金塘大桥试桩工程

钢管桩防腐施工组织设计建议书

项目概况

一、项目位置：

金塘大桥连接金塘岛与宁波市，起自沥港船厂北侧，于七里锚地北侧通过，然后左偏前进至宁波，于镇海炼化西侧登陆，终于沿海北线高速公路，跨越灰鳖洋的长度为18.4km。

二、气象特征：

本工程东临东海，西靠大陆，位于北亚热带，属东亚季风气候区，受冬夏季风影响，全年四季分明，气候温和湿润，降水充沛。本区冬季由于受欧亚大陆次气团控制，盛行西北风，寒冷干燥；夏季因受太平洋暖湿气流控制，盛行东南风，温高湿润。春、秋两季因冬夏冷暖气团交替，时冷时热，天气多变。

风况：桥址区常风向为NW，出现频率11%，平均风速9.6m/s，最大风速27m/s；次常风向为ESE,出现频率10%,平均风速为4.9m/s。强风向为E和NW向,最大风速分别为34.3m/s和34m/s。桥址区风速风向季节变化较明显。冬季，盛行NNW、NW风，风速较大；春季，风向多变，风速也较大，3月仍多NNW、NW风。4—5月最多SSE、ESE风；夏季，盛行SSE、ESE向风，但风速较小。7—8月为台风和热带风暴活动较多时期，风速也较大。秋季，盛行N、NNW、NNE和SSW风，但风速较冬季小。

三、水文：

潮汐特征：桥址区主要受太平洋潮波影响，控制本区潮波运动的是以M2分潮为主的东海前进波系统，该系统由外海自东向西传播，经螺头水道从东南方传入。日潮波也以这一方向传入。从螺头水道传入的潮波，大金塘、册子水道交界处沿偏北方向进入册子水道，出金塘西口后，一部分沿金塘西岸传播，另一部份仍按原方向继续传播。潮波进入舟山群岛后，受地形影响和磨擦作用，波形和传播速度均发生了变化。根据我国目前通用的潮汐类型划分标准，桥址地区的潮汐类型为不正规半日潮。

波浪特征：桥址区水域的波浪以风浪为主，该水域波浪主要集中在NW—NE向，其中N向出现频率最高，达48.8%，年平均波高H1/10为0.60m，实测最大波高Hmax5.8m；其次为NNE向，占14.3%。强浪向为NW—NNW向，其中NNW向出现频率6.9%，年平均波高H1/10

为1.14m，实测最大波高Hmax6.1m。桥址区水域出现的大浪主要为风浪，一般由台风及秋冬季寒潮大风引起。大浪主要出现在每年的8—12月。

水流特征：桥址区潮流一般为不正规半日潮流为主，潮流运动形式大多为往复流。

四、项目概况：

工程概述：金塘大桥桥型方案布置从东到西沿桩号增大方向依次为：金塘侧引桥（K29+055~K29+965）、东通航孔桥（K29+965~K30+335）、非通航孔桥（K30+335~K33+175）、主通航孔桥（K33+175~K34+265）、非通航孔桥（K34+265~K43+265）、西通航孔（K43+265~K34+595）、非通航孔桥（K43+595~K47+795）、镇海侧引桥（K47+795~K49+997）。其中非通航孔桥总长约为16公里，上部结构形式以5*60m一联的整孔预制箱梁，基础形式主要为钢管桩及混凝土灌注桩。

本合同工程概述：金塘大桥采取原位试桩，钢管桩试桩总共6组（GT1~GT6组），分别设在编号E52、E92、E132、G16、G44、C18的6个墩上。此6个墩的基础均采用15根φ1.5m钢管桩，钢管桩试桩共选6个墩（E52、E92、E132、G16、G44、C18）进行原位试桩施工和试验，共计6根试验桩、24根锚桩、6根基准桩、54根工程桩。试桩工程钢管桩防腐采用熔融环氧粉末涂层和阴极保护（牺牲阳极）相结合的方案。

钢管桩的构造：金塘大桥水中非通航孔区地质恶劣，水流条件复杂，钢管桩基础需承受较大的波浪荷载，根据钢管桩不同部位受力、腐蚀环境及沉桩需要，钢管桩壁厚分为25mm和20mm（19mm）两段。具体为：E52、E92、E132、G16、G44和C18号墩的工程桩（φ1.5m钢管桩）自桩顶下31.5m范围内壁厚为25mm，其下壁厚分为20mm及19mm两种。E52、E92、E132、G16、G44和C18号墩的试桩、基准桩和锚桩（φ1.5mm钢管桩）自桩顶以下32.7m范围内壁厚为25mm,其下壁厚为19mm。

本合同工程内容为金塘大桥试桩工程钢管桩防腐施工及其缺陷修复，主要工作内容包括：钢管桩运输、涂装、阴极保护（牺牲阳极）施工等。设计耐久性为100年。钢管桩防腐施工应符合国家及有关部门的相关规定及相关的标准、规范、规程和办法等的要求。

钢管桩环氧粉末防腐施工方案

一、　组织管理

1、组织管理措施：

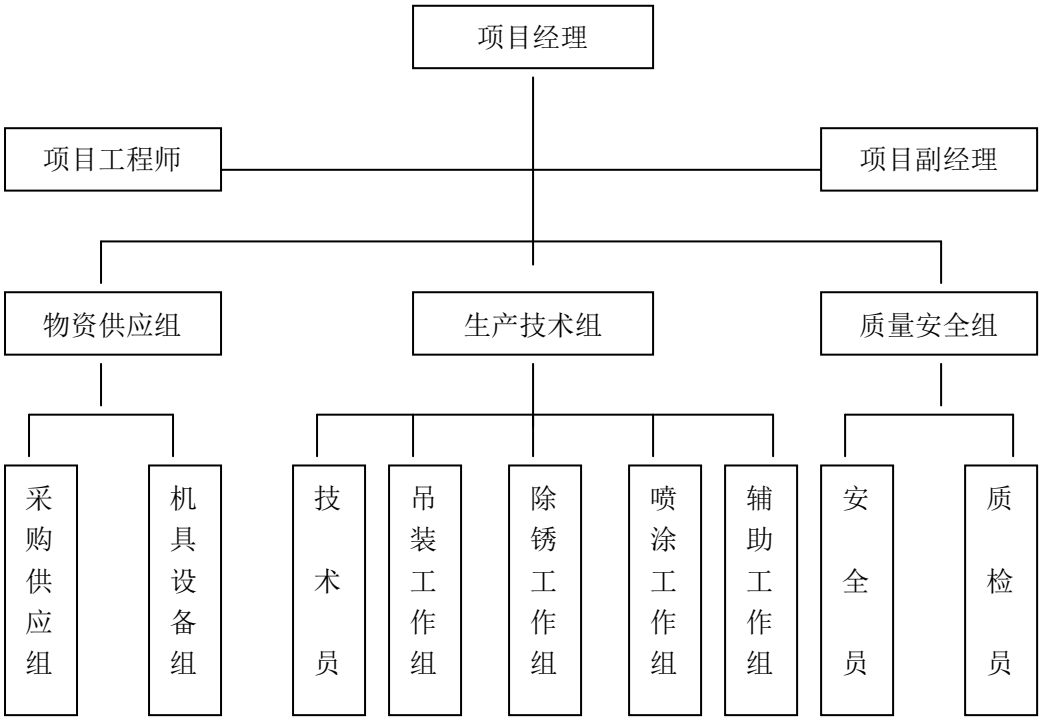
①统一管理思想：始终坚持‘质量第一，信誉至上’；‘安全第一，预防为主’；靠科技求发展，以质量求生存，用服务赢顾客的方针。牢固树立质量、安全的思想，摆正质量、安全、工期三者之间的关系。

②实施管理目标：重大环境影响为“0”。“三高”高质量、高效率、高标准；“四化”标准化、规范化、制度化、程序化。绝对工期实现率 100%，力争提前。

③严格过程控制：a.管理一体化，坚持施工过程中，全员、全面、全过程进行控制。b.选拔有施工经验的管理人员，负责本工程各项光里工作，挑选熟练的技术工人参加施工。运用经济、法规、行政等手段，调动全员的 积极性，抓好全面质量管理。c.投入技术先进、性能优良、状态良好的施工技术装备，严格执行施工设备管理的各项操作规程。d.科学安排施工进度，在确保规定的工期基础上，强化组织管理，保安全、保质量的前提下，确保或提前完成任务。

2、组织机构网格图：

图一



3、组织管理机构：

组建金塘大桥试桩工程钢管桩防腐施工工程项目经理部。项目经理对施工计划、施工技术、材料供应、机具和劳动力调配、施工质量和安全环保管理统一指挥、部署。组建专业化施工班组，实行专业化施工。

项目经理：对工程的质量、安全、进度负全面的领导责任。其主要责任为：

- 根据施工合同要求和法定的要求执行所有工作任务；
- 同业主及其代表保持良好的沟通；
- 批准施工计划和质量保证计划并保证其贯彻执行；
- 保证材料供应商的质量符号相关要求；
- 提供必要的资源如人员、设备、材料等，并达到业主要求；
- 管理、激励项目员工。

项目付经理：对施工进度、成本控制、安全生产负直接的领导责任。其主要责任为：

- 协调现场防腐事宜，纠正防腐过程中出现的问题；
- 组织工人施工，负责解决施工中出现的各种问题；
- 负责起草并执行《安全保证计划》，进行现场日常安全检查；
- 组织现场会议；
- 进行过程和最终检验；
- 执行本企业规定的其他相关义务。

项目工程师：对工程的技术、质量负直接的领导责任。其主要责任为：

- 作为项目质量管理代表，负责对材料供应商进行评估，并指导材料的采购、检验、运输、存放；
- 就质量保证项目经理和其他项目人员提供建议；
- 准备质量计划、质量保证程序、标准表格和检查表；
- 向业主汇报质量体系的评估和改进状况；
- 控制由缺陷产品导致的不符合项并阻止其进一步安装、运送，直到原因消除为止。

各部门负责人：对项目经理负责，在项目施工中充分发挥各部门的职能，精心、密切地配合项目经理组织施工。

4、人员组成

项目经理　　1 人

项目副经理　　1 人

技术工程师　　1 人

技术员　　1 人

质检员　　1 人

安全员　　1 人

电工　　1 人

起重工　　1 人

防腐工　　14 人

辅助工　　3 人

二、　编制依据

(1)　《海港工程钢结构防腐蚀技术规定》(JTJ230-89)

(2)　《港口工程桩基规范》(JTJ254-98)

(3)　《水工金属结构防腐蚀规范》(SL105-95)

(4)　《粉末涂料　烘烤时质量损失的测定》(GB / T16592-1996)

(5)　《电气绝缘涂敷粉末试验方法》(GB / T6554-1986)

(6)　《钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术标准》(SY / T0315-97)

(7)　《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等》(GB8923-1988)

(8)　《熔融结合环氧粉末涂料的防腐蚀涂装》(GB / T18593-2001)

(9)　《埋地钢质管道双层熔结环氧粉末外涂层规范》(Q / CNPC 38-2002)

(10)　舟山大陆连岛工程金塘大桥试桩工程钢管桩防腐施工招标文件（SZ-2 合同段）及第一号补遗书

三、　环氧粉末外防腐施工厂房平面布置

1、　本项目防腐施工由于管径较大、吨位重、规格长、一般的防腐生产线不能满足防腐生产的需要。为满足本次项目防腐生产的需要，我公司计划将我公司在上海的四条防腐生产线中较大的一条进行合理的改造，并搬迁到涂装场地进行安装，以满足本项目钢管桩防腐施工的需要。施工作业平面布置图如下：（见图三）

