

吹沙填海场地地下水位控制

何子房 陈永胜

(中国五冶集团有限公司)

【摘要】本文主要介绍首钢京唐球团工程无砂管井降水的应用情况。无砂管井井点降水因具有排水量大、降水深、井距大、成本等优点，非常适合地下水渗透性大的基坑的地下水位控制，曹妃甸吹沙填海场地，本文介绍的技术在这一区域有一定的实用性。

【关键词】吹沙填海场地；地下水位控制；无砂管井井点

1、工程概况

首钢京唐公司球团项目焙烧主厂房为钢结构框架结构，轴线占地长 161.5m，宽 16m，建筑面积 9200m²；主厂房基本柱距 6m，最大柱距 7.0m。9.5 米以下三跨，最大跨距 8 米，9.5 米以上一跨，跨距 16 米。焙烧主厂房为钢结构排架结构，柱基础采用混凝土独立基础。地基处理采用钻孔灌注桩。基础埋深 5 米。

工程地位于滨海滩涂区，地质报告表明，施工范围内地层从上至下主要为：杂填土，平均层厚 3.14 米；人工吹沙填海：平均层厚 5.21 米；粉细砂：平均层厚 20.03 米。本场地在吹填之前被海水淹没，经吹填并夯实，使地面抬高，地下水位海水深度在 0.0-2.67m 之间，勘察区内 20m 深度范围内地层主要为砂层，其地下水与海水有密切联系。人工吹沙填海层、粉细砂层渗透系数 K=3.0-4.0m/d。

本工程地下水位高、受近海潮汐影响水源丰富水头压力大，基底为沙性土质，基础施工时地下水控制不力可能导致基坑流砂管涌。根据此工程特点控制地下水是本项目基坑工程施工中关键问题。

2、降水方案设计

2.1 降水要求

本工程基坑采用放坡大开挖，为保证基坑施工过程中干作业，务必保证使地下水位降到基底 1.0m 以下。综合考虑最小降水深为 6m。

2.2 降水方案初选

基坑降水常用的有明沟降水、轻型井点和管井井点降水。基坑明沟降水不适用于本工程的降水深度和砂质地基条件；本工程基坑面积大，基坑平面布置复杂，本工程基坑土砂质土，渗透系数较大，轻型井点也不适用；管井井点降水具有排水量大、降水深、不受吸程限制、井距大等优点正适合本工程，考虑到施工成本和工程所在的降水经验，因此，本工程采用无砂管井井点降水。初步确定无砂管井井点直径为 300。在基坑开挖时我们也设计明沟，用于收集基坑中和坑壁局部渗出的地下水和其它施工时的地下水。

2.3 基坑涌水量计算和井点设计

基坑降水的涌水量与场地水文地质条

件、基坑的形状大小及补给水边界条件等有关。本工程基坑工程长度与宽度之比小于 5，于是将其化成假象半径为 X₀ 的圆形井， $X_0 = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 50.5$ (m)。根据工程地质勘察报告所提供的工程水文地质条件，本工程降水按无压完整井计算。

a、最小要求降水 S。S=6m

b、影响半径 R=1.95S√HK，渗透系数 K 取降水深度范围内各土层的渗透系数加权平均值，经计算取 K=3.7m/d。H=25.24(m) 所以 R=1.95S√HK=110.2 (m)

c、基坑涌水量。

由无压完整井基坑涌水量计算公式知 Q 为：

$$Q = \frac{1.366K(2H-S)}{\lg \frac{R}{X_0}} S = 3980.24m^3/d = 0.033 m^3/s$$

d、深井单位长度进水量 q 为：q=2πrk/15=0.000026m³/s

e、深井进水过滤器需要的总长：Q/q=2270m

f、确定深井井点数量：取深井滤管长度 10=3m，18×3=54m，所以设 18 口深井。

g、井点管埋设深度 H₀>S+i×R+l₀=10m，深井井点的布置要考虑工程的平面尺寸经多次试排后，确定的 34 个井点如焙烧主厂房挖土及降水平面布置图，该布置的总涌水量 Q=4376.9>3980.24。

按图布置计算的总涌水量与前式计算的总涌水量相近，故总涌水量、深井井点数和布置距离满足工程降水要求。

以上各式中：

A——基坑面积，m²

Q——基坑涌水量，m³/d

K——含水层渗透系数，m/d

H——潜水含水层水头高度，m

S——地下水位要求降水深，m

R——影响半径，m

H₀——井点管的埋设深度，m

i——地下水降落坡度

X₀——基坑的假想半径，m

q——单井单位长度出水量，m³/d

l₀——过滤器工作部分长度，m

r_i——各井点管至水位降深验算点之间的距离，m

h. 抽水设备选择。

管井井点降水每一个管井单独用一台水泵进行抽水以降低地下水位。由于本工程降水深度较大，考虑到潜水泵安装简单、耗能少、效率高、成本低，可采用深井泵式潜水泵。根据管井井点的进水量，选用主潜水泵（螺杆抽水泵）的具体参数：

