

黄河三角洲孤东油田北海堤 防护加固工程水下沉桩施工技术

姜则才

(胜利油田胜利工程建设集团有限责任公司, 山东东营 257200)

摘 要: 黄河三角洲胜利孤东油田北海堤需要加固维修, 针对黄河三角洲海域的气象、水文、地质条件, 分析了 3 种海上沉桩施工方案的可行性, 最终选择了振动锤双体打桩船沉桩方案。文章重点介绍了振动锤打桩船沉桩施工的工艺流程、施工方法及步骤, 总结了 500 m 试验段的施工效果, 提出了秋冬季海上打桩的有效措施。实践证明, 在风力小于 5 级的情况下, 采用 120 kW 振动锤双体打桩船沉桩, 速度快, 质量好。

关键词: 海堤防护; 水下沉桩; 施工方法

中图分类号: TU753.65 文献标识码: B 文章编号: 1001-2266 (2008) 01-0027-04

0 引言

近年来, 由于黄河来水来沙越来越少, 加上黄河小浪底工程的建成投产, 使过去靠黄河携带大量泥沙沉积形成的黄河三角洲海岸线冲淤平衡被打破, 造成黄河三角洲胜利油田海岸线不断蚀退。1986—1987 年花巨资修建的海堤工程, 对孤东油田开发上产和黄河三角洲湿地保护及生态平衡起着天然屏障作用。但随着堤前的蚀退冲刷, 给海堤的

稳固、安全带来巨大威胁，如不及时防护根治，海堤有被冲垮的危险。为此，决定对胜利油田孤东海堤进行加固防护，以达到防灾减灾的目的。

1 工程概况

孤东油田北海堤防护加固工程位于山东省东营市黄河入海口北侧, 孤东海堤 K10+000 ~ K16+884.99 处。全长 6 884.99 m。防护加固采用堤脚直接加固结构形式, 如图 1 所示。

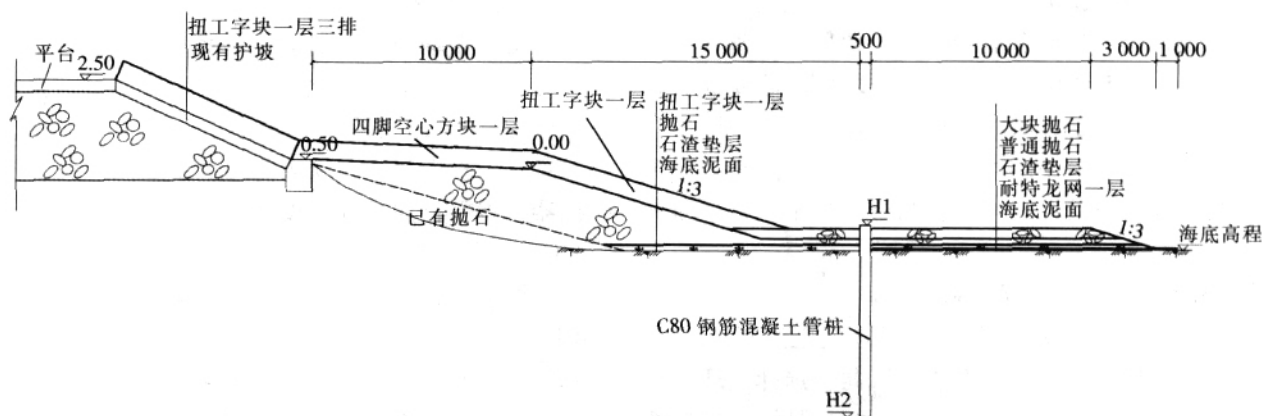


图 1 堤脚加固形式 (标高单位为 m)

该段原海堤堤脚外侧已有少量抛石及一层三排扭工字块防护, 现设计结构为: 在海堤外侧, 离堤脚 25 m 的位置, 顺海堤方向设一排 D500 mm 预应力钢筋混凝土管桩, 净间距为 0.3 m, 桩长 15 m,

强度为 C80, 桩顶设计高程为- 2.9 m; 管桩与堤脚之间抛填毛石, 海堤堤脚前设顶宽 10 m、顶高程 0.5 m 的毛石平台, 平台外侧抛石边坡为 1 : 3, 抛石下设 30 cm 厚的石渣垫层, 平台顶面为一层 2 t

