

水保监测（粤）字第 0002 号

华润湛江徐闻福来风电场工程

水土保持监测总结报告

建设单位：华润风电（徐闻）有限公司

编制单位：广东海纳工程管理咨询有限公司

2019 年 2 月

华润湛江徐闻福来风电场工程

水土保持监测总结报告

建设单位：华润风电（徐闻）有限公司

编制单位：广东海纳工程管理咨询有限公司

2019 年 2 月



生产建设项目水土保持监测单位水平评价证书 (副本)

单位名称：广东海纳工程管理咨询有限公司

法定代表人：李永锋

单位等级：★★★（3星）

证书编号：水保监测（粤）字第 0002 号

有效期：自 2018 年 10 月 01 日至 2021 年 09 月 30 日

发证机构：中国水土保持学会

发证时间：2018 年 09 月 30 日



单位地址：广州市天河区天寿路 101 号 6 楼

联系人：刘婵

电话：18620509264

华润湛江徐闻福来风电场工程水土保持监测总结报告

责任页

广东海纳工程管理咨询有限公司

批	准：李永锋	总经理
核	定：赖远新	高级工程师
审	查：揭志文	高级工程师
校	核：王磊	高级工程师
项目负责人：	刘婵	高级工程师
编写人员：	刘婵	高级工程师（前言、第1章）
	陈清泉	工程师（第3、4、6章）
	黎家怡	助工（第2、5章）
	田泽晋	助工（第7、8章）

水土保持监测特性

主体工程主要技术指标												
项目名称		华润湛江徐闻福来风电场工程										
建设规模		50 台单机容量 2MW 的风电机组,总装机容量为 100MW		建设单位		华润风电（徐闻）有限公司						
				建设地点		广东省湛江市徐闻县						
				所属流域		珠江流域						
				工程总投资		总投资 6.34 亿元，其中土建投资 5550 万元						
				工程总工期		本项目于 2016 年 3 月开工，2017 年 12 月完工，总工期为 22 月						
水土保持监测指标												
监测单位		广东海纳工程管理咨询有限公司				联系人及电话			刘婵 /18620509264			
自然地理类型		海岸带平原，亚热带海洋性气候，地带性植被为亚热带常绿阔叶林				防治标准			二级防治标准			
监测内容	监测指标		监测方法（设施）				监测指标			监测方法（设施）		
	1.水土流失状况监测		实地调查				2.防治责任范围监测			实地调查（面积监测）		
	3.水土保持措施情况监测		实地调查				4.防治措施效果监测			实地调查、巡查		
	5.水土流失危害监测		实地调查、巡查				水土流失背景值			500 t/km ² •a		
方案设计防治责任范围		43.73hm ²				容许土壤流失量			500 t/km ² •a			
监测防治责任范围		28.82hm ²				水土流失目标值			500 t/km ² •a			
防治措施		工程措施		表土剥离 21.66hm ² 、表土回填 6.50 万 m ³								
		植物措施		全面整地 21.66hm ² 、站区绿化 0.16hm ² 、撒播草籽 0.72hm ²								
		临时措施		薄膜覆盖 3000m ² 和砂浆抹面排水沟 1250m								
监测结论	防治效果	分类指标	目标值（%）	达到值（%）	实际监测数量							
		扰动土地整治率	95	100	防治措施面积	21.66hm ²	永久建筑物及硬化面积	7.16hm ²	扰动土地总面积	28.82hm ²		
		水土流失总治理度	87	100	防治责任范围面积	28.82hm ²	水土流失总面积	21.66hm ²				
		土壤流失控制比	1.0	1.0	工程措施面积	0	容许土壤流失量	500t/km ² •a				
		拦渣率	95	95	植物措施面积	21.66hm ²	监测土壤流失情况	500t/km ² •a				
		林草植被恢复率	97	100	可恢复林草植被面积	21.66hm ²	林草类植被面积	21.66hm ²				
		林草覆盖率	22	75.2	实际拦挡弃渣量	/	总弃渣量	/				
	水土保持治理达标评价		六项指标值达到了现行标准目标值									
总结及建议		水土保持设施的管护、维护措施落实到位；建议加强植被养护，提高林草植被成活率。										

目录

前言	1
1 建设项目及水土保持工作概况	3
1.1 建设项目概况	3
1.2 水土保持工作情况	9
1.3 监测工作实施情况	10
2 监测内容和方法	13
2.1 监测内容	13
2.2 监测方法	13
3 重点对象水土流失动态监测	16
3.1 防治责任范围监测	16
3.2 取土监测结果	18
3.3 弃土弃渣监测结果	18
3.4 其他重点部位监测结果	20
4 水土流失防治措施监测结果	21
4.1 工程措施及实施进度	21
4.2 植物措施及实施进度	22
4.3 临时防治措施及实施进度	23
4.4 水土保持措施防治效果	24
5 土壤流失情况监测	26
5.1 水土流失面积	26
5.2 各阶段土壤流失量分析	26
5.3 取土（石、料）弃土（石、料）潜在水土流失量	29
5.4 水土流失危害	29
6 水土流失防治效果监测结果	30
6.1 扰动土地整治率	30
6.2 水土流失总治理度	31
6.3 拦渣率	31
6.4 土壤流失控制比	31
6.5 林草植被恢复率和林草覆盖率	32

7 结论	33
7.1 水土流失动态变化	33
7.2 水土保持措施评价	33
7.3 存在问题及建议	34
7.4 综合结论	34
8 附图及有关资料	35
8.1 附图	35
8.2 有关资料	35

前言

华润湛江徐闻福来风电场工程场址位于广东省徐闻县下洋镇、前山镇、锦和镇境内，距离徐闻县城直线距离约 28km，中心地理坐标为：E110°28'10"，N20°30'08"。

本项目由 50 台单机容量 2MW 的风电机组，总装机容量为 100MW；每台风力发电机组就近配置一台 35kV 箱式变压器，将风机出线 690V 电压升至 35kV 后接入集电线路输送至升压站（升压站为新建，电压等级为 110kV）；集电线路主要采用地埋方式，地埋线路 30km；项目新建及改、扩建施工检修道路总长为 6.7km（含进站道路 20m）。

本工程总占地面积为 28.82hm²，其中永久占地 2.52hm²，临时占地 26.30hm²。按占地类型划分，共计占用交通运输用地 4.81hm²，园地 24.01hm²。本工程建设期土方挖方总量为 16.35 万 m³，填方总量 16.76 万 m³，外购土方 0.41 万 m³，无弃方。

本项目于 2016 年 3 月开工，2017 年 12 月完工，总工期为 22 月。本工程总投资 6.34 亿元，其中土建投资 5550 万元。全部由建设单位投资建设。

根据《中华人民共和国水土保持法》《广东省水土保持条例》以及《开发建设项目水土保持方案编报审批管理规定》等有关法律法规的要求，华润风电（徐闻）有限公司委托广东省水利水电科学研究院编报《华润湛江徐闻福来风电场工程水土保持方案报告书》（报批稿），2014 年 11 月 20 日广东省水利厅以“粤水水保〔2014〕72 号”对该方案报告书予以批复。

根据《中华人民共和国水土保持法》、《水土保持生态环境监测网络管理办法》等规定和要求，2016 年 3 月，建设单位委托广东海纳工程管理咨询有限公司（以下简称“我公司”）开展水土保持监测工作。监测委托合同签订后，我公司抽调水土保持监测技术人员成立了工作组，及时安排技术人员进行实地勘察，详细调查项目区自然情况、水土流失背景与水土保持现状等，结合批复的水土保持方案、本工程的施工任务安排、施工工艺及总体布局，对本工程水土保持进行了总体规划，2016 年 2 月，编制完成《华润湛江徐闻福来风电场工程水土保持监测实施方案》。施工期监测工作主要针对水土流失严重地段、存在水土流失隐患及正在实施的水土保持工程（措施）开展监测。自然恢复期重点勘查了项目区内裸露边坡及地表植被恢复等水土保持措施运行情况，并选取典型样地测定了植被的覆盖度、成活率和生长状况。

具体监测内容为：一是重点监测项目区水土流失防治责任范围的变化、扰动原地表面积的变化、损坏土地和植被数量、弃土弃渣量、防护措施是否到位、施工过程中是否设有临时防护措施，项目区及周边区域生态环境变化等情况；二是监测工程建设期和植被恢复期两个时段内项目区的水土流失面积、土壤侵蚀强度和土壤流失量等情况；三是监测水土流失防治责任范围内的水土保持措施落实、防治效果及维护和工程运行等情况。2016年3月至2017年12月，完工后各项工程及植物措施恢复较好，因而未开展自然恢复期监测，共完成水土保持监测季报7期。

2019年2月，我公司技术人员对监测期数据和资料进行了整理、汇总和分析，编写完成《华润湛江徐闻福来风电场工程水土保持监测总结报告》。

结合项目区水土流失特点和施工工艺，依据批复的水土保持方案，本工程实际施工未涉及取土场、弃渣场，水土保持监测过程中共布设6个监测点。采用施工区巡查、重点抽样调查和咨询建设相关人员相结合的方法进行监测。监测期间对项目区的踏勘及调查，监测面积为防治责任范围面积：28.82hm²。本工程实际总挖方16.35万m³，填方16.76万m³，外购土方0.41万m³，无弃方。本工程监测期土壤流失量为1569t，新增土壤流失量1391t。

根据监测结论，本工程实施的水土保持措施主要包括：完成工程量：表土剥离21.66hm²、表土回填6.50万m³、全面整地21.66hm²、站区绿化0.16hm²、撒播草籽0.72hm²、薄膜覆盖3000m²和砂浆抹面排水沟1250m。

