文章编号: 1004—5716(2001)增刊(021)—60—03　　中图分类号: TV 470+. 1　文献标识码: B

喀斯特地区工程地质勘察的主要方法

顾秋英
(广东省电力设计研究院勘测部, 广东 广州 510600)

摘　要: 广东电厂是在复杂的喀斯特溶洞发育地区具有代表性的工程地质勘察工作。在地表工程地质测绘的基础上, 以经济有效的工程物探方法为手段系统地扫面及以钻探工程进行直接的揭露和取样测试分析。查明影响场区工程地质条件的岩土层的工程地质结构及空间分布; 查明场区内五条主要断裂构造的产状、规模, 空间定位、影响范围; 对场区内的主要溶洞构造的空间分布规律、规模大小及产状形态进行了准确的定位, 为电厂基础形式的选择提供了可靠的依据。

关键词: 工程地质; 工程物探; 喀斯特; 塌陷; 勘察

1　工程概况

广东某电厂的工程地质勘察及岩土工程地质勘察经历了较长的时间, 勘察工作于 2003 年 11 月 25 日结束, 目前正处于土建施工阶段, 共完成钻孔 109 个、6 个孔 128 个物理点的测井(PS)、6 条测线 140 个物理点高精度电测深(GDS)及扫面工作。

2　基本工程地质条件

广东某电厂场地的地层结构可分为上部第四系覆盖土层(人工填土及残积红粘土)和下伏基岩(中上石炭统壶天群灰岩、白云质灰岩等)两大层。

从上往下可分为 8 个不同的岩土层位, 各层工程地质特征简述如下:

① 人工填土, 主要由红粘土或碎(砾)石、块石回填而成, 呈松散~稍密状。分布于原沟谷区部位的表层, 按回填料的不同分二个亚层:

①-1　回填砾石、碎石层, 灰黑色为主, 砾石成分主要由石英砂混约 35% 的灰岩、石英砂岩卵石组成, 厚度 0.30~4.20m, 呈稍密~中密状;

①-2　素填土层, 棕红色, 主要成分红粘土, 局部夹灰岩大块石, 呈湿~稍湿, 稍密~中密, 局部松散状, 厚度一般 2.30~11.00m。最厚达 13.50m, 标贯一般 N = 3~21 击。

②　残积红粘土: 以褐红, 棕红色为主, 夹灰黄, 浅灰色等, 混角砾及碎岩块, 局部表现为粘土或粉质粘土, 偶夹蚀余孤石, 厚度随基岩面起伏变化很大(最大 18.40m)土洞发育。该层的主要物理指标为液限 48.0%~53.2%, 自由膨胀率 49.5%~57.6%, 呈上硬下软特征, 符合红粘土的基本特性, 按其不同的塑性状态分以下三个亚层:

②-1　硬塑层, 稍湿, 硬塑, 部分坚硬状, 混多量灰岩角砾及碎石, 主要分布于近地表处, 厚度 0.30~15.50m, 部分钻孔中缺失此层, 标贯一般 N = 11~25 击。

②-2　可塑层, 湿, 可塑, 局部为可塑~硬塑的过渡状, 厚度 0.40~5.70m, 部分钻孔缺失。该层平面分布上连续性较差, 一般分布于基岩埋藏较浅的岩面上部或夹于硬塑层之间。标贯击数一般 N = 5~9 击, 含角砾较高时 N > 10 击。

②-3　软塑层, 很湿, 软塑, 局部呈流塑状, 多分布于基岩埋藏较深的岩面凹槽或溶蚀沟底处。该层平面分布上连续性差, 仅有少数钻孔揭露, 厚度 0.30~6.90m, 标贯 N = 1~4 击, 局部角砾含量较高时 N > 4 击。

③ 基岩, 场地下伏基岩主要为中上石炭统壶天群。沉积的厚层状白云质灰岩, 局部夹石英砂岩, 勘测结果表明场地内基岩面起伏变化大, 喀斯特溶洞、溶沟及溶线构造发育。部分石笋、石芽、岩墙出露地表, 可见岩石陡立, 并呈犬牙交错状分布。

由于受通过厂区的 F_1 及 F_2 断裂构造的影响(其中 F_1 张性特征较为明显)走向 NNE, 在厂区的西侧通过, 断裂两侧的灰岩强烈破碎, 表现为断层角砾岩, 构造角砾发育。断层角砾岩被后期的方解石脉充填、胶结。基岩中 NE20°, 45° 及 70° 三组张节理发育, 部分节理面还可见到擦痕。按基岩的风化程度及破碎状态分为下述三个亚层:

