

光纤光栅传感器管桩预埋测试报告

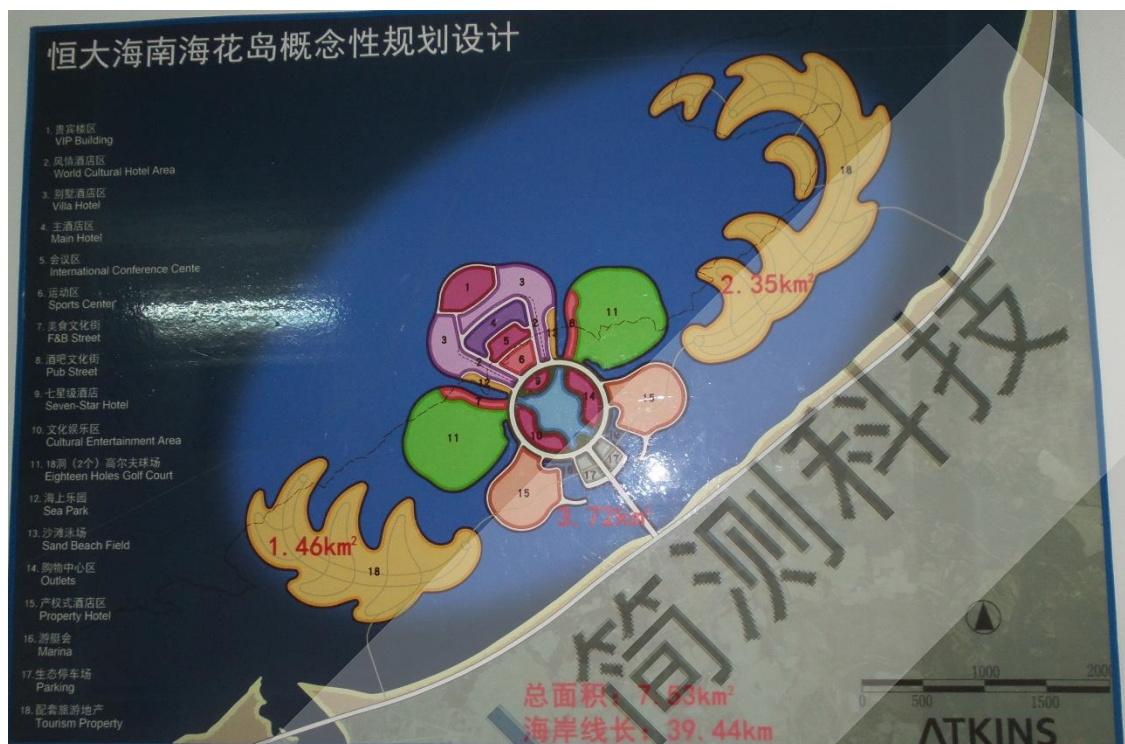


深圳市简测科技有限公司

二〇一四年九月

一、工程概况

恒大海南海花岛项目效果图如下：



检测原目的如下：

儋州市白马井海花岛旅游综合体陆域形成工程 1#岛海堤港池采用直立式方案，港池海堤结构采用前钻孔灌注桩排桩后 PHC 桩（或钻孔灌注桩）的结构形式。为了给设计单位提供更准确的设计参数，节省施工费用，选择了有代表性的试验桩共 6 根。试桩工作分两个区试验，一个为没有沙滩岩区域，一个为有沙滩岩区域，每个区 3 根桩。初步计划 6 根试验桩全部为 PHC 管桩，如果 PHC 桩无法穿透沙滩岩，则将该区的 3 根 PHC 桩改成钻孔灌注桩。其中钻孔灌注桩桩径为 1000mm，设计桩底标高为-25m，约 3 根，单桩竖向静载试验最大荷载为 5500KN；PHC 桩选用 1000mm 的 B 型桩，壁厚 130mm，设计桩底标高为-22m，约 3 根，单桩竖向静载试验最大荷载为 5500KN。

本次试桩检测的主要目的为：

- （1）试验在沙滩岩分布区域进行 PHC 桩沉桩的可能性；
- （2）确定试桩区各土层的桩侧极限摩阻力标准值及桩基持力层的桩端极限阻力标准值，确定桩端闭塞效应系数，为确定桩长提供依据；
- （3）了解、掌握本工程基桩在锤击过程、加载过程中桩身应力的分布规律；

(4) 根据各打入桩的沉桩情况，为选择工程桩的沉桩锤型及确定停锤标准提出参考意见；

(5) 通过静载荷试验确定桩的垂直承载力推荐值；

(6) 通过水平静载荷试验确定各土层的 m 值；

(7) 通过高应变动力测验，将静荷载与动力测试的结果进行对比，提出相应关系，为以后工程桩检测确定桩基承载力提供依据。我方按要求在钻孔灌注桩的钢筋笼上布设光纤光栅传感器及其光缆。待完成混凝土浇筑后，配合完成实验桩的测试。为了减轻施工现场的工作压力，确保安装和监测工作顺利完成，首先预制一部分直径 20mm 的 HRB335 钢筋把传感器先安装上去，在施工现场只需把预制好的钢筋与待测部位 HRB335 钢筋绑扎在一起。下图是布设传感器所需要的钢筋和焊接用的传感器底座：



