

论老厂房新增连铸冲渣沟基坑支护方法与实践

闫明远

河北省安装工程局有限公司

[摘要]对八钢炼钢连铸老厂房新增连铸机冲渣沟基坑支护的方法讨论, 支护方式的选定实施特点及难点。给河北安装提供新的老厂改扩建连铸机冲渣沟新的参考支护施工方法。

[关键词]人工成孔钢筋灌注桩, 冠梁, 土钉喷锚, 柱基础冠梁挡墙对称侧土压力

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.11.576

一、改扩建施工现场前置场地条件

(一) 工程概况

拟建冲渣沟位于连铸主厂房C、D轴交7-9轴, 全长48m, 宽度2.3m, 东西走向, 基础埋深7.5~8.2m, 基坑安全等级二级, 其轴线距D轴7.65m。连铸主厂房采用轻钢排架结构, 高度45~48m, 其D轴采用天然地基独立柱基础, 直接座在③圆砾层中。其中, 距离冲渣沟最近的单柱基础底板尺寸5.8×8.6m², 双柱基础底板尺寸6.9×8.6m², 基础埋深5.5~6.5m, 由东到西逐渐加深, 递增幅度0.5m。拟建冲渣沟与主厂房独立柱基础边净距2.3m; 在主厂房D轴交7东侧约8m为1#出坯操作室, 该操作室为框架结构, 独立钢筋砼基础, 尺寸2×2m², 埋深2.7m, 地基持力层为压实填土及③圆砾层; 在主厂房7轴处建有地下通人口, 往北逐级往下通往既有冲渣沟, 拟建冲渣沟将与该既有冲渣沟对接; 跨地下通道往西约2.9m有一南北向电缆沟, 宽度约1.0m, 电缆沟往西2.0m建有一高度约2.5的液压站, 基础埋深约2.0m, 地基持力层为经过处理的素填土层。

现场基坑开挖深度已达4m, 周边边坡按1:0.5~1.0放坡, 局部有坍塌现象, 要求对该地段深基坑进行支护设计采用“桩+冠梁内支撑挂网喷锚支护”措施。

(二) 场地岩土构成

根据勘察报告, 场地土的主要由杂填土、含角砾黄土状粉土、圆砾构成, 最大勘探深度20.0m范围内, 未见地下水, 主要持力层第三层描述如下:

第③层圆砾: 棕灰色、褐灰色、深灰色, 该岩土层在场地内广泛分布。该土层埋深为0.50~6.20m, 揭露最大厚度22.90m。骨架颗粒含量约占总质量的60~70%, 混较多粒径30~180mm的卵石, 可见部分粒径约200~600mm的漂石。中夹卵石、漂石薄层及砾砂、粉细砂透镜体。母岩成份以花岗岩、灰岩、闪长岩等硬质岩石为主, 中等磨圆度, 呈微风化状。充填物以粗砂、细砂为主, 局部以粉土为主, 个别层位无充填物。C=6KPa, φ=43°, γ=22.5KN/m³

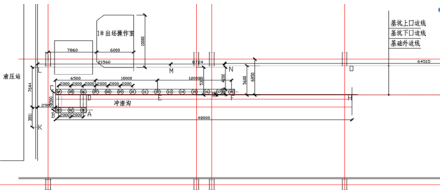
二、冲渣沟基坑的工程支护方案选定

因大开挖基槽必将D轴-5.5m柱基础底部掏空无法施工, 对于新疆戈壁土的支护施工无法采用地下连续墙、钢板桩、水泥搅拌桩方法, 只能采用人工成孔钢筋灌注桩竖向挡墙, 及土钉或拉锚喷锚支护方式选用, 后确定为人工成孔灌注桩间隔喷锚加冠梁的方法进行施工。

三、冲渣沟基坑支护方案设计与实施

(一) 基坑支护设计及实施

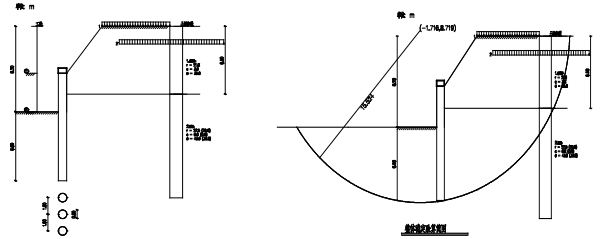
1. 对距既有建筑物仅2.9~5.8m的AB、BC、CD段, 采用放坡+内支撑排桩+挂网喷浆支护方案;
2. 对无地面荷载, 但受主厂房柱基影响的DE、EF段, 采用放坡+悬臂排桩+挂网喷浆支护方案;
3. 对周边空旷, 具备放坡条件的IJ、JK、FG段直接进行放坡
4. 对现场已开挖深度大于-3.0m及基坑坡面坡度大于1:1.0地段, 按设计排桩冠梁底标高及坡面设计坡度重新填土并压实至设计标高及坡度。