四脚空心块护面, 坡面采用扭工体防护。管桩外侧为宽 10 m、厚 70 cm、重 300 kg 以上的块石护滩, 块石下面设 30 cm 厚的石渣垫层, 石渣垫层下铺设一层 CE152 耐特龙网。高强预应力钢筋混凝土管桩需要采用海上打入法施工, 并且正常潮位下设计桩顶高程在水下 4 m 左右, 打桩工艺比较复杂, 水下沉桩难度极大。

2 气象、水文、地质条件

黄河三角洲海域属温带海洋性季风气候, 秋冬季节气候干冷。夏季极端气温为 39.6℃, 冬季极端最低气温为 -18.0℃。全年平均以南风出现频率最大, 为 10.81%, 次常风向为东北偏东风, 频率为 7.3%, 全年平均风速为 5.28 m/s, 大风以秋、冬季多见, 50 年一遇瞬时最大风速为 33.6 m/s。平均海平面在黄海平均海平面上 39.7 cm, 灾难性大浪为渤海内的风生浪, 强浪向为北北东—东北东。海域的海流性质属正规半日潮流, 实测表层最大流速为 114 cm/s, 最大实测底层流速为 81 cm/s。涨潮流方向为东东南, 落潮流方向为西西北。主流方向基本与岸平行。

施工区域位于黄河 1976—1996 年行河河口北侧, 1996 年以来行河河口以南, 现行河河口三角洲沉积物与 1996 年以前行河河口三角洲沉积物在此迭加, 现三角洲沉积物与老三角洲被侵蚀搬运来的沉积物相间堆积, 形成新老三角洲沉积物混合堆积的特征。表层沉积物以软弱粉质黏土、粉质黏土为主, 含少量淤泥。距目前行河河口较近部位表层为松散粉土—粉砂、亚粉质黏土薄层。三角洲沉积物之下为全新世海相沉积, 主要为淤泥质粉质黏土、淤泥质黏土、淤泥质粉土等软弱土层; 海相层之下为全新世早期滨海湖沼相粉质黏土、黏质粉土及其下晚更新世河湖相粉质黏土、黏土、粉土和粉砂。

3 海上打桩施工方案的确定

本工程需打入预应力钢筋混凝土管桩 13 200 根, 管桩插打需在海上完成。因此, 选择合理、经济的施工方案, 快速形成施工规模, 是海上打桩施工的关键。由于施工受海水及风浪制约很大, 根据本工程所在海域的海况条件及海上安全生产的要求, 风力在 5 级以下时可以进行海上施工作业, 在风力达到 6 级以上时, 所有船只均应进入避风港避风。由于管桩桩顶高程在水下 4 m 深处并且管桩插

打受风浪制约严重, 为此, 对海上打桩施工进行了多方案试验比选, 如: 振动锤双体打桩船沉桩、柴油锤单体打桩船沉桩、利用固定钢结构平台沉桩等, 经过对几个方案的安全性、适用性、经济性 & 施工工艺等方面的分析比较, 认为:

(1) 振动锤双体打桩船沉桩, 稳定、灵活、安全, 速度快, 遇大风浪可随时撤离至避风港避风。

(2) 柴油锤单体打桩船沉桩, 其吊装、定位均靠船体移动来完成, 速度较慢, 因是单体船且打桩架高度在 27 m 左右, 对海况条件要求较高, 稍有风浪船体不稳就影响打桩, 打桩效率低, 而且容易打坏桩头。

(3) 利用钢结构固定平台沉桩, 稳定性好, 就位快, 插打速度快, 但搭设钢结构平台等附属设施需大量钢材及船只配合作业, 费用高, 且平台移动需要吊车吊装倒运, 遇大风浪吊运困难, 危险性大。

根据以上分析比较, 混凝土管桩沉桩优先采用振动锤打桩船沉桩方案, 其次是钢结构固定平台沉桩方案, 不宜采用柴油打桩船沉桩方案。最终确定分阶段采用不同方案打桩。第一个阶段为 4~8 月份, 此阶段为海上施工黄金季节, 采用振动锤打桩船打桩; 第二阶段为 9 月至翌年 3 月份, 此阶段为风暴潮多发季节, 打桩船海上有效作业天数极少, 因此, 进入 9 月份以后改用岸上打桩工艺, 如采用振动锤在预先搭设好的钢结构固定栈桥平台上打桩或采用大型长臂履带吊在岸上打桩。

