

# 沿海火电站复杂地质条件开挖施工技术探析

朱永泉

(中国电建集团水利水电第八工程局有限公司, 湖南 长沙 410000)

**摘要:** 沿海地区交通便利, 工业和经济发展远超其他地区, 电力供应成为其发展中重要环节。在各沿海地区建设火电厂具有周期短、成本低、对环境要求低等优点, 由于沿海地区往往有着错综复杂的沿海地震带, 且火电站选址的地质条件不会太好, 合理、有序地安排开挖施工, 成为沿海火电厂施工的首要环节。目前, 国内有电厂基础设计、电厂软土地基处理、沿海地区桩基础设计等方面的学术研究课题, 尚无沿海地震区范围内, 多种开挖施工方式并存的复杂地质情况下的开挖施工技术相关研究。文章以印尼北苏三火电项目的开挖施工为实例, 阐述了在复杂地质条件与各种影响较大的制约因素情况下选择开挖方式、开挖设备, 以及开挖施工时段规划与施工控制要点, 为类似项目建设提供借鉴。

**关键词:** 沿海火电站; 复杂地质条件; 开挖施工技术

**中图分类号:** TV554

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-1064 (2022) 03-037-03

**DOI:** 10.12310/j.issn.1674-1064.2022.03.013

印尼北苏三火电项目位于印尼北苏拉威西省米纳哈萨县Kema村海边, 项目主要包括电站、卸煤码头、150 kV开关站及输电线路。项目地处沿海地震区且地质条件复杂, 开挖施工涉及清表、土方开挖、沼泽清淤、石方爆破、基坑基槽土方开挖、海底基槽开挖等多种施工方式。项目地质条件复杂, 外部环境制约条件较多, 工期压力大, 在满足设计要求的情况下, 结合项目实际情况, 分阶段选择适合的开挖方案, 最大程度缩短工期、节约成本, 是整个项目成功与否的决定性因素。

## 1 项目基本条件

### 1.1 地形与地貌

北苏三火电项目厂址场地由山丘组成, 靠近海岸线一侧为起伏较低的陡峭区域, 西部和北部场地为大面积的海拔较高的地形, 其海拔范围从海平面上0~46 m不等。

山丘主要由风化岩石和黄色粘土组成, 地表主要覆盖有灌木, 属于未开发的荒地。距离大海约30 m, 场地区域内还有一条浅水溪。靠近海滩0~30 m的区域由沼泽和草原构成, 海拔为0~1.5 m。

### 1.2 气象条件

项目年平均的相对湿度: 最大88.9%, 平均81.6%。

项目年平均空气温度: 最高35℃, 平均20.8℃。

项目多年平均风速: 最大10.5 km/hour, 平均3.2 km/hour。

项目雨季: 每年11月至次年2月。

项目风浪期: 每年7月至9月, 平均浪高0.6 m。

## 2 项目开挖施工技术

### 2.1 开挖工程量

项目开挖项目主要包括场平开挖、基坑开挖、海内基槽开挖三部分。其中, 清表10万 $m^2$ , 沼泽清淤4万 $m^3$ , 土方及风化岩明挖75万 $m^3$ , 石方爆破6万 $m^3$ , 基坑开挖10万 $m^3$  (含石方开挖2万 $m^3$ ), 海内基槽开挖8万 $m^3$ 。

### 2.2 开挖施工方式

#### 2.2.1 清表施工

清表为常规施工项目, 主要是清除植被及表层腐殖土, 采用人工伐木, 挖掘机、自卸车配合清理出渣, 施工时根据进度安排分区进行。

#### 2.2.2 沼泽清淤施工

沼泽清淤施工需在开挖的同时进行换填, 根据设计深度要求, 考虑挖掘机施工平台的高度, 换填深度小于3 m的选用普通挖掘机, 3 m以上的选用长臂挖掘机进行开挖, 根据沼泽面积规划施工道路, 采取清淤完成一块, 立即通过换填方式逐步施工。

