

孟加拉某油气双循环电站岩土工程问题研究

汪凌

江苏省地质工程勘察院有限公司, 江苏 南京 211102

DOI:10.61369/ETQM.2026020035

摘 要 : 孟加拉某油气双循环电站位于孟加拉中部 Narayanganj 区的 Meghna 河北岸, 地区为冲积平原地貌, 场区主要地质条件为全新统、更新统冲积的吹填土、粉土质砂、低液限黏土, 项目勘察设计执行美国 AASHTO[1]、ASTM[2] 标准以及孟加拉 BNBC[3] 标准, 勘察过程中采用了钻探、标准贯入试验、静力触探试验、平板载荷试验、波速测试、电阻率测试、热阻测试、室内试验等多种综合勘察手段, 对场区范围的各种复杂岩土工程问题进行分析研究, 总结出了一套较完善的勘察经验, 为我国“一带一路”项目实施积累了宝贵经验。

关 键 词 : 一带一路项目; 岩土工程; 国外标准

Research on Geotechnical Engineering Problems of An Oil-Steam Dual Cycle Power Station in Bangladesh

Wang Ling

Geo-engineering Investigation Institute of Jiangsu Province , Co., Ltd . Nanjing, Jiangsu 211102

Abstract : In the process of hydropower station survey, the permeability coefficient of the rock mass within the scope of the dam foundation is an important basis for the anti-seepage design of the dam foundation. What kind of survey means a survey engineer can use to obtain the accurate permeability coefficient of the rock mass is a problem that needs to be solved in the process of hydropower station survey. This paper introduces a water pressure device for measuring the permeability coefficient of rock mass[1]. This device has been awarded the China utility model invention patent. Through the application of the device in a hydropower survey in Africa, the data analysis of water pressure tests can be studied. Thus, sum up a complete set of practical experience and accumulate valuable experience for the development of similar projects.

Keywords : Belt and Road Initiative projects; geotechnical engineering; foreign standards

引言

孟加拉国是南亚地区人口最密集的国家之一, 电力能源极其匮乏。该油气双循环电站是中孟友谊的见证和“一带一路”建设的新标杆工程。项目建成将很大程度缓解孟加拉达卡周边地区用电紧张问题, 对拉动当地经济、改善民生产生、增加就业起到积极作用, 为孟加拉国社会经济的发展提供重要的电力能源保障。

孟加拉国位于南亚次大陆东北部的恒河和布拉马普特拉河冲积而成的三角洲上^[4], 场区地势低洼, 雨季时原始地面会被洪水淹没, 施工前对场地进行了5m左右的吹填, 下覆岩土种类较多, 结较复杂, 勘察设计执行美国标准。本文介绍了通过多种勘察手段, 对岩土工程进行分析研究, 总结了很多关键参数选取, 给类似项目实施积累了宝贵经验。

一、工程概况

拟建的电站位于孟加拉中部 Narayanganj 区的梅克纳河北岸, 现场平坦开阔。工程区南侧为梅克纳河, 东侧为玛格丽特二期项目, 西侧为回填空地, 北侧为进场主道路。拟建的取水渠道位于场地南部, 接入梅克纳河。该电站为燃油、燃气双循环,

装机容量588.31MW。

主要建筑物包括: 燃气轮机和蒸汽轮机大厅、制氢和储氢建筑、电气和中央控制大楼、机械通风冷却塔、车间及仓库、取水口等。

勘察执行美国 AASHTO 标准, 试验执行美国 ASTM, 抗震参数则依据孟加拉规范 BNBC 标准。

作者简介: 汪凌 (1978-), 女, 江西修水人, 工程师, 研究方向: 岩土工程勘察工作。

二、勘察方法简介

根据本工程特点，本次勘察主要采用钻探、原位测试、物探及室内试验。其中原位测试采用了三桥静力触探（CPTU）、标准贯入试验（SPT）、平板载荷试验；物探则采用了电阻率测试、热阻率测试、波速测试，室内试验，则主要为土的常规物理力学性质、三轴试验 UU、无侧限抗压强度、CBR 试验以及水、土腐蚀性试验。

（一）勘察工作量布置

本次勘察钻探按建筑物边线、建筑物角点布设，共布置钻孔 36 孔，静力触探 9 孔，电阻率 11 处，热阻率 8 组，波速测试 5 孔，平板载荷 4 点，取样 550 组。详见表 1。