4 管桩插打施工工艺

采用振动锤打桩船沉桩方案, 由于管桩顶部设计高程为 -2.9 m, 因此, 施工时需将管桩送至水下 4.0 m 深处。管桩施工分两步进行, 第一步将管桩插打至定位框架上 1 m 的位置, 第二步采用加长送桩器, 将管桩送至水下设计高程。

4.1 工艺流程

振动锤打桩船沉桩工艺流程见图 2。

4.2 施工方法

4.2.1 混凝土管桩装船及海上运输

混凝土管桩按指定位置和存放要求在码头上存放, 采用 16 t 汽车吊装船。海上运输采用驳船, 每船装 30 根, 运至打桩施工现场。为了保证混凝土管桩的海运安全, 需要在驳船两侧焊接护挡; 每层混凝土管桩之间放置方木, 且管桩之间均用木楔固定。

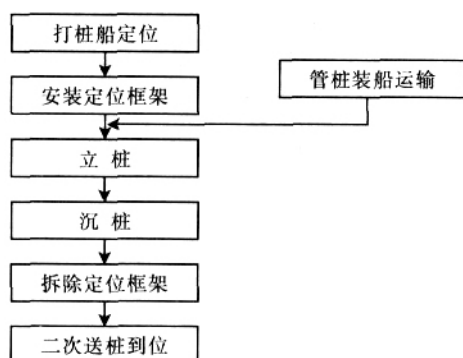


图 2 振动锤打桩船沉桩工艺流程

4.2.2 打桩船定位

打桩作业船航行至作业区后, 调整打桩船至合适的位置, 将 4 个角的锚桩落下, 将船只锚固稳定后实施整套打桩作业程序。

4.2.3 安装定位框架

根据混凝土管桩纵横间距大小, 用角钢焊接定位框架。首先在前进方向插打 4 根定位钢管桩, 并用振动锤打入, 顶高程控制在+1.0 m 左右。在定位钢管桩横向上连接工字钢横担梁, 在横担梁上安装定位框架, 定位框架应安装在混凝土管桩中轴线上, 调整至符合要求后与横担梁通过螺栓联结固定, 定位框架平面如图 3 所示。

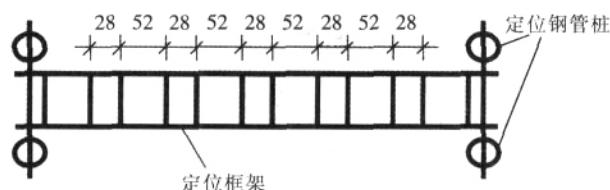


图 3 定位框架平面示意 (图中单位为 cm)

4.2.4 混凝土管桩立桩

将运至施工地点的混凝土管桩一端吊起, 处于垂直稳定状态后, 缓缓插入定位框架的定位钢管桩中, 在桩自重及锤头作用下, 混凝土管桩缓缓下沉, 下沉过程中注意随时纠偏, 保证管桩轴线位置和垂直度, 至混凝土管桩不再下沉时, 完成立桩过程。

4.2.5 混凝土管桩沉桩

立桩后, 用吊机吊住连有加长送桩器的振动锤液压抱箍套住桩顶, 启动液压系统将桩头箍紧并将管桩扶正, 开启振动锤实施沉桩作业。在沉桩的初期, 将变频器打到轻振挡并注意及时纠偏。当混凝土管桩沉至稳定状态时, 全幅开启振动锤, 实施快速沉桩作业。在混凝土管桩顶接近定位框架上顶面

1 m 时, 停止沉桩作业。

4.2.6 二次送桩到位

当定位框架内的全部混凝土管桩插打至离定位框架上顶面 1 m 时, 拆除定位框架, 然后依据桩顶设计高程推算出送桩器送到什么位置管桩才能达到设计高程, 并在送桩器上做出标记。吊起连有加长送桩器的振动锤二次实施振动送桩作业, 至桩顶高出设计高程约 3 ~ 5 cm 时 (或根据地质情况确定), 关闭振动系统, 靠振动锤的余振将桩送到位, 进行桩顶高程、轴线等检测, 如超出标准, 开启振动锤将管桩稍稍进行调整, 然后解除液压, 使振动锤液压抱箍与桩分离, 起吊振动锤使液压送桩器离开水面, 至此, 沉桩作业完毕。

