

高压输变电基础 钢筋混凝土防腐

陈迅捷 钱文勋 欧阳幼玲 韦 华 编著

GAOYA
SHUBIANDIAN
JICHU
GANGJIN
HUNNINGTU
FANGFU



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

高压输变电基础 钢筋混凝土防腐

陈迅捷 钱文勋 欧阳幼玲 韦华 编著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·

内容摘要

本书通过大量试验数据和分析,揭示了在氯盐、硫酸盐、碳化、冻融循环和杂散电流等不同腐蚀环境中,变电站和输变线路基础钢筋混凝土劣化进程和腐蚀破坏机理;描述了在各种单因素腐蚀环境和多重耦合因素腐蚀环境中,钢筋混凝土耐久性的影响因素和改善措施;提出了提高钢筋混凝土耐久性的混凝土优化配伍。在试验研究中,有很多重要发现和技术创新,可为变电站和输变线路工程建设提供有力的技术支撑和安全保障。

图书在版编目(CIP)数据

高压输变电基础钢筋混凝土防腐 / 陈迅捷等编著

. —南京:东南大学出版社,2016. 11

ISBN 978 - 7 - 5641 - 6863 - 6

I. ①高… II. ①陈… III. ①高压输电线路—钢筋混凝土—电线防腐 IV. ①TM62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 285313 号

高压输变电基础钢筋混凝土防腐

出版发行 东南大学出版社

出 版 人 江建中

社 址 南京市四牌楼 2 号

邮 编 210096

网 址 <http://www.seupress.com>

经 销 全国各地新华书店

印 刷 江苏凤凰数码印务有限公司

开 本 700 mm×1000 mm 1/16

印 张 13

字 数 286 千字

版 次 2016 年 11 月第 1 版

印 次 2016 年 11 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5641 - 6863 - 6

定 价 45.00 元

* 本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系,电话:025-83791830。

前 言

自 2001 年起,南京水利科学研究院和江苏省电力设计院合作开展了“连云港田湾核电站 220 kV 输变线路铁塔基础防腐试验研究”“射阳 220 kV 输变线路基础高性能混凝土灌注桩技术服务”“盐碱地区输电线路铁塔基础钢筋混凝土防腐措施试验研究”“连云港灌云县 110 kV 风电接入线路铁塔钢筋混凝土基础防腐蚀技术开发”“盐碱环境中变电站建设的抗腐蚀技术研究”“连云港虹洋热电联产工程混凝土防腐技术研究”等多项试验研究、技术开发和工程应用课题。另外,南京水利科学研究院还承接了“南京地铁工程高性能混凝土试验研究”“深圳地铁 11 号线地下结构耐久性专题研究”“中电投新疆五家渠电厂一期工程防腐试验研究”“沿海工程混凝土裂缝对结构耐久性影响与对策试验研究”和“提升沿海水闸混凝土耐久性成套技术研究”等相关课题试验研究工作。在试验研究中,有很多重要发现和技术创新,并为变电站和输变线路工程建设提供了有力的技术支撑和安全保障。本书为上述相关研究工作的总结。

作者通过大量试验数据和分析,揭示了在氯盐、硫酸盐、杂散电流、冻融循环等不同腐蚀环境中,变电站和输变线路基础钢筋混凝土劣化进程和腐蚀破坏机理;描述了在各种单因素腐蚀环境和多重耦合因素腐蚀环境中,钢筋混凝土耐久性的影响因素和改善措施;提出了提高钢筋混凝土耐久性的混凝土优化配伍;试验论证了在腐蚀环境中,受拉应力和裂缝对钢筋混凝土耐久性的影响与对策。

本书共分六章,其中第 1 章“高压输变电路基础钢筋混凝土腐蚀环境”、第 3 章“内陆淡水环境和盐碱环境钢筋混凝土抗腐蚀耐久性”由钱文勋撰写;第 2 章“沿海环境钢筋混凝土抗氯离子侵蚀耐久性”由欧阳幼玲撰写;第 4 章“钢筋混凝土抗杂