海南施工现场实际情况为：

前期 6 根实验管桩已经打下去，钻孔清孔的时候出现很多困难。A 区 3 个桩最大清孔深度为 15 米，其中 A 区 1 号桩出现明显的桩身倾斜（很有可能是 15 米处断裂，因为清孔钻头带上的物体上有桩身上特有的预应力钢筋，这个钢筋也有很小可能性是建筑垃圾中的）。B 区桩做高应变测试的时候发现桩身有缺陷，且清孔深度不能达到预定的-22 米。再这样的情况下实验桩检测目的基本上无法满足。下图是清孔过程照片和实验清孔深度及直径的照片





二、更改和确定实验方案

经过检测单位与设计、甲方和施工方一起协商确定重新预制 6 根管桩做实验。要求我方在管桩预制的时候将光纤光栅传感器预先植入在管桩中。这样可以省略区现场清孔和做灌注桩的工序，对我方光纤光栅传感器提出了新的跟严格的要求。管桩的制作工艺与传统的浇筑桩有很大的区别，它是采用预应力钢筋做笼骨，利用加速度离心旋转搅拌和压实的方法使混凝土成型。在混凝土离心旋转搅拌的时候对光纤光栅传感器和光缆有很大的冲击。管桩养护采用高温常压蒸汽养护和高温高压蒸汽养护两种，高温常蒸汽养护是在管桩经过 1100 转/分钟的离心选装成型后，静置 1.5 小时然后开始在密闭的容器内通入蒸汽，待容器内平均温度到达 75 度时，保温 4 个小时即可拆模。这时候管桩的强度已经上升至 75% 左右。该方法适用于生产任务不太紧急的时候。高温高压蒸汽养护是在容器内通入高压蒸汽使内部的温度达到 180 度，再这样的压力和温度情况下，混凝土凝固时间大大缩短，大约 1 个小时后强度已经上升到了 65-75% 具备拆模条件。我方考虑到光栅光纤传感器和光缆本身的特性和植入位置等因素人为高温常压的养护方法是可行的。但是光纤的布设需要严格的保护，防止混凝土离心的时候对线缆造成伤害。也配合双威管桩厂的领导和技术人员认为先对光缆进行一些实验，证实了这种方法的可行性。一共对六根光缆和一组传感器进行了实验，结论是：光纤光栅传感器的强度比光缆的强度高很多。没有出现传感器损坏的现象。光纤在没有任何防护的情况下只要进行 500mm 以内的间隔绑扎不会出现问題，如果绑扎间距过大会出现受损情况。见下图光纤预埋实验



