



交通运输部烟台打捞局
中国海洋工程烟台公司

超大风电升压站海上安装技术分析

烟台打捞局 技术中心：邓伟

2021年10月

海洋工程承包商 海洋服务提供商

Contractor of offshore engineering project supplier of offshore services



1. 工程背景



2. 导管架吊装



3. 立桩、插桩



4. 导管架调平



5. 灌浆防漏浆控制



6. 结语

1. 工程背景



近年来，清洁能源兴起，海上风电作为新能源的一种，发展迅速，烟台打捞局作为重要的海上施工力量，于2015年开始布局海上风电产业，业绩如下：

序号	项目名称	施工性质	合同甲方	施工时间
1	国电投山东半岛南3号海上风场部分标段	施工分包	山东院	2021年
2	华能山东半岛南4号海上风场部分标段	施工总包	华能	2020-2021年
3	中船重工大连庄河 II 海上风场部分标段	施工分包	中船重工&华东院联合体	2020-2021年
4	华能射阳南H1海上升压站	租船合同	中海油	2020年
5	山东半岛南海上风电测风塔	施工总包	山东院	2019-2020年
6	长乐新A区海上测风塔	租船合同	广州打捞局	2019年
7	中电投大丰H3海上升压站	施工分包	华电重工	2018年
8	福建南日岛风机基础施工	租船合同	龙源振华	2017-2018年
9	国家电投滨海北H2海上升压站	施工分包	华电重工	2017年
10	三峡江苏响水海上升压站	租船合同	中海油	2015年

1. 工程背景



交通运输部烟台打捞局
中国海洋工程烟台公司

在一个海上风电场中，所有风机发的电将汇聚至海上升压站，由升压站输送至陆地，因此海上升压站可称作整个风电场的“心脏”。海上升压站安装关系到首批机组并网，其施工顺利与否对整个项目进度与质量起着举足轻重的作用。

本文以江苏盐城大丰H3海上升压站工程为例，讨论海上升压站安装中常见的施工技术难题。



海洋工程承包商 海洋服务提供商

Contractor of offshore engineering project supplier of offshore services

1. 工程背景



交通运输部烟台打捞局
中国海洋工程烟台公司

大丰H3风电场（中心）距海岸线直线距离约43km，场区水深约8~14m。

该升压站为先放导管架后打桩基础形式，在其施工过程中，**导管架吊装、钢桩立桩插桩、导管架调平以及灌浆防漏浆控制**是较为重要的四个环节，在基于传统施工工艺的基础上，本项目针对各施工环节遇到的难题提出了较为新颖的施工思路。



海洋工程承包商 海洋服务提供商

Contractor of offshore engineering project supplier of offshore services

2. 导管架吊装



? ? 难点:

由于设计建造原因，导管架偏心较大，若采用现有相同长度的钢丝绳索具，利用单钩或双钩吊装时，导管架将出现严重倾斜。无法进行导管架装船或海上安装。理论上可以根据偏心位置定制不同长度的钢丝绳，但由此将影响项目进度及施工成本。

解决思路:

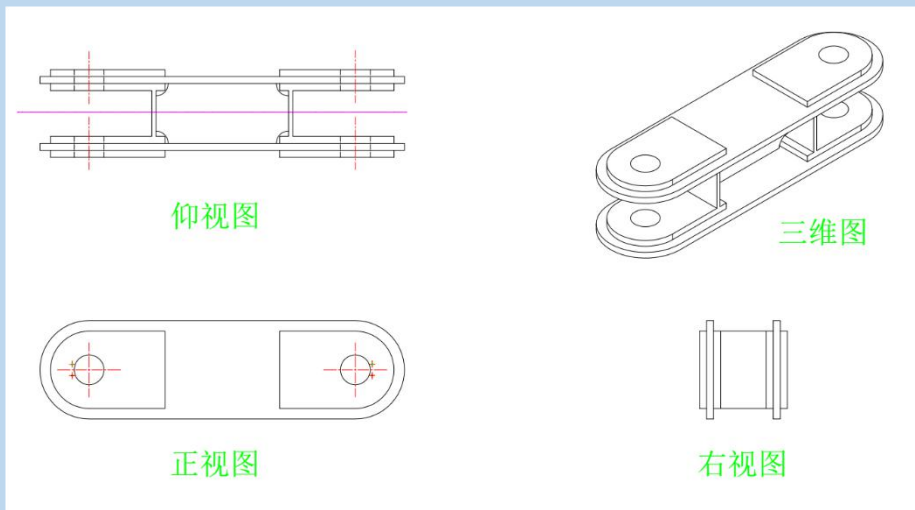
根据偏心位置算出不同索具之间长度理论关系，制作了四只长度不一的连接件，连接件与现有长度一致的钢丝绳索具搭配连接使用，通过连接件的长度不同来调整最终吊装索具的长度。