本工程通过采取水土保持措施，水土流失防治指标达到了方案确定的目标值：扰动土地整治率为100%，水土流失总治理度为100%，土壤流失控制比1.0，拦渣率95%，林草植被恢复率为100%，林草覆盖率75.2%。

在现场勘查、资料收集等过程中，建设单位、监理单位及施工单位等予以积极配合，在此表示感谢。

1 建设项目及水土保持工作概况

1.1 建设项目概况

1.1.1 项目基本情况

项目名称：华润湛江徐闻福来风电场工程

建设单位：华润风电（徐闻）有限公司

建设地点：场址位于广东省徐闻县下洋镇、前山镇、锦和镇境内，距离徐闻县城直线距离约 28km，中心地理坐标为：E110°28'10"，N20°30'08"。

项目区地理位置见图 1-1。



图 1-1 项目区地理位置图

建设性质：新建项目

等级及规模：按照《风电场工程等级划分及设计安全标准（试行）》FD002-2007，本风电场工程等级为Ⅱ~Ⅲ等；升压站内建筑物、构筑物的结构安全等级均采用二级；机组塔架地基基础设计等级为Ⅰ级，安全结构等级为一级。

建设内容：本工程由 50 台单机容量 2MW 的风电机组，总装机容量为 100MW；每台风力发电机组就近配置一台 35kV 箱式变压器，将风机出线 690V 电压升至 35kV 后接入集电线路输送至升压站（升压站为新建，电压等级为 110kV）；集电线路主要采用地埋方式，地埋线路 30km；项目新建及改、扩建施工检修道路总长为 6.7km（含进站道路 20m）。

工程占地：本工程总占地面积为 28.82hm²，其中永久占地 2.52hm²，临时占地

26.30hm²。按占地类型划分，共计占用交通运输用地 4.81hm²，园地 24.01hm²。

土石方：本工程建设期土石方挖方总量为 16.35 万 m³，填方总量 16.76 万 m³，外购土方 0.41 万 m³，无弃方。

工程投资：本工程总投资 6.34 亿元，其中土建投资 5550 万元。全部由建设单位投资建设。

建设工期：本项目于 2016 年 3 月开工，2017 年 12 月完工，总工期为 22 月。

项目组成：根据批复的水土保持方案，本工程共分为 5 个组成部分，分别是：风机基础及安装区、集电线路区、升压站区、施工检修道路区和施工临建区。

一、风机基础及安装区

本工程风电机组根据风电场场址特征和风能资源情况，风机分布相对集中，整个风电场共布设 50 台单机容量为 2MW 的风力发电机组，总装机容量为 100MW，每台风机附近布设 1 台 35kV 箱式变压器，共布设 50 台，此外，由于施工需要，每台风机周围设置 1 处安装平台，共设置 50 处。

风机基础及安装区共分 50 个风机单元，单个风机基础及安装区占地尺寸为 40m × 45m，占地面积为 1800m²（含风机基础和箱变基础占地），1#风机~24#风机基础采用 PHC 桩基础，25#风机~50#风机采用钻孔灌注桩基础。PHC 桩桩径 0.6m，桩长约 25m，桩数 36 根，外圈 22 根，中间圈 10 根，内圈 4 根。承台为圆形钢筋混凝土承台，混凝土强度等级 C40。底板底面圆直径 19.0m，圆台顶面圆直径 8m；基础底板外缘高度 1.0m，基础底板圆台高度 1.0m；台柱高度 0.8；基础埋深 2.8m；承台底铺设厚 150mm 的环氧沥青混凝土垫层。基础开挖深度为 2.95m，开挖坡比 1: 1。

钻孔灌注桩桩径 1.2m，桩长约 25m，桩数 24 根。承台为圆形钢筋混凝土承台，混凝土强度等级 C40，如图 3-3 所示。底板底面圆直径 19.0m，圆台顶面圆直径 8m；基础底板外缘高度 1.0m，基础底板圆台高度 1.0m；台柱高度 0.8；基础埋深 2.8m；承台底铺设厚 150mm 的环氧沥青混凝土垫层。基础开挖深度为 2.95m，开挖坡比 1: 1。

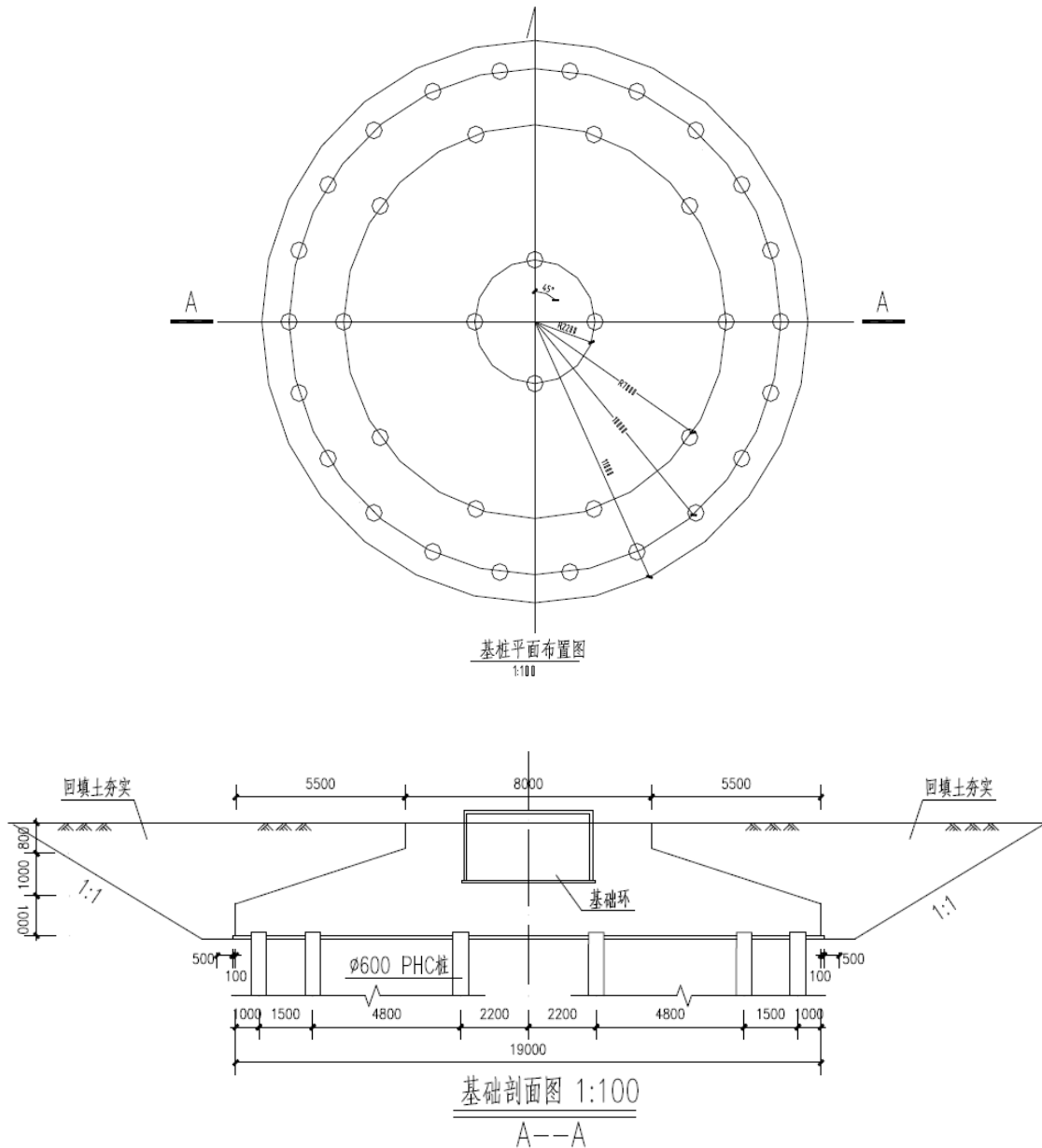


图 1-2 PHC 桩基础结构图

风机承台均为圆形钢筋混凝土结构,底板底面直径为 19.0m;箱变基础采用 MU15 砖砌体基础,占地尺寸为 4.2m × 4.2m。本工程共设 50 个风机,风机基础及安装区总占地面积为 9.66hm²,扣除风机基础和箱变基础占地后,安装场地占地 8.05hm²,为临时占地。

二、集电线路区

本项目共有 50 台箱式变压器,箱式变压器高压 35kV 侧均采用并联接线方式。根据布机情况,考虑到风力发电机组供电的可靠性,整个风电场分 6 回集电线路,每 7~10 台风机组成一个集电单元,接至 110kV 升压站。

三、升压站区

升压站布设在风电场中部位置，现状为菠萝地，周围地势平坦，场地稳定性好。升压站长 105.6m，宽 85.6m，占地面积 0.93hm²。升压站所在位置现状标高为 49m，设计标高为 49.5m，根据主体工程资料，可满足 50 年一遇防洪标准的要求。升压站内设计绿化面积 0.16hm²。

四、施工检修道路区

施工检修道路总长 6.8km（包括进站道路、土路 and 水泥路），其中场内施工检修道路路基宽度 5m，路面宽度 4.5m；升压站进站道路路面宽 6.0m，路基宽 7.0m，路面采用 C25 水泥混凝土路面。

项目建设情况：建设单位：华润风电（徐闻）有限公司；可研单位：中水珠江规划勘测设计有限公司；设计单位：江西省电力设计院、中国电建集团北京勘测设计研究院；监理单位：吉林省宏远东方电力工程管理有限公司；施工单位：贵州电力建设第二工程公司、中国能源建设集团广东火电工程有限公司、河北省电力建设第二工程公司；水土保持方案编制单位：广东省水利水电科学研究院。