2、　本生产线拆卸方便，现场安装周期短，20 天内即可安装调试完毕。

3、　安装好后的防腐生产线的日生产（8 小时）能力可达 0.6Km。

4、　本生产线可满足全天候施工作业。

四、　拟投入本工程的主要施工设施及设备（含检测仪器）

1、在涂装场地建简易防腐生产车间一座。

2、配备铲车一台。

3、配备一套配电系统。

4、配备水槽等循环冷却水系统一套。

5、防腐生产线主要设备有：

5.1 管道抛丸除锈生产线：

5.1.1　管道预热除湿装置一台；管道清理设备一套：其中配抛丸机一台、除尘设备一台。

5.1.2　管道螺旋输送机，配三台可调电力驱动装置。

5.2 微除尘装置一套。

5.3 加热中频电炉一套。

5.4 静电喷粉设备三套；包括，静电喷粉装置，粉筒、喷枪、喷粉箱及粉末回收装置。

5.5 水冷却系统。

5.6 供气系统，空压机一台，空气包及空气过滤装置。

6、管道包覆层质量检测工具器有：

⑴　电火花捡漏仪一台。

⑵　包覆层测厚仪一台。

⑶　红外线测温议一台。

五、　工作内容安排及进度计划

根据业主对工期进度计划要求，我方将按以往的施工经验，制定科学合理，周密的施工网格计划，合理地调配施工机具和施工人员，和制作、安装单位紧密配合，保证在业主（或监理工程师）的指定的时间内完成施工，决不能因喷涂防腐工程而延误整体工期进度。

钢管桩防腐（SZ-2 合同段）施工进度表

图二

序号	分 项 工 程	日期						
		第一周	第二周	第三周	第四周	第五周	第六周	第七周
1	人员准备							
2	安装调试生产线							
3	材料准备							
4	钢管桩涂敷生产							
5	成品管运输							
劳动力配备（人）								

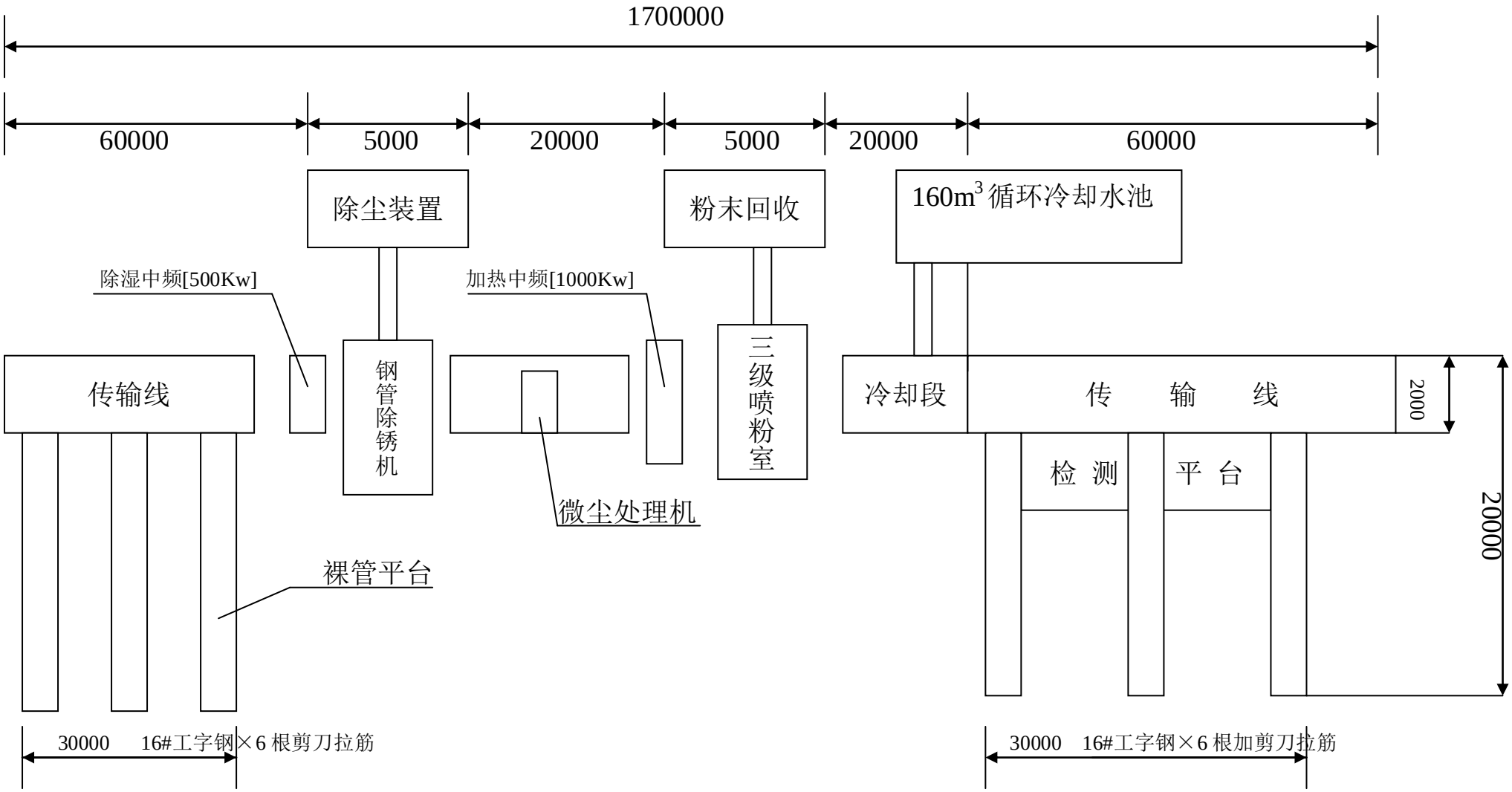
注：本表前 3 项工作要在业主规定的 25 天工期开始前完成。

六、　施工工艺

（一）、施工工艺流程图：（见图四）

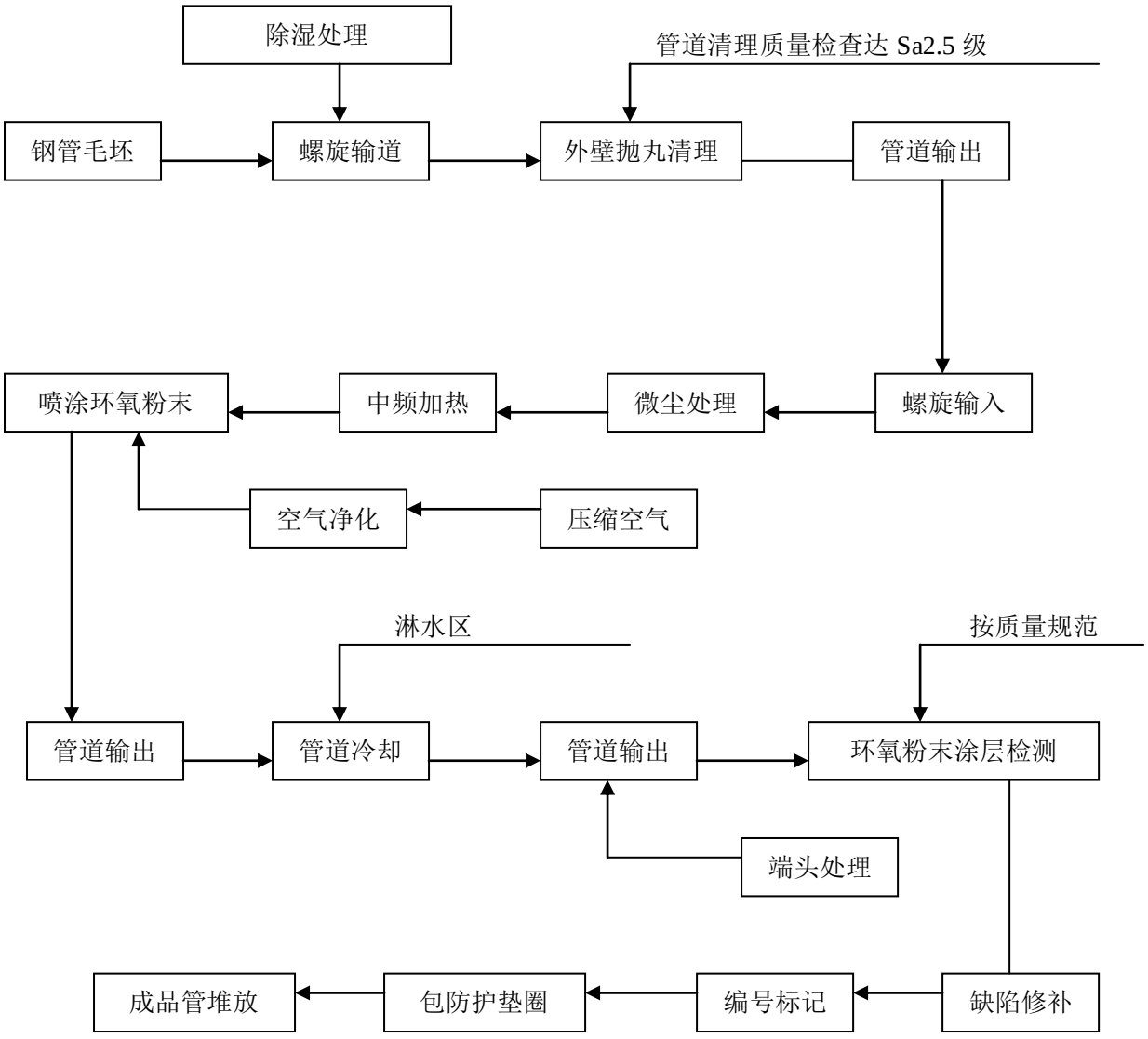
图三

φ1500 钢管桩环氧防腐生产线工艺流程平面布置图



图四

管道环氧粉末涂敷工艺流程图落



（二）、钢管桩的环氧粉末涂层施工与工艺要求：

1、材料：

钢管

(1)准备涂敷的钢管应符合国家现行标准的规定或业主指定的规格特性。

(2)防腐前应逐根对钢管外表面进行检查，钢管表面不允许存在油污、乳化液和其他污物。

环氧粉末

(1)钢管桩的防腐涂层材料采用环氧粉末，本环氧粉末是指以环氧树脂为主要成膜材料的热固性熔融结合粉末涂料，亦称熔融环氧粉末涂料，简称环氧粉末。环氧粉末涂料经熔融鲒合涂装工艺固化后形成的膜状物，简称熔融环氧涂层.本文所称之普通型环氧粉末涂层，是指涂层厚度最小厚度为300um，参考厚度在300-600um范围的环氧粉末涂层，普通型双层环氧涂层厚度相应加倍。本文所称之加强型双层环氧粉末涂层，是指涂层厚度最小厚度为800um，参考厚度在800-1000um范围的环氧粉末涂层，加强型双层环氧涂层且应具有抗紫外线性能。所有涂层厚度按图纸要求确定。

(2)环氧粉末生产厂家应提供产品说明书、出厂检验合格证和质量证明书等有关技术资料。

(3)环氧粉末交货时，环氧粉末应包装完好。在其外包装上应清楚地标明执行标准、生产厂名、粉末的名称、型号、批号及生产日期、有效期等。防腐厂应按照环氧粉末生产厂推荐的温度和湿度条件贮存环氧粉末。

(4)底层、中间层和面层用环氧粉末的性能应符合表—1的规定。

(5)对每一批到货的不同型号的环氧粉末，在使用前都应按表—1 的项目进行检查，其性能达到验收质量要求时，方可使用。

底层、中间层和面层环氧粉末的性能

表—1

试验项目	质量指标	试验方法
固化时间	≤3min 且符合环氧粉末生产厂家给定特性	SY/T0315—97 附录 A
胶化时间	≥12s 且符合环氧粉末生产厂家给定值的±20%	Q/CNPC38-2002 附录 A
挥发分含量质量分数	≤0.6%	Q/CNPC38-2002 附录 B
粒度分布质量分数	150μ m筛上粉末≤3%	Q/CNPC38-2002 附录 C
	250μ m筛上粉末≤0.2%	
热特性	符合环氧末生产厂家给定特性	SY/T 0315—97 附录 B
磁性物含量	≤0.002%	JB/T 6570