#### 2.2.3 土方及风化岩开挖施工

土方及风化岩开挖采用自上而下的顺序分层进行, 合理规划施工及出渣道路, 结合边坡马道设计, 采用挖掘机配合自卸车分层分块开挖出渣。每一级马道形成时, 及时进行排水系统施工, 同时, 按设计要求防护开挖边坡, 避免雨季雨水冲刷破坏边坡<sup>[1]</sup>。

#### 2.2.4 大体积石方开挖施工

挖除表层土体和风化岩后, 大体积石方采用爆破方式分块、分层进行。每层岩石采取深孔梯段微差爆破, 由上至下分层开挖, 梯段最大高度按马道高度控制。设计边坡

作者简介: 朱永泉 (1981—), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向: 火电工程技术管理。

采用预裂爆破，在接近马道时底部预留保护层，采取水平预裂爆破，同时控制单响药量，避免爆破对永久边坡造成破坏。

### 2.2.5 基坑石方开挖施工

基坑石方开挖主要包括爆破时预留的基坑保护层开挖和不具备爆破作业条件的水下基础石方开挖，主要采用履带式破碎锤进行开挖，既能保证基础完整性，又能减少不必要的超挖。

水下基础开挖时基坑排水和边坡防护措施为重点监控项目，对于基坑深度较深的泵房等部位，编制专门的安全技术方案，报公司总部进行专家论证，方案审查通过后方可组织施工。

### 2.2.6 长条形基槽石方开挖施工

本项目包括大量地下管线、沟道的开挖，基槽狭长且深度较深，地下地质情况复杂，遇到岩石地层时，采用潜孔钻进行等间距钻孔，采用液压劈裂机破碎方式开挖，操作方便，安全环保。线型沟槽可采用多区域不同工序交叉施工，在一定程度上形成流水作业，既能节约施工成本，加快施工进度，又能避免交叉作业，减轻安全压力。

### 2.2.7 坚硬的大孤石开挖施工

基坑、基槽开挖时遇到硬度较大且体型不规则的大孤石，破碎锤和劈裂机施工功效较低时，先用潜孔钻钻孔，采用膨胀剂进行静态爆破，再用破碎锤进行局部处理。

### 2.2.8 海内基槽开挖施工

本项目的码头、取排水管线需要开挖水下基槽，根据地勘资料该区域为泥沙开挖，并无石方。其中海岸附近区域采用长臂挖机进行开挖，海内部分最深处海面以下13 m，采用抓斗挖泥船分段进行开挖，开挖渣料采用运泥驳船运输抛卸到指定区域。

## 2.3 开挖施工程序

### 2.3.1 土方开挖施工程序

施工道路修建→清表→坡顶截水沟修建→土方开挖、出渣→边坡成型→马道排水沟修建→视情况进行边坡支护。

### 2.3.2 石方爆破施工程序

爆破设计→现场放样→钻孔→装药、联网→爆破→出渣→视情况进行边坡支护。

### 2.3.3 液压劈裂机破碎施工程序

现场放样→钻孔施工→劈裂机破碎→出渣→视情况进行边坡支护。

### 2.3.4 膨胀剂静态爆破施工程序

钻孔→膨胀剂混合、装药→封堵→等待24小时→出渣。

### 2.3.5 海内开挖施工程序

测量放样→抓斗挖泥船抛锚就位→开挖→运泥驳船出渣→基槽检查→视情况进行基槽处理。

## 3 开挖施工规划

### 3.1 施工道路

施工道路是开挖施工的关键，需要考虑道路的合理性、

安全性和经济性。在保证安全的情况下，合理规划临时道路既能保证施工进度，又能节约项目成本。前期开挖的临时道路依地形布置，减少开挖和回填工程量，后期施工道路与永久道路相结合，施工期排水与永久排水沟道结合，减少重复施工，节约项目成本。

本项目初期结合地形及永久道路布置，形成4条互相连通的主要施工道路，施工支路根据现场实际需要布置，就近接入主路，在各个路口设置醒目的交通指示标志，尽可能将轻重车辆行走路线分开，形成循环，既能满足高峰期的通行要求，又能最大程度保证项目的交通安全。