主要技术指标见表 1-1。

表 1-1 主要技术指标表

一、项目的基本情况					
项目名称	华润湛江徐闻福来风电场工程				
建设单位	华润风电（徐闻）有限公司		所在流域		珠江流域
建设地点	广东省湛江市徐闻县		建设性质		新建项目
建设规模	按照《风电场工程等级划分及设计安全标准（试行）》FD002-2007，本风电场工程等级为Ⅱ~Ⅲ等；升压站内建筑物、构筑物的结构安全等级均采用二级；机组塔架地基基础设计等级为Ⅰ级，安全结构等级为一级。				
项目组成及建设内容	新建 50 台单机容量 2MW 的风电机组，总装机容量为 100MW；每台风力发电机组就近配置一台 35kV 箱式变压器，将风机出线 690V 电压升至 35kV 后接入集电线路输送至升压站（升压站为新建，电压等级为 110kV）；集电线路主要采用地埋方式，地埋线路 30km；项目新建及改、扩建施工检修道路总长为 6.7km（含进站道路 20m）。				
总投资	6.34 亿元		土建投资		5550 万元
建设期	本项目于 2016 年 3 月开工，2017 年 12 月完工，总工期为 22 月。				
二、项目组成及占地（单位：hm ² ）					
项目组成	占地面积	占地类型		占地性质	
		交通运输用地	园地	永久占地	临时占地
风机基础及安装区	9.66		9.66	1.61	8.05
集电线路区	12.73		12.73		12.73
施工检修道路区	4.81	4.81		0.01	4.80
升压站区	0.90		0.90	0.90	

施工临建区	0.72		0.72		0.72
合计	28.82	4.81	24.01	2.52	26.30
三、土石方工程（单位：万 m ³ ）					
挖方	填方		借方	弃方	
16.35	16.76		0.41	/	

1.1.2 项目区概况

（一）地形地貌

徐闻县位于雷州半岛南部、地处中国大陆的最南端，是大陆通往海南的咽喉之地，县城距离湛江市市区约 150km，距离海口市只有 18 海里。徐闻县三面环海，境内地势呈波伏状，北部及中部较高，分别向三面沿海倾斜，境内低岗丘陵较多，地面高程一般在 2m~245m 之间，北部石板岭是全县最高点，海拔 245.4m。全县地形按形态成因划分，可分下列三种类型。一是火山熔岩台地及火山丘陵地形，约占全县面积的 60%；二是海成地形，主要有海滩、海积砂堤砂坝、海积平原、海积阶地、海蚀阶地等 5 种，约占全县面积的 39%；三是零散分布的流水地形、湖成地形及人为地形等，约占全县面积的 1%。

风电场场区现状高程在 20m~50m 之间，地势较为平坦，属于低丘平原区，场区距北面海岸线约 5km。

（二）地质情况

场区主要出露地层为上更新统石茆岭段（ $\beta 6a$ ）玄武岩和第四系的松散堆积物，风电场典型地层分布型及工程地质特性，自上而下可分为 6 层：

①层：粉细砂、含泥粉细砂、中细砂上部浅黄色、褐黄色、下部呈灰黑色、灰绿色等颜色，干~饱和，上部松散~稍密状，往下逐步变为中密~密实，本层主要由粉细粒石英砂组成，少量中砂、砂砾，级配较差，局部含有少量粘性土、泥炭和贝壳。全场上部分布，厚度 1.20m~35.40m，贯击数 5~53 击，平均击数 24.7 击。

②层：粉质粘土、粘土（Q4el）褐黄色，可塑~硬塑状，主要成分由粘性土组成，局部夹有大块孤石。分布较为广泛，局部缺失，厚度 1.6~20.60m，标贯击数 5~37 击，平均击数 17.60 击。

③层：上更新统石茆岭段（ $\beta 6a$ ）强风化玄武岩灰色、黄褐色，风化强烈，原岩大部分组织结构已被破坏，岩芯呈半岩半土状。局部分布，厚度 1.30~3.30m，标贯击数 50~100 击，平均击数 61.50 击。

④层：上更新统石茆岭段（ $\beta 6a$ ）中风化玄武岩，灰色、青灰色，细粒结构，气

孔状构造，矿物成分主要为斜长石、普通辉石及少量橄榄石和玻晶玻屑等，节理裂隙不发育，岩芯呈柱状，段长 10cm~65cm，岩质坚硬， $RQD=65\% \sim 90\%$ 。该层全场分布，分布不均一，厚度差别较大，揭露厚度 0.6m~10.20m，下卧粉质粘土和砂层。有出现夹层的可能性。

⑤层：粉质粘土深灰色，灰黑色，潮湿，可塑~硬塑，为玄武岩风化残积土，局部夹中风化玄武岩孤石、粘土及少量粉细砂。全场分布，厚度 2.20~21.80m。标贯击数 12~40 击，平均击数 21.16 击。

⑥层：中粗砂、含泥中粗砂、含泥中细砂（Q4meol）灰绿色、灰黑、褐黄色，饱和，中密~密实，级配较差，含约 5%~10%粘性土，局部夹粉砂、粉质粘土。沉积层理比较混乱。厚度 1.90~5.90m。标贯试验击数数 21~43 击，平均击数 35.17 击。

（三）气候特征

湛江市徐闻县气候类型属热带季风气候，日照充足，全年气温较高，四季不明显，年雨量较充足，但年际间变率大；雨热同季，干湿季较分明。徐闻县多年平均气温 23.3℃。年平均降雨量为 1374.9mm，一年中雨量季节分布不均匀，每年 5~10 月雨量占全年 85%，8 月最多，9 月次之。雨季（旬雨量 $\geq 30\text{mm}$ ）从 5 月是旬开始，至 10 月下旬结束。

（四）河流水系

徐闻县地表水系不发育，境内无大江大河，仅有小溪 30 多条，其中集水面积在 100km^2 以上的有 6 条，分别是迈陈溪、大水桥溪、流沙溪、黄定溪、那板溪和北松溪。河流源近流短，以中北部台地为中心，呈放射状单独出海，河流径流量少，干旱问题非常突出。为了改水抗旱，徐闻县先后兴建了大水桥、三阳桥、鲤鱼潭、北松、合溪、迈胜 6 宗大中型水库，110 宗小型水库，控制集雨面积 877.45km^2 ，总库容 3.763 亿 m^3 ，设计灌溉面积 32.96 万亩。其中大水桥水库为全县唯一一宗大型水库，控制流域面积 196km^2 ，具有防洪、灌溉、城市供水、发电和水产养殖等功能。

本项目位于徐闻县下洋镇、前山镇、锦和镇境内农场地带，农场靠抽地下水结合管道输水进行灌溉。经调查，有 4 座小型水库位于风电场范围内，以灌溉为主。

（五）土壤植被

（1）土壤徐闻县有丰足的土地资源，土壤类型多样，有水稻土、砖红壤、滨海沙、堆叠土、菜园土、滨海盐渍沼泽土和滨海盐土等，本项目场区位于徐闻县东北部曲界镇与锦和镇交界处的农场地带，土壤类型属砖红壤，土层深厚，土壤肥力较高，

有机质平均含量为 2.79%，含氮量为 0.13%。土壤 PH 值小于 7，呈酸性。

（2）植被

徐闻县地处热带，自然植被类型主要为热带雨林-季雨林，其次为稀树灌木草原和红树林。植物的科属种类丰富，可划分出 6 种植被群落：雨季乔木群落、稀树灌木群落、多刺灌木群落、红树灌木群落、稀树中草原和砂荒草原。热带农副产品极其丰富。主要经济作物有甘蔗、菠萝、香蕉、芒果、蔬菜等。

项目区地带性植被类型为热带雨林-季雨林，项目区内多为园地和交通用地。主要植被覆盖为甘蔗、菠萝、香蕉等经济作物，植被覆盖率达到 80%以上。

（六）水土流失及防治情况

本项目所在地为湛江市徐闻县境内，根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)中土壤侵蚀强度分类分级标准，在全国土壤侵蚀类型区划中，项目沿线均位于以水力侵蚀为主的南方红壤丘陵区，容许土壤流失量为 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

根据《广东省第四次水土流失遥感普查成果报告》（广东省水利厅、珠江水利委员会珠江水利科学研究院，2013 年 8 月 1 日），徐闻县水土流失面积为 7.68km^2 ，其中人为侵蚀 1.34km^2 ，生产建设 6.35km^2 ，分别占总水土流失面积的 17.45%、82.55%。

根据《水利部办公厅关于印发〈全国水土流失规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果〉的通知（办水保〔2013〕188 号）》和《广东水利厅关于划分省级水土流失重点预防区和重点治理区的公告（2015 年 10 月 13 日）》，徐闻县不属于国家和广东省水土流失重点预防区和治理区。

根据现状调查，项目区植被覆盖率较高，水土保持总体较好，水土流失强度属于微度，土壤侵蚀模数为 $500\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。

1.2 水土保持工作情况

根据调查，项目建设单位华润风电（徐闻）有限公司在设计阶段、施工阶段和投产使用阶段基本根据“三同时”制度去落实水保措施，加强对水土保持工作的管理，将水土保持确定的任务分解落实到责任部门及各参建单位。

1.2.1 项目区水土流失及水土保持情况

根据《广东省第四次水土流失遥感普查成果报告》（广东省水利厅、珠江水利委员会珠江水利科学研究院，2013 年 8 月 1 日），徐闻县水土流失面积为 7.68km^2 ，其中人为侵蚀 1.34km^2 ，生产建设 6.35km^2 ，分别占总水土流失面积的 17.45%、82.55%。