注：底层环氧粉末应具有一定粗糙度；面层环氧粉末应具有防紫外线功能。

(6)缺陷修补材料应使用环氧树脂或改性环氧树脂为基料的双组份涂料或其它与原涂层相溶且性能相当的材料。修补材料应严格按照生产厂家推荐的方法使用。可使用双组份无溶剂环氧树脂涂料。

2、涂敷前的试件性能试验：

(1)、涂层的生产适用性必须通过具有国家计量认证资料的实验室测试，实验室测试的试件和试验结果应达到表—2 的要求。当粉末型号、涂层结构和粉末生产厂家中有一项发生变化时，应对涂层重新进行测试。

(2)、实验室涂敷试件的制备及测试应符合下列规定

(a)试件基板应为低碳钢。

(b)试件表面应进行喷射清理，其除锈质量应达到 GB/T 8923 要求的 Sa2.5 级。表面的锚纹深度应在 40um-100um 范围内，井符合环氧粉末生产厂推荐的要求。

(c)涂层涂敷的固化温度应按照环氧粉末生产厂的推荐值，且不得超 260℃。(d)试件上涂层总厚度应为普通级厚度要求。

(e)对实验室涂敷试件进行的测试应符合表—2 的规定

实验室试件的涂层质量要求

表—2

试验项目	质量指标	试验方法
热特性	符合粉末生产厂家给定特性	SY/T 0315—97 附录 B
24h 或 48h 阴极	≤6mm	SY/T 0315—97 附录 C
28d 阴极剥离	≤8mm	SY/T 0315—97 附录 C
底层断面孔隙率	1 级—4 级	SY/T 0315—97 附录 E
底层粘结面孔隙率	1 级—4 级	SY/T 0315—97 附录 E
24h48h 附着力	1 级—2 级	SY/T 0315—97 附录 H
0.℃或—30℃，抗 1.5 弯曲（复合三层厚度，根据工程要求选定试验温度）	无裂纹	Q/CNPC38-202 附录 D
抗 15J 冲击（复合三层）	无针孔	Q/CNPC38-202 附录 E
50kg 耐划伤性（复合三层）	划伤深度≤500μ m 无漏点	Q/CNPC38-202 附录 F

3．外涂层钢管的型式检验：

在正式生产前，防腐厂应按照正常生产程序进行预生产试验，试验合格后方可正式生产。预生产试验的所有检测项目应包括所有在Q / CNPC38-2002 中 7.1—7.3 所要求的项目，对于破坏性试验涂敷试件应进行对涂层的 24h 或 48h 阴极剥离、抗弯曲及附着力等性能的

测试，测试内容和结果应符合表—3 的要求。当防腐厂、原材料、涂层结构和生产地点中四项之一或者多项发生变化时，应按本条的规定对涂层重新进行测试。

在正式进行涂层涂敷施工时，应按监理工程师要求的频率截取管段试件,按 SY/T0315—97 标准表 6.4.1 内的各项指标测试附着力等。

外涂层钢管的型式检验项目及验收指标

表—3

试验项目	质量指标	实验方法
24h 或 48h 阴极剥离	≤6mm	SY/T 0315—97 附录 C
底层断面孔隙率	1 级—4 级	SY/T 0315—97 附录 E
底层粘结面孔隙率	1 级—4 级	
24h 或 48h 附着力	1 级—2 级	SY/T 0315—97 附录 H
0.℃或—30℃，抗 1.5°弯曲（复合三层厚度，根据工程要求选定试验温度）	无裂纹	Q/CNPC38-202 附录 D
抗 15J 冲击（复合三层）	无针孔	Q/CNPC38-202 附录 E
50kg 耐划伤性（复合三层）	划伤深度≤500μ m 无漏点	Q/CNPC38-202 附录 F

注：外涂层钢管的型式检验项目按复合三层进行

4、外涂层涂敷工艺要求：

(1)、钢管桩的要求与处理

钢管桩上防腐生产线后，即逐根对其进行外观和尺寸偏差检查。然后将检查合格的钢管表面棱角打磨成 R≤2mm 的圆角，焊缝部位应无尖角、缺内、气孔、裂纹、缝隙和焊渣，彻底清除待涂装件表面的灰尘，特别是油脂等污染物。

(2)、钢管桩预热

为保证钢管桩表面处理的质量，钢管桩在吊放至防腐生产线进入抛丸机前要进行预

热，预热温度在40~60℃，确保钢管桩在进入抛丸机之前钢管桩表面无油污、干燥清洁。以免抛丸时污染磨料及钢管桩表面。

(3)、抛丸除锈

钢管桩预热后进入抛丸除锈机。抛丸所使用的钢丸要干燥、清洁，得不使用被油污，氧化皮污染了的钢丸，钢丸里不允许含有杂物。抛丸机内的气体不允许含有油气、水份、要干燥洁净。最终抛丸除锈的质量要达到GB/T8923中规定的Sa2.5级标准，锚纹深度控制在40—100μ m之间，并符合环氧粉末生产厂的推荐要求。钢管桩出抛丸机再次对其表面进行目视检查，将所发现的缺陷消除。最后钢管桩通过除尘装置，除去残存在基体表面的锈粉和灰尘等残留物。表面处理后，必须在3h以内进行粉末喷涂。喷涂前如表面出现反锈或污染时，则要重新进行表面处理。若业主有特殊要求，在涂敷前应按业主的要求进行表面预处理。

(4)、加热

钢管桩表面处理完后，即可进入中频加热器。加热温度应根据粉末涂料生产厂产品说明所推荐的温度确定，但最高不得超过260℃，预热温度应用红外线测温仪进行连续检测，并应使用测温笔或接触式高温计进行温度控制。对钢管进行加热的热源不允许对钢管表面产生污染。加热时要注意掌握加热温度和时间，若因温度过高或时间过长。致使工件表面出现深蓝或深褐色过氧化现象时，应重新进行表面处理。

（5)、涂敷

加热温度达到要求后，钢管即进入静电喷粉室进行环氧粉末的涂敷施工。

正式涂敷前要先做涂敷试验，调整生产线上钢管桩前进的速度，每分钟的转速，喷粉枪的规格、角度、距离、数量以及喷粉枪的出粉量都要满足喷涂至设计的厚度条件。

使用的空压机要配以空气干燥器，以保证供粉用的压缩空气无油无水。

预热后的钢管先用第一组静电喷枪喷涂底层粉末，然后用第二组静电喷枪直接喷涂中间层粉末，最后第三组静电喷枪喷涂面层粉末。面层、中间粉末应粉末厂家要求的延迟时间内用第二组、第三组静电喷枪喷涂在底层上。底层、中间层及面层总厚度应达成到 Q/CNPC38-2002中4.2设计要求。涂层充分固化后，用水使钢管及时冷却，使钢管和涂层温度均匀降至60° C以下。

喷涂时，三种粉末使用独立回收装置，回收的粉末经过严格的除磁性物和筛选，达到表--1中磁性物含量要求后进入各层粉末喷枪。如业主或粉末厂家有特殊要求，应按特殊要求执行。

涂敷外涂层时，固化温度固化时间和延迟时间应符合厂家提供的技术规定。

涂层总厚度和各层最小厚度应符合Q/CNPC38-2002中4.2、4.3的要求。

钢管两端预留段的长度宜为按设计图纸要求施工，预留段表面不得有涂层。若业主有要求时，应符合业主的有关规定。

钢管桩吊耳的焊缝质量应满足国家相关规范和标准的要求，焊缝表面外观质量应满足Ⅱ级焊缝标准。

5、熔融环氧涂层的修补

（a）. 采用局部修补的方法来修补涂层缺陷时，应符合下列要求：

(1)缺陷部位的所有锈斑、鳞屑、污垢和其他杂质及松脱的涂层必须清除掉。

(2)将缺陷部位打磨成粗糙面。

(3)用干燥的布、干燥的压缩空气和刷子将灰尘清除干净。

(4)在钢管桩打桩前发现的受机械损伤厚度减薄的涂层,应根据受损处保留涂层的厚度决定是否修补。如保留涂层的厚度达到原涂层厚度的 70％以上，则可以不修补。如业主有特殊要求，按照特殊要求处理。

(5)直径小于或等于25mm的缺陷部位，应用环氧粉末生产商推荐的热熔修补棒、双组分环氧树脂涂料或业主同意使用的同等物料进行局部修补。

(6)直径大于25mm且面积小于250cm2的缺陷部位,可用环氧粉末生产厂推荐的双组分环氧树脂涂料或业主同意使用的同等物料进行局部修补。

(7)所修补的涂层应满足Q/CNPC38-2002中7.3的相关要求。

（b）. 如果钢管涂层的底层厚度达不到Q/CNPC38-2002中4.2的要求，不允许复涂，应按Q/CNPC38-2002中8.3的要求进行重涂；如底层厚度达到要求而面层厚度达不到要求应进行复涂，复涂时应按要求喷涂外层粉末。

（c）. 如果钢管外涂层型式检验不合格，则必须进行重涂。如果涂层漏点的数量或个别漏点的面积超过Q/CNPC38-2002中7.3的规定，应进行重涂。重涂时，应将钢管表面加热到不超过275℃使涂层软化，然后刮去涂层，再进行喷（抛）射处理，重涂前必须将全部涂层清除干净。重涂应按Q/CNPC38-2002中第6章的涂敷要求进行，重涂后应按Q/CNPC38-2002中第7章的质量要求进行质量检验。

6、涂层范围

钢管桩环氧涂层范围祥见图纸。

7、补涂

1．钢管表面的补涂区域在喷涂之前必须进行喷射除锈处理，其表面质量应达到GB~8923要求的Sa2.5级。处理后的表面不应有油污。

2．喷射除锈后必须清除补涂处的灰尘和水分，同时将焊接时飞溅形成的尖点修平。

3．采用双组分无溶剂液体环氧涂料补涂，补涂施工工艺应满足厂家和业主的技术要求，补涂涂层的厚度应同主体涂层的总厚度相同，性能应达表423-2要求的阴极剥离、附着力、抗弯曲和抗冲击共四项检验项目的验收指标。

8、质量检验

（a） 基本要求

(1)涂装材料的品种规格、技术性能指标必须符合设计和施工规程的要求，具有完整的出厂质量合格证明书。

(2)采用的涂敷系统及涂层物理性能应分别进行工艺试验和测试，其结果得到监理工程师的签字认可后方可正式涂敷。

(3) 涂敷前必须对涂装件表面进行处理，在达到技术规程要求后3-8h内进行涂敷。

(4)涂装过程中的环境条件、每层涂装时间间隔，以及使用的机具设备等均应满足涂装工艺和涂料说明书的要求。在完成前一道涂敷后，其厚度经检查合格后，方可进行下一道涂敷，每层涂敷必须一次完成。

(5) 钢管涂层的底层厚度达不到Q／CNPC38-2002中的4.2的要求，不允许复涂，应按Q/CNPC38-2002中8．3的要求进行重涂。

(6)待涂装件应按厂产品说明书进行预热，涂层在涂敷后应按产品说明书进行加热固化。

（b） 实测项目

钢管桩防腐涂层实测项目

表—4

序号	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1Δ	表面处理	除锈	Sa2.5	用样板目测，2次/班，2根/次
		锚纹深度	Rz=40~100um	用锚纹测试仪，2次/班，2根/次
2Δ	涂层总厚度和各层最小厚度(um)		符合Q/CNPC38-2002的要求或设计规定	用测厚仪检查，每根钢管沿长度测4个断面，其中普通型和加强型各2个断面，第断面4点
3	24h或48h附着力(Mpa)		1级	按SY/T0315-97附录H的方法检查，频率按技术规范规定取用
4Δ	电火花检漏(点/㎡)		各层各允许0.3个	用电火花检漏仪，逐根检查