③-1　强风化白云质灰岩, 浅黄~灰褐色, 岩芯呈半岩半土状或似土状, 岩质疏松, 厚度 0.30~2.70m, 在厂区内零散分布, 连续性差, 主要分布于基岩表层或夹于微风化白云质灰岩中。

③-2　中等风化白云质灰岩, 浅灰~灰黑色, 局部棕红色, 隐晶~红晶质结构, 节理裂隙发育, 厚度 0.30~6.10m。局部夹石英砂岩, 岩芯呈破碎岩块为主, 长 5~10cm, 岩质坚硬, 但溶洞发育。主要分布于基岩的表层或夹于微风化白云质灰岩间, 连续性差。

③-3　微风化白云质灰岩, 浅灰色为主, 局部呈灰黑色, 棕红色, 隐晶~细晶质结构, 岩芯呈柱状为主, 岩质致密坚硬, 节理裂隙较发育。基岩面分布的标高变化大, 从 162.63~181.92m。溶洞、溶线及溶沟构造发育。

3　电厂建筑物基础处理的建议

现有勘察资料表明, 场区内素填土层厚薄不一, 上部粘土层的变化大(局部厚度达 8.70m)分布均匀性差, 残积红粘土层具有裂隙性和膨胀性, 稳定性差, 呈硬塑至流塑状态, 力学强度相差甚大。土洞冒顶导致地表塌陷的现象时有发生。下部灰岩的基岩面起伏大, 喀斯特溶洞数量多, 分布范围广, 直接影响着电厂的拟建筑物的地基基础的稳定性断, 裂破碎带构造发育, 增加了电厂的工程地质条件更加复杂性。如采用天然地基, 应注意地基土的不均匀沉降问题和基础的稳定性问题。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

为此, 建议在主厂房地段(包括变压器部位)等规模较大的主要建(构)筑物采用(钻孔灌注桩或冲孔灌注桩)桩基基础。对利用该土层做天然地基的次要小型建筑物, 建议在基底表面设置砂、砾石垫层, 垫层厚度≥300mm, 并压实至中密以上。整个厂区必须做好场地的疏排水工作, 避免建(构)筑物的地基基础由于水的浸泡而膨缩或软化。

4 几点主要认识及结论

广东某电厂的工程地质勘察过程是在复杂的喀斯特溶洞发育地区工程地质勘察工作, 具有较强的代表性。整个勘察过程可以总结为, 在地表工程地质测绘的基础上, 以经济有效的工程物探方法系统地扫面为手段, 采用钻探以一定的间距, 对设计的主要拟建筑物的基础部位的岩土层的结构进行了直接的揭露和取样测试分析。查明了影响场区工程地质条件的岩土层的空间分布, 工程地质结构构造特点: 查明了影响区内主要工程地质条件的断裂构造、断层破碎带及溶(土)洞构造等因素的产状、规模、形态及空间分布规律。

4 1 地表工程地质测绘是喀斯特地区工程勘察工作的基础

为了经济有效地了解及分析各种地质体的变化规律。在开展此电厂工程地质勘察工作的同时, 根据场区及其附近地表可直接地观察到基岩露头、部分地质构造等一些工程地质要素和地质现象的有利条件, 开展了地表工程地质测绘工作, 对场区及周围的主要基岩露头、断裂构造等工程地质现象进行系统的观察和准确测量, 并将所观测到的各种地质现象按照一定的形式标记在 1/万比例尺的地形图上。

通过工程地质填图工作, 很快地把握了场区基本工程地质构造格架, 取得了场区基本工程地质条件的初步认识, 形成了电厂的地表地质构造及工程地质图。

从图中可看出, 场区及周围地区的地形的起伏较大, 沟壑发育, 岩石较为破碎, 灰岩时而露出地表, 时而隐伏地下。初步判断场区内的地质构造较为复杂, 基岩面起伏较大; 为经济、合理及有效地选择安排后续的工程物探扫面、工程地质钻探方法奠定了基础, 同时为工程物探剖面及工程钻孔的定位等提供了可靠的工程地质依据。