2. 导管架吊装



交通运输部烟台打捞局
中国海洋工程烟台公司



连接件设计



连接件制作



连接件成型

对连接件进行受力分析，计算结果表明强度满足吊装要求。

连接件结构	允许应力 (Mpa)	实际受力 (Mpa)	实际安全系数	要求综合安全系数	是否满足要求
连接件主体	415	225	1.84	1.79	满足要求
销轴	930	381	2.44	1.79	满足要求

海洋工程承包商 海洋服务提供商

Contractor of offshore engineering project supplier of offshore services

2. 导管架吊装



交通运输部烟台打捞局
中国海洋工程烟台公司

实际吊装时，导管架底部高差最大约15cm，满足吊装要求。吊装连接件相比于采购钢丝绳节省了工期和成本。



导管架码头吊装



导管架海上吊装

海洋工程承包商 海洋服务提供商

Contractor of offshore engineering project supplier of offshore services

3. 立桩、插桩



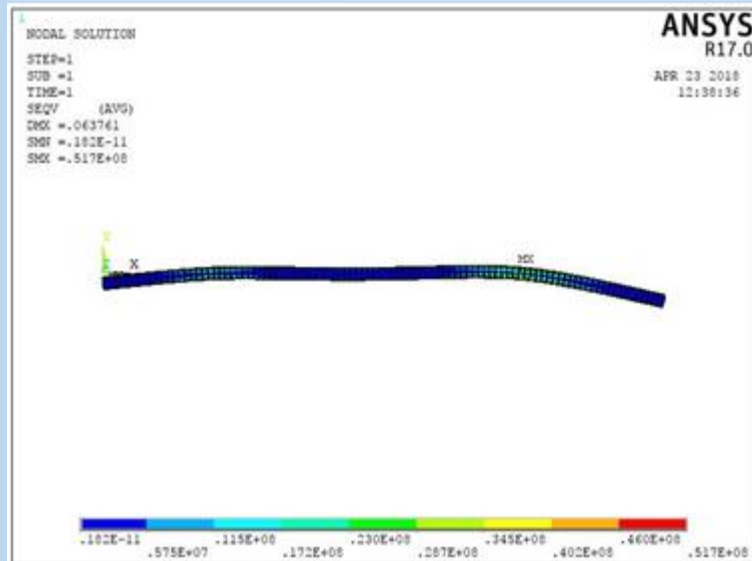
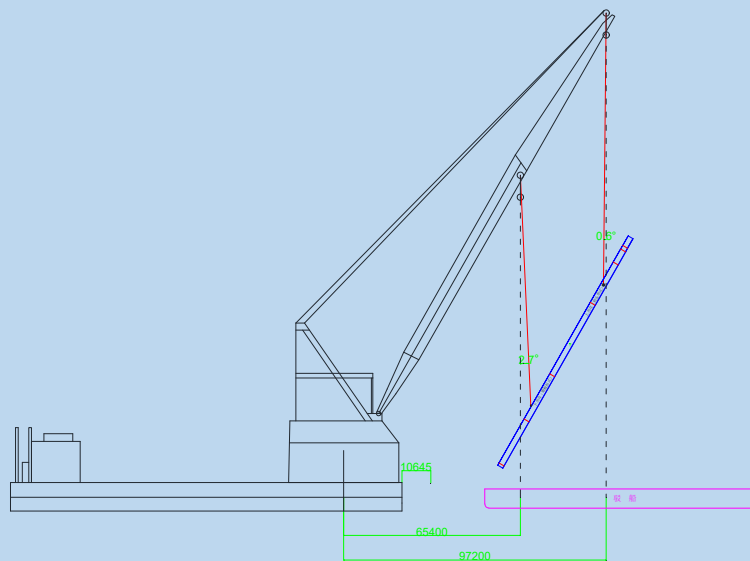
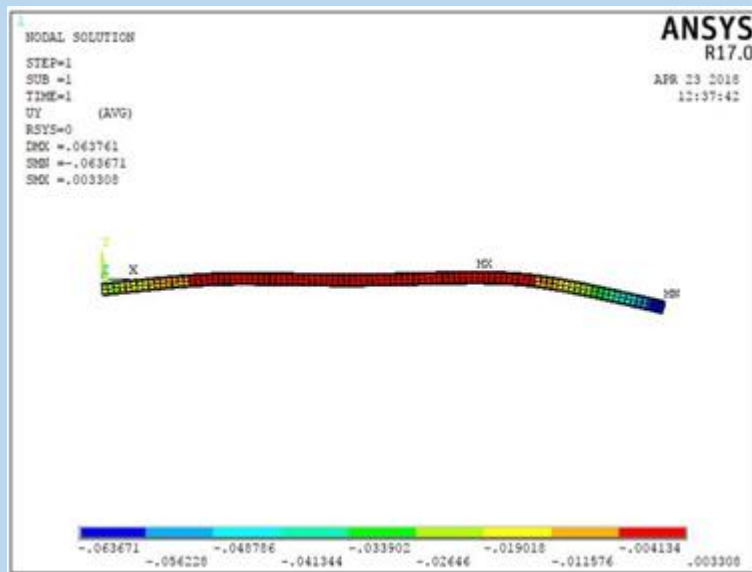
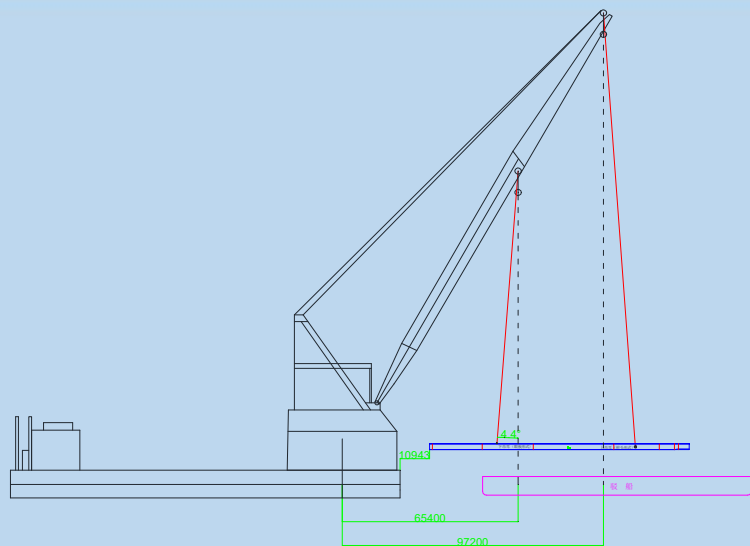
? ? 难点:

钢桩长96.5m，重约220T，需从导管架顶部插桩，对施工船机吊高要求高；传统的立桩工艺为两浮吊配合立桩或单钩立桩同时桩底设置滑车辅助，前者需两艘浮吊，增加施工成本，后者将导致钢桩弯曲应力或变形超出设计要求；四钢桩插桩后同时在位会存在相互干扰情形。

解决思路:

选取吊高满足要求的施工船，利用同一臂架上的主副钩配合立桩，同时合理设置吊点位置，确保钢桩弯曲应力及变形满足要求。先插打两根对角桩，打桩至均入泥至少25m后再插剩余两根桩，避免四桩相互干扰情形。