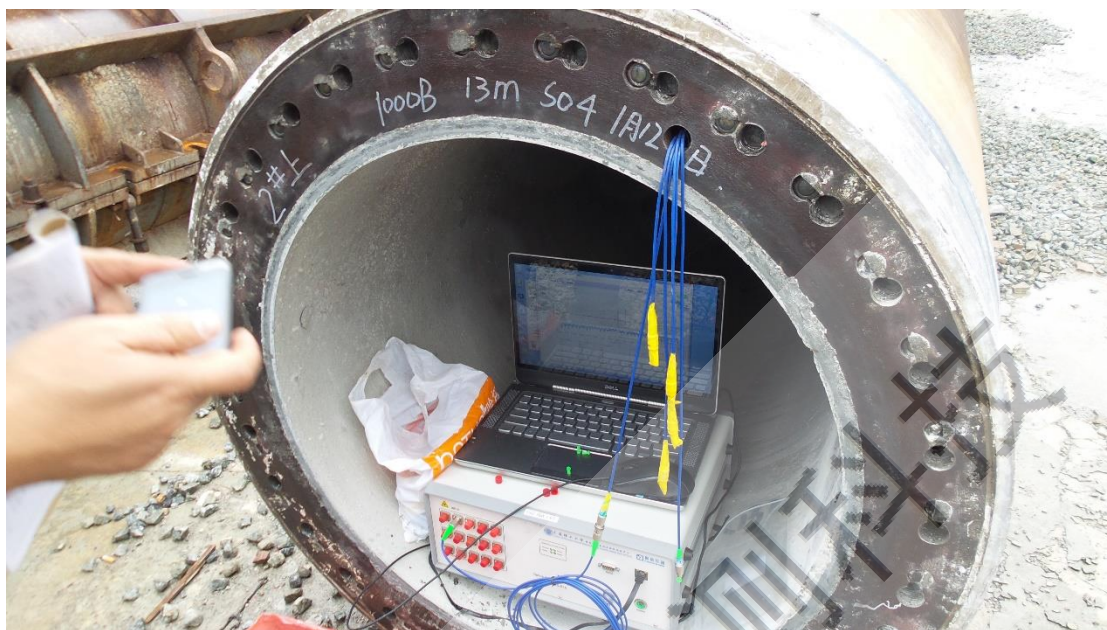
没有保护措施大间距绑扎



间隔紧密的绑扎固定



预制完成后通光检查



预制完成后用设备测频率和光强

三、正式实施方案

有了这个实验结果就可以进行下一步正式的传感器安装和光缆订货以及敷设了。

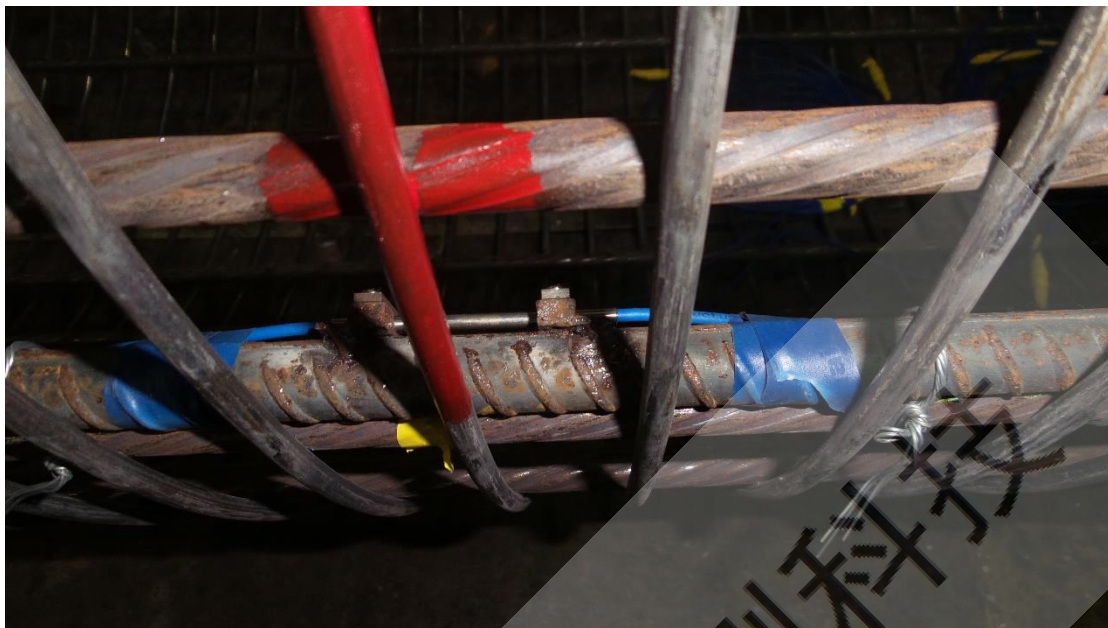
根据要求对每根桩所需的传感器和安装位置做了一个整体的规划。见下表：

A1 号桩							
应变			应变+温度				备注
桩位	编号	波长	桩位	编号	波长	波长	
1A1	1A1	1534.574		1B1	1573.633	1569.993	上节桩
1C1	1C1	1574.7		1C1	1533.213	1529.99	
1A2	1A2	1534.47		1B2	1573.729	1570.09	
1A3	1A3	1584.664		1B3	1523.971	1520.078	
1A4	6	1547.81	1B4	38	1533.595	1530.033	下节桩
1A5	4	1584.6	1B5	39	1523.971	1520.07	
1A6	5	1574.99	1B6	1B6	1569	1565.9	
A2 号桩							

应变			应变+温度				备注
桩位	编号	波长	桩位	编号	波长	波长	
2A1	8	1526.69	2B1	V	1573.639	1569.789	上节桩
2C1	13	1534.515	2D1	37	1573.231	1570.049	
2A2	33	1536.465	2B2	L	1513.55	1510.971	
2A3	37	1577.769	2B3	6	1543.108	1539.979	
2A4	41	1581.398	2B4	35	1553.598	1559.059	下节桩
2A5	34	1566.8	2B5	11	1573.042	1569.891	
2A6	39	1,573,225	2B6	R	1513.331	1511.006	
A3 号桩							
应变			应变+温度				备注
桩位	编号	波长	桩位	编号	波长	波长	
3A1	3A1	1525.611	3B1	3B1	1534.041	1537.241	上节桩
3C1	3C1	1571.54	3D1	40	1533.41	1530.115	
3A2	40	1564.766	3B2	39	1584.095	1580.03	
3A3	36	1,557,179	3B3	C	1533.726	1530.08	
3A4	35	1566.285	3B4	Q	1514.085	1510.99	下节桩
3A5	38	1549.206	3B5	T	1523,.318	1520.089	
3A6	42	1573.368	3B6	X	1515.006	1510.99	
B4 号桩							
应变			应变+温度				备注
桩位	编号	波长	桩位	编号	波长	波长	
4A1	4A1	1585.237	4B1	4B1	1560.9	1558.2	上节桩
4C1	4C1	1566.48	4D1	4D1	1553.33	1550.071	
4A2	19	1554.7	4B2	G	1543.532	1540.072	
4A3	7	1574.65	4B3	W	1563.323	1560.102	
4A4	21	1574.09	4B4	34	1533.193	1530.031	
4A5	9	1574.71	4B5	33	1524.342	1520.006	
4A6	17	1555.8	4B6	Y	1533.982	1530.035	下节桩