散电流腐蚀耐久性”由陈迅捷撰写；第5章“高耐久混凝土设计和工程实例”由钱文勋和韦华合作撰写；第6章“混凝土耐久性寿命的综合评估”由韦华撰写。

本书的编著和出版，得到了南京水利科学研究院出版基金的资助。东南大学出版社对本书的出版给予了大力支持，在此一并表示感谢。

限于编著者水平及时间有限，不足之处在所难免，热忱期待读者批评指正。

作者

2016年10月

目 录

1 高压输变电线路基础钢筋混凝土腐蚀环境	(1)
1.1 腐蚀破坏状况	(1)
1.1.1 江苏沿海腐蚀调查方案	(4)
1.1.2 现场调查	(4)
1.1.3 现场样品测试分析	(18)
1.2 腐蚀因素分析	(25)
1.2.1 环境作用等级对混凝土腐蚀分析	(25)
1.2.2 钢筋混凝土防腐方案	(27)
1.2.3 江苏沿海地区环境作用等级划分	(30)
1.2.4 小结	(32)
1.3 针对腐蚀环境的耐久性设计	(33)
1.3.1 耐久性基本设计	(33)
1.3.2 耐久性控制指标参数	(35)
2 沿海环境钢筋混凝土抗氯离子侵蚀耐久性	(39)
2.1 氯离子引起钢筋混凝土劣化的机理	(39)
2.1.1 氯离子侵入机制	(39)
2.1.2 氯离子临界含量	(40)
2.1.3 氯离子引起钢筋锈蚀机理	(41)
2.2 影响氯离子在混凝土中扩散的因素	(42)
2.2.1 原材料的影响	(42)
2.2.2 环境的影响	(49)
2.2.3 裂缝的影响	(57)
2.3 钢筋混凝土抗氯离子扩散性能评价方法	(69)
2.3.1 混凝土中氯离子渗透性的测试方法	(69)
2.3.2 掺和料对快速测试结果的影响	(71)

2.3.3	掺和料混凝土氯离子渗透快速试验的校正	(76)
2.4	钢筋混凝土抗氯离子侵蚀的措施和机理	(82)
2.4.1	掺和料对氯离子扩散的作用	(83)
2.4.2	大掺量掺和料混凝土抗氯盐腐蚀性能	(84)
2.4.3	干湿循环条件下耐腐蚀混凝土的性能	(86)
2.4.4	饱水条件下耐腐蚀混凝土的性能	(88)
2.4.5	耐腐蚀混凝土抗氯盐侵蚀性能改善机理	(89)
3	内陆淡水环境和盐碱环境钢筋混凝土抗腐蚀耐久性	(91)
3.1	碳化	(91)
3.1.1	影响碳化的主要因素	(91)
3.1.2	多因素作用下混凝土的碳化	(95)
3.1.3	考虑碳化的混凝土耐久性	(103)
3.2	硫酸盐侵蚀	(104)
3.2.1	侵蚀机理	(104)
3.2.2	影响因素	(105)
3.2.3	防腐措施	(108)
3.3	冻融破坏	(114)
4	钢筋混凝土抗杂散电流腐蚀耐久性	(119)
4.1	杂散电流及腐蚀原理	(119)
4.1.1	在变电站和高压输电线路基础钢筋混凝土中存在的杂散电流	(119)
4.1.2	杂散电流对钢筋腐蚀原理	(121)
4.2	钢筋混凝土结构杂散电流腐蚀的影响因素	(122)
4.2.1	环境因素影响	(122)
4.2.2	混凝土配伍影响	(125)
4.3	钢筋中杂散电流对混凝土耐久性的影响	(128)
4.3.1	杂散电流密度对混凝土中钢筋半电池电位的影响	(129)
4.3.2	杂散电流密度对氯离子扩散系数的影响	(130)
4.3.3	杂散电流密度对抗硫酸盐腐蚀耐久性影响	(133)
4.3.4	杂散电流强度对混凝土抗冻耐久性影响	(136)
4.4	提高钢筋混凝土抗杂散电流腐蚀的措施	(138)
4.4.1	提高钢筋混凝土抗杂散电流腐蚀的措施	(138)
4.4.2	混凝土优化配制	(138)