根据《水利部办公厅关于印发〈全国水土流失规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果〉的通知（办水保〔2013〕188号）》和《广东水利厅关于划分省级水土流失重点预防区和重点治理区的公告（2015年10月13日）》，徐闻县不属于国家和广东省水土流失重点预防区和治理区。

根据现状调查，项目区植被覆盖率较高，水土保持总体较好，水土流失强度属于微度，土壤侵蚀模数为 $500t/(km^2 \cdot a)$ 。

1.2.2 方案编制情况

根据《中华人民共和国水土保持法》《广东省水土保持条例》以及《开发建设项目水土保持方案编报审批管理规定》等有关法律法规的要求，华润风电（徐闻）有限公司委托广东省水利水电科学研究院编报《华润湛江徐闻福来风电场工程水土保持方案报告书》（报批稿），2014年11月20日广东省水利厅以“粤水水保〔2014〕72号”对该方案报告书予以批复。

1.2.3 水土保持工程建设情况

在水土保持措施建设过程管理中，建设单位根据水土保持工程和主体工程相辅相成的特点，将水土保持设施作为主体工程的一部分，纳入主体工程一并管理实施，在设计、施工招标文件中明确提出水土保持要求。水土保持措施与主体工程同时开工，水土保持措施由各标段施工单位承建，措施质量、进度及投资由主体工程监理单位一并承担。

本工程水土保持工程由建设单位进行统一管理。水土保持工程与主体工程同时设计、同时施工，同时进行管理监督。水土保持工程监理由主体监理单位实施。

本工程水土保持工程建设管理通过日常监督检查，加强对各标段施工管理。

1.3 监测工作实施情况

1.3.1 监测实施方案执行情况

华润风电（徐闻）有限公司于2016年3月委托广东海纳工程管理咨询有限公司承担本项目的水土保持监测工作。

水土保持监测过程及成果：监测时段为2016年3月至2017年12月，在施工过程中采用监测方法以调查观测为主，辅以实地调查和巡查，监测重点是主体工程区扰动土地及植被占压情况，水土保持措施（含临时防护措施）实施状况、水土保持措施

效益发挥等等进行监测（调查监测和实地监测）。具体监测工作实施概况如下：

监测内容主要包括工程建设扰动土地面积、工程建设过程中的水土流失形式、水土流失面积、水土流失强度变化情况，以及对周边地区生态环境的影响、造成的危害情况等；采用以调查观测为主，辅以实地调查和巡查。

1.3.2 监测时段及监测分区

（1）监测时段

本项目于 2016 年 3 月开工，2017 年 12 月完工，总工期为 22 月。建设单位 2016 年 3 月委托我公司开展监测工作。

（2）监测分区

根据工程水土流失特性，监测分区划分为风机基础及安装区、集电线路区、施工检修道路区、升压站区和施工临建区 5 个防治分区。

1.3.3 监测项目部设置

本项目水土保持监测工作投入外业专业技术人员 4 人，综合数据处理及报告编制若干人，项目监测日常工作人员安排由项目负责人统一调度。项目负责人定期检查协调，解决存在的问题，按时保质完成监测工作。

表 1-2 水土保持方案中监测设置情况

姓名	在本项目中分工	职称	上岗证号
刘婵	项目负责人，现场监测、报告编写	高级工程师	水保监岗证第 5045 号
陈清泉	现场监测、数据记录	工程师	水保监岗证第 4270 号
黎家怡	现场监测、数据记录	助理工程师	水保监岗证第 7774 号
田泽晋	现场监测、数据记录	助理工程师	/

1.3.4 监测点布设

根据《水利部办公厅关于印发〈生产建设项目水土保持监测规程（试行）〉的通知》（办水保〔2015〕139 号文）中“建设类项目的水土保持监测点应按临时点设置”的规定，结合实际情况，设 6 个临时监测点位，如下：

表 1-3 水土保持监测点布设表

监测点名称	监测点位置	监测方法
1#监测点	升压站	调查监测法、巡查
2#监测点	施工临建区	调查监测法、巡查
3#监测点	15#风机处	调查监测法、巡查
4#监测点	25#风机处	调查监测法、巡查

监测点名称	监测点位置	监测方法
5#监测点	28#风机处	调查监测法、巡查
6#监测点	施工检修道路区	调查监测法、巡查

1.3.5 监测设施设备

本项目水土保持监测施工期主要通过调查法进行监测，自然恢复期对植物措施主要通过调查法监测，主要投入使用的监测设备有钢钎、皮尺、钢卷尺、数码照相机等。

1.3.6 监测技术方法

本工程采用巡查、调查和咨询建设相关人员相结合的方法进行监测。

①工程占用土地面积、扰动地表面积及其类型监测。根据工程施工进度，对项目扰动区域采用收集资料、现场调查的方法进行监测，通过与工程各参建方的沟通，在收集监理月报的基础上，采用手持 GPS 仪结合 1:5000 地形图、照相机、标杆、尺子等工具，调查项目各分区的扰动原地貌类型、面积等，确定项目区的水土流失面积及其变化情况。

②工程挖、填数量监测。通过查阅主体工程施工图设计、监理资料和实地查勘、测量，监测工程建设过程中的土石方挖、填数量和弃渣方量及去向等。

③水土流失程度监测，采取现场调查结合沉沙池及侵蚀沟量测等方法，监测水土流失程度及其不同时段的变化规律。

④水土流失防治监测，采取收集资料、现场量测和调查监测等方法，监测各监测期内水土流失防治措施的数量及实施效果；对水土保持临时防护措施采取现场实地调查法，调查水土保持临时措施的布设位置、占地面积以及防治效果等。

⑤水土流失危害监测，采用现场巡查法，监测水土流失对主体工程及周边环境的影响等情况。

1.3.7 监测成果提交情况

根据施工进度安排，监测时段为 2016 年 3 月至 2017 年 12 月，编制完成本项目实施方案、2016 年~2017 年共完成水土保持监测季报 7 期，实施方案和监测季报提交给广东省水利厅、湛江市水务局和徐闻县水务局，并在 2019 年 2 月，编制了水土保持监测总结报告。本项目在建设施工过程中十分重视水土保持工作，根据施工进度安排分别进行了实施和相应的水土保持监测工作，施工过程中各项水土保持措施落实较好，取得了良好的水土保持效。

2 监测内容和方法

2.1 监测内容

①水土流失现状

建设项目的防治责任范围包括项目建设区和直接影响区。占地面积及直接影响区面积随着工程进展有一定的变化,防治责任范围监测主要是对工程永久和临时征地范围的调查核实,确定施工期水土保持防治责任范围面积。

②扰动、破坏地表和植被面积

工程建设中扰动、损坏地表和植被面积的过程也是一个动态过程,是随着工程的进展逐步进行的,对该项内容的监测就是为了掌握水土流失面积变化的动态过程。本项内容包括两个方面:

a) 扰动、损坏地表植被的面积及过程。

b) 项目区挖方、填方数量,堆放、运移情况以及回填、表土处置、体积、形态变化情况。

③土壤流失量监测

土壤流失量监测包括地表扰动类型监测和不同扰动类型侵蚀强度监测。通过扰动面积和侵蚀强度确定不同阶段土壤流失量。地表扰动类型监测包括扰动类型判断与面积监测。不同扰动类型其侵蚀强度不同,在监测过程中,必须认真调查扰动的实际情况并进行适当的归类,在此基础上进行面积监测然后根据侵蚀强度计算土壤侵蚀量。

④水土流失防治措施及防治效果监测

水土流失防治措施及防治效果监测包括水土保持工程措施和植物措施的监测。工程措施(包括临时防护措施)主要监测实施数量、完好程度、运行情况、措施的拦渣保土效果。林草措施主要监测不同阶段林草种植面积、成活率、生长情况及覆盖率等。

⑤水土流失危害

根据项目区地形条件和周围环境,通过调查分析,确定水土流失去向,监测项目区内水土流失对周边地区生态环境的影响。

2.2 监测方法

本工程采用施工区巡查、重点抽样调查和咨询建设相关人员相结合的方法进行监测。

①调查监测

1) 水土流失现状调查

主要是开工以来水土流失量的调查。通过对项目区现有水土保持措施以及排水沟、周边环境或工程建设区下游沟道淤积的调查,查阅相关资料,咨询周边群众,对开工以来产生的水土流失量有个基本的了解。

2) 水土流失防治责任范围

根据主体工程施工图,通过现场实地勘测,采用测尺、大比例尺地形图、摄像机、照相机等工具,按不同防治分区测定不同地表扰动类型的面积,同时记录调查点名称、工程名称、扰动类型和监测数据编号等。

3) 水土流失防治措施

A、防治措施实施情况

包括措施的实施数量和完成情况。通过查阅主体工程施工图、监理月报、工程量签证单、施工中影像资料等,实地抽样调查防治措施数量和保存情况,监测和验证防治措施实施数量,了解实施情况。

B、防治效果情况

在工程措施布设区,主要调查措施的稳定情况、完好程度和运行情况。通过查看工程措施是否出现明显的裂痕,是否存在滑落或掉块,措施布设区是否存在坡面侵蚀沟、滑坡等威胁项目建设区的水土流失隐患,排水沟是否淤塞、对防治效果进行评价,提出存在的问题和改进建议。

在植物措施布设区,选有代表性的地块作为标准地,要求乔木林 20m×20m、灌木林 5m×5m、草地 2m×2m,测定林草的成活率、保存率和林草植被覆盖度等,评价植物防治措施效果。