4A7	11	1546.424	4B7	E	1583.21	1579.812	
B5 号桩							
应变			应变+温度				备注
桩位	编号	波长	桩位	编号	波长	波长	
5A1	5A1	1550.027	5B1	5B1	1585	1581, 9	上节桩
5C1	5C1	1535.362	5D1	W	1563.545	1559.976	
5A2	10	1535.056	5B2	P	1533.373	1530.022	
5A3	18	1554.96	5B3	41	1544.358	1540.01	
5A4	16	1575.02	5B4	U	1574.046	1569.88	
5A5	43	1573.419	5B5	F	1583.323	1579.783	
5A6	15	1575.517	5B6	Z	156.153	1559.946	下节桩
5A7	12	1584.778	5B7	S	1554	1550	
B6 号桩							
应变			应变+温度				备注
桩位	编号	波长	桩位	编号	波长	波长	
6A1	23	1544.47	6B1	42	1543.97	1539.995	上节桩
6C1	28	1517.114	6D1	8	1563	1559.9	
6A2	27	1515.968	6B2	N	1513.631	1511.02	
6A3	26	1,556,518	6B3	O	1523.638	1520.089	
6A4	25	1546.683	6B4	B	1559.933	1564.032	
6A5	22	1575.33	6B5	D	1543.675	1539.93	
6A6	24	1544.93	6B6	5	1543.094	1539.865	下节桩
6A7	14	1556.471	6B7	A	1533.58	1529.992	

标注传感器位置和绑扎固定好的传感器：



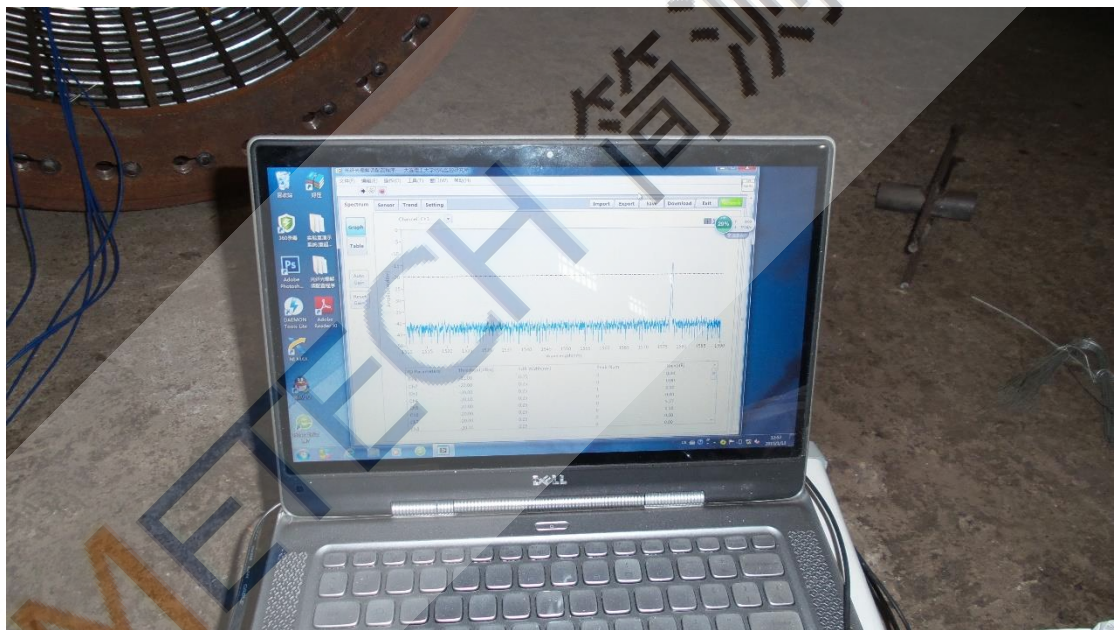
敷设好的光纤和传感器：

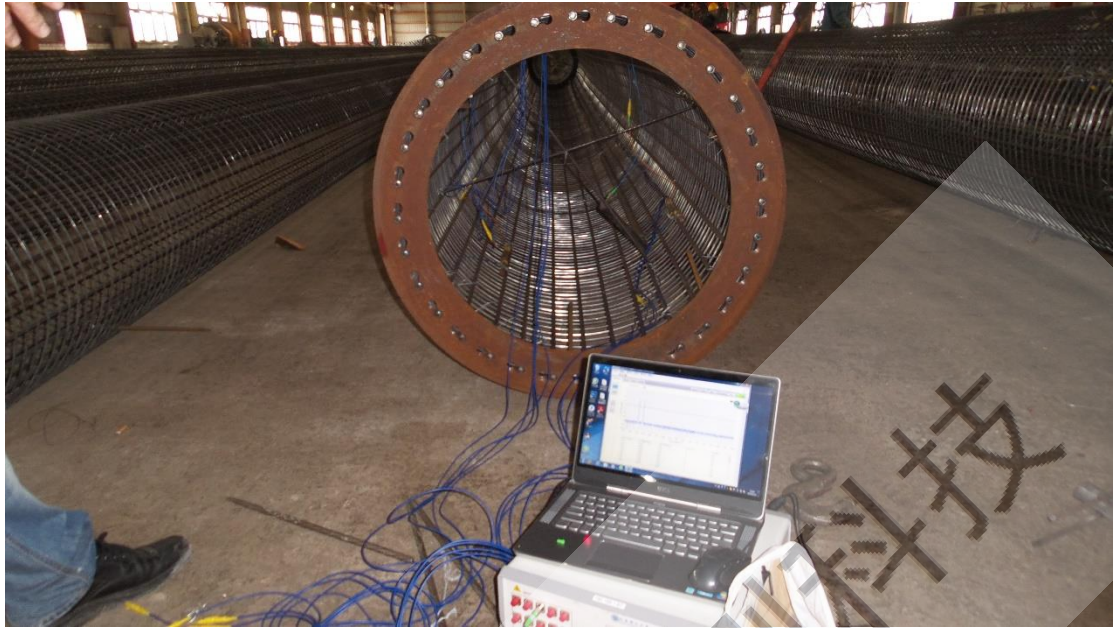


四、安装过程每组传感器逐一检查

每一节桩传感器和线缆敷设完成后都会逐个线路进行检查，确保光纤光栅传感器和光缆完好后在进行浇筑混凝土，然后进行下一道工序。在进行线路检查的时候我要求天津水科院的李工和徐主任旁站见证。由于现场的环境危险因素比较多，时间比较紧急，不能把每一个检查电脑界面截图保存。只能通过手机照相的方法保留一大部分的检测图片。见下图所示：







