，也无法修补，故二次衬砌模注混凝土施工时应特别注意，严禁紧贴防水板捣固。

5.3.3 特殊部位防水

5.3.3.1 施工缝

在施工过程中，结构分段分部的施工不可避免的留有施工缝，施工缝分为水平施工缝与环向施工缝，是结构自防水的薄弱环节，处理的好坏将会直接影响结构的防水质量，因此须认真做好施工缝的防水处理。暗挖隧道施工缝防水结构见图 8-5-10。

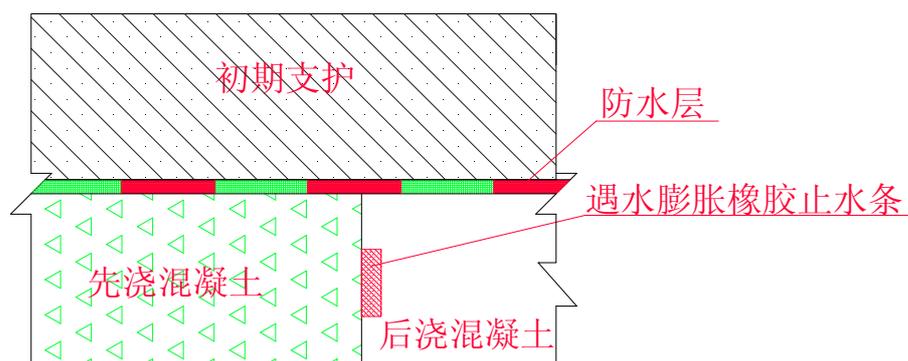


图 8-5-10 施工缝防水图

5.3.3.2 变形缝

变形缝是由于考虑结构不均匀受力和混凝土结构胀缩而设置的允许我局拟对变形缝的施作按下列要求进行。见图 8-5-11。

(1) 技术标准及材料的选用

缝宽 20~30 mm，防水材料选用橡胶塑钢片止水带、双组分聚硫橡胶、四油两布双组分聚氨酯、聚苯酯、聚苯板、EVA 防水砂浆。

(2) 操作方法

用特制钢筋箍夹紧橡塑钢片止水带，使其准确居中，在封口处开宽 90mm、深 35mm 的槽，槽体与缝交接处放双组分聚硫橡胶，其余部分填聚苯板。在嵌双组分聚硫橡胶前，将缝两边基面的表面松动物及浮渣等凿除，清扫干净并用砂浆找平，以使其与变形缝两侧粘接牢固。槽体的槽帮涂四油。

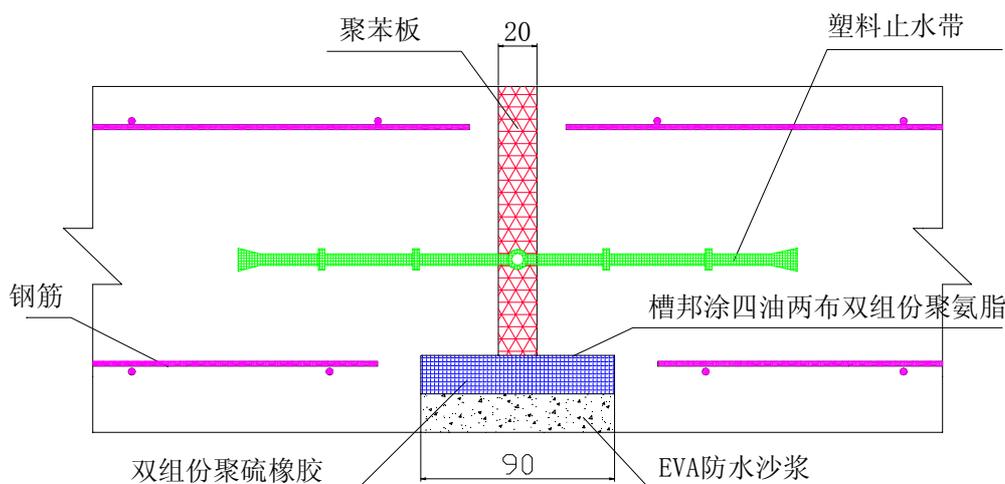


图 8-5-11 变形缝防水图

为保证防水质量，减少止水带接头，根据结构周长定做通长止水带，止水带唯一接头处理采用 45° 斜面热熔焊接。在嵌双组分聚硫橡胶前，将缝两侧的表面松动物及浮渣等凿除，清洗干净，使其与变形缝两侧粘结牢固。

5.3.3.3 变形缝、施工缝的处理

(1) 保证施工缝粘贴止水条处混凝土面光滑、平整、干净，施工缝凿毛时不被破坏；

(2) 止水条的安装确保“密贴、牢固、混凝土浇注之前没膨胀失效”，使用氯丁胶粘贴并加钢钉固定，接头用氯丁胶斜面粘贴紧密；

(3) 止水带的安装确保“居中、平顺、牢固、无裂口脱胶”，并在浇注混凝土的过程中注意随时检查，防止止水带移位、卷曲；

(4) 各种贯通的施工缝、变形缝的止水条、止水带的安装确保形成全

封闭的防水网（BW-96 行遇水缓膨止水条，缓膨时间为 15d。这是一种新产品，目前在深圳地铁大量使用，效果很好）；

（5）灌注混凝土之前，先将混凝土基面充分凿毛、清洗干净，采用手工凿毛，对施工缝的清洗必须彻底，必要时还用钢刷刷干净；

（6）混凝土浇注时，确保新老混凝土结合良好，使混凝土结合处有 20~30mm 厚的水泥砂浆。

5.3.3.4 暗挖隧道与车站接口处的防水处理

矿山法施工的暗挖隧道与车站接口位置由于受力不均，防水困难，除按设计要求设置变形缝外，如图 8-5-13，在二次衬砌前，我们将在变形缝不小于 3m 宽的范围内进行周边注浆堵水，阻止地下水侵入，注浆采用双液注浆泵注水泥-水玻璃双液浆，施工方法见图 8-5-12。