在打桩过程中应由专职记录员准确记录沉桩过程中的各种情况和变化, 详细记录打桩时间和桩位编号、预制桩编号及桩的质量情况。

5 试验段施工总结

孤东北海堤防护加固工程 500 m 试验段共计打桩 625 根, 实际有效作业天数为 18 d。

5.1 单根桩的沉桩时间

通过试验段沉桩情况看, 沉桩要穿透一个板沙层, 在这个板沙层上要耗费较多的沉桩时间。虽然使用的振动锤都为 90 kW, 吊机均为 35 t, 但由于使用的船只不同 (单体或双体船), 配备的其他机械功率不同, 地质条件不同, 单根桩的沉桩时间也不尽相同。使用进口发电机 240 kW, 双体船完成单根桩的最短时间为 40 min, 最长为 90 min, 平均 70 min。使用国产发电机 240 kW, 双体船完成单根桩的最短时间为 45 min, 最长为 120 min, 平均 80 min。使用国产发电机 124 kW, 单体船完成单根桩的最短时间为 60 min, 最长为 120 min, 平均 85 min, 但单体船的有效作业时间短。

5.2 单双体船施工效果

在施工过程中, 采用了双体船、单体船、浮吊及中间拉开空当的打桩船, 试验结果表明, 双体船由于与水的接触面积大, 加上四角锚桩的控制, 具有很好的稳定性, 施工的管桩质量好。单体船由于与海水的接触面积小, 虽四角插打了锚桩, 但其稳定性与双体船相比差得多, 四角锚桩导向孔经常由于海浪的冲击而撕裂。中间拉开空当的打桩船, 由于与水面接触面积大, 且打桩在船体中间展开, 具有很好的适应性。

6 秋冬季海上打桩有效措施

为了加快打桩进度,提高打桩效率,我们针对秋冬季节采取4项主要措施:第一,为尽量延长秋冬季节海上打桩有效作业时间,利用海堤二层平台搭建钢结构固定栈桥平台,在栈桥平台上打桩,变海上打桩为陆上打桩。第二,先进行10 m平台的抛石施工,为大型履带吊车提供行走便道,在风力小于6级时,用大型履带吊车实施陆上打桩。第三,进一步加大振动锤的功率,采用120 kW振动锤,以提高振动锤激振力,从而加快单根桩沉桩速度。第四,进一步改进水下沉桩工艺,将原来单纯依靠振动力沉桩,改为振动与静压相结合的沉桩工艺系统,靠静压将液压送桩器和管桩顶压紧,再开启振动锤,边振动边静压,这样可一次性将管桩插打至设计高程,而不用二次送桩,从而加快沉桩进度。

7 结束语

实践证明,在风力小于5级的情况下,采用120 kW振动锤双体打桩船沉桩,即使在遇到板沙

层的情况下也能快速沉桩,且沉桩稳定,质量好,比90 kW振动锤提高工效1/3。在风暴潮多发季节,风暴过后海上涌浪还要持续几天,即使无风,涌浪也会使打桩船作业难以进行,这时就要采用岸上打桩工艺,利用海堤二层平台搭建钢结构固定栈桥,在栈桥上实施打桩作业,或先施工10 m抛石平台,为大型履带吊车提供行走便道,变海上施工为岸上施工,再进行打桩作业。

参考文献:

- [1] 夏东兴,王文海,武桂秋,等.中国海岸侵蚀述要[J].地理学报,1993,48(5):468-475.
- [2] 江苏省滩涂研究所.江苏滩涂研究[M].北京:海洋出版社,1992,195-208.

作者简介:姜则才(1966-),男,山东荣城人,高级工程师,1987年毕业于大连工学院,现任胜利油田胜利工程建设集团有限责任公司第二工程处经理,从事海洋工程的施工管理工作。

收稿日期:2007-10-29

信息综述

世界第一长臂架泵车出自三一重工 目前生产企业已为该“巨无霸”申报了吉尼斯纪录

最近,在广州新电视塔施工现场,由三一重工自主研发生产的世界第一长臂架泵车在人们惊奇的目光中,扬起66 m的超长臂架,为正在施工的各楼层源源不断地输送混凝土。

在工程机械行业,66 m臂架已是公认的世界第一。三一重工已经为66 m泵车申报世界最长臂架泵车吉尼斯纪录。据介绍,66 m长臂架泵车共拥有15项核心技术,其中该产品的智能臂架系统为国内首创,只需给出遥控器手柄的运动方向,就能实现多节臂的协调动作和臂架末端出口位置的“所想即所达”。

