

菲律宾 Odiongan 二、三级水电站工程地质勘察

郑汉淮

(国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司, 四川 成都 610072)

摘要: 简要地介绍了 Odiongan 二、三级电站建筑区基本工程地质条件、场地地震危险性分析方法和闸址、隧洞存在的主要工程地质问题, 为电站设计提供了可靠的地质依据。

关键词: Odiongan 水电站; 地震危险性; 闸址; 隧洞; 工程地质; 勘察

中图分类号: TB16

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(1999)03-0028-03

1 引言

拟建的 Odiongan 二、三级水电站位于菲律宾第二大岛——棉兰老岛北部 Gingoog 市境内的 Odiongan 河上, 该河全长 43.5 km, 总体流向由南向北, 在 Gingoog 市东侧流入海中, 全河共规划为四个梯级电站。受菲律宾 Odiongan 董事会委托, 成都院于 1997 年完成了 Odiongan 二、三级水电站可行性研究阶段的勘测设计工作(相当于国内初步设计阶段)。两电站均为低闸引水式开发, 闸高 15~20 m, 装机容量均为 10MW。

笔者根据 Odiongan 二、三级水电站可行性研究阶段勘探试验成果, 结合有关区域地质资料分析, 重点介绍了场地地震危险性分析方法及闸址、引水

隧洞存在的主要工程地质问题。

2 建筑区工程地质条件

Odiongan 河位于棉兰老岛上两大地貌单元分界线附近, 河流东侧为棉兰老中部褶皱山脉隆起带, 其最高点为海拔高程 2954 m 的阿波火山; 西侧为第四系火山喷发形成的兰老——武基伦高原, 海拔高程 600~700 m。区内总体地貌特征为南高北低, 河谷深切, 相对高差 200~500 m。

在区域构造环境中(见图 1), 建筑区位于 Philippin 断层与 Mindanao 线性构造挟持的地块上, 据地表地质调查, 建筑区内未见大的断层通过, 而且建筑区地层形成时代较新, 节理裂隙不发育。建筑区出露的地层可分为三个岩组:

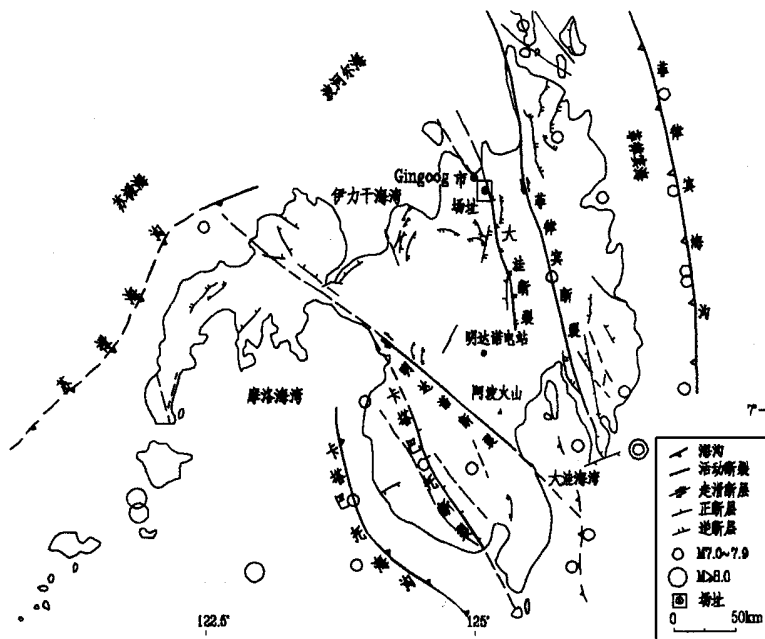


图 1 区域地震构造图

(1) 第四系冲积层: 主要分布于现今谷底, 一般厚 10~ 15 m, 由结构单一的漂卵石夹少量砂砾石组成。漂卵石粒径一般为 10~ 40 cm, 成份以坚硬的玄武岩、安山岩为主, 砂岩和火山碎屑岩次之。

(2) 第四系马布亚(M am buaya) 组火山碎屑岩, 分布于 Odiongan 河左岸, 与下伏依波安(I ponan) 组沉积岩呈不整合接触, 岩性以凝灰质火山角砾集块岩为主, 角砾集块成份多为玄武岩和安山岩, 胶结物为火山灰及火山碎屑, 固结成岩较差。靠近谷坡顶部零星分布有安山岩及玄武岩。