5	高耐久混凝土设计和工程实例	(141)
5.1	设计思路	(141)
5.2	原材料选用	(142)
5.3	配合比设计	(144)
5.4	混凝土性能	(145)
5.4.1	力学性能	(145)
5.4.2	热学性能	(145)
5.4.3	体积稳定性	(147)
5.4.4	耐久性	(149)
5.5	高耐久混凝土推荐	(154)
5.5.1	配合比基本参数	(154)
5.5.2	原材料要求	(154)
5.5.3	耐久性指标	(154)
5.5.4	混凝土参考配合比	(155)
5.6	工程应用实例	(155)
6	混凝土耐久性寿命的综合评估	(167)
6.1	混凝土寿命预测研究现状	(167)
6.1.1	菲克第二定律现状及发展趋势	(167)
6.1.2	混凝土结构使用寿命预测研究现状	(169)
6.2	氯离子扩散规律的数字模型研究	(175)
6.2.1	试验设计	(175)
6.2.2	氯离子扩散系数随龄期的变化模型	(177)
6.2.3	氯离子扩散系数随温度的变化模型	(181)
6.2.4	不同环境条件下氯离子扩散模型	(183)
6.2.5	环境条件修正系数 k_e 探讨(室内试验和现场暴露试验关系)	(184)
6.3	混凝土寿命预测	(188)
6.3.1	中等腐蚀环境下推荐配合比寿命预测	(189)
6.3.2	氯盐非常严重环境下推荐配合比寿命预测	(190)
6.3.3	承受拉力条件下混凝土寿命预测	(192)
6.3.4	杂散电流条件下混凝土锈蚀起始年限预测	(195)
6.3.5	普通混凝土锈蚀起始年限预测	(196)
6.3.6	高耐腐混凝土锈蚀起始年限预测	(196)
6.4	小结	(197)

1 高压输变电线路基础钢筋混凝土腐蚀环境

我国盐碱化地主要分布在华北平原、东北平原、西北内陆地区和滨海地区,其中西北盐碱地区和沿海地区为钢筋混凝土腐蚀破坏的重灾区。随着国家西部大开发战略的实施,“西电东送”是其标志性工程。高压输电是目前国家电网主要采用的电能输送形式,高压输电线路不可避免地经过这些地区。为保障输电线路的长期安全,需解决输电线路基础的耐久性问题。东部沿海地区作为用电负荷中心区,一直大量使用污染相对较重的火电。为治雾霾,国家目前已开始考虑远距离大容量输电技术的可行性,部分特高压线路也已陆续开工建设,这对输电线路基础的耐久性也提出了更高的要求。

1.1 腐蚀破坏状况

随着特高压输电工程的实施,输电线路选址不可避免地落于含盐量极高的盐碱地区,例如我国西北的青海盐湖含盐量达 341 g/L,新疆盐湖含盐量 269 g/L,西藏盐湖含盐量 196 g/L,内蒙古盐湖含盐量 279 g/L。盐湖卤水中 Cl^- 浓度最高的为青海湖,达 204 g/L, SO_4^{2-} 浓度最高的为内蒙古盐湖,达 36 g/L^[1]。我国沿海地区的地下水和土壤中同样富含氯盐和硫酸盐,其中江苏连云港近海地区地下水中 Cl^- 浓度达 30 g/L, SO_4^{2-} 浓度达 3 g/L^[2]。

江苏沿海地区输变电线路基础防腐设计工作开展较早,本章主要以江苏沿海地区为例,针对输电线路基础混凝土的腐蚀状况进行调研分析,抛砖引玉,供类似工程钢筋混凝土防腐设计 and 应用参考借鉴。

江苏省海岸线长合计约 1 040 km,沿海经过赣榆县、连云港市区、灌云县、响水县、滨海县、射阳县、大丰市、东台市、如东市、通州市和启东市共 11 个县市。沿海有大量高盐碱含量的土地、滩涂、盐池和河流分布于该地区,对途经该地区的输电线路铁塔基础钢筋混凝土耐久性有较大影响。沿海地区气候变化范围大,气温变化范围 $-18\sim 43\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度变化范围 15%~100%。地形复杂,沿海滩涂面积大,且包含晒盐池、海水养殖池等高盐碱水域,同样也包含农田、淡水养殖池等盐碱土地和水域,在同一地区存在不同腐蚀环境等级。结合工程的地勘结果,江苏沿海地区钢筋混凝土可能遇到的腐蚀作用包含有碳化、冻融、氯离子引起钢筋锈蚀和硫酸盐侵蚀