（c） 外观鉴定

涂层表面平整、色泽均匀，无气泡、裂纹、缩孔、针眼、漏涂，不允许撞击剥落，允许有轻度的桔皮状花纹。不符合要求时，外观质量不合格。

9、成品管的标记、装运和堆存

（a）. 标记

经质量检验合格的外涂层钢管应在其外壁两端 lm 处做出标记，标明钢管规格、材质、生产厂名称，外涂层的类型、等级，防腐管编号、涂敷厂名称、生产日期、执行标准等，并向用户提供出厂合格证。

（b）. 装运

(1)成品管应用尼龙吊带轻吊、轻运，防止撞击变形和机械损伤。

(2)装运时，应防止长钢管产生较大的弯曲而损伤外涂层。

(3)在操作过程中钢管被损坏，应按照所使用钢管的技术要求或标准进行处理。

(4)在操作过程中涂层被损坏，应按照 Q / CNPC38-2002 中第 8 章的要求进行处理。

(5)涂敷过的每根成品管都应套上隔离垫圈。垫圈的尺寸和位置应以堆放时被保护涂层不受损坏为原则。

（c）. 贮存

(1)防腐厂应按照业主的要求提供堆放场地和贮存设施、方法的详细说明。

(2)成品管应按涂层类型及钢管规格分开堆放，并应排列整齐，有明显标识。涂层检验不合格的钢管不得与成品管混放。在室外堆放时，场地应设立垫木、土台等管托，其高度应高于自然地面 150mm，管托间距 4m。如预计存放时间超过六个月，则应考虑增加防晒措施。防腐管堆放层数应不超过 3 层。

10、涂敷生产的安全、卫生和环保要求

（1）涂敷生产的安全、环境保护应符合现行的国家标准《涂装作业安全规程 涂漆前处理工艺安全》GB7692 及《涂装作业安全规程 涂漆前处理通风净化》GB7693 的要求。

（2）钢质管道除锈、喷涂生产过程中，各种设备产生的噪音，应符合国家标准《工业企业噪声控制设计规范》GBJ 87 的有关规定。新建车间不得超过 85Db（A）。

（3）除锈、喷涂车间空气中粉尘含量不得超过《工业企业设计卫生标准》TJ36-79 的规定。

（4）除锈、喷涂作业中所有机械设施的旋转和运动部位均应设有防护罩等安全保护设

施。

（5）环氧粉末喷涂区的电气设备应符合国家有关爆炸危险场所电气设备的安全规定，电气设施应整体防暴，操作部分应设触电保护器。

11、交工资料

（1） 环氧粉末的质量证明书、合格证及有关测试项目的复验报告。

（2） 修补、补口材料的质量证明书、合格证及有关测试项目的复验报告。

（3） 环氧粉末外涂层生产过程中质量检验报告及钢管外涂层质量检验报告。

（4） 外涂层生产质量证明书，内容包括：工程名称、工程编号、粉末名称及型号、涂层质量指标、技术负责人、质量负责人等。

（5） 安装前涂层检验资料。

（6） 补口记录及检验资料。

（7） 回填前涂层检验资料。

（8） 地面检漏及修补、复涂重涂资料。

（9） 用户要求的其技术资料。

七、 关键技术问题与处理措施

1、钢管表面处理质量的好坏是第一个关键技术问题。表面处理是防腐涂层赖以附着于基体表面的必要条件和前提，表面处理的好环，直接影响着涂层的施工质量和使用寿命。所以要保证表面处理达到规范要求，需要采取以下措施：（1）抛丸除锈前要将钢管桩表面的油污清理干净并进行预热；（2）抛丸机里的磨料要规格均匀、干燥、清洁；（3）使用的压缩空气要经过油水分离，保持清洁干燥，无油水在内；（4）经过处理的金属表面要认真进行检查，不合格的重新进行抛丸。

2、温度控制：为保证环氧粉末在钢管桩表面形成均匀牢固的涂层，需采取措施：（1）加热炉调节加热均匀；（2）钢管前进速度调节均匀；（3）涂敷中要经常对预热温度进行检测并进行控制。

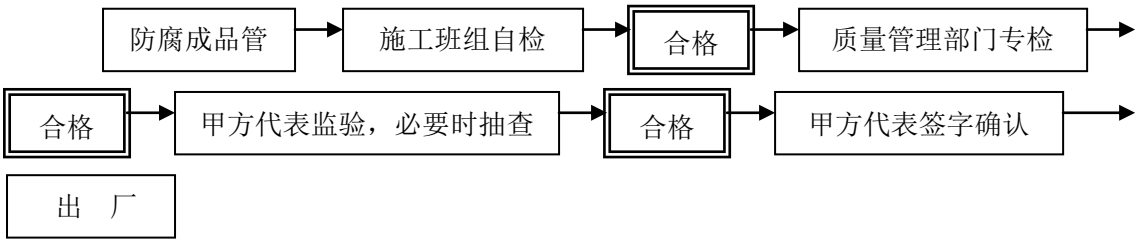
3、厚度控制：要保证涂层的厚度，要采取以下措施：（1）要保证钢管桩表面的温度符合环氧粉末所要求的温度范围；（2）调节好各组静电喷枪的出粉量和距离；（3）每根钢管桩涂敷后都要按照规范进行厚度检查，达不到厚度标准的不许出厂。

4、焊缝补口：补口防腐作业是整条钢管桩防腐中极为关键的一道工序。如果焊缝补口处理失当，则严重影响整条钢管桩的防腐质量。要采取如下措施以保证质量：（1）接口焊接缝及其附近的毛刺、焊渣、飞溅物、焊瘤、污物、油脂和杂物等应清理干净。使用加

热器进行加热，以清除管道表面的水份，加热温度宜为 30～40℃；（2）采用喷砂除锈,管口表面处理质量达到 Sa2.5 级，清除表面的灰尘；（3）采用双组分无溶剂液体环氧涂料进行补涂，并能满足钢管桩整体防腐要求。（4）检测补口防腐层的厚度、剥离强度等，不合格的重做。

八、 管道防腐施工生产的检验与监督

1、 检验监督流程 图五



2、 管道防腐施工生产过程中业主指派驻厂监理进行全过程的监督、检查和验收。

3、 防腐成品管道首先由班组自行检验其施工质量，检验合格交由本公司质量管理部门专业检验，检验合格后，报请业主驻厂监理验收。

4 、 业主代表或驻厂监理经监督检验（必要时进行抽查），其质量符合要求时签字确认，方能装运出厂，不符合规定要求，不准出厂。

5、 SY／T0315－97 是业主对钢管进行防腐基本技术要求和业主对产品质量进行检验、验收的标准，不包括防腐施工生产中的例行检验、试验要求及其他执行标准。

6、 本公司积极配合业主驻厂代表或驻厂监理对在防腐期间为控制施工生产而进行的全部试验的记录及试样进行检查和抽样试验。

7、 在管道防腐施工生产过程中，所有对业主的报告，应经驻厂代表或驻厂监理签字。

8、 驻厂代表或驻厂监理行使职责，不能免除本公司应承担的工程进度脱期、施工安全事故和竣工验收所发生的防腐施工质量问题的责任。

九、 质量保证措施

1、 质量方针

按照一流管理、一流质量、一流速度、一流服务的管理思想，实现有计划、有秩序、程序化的质量管理，强化工序质量控制，树立精品意识，争创优质工程。

以规范标准为依据，制订详细的工程质量保证计划，明确质量控制的措施、方法和检测手段以及达到的质量控制标准，为现场施工管理，提供质量保证。

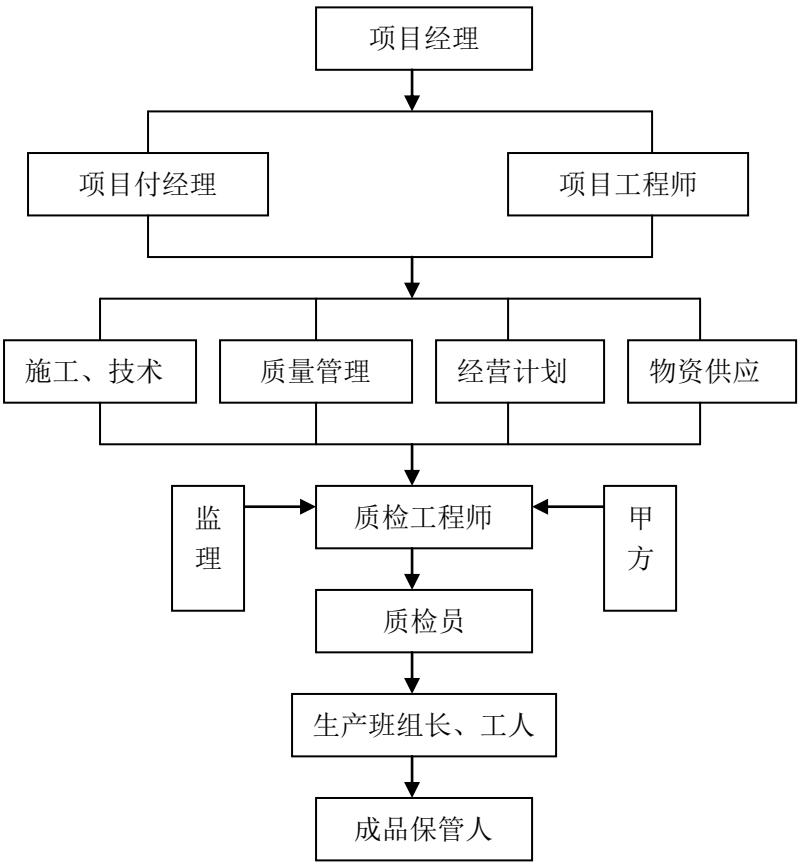
2、 质量目标

①单位工程一次交验合格率：100％　②材料合格率：100％；

③质量事故：　　零；　④工程综合评定达到优良。

3、质量管理组织机构图

图六



4、　质量控制及保障措施

4.1　防腐项目准备阶段的质量管理

①坚持图纸会审制度，熟悉有关技术文件，明确施工中所需遵循的规程、规范和标准。

②在施工组织设计指导下，编制重要工序的施工方案和质量保证措施。

③建立健全对原材料、半成品、成品检查验收制度、保管和领用制度，防止错领和错用，严禁不符合质量要求的材料进入施工现场。

④严格执行施工机械管理、仪器检测、设备测试等使用与管理制度，保证施工机械在施工中安全运行，做到仪器检测、设备测试数据正确无误。

⑤编制进入施工现场人员的质量培训教材、技术培训计划，对上岗人员，经培训教育考核合格取得上岗资格后，方可上岗操作。

⑥施工中所需的设计图纸及文件、施工技术文件、规程、规范、标准、质量检验评定

表格等，均应在开工前作好准备，保证施工中需要。

4.2　施工过程的质量管理

①建立健全切实可行的各级质量保证机构。用全面质量管理手段和方法，达到保证质量优良的目的。明确各级质量保证机构和质保人员的任务和职责。遵循施工程序所形成的质量保证体系，从而达到对质量在形成过程中实行全面控制。

②项目责任人，对施工过程概况、特殊步骤、施工特点、施工程序、操作方法、保证质量措施、施工机具及检测器具、规程、规范、质量标准、工艺试验与评定结论等，要给操作者进行全面交底。

③严肃工艺纪律，认真执行国家各项质量政策。按操作规程、施工验收规范和设计文件的有关规定施工。依据质量检验评定标准和有关规定，及时正确检验评定质量等级。

④从施工准备工作开始，直至工程交工验收的全过程，认真管理好工程档案资料。

十、　工期保证措施

1、工期：钢管桩环氧粉末防腐工期业主定为25天。

2、根据业主对工期进度计划要求，我方将按以往的施工经验，制定科学合理，周密的施工网格计划，合理地调配施工机具和施工人员与制作、安装单位紧密配合，保证在业主（或监理工程师）的指定的时间内完成施工，决不能因防腐工程而延误整体工期进度。