表 1 完成勘察工作量表
Table 1 Complete the survey work scale

	工作量	项目	工作量
钻探	36 孔 / 1734.5m	土的物理力学试验	187 组
探坑	4 孔 / 8m	颗粒分析	479 组
静探（CPTU）	9 孔 / 372.78m	固结	185 组
标准贯入试验	1386 次	固结快剪	157 组
平板载荷	4 处	CBR	4 组
波速测试	5 孔 / 150m	三轴 UU	10 组
电阻率	11 处	无侧限抗压强度	15 组
热阻率	8 处	水质侵蚀性分析	3 组
杂散电流	3 处	土质侵蚀性分析	15 组

（二）钻探及取样

钻探操作 ASTM D2113 为主要依据，本次勘察采用钻机型号为中国生产的 GXY-1A 型岩芯钻机进行钻探，采用回转取芯，采用优质黏土粉制作泥浆护壁、冲洗液，采用合金钻头，单管岩芯管，钻孔开孔直径 127mm，终孔直径 110mm，岩芯管长度不超 3m，回次进次不超 2m，保证合格的岩芯采取率。钻探记录执行 ASTM D5434，岩土描述执行 ASTM DD2487。

取样依据 ASTM D1587，取土器应符合规范要求，所取样品及时密封，防止湿度变化，严防暴晒。贮存和运输样品执行 ASTM D4220，做好包装，避免扰动，并尽快送往实验室进行试验。采取土样数量和质量需满足室内试验的要求。

（三）原位测试

1. 静力触探执行 ASTM D5778，采用三桥静探仪通过内部装有传感器的触探头匀速压入土中，试验探头都需要经过率定，且在有效期限时间以内，每 10cm 记录并存储一次读数，试验成果解释结合钻探孔资料和经验进行，土层主要依照曲线形态的分布划分和定名。

2. 标准贯入试验执行 ASTM D1586 要求。测试前先清除孔底残土，标贯器应降至钻孔底部，再加上锤装置。使 63.5kg 的穿心锤从 76cm 处自由下落，将标贯器贯入至 15cm 深度，并记录击打次数 N_0 。再以相同的方式打入 2 个 15cm，记录每次 (N_0) 锤击数，如果总的锤击数达到 100 击，则可提前结束 ($N=100$)。后 30cm 的总锤击数即为土层的贯入阻力 ($N=N_0+N_1+N_2$)。

3. 平板载荷试验执行 ASTM D1194 要求，采用堆载法，由工字钢搭成堆载平台，上面均匀放置混凝土预制块，构成加载反力系统。加载采用手动千斤顶，浅层平板的变形，通过对称布置的承压板脚点上的百分比表读取数据。

（四）物探

1. 波速测试采用单孔法测试，试验点间距 1.0m，现场测试采用地面激发点固定，井中不同深度逐点接收的 S 波检层法，先将三分量检波器放置井底再由深至浅逐点进行测试。波形记录采用电脑自动采集，场地评价依据《孟加拉国国家建筑法规》BNBC2006。

2. 土壤电阻率勘测依据 ASTM G57，采用 Wenner 四极电测深法，现场装置示意图见图 1。图中 A、B 为供电电极，M、N 为测量电极，它们都对称于装置中心点 O。记录点和装置的中心点重合。根据具体工作的要求，本次测量采用四极等距法，即每个电极之间的距离是相同的。设计供电电极距 $AB/2$ 及相应测量电极 $MN/2$ 的变化序列，每改变一次供电电极距 $AB/2$ ，测量一次电极间电位差 Δ_{UMN} 及供电电流 I，计算相应的视电阻率值 ρ_s ，绘制出电测深曲线。

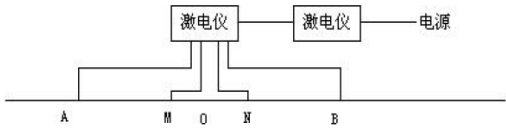


图 1 电阻率现场装置示意图

3. 杂散电流勘测采用常规十字布极法，现场装置示意图见图 2。图中 a、b、c、d 为测量电极， m_V 为测量仪器，d-b（西 - 东）和 a-c（北 - 南）之间的距离各为 30 米。