破坏等。

参考《混凝土结构耐久性设计与施工指南》^[3]，根据结构所处的环境按其对钢筋和混凝土材料的不同腐蚀作用机理分为 5 类，见表 1-1。钢筋混凝土环境作用等级按其对钢筋混凝土结构的侵蚀程度分为 6 级，见表 1-2。江苏沿海地区可能接触的环境类别、环境分类及环境作用等级见表 1-3。因硫酸盐腐蚀环境作用的环境等级分类见表 1-4。当钢筋混凝土结构处于表 1-3 中多项化学物质同时作用的环境时，应根据具体情况取其中单项作用最高的等级或再提高一级作为钢筋混凝土结构所处环境的作用等级，以考虑多项作用共同发生时可能加重的后果。

表 1-1 环境分类

类别	名称
I	碳化引起钢筋锈蚀的一般环境
II	反复冻融引起混凝土冻蚀破坏
III	海水氯化物引起钢筋锈蚀的近海或海洋环境
IV	除冰盐等其他氯化物引起钢筋锈蚀环境
V	其他化学物质引起混凝土腐蚀的环境(其中土和水中的化学腐蚀环境为 V ₁ ，盐结晶环境为 V ₃)

表 1-2 环境作用等级

作用等级	作用程度的定性描述	作用等级	作用程度的定性描述
A	可忽略	D	严重
B	轻度	E	非常严重
C	中度	F	极端严重

表 1-3 环境类别及作用等级

环境类别	环境条件		等级
一般冻融环境	微冻地区，混凝土高度饱水		II-C
	严寒和寒冷地区，混凝土中度饱水		II-C
	严寒和寒冷地区，混凝土高度饱水		II-D
近海或海洋环境	大气区	轻度盐雾区 离平均水位 15 m 以上的海上大气区，离涨潮岸线 100 m 外至 300 m 内的陆上室外环境	III-D
		重度盐雾区 离平均水位 15 m 以内的海上大气区，离涨潮岸线 100 m 内的陆上室外环境	III-E

续表

环境类别	环境条件		等级
近海或海洋环境	水位变化区和浪溅区,非炎热地区		Ⅲ-E
	土中区	非干湿交替	Ⅲ-D
		干湿交替	Ⅲ-E
除冰盐等 其他氯化物环境	较低氯离子浓度($c=100\sim 500$ mg/L)		Ⅳ-C
	较高氯离子浓度($c=501\sim 5\,000$ mg/L)		Ⅳ-D
	高氯离子浓度($c>5\,000$ mg/L),或干湿交替引起积累		Ⅳ-E
盐结晶环境	轻度盐结晶		V_3-E
	重度盐结晶(大温差、频繁干湿交替)		V_3-F

表 1-4 盐碱腐蚀环境分类及其作用等级

腐蚀作用等级	V_1-C	V_1-D	V_1-E
水中 $SO_4^{2-}/(\text{mg/L})$	200~1 000	1 000~4 000	4 000~10 000
土中 $SO_4^{2-}/(\text{mg/kg})$	300~1500	1 500~6 000	6 000~15 000
水中 $Mg^{2+}/(\text{mg/L})$	300~1 000	1 000~3 000	3 000~4 500

依据美国 ACI318-05 和 ACI201.2R-08 标准,按 SO_4^{2-} 浓度的不同将硫酸盐对混凝土的腐蚀分为四级,见表 1-5。而欧洲 EN206-1—2000 标准中,则按 SO_4^{2-} 浓度的不同将硫酸盐对混凝土的腐蚀分为三级,见表 1-6。

表 1-5 硫酸盐对混凝土的腐蚀等级(美国 ACI318 和 ACI201.2R 标准)

腐蚀作用等级	可忽略(Class 0)	中等(Class 1)	严重(Class 2)	非常严重(Class 3)
水中可溶性 $SO_4^{2-}/(\text{mg/L})$	0~150	150~1 500	1 500~10 000	$>10\,000$
土中可溶性 $SO_4^{2-}/\%$	0~0.1	0.10~0.20	0.20~2.0	>2.0

表 1-6 硫酸盐对混凝土的腐蚀等级(欧洲 EN206-1 标准)

腐蚀作用等级	轻度(XA1)	中度(XA2)	高度(XA3)
地下水中 $SO_4^{2-}/(\text{mg/L})$	200~500	500~3 000	3 000~6 000
土中 $SO_4^{2-}/(\text{mg/kg})$	2 000~3 000	3 000~12 000	12 000~24 000