3. 立桩、插桩

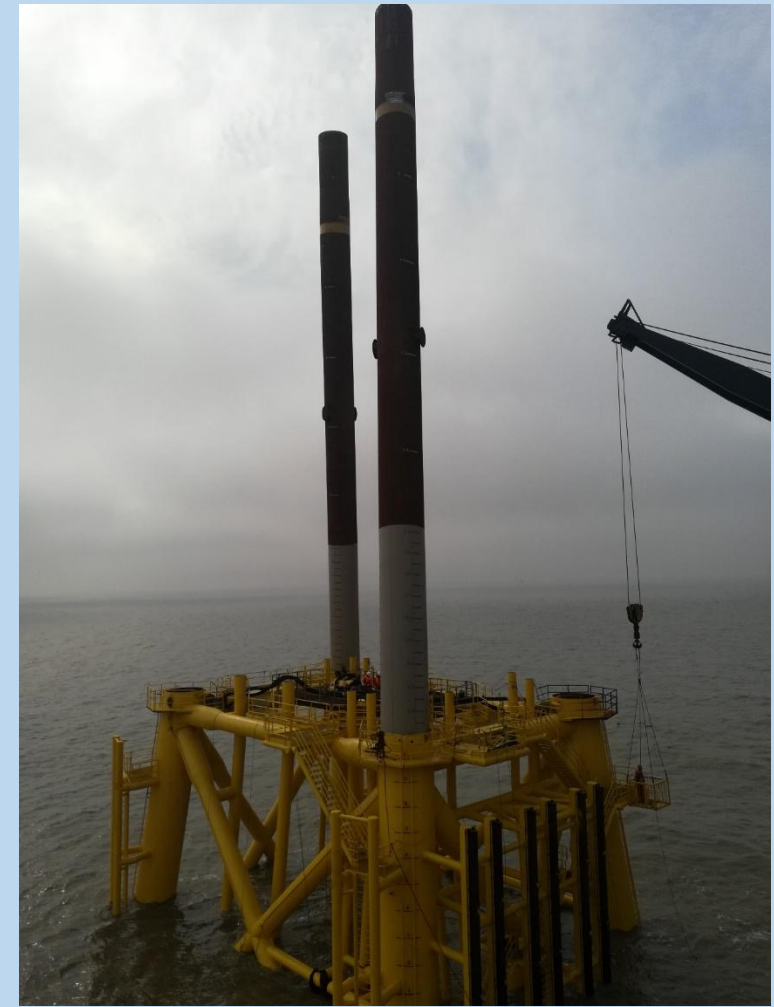


立桩过程中，钢桩所受最大弯曲应力与最大弯曲变形分别为51.7Mpa与63.7mm。钢桩材质为DH36，屈服应力为355Mpa，因此满足设计要求要求。

3. 立桩、插桩



交通运输部烟台打捞局
中国海洋工程烟台公司



海洋工程承包商 海洋服务提供商

Contractor of offshore engineering project supplier of offshore services

4. 导管架调平



? ? 难点:

导管架的安装对其水平度要求较高，一般要求5‰，常规的导管架调平方法一般在打桩阶段穿插进行，调平工作包括拔锤、提升调平、焊接临时钢结构、套锤打桩、割除临时钢结构，调平工作量大，延长了打桩工期，不利于施工进度。

解决思路:

基于导管架在打桩阶段水平度偏差不大（可参考超出允许值10cm）且调平浮吊吊力足够的前提下，连续性打桩至设计标高，最终一次性调平并带力一定时间焊接皇冠板，节省工作量与工期。

4. 导管架调平



实际施工中对于自重950T的导管架，调平最大吊力达700T，矫正高差将近19cm，相比于传统的打桩阶段进行调平的施工工艺节省了约2天工期。

主管标号	相对高程/m	倾斜位置	实际倾 斜度	允许倾 斜度	是否满 足要求
导管架中心	0				
3C	-0.002	1C-3C	1.44‰	5‰	是
3B	-0.028	3C-3B	1.96‰	5‰	是
1B	0.002	1C-3B	2.27‰	5‰	是
1C	0.028	3C-1B	0.13‰	5‰	是