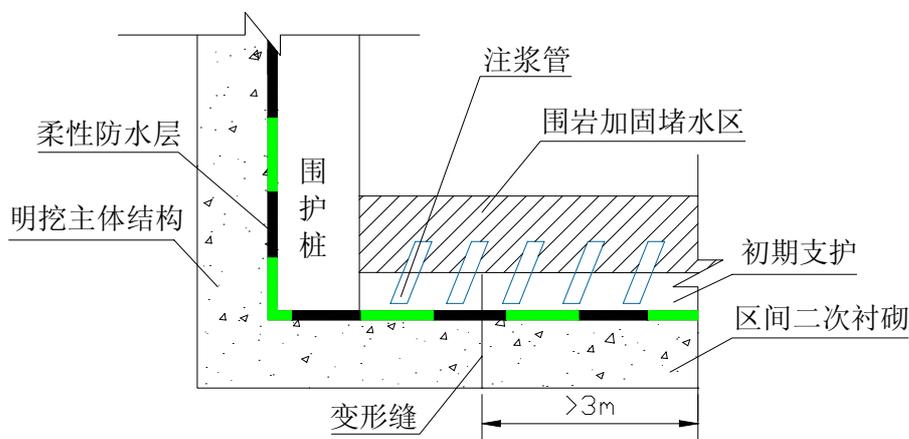


图 8-5-12 明、暗挖交界处注浆堵水示意图

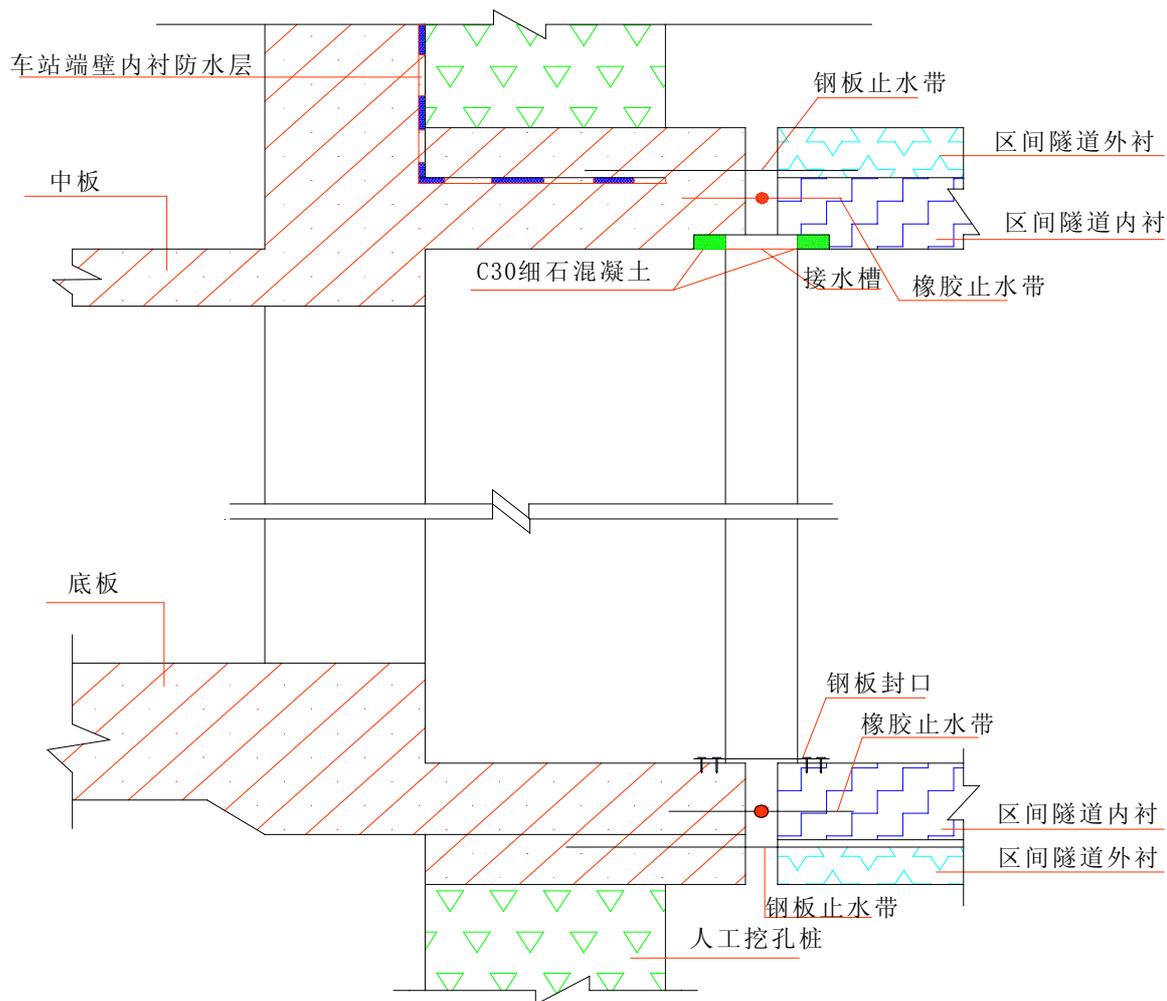


图 8-5-13 车站与隧道连接防水图

6. 出入口通道施工

6.1 出入口通道施工组织

6.1.1 施工原则：

附属工程的施工以不影响车站主体结构施工为原则，安排在车站主体结构开挖支护完进行二次衬砌时施工，以避免与主体结构出渣运输的相互干扰，影响总体施工进度。

6.1.2 工程概况

南京站站共设四个出入口及两座风亭（南端一号风亭、北端二号风亭）。出入口均采用明挖，基坑开挖深度约 7.2~11.9m。I、II 号出入口设于南端，其中 I 号出入口接引南广场公交换乘客流，II 号出入口与新建火车站南端地下室合建。III、VI 号出入口设于北区，其中 III 号出入口连接北站厅与火车站新建出站地道，VI 号出入口设于铁路站场北侧，以吸引北快速路客流。

6.1.3 施工安排

- (1) I、II 号出入口的施工在车站南基坑明挖结构顶板施作完后进行；
- (2) III、VI 号出入口施工待车站北基坑明挖结构顶板施作完成后进行。
- (3) 车站风亭在明挖基坑内随车站明挖主体结构一起施作，同时预留风口及设备安装基础预埋件。当施作负一层顶板时，预留风亭钢筋，待顶板达到设计强度后按设计标高及尺寸完成风亭的钢筋混凝土结构施工。
- (4) I、II 号出入口基坑开挖及钢管支撑制安 → 车站围护桩破除出入口主体结构施工（含防水层、桩间回填、支撑拆除）→ 出入口顶板外防护层及其保护层施工 → 出入口基坑回填土施工

6.2 出入口通道的施工程序及方法

车站主体附属结构主要包括 4 个出入口、两个站端风道、风亭。综合考虑各结构的设计形式、设计尺寸、埋深、地质情况等，拟采用如下的施工方法：

- (1) 基坑明挖的人工挖孔桩围护结构法
- (2) 出入口处明挖基坑喷锚支护的施工方法。

6.2.1 出入口施工

(1) 人工挖孔桩的施工组织

出入口为人工挖孔咬合桩，桩径为 1.0m，桩间间距为 0.9 m。人工挖孔桩桩身采用 C25 防水钢筋混凝土，抗渗等级 P8，护壁采用 C15 钢筋混凝土。其构造如图 8-6-1。

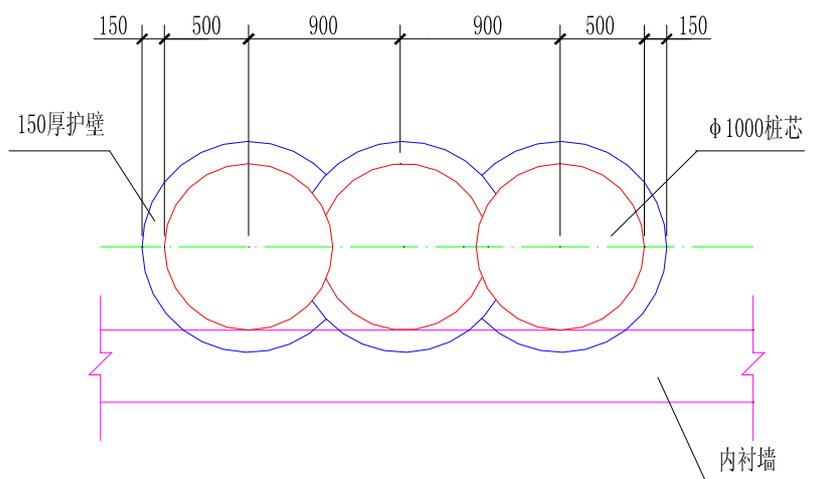


图 8-6-1 挖孔咬合桩构造图

根据相关技术规范，挖孔桩施工必须满足一定的桩间净距要求（排桩跳挖的最小施工净距不小于 4.5m）。结合越秀公园站挖孔桩的特点，计划分四批进行挖孔桩作业，先做圆桩，后做椭圆桩，前批桩成桩后，再施工后批桩，同批相邻桩桩孔保持不大于 2m 的高差。具体挖孔分批顺序如图 8-6-3 及表 8-6-1 所示。施工方法与站区明挖段相同，详见第 8 章 2.1 节。

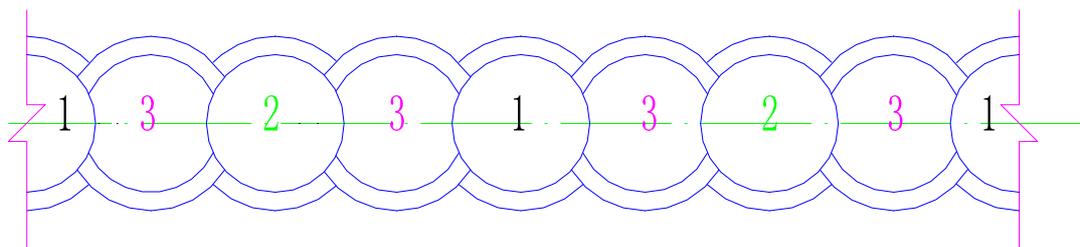


图 8-6-2 挖孔桩施工顺序图

人工挖孔桩采用三班制作业，由车站明挖区人员负责，与明挖区挖孔桩一道完成，不再单独组织施工。

(2) 支撑

出入口及通道采用人工挖孔桩和钢板桩作为围护结构，开挖采用机械分层开挖，水平支撑挖孔桩段采用 $\phi 609$ 钢管支撑，钢板桩段采用 I 20a 支撑。支撑随开挖自上而下分层施作，水平及竖向间距均为 2.0m。出入口开挖及支撑架设见图 8-6-3。