通过比较可见,国内规范划分的作用等级相对美国标准略显严格,尤其是在严重和非常严重等级的设置上。而与欧洲标准相比,如果国内 C、D 和 E 三个等级与之轻度、中度和高度一一对应,则在地下水中硫酸盐对混凝土腐蚀作用等级设置上,国内标准相对宽松,而在土中硫酸盐对混凝土腐蚀作用等级上国内标准相对严格。

本次江苏沿海地区输电线路铁塔基础钢筋混凝土腐蚀环境调查基于上述国内等级分类原则,结合不同类型基础混凝土多年运行的结果,划分江苏沿海地区输电线路铁塔基础钢筋混凝土腐蚀环境等级。

1.1.1 江苏沿海腐蚀调查方案

(1) 调查范围

沿赣榆县、连云港市区、灌云县、滨海县、射阳县、大丰市、东台市、如东市、通州市和启东市共 10 个县市进行现场调查。每个市县根据离海岸线距离选取 3~6 个不同特点的取样检测点。

(2) 调查内容

气候、温湿度变化状况;不同深度土样盐碱含量;水样盐碱含量;钢筋混凝土工程建造年限、钢筋混凝土和接地钢材腐蚀破坏状况调查。

(3) 调查方法与步骤

采用资料搜集、现场原位检测和室内试验分析相结合的方法进行,具体检测内容如表 1-7 所示。

表 1-7 江苏沿海基础混凝土调查步骤

1	资料搜集	气候、温湿度变化状况调查
		钢筋混凝土工程建造年限及设计强度等级调查
2	现场原位检测	环境土(水)样盐碱含量取样检测
		混凝土强度回弹检测
		调查接地钢材腐蚀状况
		混凝土中性化深度检测
		混凝土中不同深度盐碱含量取样检测
		钢筋混凝土钢筋锈蚀状况检测
3	室内试验	试验室检测水样、土样和混凝土样中氯离子浓度
		试验室检测水样、土样和混凝土样中硫酸根离子浓度

1.1.2 现场调查

1.1.2.1 连云港

连云港市位于江苏省海岸线的最北端,沿海市县包含连云港市区、赣榆县和灌云县。常年平均气温 14.1℃,冬季常年平均气温 1.7℃,历史最低气温-17.0℃,夏季常年平均气温 25.6℃,最高气温 38.5℃;相对湿度最低低于 15%,最高高于 95%,平均

为 70%。

(1) 连云港市区

连云港市主要调查田湾核电站输变线路铁塔基础钢筋混凝土腐蚀环境和腐蚀状况。田湾核电站输变线路由海边向内陆延伸,经过河流、盐池、农田、水塘等多种环境,铁塔基础采用了普通钢筋混凝土、高性能钢筋混凝土、丙乳砂浆保护、环氧玻璃丝布包裹等多种防腐措施,现场调查内容丰富、意义明显。田湾核电站输变线路见图 1-1(a)。



(a) 田湾核电站输变线路环境

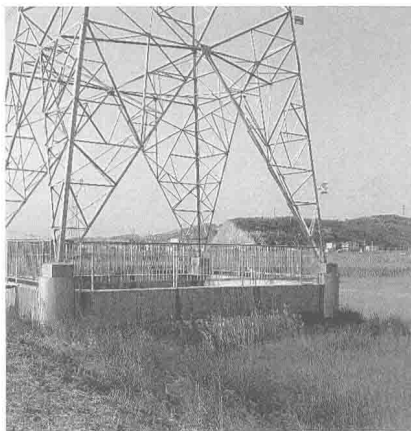


(b) 水位变动区的环氧包裹层破裂

图 1-1 田湾核电输变线路

首先取样调查建成满 5 年、离海 50 m 处在水中 500 kV 田湾 5215 线塔基钢筋混凝土腐蚀状况[图 1-1(b)],混凝土和钢套筒表面有环氧玻璃丝布涂层保护,基本完好,环氧玻璃丝布涂层边角有少许剥落,混凝土中性化深度小于 5 mm,混凝土回弹强度尚可。混凝土和接地钢筋完好,同时取土样、水样、混凝土样。

同样取样调查建成 5 年、离海 200 m 处在盐田中 500 kV 田湾 5217 线塔基钢筋混凝土腐蚀状况(图 1-2),混凝土表面有环氧玻璃丝布涂层保护,基本完好。混凝土和接地钢筋完好,同时取土样、水样、混凝土样。