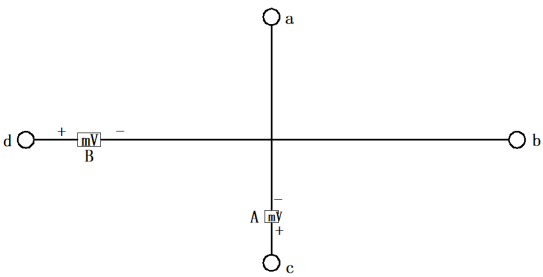


图 2 杂散电流实验现场装置示意图

（五）室内试验

各试验项目操作按照 ASTM 标准执行，各试验项目执行的标准见表 2。同时要求所有开样有详细记录，及时分析，数据正确，并及时反馈信息。

表 2 试验项目对应的执行标准
Table 1 The execution standard corresponding to the test item

试验项目	执行标准	试验项目	执行标准
含水量	D 2216	剪切	D3080
液塑限	D 4318	固结	D6528
比重	D854	固结快剪	D 2435
密度	D7563	三轴 UU	D 2850
无侧限抗压强度	D 2166	颗粒分析	D421/D422/D7928
CBR 试验	D 1883	水质分析	D1293/D512/D516/D513
渗透试验	D7100	易溶盐	D4972 / AASHTO T 291 / C1580

三、场地地质条件

（一）地形地貌

项目位于孟加拉中部的梅克纳河北岸，现场平坦开阔。拟建场地地貌为河流冲积平原，后经过人为冲填整平，地势较为平坦，植被稀少，拟建区南侧为河流。拟建的取水渠道位于场地南部，接入梅克纳河。

（二）岩土工程地质条件

据岩土岩性、结构、成因类型、埋藏分布特征及其物理力学性质指标的异同性，可将勘察深度范围内岩土体划分为3个主层，10个亚层。各层工程地质特征分述如下：

层号	地层名称	特征描述	分布状况	厚度 (m) 平均值	标贯实 测击数
①	冲填土	灰褐色，微湿－微湿，松散－中等致密，充填物主要为粉砂。	普遍分布	4.50	6.62
② ₁	粉土	深灰色，松散、饱和	普遍分布	3.64	8.05
② ₁₁	高塑性粘土	深灰色，柔软～中等硬度	不均匀分布	1.17	7.82
② ₂	粉土	深灰色，中等密度，饱和	普遍分布	7.85	20.30
② ₂₁	粉土	深灰色，中等致密～致密，饱和	普遍分布	3.68	32.00
② ₃	粉土	深灰色，中等密度，饱和	不均匀分布	5.32	33.90
② ₃₁	粉土	深灰色，密实，饱和	局部分布，呈透镜体状	2.75	51.62
③ ₁	高塑性粘土	灰绿色、深灰色，软硬	不均匀分布	2.98	15.37
③ ₂	高塑性粘土	棕黄色，硬塑，干强度中等	未完全揭露	2.29	36.21
③ ₃	粉土	棕黄色，饱和，中等密度	普遍分布	2.40	74.48

（三）水文地质条件

根据地下水赋存、埋藏条件，本次勘察揭示的地下水类型主要为孔隙潜水。

工程区位于冲积平原上。含水层多为粉土质砂层，浅层地下水类型为孔隙潜水，局部有上层滞水。地下水主要受大气降水和地表径流补给，季节性变化、潮汐影响较明显，河水、地下水二者互补关系较密切。雨季时地下水位达到最高；旱季时地下水位

下降。

地下水主要受大气降水和地表水的入渗补给，排泄方式以蒸发、地下径流为主。

（四）场地与地基的地震效应

由于孟加拉国位于东北部移动的印度板块与欧亚大陆板块的碰撞交界处，所以孟加拉国会遭受中强度地震的影响。7.0级以上的历史强震已经影响了孟加拉国部分区域在近150年内的发展，甚至这些历史强震中，有些震中就是孟加拉国。

本项目位于孟加拉纳拉杨甘杰市，按当地区域资料显示，场区属于地震区2，地震区系数为0.15。

四、岩土分析和参数选择

（一）地基评价

1.地基均匀性评价

根据勘探揭示，各建筑物所在地段场地工程地质条件，结合拟采用基础形式，基底标高及主要受力层面起伏度，拟建建筑物基础底板以下地基土层高差较大，整体属于不均匀地基。

2.地基稳定性评价

根据勘探揭示地层分布情况，结合场地地形，综合各建筑物所处地段，本工程未发现影响地基稳定性的采空区、土洞、高坡体等不良地质作用。由于场地内以分布较稳定的软弱土～中软土为主，结合本工程荷载情况，采用桩基础，确保入持力层深度情况下，本工程整体地基稳定性较好。