3、为保证工期的顺利实施，我方将根据各个阶段的实际情况，采取合理、有效、扎实的施工保障措施，使施工不受影响而正常施工。在项目部的领导下，充分发挥熟悉施工全过程和质量要求的技术人员和技术工人的优势，有效压缩施工工序间隙，做到均衡施工。

4、具体工期保证措施：

（1）按照工期计划安排和工程各阶段的施工内容，我方计划安排各类防腐工种的熟炼的技术工人，组成数个施工班组，组织专业化班组施工。我们还将准备充足的施工人员（配备经过技术培训的待命班组）来保证计划的实施，并且根据承包人的具体要求和具体的工作量及工作内容进行合理的人员调配，既能保证计划的顺利实施，又不窝工，造避免人力浪费。

（2）按照工期计划安排，我方计划安排以下施工设备机具及检测仪器（见“拟投入本合同工程的主要施工机械表”），所配备的设备、机具类型齐全、配套完整、安全可靠、调试运转正常，并与施工质量和进度相适应，其机械性能状况能满足工

程要求，并能做出保证质量及数量的作业。

（3）组织强有力的施工设备、动力工具和检测仪器的维修力量，发生故障及时排除，保证完好率达到98%，出勤率达到98%　。

（4）如果发生客观因素影响工期，应及时进行施工平衡调整。有条件时可增加施工作业班次，施工作业时间不得超过16小时，但工序检查必须在白班完成，并经工程师同意方能进行中班和夜班作业。

（5）项目经理和施工队长侧重检查各施工片区的工程进度，根据各施工片区的施工进度和存在问题情况，随时进行调度平衡，及时解决影响工程进度的问题。

（6）对不适应施工进度，完不成进度计划和指标的管理人员和工人，及时撤换和补充。

（7）实行班组承包责任制，包工期、包质量、包安全，全面完成或超额完成任务的，给予嘉奖，视完成或超额完成的程度，按承包金额的 1～5%给予奖励，未全面完成任务的，给予重罚，视未完成的程度，按承包金额的5～10%给予罚款。同时给予直接领导及有关领导奖励或罚款，并追究其责任。

十一、 安全和文明施工措施

1、 加强安全技术措施，保障安全文明生产

安全生产与防火防险管理是保障职工人身安全，保护国家财产不受损失，保证施工生产顺利进行的首要条件。各级领导必须将安全生产与防火防险管理作为整个施工过程的重要工作列入议事日程，常抓不懈，实行法规管理，确保安全施工。特别是在管道装卸、上机及施工现场用电、通风换气、用火用燃气、防火等方面。确保现场人员人身安全及国家财产不受任何损失。

2、 安全管理机构设置

根据施工过程特点，对安全工作实行项目部、安全部门和班组三级管理。项目安全领导小组，由项目经理担任组长。安全管理是安全部门负责的日常工作，安全专职和兼职人员，由安全部门统一管理，对各施工班组行使检查监督权。

3、 安全管理机构职责

①协助领导组织推动安全生产和劳动保护工作。切实贯彻执行党和国家公安消防机关等部门的劳动保护政策、法规制度和防火条例；

②制定施工现场安全管理办法和规章制度，并督促实施；

③做好安全生产的宣传教育和管理工作，总结推广先进试验；

④经常深入基层、深入施工现场，随时掌握安全生产情况，调查研究生产中不安全因素，提出改进意见和措施；

⑤参加审定施工组织设计（施工方案）的会议和编制安全技术措施计划，并检查贯彻实施；

⑥做好新工人、特殊工种工人的安全技术训练、考核、发证工作；

⑦负责工伤事故的统计、分析和报告，参加事故的调查和处理；

⑧组织定期安全检查，制止违规行为和违章作业，遇有险情，有权暂停生产，并报告主管领导处理；

⑨对违返安全条例、防火条例和有关安全技术法规、防火法规的行为，经教育无效，有权越级报告。

4 、 安全防护措施

安全生产人人有责，施工中发生工期等一切矛盾以安全生产为第一，作好安全教育工作。

①非生产人员不准进入防腐施工现场，进入防腐施工现场戴好安全帽；

②各种机械禁止非操作人员操作，作到专人专机操作。下班切断电源。施工电源架空拉设、拖动使用的电线及橡皮绝缘线要检查后才准使用。

5 、 机械设备作业

电气开关柜（箱）应完整带锁，应装设漏电开关；机械设备的安全防护装置要齐全，灵活可靠；工人应持证上岗，定机定人定岗并有操作安全规程标牌；机械设备的机容整洁，严禁带“病”运行。

6 、 现场防火措施

在管道防腐区和生活区健全防火制度，设置明显的防火标牌，配备足够的消防器材。现场设置专职安全员，负责检查火源、电源安全，发现问题，及时解决，按规定处理。

7 、 文明施工

为了强化施工管理，搞好文明施工生产，推动创建文明工地的深入发展，达到促进安全生产、降低物质消耗，提高施工现场管理水平，增进社会效益和企业效益，树立企业在社会上的良好形象。

7.1 文明施工组织规划

施工组织规划是搞好文明施工管理的基本条件，因此从施工准备工作开始，就要把文

明施工的要求和措施纳入施工组织管理，并以平面布置为基础，管理制度为依据，责任到人，执行到岗为保证，检查考核为手段来进行管理。

7.2　堆物、道路、排水

施工现场存放的大宗材料、设备、零配件、周转材料等要定点堆放；现场施工道路畅通无阻塞；堆放场地的四周及施工道路的两侧应有排水沟。存放原材料、设备的场所，应有防火措施；现场给、排水系统应畅通，确保无积水现象。

7.3　施工现场“随手清”

要求现场施工的每一个工种、每一个工日、每一道工序、每个区域的作业面，在完成自已的形象进度部位时，都要对操作环境进行必要的清理。并以任务和责任纳入作业人员的工作内容中，以利于材料、半成品、成品、工具等的回收、利用、归库、维修、保养，达到降低消耗，降低成本的目的。做到三清收尾：工完料清、工完场地清、工完资料清、不留尾项。

7.4　周围环境管理

对于出入施工现场的车辆、各种防腐材料、包装材料及垃圾，应严格执行环境卫生管理条例，采取切实有效的防护措施，避免污染施工现场周围的环境。

十二、 后续服务的安排与承诺

1、 职责

工程管理部负责业主不满意见的记录、反馈和产品的售后服务。

质量管理部负责业主不同意见的判定及处理,并组织人员实施纠正措施。

2、 内容

业主意见处理：

⑴ 工程管理部负责将业主不同意见反馈至质量管理部.

⑵ 质量管理部组织相关部门及人员进行分析处理,确为质量问题发生,则立即组织人员实施纠正措施,提出服务内容并做好记录。

⑶ 无论任何原因造成的质量问题，都要立即组织人员实施纠正服务工作并做好记录。

⑷ 服务工作完成后，由质量管理部对服务内容实施验证，并做好记录。

⑸ 业主的每次不同意见均应记录于业主意见统计表中，以利今后采取措施，不断改进。

工程质量回访：

⑴ 在产品保修期内，工程管理部负责回访，听取业主意见，做好记录。

⑵ 因施工原因造成的工程质量缺陷，工程管理部负责立即制定纠正措施。

⑶ 工程管理部根据本工程情况制定年度服务计划，内容包括：回访的时间、对象、方式。

工程保修：

⑴ 本工程设保修期，并签订保修书。在保修期内，由于工程缺陷、不完善等原因需要修理、改善、返工，我公司接到业主通知之日起立即派人到现场进行维修，完成后，由业主组织验收，一切材料及费用由本公司承担，因不可抗力或由于非本公司原因需修理、改善，其费用根据有关国家定额及有关规定协商解决。

⑵ 产品交付后发现的产品或工程质量问题（回访或接到业主投诉发现的质量问题），由工程管理部负责组织复查、鉴定，明确修复范围，制定修复计划并组织实施。

工程管理部会同业主代表对修复效果进行验证。

工程管理部负责保存对工程回访、保修的文字记录。

其他服务：

⑴ 材料供应厂家应承诺，其供货质量同时对本公司和业主负责，并自开始供货至工程结束跟踪服务，对保修期内发现材料质量问题而影响工程质量承担责任。

⑵ 无偿提供业主和监理部门所需要的各种数据和资料以及防腐技术协助。

⑶ 密切配合业主和监理部门对防腐质量、进度等检查、检验，并为其提供工作、生活条件便利。

3、我们的承诺

本公司是国家壹级防腐工程专业施工企业，这次参加舟山大陆连岛工程金塘大桥试桩工程钢管桩防腐施工（SZ-2 合同段）工程投标，本公司承诺：一旦中标，我们将以先进的施工技术、优良的工程质量、可靠的企业信誉、一流的售后服务、完善的管理体系，全面完成钢管桩防腐工程施工任务。

钢管桩阴极保护施工方案

1、 采用标准与规范

（1） 美国腐蚀工程师协会标准，NACE standard RP0176-2003 Gorrosion Control of Steel Fixed Offshore Structures Associated with Petroleum Production

（2） KNR RPB401,1993,CATHODIC PROTECTION DESIGN.

（3）海港工程钢结构防腐蚀技术规定 JTJ230-89

（4）港工设施牺牲阳极保护设计和安装 GJB156-86

（5）铝-锌-铟系合金牺牲阳极 GB/T4948-2002

（6）锌-铝-镉系合金牺牲阳极 GB/T4950-2002

（7）铝-锌-铟系合金牺牲阳极化学分析方法 GB4949-85

（8）锌-铝-镉合金牺牲阳极化学分析方法 GB4951-85

（9）牺牲阳极电化学性能试验方法 GB/T17848-1999

2、 阴极保护设计

2.1 技术要求

（1） 保护方法：采用牺牲阳极阴极保护方法。

（2） 保护年限：第一次安装的阳极使用寿命应确保 35 年。

（3） 保护范围：钢管桩保护范围为水位变化区、水中区和泥下区。

（4） 保护电位：钢管桩在有效保护期内保护电位为-0.85V—-1.10V(相对于饱和铜/硫酸铜参比电极，下同)。

在保护初期，阴极保护电位维持在-0.90V—-1.10V。

其它参比电极可代替饱和铜/硫酸铜参比电极。三种常用的参比电极列于下面（相当于饱和铜/硫酸铜参比电极-0.85V 的电位值）：

a、饱和氯化钾甘汞参比电极：-0.78V。

b、银/氯化银参比电极用于海水：-0.80V。

c、高纯锌参比电极用于海水：+0.25V。

（5） 涂层破损率：钢管桩采用熔融环氧涂层，涂层破损率初期按 1%考虑，阴极保护使用年限末期按 15%考虑。

（6） 设计要求

a、根据招标文件所列资料及投标人自行补充调查的设计参数进行阴极保护系统设计及安装设计。

b、在招标文件所列资料的基础上，投标入应自行补充调查设计参数，以满足设计需要。

c、合理设置阴极保护电位测点，并预留接口，以便在使用过程中能随时评估阴极保护状态。

d、设计考虑的因素

阴极保护（牺牲阳极）设计应考虑钢管桩涂层品质、厚度、涂层的老化及其在保护期内的破损虑。

影响阴极保护的环境参数有：溶解氧含量；潮流；温度；海生物生长；盐度；泥沙含量等。

阳极与钢管桩连接方式和牢固程度的计算必须考虑潮汐、冲刷、扭力等因素的影响。

e、牺牲阳极材料

牺牲阳极材料原则上采用铝基合金，如有充分的技术经济依据也可采用锌基合金，所选用的牺牲阳极材料应以最小的重量满足阴极保护的有效寿命。

对铝合金牺牲阳极材料的化学成分要求如表 1。

表 1　铝-锌-铟系合金牺牲阳极化学成分

种类	化学成分%										
	Zn	In	Cd	Sn	Mg	Si	Ti	杂质，不大于			Al
								Si	Fe	Cu	
铝-锌-铟-镉 A11	2.5-4.5	0.018-0.050	0.005-0.020	-	-	-	-	0.10	0.15	0.01	余量
铝-锌-铟-锡 A12	2.2-5.2	0.020-0.045	-	0.018-0.035	-	-	-	0.10	0.15	0.01	余量
铝-锌-铟-硅 A13	5.5-7.0	0.025-0.035	-	-	-	0.10-0.15	-	0.10	0.15	0.01	余量
铝-锌-铟-锡-镁 A14	2.5-4.0	0.020-0.050	-	0.025-0.075	0.50-1.00-	-	-	0.10	0.15	0.01	余量
铝-锌-铟-镁-钛 A21	4.0-7.0	0.020-0.050	-	-	0.50-1.50	-	0.01-0.08	0.10	0.15	0.01	余量