(a) 盐田中塔基



(b) 接地钢筋完好

图 1-2 离海 200 m 处 500 kV 田湾 5217 线

取样调查建成满 6 年、离海 500 m 处在晒盐池中换土回填条件下 220 kV 运核线塔基高性能钢筋混凝土腐蚀状况[图 1-3(a)],混凝土中性化深度 15 mm[图 1-3(b)],回弹检测混凝土抗压强度为 21.0 MPa。土层下混凝土完好,无腐蚀。取晒盐池和换土区土样各 1 份,不同深度混凝土样 3 份。接地钢筋完好。

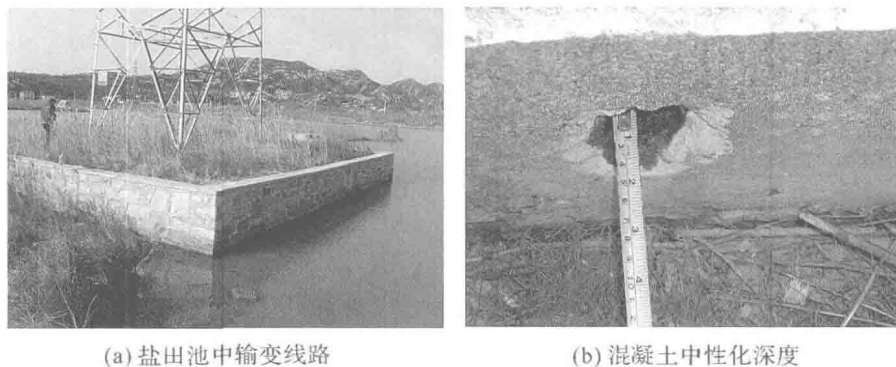


图 1-3 离海 500 m 处在晒盐池中换土回填条件下 220 kV 运核线

取样调查 5 年前建、在干枯盐池中 500 kV 田伊 5217 线塔基钢筋混凝土腐蚀状况[图 1-4(a)],混凝土表面有环氧玻璃丝布涂层保护,环氧玻璃丝布涂层边角有少许剥落,混凝土中性化深度小于 5 mm。取晒盐池表层、深 50 cm 和换土区土样各 1 份,盐田水样 1 份,不同深度混凝土样 2 份。另取旁边被严重腐蚀破坏的电线杆[图 1-4(b)]混凝土样 1 份。接地钢筋基本完好。

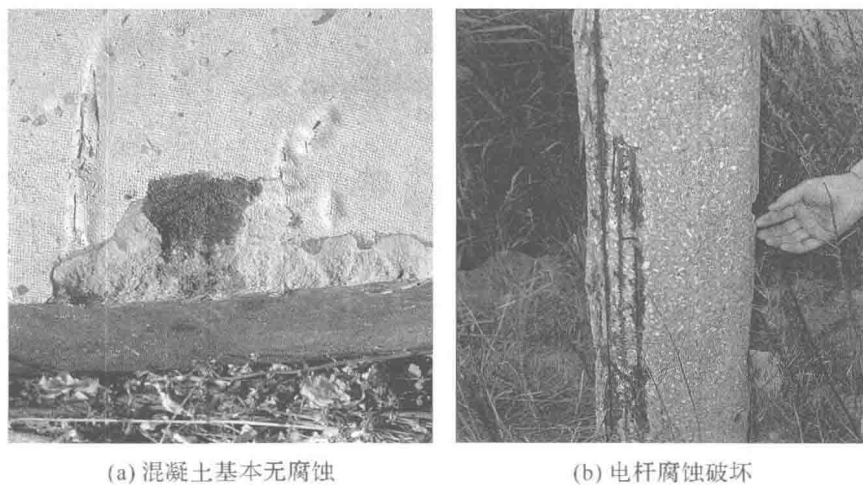


图 1-4 在干枯盐池中 500 kV 田伊 5217 线

取样调查建成 6 年、离海岸线约 5 km 处在农田中 220 kV 运核线塔基高性能钢筋混凝土腐蚀状况[图 1-5(a)],混凝土中性化深度 2 mm,土层下混凝土完好,无腐