(二) 内支撑排桩及悬臂排桩冠梁计算式

1. 出坯操作室及其他排桩支护方案排桩支护

[整体稳定验算]



计算方法: 瑞典条分法 应力状态: 有效应力法
条分法中的土条宽度: 0.40m

圆弧半径(m) R = 15.524 圆心坐标X(m) X = -1.716 圆心坐标Y(m) Y = 8.719

整体稳定安全系数 K_s = 2.123 > 1.30, 满足规范要求。

[抗倾覆稳定性验算]

抗倾覆(对支护底取矩)稳定性验算:

$$K_{ov} = \frac{M_p}{M_a}$$

M_p—被动土压力及支点力对桩底的抗倾覆弯矩, 对于内支撑支点力由内支撑抗压力决定; 对于锚杆或锚索, 支点力为锚杆或锚索的锚固力和抗拉力的较小值。

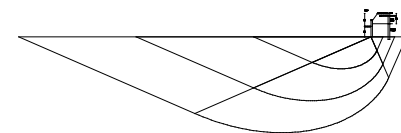
M_a—主动土压力对桩底的倾覆弯矩。

工况

$$K_{ov} = \frac{6303.509}{1885.908} \quad K_{ov} = 3.342 > 1.200, \text{ 满足规范要求。}$$

最小安全K_{ov}=3.342 > 1.200, 满足规范抗倾覆要求。

[抗隆起验算]



1) 从支护底部开始, 逐层验算抗隆起稳定性, 结果如下:

$$K_s = \frac{\gamma m_2 l_d N_q + c N_c}{\gamma m l (h + l_d) + q_0} \geq K_b \quad N_q = \left(\tan \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \right)^2 e^{\pi \tan(\phi)}$$

$$N_c = \left(N_q - 1 \right) \frac{1}{\tan(\phi)}$$

支护底部, 验算抗隆起:

$$K_s = (22.500 \times 6.600 \times 99.014 + 6.000 \times 105.107) / (22.209 \times (3.700 + 6.600) + 187.326) = 36.855$$

K_s = 36.855 ≥ 1.600, 抗隆起稳定性满足。

[嵌固深度构造验算]

根据公式: 嵌固构造深度=嵌固构造深度系数×基坑深度
= 0.800 × 8.200 = 6.560m

嵌固深度采用值6.600m > 6.560m, 满足构造要求。

[嵌固段基坑内侧土反力验算]

工况1: P_s = 426.644 ≤ E_p = 9715.806, 土反力满足要求。

工况2: P_s = 716.969 ≤ E_p = 4244.460, 土反力满足要求。

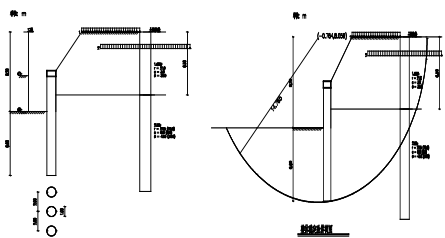
式中：Ps为作用在挡土构件嵌固段上的基坑内侧土反力合力(kN)；

Ep为作用在挡土构件嵌固段上的被动土压力合力(kN)。

2. 2.0m端头 支护方案

排桩支护

[整体稳定验算]



计算方法：瑞典条分法

应力状态：有效应力法

条分法中的土条宽度：0.40m

圆弧半径(m) R = 14.765 圆心坐标X(m) X = -0.764

圆心坐标Y(m) Y = 8.059

整体稳定安全系数 $K_s = 2.484 > 1.30$ ，满足规范要求。

[抗倾覆稳定性验算]

抗倾覆(对支护底取矩)稳定性验算：

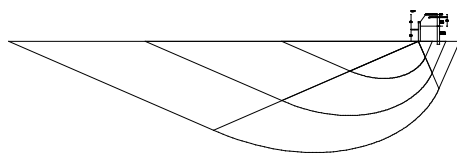
$$K_{ov} = \frac{M_p}{M_a}$$

工况1: $K_{ov} = \frac{6303.509}{1966.713}$ $K_{ov} = 3.205 > 1.200$ ，满足规范要求。

求。

最小安全 $K_{ov} = 3.205 > 1.200$ ，满足规范抗倾覆要求。

[抗隆起验算]



1) 从支护底部开始，逐层验算抗隆起稳定性，结果如下：

$$K_s = \frac{\gamma_m 2^l d^N q + c N_c}{\gamma_{ml} (h + l_d) + q_0} \geq K_b$$

$$N_q = \left(\tan \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \right)^2 e^{\pi \tan(\varphi)} \quad N_c = (N_q - 1) \frac{1}{\tan(\varphi)}$$