### 3.2 爆破施工

受项目当地法律法规限制，爆破相关作业只能由当地有资质的爆破公司完成，且爆破相关的火工产品需要提前3个月申请，现场必须建立专门的炸药库，由当地警方负责保管和出入库管理。

基于此，前期土方开挖时，项目先完成炸药库的建设和验收，选定具有资质的爆破分包商，并与爆破分包商一起根据地勘资料估算火工用品的用量，提前准备好相关的批文手续，提前组织爆破相关的设备、材料进场。

在土方及风化岩开挖施工安排时，优先将需要爆破的区域挖开到岩石面，使爆破作业具备连续施工的工作条件，尽量缩短爆破分包商的工作时间。

项目在当地的爆破安全规定和中国的爆破安全规定中就高不就低，以最高的安全要求和严格的现场管控确保爆破安全不出问题。

在爆破作业施工前，对爆破施工中涉及的安全指示信号、沟通管理机构、安全警戒范围等进行详细交底，并组织现场模拟演练，做到爆破安全人人有责、安全意识深入人心、全员参与监管。

现场爆破作业施工时，采用中方和当地分包商联合监管的模式，对火工产品的出入库、爆破设计及相关技术资料等进行双重审核，保障爆破作业安全可控。

### 3.3 雨季施工

开挖施工，尤其是土方开挖和基坑开挖要尽可能避开雨季施工，爆破作业在一定程度上也受降雨的制约。

进入雨季之后，开挖功效只能达到旱季的1/3。开挖料需考虑回填的土石方平衡，实际功效只能达到旱季的1/4。为此，项目在雨季前加班突击，加快进度，进入雨季，只对条件较好的区域进行开挖，待雨季结束后再开始大面积施工。

对于雨季开挖的区域，要重点强化该区域的施工道路和排水，采用石渣硬化施工道路，安排专门人员和设备进行道路维护，避免陷车。在基坑顶部设置挡水围堰和排水沟，避免积水流入基坑。

对于面积较大、结构比较重要部位的基坑施工，安排在旱季施工，抓住时机及时完成验槽和垫层混凝土的浇筑，规避积水对基坑基础承载力的影响。

### 3.4 风浪期施工

由于项目海域风浪期较长，且风浪较大，海上作业的船

舶在风浪期无法安排施工,为此,海内开挖安排在风浪期结束后,一方面考虑施工安全,另一方面减少海浪带来的泥沙回淤影响,合理安排施工时段,在风浪期空档完成开挖、水下管道安装和回填等受风浪影响的工作。

## 4 施工控制要点

### 4.1 开挖施工

开挖接近基底时,预留20 cm保护层,保护原状土不受扰动,以便控制边坡,避免超挖和欠挖。

爆破施工时,要根据地勘资料和现场实际情况,合理设计爆破参数,加强现场实际操作,避免爆破作业对边坡和基坑的破坏。在地下水位以下开挖时,先降水保证地下水降到基坑底面50 cm以下,有利于干地作业,因地制宜地采用布置集水坑抽排或在基坑周边采取井点降水的方式降低地下水位。

在开挖过程中,注意集水井的保护和出水量的观察,当集水井淤积量大或开挖时被破坏,要及时清洗或重新施工。对于开挖边坡,要严格按照设计坡比开挖,避免遗留坡度过陡、倒悬等安全隐患,要及时保护开挖边坡,根据设计要求和现场实际,采取挂网、喷锚支护、防雨布覆盖等防护措施,保证边坡安全<sup>[2]</sup>。

### 4.2 海内基槽开挖

水下基槽开挖前,根据水深图,按确定的方法进行分段、分条、分层开挖。为防止漏挖,分条施工时要采用搭接开挖,搭接重复宽度不小于2 m。

施工时,挖泥司机根据挖泥船上吊斗主吊的深度标尺,控制抓斗的开挖深度。挖泥船移船时,要准确定位,控制移船前进的距离,以免造成漏挖。基槽分段开挖结束后进行分段标高测量,发现浅点或漏挖的地方及时补挖,确保开挖质量。