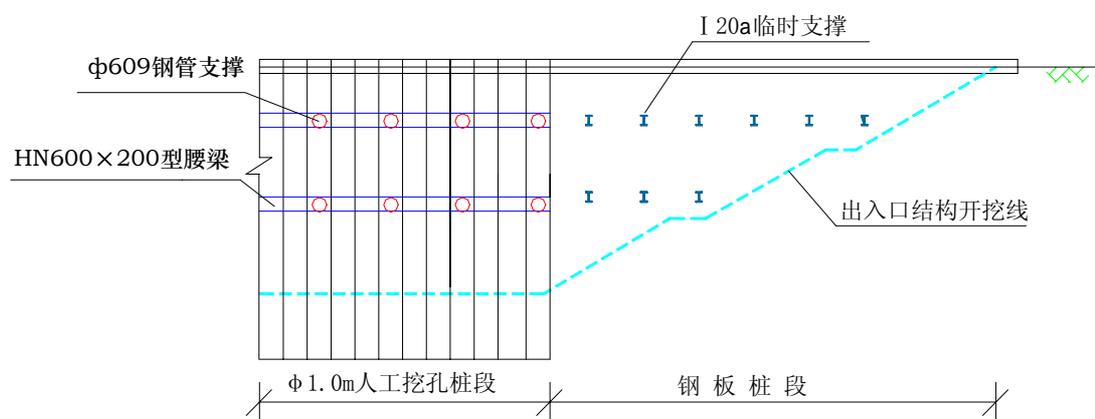


图 8-6-3 基坑开挖临时支撑图

(3) 基坑开挖前期采用挖掘机开挖，自卸汽车运输；后期采用人工挖土及清底，用吊斗装渣，塔吊或汽吊提升。

(4) 结构施工

出入口结构由里向外施作，即先施作门厅及封闭段，再施作敞口段，

最后施作踏步。

施作门厅封闭段时，先施工底板，再施工边墙，边墙预留 50cm 同顶板一起浇筑。敞口段根据长度分两次或三次施作，先底板后边墙。所有衬砌均为 C30 防水钢筋混凝土，人工立模拆除横支撑，商品混凝土用串筒入模，用振捣棒捣固，并洒水养护。

防水工程、钢筋工程、模板工程、混凝土浇筑工程详见相关章节。

6.2.2 风道、风亭施工

车站风道、风亭在明挖基坑内随车站明挖主体结构一起施作，同时预留风口及设备安装基础预埋件。当施作负一层顶板时，预留风亭钢筋，待顶板达到设计强度后按设计标高及尺寸完成风亭的钢筋混凝土结构施工。

6.2.3 站台板施工

车站北端明挖结构内的站台板和结构风管在所有区间衬砌完成后施作；车站暗挖隧道站台板和结构风管分别在各自二次衬砌完成后施作；车站南端明挖结构内的站台板和结构风管则待盾构出站后施作。

站台板和结构风管的施作分区段进行，每区段首先施作板下 C25 素混凝土支撑墙及墙内构造柱（构造柱的钢筋在结构衬砌时预留），同时预留墙上风口，待支撑墙强度达到设计要求后立模绑扎钢筋，灌注站台板 C25 混凝土，同时预留、预埋各相关专业孔、洞等。

站台板及结构风管具体施作时以设计图纸为准。

7. 地下管线调查、拆迁及保护

7.1 简述

本标段范围内地下市政管线较多，包括上水管道、下水管道、电力电缆、通信电缆等。根据管线制造材料、接口构造、管节长度等不同情况，地下管线大致可分为刚性管线和柔性管线两种。它们对于基坑及暗挖隧道施工中不可避免的地层沉降的反应是不同的。对于刚性管线来说，当地层移动时，主要考虑是否会引起管道的断裂破坏，而对于柔性管线来说，地层移动造成的影响则主要是管线接头的断裂破坏。在施工中地下管线的破坏，特别是通讯管线和上下水管等，一旦破坏将会造成难以预料的严重后果。因此，在施工前，必须详细查清沿线受施工影响范围内的各种地下管线的情况，分析预测地层隆陷对管线的影响，并在施工中加强监测。针对不同的管线及其与基坑、暗挖隧道的不同位置关系，在施工过程中就涉及到管线的拆迁、支吊和保护共三个方面的管线处理问题。

7.2 地下管线调查

7.2.1 调查范围与重点

本标段管线调查仅限于投标时业主提供的管线资料情况。在明挖基坑及车站隧道施工影响范围内必定还有为数不少的管线有待查明。中标进场后，我们将对车站施工范围管线进行补充探查，向业主及监理部作书面汇报，对补充后地下管线资料的真实性负全责，做出相应的处理方案上报审批。

另外，已知管线的位置、形状、尺寸、材料、接口状况还不十分清楚，除对受施工影响已知管线作进一步的详细核查外，尚需对沿线建筑物密集区段的地下管线进行详细调查，特别是南京站场内高压水管、通讯信号、砂浆抹口管等对沉降特别敏感的对铁路运营有重大影响的管线作尽可能详

实的调查。

7.2.2 调查方法与内容

(1) 施工前组织专门的管线调查小组，配备管线探测仪进行地下管线探测调查工作。

(2) 对照业主提供的管线图和南北站区明挖基坑及过站区暗挖隧道设计图，确定在工程影响范围内但未显示的现有管线分布情况。

(3) 主动与市政相关管理部门取得联系，进一步收集施工影响范围内的所有管线图纸和管线竣工资料，结合地质情况和周围环境综合分析并确定处理方案送交有关部门确认。最后报监理工程师和业主存档。

(4) 必要时，到现场进行人工挖槽探测。

(5) 查清各类管线的允许变形量、并与有关单位协商确定，并报监理工程师备案。

7.2.3 管线概况

根据业主提供的现有管线资料，位于南北基坑内的地下管线有 7 条：380V 通信电缆线路 3.0km，10kV 电力电缆 3.0km； $\phi 500$ 给水铸铁管 50m， $\phi 300$ 排水铸铁管 50m， $\phi 100$ 给水铸铁管 12.5m， $\phi 600$ 排水铸铁管 28m， $\phi 150$ 给水铸铁管 49m；位于基坑外但受地层变形影响的管线有 5 条： $\phi 150$ 给水铸铁管 26.5m，2 条 $\phi 200$ 给水铸铁管 26.5m、75m，380V 通讯电缆 75m， $\phi 600$ 给水铸铁管 50m；据现有资料分析：管线埋深一般为 0.8~3m。

7.3 地下管线的拆迁

若我方中标，必定做好管线改移方案，并提交管线管理部门审查，地下站基础工程的设计根据南京市地下管线的规划，预留管线通廊，并满足

规划管线的敷设深度要求。

南京站站北端黄曹路上市政地下排水管横穿车站，需改移，本着先建后拆的原则进行。

由于排水管敷设较深，车站完工后其覆土深度不满足管线埋深要求，则在排水管上游段设 1 座污水集水井和 3 台潜水泵（2 主 1 备），加压抽升排水，浅埋敷设，待跨越车站主体后，接入原市政排水管。

南京站站管线迁改工程数量

表 8-7-1

序号	名称	说明	措施	撤除	改移	恢复	悬吊长度
1	给水铸铁管	Φ500	架高5m	28m	48m	28m	
2	给水铸铁管	Φ100		12.5m			
3	给水铸铁管	Φ150		49m			
4	排水铸铁管	Φ300	截断抽水	28m			
5	排水铸铁管	Φ600	悬吊				28m
6	地下通讯电缆	380V	悬吊				20m
7	地下电力电缆	380V	悬吊				20m
8	低压架空线路	220V		3Km			
9	高压架空线路	380V		1Km			
10	无缝钢管	D219×8			45m		
11	变电台	10kV		2座			

注：①挖土方 1185m³；

②回填土 1588m³;

③路面破坏及恢复混凝土 1017m²;

④LP 立式排泵, Q=101m³/h, H=20m, N=18.5kW, 808m³/台班,

总需 2000 个台班。

7.4 受地层变形影响的管线

受地层变形影响的管线

表 8-7-2

序号	名称	说明	单位	数量
1	给水铸铁管	Φ150	m	26.5
2	给水铸铁管	Φ200	m	26.5
3	给水铸铁管	Φ200	m	75
4	给水铸铁管	Φ600	m	50
5	电 缆	380V	m	75