对锌合金牺牲阳极材料的化学成分要求如表 2。

表 2　锌-铝-镉合金牺牲阳极化学成分

种类	化学成分%						
	A1	Cd	最大杂质含量				
			Fe	Cu	Pb	Si	Zn
锌-铝-镉 Z11	0.30-0.60	0.05-0.12	≤ 0.005	≤ 0.005	≤ 0.006	≤ 0.125	余量

对牺牲阳极的电化学性能要求如表 3。

表 3 牺牲阳极的电化学性能

阳极种类	电化学性能			
	工作电位（V）	实际电容量（A·h/kg）	电流效率（%）	溶解情况
锌阳极	-1.00~ -1.05	≥780	≥95	表面溶解均匀，产物容易脱落。
铝阳	-1.05~ -1.12	≥2400	≥85	
高效铝阳极	-1.05~ -1.12	≥2600	≥90	

2.2 设计结果

2.2.1.水质

海水电阻率按 45$\Omega \cdot cm$ 计。

2.2.2.设计要求：

2.2.2.1　保护范围：整根钢管桩（包括墩台内、水中和泥中）。

2.2.2.2　阴极保护设计寿命 35 年。

2.2.2.3　在保护年限内，钢管桩应始终在最佳保护电位的范围内，即为－0.85～－1.10V（相对于饱和铜 / 硫酸铜参比电极）。

2.2.3.牺牲阳极阴极保护区设计：

墩台底标高为＋1.2m（国家 85 高程，下同），桩顶标高按＋2.7m；

水中区为＋1.2m～ －28.6m；

泥下区为－28.6m 以下；

桩底标高应为每个墩台的实际桩底标高，本说明取桩底标高最低的 E52 墩，即－81.8m。

2.2.4.具体设计方案：

2.2.4.1 钢管桩各区段保护面积计算

墩台中：

π ×1.5×（2.7－1.2）＝7.065m^2

水中：

π ×1.5×[1.2-（-28.6）]＝140.358m^2

泥下区面积：

π ×1.5×［-28.6-(-81.8)］＝250.572m^2

2.2.4.2 保护电流密度选取

根据被保护钢管桩的表面状况（有无覆盖层及类型、或覆盖层质量）、环境条件（如温度、介质的流速、PH、含盐量、通气程度、微生物的活动）等有关因素，分别选取保护电流密度。

本工程新打钢管桩，涂层完好，根据本工程的实际情况选取阴极保护电流密度，具体如下：

墩台中：1mA/m^2

水中：30mA/m^2

泥下区：10mA/m^2

2.2.4.3　牺牲阳极材料

本工程牺牲阳极材料宜采用铝合金牺牲阳极，即符合 GB/T4948-2002 标准，本工程应采用标准中（铝－锌－铟－镁－钛）型阳极，即高效铝阳极。

2.2.4.4　阴极保护计算

a. 阳极重量计算及阳极型号选取

钢桩所需保护电流：

Ia_1＝0.001×7.065+0.03×140.358+0.01×250.572＝6.7A

本工程阳极规格选用：1600×（200＋210）×220mm，阳极净重为 181kg／块，毛重 190 kg／块。

b. 保护电流密度核算

阳极发生电流量

① 阳极发生电流按公式（1）计算：

Ia = △E / Ra……（1）

式中

Ia－单块阳极发生电流量，A/块；

△E－阳极驱动电位，V；铝合金阳极作为长寿命阳极使用取△E＝0.27V；

Ra－阳极接水电阻，Ω 。

② 阳极接水电阻

阳极采用旁离式安装方法，阳极接水电阻按公式（2）计算：

$$R_a = \frac{\rho}{2\pi L}\left(\ln\frac{4L}{r} - 1\right) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（2）$$

式中

ρ —海水电阻率，$\Omega \cdot cm$，按 $45\Omega \cdot cm$ 计；

L—阳极长度，cm；

r—阳极当量半径，r=C/2π ，C 为阳极截面周长，cm。

将有关数据代入公式（1）、（2）求得阳极发生电流量为：

Ia=2.31A/块

③钢管桩电流核算（以每根桩安装 3 块计）：

2.31×3=6.93A ＞ 6.7A ，满足要求；

④阳极块使用年限

$$Y = \frac{QWk}{8760 I_m} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

式中 Y------阳极使用寿命，年；

Q------阳极实际电容量，取 Q=2600 A·h/kg

W------单支阳极净重，取 W=181kg/支；

k -----阳极有效利用系数,取 k ＝0.85；

Im------单支阳极平均发生电流，取 Im =0.50Ia,A/支。

将有关参数代入公式（3），求得阳极寿命为：Y=39.5 年，符合设计年限要求。

3、 人员及组织机构

3.1 人员

项目经理　　1 人

潜水长　　1 人

安全员　　1 人

质检员　　1 人

潜水员　　4 人

潜水焊工　　3 人

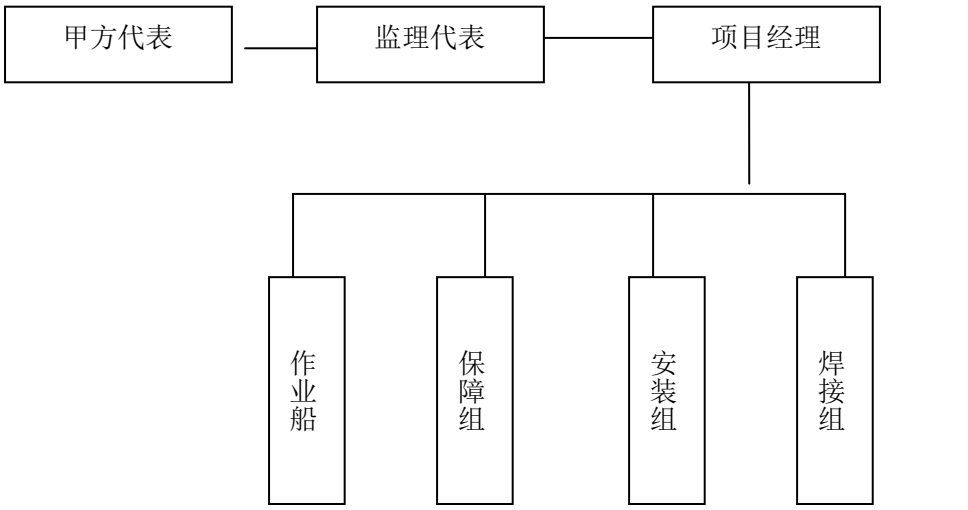
船长　　1 人

辅助工　　3 人

共计　　15 人

3.2 组织机构

图七



3.2.1 为使工程高质量，进度有序的进行，工程项目组织系统是主要保证。特建立以张新纪为首的项目经理部，设置在施工现场。

3.2.2 组织系统各领导，各部门在全面管理好施工的同时，要按职能重点抓好本职或本部门的工作。认真施工管理、施工方案的具体落实、技术指标的具体执行和监控，注重社会和经济效益。

3.2.3 做好施工计划、施工调度和施工组织。在确保质量的前提下，也必须确保满足安装施工单位及业主对进度的要求，并做好与安装施工单位的协调，配合和团结施工。

3.2.4 开好定期工程例会，总结、协调、促进施工有序高效进行。

3.2.5 按时参加建设单位召开的定期调度会议，并随时进行工程联系，以解决施工中的各项工程问题，确保工程顺利进行。

3.2.6 按时召开施工班组长会议，听取施工中的意见和建议，并由施工经理做出处理意见汇报项目经理部后抓紧解决。

3.2.7 做好施工技术档案的填写、整理、汇编工作，并做好施工资料的填写和汇编工作。

3.2.8 做好交工资料的整理汇编工作，工程竣工 10 天内完成各项资料汇编。

3.3 职责

3.3.1 项目经理

项目经理是整个焊接工程中的决策人和主要组织领导者。制定作业计划、审核、批准作业组根据总计划制定的作业实施方案安排、调度施工船只、设备和人力，优化作业方式，保证各项工作安全按计划进行平衡作业组的关系，解决施工过程中出现的问题。开好项目碰头会

3.3.2 工程负责人

根据项目组总的计划、制定实施方案。组织、实施作业方案，督促检查各项工作。责作业组的安全、质量、进度工作。定时向项目组汇报工作。

4、 主要施工设备

施工船	1 条
空压机	2 台
高压机	1 台
电焊机	2 台
水下焊接设备	2 套
MZ-300	3 套
69-4B	5 套

5、 工作内容及技术要求

5.1 工作内容：

在试桩 6 个墩(E52、E92、E132、G16、G44、C18)90 根钢管桩上（桩直径为φ 1500 mm），水深-3m 至-9m 间焊接 270 支阳极（每根钢桩焊 3 支阳极）。每支阳极重 165kg，每个焊脚都进行三面焊。