臂架技术是混凝土泵车的一项关键技术,以前一直掌握在德国、美国人手中。目前,世界上能够生产56 m臂架泵车的也只有德国的大象、施维英、中国的三一重工等少数几个工程机械企业。三一重工自1999年在国内率先开发出37 m长臂架泵车之后,再次自主研发生产出世界上第一台长达66 m的长臂架泵车,这是目前为止世界最长泵架的泵车,该产品的投产,表明中国建筑机械制造企业已进入世界泵车制造领域的前沿。

随着臂架等核心技术的研制成功,特别是随着近年来混凝土泵送技术的产业化,在中国的泵车市场,民族品牌与国外品牌终于乾坤倒转,市场占有率分别由过去的10%与90%,转变为90%与10%,其中三一重工的泵车就占据了国内市场的55.6%,成为同类产品的第一品牌,是全球最大的长臂架、大排量泵车制造企业,目前年产泵车1200台。

据了解,继广州站之后,66 m泵车将赴南京、上海、杭州、北京、沈阳、西安、武汉、济南9大城市巡展。之后,这台泵车将走出国门,远赴美国、德国、西班牙和阿联酋等国,向全世界展示世界最长臂架泵车的风采。

特邀通讯员 广东建设厅 孙浦生 收稿日期:2007-12-19

model, the sum of the one-off investment in pipeline system construction and the total running expenses in pipeline service life is taken as an object, and the strength constraint, stability constraint, gas input pressure constraint at compression station and parameter constraint etc. are taken into account. The problem is solved by complex method. It has important guidance meaning to the optimization design of long-distance natural gas transmission pipelines in complex mountainous regions.

Key words: long distance pipeline; rugged terrain; parameter; optimization design

(14) Optimal Design of Multi-product Pipeline Network by Shuffled Frog Leaping Algorithm

WU Hua-li (Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China), WANG Yu-chun, CHEN Kun-ming, et al.

Abstract: The parameter optimal design model of multi-product pipeline network belongs to the optimal combination problem of non-linear discretization, and the objective function has the multiple peaks and some local minimum points, thus we easily run into the local optimal searching. For overcoming the deficiency of traditional algorithm and non-linear programming, this thesis has tried to solve the parameter optimal problem using a new heuristic algorithm—Shuffled Frog Leaping Algorithm (SFLA). Taking the flow rate equation at each node of the pipeline and the energy equilibrium equation as the constraint conditions and the construction expenses of pipeline as the objective function, the mathematic model is developed for the product oil pipeline network, then solved with SLFA. The result from calculational example shows that SLFA can solve the parameter optimal problem of the multi-product pipeline very well. Similarly, it can be applied to combined parameter optimal problems in discrete domain.

Key words: Shuffled Frog Leaping Algorithm; multi-product pipeline network; optimal design; mathematical model

(17) Strength Check of $15 \times 10^4 \text{ m}^3$ Crude Oil Tank Based on Finite Element Software ABAQUS

SHENG Xuan-yu (Institute of Nuclear and New Energy Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China), ZHANG Hong-zhi

Abstract: A $15 \times 10^4 \text{ m}^3$ crude oil tank was analyzed by the famous nonlinear finite element software ABAQUS. The stress distribution of the whole tank was calculated and the stress distribution was evaluated based on the design standard of pressure vessel. The analysis shows that the tank is safe for storing crude oil. The stresses in tank wall, except the upper and lower parts of the wall, are at uniformly high level. The highest stress locates at the lower second layer of the wall. The stresses in bottom plates are low. But the stresses at welding inner corner between wall and bottom are higher than the permitted stress of the material. However, by classifying the stresses, they satisfy the relevant standard requirement.