南北站区明挖基坑及过站区暗挖隧道工程的施工不可避免地会引起周围及上覆地层的变形, 对邻近基坑和暗挖隧道上部土层中的管线保护实际上就是控制施工引起的地层变形, 并把管线的被动变形控制在允许的范围之内。

7.4.1 管线适应变形的能力

对管线适应变形的能力我们重点分析长管(如采用焊接接头的上水、煤气管)的适应性与接头管(即管线采用管节构造接头)的适应性, 对管

线适应变形的能力主要采用“允许曲率半径”来进行判断，两种管线的允许曲率半径可分别采用以下两式进行计算：

$$\text{长 管: } [R_p] = E_p \times d / 2 [\sigma_p]$$

$$\text{接头管: } [R_p] = L_p \times D_p / [\Delta]$$

其中： $[R_p]$ ：管道允许曲率半径

E_p ：管道的弹性模量

d ：管道的直径

$[\sigma_p]$ ：管道的允许应力

L_p ：管节长度

D_p ：管道外径

$[\Delta]$ ：管节接缝允许张开值

上述两式较为关键的两个值分别为管道的允许应力 $[\sigma_p]$ 和管节接缝允许张开值 $[\Delta]$ ，它们可以依据管线类别、材质和相关的规范确定。

7.4.2 受地层变形影响的管线保护

对地层变形影响的管线保护关键在于控制好施工过程中地层产生的变形及不均匀变形，因此确保基坑稳定和防止洞内坍塌是施工的重点，应采取以下措施：

(1) 做好人工挖孔桩桩间及施工缝的防水，确保围护结构外地下水位稳定。

(2) 施作深层搅拌桩形成截水帷幕，维持结构外地下水位稳定。

(3) 按要求及时地对支护与围岩间的空隙进行充填注浆控制松弛区扩大。

(4) 基坑开挖自上而下，分段分层，平衡对称，依次进行，随挖随撑，确保基坑稳定。

(5) 加强施工管线监控，根据不同的管线，建立各类管线的管理基准值，通过监控量测及时掌握管线变形状况，及时调整施工工艺，做好二次补压浆工作，确保管线保护管理在可控状态有效进行。

(6) 加强地面沉降监测，尤其对沉降敏感的管线要布点监测，并及时分析评估施工对管线的影响，根据施工和变位情况调节观测的频率，及时反馈指导施工。

(7) 当施工前预测和施工中监测分析确认某些重要管线可能受到损害时，将根据地面条件、管线埋深条件等采用临时加固、悬吊或管下地基注浆等保护方案，并经工程师批准后实施。

(8) 加强与有关管线单位的协同合作，顺利完成对管线的调查与保护工作。

7.5 管线的支吊

7.5.1.管线的支吊方案

施工期间，位于明挖基坑内的上下水铸铁管及通讯、电力电缆等管线利用简支组合钢梁支托进行支护保护，待主体结构顶板完成后恢复原埋地敷设。

根据管线的材质、规格和种类，拟采取以下支吊保护方案。

变形控制要求严格的刚性管线，如上水、污水，雨水、煤气、多孔通讯电缆等，利用简支组合钢梁支托。

管线的支吊方案见图 8-7-1。

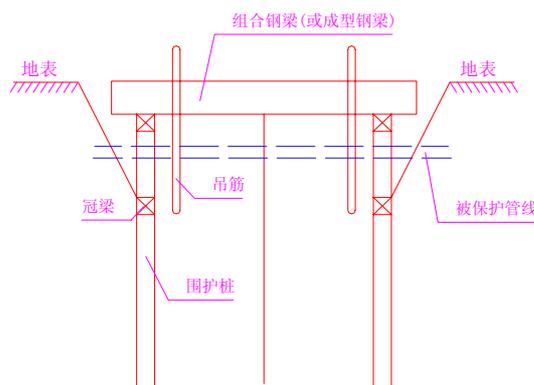


图 8-7-1 管线的支吊示意图

7.5.2 管线支吊的施工措施

对管线的支吊应严格遵循以下施工技术措施：

(1) 施工前应调查所有与施工有关的管线，着重查明支吊管线种类、规格、埋深、材质、接头形式、节长和管线基础等资料。

(2) 根据查明的管线资料，针对各种管线的控制要求，设计出具体支托参数。

(3) 支吊方案除应获得甲方、监理认可外，还应与管线业主等主管单位共同商讨支吊细节，并达成一致意见。

(4) 支托结构必须落在坚实稳定可靠的支撑上。

(5) 管线应在其下面的原状土开挖前支吊牢固，并经检查合格后，再采用人工开挖其下部土方。

(6) 管道漏水时，必须修理好后方可悬吊。跨越基坑的管道较长或接口有断裂危险时，应采取加固措施后再悬吊或直接架在钢梁上。

(7) 在施工过程中，应对刚性悬托管线进行监测，管线上观测点的数量应征求管线主管单位的意见，一般应在每节管线上设一观测点，观测标志可用抱箍直接固定在管线上。

(8) 工程施工时，不得碰撞管道悬吊系统或利用其做起重架、脚手架或模板支撑。

(9) 支吊管线应依据管线的类型分别设立一定的安全保护区，严禁机械设备靠近。

(10) 基坑回填土前，悬吊的刚性管线下应砌筑支墩加固，防止下沉，并按设计要求恢复管道和回填土。

7.6 站场排水过渡

南京火车站Ⅱ道、Ⅷ道为沪宁上下行正线，采用 D16 便梁加固，并在 1-(2) 2-(3) 7-8 道间及 8 道外侧既有排水沟位置设置人工挖孔桩。因此，上述 4 条既有排水沟在施工期间将丧失完整排水功能，造成其上游汇水无出路（黄家圩立交桥至施工便梁间，长 300m）。

为确保南京火车站在施工影响期（约两年）内行车安全，排水畅通（尤其是汛期），路基稳定，其站场必须采用排水过渡。其方案如下：

(1) 在受施工影响的既有排水沟上游末端各设 1 道截水井，截（积）水井为 C10 浆砌片石，长 10m、宽 0.8m、深 1.2m，容积近 10m^3 ，通过 4 台 380V $\phi 150$ 软管水泵抽水越过施工地段分别排入既有沟下游排水系统。

(2) D16 便梁施工影响线间小范围内排水，设置小型积水井（ $4\text{m}\times 0.8\text{m}\times 1\text{m}$ ）并通过 2 台 220V 软管水泵引入下游水沟。

(3) 汛期（5~9 月）增设 4 台抽水泵，平常（1~4 月、10~12 月）设 2 名专职抽水人员进行管理。

(4) 施工结束后，分别恢复原有排水系统（C10 浆砌片石盖板沟）和钢筋混凝土走道板。

8. 地面建筑物调查及保护

8.1 概况

地铁南京站站设于铁路站场之下，以 80° 角斜穿铁路站场，与地铁四、五号线近似“T”相交。火车站南侧为龙蟠路，北侧为规划中的铁北路，东侧为新世纪东路，西侧为下穿铁路的黄家圩路。铁路站场将地区分割为南北两部分。南侧由南至北分别为南广场、铁路南站房。铁路南站房东西分别为南京邮政枢纽和南京铁路分局综合楼。北侧分别为规划的地铁四号线、五号线、铁路北站房及北广场。铁路站场由南侧既有普速站场和北侧规划的京沪高速铁路站场构成。普速站场包括一座基本站台、两座 9m 宽中间站台和 8 股道，其中□道和□道为上下行正线。高速铁路站场则由四座 12m 宽中间站台和 8 股道构成。

地铁南京站站北邻 6 层砖混结构的红山宾馆，北站区基坑穿越黄曹路，过站区穿越 3 个站台及 8 股上下行站台轨道，南站区南邻龙蟠路，南站区基坑的施工还将挖掉南京火车站既有出站地道一个出站口，面临客流疏导站区的部份房屋拆迁及西侧商业建筑物拆迁等问题。另外，依据招标文件图纸，南铁医红山医院、栖霞供电分局及康桥汽车合理厂被规划在施工围挡以内，施工以前将被拆除。