流量为：8m³/h

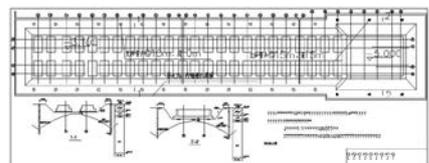
扬程为 50m，配用功率为 1KW

转速为 2000r/min

沥料采用直径 2mm 以上的粗砂。

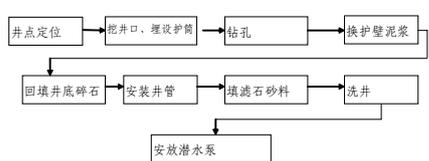
2.4、方案确定

根据基坑涌水量的理论计算和降深验算的结果，结合本工程的特点，在基坑外围设沿纵向设内径 φ300 的无砂管井 (E20~E250 段深 10m，间距 10m；E250~E300 段深 15m，间距 15m，风机系统主烟囱基坑在四周设 4 口 15m 深井)，每口井内放一台潜水泵疏干基坑内水。在基坑开挖前的 7~10 天开始降水，24 小时不间断，在基坑中间部位设 3 个水位观测井观测地下水位变动情况。由于场地吹沙填海土质渗透性大，因此在基坑四周设 1000x1000 排水沟，沟内铺塑料薄膜，做降水排水沟用，排水沟与厂区排水管网相连，排入管网前需经沉沙处理。



3、降水施工

3.1 管井施工流程



3.2 管井施工工艺

a) 降水井管采用 GPS-15 型钻机成孔，钻头直径 φ600。井管长度为 10~15m，井管直径 φ300，成孔深度超出管井深 500~1000mm。

b) 成孔时采用自成泥浆护壁成孔，成孔前应在井点处埋设护筒，并测好护筒及机高以保证孔深能满足降水要求。

c) 钻孔完毕后应进行清底，清孔采用反循环清孔，清孔时间控制在 45 分钟以上，并要求将孔内泥浆比重控制在 1.2 以内方可进入下道工序。

d) 清孔完毕后应静置 10 分钟左右，让孔内泥块充分沉淀后进行填碎石（粒径 20~40mm），并严格控制碎石标高。填入 0.50m 厚中粗砂后，用三脚架将无砂井管吊入孔内，并扶正，沿井管周围均匀地回填中粗砂夹瓜子片，以保证其有良好的滤水性能，确保降水效果。

e) 井管四周填砂至自然地面以下 800mm，自然地面以上 800mm 用粘土封口。

f) 每口井内设一潜水泵。待无砂井管固定后，立即组织人员下泵、封井和接通抽水管，具备条件后马上进行井管降水泵的试运转。

g) 封闭井点施工完, 并运转满 10 天后进行基坑开挖。

3.3 管井施工技术措施

a) 井点管理设完毕, 应及时接通抽水设备, 接头要严密, 并进行试抽水, 检查有无漏气、淤塞等情况, 出水是否正常, 如有异常情况, 应检修好方可使用。

b) 井点运转后, 应保证连续不断地抽水, 并应有双电源, 以防断电。

c) 井点运转后 5 天内, 每天安排专人检查井点情况, 发现有坏死井点及时进行处理。

d) 安排专人 24 小时连续看泵。并做好运行记录。

4、降水效果

井点降水 21 天后, 降水深度达到自然地坪下 6m, 开挖基坑时, 土质较干燥, 在空气中暴露 2 天后, 土面坚硬, 边坡稳定, 未出现流砂管涌现象, 为基础施工创造了

良好条件。



5、结束语

基坑降水工程设计, 根据土层的渗透

系数, 要求降水的深度和工程特点, 经过技术、经济和节能比较后确定, 但由于土层地质条件的复杂性, 有关计算参数如土层的渗透系数 K 和抽水影响半径 R 等取值是否正确将影响井点系统涌水量计算结果的准确性, 从而致使目前基坑降水工程设计在技术、经济上不够合理的情况是相当普遍的。降水实践中要采用信息化施工, 定时检测降深、出水量, 采用抽水试验验证降水效果, 以便进一步优化降水设计的施工方案。

参考文献

- [1] 上海五冶首钢京唐项目部球团降水施工方案, 2008 (7)
- [2] 江正荣, 建筑施工计算手册. 中国建筑工业出版社, 第一版
- [3] 赵志缙、应惠清, 简明深基坑工程设计手册. 中国建筑工业出版社, 第一版

(上接 22 页) 控制回填压实度, 确保承台地基土承载力特征值 $\geq 300\text{kPa}$;