（二）基础形式选择

对于单层小荷载且变化要求不高的建筑物，可以采用浅基础，基础持力层置于①层填土上；

对于厂区内大多数建筑，建议采用桩基础，建筑物基础底板以下地基土层高差不大，均匀性一般，同一构筑物持力层尽可能放置在同一层上，场地内持力层根据上部荷载情况，可选择②₂、②₃和③₃层以下的土层。

（三）浅基础承载力计算

1.依据现场标贯击数，采用 Meyerhof(1956,1974)发表的按25mm 沉降的标准，计算容许承载力。本次场地内对于浅基础的承载力计算为了便于比较，选取平板载荷试验点位附近钻孔运用钻孔数据进行计算比较。

孔号	深度（m）	宽度（m）	净容许承载力（kPa）				
		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
SK17	1.00	168.58	168.58	168.58	168.58	168.58	
	2.00	210.41	210.41	210.41	210.41	210.41	
	3.00	252.23	252.23	252.23	252.23	252.23	
	4.00	294.06	294.06	294.06	294.06	294.06	
	5.00	335.89	335.89	335.89	335.89	335.89	

2.浅层地基承载力的计算是根据 Terzaghi理论进行的。计算结果如下表所示：

层号	深度 (m)	宽度 (m)	净容许承载力 (kPa)				
			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
①	1.00		65	87	110	132	155
	2.00		103	126	148	171	193

①	3.00	142	164	187	209	232
	4.00	181	203	226	248	270
	5.00	219	242	264	287	309

（四）桩基础参数计算

1.《AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS》
(2014版)估算 D=0.5m 桩径钻孔灌注桩成果。

孔号	桩长 (m)	类型	侧阻力 Rs (kN)	端阻力 Rp (kN)	RR (kN)
SK01	19.5	泥浆护壁钻 (冲) 孔桩	423.13	199.06	622.19
SK01	30.5	泥浆护壁钻 (冲) 孔桩	828.94	135.22	964.16
SK20	20	泥浆护壁钻 (冲) 孔桩	562.98	211.96	778.94

2.根据 AASHTO LRFD 桥梁设计规范（2014 年版），估计
桩直径 D = 0.45 m，预制方桩，计算结果。

孔号	桩长 20(m)		桩长 30(m)			
	侧阻 力 Rs (kN)	端阻 力 Rp (kN)	侧阻 力 Rs (kN)	端阻 力 Rp (kN)	侧阻 力 Rs (kN)	端阻力 Rp (kN)
SK1	1282.9	149.1	501.2	1878.9	1341.9	1127.3
SK2	1321.9	461.9	624.4	2245.2	2078.8	1513.4
SK3	1432.5	1778.8	1124	2314.5	1744.4	1420.6

五、结论

拟建场地为相对稳定区，适宜本工程建设；
环境水土的试验结果，具体腐蚀性防护措施应根据当地经验
确定。
根据场地的土层条件和工程的特点，拟建厂区桩型可采用摩
擦桩，根据上部荷载要求合理确定有效桩长及桩径，并将桩尖置
于②3密实粉土质砂层中一定深度。
场地浅层以松散砂土为主，考虑到动力设备（如 汽轮机房）震
动时对地基土的影响，建议对浅部地基土进行密实或加固处理。

参考文献

[1] AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS (2012)[S]. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2014.
[2] 美国 ASTM 标准编写组 .[P]. 美国加州大学
[3] BANGLADESH NATIONAL BUILDING CODE 2006 [S].
[4] Meyerhof GG.1956. Penetration tests and bearing capacity of cohesionless soils, Proceedings ASCE 82(1):1–19.
[5] 太沙基 .理论土力学 [M]. 徐志英译 .北京 :地质出版社 ,1960.
[6] 何险高 ,刘清 ,赵志伟 ,汪凌 .不同国家标准体系下灌注桩承载力计算与研究 [J].浙江建筑 ,2021,38(3),37–39.