南区场地拆除的房屋均为铁路生产管理用房，考虑到南京站房即将重建，这部分房屋不需要赔建永久性房屋，只需与铁路部门协商赔建临时铁路生产管理用房，南区的施工分期组织，以满足铁路运营的需要。北区要拆迁一些民用生产生活用房。

8.2 施工对建筑物的影响

车站紧邻南京火车站铁路站场，车站施工对其影响较大，施工期间严密监测铁路站场的地表沉降，配合铁路部门随时采取措施，保证铁路运营的安全。

车站北区紧邻红山宾馆，车站施工期间，应对其基础沉降作监测，若出现开裂或倾斜，应及时采取措施，确保安全。

车站过站区隧道穿越站场股道，须对股道采取加固防护，以保证隧道施工期间列车的安全正常运营。施工过程中（包括竣工初期）对围岩及支护结构、地表、地面构筑物，尤其是 8 股轨道进行严密的监控量测，以便及时获取信息，及时采取措施控制地表下沉。由于开挖破坏了地层的原始应力状态，地层单元产生了应力增量，特别是剪应力增量，这将引起地层的移动，而地层移动的结果又必将导致不同程度的地面沉降。当地面建筑物和设施的基础底部（天然地基、桩基等）地基土扩散附加应力的有效范围处于明挖基坑及隧道周围和上方土体受扰动后的塑性区时，塑性区地层的施工沉降和后期固结沉降将引起建筑物的差异沉降。当差异沉降过大，建筑物就会遭到损坏。因此，在施工前详细查清施工影响范围内的建筑物及其基础状况，以利于在施工中加强监测，对其安全性作出判断，有针对性地采取主动措施加以必要的保护。

8.3 地面建筑物的调查

8.3.1 调查内容

调查建筑物的名称、位置、所属业主、建筑物的用途、建筑物的层数（高度）有无地下室、建造时间、结构类型、内外构件有无损伤、建筑物的基础类型、基础深度、尺寸及其与隧道的相对位置关系，四层及更高层

建筑物的垂直度等。其中基础调查是重点。

8.3.2 调查方法

在施工前，成立专门的建筑物调查组，配备专业摄影师、工程师、土地测量员和建筑工程师、结构工程师等，配备照相机、摄影机、全站仪、光学裂缝测量仪等。在调查前制定详细的调查计划和调查图表，通过走访建筑物业主等有关单位，收集受调查建筑物（特别是深基础）的有关设计和竣工资料，在建筑物业主在场的情况下，用实地观测、测绘等方法来完成在工程影响范围内所有建筑物的调查工作。最后进行资料整理分析，列出图表，将调查结果提交监理工程师。

8.3.3 基础调查

地铁南京站站地面建筑物基础情况表

表 8-8-1

NO	建筑物名称	上部结构	基础形式	桩长 (m)	桩径 (m)	埋深 (m)	持力层	下卧层
1	干部职工住宅楼	五层砖混	条基			1.5		
2	住宅楼	五层砖混	条基			1.6		
3	红山饭店	六层砖混	条基			2.5	中密粉质黏土	紧密粉质黏土
4	宿舍 (一层)	砖混	条基			0.3	填土层	
5	幼儿园	框架三层	沉管灌注桩	17	0.5			
6	中山大厦裙楼框架 2 层		桩基	10~12m	0.35	摩擦桩		

8.4 车站施工需迁改的工程数量

低压架空线路 3.0km，高压架空线路 1.0km，10kV 变电台 2 座。

8.5 地面建筑物的保护

8.5.1 地面建筑物的保护标准及范围

(1) 保护标准

① 确保地表隆陷值控制在+10mm 和-27mm 以内，并应使建筑物不发生有害的沉降和倾斜。

② 建筑物下沉倾斜控制基准：根据《建筑地基基础规范》各类建筑物的允许倾斜和沉降值列于表 8-8-2。

各类建筑物允许倾斜及沉降值

表 8-8-2

建筑物结构类型	地基土类型	
	中低压缩性土	高压缩性土
砌体承重结构基础的局部倾斜	0.002	0.003
工业与民用建筑物相邻桩基的沉降差：		
砖石墙填充边排桩	0.0007L	0.001L
框架结构	0.002L	0.003L
不均匀沉降时不产生附加力的结构	0.005L	0.005L
高层或多层建筑物的基础倾斜：		
$H \leq 24\text{m}$	0.004	0.004
$24 < H \leq 60$	0.003	0.003
$60 < H \leq 100$	0.002	0.002
$H > 100$	0.0015	0.0015
高耸结构基础的倾斜：		
$H \leq 20\text{m}$	0.008	0.008
$20 < H \leq 50$	0.006	0.006
$50 < H \leq 100$	0.005	0.005
$100 < H \leq 150$	0.004	0.004
$150 < H \leq 200$	0.003	0.003
$200 < H \leq 250$	0.002	0.002
高耸结构基础沉降量（mm）：		
$H \leq 100\text{m}$	(200)	400
$100 < H \leq 200$		300
$200 < H \leq 250$		200

(注：在施工过程中，如遇有关部门对建筑物的沉降有特殊要求时，以其要求为准。)

(2) 保护范围

明挖基坑及暗挖隧道边界以外 20m 范围内的路面、地面建筑物及重要设施等。

8.5.2 重点保护对象及措施

(1) 对黄曹路的保护

拆除围挡范围内的房屋和建筑物，保留黄曹路，改建站北居民出入道路。开挖基坑土方时，先开挖黄曹路范围土方，黄曹路临时就近疏导，基坑开挖 2m 后，路面采用钢盖板覆盖，恢复通行。然后全面基坑开挖。

(2) 对南京火车站既有出站地道的保护

既有出站地道为洞身宽 4m、出入口宽 4m 的车站旅客地道，其基本站台的转角及单向出入口被挖掉，因此在其转角及出入口背面修建新的 4m 出入口。转角及出入口采用明挖法施工，基坑支护采用钢板桩支护。

(3) 对红山饭店的保护

针对地铁南京站站，地面建筑物的重点保护对象就是红山饭店。红山饭店为 6 层砖混结构，离北站区基坑边缘约 7m，其基础为条形基础，埋深 2.5m，持力层为中密粉质黏土，下卧层为紧密粉质黏土。施工期间加强严密的监测，若发现因北站区基坑开挖而造成建筑物产生一定的沉降与倾斜，危及到建筑物的安全，超过一定的限值时，在离红山饭店约 1.5~2m 的距离处加一排咬合旋喷桩，旋喷桩桩长比基坑深 4~5m，且形成封闭堵水墙。

(4) 对龙蟠路的保护

保护措施为系统注浆+跟踪深孔注浆。

① 系统注浆：基坑开挖之前在龙蟠路上依据该处地层特性布设一定的注浆孔，钻孔深度、孔径、排距及孔间距参数依地层条件而定，然后注水泥单液浆或水泥水玻璃双浆液，形成一堵止水墙，确保龙蟠路的安全。

② 跟踪注浆：即地点和时间的跟踪。即在南基坑开挖的同时，加强施工监测，依据允许的最大地面沉降值，人为设定两个参数值：一个地表最大日沉降速率和一个地表最大累计沉降值，一旦发现施工期间任何一处地表沉降值超过上述两个参数中的一个，即进行反复注浆，直到任何一处的地表沉降值小于上述的任何一个参数。

(5) 对站台及 8 股轨道的保护

II 道、VIII 道采用 D16 甲型便梁承托保护；其余轨道采用吊轨保护。

8.5.3 辅助保护方案

除上述保护方案外，尚需采取如下措施：

(1) 以建筑物调查结果和量测结果为基础，对施工前和施工初期施工引起的地层沉降及其对建筑物的影响进行精确预测。

(2) 对地表沉降和建筑物变形进行严密监测，对所有受影响的建筑物进行布点监测，并及时分析反馈。同时利用实测数据进一步修正完善地表沉降和建筑物变形的预测结果，对可能引起有害变形的建筑物作出早期预警并制定应急措施，并确定备用方案的实施与否。