对水土保持措施实施进度的监测,同时采用影像对比监测法。通过不同时期影像的对比,监测措施的实施进度、完好程度、运行情况等。

②咨询调查

通过咨询周边群众、建设单位、施工单位,了解建设过程中有无土方(泥浆)侵占道路、掩埋农田、淤塞河道等现象。

本工程水土流失主要调查、监测方法见表 2-1。

表 2-1 水土流失主要调查、监测方法一览表

序号	监测内容		监测方法
1	扰动土地情况	原地貌土地利用情况	采用历史卫星照片调查
		原地貌植被覆盖度	采用调查法和资料分析法
		扰动土地面积	采用调查法
		防治责任范围	实地量测和资料分析
2	取土（石、料）弃土（石、渣）情况		未设取土场、弃渣场，借方外购，弃渣采用调查法、资料分析法。
3	水土流失情况	土壤流失面积	实地量测和资料分析
		土壤侵蚀模数	调查法结合资料分析
		土壤流失量	采用沉沙池和调查法结合资料分析；
4	水土保持措施	工程措施	采用实地量测和资料分析结合的方法
		植物措施	实地量测、样方法、树冠投影法
		临时措施	资料分析、调查
		防治效果	调查、巡查

3 重点对象水土流失动态监测

3.1 防治责任范围监测

3.1.1 水土流失防治责任范围

(1) 方案确定的防治责任范围

根据批复的水土保持方案报告书，本项目水土流失防治范围为 46.73hm^2 ，其中项目建设区 39.94hm^2 ，直接影响区 6.79hm^2 ，全部隶属湛江市徐闻县。

表 3-1 方案批复防治责任范围表 单位: hm^2

行政区	项目组成	项目建设区			直接影响区	防治责任范围
		小计	永久占地	临时占地		
湛江市徐闻县	风机基础及安装区	9.00	1.50	7.50	0.85	9.85
	集电线路区	19.35	0.00	19.35	4.50	23.85
	施工检修道路区	9.98	2.33	7.65	1.40	11.38
	升压站区	0.89	0.89			0.89
	施工临建区	0.72	0.00	0.72	0.04	0.76
	合计	39.94	4.72	27.57	6.79	46.73

(2) 实际发生的防治责任范围

根据本工程有关设计、施工和竣工图资料及图纸，结合现场核实，本工程建设实际扰动原地貌、损坏土地和植被面积共计 28.82hm^2 ，其中永久占地 2.52hm^2 ，临时占地 26.30hm^2 。本次验收范围为工程实际水土流失防治责任范围，经实地勘察和核查，工程实际水土流失责任范围为 28.82hm^2 ，均为项目建设区，无直接影响区。

表 3-2 实际防治责任范围表 单位: hm^2

行政区	项目组成	项目建设区			直接影响区	防治责任范围	备注
		小计	永久占地	临时占地			
湛江市徐闻县	风机基础及安装区	9.66	1.61	8.05	0	9.66	均在红线范围内，经现场调查，没有造成直接影响
	集电线路区	12.73		12.73	0	12.73	
	施工检修道路区	4.81	0.01	4.80	0	4.81	
	升压站区	0.90	0.90		0	0.90	
	施工临建区	0.72		0.72	0	0.72	
	合计	28.82	2.52	26.30	0	28.82	

(3) 防治责任范围变化情况

表 3-3

防治责任范围对比表

单位: hm^2

防治分区	方案批复防治责任范围			实际发生防治责任范围			水土流失防治责任范围增减情况		
	项目建设区	直接影响区	防治范围	项目建设区	直接影响区	防治范围	项目建设区	直接影响区	防治范围
风机基础及安装区	9.00	0.85	9.85	9.66	0	9.66	0.66	-0.85	-0.19
集电线路区	19.35	4.50	23.85	12.73	0	12.73	-6.62	-4.5	-11.12
施工检修道路区	9.98	1.40	11.38	4.81	0	4.81	-5.17	-1.4	-6.57
升压站区	0.89		0.89	0.90	0	0.90	0.01	0	0.01
施工临建区	0.72	0.04	0.76	0.72	0	0.72	0	-0.04	-0.04
合计	39.94	6.79	46.73	28.82	0	28.82	-11.12	-6.79	-17.91
注:“-”表示减少,“+”表示增加,“0”表示无变化。									

1、项目建设区

风机基础及安装区:该区增加了 0.66hm^2 ,主要由于优化了 03#、33#、36#、37#、43#风机位置,最终增加了风机基础及安装区面积。

集电线路区:该区减少了 6.62hm^2 ,主要由于优化风机与分机之间联接线方式,集电线路采用地埋方式,方案设计地埋线路长度为 45km,实际地埋线路长度为 30km。

施工检修道路区:该区减少了 5.17hm^2 ,主要由于施工过程中主要利用现有道路,并优化风机位置和集电线路走向,方案设计长度为 14.1km,而实际长度为 6.7km。

升压站区:该区增加了 0.01hm^2 ,主要由于站区围墙内面积增加。

施工临建区:施工临建区与方案保持一致。

2、直接影响区

直接影响区减少 6.79hm^2 ,变化的原因主要是由于工程设计进行了优化,且采取了相关的水土保持措施,均在红线范围内,经现场调查,没有造成直接影响。

根据工程建设与运行实际情况调查统计,本工程运行期水土流失防治责任范为 2.52hm^2 ,均为永久占地面积,防治责任者为华润风电(徐闻)有限公司。

3.1.2 背景值监测

根据有关设计资料、图纸,按照本项目水土保持监测方案,对项目区内植被现状、林草覆盖度、水土流失背景值进行调查监测。项目区内水土流失背景值为 $500\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 。

3.1.3 建设期扰动土地面积

经统计,本项目实际扰动地表面积为 28.82hm^2 ,主要分为风机基础及安装区

9.66hm²、集电线路区 12.73hm²、施工检修道路区 4.81hm²、升压站区 0.90hm²、施工临建区 0.72hm²，具体占地面积详见表 3-4。

表 3-4 工程建设扰动地表面积统计表 单位: hm²

项目分区	永久占地	临时占地	合计
风机基础及安装区	1.61	8.05	9.66
集电线路区		12.73	12.73
施工检修道路区	0.01	4.80	4.81
升压站区	0.90		0.90
施工临建区		0.72	0.72
合计	2.52	26.30	28.82

3.2 取土监测结果

3.2.1 设计取土（石）情况

根据已批复的《华润湛江徐闻福来风电场工程水土保持方案报告书》，本工程未设置取土场。

3.2.2 取土（石）量监测结果

根据有关施工、监理和竣工资料以及对现场的勘查，本项目实际建设过程中，所需的砂石料均从合法料场购买，未设置取土场。

3.3 弃土弃渣监测结果

3.3.1 设计弃渣情况

根据批复的《华润湛江徐闻福来风电场工程水土保持方案报告书》，本工程在建设过程中，本项目土石方开挖总量 25.35 万 m³，土石方回填总量约 13.77 万 m³，废弃土方 11.58 万 m³，其中 2.74 万 m³就地平整，8.84 万 m³用作复垦绿化覆土。

3.3.2 弃渣场位置、占地面积及弃渣量监测结果

根据工程监理资料及施工方提供资料进行统计，结合现场的勘查了解，本工程实际总挖方 16.35 万 m³，填方 16.76 万 m³，外购土方 0.41 万 m³，无弃方。

本工程未设弃渣场，本工程实际产生的土石方调配合理，尽量减少了开挖与调运，达到了良好的水土保持效果。

3.3.3 弃渣对比分析

本项目实际施工中产生的弃土弃渣比方案批复的减少了 11.58 万 m³，主要是因为

实际施工中开挖土石方量较方案设计减少，同时施工多余土方采用就地平整方式，因而减少了 11.58 万 m^3 。

实际土石方量表详见表 3-5。

表 3-5 实际土石方开挖回填量表 单位：万 m^3

项目分区	挖方	填方	借方	弃方
风机基础及安装区	8.74	8.74	/	/
集电线路区	7.31	7.31	/	/
施工检修道路区	0	0	/	/
升压站区	0.08	0.49	0.41	/
施工临建区	0.22	0.22	/	/
合计	16.35	16.76	0.41	/

3.3.4 土石方流向情况监测结果

本项目监测结果显示土石方挖方总量较方案设计减少了 9.00 万 m^3 ，填方总量较方案设计增加了 2.99 万 m^3 ，借方总量较方案设计增加 0.41 万 m^3 ，弃渣较方案设计减少了 11.58 万 m^3 。

本项目实际发生的土石方数量与方案设计的土石方数量对比分析表见表 3-6。

表 3-6 实际与方案设计土石方数量对比分析表 单位：万 m^3

项目分区	方案设计				实际施工				增加+/-减少-			
	挖方	填方	借方	弃方	挖方	填方	借方	弃方	挖方	填方	借方	弃方
风机基础及安装区	8.74	3.30		5.44	8.74	8.74				5.44		-5.44
集电线路区	15.71	9.90		5.81	7.31	7.31			-8.40	-2.59		-5.81
施工检修道路区	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00						
升压站区	0.50	0.39		0.11	0.08	0.49	0.41		-0.42	0.10	0.41	-0.11
施工临建区	0.40	0.18		0.22	0.22	0.22			-0.18	0.04		-0.22
合计	25.35	13.77	0.00	11.58	16.35	16.76	0.41	0.00	-9.00	2.99	0.41	-11.58

土石方增减情况和主要原因如下：

(1) 风机基础及安装区实际施工土石方填方较方案设计增加了 5.44 万 m^3 ，弃方减少了 5.44 万 m^3 ，主要是由于风机基础及安装区施工过程中对场地周边就地平整，相应土石方弃方减少。