水下边坡开挖时,施工现场必须根据设计图纸的设计坡比计算边坡宽度,按矩形断面开挖。遇到泥层较厚时,要分层按阶梯断面开挖,使挖槽自然坍塌后接近设计边坡。

开挖完成后,根据水深采用标尺或超声波探测仪检查验收,尽快衔接后续工序,避免海浪冲刷造成的泥沙淤积。

### 4.3 液压劈裂机破碎施工

采用液压劈裂机破碎施工时,劈裂孔位要确保在同一平面内,且孔深要保持一致,间距要均匀分布。劈裂施工时,分裂器的劈裂头完全插入孔中后,方能启动分裂器上的控制阀进行分裂,避免劈裂头上下受力不均而导致劈块断裂。

如果岩石上表层有土层或其他与岩石硬度相差很大的介质,则要将上表层土层或介质清除后再在岩石上布孔。不能在无凌空面的岩体平面中直接进行分裂作业,这样不但劈裂不开岩石,而且很有可能导致劈块断裂。施工前联系厂家技术人员进行指导,培训专门的操作人员,在保证施工进度的前提下规范设备的实际操作,延长设备的使用寿命。

### 4.4 膨胀剂静态爆破施工

膨胀剂要贮存于干燥处,避免受潮、变质、失效。膨胀剂要随配随用,配制后立即装入干净的炮孔,并在10分钟内使用完毕,垂直孔可直接灌入。对于水平孔或斜孔,可用干稠的膨胀剂胶泥搓条塞入,或用炮棍送入孔中并捣实,装药需填满炮孔。如果遇炮孔中有水,可将静态膨胀剂装入塑料袋进行保护。孔壁过干时,要适当洒水湿润孔壁,以保证水化反应。

在施工前根据膨胀剂的厂家说明,选择对应参数,选取具有代表性的工作部位进行操作性试验,验证并选择最终的使用配比。操作过程中,操作人员按规定佩戴安全防护用具,在施工区域周边布置安全警示带,确保施工安全。

### 4.5 雨季施工

对于无法避开雨季进行的开挖施工,提前做好雨季施工措施和应急预案,组织逐级交底,确保施工安全和施工质量。雨季施工时注意天气变化和及时收集天气预报信息,提前做好防范措施。做好雨季施工的物资、设施的准备工作,大雨过后做好现场检查,减少雨后损失。

开挖前要在工作区域四周做好挡水堰、排水沟等截水排水设施,防止地表水流入基坑内或大量渗入坑边土体影响边坡的稳定。提前备好水泵等排水设备,从上到下分层分段依次开挖,做好集水井等抽排系统,下雨时及时排除落雨,防止雨水浸泡。及时对开挖边坡进行清理,排除浮渣和松散体,清理完成后采用防雨布进行整体覆盖,减轻降雨对边坡的影响。雨季施工期间,加强对基坑边坡的巡查,确保边坡稳定,防止滑坡及塌方事故。

施工完成后要迅速协调组织好验收等工作时间,及时进行混凝土施工,减少土层暴露时间。

## 5 结语

文章结合北苏三火电项目开挖施工项目较多、地质条件复杂、受制约情况较为突出的特点,分析不同部位、不同时段需要采取的不同开挖施工方式,分析各种开挖方式的重要注意事项,归纳总结重大影响因素的处理方案。只有因地制宜将各种开挖方式的优点有机结合在一起,才能最大限度缩短工期、节约成本。文章基于印尼北苏三项目的特殊环境进行的探析,多有不足之处,以期类似项目的建设提供借鉴。

## 参考文献

- [1] 刘昊.浅析某火电站土建施工方案[J].科技风,2013(23):130.
- [2] 王刚.火电厂地下管网模块化整区域开挖施工技术[J].工业B,2015(29):272-273.