抬脚！踩线了！

五、预应力拉伸和离心旋转成型

钢筋预应力拉伸：5/1000 的拉伸量。



油压实数 25Mpa



混凝土均匀布料



离心机



离心速度：



管桩离心成型后检测：



六、高温常压养护过程抽样监测

高温常压养护过程的见抽样监测：由于受现场条件限制，不可能把所有桩在养护过程中的情况逐个监测，只能对其中的两节桩 20 个传感器进行了抽样监测，这

个过程对检验传感器和光纤的性能有很大意义,同时对该过程中的混凝土变化也是一个很好地检测。

蒸养池图片



如下图所示：现场温度计和压力表



温度上升



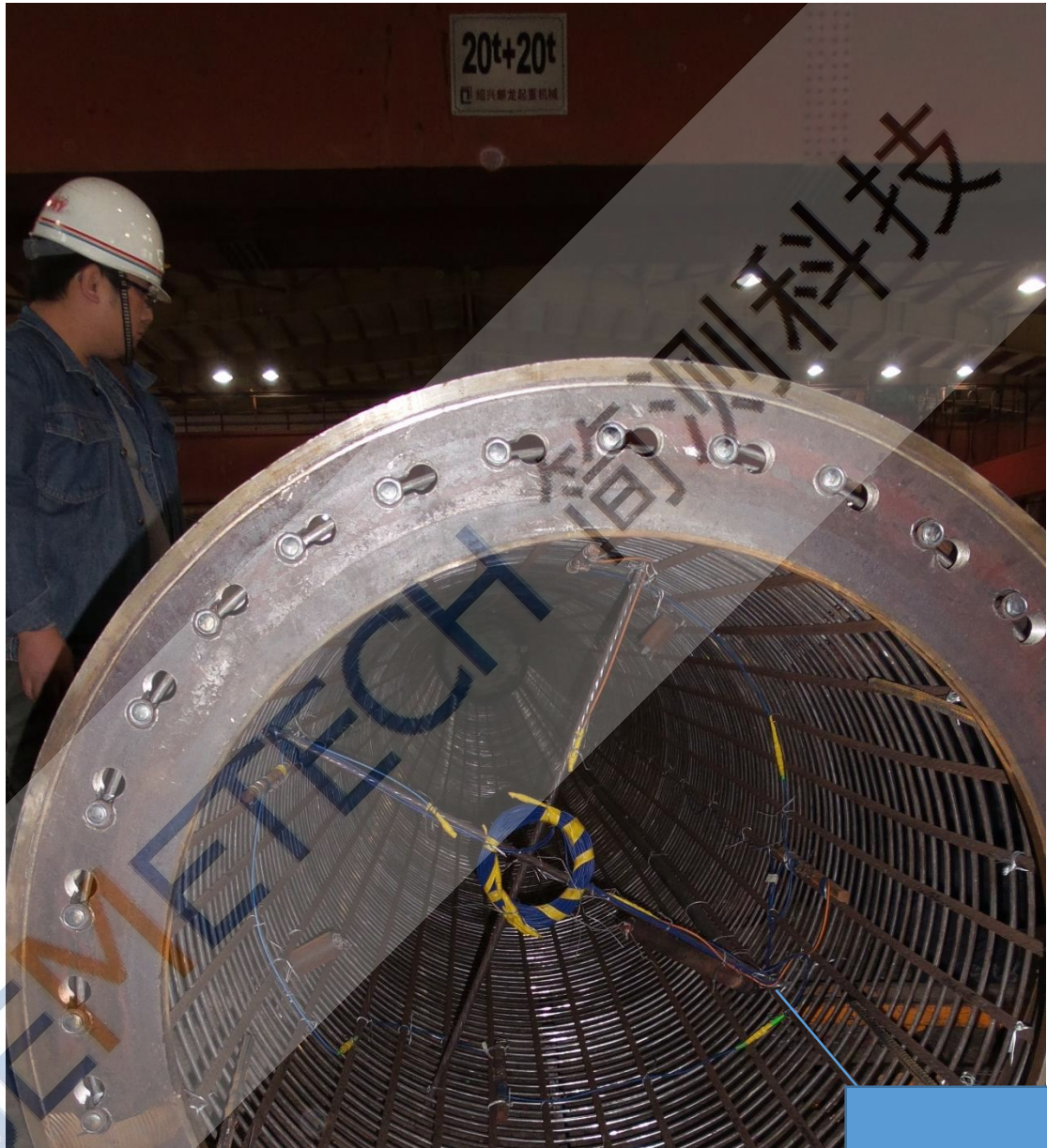
压力变化和监测用光缆





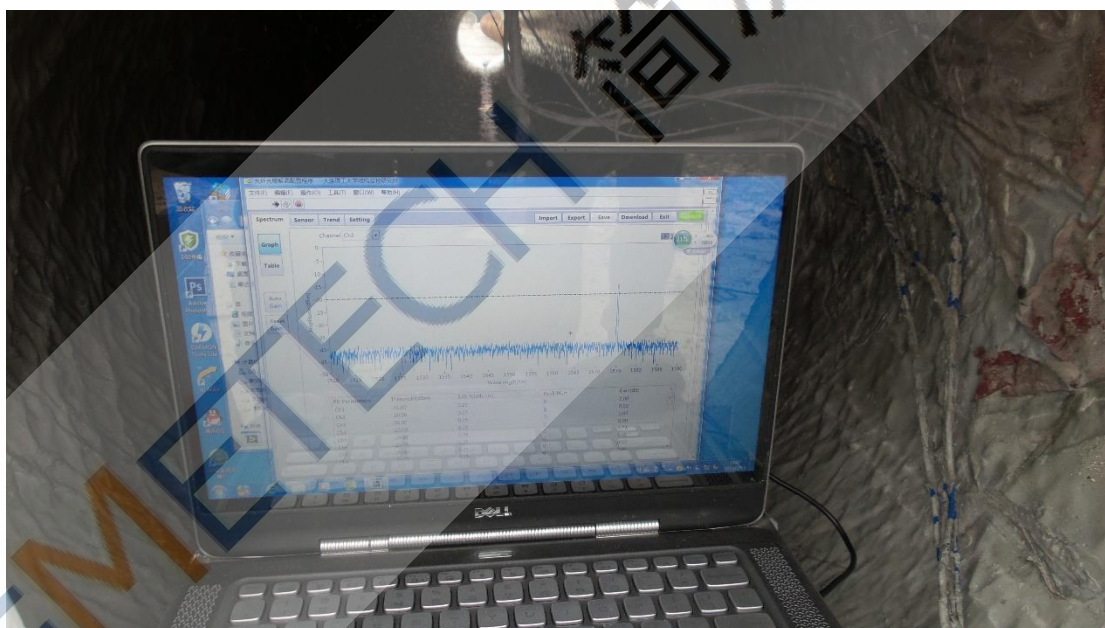
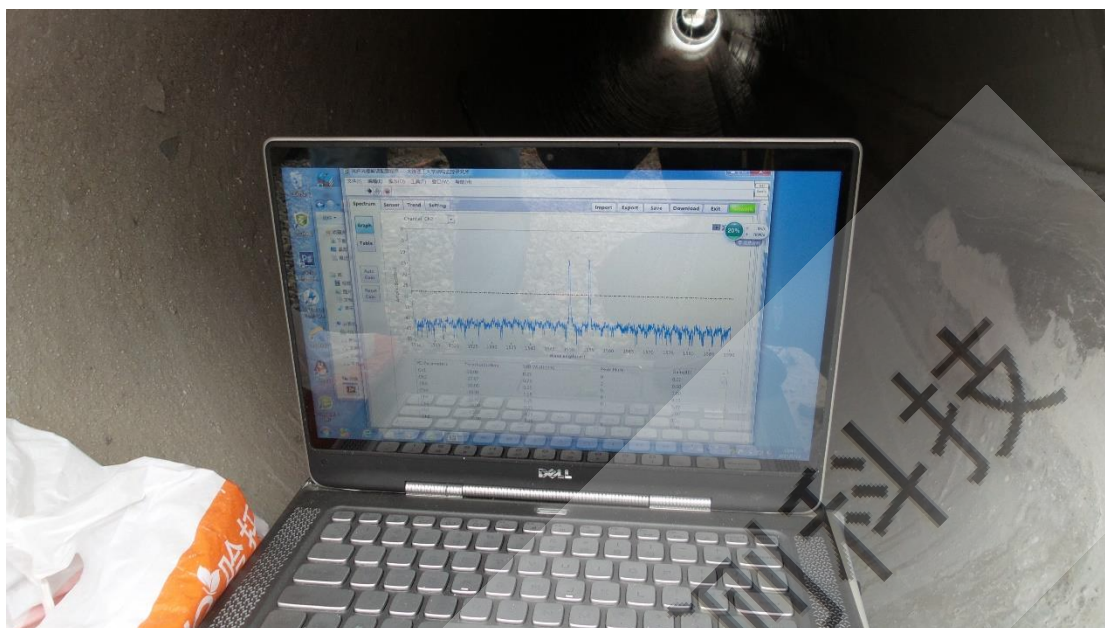
七、成品检测统计成活率