(2) 集电线路区实际施工土石方开挖较方案设计减少了 8.40 万 m^3 ，填方量减少了 2.59 万 m^3 ，弃方量减少 5.81 万 m^3 ，主要是由于集电线路区施工过程中减少了占地和优化了线路走向，并将多余土方就地平整，相应土石方减少。

(3) 施工检修道路区实际施与方案设计保持一致。

(4) 升压站区实际施工土石方开挖较方案设计减少了 0.42 万 m^3 , 填方量增加了 0.10 万 m^3 , 借方增加 0.41 万 m^3 , 弃方量减少 0.11 万 m^3 , 主要是由于升压站区场地需提高场地标高, 因此挖方相应减少, 另外需外购土方进行回填及绿化覆土, 相应弃方减少。

(5) 施工临建区实际施工土石方开挖较方案设计减少了 0.18 万 m^3 , 填方量增加了 0.04 万 m^3 , 弃方量减少 0.22 万 m^3 , 主要是由于施工临建区施工过程中在原地形基础上进行施工临建区的布设, 以及回填表土量增加, 相应土石方挖方和弃方减少, 填方增加。

3.4 其他重点部位监测结果

根据现场调查发现, 本项目已全部完工, 项目建设区内的扰动区域已全部建设完成。监测中未发现裸露地表现象, 能有效防止项目区降雨冲刷, 施工结束后项目区植物措施成活率高、生长状况良好, 各项水土保持措施完好, 发挥了较好的水土保持保护作用, 项目建设区基本无水土流失现象。

4 水土流失防治措施监测结果

4.1 工程措施及实施进度

本工程水土保持工程措施主要在 2016 年 3 月至 2017 年 12 月期间实施，主要为表土剥离、表土回填等措施。监测方法采用现场调查法，实时监测工程措施实施数量、完好程度、运行情况、措施的拦渣保土效果。

完成工程量：表土剥离 21.66hm^2 、表土回填 6.50万 m^3 。

各防治区工程设施完成情况如下：

(1) 风机基础及安装区

风机基础及安装区主要布设的工程措施包括施工前表土剥离 8.05hm^2 ，绿化施工前的表土回填 2.41万 m^3 。

(2) 集电线路区

集电线路区主要布设的工程措施包括施工前表土剥离 12.73hm^2 ，绿化施工前的表土回填 3.82万 m^3 。

(3) 升压站区

升压站区主要布设的工程措施包括施工前表土剥离 0.16hm^2 ，绿化施工前的表土回填 0.05万 m^3 。

(4) 施工临建区

施工临建区主要布设的工程措施包括施工前表土剥离 0.72hm^2 ，绿化施工前的表土回填 0.22万 m^3 。

根据监测结果，治理措施实施情况及结果如表 4-1 所示。

表 4-1 水土保持工程措施完成情况表

项目分区	措施	实施情况	单位	方案设计	实际完成	增减情况
风机基础及安装区	表土剥离	2016-2017	hm^2	9	8.05	-0.95
	表土回填	2016-2017	万 m^3	2.7	2.41	-0.29
集电线路区	表土剥离	2016-2017	hm^2	19.35	12.73	-6.62
	表土回填	2016-2017	万 m^3	5.81	3.82	-1.99
升压站区	表土剥离	2016-2017	hm^2	0.36	0.16	-0.2
	表土回填	2016-2017	万 m^3	0.11	0.05	-0.06
	混凝土排水沟	2016-2017	m	550	0	-550

项目分区	措施	实施情况	单位	方案设计	实际完成	增减情况
施工检修道路区	砖砌排水沟	-	m	28200	0	-28200
	砖砌沉沙池	-	座	7	0	-7
施工临建区	表土剥离	2016-2017	hm ²	0.72	0.72	0
	表土回填	2016-2017	万 m ³	0.22	0.22	0
注：“-”表示减少，“+”表示增加，“0”表示无变化。						

由上表可知，水土保持工程措施变化的主要原因有：

(1) 风机基础及安装区：表土剥离减少 0.95hm² 和表土回填减少 0.29 万 m³，因实际施工过程中扰动面积变化，且风机永久占地采用碎石进行铺垫。

(2) 集电线路区：表土剥离减少 6.62hm² 和表土回填减少 1.99 万 m³，因实际施工过程中临时占地面积减少。

(3) 升压站区：混凝土排水沟减少 500m 主要实际采用雨水井汇集站内雨水后排出，表土剥离减少 0.2hm² 和表土回填减少 0.06 万 m³，因站区绿化面积减少。

(4) 施工检修道路区：砖砌排水沟减少 28200m 和砖砌沉沙池 7 座，实际未实施。

(5) 施工临建区：与方案设计保持一致。

4.2 植物措施及实施进度

本工程水土保持植物措施主要在 2017 年 3 月至 2017 年 12 月实施。已完成水土保持植物措施主要为全面整地、站区绿化。监测方法采用现场调查法，实时监测不同阶段林草种植面积、成活率、生长情况及覆盖率、防治效果等。

主要完成措施数量为：全面整地 21.66hm²，站区绿化 0.16hm²、撒播草籽 0.72hm²。

各防治区工程设施完成情况如下：

(1) 风机基础及安装区

风机基础及安装区永久占地范围均采用碎石铺垫硬化，临时占地范围植物措施主要为全面整地方式后，归还当地村民使用，由农场恢复为园地。通过现场监测，其绿化植被成活率较高。其实施的措施量分别为全面整地 8.05hm²。

(2) 集电线路区

集电线路区绿化主要为全面整地方式后，归还当地村民使用，由农场恢复为园地。通过现场监测，其绿化植被成活率较高。其实施的措施量分别为全面整地 12.73hm²。

(3) 升压站区

升压站区绿化主要为全面整地和站区绿化的方式，通过现场监测，其绿化植被成活率较高。其实施的措施量分别为全面整地 0.16hm^2 ，站区绿化 0.16hm^2 。

(4) 施工临建区

施工临建区绿化主要为全面整地和撒播草籽后，归还当地村民使用。通过现场监测，其绿化植被成活率较高。其实施的措施量分别为全面整地 0.72hm^2 和撒播草籽 0.72hm^2 。

根据监测结果，治理措施实施情况及结果如表 4-2 所示。

表 4-2 水土保持植物措施完成情况表

项目分区	措施	实施情况	单位	方案设计	实际完成	增减情况
风机基础及安装区	全面整地	2016-2017	hm^2	7.5	8.05	0.55
	铺设草皮	-	hm^2	1.17	0	-1.17
集电线路区	全面整地	2016-2017	hm^2	19.35	12.73	-6.62
升压站区	站区绿化	2017	hm^2	0.36	0.16	-0.2
	全面整地	2017	hm^2	0.36	0.16	-0.2
施工临建区	全面整地	2016-2017	hm^2	0.72	0.72	0
	撒播草籽	2016-2017	hm^2	0	0.72	0.72
注：“-”表示减少，“+”表示增加，“0”表示无变化。						

由上表可知，水土保持植物措施变化的主要原因有：

(1) 风机基础及安装区：全面整地增加 0.55hm^2 和未实施铺设草皮 1.17hm^2 ，因实际施工结束后交换当地进行耕种，且风机永久占地采用碎石进行铺垫。

(2) 集电线路区：全面整地减少 6.62hm^2 ，因实际施工过程中集电线路优化，临时占地面积减少。

(3) 升压站区：站区绿化减少 0.2hm^2 和全面整地减少 0.2hm^2 ，因站区绿化面积减少。

(4) 施工临建区：施工临建区绿化主要为全面整地和撒播草籽后，归还当地村民使用，因此增加撒播草籽 0.72hm^2 。

4.3 临时措施及实施进度

本工程水土保持临时措施主要在 2016 年 3 月至 2017 年 5 月期间实施。已完成水土保持临时措施包括薄膜覆盖、砂浆抹面排水沟等。采用的监测方法主要采用现场调查法、查阅相关施工及监理资料等。

主要完成措施数量为：薄膜覆盖 3000m^2 、砂浆抹面排水沟 1250m。

各防治区工程设施完成情况如下：

(1) 风机基础及安装区

风机基础及安装区布设的水土保持临时措施主要包括施工过程中的薄膜覆盖 3000m²、砂浆抹面排水沟 100m。

(2) 施工临建区

风机基础及安装区布设的水土保持临时措施主要包括施工过程中的砂浆抹面排水沟 1150m。

具体完成工程量及与设计值比较情况见表 4-3。

表 4-3 水土保持临时措施完成情况表

项目分区	措施	实施情况	单位	方案设计	实际完成	增减情况
风机基础及安装区	土袋挡墙	-	m	12250	\	-12250
	薄膜覆盖	2016-2017	m ²	20000	3000	-17000
	砂浆抹面排水沟	2016-2017	m	12750	100	-12650
	砖砌沉沙池	-	座	50	\	-50
	泥浆池	-	座	26	\	-26
集电线路区	土袋挡墙	-	m	45000	\	-45000
升压站区	土袋挡墙	-	m	400	\	-400
	薄膜覆盖	-	m ²	5600	\	-5600
	砂浆抹面排水沟	-	m	450	\	-450
	砖砌沉沙池	-	座	1	\	-1
施工临建区	土袋挡墙	-	m	400	\	-400
	薄膜覆盖	-	m ²	11050	\	-11050
	砂浆抹面排水沟	2016-2017	m	1150	1150	0
注：“-”表示减少，“+”表示增加，“0”表示无变化。						