蚀。回弹检测混凝土抗压强度为 46.0 MPa。取土样 1 份,水渠中水样 1 份,不同深度混凝土样 2 份。接地钢筋基本完好。

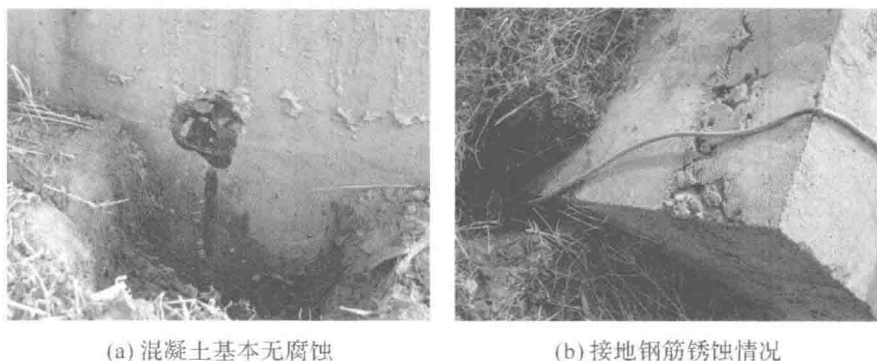


图 1-5 离海岸线约 5 km 处在农田中 220 kV 运核线

取样调查建成近 10 年、离海岸线约 3 km 处在农田中 110 kV 云城线塔基普通钢筋混凝土腐蚀状况(图 1-6),混凝土中性化深度 3 mm,回弹检测混凝土抗压强度为 60.0 MPa。土层下混凝土完好,无腐蚀。取土样 1 份,不同深度混凝土样 2 份。接地钢筋基本完好。

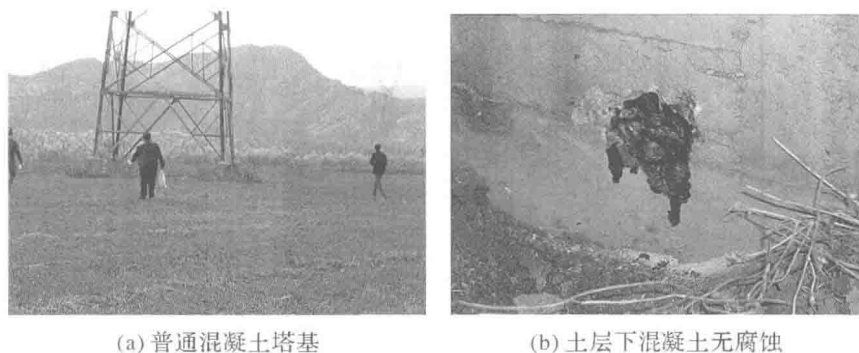


图 1-6 离海岸线约 3 km 处在农田中 110 kV 云城线

此外,取样调查离海岸线约 12 km 处水塘水样和农田土样各 1 份。

(2) 赣榆县

在近海滩涂区(离海 200 m)内取土样 1 份、通海河口水样 1 份。20 世纪 70 年代建造的钢筋混凝土挡潮闸和同年代建造小桥严重腐蚀(图 1-7)。混凝土中性化深度达 50 mm,取混凝土样 1 份。

在赣榆县宋庄(离海岸线约 6 km 处)和离海岸线约 12 km 处取土样和水样各 1 份。其中混凝土中性化深度约 25~30 mm。

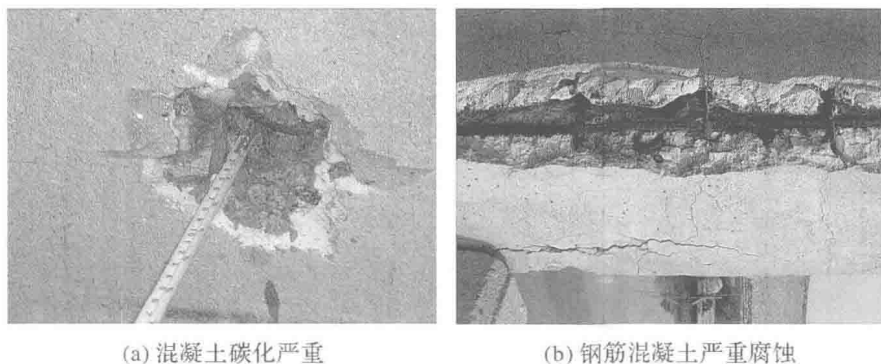


图 1-7 赣榆县近海滩涂及钢筋混凝土挡潮闸和桥

(3) 灌云县

在燕尾港距海边 1 km 处取土样 1 份、水样 1 份。离海岸线约 6 km 处取样调查新建 35 kV 堆燕线塔基普通钢筋混凝土腐蚀状况[图 1-8(a)]。混凝土外表完好。取土样和水样。