5.2 技术要求

5.2.1 阳极就位前对阳极两焊脚进行校验、校验间隙小于 2 mm、大于 2 mm进行必要修正。

5.2.2 阳极就位在允许误差范围内。

5.2.3 阳极焊接就位间隙≤3 ㎜，先进行点焊固定，然后焊接。

5.2.4 焊接采用 T202、φ 4.0 ㎜水下焊条。正极接把线，负极接工件的湿焊。

5.2.5 焊接采用自上而下，电压控制在 36V 左右，电流以 160～220A 范围内。

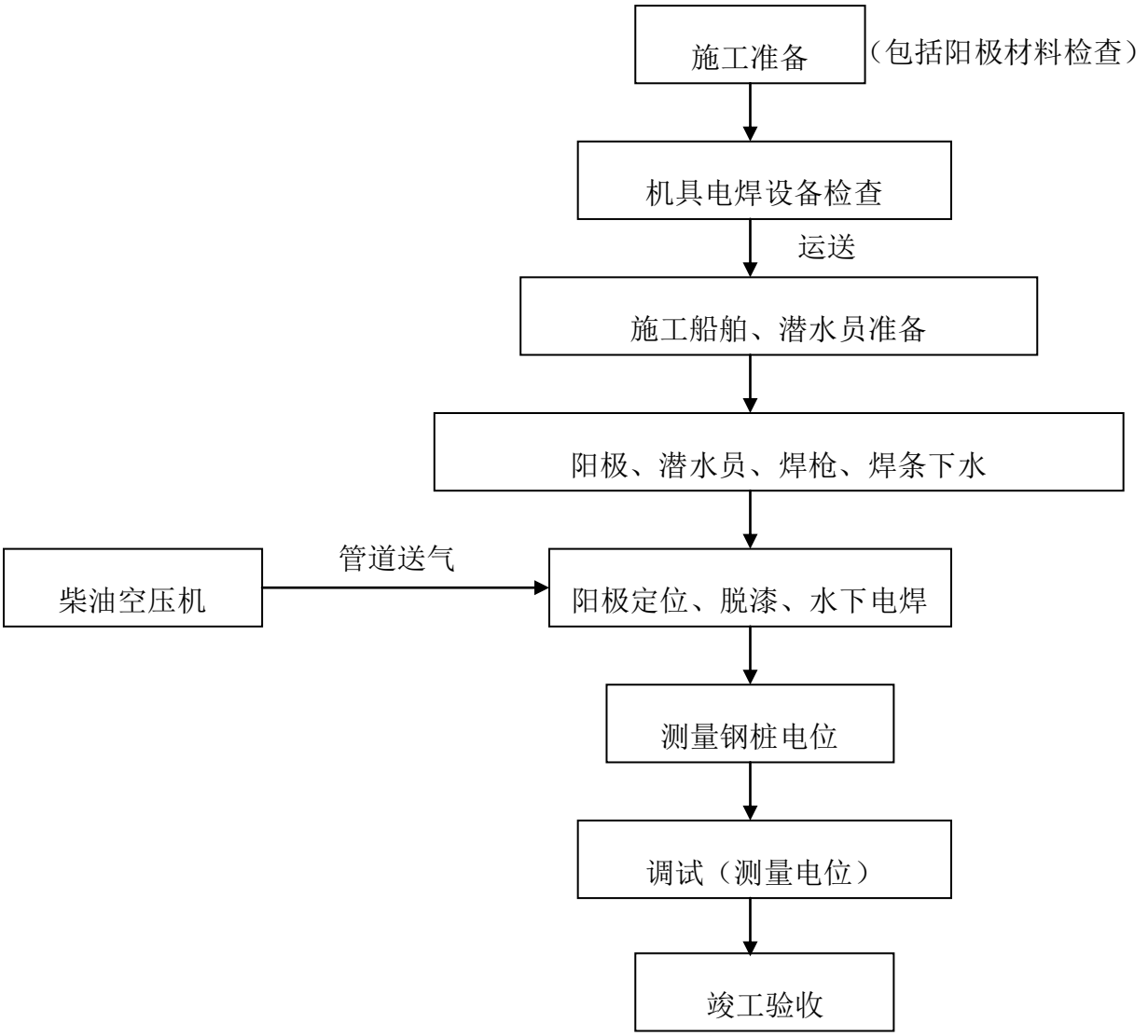
5.2.6 焊脚与焊条的夹角 40° 左右（平面夹角）。

5.2.7 焊接要求成型美观，焊缝边与母材圆滑过渡，焊缝饱满、宽度均匀、熔合良好、焊缝长度（三边焊的和）不得少于 150 ㎜。

5.2.8 焊接表面不得有超量的气孔和裂纹。

6、 施工程序

6.1 施工程序(流程)　　图八



注：1.测量时应将参比电极在水中紧靠钢管桩表面。

2.电焊机电源由码头上或船上发电机供电。

6.1.1 作业船根据事先设计的位置就位。

6.1.2 潜水设备，焊接设备检查、调试。

6.1.3 阳极焊脚校验及阳极吊装就位。

6.1.4 阳极捆绑。

6.1.5 潜水焊工下水、敲除焊接处的涂料，然后焊接。

6.1.6 潜水员焊接完后的质量自检。

6.2 施工方法

6.2.1 施工船就位

6.2.1.1 根据风浪的大小、潮位等情况决定作业船停靠的位置。

6.2.1.2 为防止作业船碰撞钢管桩、船向桥上或在钢管桩上系缆时至少三个点，使船固定在离工作钢管桩很近而又不碰撞钢管桩的位置。作业船离工作钢管桩 1 米左右为佳。

6.2.2 潜水设备的准备

6.2.2.1 运转供气系统，检查是否漏气。

6.2.2.2 检查潜水器具是否完好。

6.2.2.3 检查潜水电话、通话是否良好。

6.2.2.4 检查焊接设备是否良好。

6.2.2.5 确认各设备完好后，设备就位。

6.2.3 阳极检查

6.2.3.1 阳极就位吊装前，应进行外观检查，外观质量应符合有关标准要求。

6.2.3.2 对阳极焊脚的水平精度进行检查校准，检查校准的方法为：将一根宽于阳极焊脚，长于阳极的直铁板，放在阳极焊脚表面贴合，检查两个焊脚的表面度，如间隙大于 2 ㎜，校准到小于 2 ㎜。

6.2.3.3 对阳极焊脚的精度检查校准应在水面进行，只有合格的阳极才能进行吊装。

6.2.4 阳极的吊装捆绑。

6.2.4.1 将吊放阳极绳子的一端固定在适当的位置，另一端固定在阳极上，绳子的距离是阳极安装的位置事先计算好的，阳极吊放下去正好是阳极固定的高度位置。

6.2.4.2 潜水员下水，用事先准备好的白棕绳将阳极捆绑在钢管桩事先预定的位置上，注意阳极两焊脚与钢管桩贴合而间隙小于 3 ㎜。

6.2.5 水下焊接。

6.2.5.1 潜水员将事先准备并检查完好的设备着装好后，下潜到焊接位置，先稳定身体，通常较有效的办法，潜水员在安全背带上栓一根绳子，另一端固定在阳极上，距离为潜水员最适合的焊接位置。

6.2.5.2 用钢丝刷，除锈铲刀等工具把焊口涂层去除并对焊口附近作必要的清除。

6.2.5.3 检查阳极就位情况，如贴合间隙大于 3 ㎜时应作必要的修正。

6.2.5.4 定位焊：先焊上脚，再焊下脚，定位焊的长度通常 10 ㎜左右。

6.2.5.5 正式施焊：严格按照“钢管桩防腐蚀的技术要求”和本方案制定的“水下焊接工艺”进行水下正式焊接。

6.2.5.6 潜水焊工每焊接完一支阳极均应对焊接质量进行自检。受水质的影响，通常自检的方法为：首先用钢丝刷等工具把残留焊渣清除干净，然后用手摸，如发现断焊，熔合不佳，焊肉不饱满时进行修补，使焊缝达到质量要求。

6.3 水下焊接工艺

6.3.1 用于水下焊接的焊机，通常是直流焊机，弧焊整流焊机或逆变焊机。

6.3.2 焊机空载电压为 80V 左右，焊接电压为 30～40V 间。

6.3.3 立焊位的焊接电流为 160～200A。

6.3.4 采用直流正接法（负极接工件，正极接把线），用 T202、φ 4 ㎜水下专用焊条进行焊接。

6.3.5 安装时，阳极焊脚与钢管桩的贴合间隙小于 3 ㎜。

6.3.6 焊接两边至少取 20 ㎜为清理区，施焊前对清理区进行认真清理。

6.3.7 由于水下冷却速度比较快，通常是自上而下进行连续焊接。

6.3.8 焊接角度：焊条与水平成 30° 左右夹角，一阳极焊脚步和桩，贴合而成 45～50° 左右夹角(因钢管桩的壁厚大于阳极焊脚的壁厚,为使钢管桩壁与阳极焊脚都有好的熔合，所以选择焊条与钢管桩面的夹角大些。)

6.3.9 焊缝的长度不得少于 150 ㎜（每焊脚三面和）。

6.3.10 开始引弧或焊接中途引弧时，提前 10 ㎜左右，待电弧引燃后，立即向焊接方向的反向移到焊接点，引弧通常条用划弧法。

6.3.11 焊接结束时，收弧点稍停移动焊条，使弧坑小些，避免收弧的地方出现小裂纹。

6.3.12 潜水焊工每焊完一支阳极后，都要用钢丝刷清理焊缝表面的焊渣等杂物，用手摸的方法进行自检，有问题马上补修。

7、 安全保证措施

为了确保钢管桩牺牲阳极水下装焊工程项目中船舶安全，安装作业，潜水作业及水下焊接等作业的安全，特制定如下安全施工控制条例。

7.1、安全组织机构

项目经理：　　安全领导小组长

工程负责人　　副组长

安全员　　组员

船　长　　组员

7.2 施工船安全

7.2.1 作业船，必须符合船检，港监的有关规定，有合格的证书。

7.2.2 船上必须有救生设备和消防设备。

7.2.3 施工项目的领导，有关职能部门及登船的施工人员，必须遵守船上有关规定。

7.2.4 船舶必须保证性能良好，每 15 天定期检查一次，发现问题及时修理。

7.2.5 牺牲阳极组装，焊接时，作业船应挂潜水作业旗，慢车旗及抛锚球。

7.2.6 每天三次收听当地天气预报并记录，风浪大时应避风。

7.3 施工人员安全

7.3.1 参加施工的人员必须持证上岗，穿工作服，工作鞋，救生衣，戴安全帽，必须经一定时间的安全教育，熟悉船上的安全措施，消防设施，熟悉工作环境。

7.3.2 作业船各作业组，必须把安全工作放在首位，一切为安全开绿灯。

7.3.3 作业船、作业组每周召开一次专门安全工作会议。项目组每二周召开一次专门安全工作会议，检查、总结前阶段的安全工作、完善、修改安全作业规定，布置下阶段安全工作重点。