由上表可知，水土保持临时措施变化的主要原因有：

(1) 风机基础及安装区：土袋挡墙减少 12250m、薄膜覆盖减少 17000m²、砂浆抹面排水沟减少 12650m、砖砌沉沙池减少 50 座和泥浆池减少 26 座，实际无实施。

(2) 集电线路区：土袋挡墙减少 45000m，实际无实施。

(3) 升压站区：土袋挡墙减少 400m、薄膜覆盖减少 5600m²、砂浆抹面排水沟减少 450m 和砖砌沉沙池减少 1 座，实际无实施。

(4) 施工临建区：土袋挡墙减少 400m、薄膜覆盖减少 11050m²，实际无实施。

4.4 水土保持措施防治效果

根据现场监测情况,本项目实施的各项工程措施外观良好、无损毁现象,其中各项排水措施能有效排除项目区内降水。植物措施即园林绿化不仅美化了环境,也覆盖了裸露地表,避免降雨和径流直接冲刷地表,具有良好水土保持功能;工程实施的临时措施主要是施工期间的临时排水沟和编织袋拦挡措施。这些临时措施具有排除项目区积水和沉降径流中泥沙的作用,具有良好的水土保持功能。按监测分区汇总工程、植物、临时措施等实施情况,评价水土保持措施防治效果如下表所示。

表 4-4 水土保持措施防治效果表

项目分区	防治措施监测结果		单位	完成时间	实际完成	运行状况	效果防治
风机基础及安装区	工程措施	表土剥离	hm ²	2016-2017	8.05	良好	较好
		表土回填	万 m ³	2016-2017	2.41	良好	较好
	植物措施	全面整地	hm ²	2016-2017	8.05	\	\
	临时措施	薄膜覆盖	m ²	2016-2017	3000	良好	较好
		砂浆抹面排水沟	m	2016-2017	100	良好	较好
集电线路区	工程措施	表土剥离	hm ²	2016-2017	12.73	良好	较好
		表土回填	万 m ³	2016-2017	3.82	良好	较好
	植物措施	全面整地	hm ²	2016-2017	12.73	\	\
升压站区	工程措施	表土剥离	hm ²	2016-2017	0.16	良好	较好
		表土回填	万 m ³	2016-2017	0.05	良好	较好
	植物措施	站区绿化	hm ²	2017	0.16	良好	较好
		全面整地	hm ²	2017	0.16	\	\
施工临建区	工程措施	表土剥离	hm ²	2016-2017	0.72	良好	较好
		表土回填	万 m ³	2016-2017	0.22	良好	较好
	植物措施	全面整地	hm ²	2016-2017	0.72	\	\
		撒播草籽	hm ²	2016-2017	0.72	良好	较好
	临时措施	砂浆抹面排水沟	m	2016-2017	1150	\	\

5 土壤流失情况监测

5.1 水土流失面积

(1) 施工期

通过实地调查，随着本工程土建施工，项目开挖、回填及施工对地表造成扰动，从而极易产生水土流失的流失源，在降雨径流的冲刷下，水土流失面积不断增大，具体变化过程如下：

表 5-1 施工期水土流失面积变化情况 单位：hm²

扰动类型	施工期水土流失面积						
	2016 年（第二季度至第四季度）			2017 年（第一季度至第四季度）			
	二	三	四	一	二	三	四
风机基础及安装区	3.00	4.00	4.86	0.36	0.36	1.80	4.14
集电线路区	0	0	0.86	0.39	0	4.23	5.12
升压站区	9.98	9.98	0.36	0	0.40	1.00	3.59
施工检修道路区	0.12	0.12	0.50	0.04	0.07	0.36	0.36
施工临建区	0.72	0.72	0.72	0	0	0	0
合计	13.82	14.82	7.3	0.79	0.83	7.39	13.21

(2) 自然恢复期

通过实地调查，工程于 2017 年 12 月完工，完工后各项工程及植物措施恢复较好，因而未开展自然恢复期监测。

5.2 各阶段土壤流失量分析

5.2.1 土壤流失背景值

土壤侵蚀背景值通过实地调查地面坡度、植被覆盖度等水土流失主要因子，结合《土壤侵蚀分类分级标准》(SL 190-2007)中面蚀(片蚀)分级标准(见表 5-2)，调查项目区土壤侵蚀背景值。

根据施工期的照片和工程监理报告，采用土壤侵蚀分级分类法按标准对各地类进行推测，其中，各种类型的土壤侵蚀容许量和相应的地质条件有关，南方降雨量大，水力侵蚀强。本项目位于南方红壤丘陵区容许土壤流失量为 500t/(km²·a)，即为轻度范围内，具体的分级和指标见表 5-2。

表 5-2 水力侵蚀强度分级

级别	平均侵蚀模数 $[t/(km^2 \cdot a)]$	平均流失厚度 (mm/a)
微度	<200, <500, <1000	<0.15, <0.37, <0.74
轻度	200, 500, 1000 ~ 2500	0.15, 0.37, 0.74 ~ 1.9
中度	2500 ~ 5000	1.9 ~ 3.7
强烈	5000 ~ 8000	3.7 ~ 5.9
极强烈	8000 ~ 15000	5.9 ~ 11.1
剧烈	>15000	>11.1

注：本表流失厚度系按干密度 $1.35g/cm^3$ 折算，各地可按当地土壤干密度计算。

本工程水土流失量主要采用调查监测法、巡查等进行预测，根据工程特性、施工工艺、项目区的气候条件、地形地貌、土壤、植被、水土保持状况等进行比较分析，确定项目区的土壤侵蚀模数。结合表 5-2，项目区原地貌水土流失强度属轻度范围，无明显侵蚀现象，土壤侵蚀模数背景值取 $500t/km^2 \cdot a$ 。

5.2.2 施工期土壤侵蚀强度分析

工程自 2016 年 3 月开始施工，我公司于 2016 年 3 月初接受监测委托开展监测工作，根据工程的扰动形式，我公司技术人员将工程划分各防治分区，然后采取调查法对其水土流失侵蚀强度进行动态监测。

(1) 侵蚀强度的测定

我公司自 2016 年 3 月开始监测以来，共布设监测点 6 个，1#（升压站）、2#（施工临建区）、3#（15#风机处）、4#（25#风机处）、5#（28#风机处）、6#（施工检修道路区）处。

(2) 施工期平均土壤侵蚀强度

在对各个监测样方实际观测成果的基础上，根据地形条件、降雨情况对各个扰动形式进行修正，得出本工程开展监测工作后的施工期（2016 年 3 月至 2017 年 12 月）各个扰动形式水土流失平均侵蚀强度，监测结果如下表 5-3：

表 5-3 施工期平均土壤侵蚀强度监测值 单位： $t/km^2 \cdot a$

扰动类型	施工期土壤侵蚀模数						
	2016 年（第二季度至第四季度）			2017 年（第一季度至第四季度）			
	二	三	四	一	二	三	四
风机基础及安装区	8000	8000	8000	6000	3000	3000	5800
集电线路区	/	/	6000	3000	/	3000	3200
升压站区	6000	6000	6000	2000	3000	3000	4300
施工检修道路区	4000	4000	4000	300	1400	1400	1900
施工临建区	3000	3000	3000	/	/	/	/

5.2.3 施工期土壤流失量

根据 2016 年 3 月至 2017 年 12 月监测所得的工程建设扰动地表面积及各季度监测所得平均土壤侵蚀强度，工程施工期因建设产生土壤流失总量 1569t，新增土壤流失量 1391t，详见表 5-4。

表 5-4 施工期土壤侵蚀量

监测分区	水土流失量（t）							土壤流 失总量 （t）	新增土壤 流失总量 （t）
	2016 年（第二季度至第四季度）			2017 年（第一季度至第四季度）					
	二	三	四	一	二	三	四		
风机基础及 安装区	120	137	37	5	11	54	239	603	540
集电线路区	0	0	6	6	0	67	163	242	191
升压站区	2	180	3	1	12	30	154	382	339
施工检修道 路区	299	1	7	1	1	5	7	321	303
施工临建区	11	6	4	0	0	0	0	21	18
合计	432	324	57	13	24	156	563	1569	1391

5.2.4 自然恢复期土壤流失量

通过实地调查，工程于 2017 年 12 月完工，完工后各项工程及植物措施恢复较好，水土保持防护作用良好，基本达到验收条件，因而未计自然恢复期的土壤流失量。

5.2.5 土壤流失量分析

本项目监测期水土流失总量 1569t，新增水土流失总量为 1391t，主要为施工期。施工建设期水土流失量以主体工程区最多，风机基础及安装区新增水土流失量总占水土流失量的 34%，是水土流失重点监测区域，主要由于其扰动面积最大。具体详见表 5-5。

表 5-5 土壤侵蚀量

项目分区		水土流失面积 (hm ²)	总水土流失量 (t)	新增水土流失量 (t)	各分区新增水土流失量总占水土流失量的百分比 (%)
施工期	风机基础及安装区	9.66	603	540	34%
	集电线路区	12.73	242	191	12%
	升压站区	0.93	382	339	22%
	施工检修道路区	4.81	321	303	19%
	施工临建区	0.72	21	18	1%
合计		28.85	1569	1391	

5.3 取土（石、料）弃土（石、料）潜在水土流失量

本工程实际总挖方 16.35 万 m^3 ，填方 16.76 万 m^3 ，外购土方 0.41 万 m^3 ，无弃方。施工开挖土石方避开雨季，临时堆土堆放时间较短，开挖的土方均用于项目区回填利用，因此不存在取土（石、料）弃土（石、料）潜在水土流失量。