9. 渗漏修补

按照招标文件要求，结构迎水面最大裂缝允许宽度为 0.2mm，背水面最大裂缝允许宽度为 0.3mm。工程施工完成后，不论裂缝宽度的大小，漏

水的裂缝及其他渗水点均应进行修补。使之完全达到防水等级要求，修补方案应首先报请监理工程师批准。

9.1 桩间或初支渗漏修补

围护结构或隧道初支完成后，可能出现局部股流及散流等较严重现象时，采用压注水泥—水玻璃双液浆进行堵漏修补。

注水泥—水玻璃双液浆：

① 注浆材料用初凝时间较短（30s 以内）的水泥——水玻璃双浆液进行注浆；采用 42.5 级水泥与水按 1：1 进行配比形成水泥浆，水玻璃与水再混合形成玻美度为 25Be' 的水玻璃溶液，最后水泥浆与水玻璃溶液按 1：1 配比形成水泥—水玻璃双液浆。

② 堵漏方法：若渗漏裂缝较大，首先用木楔，棉纱等堵塞材料进行封堵，控制水量，再喷射混凝土封闭漏水点，然后在邻近渗漏部位打孔注浆；若渗漏裂缝较小，则直接在邻近渗漏部位打孔注浆。孔径约 50mm，孔深 60~150cm。

③ 注浆时控制好注浆压力，注浆压力：0.5~2MPa。

④ 注浆终止时间为裂缝处无渗漏，需重复注浆达到此目的。

⑤ 注浆过程中要随时防止堵管，措施是不用受潮结块的水泥，浆液必须过滤，且连续压浆不使浆液在管内存留过久。

⑥ 注浆过程中密切注意结构表面有无新的裂缝产生，以便随时调整注浆压力。

⑦ 严格按照实验室浆液配合比配制浆液，以达到堵水目的。

⑧ 注浆完成后进行结构表面处理，达到验收标准。

9.2 二衬渗漏修补

9.2.1 微渗及湿渍的修补

当结构面产生微渗及湿渍现象时，可采用特殊渗透堵水涂料对裂缝进行封堵。该涂料在渗入裂缝之后能形成堵水墙，能有效地封堵住微渗及湿渍。完成之后还应对结构表面进行抹光处理。

9.2.2 渗漏及点漏的修补

当结构面产生渗流及点漏现象时，采用注化学浆液进行堵漏修补。

9.3 钻孔注浆工艺流程图（图 8-9-1）

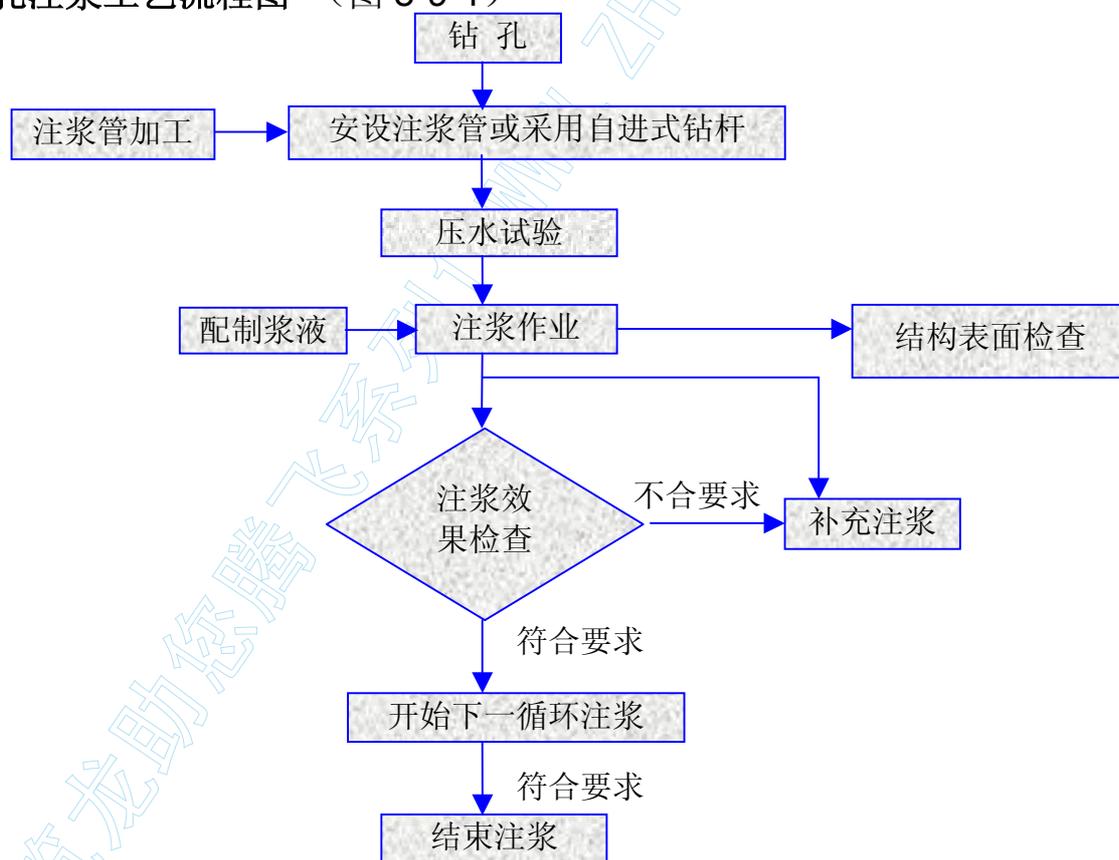


图 8-9-1 钻孔注浆工艺流程图

10. 施工测量

测量是施工的导向，是确保工程质量的前提和基础。本地铁站由南、

北明挖基坑及过站区暗挖隧道三个部分组成。暗挖隧道上方地面有 2 个站台、1 个基本站台和 8 股轨道。地面车辆、人员行走频繁，房屋密集，通视条件差，宜采用传统测量与 GPS 静态定位技术相结合的测量方法。首先采用 GPS 静态定位技术完成对业主所给导线网、水准网及其他控制点的检核；在此基础上，在南北区分别布设支导线和临时水准点，据此进行施工放样测量。再采用传统测量方法将地表的导线点、水准基点引入基坑及暗挖隧道内。施工测量严格贯彻三级测量复核制度，即局精测队精测、处精测组复核并交桩于工程项目部测量组，工程项目部测量组再行复核并负责施工放样测量，确保测量精度。

10.1 主要测量技术措施

10.1.1 地面控制测量

我方中标后，立即组织局精测队根据业主提供的工程定位资料和测量标志资料，对所给导线网、水准网及其他控制点用 GPS 静态定位技术进行复测；同时测设施工过程中使用的固定桩，并将测量成果书报请监理工程师及业主审查、批准。

10.1.1.1 引测站端导线点

利用业主及工程师批准的测量成果书由处精测组以最近的导线点为基点，引测至少三个导线点至南北站端附近，布设闭合三角导线网。

10.1.1.2 引测站端水准点

利用业主及工程师批准的水准网，由处精测组以最近的水准点为基点、将水准点引测至站端附近，测量等级达到国家二等。每端至少布设两个埋设稳定的临时水准点，以便相互校核。

10.1.2 明挖区施工测量

10.1.2.1 围护结构放样测量

根据设计提供的平面坐标，采用全圆测回法，测设围护结构中心线，并设置护桩（3个以上），再用量尺分别复核结构总长和分部长度的。

10.1.2.2 主体结构放样测量

基坑封底完成后即可进行主体结构放样测量，首先测设线路中线和法线作为结构放样的基准线，根据基线与结构（墙、柱）相对关系值，测量结构内净空及柱身中轴线，并用量尺检核墙与柱、柱与柱的距离是否与设计相符。

10.1.2.3 高程传递

采用逐级传递，结合基坑开挖进度情况，在围护结构桩体上设置临时水平点，最终控制基底标高。再用鉴定后的钢尺，挂重锤 10kg，用两台水准仪在井上下同步观测，将高程传至井下固定点进行复核。施工期间，高程传递至少进行三次。

10.1.3 暗挖隧道控制测量

利用明挖基坑事先测设的线路中线引伸进洞，结构底板放作完成后，重新恢复线路中线，作为隧道施工引伸测量之依据。由于暗挖段短于明挖段，后视距较长，因而可据此直接贯通，洞内不需另设控制点。水平基点可利用明挖结构底板，敷设至少两个水平基点，作为隧道施工测量的依据。