注：各主管相对高程是以导管架几何中心点为高程起算点。





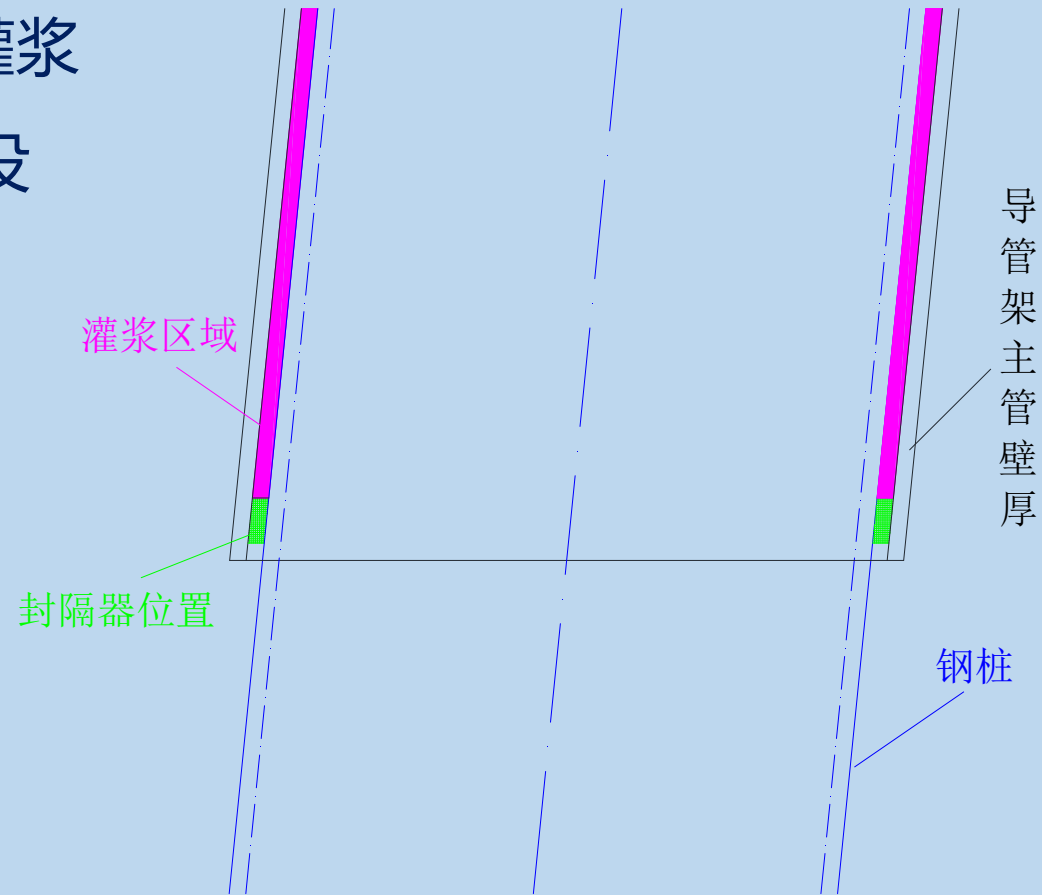
5. 灌浆防漏浆控制

?? 难点:

桩壁外侧与导管架主管内侧之间的环形区域为灌浆区域，为避免漏浆，项目设计阶段在环形区域底部设计制作有橡胶材质的封隔器，此封隔器极易在插桩、打桩施工中受损脱落，一旦发生漏浆风险。

解决思路:

除了导管架建造阶段自带的设置封隔器外，海上施工现场将通过灌浆前潜水员检查封隔器状况并采取封堵措施、灌浆打底、正式灌浆注水观察三个环节分别入手进行防漏浆准备。

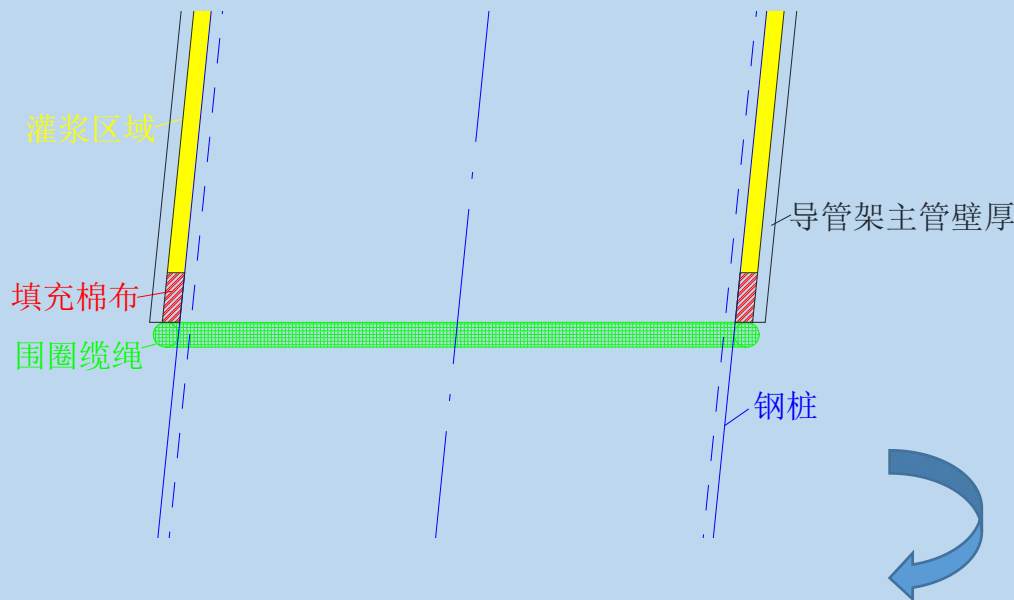
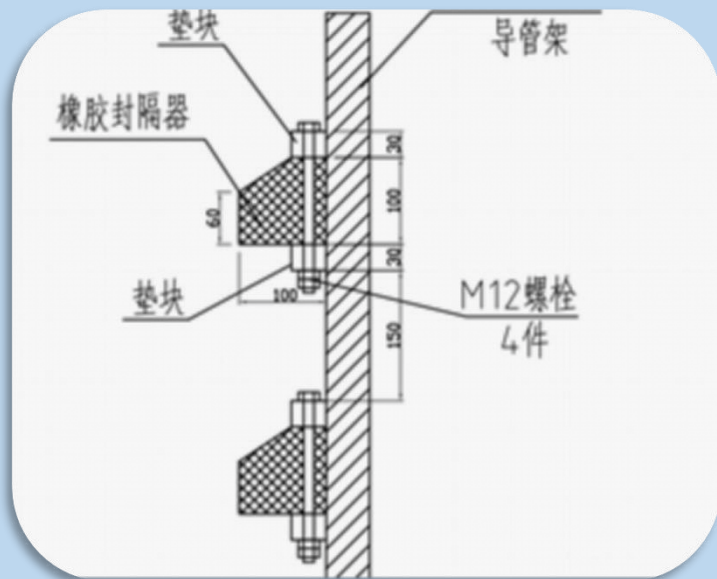


灌浆区域示意图

5. 灌浆防漏浆控制



设置封隔器



水下封堵示意图

正式灌浆

正式灌浆之前向灌浆区域注满水，若水面基本无下降趋势，证明打底密封性良好。然后进行灌浆，灌浆过程中灌浆料始终翻滚流动由下往上填充整个环形灌浆区域空间，所注的水将持续不断地由顶部溢出，根据持续不断的水溢出来判断灌浆正常。