5.4 水土流失危害

通过调查，本项目施工对周边环境未造成任何水土流失危害。

6 水土流失防治效果监测结果

华润风电（徐闻）有限公司委托广东省水利水电科学研究院编报《华润湛江徐闻福来风电场工程水土保持方案报告书》（报批稿），2014年11月20日广东省水利厅以“粤水水保〔2014〕72号”对该方案报告书予以批复。

水土流失防治效益监测指实施水土保持措施后，水土流失控制和景观改善的效果，是否满足开发建设项目水土流失防治标准的要求。主要通过随机抽取样方实施调查监测，根据监测数据计算工程的扰动土地整治率、水土流失总治理度、拦渣率、土壤流失控制比、林草植被恢复率、林草覆盖率等防治指标，是否达到已批复的水保方案和批复文件要求以及国家和地方的有关技术标准。已批复的水土保持方案中确定的防治目标值见表 6-1。

表 6-1 水土流失防治指标标准值

水土流失防治目标	方案目标值		计算公式
	施工期	试运行期	
扰动土地治理率(%)	*	>95	项目建设区内扰动土地的整治面积（含永久建筑物面积）÷扰动土地总面积×100%
水土流失总治理度(%)	*	>87	水土流失治理达标面积÷造成水土流失面积×100%
土壤流失控制比	0.5	1.0	项目区容许值÷治理后平均土壤流失强度
拦渣率(%)	85	95	实际拦渣量÷总弃渣量×100%
林草植被恢复率(%)	*	>97	林草类植被面积÷可恢复林草植被面积×100%
林草覆盖率(%)	*	>22	林草总面积÷项目建设区面积×100%

6.1 扰动土地整治率

本工程防治责任范围为 28.82hm²，施工过程中均进行扰动，因而项目区扰动土地面积为 28.82hm²。施工结束后对可绿化部分进行绿化，扰动土地整治后的工程措施面积为 0hm²，植物措施面积为 21.66hm²，建构筑物及硬化面积为 7.16hm²，扰动土地治理面积 28.82m²，扰动土地整治率 100%。扰动土地整治率计算见表 6-2。

表 6-2 扰动土地整治率计算表

项目分区	建设区面积 (hm ²)	扰动面积 (hm ²)	扰动土地治理面积 (hm ²)				扰动土地整治率 (%)
			工程措施	林草植被	建(构)筑物及硬化	小计	
风机基础及安装区	9.66	9.66		8.05	1.61	9.66	100
集电线路区	12.73	12.73		12.73		12.73	100
施工检修道路区	4.81	4.81			4.81	4.81	100
升压站区	0.90	0.90		0.16	0.74	0.9	100
施工临建区	0.72	0.72		0.72		0.72	100
合计	28.82	28.82		21.66	7.16	28.82	100

6.2 水土流失总治理度

本工程完工后,实际发生水土流失面积 21.66hm²。采取各项措施后,各分区水土保持措施基本达到设计要求,水土保持治理达标面积为 21.66hm²,水土流失总治理度 100%。水土流失总治理度计算见表 6-3。

表 6-3 水土流失总治理度计算表

项目分区	水土流失面积 (hm ²)	建构筑物及硬化 (hm ²)	水土流失治理达标面积 (hm ²)			水土流失治理度 (%)
			工程措施	植物措施	小计	
风机基础及安装区	8.05	1.61		8.05	8.05	100
集电线路区	12.73			12.73	12.73	100
施工检修道路区		4.81				
升压站区	0.16	0.74		0.16	0.16	100
施工临建区	0.72			0.72	0.72	100
合计	21.66	7.16		21.66	21.66	100

6.3 拦渣率

本工程实际建设中,根据工程监理资料及施工方提供资料进行统计,结合现场的勘查了解,本工程建设期土石方挖方总量为 16.35 万 m³,填方总量 16.76 万 m³,外购土方 0.41 万 m³,无弃方。

本工程未设取土场和弃渣场,本工程实际产生的土石方调配合理,尽量减少了开挖与调运,达到了良好的水土保持效果。施工期拦渣率为 95.0%。达到了方案确定的目标值。

6.4 土壤流失控制比

项目区容许土壤流失量为 500t/km²·a;通过对水土保持情况的监测,采取水土保

持防治措施后，各防治分区年平均土壤流失量均达到区域容许值 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ ，土壤流失控制比可达到 1.0。

6.5 林草植被恢复率和林草覆盖率

通过查阅工程设计资料及现场巡查，工程总占地 28.82hm^2 ，其中可绿化面积 21.66hm^2 ，实际恢复植物面积 21.66hm^2 ，林草植被恢复率 100%，林草覆盖率 75.2%。林草植被恢复率、林草覆盖率计算见表 6-4。

表 6-4 林草植被恢复率、林草覆盖率计算表

防治分区	建设区面积 (hm^2)	扰动面积 (hm^2)	恢复植物面积 (hm^2)	可绿化面积 (hm^2)	林草植被恢复率 (%)	林草覆盖率 (%)
风机基础及安装区	9.66	9.66	8.05	8.05		
集电线路区	12.73	12.73	12.73	12.73		
施工检修道路区	4.81	4.81				
升压站区	0.90	0.90	0.16	0.16	100	17.8
施工临建区	0.72	0.72	0.72	0.72	100	100.0
合计	28.82	28.82	21.66	21.66	100	75.2

综上所述，至设计水平年末，落实各项防治措施后，扰动土地整治率为 100%，水土流失总治理度为 100%，土壤流失控制比 1.0，拦渣率 95%，林草植被恢复率为 100%，林草覆盖率 75.2%，均可达到方案设计确定的防治目标值，详见表 6-5。

表 6-5 水土流失防治效果分析表

序号	项目	目标值	实际达到值	评价结果
1	扰动土地整治率 (%)	95	100	达标
2	水土流失总治理度 (%)	87	100	达标
3	土壤流失控制比	1.0	1.0	达标
4	拦渣率 (%)	95	95	达标
5	林草植被恢复率 (%)	97	100	达标
6	林草覆盖率 (%)	22	75.2	达标

通过表 6-5 可以看出，本项目的六项指标基本都达到生产建设类项目二级标准，根据现场监测，项目区布设的各项工程、植物措施满足生产建设项目要求。

7 结论

7.1 水土流失动态变化

土壤侵蚀背景值通过实地调查得出；施工期的土壤侵蚀模数现场调查及类比得出。运行期土壤侵蚀模数通过现场调查实测得出。

建设过程中风机基础及安装区、集电线路区、施工检修道路区、升压站区和施工临建区等的开挖、土方临时堆放、施工机械碾压等，增加了地表起伏，植被覆盖度降为零，土壤流失量剧增；项目建成后，人为扰动停止，各项水土保持措施逐步发挥效益，土壤流失量降低至原地貌程度。

水土流失动态变化说明项目建设过程中，人为扰动将各项土壤侵蚀因子叠加，在降雨、重力等外营力作用下，土壤流失量将剧增；同时，在采取各项水土保持措施后，土壤流失量可控制在允许的范围内。

本工程水土流失动态变化同时也印证了人为扰动是开发建设项目的主要水土流失因素，采取防治措施是控制水土流失的必要手段。

7.2 水土保持措施评价

（1）工程措施

本工程涉及的工程措施主要有表土剥离、表土回填等。通过现场勘查各项措施运行效果、量测外观尺寸，项目区经过土地平整后大部分地势平坦，无明显人工堆体及开挖洼地，基本能满足后期绿化措施的要求。各项工程措施等能根据实际情况进行调整施工，无出现坍塌、裂缝，发挥了良好的水土保持作用。

（2）植物措施

水土保持植物措施主要为站区绿化、全面整地和撒播草籽等。通过巡视以及典型样地调查，施工扰动区域可绿化部分植被恢复良好，植物措施成活率 90%以上，项目区未发现大面积裸露地表，土壤活土层保存完整，水土保持作用明显。

（3）临时措施

工程临时措施要包括薄膜覆盖、砂浆抹面排水沟等，工程建设完毕后基本拆除完毕。通过施工期现场勘查，各项措施运行效果良好，临时排水沟基本满足排水要求，场地内排水较为通畅。

(4) 整体评价

本工程水土保持措施布局合理、措施体系完善、各项设施保存完好、外型美观，工程措施与植物措施相结合，景观效果与生态效益良好，具备良好的水土保持功能。各分区的各项水土保持措施已经基本实施到位，地表植被恢复情况良好，各项措施水土保持效益发挥得当，扰动地表经治理后防治水土流失功能基本得以恢复。

7.3 存在问题及建议

- 1、项目区植被尚未完全恢复，建议加强植被养护，提高林草植被成活率。
- 2、由于植物的生长特性，在运行管护过程中，应加强巡查力度，发现枯死、病死植株应立即采取措施，防病治虫、补植补种、更新草种。

7.4 综合结论

通过监测结果表明：各项措施运行良好，六项防治指标全部达标，土壤流失量控制在允许的范围内，水土保持措施布局合理，发挥了水土保持作用，建设单位水土流失防治责任落实到位；通过走访周边群众，未发生由于施工带来水土流失造成危害的现象。

综上所述，建设单位在水土流失防治责任范围内认真履行了水土流失的防治责任，水土保持设施具备正常运行条件，且持续、安全、有效运行，符合交付使用的要求，水土保持设施的管护、维护措施落实到位。

8 附图及有关资料

8.1 附图

- (1) 项目地理位置图
- (2) 防治责任范围图、监测分区及监测点布设图

8.2 有关资料

- (1) 广东省发展改革委关于华润湛江徐闻福来风电场项目核准的批复
- (2) 水土保持方案批复
- (3) 监测影像资料