当掌子面贯通后，联测地上、井下导线网、水准网，并进行平差，为道床施工提供可靠的依据。

10.1.4 辅助测量

(1) 调查测定施工影响范围内的建筑物、构筑物、地下管线的确切位

置，绘出这些建筑物、构筑物、地下管线与设计隧道的平面位置关系图。

(2) 按施工场地平面布置图，对临时设施的位置准确放样。

(3) 按照设计图，准确对横通道洞门的位置进行放样。

10.2 测点的安置原则与保护

(1) 测点选在通视良好、不受施工扰动的地方。

(2) 导线和水准控制点用不锈钢或铸铁制作，导线点有明显的十字标志，水准点表面为圆球状。

(3) 在软土中，做为钢钉的测量标志应嵌入大小合适的混凝土块中，并保证永久固定。

(4) 次一级的测量标志，经工程师同意后，用钢管或木桩制做。

(5) 测量标志旁要有明显持久的标记或说明。

(6) 埋设在地下的测量标志用混凝土管或框架保护，并加盖防止泥土和雨水弄脏的装置。

(7) 测量标志如有损坏，应立即恢复。

10.3 测量精度控制措施

(1) 严格执行局、处、项目部三级测量复核制度。

(2) 项目部测量组由经验丰富、有合格资格的技术人员担任，并配备足够数量、符合精度要求的测量仪器。

(3) 所使用的测量仪器要定期到国家认可的检定部门进行检校。

(4) 测量放样的有关数据，要记录完整、清晰，并报工程师核对。

(5) 项目部测量组每周及工程师要求时向工程师提交测量报告。

第 9 章 过站区有限元分析及沉降控制措施

1. 过站区有限元分析

1.1 计算模型及计算简图

过轨区隧道采用 CRD 法施工，地质条件变化较大，选取较不利的地质断面，用有限元法进行分析。

(1) 计算模型：假定围岩为均匀、连续的弹塑性材料，塑性屈服准则采用 Drucker-Prager(D-P)准则，支护及衬砌采用线弹性材料。

(3) 计算区域：水平方向选取距离开挖洞室中心 5 倍开挖宽度作为边界，垂直方向选取距离开挖洞室中心点 3 倍开挖宽度作为边界。有限元剖分模型见图 9-1。

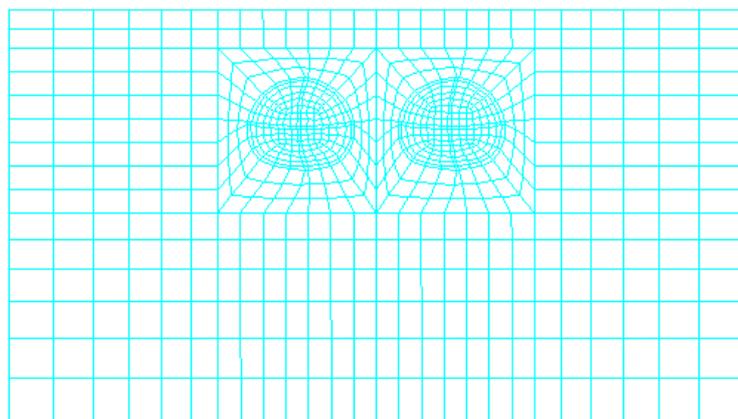


图 9-1 有限元计算模型

锚杆、管棚、注浆对围岩的加固稳定作用，采用提高加固区域的物理力学参数来模拟。

(3) 列车荷载：列车荷载按“中-活载”图式选取，活载分布在 2.5m 范围内，车头集中荷载密度为 $220 / (2.5 \times 1.5) = 58.7 \text{ kN/m}^2$ ，荷载密度最大，

不考虑竖向振动作用，从不利条件出发，用均布荷载 $58.7\text{kN}/\text{m}^2$ ，代表列车荷载。

(4) 计算参数

围岩的物理力学参数指标按照《南京站站岩土工程勘察报告》及喷锚构筑法围岩分类标准建议取值进行选取，初支及衬砌按照铁路隧道设计规范选取。

(5) 计算工况

为进行对比分析，选取以下三种工况：

- ① 隧道周边加固+考虑列车活载
- ② 隧道周边加固+不考虑列车活载
- ③ 隧道周边不进行加固。

(6) 开挖顺序：先进行右线隧道施工，右线隧道衬砌施工完毕后，进行左线隧道开挖工作。

右线隧道先开挖隧道左侧，然后进行初期支护和水平、竖向临时支护的施作，再开挖左侧下端面，依次类推，按照 CRD 法的施工顺序进行施工。

1.2 计算结果

(1) 各工况下，隧道最大位移和地表最大位移值见表 9-1。

最大位移值

表 9-1

工 况	隧道最大位移(mm)	地表最大位移 (mm)
隧道周边加固+列车活载	39.3	24.4
隧道周边加固+无列车活载	36.1	21.2
不加固+无列车荷载	47.1	27.7

(2) 在工况表 9-1 (隧道周边加固+列车荷载) 时, 典型施工阶段的位移和应力结果见图 9-2 ~9-7 。

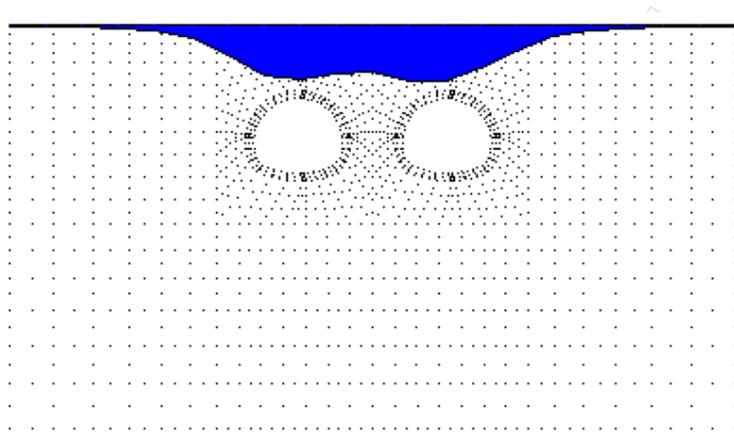


图 9-2 隧道地表沉陷图 (左、右洞施作完毕)

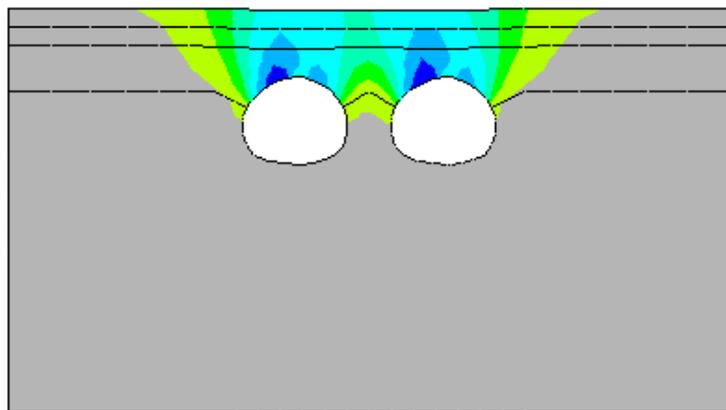


图 9-3 隧道竖向位移图 (左、右洞施作完毕)