支护底部，验算抗隆起：

$K_s = (22.500 \times 6.600 \times 99.014 + 6.000 \times 105.107) / (22.153 \times (4.200 + 6.600) + 142.030) = 40.218$

$K_s = 40.218 \geq 1.600$ ，抗隆起稳定性满足。

[嵌固深度构造验算]

根据公式：嵌固构造深度=嵌固构造深度系数×基坑深度=0.800×8.200=6.560m

嵌固深度采用值6.600m > 6.560m，满足构造要求。

[嵌固段基坑内侧土反力验算]

工况1: $P_s = 884.391 \leq E_p = 11430.359$ ，土反力满足要求。

工况2: $P_s = 953.274 \leq E_p = 4993.483$ ，土反力满足要求。

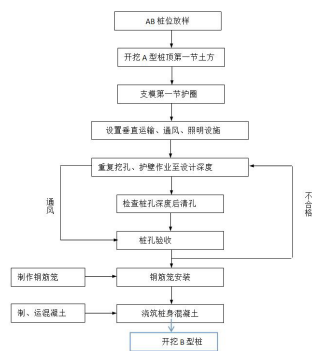
式中：Ps为作用在挡土构件嵌固段上的基坑内侧土反力合力(kN)；

Ep为作用在挡土构件嵌固段上的被动土压力合力(kN)。

四、人工成孔灌注桩冠梁及喷锚施工

(一)人工成孔支护桩施工工艺流程

根据挡土支护方案，支护桩施工采用人工成孔灌注桩施工工艺，其人工挖孔桩的主要作业流程如下页图：



支护桩人工成孔施工工艺流程图

(二)喷锚支护工艺流程

施工准备---第一层土方开挖---人工坡面修整---放线定孔---钢筋网片制安---焊接拉结筋---喷射面层---进入第二层土方开挖，其施工程序即为重复第一层喷锚施工程序直至基坑底。

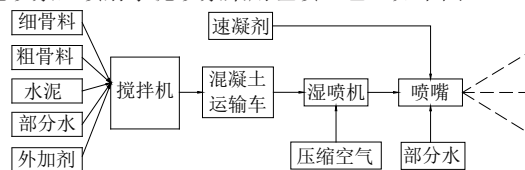
(三)桩锚支护桩工艺流程

施工准备---土方开挖---人工修坡---放线定孔---钢筋网片制安---焊接拉结钢筋---喷射面层---放线定位灌注桩---旋挖成孔(同时钢筋笼加工)---下放钢筋笼并关注混凝土---冠梁施工---桩间土挂网喷浆---桩上水钻成孔---循环挂网喷浆，开挖至基底。

基坑灌注桩桩顶设置钢筋混凝土冠梁，冠梁截面尺寸为、600mm×1000mm(高×宽)。冠梁分布于排桩桩顶，沿基坑设置，混凝土强度等级为C30。

(四)桩间喷砼

土方开挖过程中，桩间及时喷射混凝土，喷混前在桩间挂钢板网。钢板网与钻孔灌注桩用植筋，竖向沿桩1.0米，结构拐角处等不易挂网片的地方可根据现场实际情况加密螺栓。网片与膨胀螺栓采用焊接连接，焊接应牢固。喷射50mm厚的M10水泥砂浆，喷射水泥砂浆采用湿喷工艺。如下图：



1. 植筋端部与Φ14mm通长固定筋焊接牢固，同时双向筋互焊。

2. 钢筋网片应延伸至地表面并伸出边坡线1m，网片端头应固定牢固，钢筋网搭接300mm。

3. 喷射水泥砂浆前应对机械设备等进行全面检查及试运转，清理受喷面，设好控制喷层厚度的标志。

4. 喷水泥砂浆应分段分片依次进行，同一段内喷射顺序应自下而上，段片之间，层与层之间做成45度角的斜面，以保证细石混凝土前后搭接牢固，并凝结成整体。

5. 喷射水泥砂浆时，喷头与受喷面保持垂直，并保持0.6~1.0m的距离；保持喷射水泥砂浆表面平整，湿润光泽，无干斑或滑移流淌现象。在钢筋部位，应先喷填钢筋后方，然后再喷填钢筋前方，防止在钢筋背面出现空隙。

6. 喷射水泥砂浆终凝2小时后，应及时浇水养护，保持其表面湿润。冬期施工时应及时覆盖塑料薄膜及草毡子，以防止喷射水泥砂浆受冻。

五、结束语

通过本次人工成孔灌注桩联合冠梁喷锚及土钉锚杆沟槽支护施工，经过现场技术人员检测，未发生正在生产的厂房柱行车梁及旁侧建筑物发生位置偏移。老厂房新增连铸机冲渣沟基坑的边坡支护施工完美地完成了历史使命。

参考文献：

[1]马小平.连铸机冲渣沟基坑支护设计实例分析.岩土工程界.2009