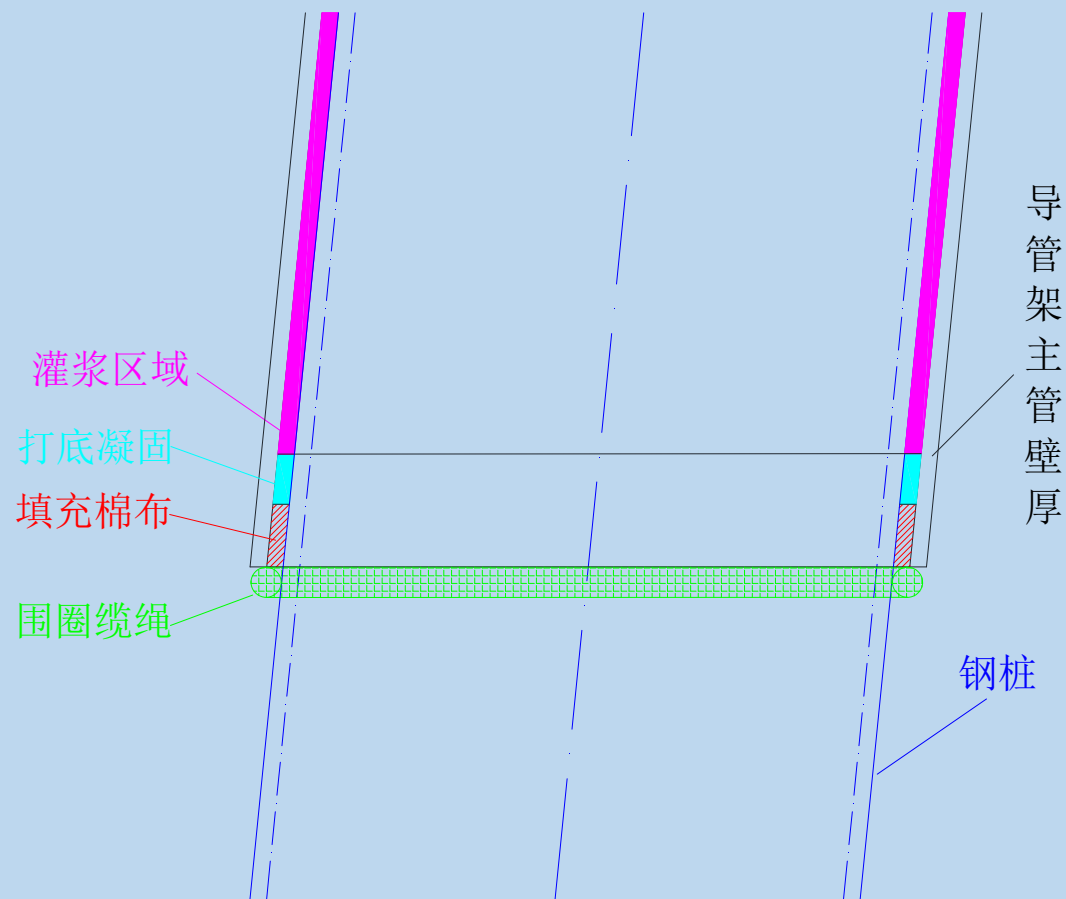
每个桩腿先灌部分灌浆料，灌浆料高度为100cm。等待24小时，灌浆抗压强度达到55Mpa（最大强度110MPa的50%）后，再进行正式灌浆，保证灌浆料凝固强度足够，足以支撑后续正式的灌浆料重量。

灌浆打底

5. 灌浆防漏浆控制



经过一系列灌浆防漏浆措施后，未出现漏浆现象，单根钢桩灌浆时间约3.5小时，同时保证灌浆质量。



6. 结语



中电投大丰H3海上升压站施工过程中：

- (1) 首创地设计制作吊装连接件来调整吊装索具总长度，确保导管架吊装平稳；
- (2) 针对钢桩较长，利用浮吊船单船主钩与副钩配合进行立桩，采取分两次插桩打桩解决四钢桩同时在位干扰的问题；
- (3) 在导管架水平度偏差不大的前提下，直接打桩至设计标高然后一次性调平后并带力焊接皇冠板，节省了工作量；
- (4) 为避免灌浆漏浆，采取灌浆前水下封堵、灌浆打底及注水等多种方式，确保灌浆顺利。

6. 结语



交通运输部烟台打捞局
中国海洋工程烟台公司

谢谢!



海洋工程承包商 海洋服务提供商

Contractor of offshore engineering project supplier of offshore services