(3) 第三系依波安(I ponan) 组砂岩: 主要分布于 Odiongan 河右岸, 岩性以巨厚层砂岩和含砾砂岩为主, 夹少量薄层粉砂岩。

3 建筑区主要工程地质问题

3.1 场地地震危险性评价

研究区无地震烈度区划成果。为确定场址的地震基本烈度和地震动参数, 根据区域地震构造特征及历史地震记录, 采用确定性方法对场址地震危险性进行了分析预测。

3.1.1 区域地震构造特征

菲律宾群岛形成于 5 000 万年前, 是由火山喷发的欧亚板块与太平洋板块以及菲律宾板块碰撞形成的, 至今仍处于非常活跃的地质构造环境之中。棉兰老岛上断裂的现代活动性与棉兰老岛周围的板块运动和构造块体的运动密切相关, 棉兰老海域东部的菲律宾海沟, 西部海域的苏禄海沟和西南海域的哥达巴都海沟均为著名的活动地震构造带。上述海沟与工程区外围的 Philippin 断层等构成了 Odiongan 二、三级水电站地震危险性的主要来源。

菲律宾海沟: 位于工程区东侧, 距工程区约 190 km, 为菲律宾板块与欧亚板块之间的分界线, 全长约 1 600 km, 现代活动性较强, 其上强震频繁, 历史上曾多次发生 7 级以上地震, 如 1897 年 10 月 18 日, 在萨马岛曾发生 8.1 级地震。

哥达巴都海沟: 位于工程区西北侧, 距工程区约 260 km。为现代活动构造带, 南段 1976 年 8 月 16 日曾发生 8.0 级地震, 北段 1928 年 3 月 2 日, 曾发生 7.2 级地震。

苏禄海沟: 距场址最近距离约 230 km, 现代活动性相对不明显, 仅在北段与明达诺断裂交汇处于 1942 年 10 月 20 日发生 7.3 级地震。

大洼线性构造: 位于场址东侧, 距场址 5~ 10 km, 为一东盘上升的逆断层, 长约 150 km, 新活动

性不明显。

菲律宾断层: 位于场址东侧, 距场址最近距离约 42~ 44 km 全长 1 200 km, 主干断裂面近直立, 为一大型左旋走滑活动断裂, 自第三纪以来一直处于活动状态, 沿断裂带多次发生 7 级地震。

3.1.2 地震危险性预测

3.1.2.1 潜在地震危险性估计

从工程区外围地震构造特征和历史地震记录分析, 工程区 10 km 范围内无 5 级和 5 级以上地震分布; 工程区外围 30 km 范围内, 仅 1871 年发生过一次 6 级地震, 震中距场址为 28 km; 工程区东侧的菲律宾断层历史上曾多次发生 7 级以上地震, 无 8 级地震记载, 综合分析该断层未来发生地震震级确定为 7.5 级。

综上所述, 工程区未来使用期限内可能遭遇的地震见表 1。

表 1 Odiongan 二、三级水电站潜在地震危险性估计表

潜在震源的震级上限 /级	震源距工程区的最近距离 /km
5	10
6	28
7.5	42

3.1.2.2 场地地震基本烈度和地震峰值加速度预测

根据上述潜在地震危险性估计及其与工程区之间的距离, 利用霍俊荣、Compell 等发表的经验关系式, 结合当地实际震例, 对工程区地震基本烈度及地震峰值加速度进行了预测, 结果见表 2、表 3。

表 2 各种经验关系式预测的场址地震影响烈度结果表

$M = 5$ 级 $D = 10$ km	$M = 6$ 级 $D = 28$ km	$M = 7.5$ 级 $D = 42$ km
5.4	5.8	7.0
5.4	6.5	8.5
6.0	6.7	8.4
5.7	6.1	7.8
6.1	6.6	8.3
5.7	6.1	7.8
6.1	6.7	8.4
5.6	6.1	7.8
综合	VIII	

注: M — 潜在震源震级上限; D — 潜在震源与工程场址之间的距离。

表 3 各种经验关系式预测的地震峰值加速度结果表 /g

$M = 5$ 级 $D = 10$ km	$M = 6$ 级 $D = 28$ km	$M = 7.5$ 级 $D = 42$ km
0.16	0.13	0.25
0.10	0.12	0.26
0.12	0.10	0.20
0.09	0.09	0.26
综合	0.26	

注: M — 潜在震源震级上限; D — 潜在震源与工程场址之间的距离。

通过分析, 确定在电站使用期限内可能发生的地震影响烈度为 VIII 度, 基岩峰值加速度为 0.26 g。

3.2 闸址区工程地质评价

Odiongán 二、三级水电站闸址河床覆盖层厚 6.5~18 m, 下伏基岩分别为第四系火山碎屑岩和第三系砂岩。闸址区地形完整开阔, 无滑坡、泥石流等不良地质现象, 均具备建闸条件。