离海岸线约 16 km 处取样调查建成 3 年的小南沟桥普通钢筋混凝土腐蚀状况[图 1-8(b)]。混凝土基本完好,混凝土中性化深度约 5 mm,回弹检测桥横梁混凝土抗压强度 57.8 MPa,取土样和水样。



图 1-8 灌云县基础混凝土调查

1.1.2.2 盐城

盐城市所属海岸线长约 582 km,占江苏省海岸线总长度的 56%。沿海包含响水县、滨海县、射阳县、大丰市、东台市 5 个市县。盐城市历史最低气温 -14.3°C ,最高气温 38.5°C ,平均气温 14.5°C ;相对湿度最低低于 15%,最高高于 95%,平均为 77%。

(1) 滨海县

在滨海废黄河入海口灯塔钢筋混凝土基础取样检测(图 1-9)。建成约 3 年,混

凝土基本完好,混凝土中性化深度约 10 mm,回弹检测灯塔基础混凝土抗压强度 25.9 MPa。取不同深度混凝土样 2 份。

在离海岸 100 m 处滩涂取土样和水样各 1 份。

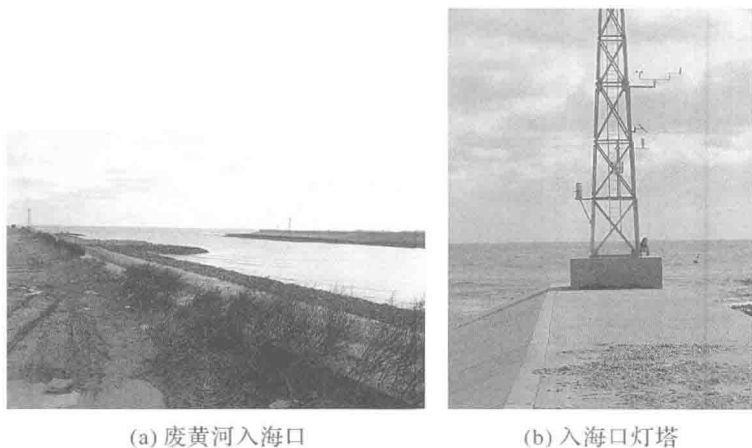


图 1-9 滨海县废黄河入海口

在滨海港镇友谊村(离海岸线约 5 km 处)建成 25 年的混凝土结构取样调查,混凝土底梁破坏较严重。取土样和水样。

(2) 射阳县

射阳县临海镇附近,离海岸线约 15 km 处,在农田取土样和田渠取水样各 1 份。

距射阳港海边 2 km 处取样,检测建成 3 年、110 kV 临海线塔基普通钢筋混凝土腐蚀状况(图 1-10)。混凝土基本完好,混凝土中性化深度约 1 mm,回弹检测混凝土抗压强度 48.5 MPa。接地钢筋基本完好。取不同深度混凝土样 2 份,取田埂土样 1 份,盐池水样 1 份。

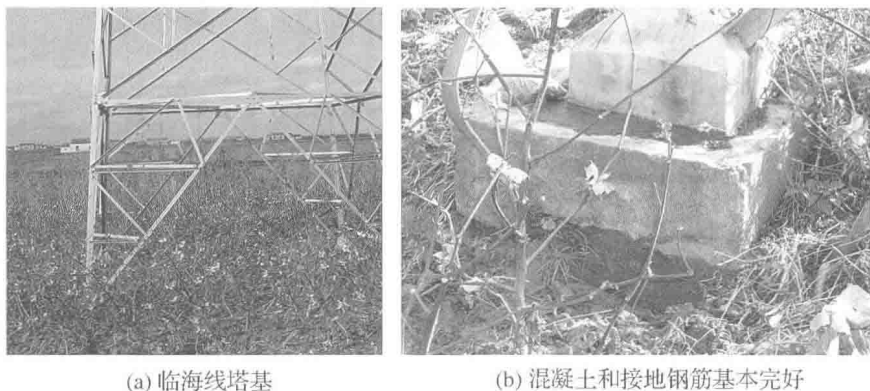


图 1-10 射阳港距海边 2 km 处 110 kV 临海线