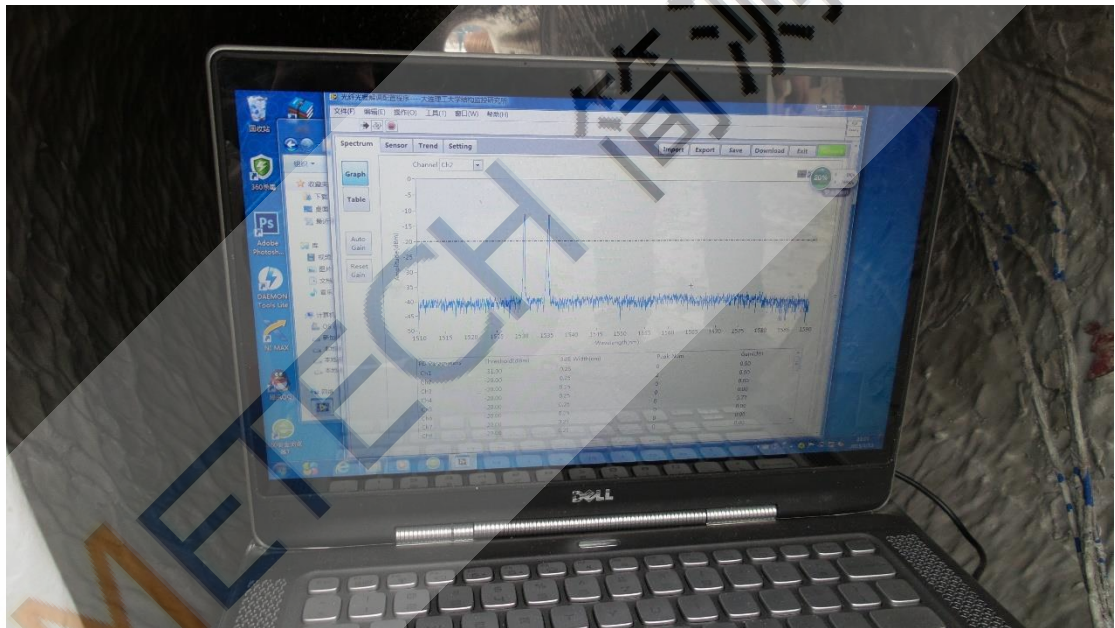
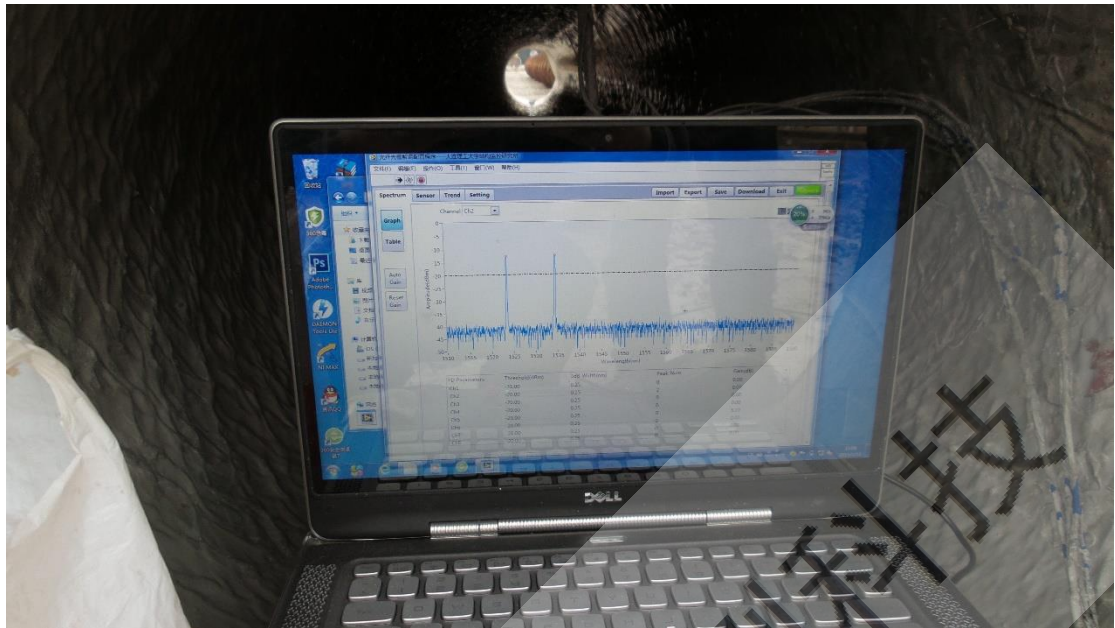
对出炉后拆模完成的桩进行传感器复测，成活率在 85%左右，分析原因是光缆在出水泥的地方弯折太厉害的原因，这个地方应该加设一组强度较高的保护管（最好是不锈钢软管）保护该部位。见下图：