4.1.2 试验承台

为确保试验承台的施工质量, 施工前先浇筑 10cm 厚 C15 混凝土垫层, 承台底层设置 1 层纵向 14@100mm、横向 8@150mm 钢筋网, 同时为提高承台混凝土强度, 将承台混凝土标号由原设计 C25 提高到 C30 标号;

4.1.3 试验桩桩帽

试验桩桩帽直径采用 1.7m, 厚度 70cm, 嵌入桩头 40cm, 设 3 层 10@100mm 钢筋网, 采用高标号 C50 混凝土浇筑成型。

4.2 实验过程

4.2.1 吊装

采用 25t 汽车吊将预制混凝土加载块从预制场吊装到汽车, 再运输至试验现场, 然后再用 25t 汽车吊配合人工, 将预制块吊装到试验平台上, 在整个调运过程中, 严格按照操作规程进行, 确保不发生安全事故。

4.2.2 试验加载

待所有试块堆载完成后, 才能进行试验加载, 加载过程采用 2 台型号、规格相同的 1500T 油压千斤顶并联同步工作。具体如下图:



4.2.3 加载过程

三根试验桩的分级荷载 2200kN, 逐级等量加载, 第一级荷载 2200kN, 待桩体发生滑移, 且沉降突破试验规范要求的 40mm 后, 终止加载, 再根据最大加载量和数据的分析整理, 计算确定侧摩阻系数。

5. 侧摩阻实验结果

5.1 数据整理

为保证数据的合理, 对试验读取的钢

筋计和土压力盒数值的各桩、各阶段、各级数据分钢筋、分段面进行了如下整理汇总。

5.1.1 对单点异常数据 (偏离达 5—15 倍) 作瞬间干扰异常处理, 直接删除;

5.1.2 对单端面 (通道) 异常作为短期干扰异常采取合并断面处理;

5.1.3 对通道离散较大异常数据, 采用荷载稳定后数据进行统计。

5.2 实验结果

通过对数据进行以上整理后, 再根据工程地质手册经验值比例及地层层后比例, 加权分配侧摩阻力再除以相应的桩周面积计算得出侧摩阻力, 桩侧各岩土层分层极限抗压摩阻力检测成果表如下:

6. 结束语

通过以上实验, 确定了桩基实际摩阻力为: 卵石层 52.8kPa, 岩石层 63.8kPa。设计单位根据实际试验摩阻力, 重新对设计桩长进行了调整, 结合实际施工对调整后的工程桩再次进行了堆载试验, 实验结果完全满足工程需要。

由于桩基工程完全位于地下, 特别是当位于复杂地质条件时, 设计前期的地质勘探资料并不能完全反映地下的实际情况, 再加上桩基施工不同的施工工艺会对桩基的侧摩阻力有不同的影响, 故建议在桩基设计前, 最好能够通过实际试验确定在实际施工工艺的侧摩阻系数, 以便从根本上保证桩基承载力满足设计要求。

试验桩	极限总侧摩阻力 (kN)	断面	深度 (m)	长度 (m)	岩土名称	断面轴力 Q (kN)	分层侧摩阻力 (kN)	极限抗压摩阻力 (kPa)	加权平均极限抗压摩阻力 (kPa)
S1	8414	V ₁	4.9		/	13267	/	/	/
		V ₂	9.91	5.01	卵石	12580	687	29.1	65.1
		V ₃	14.81	4.9		9244	3336	144.5	
		V ₄	19.71	4.9		8727	517	22.4	
		V ₅	22.76	3.05	砂岩	8088	639	44.5	44.5
		V ₆	26.76	4	砂岩	7960	128	6.8	6.8
		V ₇	28.66	1.9	泥、砂岩	7315	645	72	72
		V ₉	35.3	6.64	泥、砂岩	6986	329	10.5	10.5
		S2	3404	V ₁	5.04		/	7800	/
V ₂	9.93			4.89	卵石	6980	820	35.6	22.3
V ₃	14.82			4.89		6420	560	24.3	
V ₄	19.71			4.89		6261	159	6.9	
V ₅	23.36			3.65	泥岩	6260	51	3	11.7
V ₇	30.66			7.3		5656	554	16.1	
V ₈	35.44			4.78	砂岩	4396	1260	55.9	55.9
S3	8656			V ₁	5.5		/	18538	/
		V ₂	9.88	4.38	卵石	18505	33	1.6	73.3
		V ₃	14.18	4.3		17473	1032	50.9	
		V ₄	14.48	4.3		14055	3418	168.7	
		V ₅	22.58	4.1	泥岩	12660	1395	72.2	72.2
		V ₆	27.08	4.5	砂岩	12640	20	1	63.8
		V ₇	31.48	4.4		11285	1355	65.3	
		V ₈	35.9	4.42		8656	2629	126.2	
卵石层加权平均侧摩阻力 (kPa)					52.8				
岩石层加权平均侧摩阻力 (kPa)					63.8				