7.3.4 各作业组每天对作业人员登记，定时清点人员，并记录。

7.3.5 每天作业总结会均将安全工作作为首要事情进行、检查、布置。

7.4 潜水作业安全

7.4.1 必须遵守潜水规则及有关规定。

7.4.2 对每个下水潜水员不仅布置生产任务及完成任务方法，更重要的应详细地布置安全作业注意事项，而且在作业过程中经常提醒。

7.4.3 下水前各作业小组对潜水设备、器材进行认真的检查、发现问题及时解决。

7.4.4 潜水长安排工作时，应分工明确、科学、合理、水上、水下各组间应注意各自的区域，不要互相影响。

7.4.5 现场使用设备为 MZ—300 型，只有有经验的老潜水员在栓信号绳后方可使用 69—4B 型。

7.4.6 着 MZ—300 型下潜的潜水员，必须戴安全背带，背应急气瓶，软管上的挂钩挂在安全背带环上。

7.4.7 使用需供式，自携式设备的潜水员必须配带潜水刀，方可下潜。

7.4.8 原则上不允许跳水，潜水员下水、出水按规定进行。

7.4.9 水上、水下保持良好的通讯，潜水员、水面支持人员均必须熟悉拉绳信号。

7.4.10 作业现场的供气源，必须有一套备用。

7.4.11 晚上作业，作业现场备有照明。

7.4.12 按规定：进行必要的减压。

7.5 水下焊接安全

7.5.1 使用的水下焊接设备必须绝缘，下水前要对其进行水中绝缘检查，达不到要求时，禁止使用。

7.5.2 电焊机架必须接地，所有的接头必须清洁，并牢固连接。

7.5.3 只有在断电时才能更换焊条。

7.5.4 不准把电板夹对准自己。

7.5.5 不得使潜水装具上的任何金属部分与电极接触。

7.5.6 实际焊接以外的任何时候都必须断电，只有在焊接前，潜水员需供电时，方可接通电源。

7.5.7 地线必须放在适当的位置，防止潜水员处在电极和工件之间，成为电路的一部分。

7.5.8 焊接时，必须戴绝缘手套。

7.5.9 在焊接电路中必须装断电闸刀。

7.5.10 作业中禁止触摸尚处在高温状态下的焊缝。

7.6 水下作业医疗保障

7.6.1 潜水长安排潜水员下水前，应询问潜水员的身体情况，如患有重感冒，通气不良、发烧、血压高、过度疲劳等不适时，不安排下水。

7.6.2 严格按减压方案执行减压，潜水员出水后如感不适，应考虑患减压病的可能，应作好减压前的准备。

7.6.3 后勤应注意潜水员的营养及饮食卫生。

7.6.4 现场领导应加强对潜水员的健康管理。

7.6.5 现场应备有足够的应急药箱和一些常用药品。

7.6.6 与基地附近的医院保持联系，做好随时急救的准备。

7.7 安全检查与监督

7.7.1 每天施工前，作业组布置工作时，应就当时工作的特点强调安全施工。

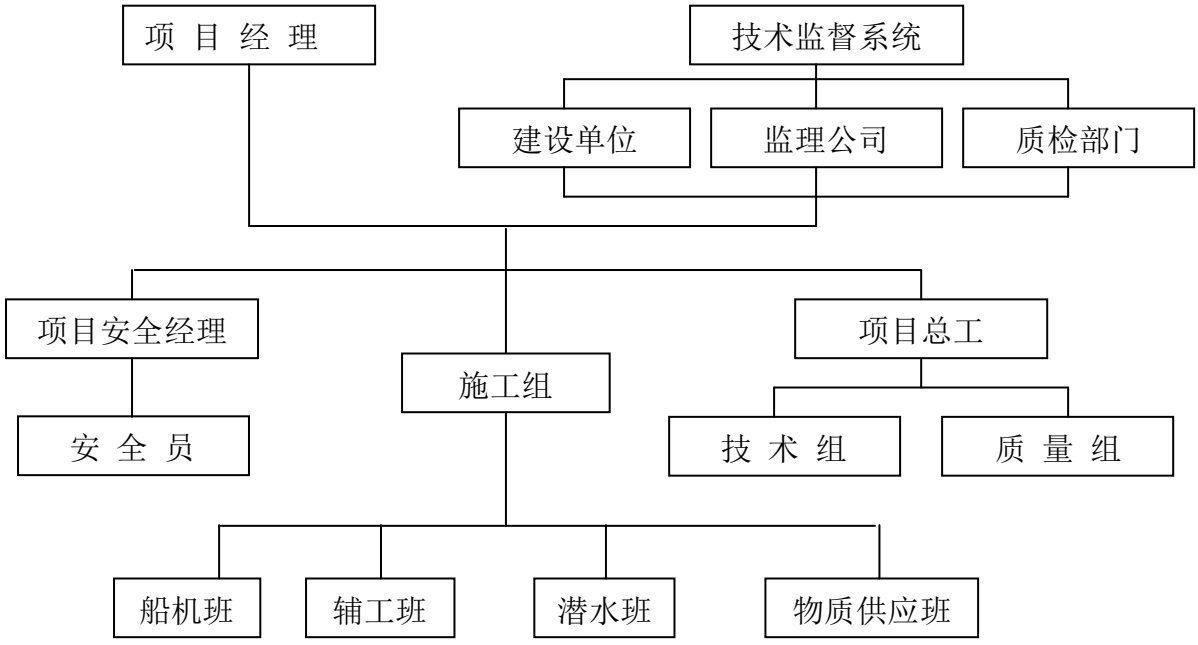
7.7.2 项目组每二周组织一次安全工作检查，设备检查，安全记录检查。

7.7.3 如有安全事故或事故隐患，需及时召开现场安全会，告诫施工人员，并清除隐患。

7.7.4 安全员有权指正不按操作规定作业，不听劝时有权停止其工作，有权越级汇报安全工作情况。

8、 质量保证措施

质量控制网络图： 图九



8.3 质量控制措施

8.3.1 制定周密的工作计划，根据天气变化及时调整。并按计划控制工程进度。

8.3.2 对参加作业的人员进行培训。内容：工程概况、任务、技术要求、质量标准，操作规范交底。环境适应等，参加焊接的潜水员必须持证上岗。

8.3.3 阳极在水面进行校验，校验的间隙小于 2 ㎜，就位间隙小于 3 ㎜，大于此数调整后焊接。

8.3.4 严格按焊接工艺规定的焊接规范操作

8.4 质量检验

8.4.1 混水中的水下焊接检验是一项难度十分大的工作，首先要求焊接潜水员每焊完一支阳极进行质量自检，如发现有不合格的地方，马上修补，以使焊接质量达到标准。

8.4.2 每焊接完 200 支左右阳极后，及时组织人员进行抽检。办法是进行电位测量，及水下探摸检验。

8.4.3 每次检验都要有书面报告。

8.4.4 对决定返修的部位，要用风动砂轮进行打磨修整，然后再作补焊，直至达到质量要求。

8.4.5 抽验阳极的选择，监理指定时按监理指定的检验，未指定时，由施焊单位随机抽验。

8.4.6 抽验量视情况而定，通常 20%左右，抽验时如发现有不合格的焊缝，再增加抽检量，以对焊接质量作出正确评价。

8.4.7 抽验时通常水下电位值达—850 ~ —1100mv 为合格，潜水员下水探摸，焊缝长度 150 mm（每焊脚和），成形平整，咬合良好为合格。抽验通常单种办法进行，也可两种方法同时用于一支阳极。

8.5 材料质量控制

8.5.1 根据“GB/T4948-85 铝-锌-铟系合金牺牲阳极” 或“GB/T4950-2002 锌-铝-镉系合金牺牲阳极” 等合金牺牲阳极规定的材料标准，选用的阳极材料要达到下面“表一”至“表三”中的要求。

8.5.2 本工程的主要材料是铝合金阳极，材料的采购是关键，必须采购国内优质产品，同时报请业主和监理主管部门审批，经主管部门同意后方可采购。

8.5.3 铝阳极材料检查验收：材料供应商应提供具有国家资质的计量检测单位的化学成份分析报告及电化学性能测定结果。必要时应进行复验，并将复验结果提交给业主和监理。

8.6 质量标准

本工程质量目标为合格率 100%，达到优良标准。

9、 质量检验

9.1 基本要求

a) 所采用的每批阳极产品应具备产品质量证明文件（包括合格证和检测报告）。施工前要进行复验，复验的抽样数量和判定规则应按“GB/T4948-2002 铝-锌-铟系合金牺牲阳极”中 7.2.4 和 7.2.5 的规定执行，或按“GB/T4950-2002 锌-铝-镉系

合金牺牲阳极”中 7.2.4 和 7.2.5 的规定执行。

b) 牺牲阳极安装位置应符合设计图纸的要求；如果牺牲阳极安装采用焊接工艺，焊缝质量应达到设计要求。在实施前，对阳极块焊接要进行工艺评定，确定焊接材料和参数，确定焊缝的检验方法和标准，待确认后，方可进行施工。

c) 应以承台为单位进行抽检验收，抽检时选择一个靠近钢管桩表面、远离阳极位置的测试点测定保护电位，保护电位范围应符合表 4 中的指标要求。

9.2 检查项目

牺牲阳极阴极保护系统检查项目见表 4。

表 4　牺牲阳极阴极保护系统检查项目

项次	检查项目	规定值或允许值	检查方法
1	阳极尺寸	每个阳极按设计规定值的偏差分别为： 长度：±2% 宽度：±3% 厚度：±5% 直线度：≤2%	在同一批、同一规格型号的产品中，随机任取十个样品，直接测量
2	阳极重量	每个阳极的重量偏差为±3%，但总重量不应出现负偏差	在同一批、同一规格型号的产品中，随机任取十个样品，直接秤重
3	焊缝长度	焊缝长度应达到设计规定值	潜水员目测、摸测或用水下摄像及水下电视进行检查
4	保护电位	相对于铜/饱和硫酸铜参比电极，应为-0.90V—-1.10V	可采用便携式铜/饱和硫酸铜参比电极和高内阴万用表测量

9.3 外观鉴定

a、牺牲阳极工作表面可为铸造面，但应无氧化渣、毛刺、飞边等缺陷，牺牲阳极所有表面允许有长度不超过 50mm、深度不超过 5mm 的横向细裂纹存在，但不允许裂纹团存在。不符合要求时，外观质量为不合格。

b、牺牲阳极工作面允许存在铸造缩孔，但其深度不得超过阳极厚度的 10%，最大深度不得超过 10mm。不符合要求时，外观质量为不合格。

c、牺牲阳极工作面应保持干净，不得沾有油漆和油污等。不符合要求时，外观质量为不合格。

10、 工作内容安排及进度计划

钢管桩阳极装焊进度计划表 图十

序号	分项工程	日期						
		5天	10天	15天	20天	25天	30天	35天
1	人员机具准备							
2	现场施工准备							
3	阳极水下装焊							
4	装焊后验收							
5	整理竣工资料							
劳动力配备（人）								

11、 主要关键技术问题与处理措施

水下焊接阳极的关键技术问题是焊接质量问题。由于水下能见度差，加上水流，所以阳极的定位、焊接难度相当大。所以要采取有力措施来保证焊接的质量：（1）使用熟练的潜水员下潜作业，并且每组下潜作业人员不少于3人；（2）定位捆绑：将吊放阳极绳子的一端固定在标有刻度的钢管桩适当的位置，另一端固定在阳极上，绳子的距离是阳极安装的位置事先计算好的，阳极吊放下去正好是阳极固定的高度位置。然后潜水员们用事先准备好的白棕绳将阳极捆绑在钢管桩事先预定的位置上，注意阳极两焊脚与钢管桩贴合的间隙小于3㎜。将阳极焊脚处的防腐层清理干净；（3）严格按照牺牲阳极施工技术和设计要求”和本方案制定的“水下焊接工艺”进行水下正式焊接；（4）对每只阳极的焊接都要进行仔细的检查，不符合要求的要坚决返工。

12、 风险分析与处理措施

在钢管桩阴极保护水下焊接阳极块的施工中，存在着一定的风险。由于是水下作业，安全风险增大，质量控制不易。一旦出现安全、质量事故，将会造成极大的损失。所以一定要

采取强有力的措施来保证水下作业的安全：

12.1　针对本项目的实际情况，编写安全、质量计划书，对参加施工的所有人员进行安全教育。

12.2　水下作业前，进行现场安全教育,让所有参加施工的人员都了解本项目的施工特点，了解施工处的天气、水文、海况等情况，达到人人心中有数。

12.3　参加施工的人员都要检查身体，严禁带病上岗。

12.4　下潜作业的人员都要有特殊工种操作证，无证不许参加作业。

12.5　潜水服、氧气、水下通讯设备要作严格仔细的检测，一定要保证安全可靠。

12.6　动力设备、水下焊接设备施工前要严格仔细的检测，保证运转正常，安全可靠，并且每天都要检查、维护、保养。

12.7　施工人员都要穿戴好劳防用品，特别是救生衣必须穿上。

12.8　每天收听当地的天气预报广播，风浪大时应避风。

12.9　水下焊接施工人员一定要严格按照安全、质量施工规范进行作业，做好当天的施工记录。

12.10 每天对作业人员进行登记,下班时清点人员并记录。

资格后审强制性条件（资质与经验）

投标人：河南省建安防腐绝热有限公司　　合同段：SZ-2 合同段

项目	资格要求	申请人的资格
资质	具有部颁防腐保温工程专业承包二级及其以上资质或中国工业防腐蚀技术协会颁发的中国防腐蚀一级及其以上资质。	我公司具备防腐保温工程专业承包一级资质
业绩	近五年内具有钢管（直径 1 米以上）环氧粉末涂装和阴极保护（牺牲阳极）施工经历，并且至少有一个合同涂装面积在 5000 平方米以上	上海南汇天然气管道防腐
		仪征-长岭沿江输油管线防腐
		上海孚宝码头钢管桩阴极保护工程

资格后审强制性条件（人员）

人员	数量	资质要求	申请人的主要人员
项目经理	1	具有高级技术职称，10 年以上类似工程工作经验；近 10 年内承担过类似防腐工作项目经理或项目负责人。	张新纪
项目技术负责人	2	相关专业高级技术职称，具有 10 年以上类似工程施工技术管理工作经历，其中一名主管过钢管防腐涂装施工技术工作；另一名主管过钢管阴极保护施工技术工作。	司国强 李若愚

资格后审强制性条件（财务）

投标人：河南省建安防腐绝热有限公司

财务要求	投标人的财务状况
投标人用于申请请本项目的营运资金（包括存款证明、银行货款、授信额度）不应小于 100 万元人民币。	目前我公司帐上有流动资金 263 万元

A-4

资格后审强制性资格条件（安全、质量和履约）

投标人：河南省建安防腐绝热有限公司　　合同段：SZ-2 合同段

有关安全、质量和履约要求	投标人的状况
投标人所承担的工程项目在2005年7月以前无重大安全和质量事故及合同纠纷通报记录。	本公司在项目施工中，精心策划，重职守誉，无重大安全和质量事故及合同纠纷通报记录。