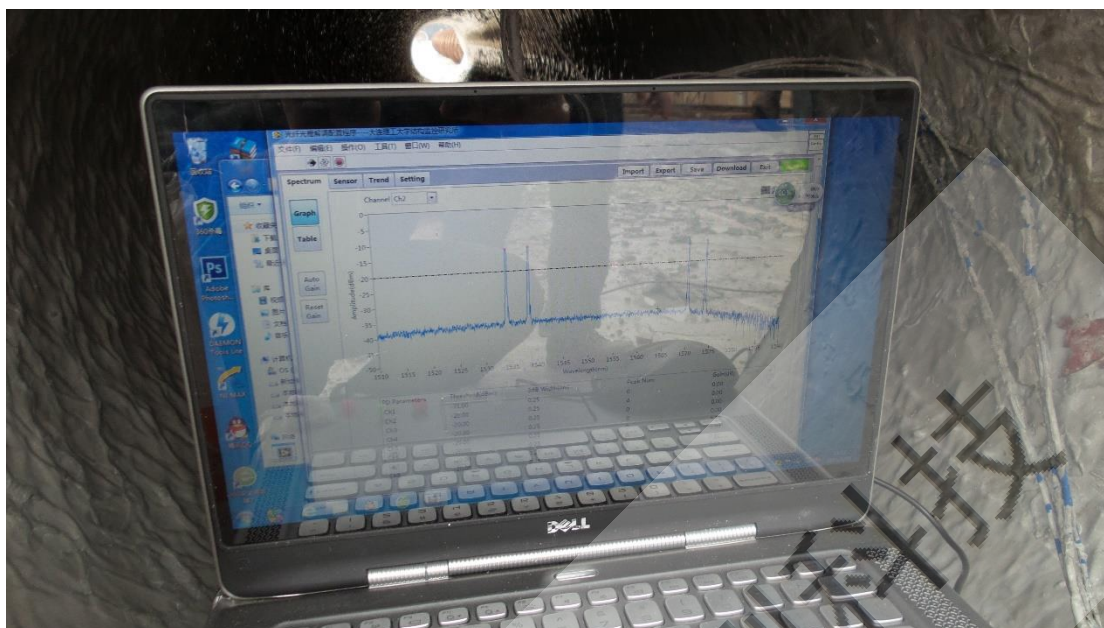


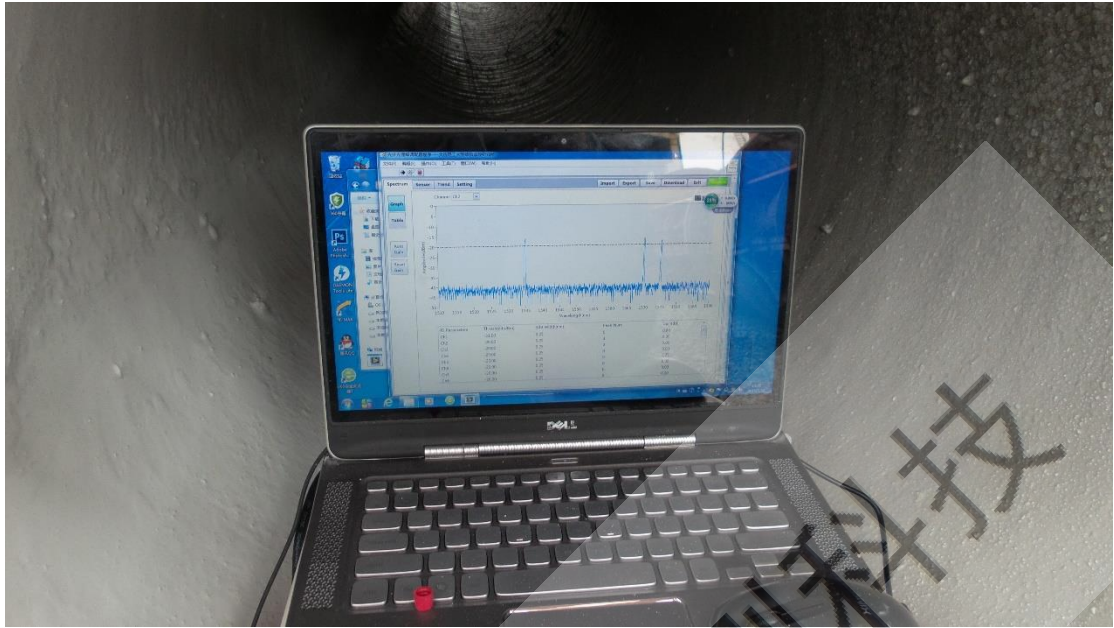
该位置需加强保护

检测照片：









年	月	日	星期
工 作 内 容			
养护后传感器检测			☆ 5B2 线折断 需修复
1#上: 除 1A3 不通 其余均 OK			
1#下: 1B4 OK 1B6 OK 1A6 X 1A4 OK			
1A5 X 1B5 OK			
2#下: 2A4 OK 2B4 OK 2A6 X 2B6 OK			
2A5 X 2B5 X			
2#上: 2D1 (2A1) OK 2B2 OK 2A2 OK			
(2B1 X 2C1 OK) 2A3 OK 2B3 OK			
3#上 全通			
3#下: 3B4 OK 3A6 OK 3B6 OK 3A4 OK			
3A5 OK 3B5 OK			
5#上: 5A2 OK 5A4 OK 5B5 OK 5C1 OK			
5B3 X 5B4 X 5A3 X 5B2 X (线断)			
5A5 X 5A1 X			
5#下: 除 5A7 不通 其余均 OK			
4#下: 4B7 X 其余均通			
4#上: 4A4 OK 4A5 X 4A3 OK 4A2 OK			
4B5 OK 4A1 OK 4B1 OK 4C1 OK			
4B3 OK 4B4 OK 4B2 OK 4D1 OK			
6#下: 6B6 OK 6B7 OK 6A6 OK 6A7 OK			
6#上: 6A5 X 6C1 X 6A3			
其余均通 OK			

八、结论：

1、通过 5 天的忙碌将所有的传感器和线缆安装完成，对安装质量和成活率做了检测和统计。见证和评估，一致认为这次安装是成功的，可以基本满足海南海花岛项目的要求。

2、对传感器和线路的保护不够，使传感器成活率比我预期的要低很多（只有 85%）。如果把保护措施做细致，传感器成活率有望达到 95%以上。

3、验证了光纤光栅传感器和铠装光缆应用在管桩制作的过程中是非常理想的一种传感器植入检测方案。

4、证明了光纤光栅传感器和铠装光缆在高温（75 度）常压的混凝土养护过程中的稳定性和实用性。