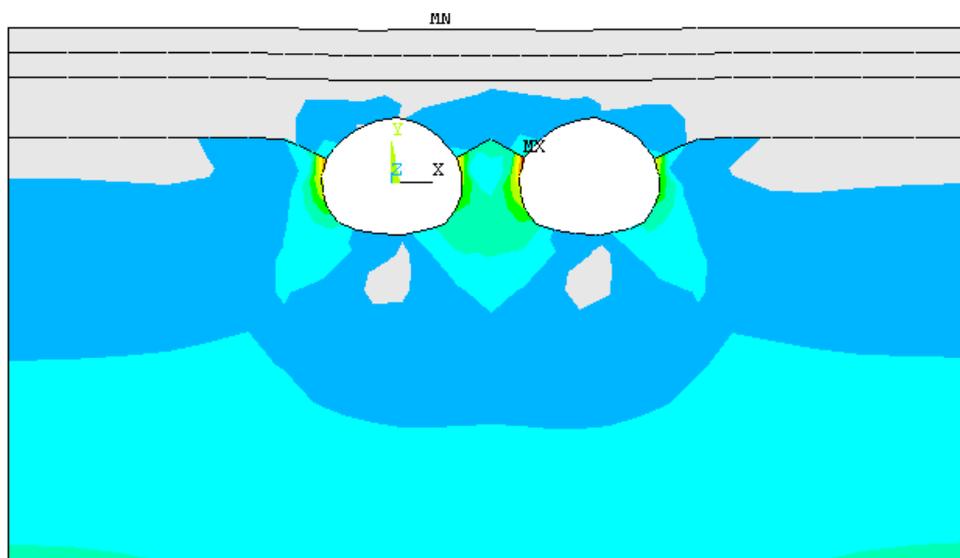


图 9-4 地层接近破坏程度（应力密度）示意图

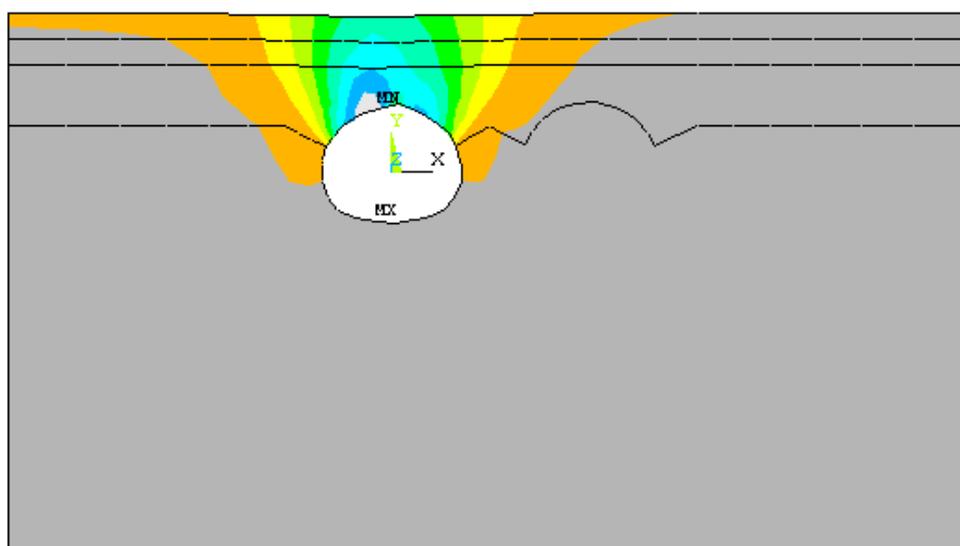


图 9-5 地层竖向位移等值线图（右洞施作完毕）

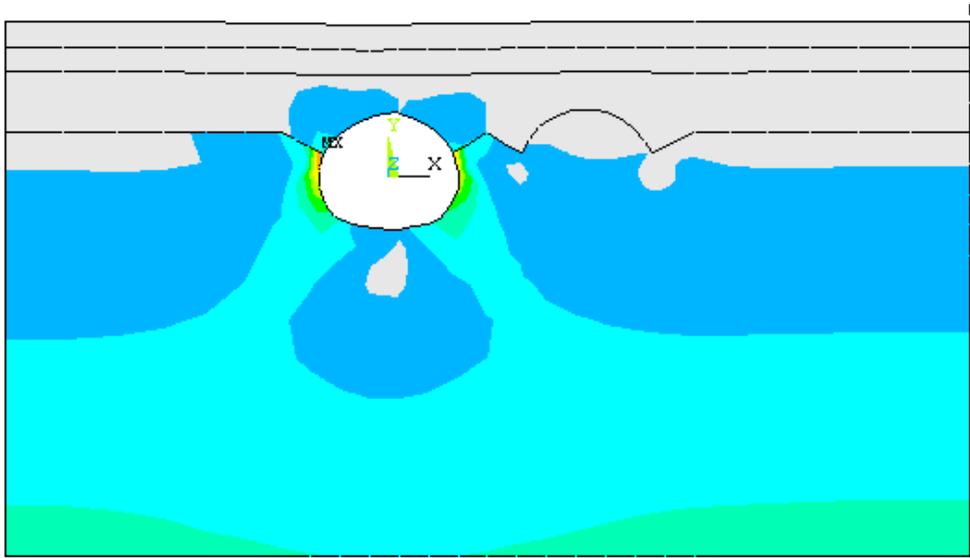


图 9-6 地层接近破坏程度（应力密度）图

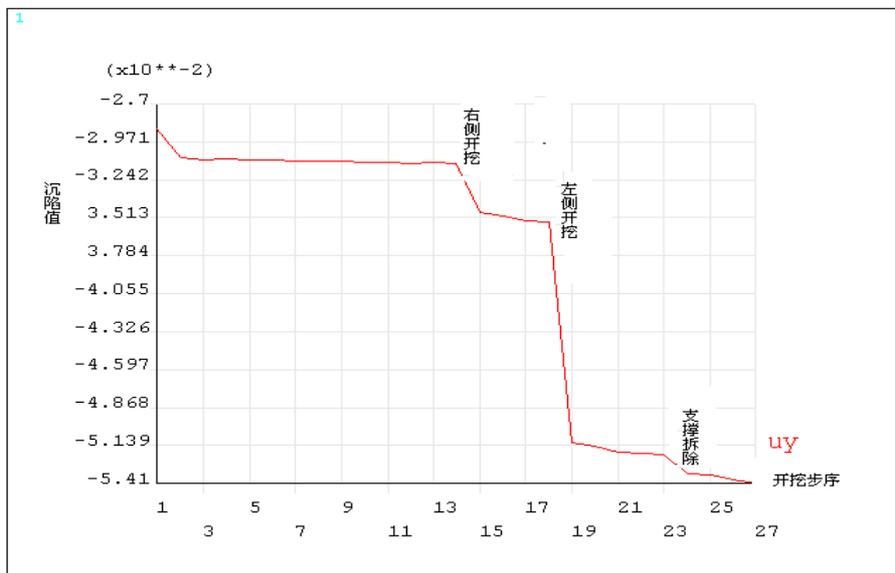


图 9-7 地表最大沉陷点的各工序沉陷情况

1.3 基本结论

- (1) 车荷载、隧道围岩加固与否等对隧道地表沉陷情况影响明显。
- (2) 隧道左右侧上断面开挖、下断面支撑拆除为地表沉陷产生的主要工序。
- (3) 通过采取围岩加固、扣轨等综合措施，过轨区隧道施工产生的地表沉降可控制在 30mm 之内，满足列车正常通行的要求。

2. 过站区沉降控制措施

过站区需过南京火车站 8 股既有铁路线和 2 个站台及 1 个基本站台。为保证铁路正常安全运营，暗挖施工隧道时，控制地表沉降、防止坍塌成为主要技术难关。现拟采取如下措施：

- (1) 暗挖隧道开挖严格遵循“管超前、严注浆、短进尺、强支护、勤量测、早封闭”的原则进行开挖支护施工。
- (2) 认真做好地质描述，预测地层变化以制定相应的施工方案，从而指导施工。初期支护及时，严格控制超前小导管注浆效果，对不良地质处的掌子面及时采用注浆封闭，防止沉降过大或坍塌。
- (3) 加强初期支护背后回填注浆，做到有效控制地表沉降量。

由于过站区对地面沉降要求高，而初期支护背后空隙难以用喷射混凝土填充密实，必将造成围岩松弛下沉，从而导致拱顶和地面下沉。为充分填充初期支护背后留下的空隙，进而控制地表沉降量，应对初期支护背后进行注浆回填处理。初期支护背后回填在全断面开挖封闭成环，喷射混凝土达到一定强度后进行。

在注浆过程中要加强对隧道净空收敛和拱顶下沉的监测，一旦出现异常应马上分析产生的原因和可能引起的后果，并及时采取相应措施。

(4) 严格控制开挖循环进尺，对不良地质地段，适当缩短开挖进尺，同时选用具有足够刚度和早强的支护设计（如适当加厚喷混凝土层）。必要时采用双层钢筋网或加密钢拱架支护措施，以控制围岩变形。

(5) 及时施作仰拱形成封闭结构，上下台阶距离严格控制在 1 倍洞径以内；为保证仰拱及早受力，仰拱设计可选用早强混凝土。

(6) 严格控制爆破，尽量减少因爆破振动对地层的扰动（必要时采取静态爆破），从而减小沉降量。

(7) 采取有效措施，严格控制拱脚下沉，保证拱部稳定。开挖时，在上台阶拱脚处设临时纵梁（具体见图 8-3-11），使上部拱架落在梁上，从而改变拱脚受力状态，保证拱部稳定。

(8) 加强监控量测，及时分析、反馈信息，以指导施工。