两闸址设计闸高 10~15 m, 基础直接置于河流冲积层上, 属软基建闸。闸基冲积层由结构单一的漂卵石组成, 漂卵石成份以坚硬的玄武岩、安山岩为主, 粒径一般 10~40 cm, 能满足承载及变形要求, 下伏基岩完整性较好, 透水性低, 压水试验成果表明透水率为 5~8 Lu, 可视为相对抗水层。

闸区主要工程地质问题是闸基漂卵石层透水性强, 渗透系数 $k = 3.55 \times 10^{-1} \sim 7.41 \times 10^{-2}$ cm/s, 建闸蓄水后易产生渗漏及管涌破坏, 需设置防渗工程措施。此外, 闸基覆盖层结构松散, 需采取相应的防冲工程措施。

3.3 引水隧洞工程地质评价

Odiongán 二级电站引水隧洞布置在右岸山体内, 洞长 4138 m; 三级电站引水隧洞布置在左岸山体内, 洞长 3300 m。设计均为圆形有压隧洞, 内径分别为 3.0 m、3.2 m。

二级电站隧洞围岩主要为第三系 Iponan 组巨厚层砂岩、含砾砂岩夹少量粉砂岩组成; 三级电站隧洞围岩为第四系 Mambuya 组火山碎屑岩夹少量凝灰岩组成。两电站引水隧洞布置区均未见大的断层通过, 岩体完整性较好, 透水性差, 地下水活动轻微。

3.3.1 砂岩、含砾砂岩遇水软化问题

(上接第 27 页)

在一定差异, 实际开挖时出现的破坏是轻微的。导致这种差异的原因可能与计算未考虑开挖的时间过程有极大关系。

(3) 高地应力对拱座抗滑稳定是有利的, 因此设计中如不计入地应力因素, 将可能导致偏于保守的结果。

(4) 根据计算分析得到二滩左岸坝肩岩体的工

二级电站隧洞围岩主要为第三系 Iponan 组巨厚层砂岩、含砾砂岩夹少量粉砂岩组成, 岩体多呈厚~巨厚层状, 节理裂隙不发育, 成洞条件较好。但是, 砂岩、含砾砂岩为泥质胶结, 干湿抗压强度差别大, 干抗压强度平均为 45.1 MPa, 湿抗压强度仅为 22.2 MPa, 表明岩石遇水易软化, 因此, 施工开挖后应尽快封闭开挖面, 以免岩石吸水强度降低, 影响围岩稳定。

3.3.2 火山碎屑岩及凝灰岩成洞问题

火山碎屑岩形成时代新, 岩石固结成岩差, 抗压强度低, 仅 4.6 MPa, 但是, 岩体受构造影响轻微, 完整性好, 而且隧洞埋深不大, 上覆自重应力较小, 经分析具备成洞条件。火山碎屑岩中的凝灰岩夹层胶结程度低, 多呈散体状, 施工开挖后应及时支护。

4 结束语

通过现场地质调查及勘探试验工作, 基本查明了建筑区工程地质条件及存在的主要工程地质问题, 为 Odiongán 水电站的可行性设计提供了可靠的地质依据。Odiongán 水电站的可行性勘察设计报告已提交菲律宾 Odiongán 电站董事会, 目前正在进行施工立项准备工作。

作者简介:

郑汉淮, 男, 国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司地质二处副处长, 高级工程师, 学士

作状态, 及时蓄水将有利于坝基岩体的稳定。

(5) 子结构凝聚法只对设计中需要的、至关重要的少量特殊部位进行非线性有限元分析, 即能节省工时和经费, 又能满足实际需要, 具有一定的推广应用价值。

作者简介:

袁志君, 男, 国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司项目总工程师, 高级工程师, 硕士

1999 年我国大中型水电机组投产将首次超过 500 万 kW

截止 1998 年底, 我国水电机组装机容量已突破 6400 万 kW。据 1999 年我国大中型水电机组投产规模初步确定, 计划为 24 台 531.4 万 kW。至 1999 年底, 将有二滩、李家峡、凌津滩、天荒坪、广蓄二期、天生桥一级、高坝洲、响洪甸、小浪

底、万家寨、大源渡、江垭等 12 座水电站的 24 台机组共计 531.4 万 kW 投产发电, 将首次实现大中型水电机组年投产超过 500 万 kW。

本刊记者 李燕辉