Key words: storage tank; finite element; stress appraisal

(21) Calculation and Analysis of Pull-back Force of Pipeline Crossing by Horizontal Directional Drilling

AN Jin-long (SINOPEC Jiangnan Oilfield Construction Engineering Company, Qianjiang 433123, China)

Abstract: Because of the complicated operation conditions, the pull-back force of pipeline crossing by horizontal directional drilling depends on the combined actions of various factors. Thus, establishing a mechanical model that meets actual operation condition closely and has a common applicability is very difficult. Based on the related research achievements at home and abroad and the mechanical theory as well as the statistic information from practical projects, this paper analyses three calculational methods in common use, i. e. unloading arc earth pressure calculation, net buoyancy calculation and winch calculation, and makes some improvements on them; then it gives practical calculational instances. It is shown that the mechanical model of winch calculation method and its calculated result are relatively close to the practical operation condition. So using winch calculation method for pull-back force estimation is strongly recommended.

Key words: horizontal directional drilling; crossing; pull-back force; calculation; formula; analysis

· OCEAN ENGINEERING ·

(27) Research on Construction Technology of Underwater Pile Driving for Northern Sea Wall Rein-

forcement in Gudong Oilfield at Yellow River Delta

JIANG Ze-cai (Shengli Oilfield Engineering Construction Co., Ltd., Dongying 257200, China)

Abstract: The northern sea wall in Gudong Oilfield at Yellow River Delta needed reinforcing so that the feasibility of three kinds of offshore driving pile construction methods was analyzed in consideration of the sea conditions of weather, hydrology and geology in Yellow River Delta area. Finally the driving pile construction scheme using vibrating hammer and piling catamaran was chosen. This paper focuses on the construction process, method and steps of pile driving using vibrating hammer and piling catamaran, summarizes the construction effect of 500 m long test sea wall, puts forward effective measures of offshore piling in winter and autumn. The practice proves that for wind scale less than 5, using 120 kW vibrating hammer and catamaran for pile driving is fast with good quality.

Key words: seawall protection; underwater pile driving; construction method

(31) Optimum Ditch Bottom Width in Reef Area Using Blasting Ditching Method

DU Sheng-wei (Shengli Engineering & Consulting Co., Ltd., Dongying 257026, China), LUAN Xi-wei, SHAO Huai-hai

Abstract: There is no domestic precedent of the ditch blasting for large diameter pipeline passing relatively deep water and relatively long distance in reef area. In a subsea pipeline project of Fujian Petroleum Refining and Chemical Venture Co., the optimum ditch bottom width in reef area using blasting approach is explored. This paper describes the unit rock consumption and shothole parameter, and compares the blasting effects between 3 m and 6 m ditch bottom widths. The practice shows that using current domestic equipment to excavate a ditch of 6 m bottom width and 0.67 slope ratio in reef area at 20 m water depth by blasting is able to meet pipelaying requirement but has low operation efficiency of construction vessels.

Key words: subsea pipeline; reef area; ditch; blasting

· ANTICORROSION & INSULATION ·

(33) Manufacture Quality Control of Large Diameter Thermal Insulation Pipes with External FRP Protective Layer Applied to Directly Buried Pipeline

ZHANG Hong-lei (CNPC Research Institute of Engineering Technology, Tianjin 300451, China), DONG Yun-bao, HAN Wen-li, et al.

Abstract: Directly buried high temperature thermal insulation pipeline with large diameter is a concealed work and the thermal insulation pipe manufacture is fundamental to the whole project. Enhancing the quality control and product inspection in the course of manufacturing is crucial to guarantee the project quality. This paper stresses some technical problems encountered in the manufacture of directly buried high temperature thermal insulation pipeline with large diameter in aspects of steel pipe derusting, manufacture of polyurethane thermal insulation layer and FRP external protective layer, solidifying time of FRP, and so on. Also, the problem solving methods and the inspection items needing more monitoring and controlling in the manufacturing course are put forward.

Key words: glassfiber reinforced plastic (FRP); thermal insulation pipe; direct burying; quality control

(36) Existing Problems in Inspecting Anticorrosion Layer of Buried Pipeline by Current Gradient and Its Improved Methods

WANG Sui-ping (Corrosion and Protection Research Institute, Shengli Oilfield Technical Inspection Center, Dongying 257200, China), SUI Guo-yong, SHI Ren-wei

Abstract: The most often used methods to inspect anticorrosion layer of buried pipeline are the current gradient method and the potential gradient method. Although under theoretical conditions these methods can offer very exact inspection data and assessment results, in practical inspections they often give discrepancy between inspection results and actual status. In combination with a practical project, this paper analyses existing problems in inspecting overground pipeline section, outcropped pipeline section, damaged points of anticorrosion layer, bends and tee joints by current gradient method, and brings forward improving proposals, that are