场区的工程地质条件明显地受三条 NNE 的断裂构造的控制, 决定了场地内主溶洞的规模及空间定位。NNE 向(F_1、F_2、F_3)、NNE 向(F_4)及 NW 向(F_5)的发育与空间迭加, 使得区内的工程地质条件变得复杂, 决定了场区的基础工程地质构造格架。断裂两侧的基岩岩石较为破碎, 风化程度显著增高, 岩石的稳定性变差, 地基的天然承载力明显下降。

实践证明, 工程地质测绘是喀斯特地区进行工程地质勘察的重要的方法, 是工程地质勘察工作的基础, 是认识新的勘察地区工程地质条件的经济有效方法之一, 应该引起足够的重视。在一个新区开展地质勘察, 重视地表地质测绘工作, 就能够较为全面地认识和把握工作区的工程地质结构及基本构造轮廓, 分析查明影响工作区工程地质条件的主导工程地质因素。分析研究这些因素的空间展布及相互关系。并由表及里, 从地表的地质现象推断地下深处的工程地质情况, 获得勘察场地内的三维工程地质结构基本轮廓。从而取得场区的第一手地表地质实际资料, 为合理布置后续的勘探工作, 选定取样和现场试验的位置提供依据。

工程地质测绘的本质是应用现有的相关地质学和工程地质学理论知识, 按照一定的要求、规律、间距及方式等对拟勘察场地及其周围地区的相关地质体露头和地质现象进行观察、描述、测量, 并将结果以一定的符号标记在拟勘察场区地形图上, 以便研究探讨各种地质要素和地质现象之间的相互关系, 追索这些要素在空间和时间上的地质变化过程。

4 2 工程地质物探扫面工作是迅速了解场地工程地质结构的有效方法

广东某电厂场区内不同岩土层的埋藏深度各异, 厚度变化不均匀, 影响场地工程地质条件的主要因素断裂构造、破碎带构造及溶洞发育。它们之间及它们与周围的岩石(土)之间均有着较大物性差异。简单的对比分析及同类相似地区的工程地质成果表明, 场地内的不同的岩土层之间的物理性质也各不相同(存在着明显不同的物理性质), 其为工程物探工作的开展奠定了基础条件, 确保在本区开展工程物探工作的有效性。

为快速查明场地内的基岩起伏情况, 深度 40m 内的土洞、溶洞的数量, 规模及空间分布规律; 针对电厂场区内的断裂及破碎带构造发育, 喀斯特溶洞及土洞数量多, 分布不均匀等特点, 选择采用了较为经济有效的高精度电测深(GDS)物探方法进行了 6 条测线 140 个物理点高精度系统的扫面性电测深(GDS)工作及 6 个钻孔 128 个物理点的测井(PS)工作。

通过工作, 查明了影响场区工程地质条件的主导因素的断层、破碎带等构造的产状, 规模及延(深)伸情况, 追索断层破碎带和裂隙密集带; 查明了含水层的分布范围; 在对场区的主要地层的弹性波速度(V_p、V_s)并取得相应的动弹物性参数进行测量。

工程物探成果表明, 场区内基岩面的埋深起伏大, 最深 11.0m, 最浅< 1m。整体上, 基岩面埋深呈南高北低的趋势, 与地表工程地质测绘的结论相符; 场区内的岩溶构造发育, 大小溶洞数以百计。在六条物探测线上明显程度不同的反映, 溶洞顶面大多在现基岩面以下 1.0～3.0m, 溶洞规模以2.0～3.0m 居多。个别地段的溶洞埋深(28.0～32.0m、36.0～38.0m、39.5～44.0m), 溶洞在场区内规律性呈带状分布。

4 3 工程地质钻探是必不可少的主要手段

由于此电厂的工程地质条件较为复杂, 场区内的地基土层分布的不均匀性, 残积红粘土层的厚度随基岩面的起伏变化很大, 表现为上硬下软(从硬塑至可塑、软塑甚至流塑状态)特征, 场地的地基土稳定性差, 局部厚度大, 其累计厚度达 6.9m。

为了直接查明场区内的主要溶洞规模及空间定位; 查明主要拟建构筑物基础部位各岩土层的结构及其厚度变化情况, 在地表工程地质测绘及工程物探系统扫面工作的基础上, 针对场区内的主要断裂构造部位, 主要溶洞构造发育区及主要场房基础部位针对性布设了相当数量, 不同目的的工程地质钻孔, 通过钻探手段达到系统地直接揭露场区工程地质条件的目的。

工程地质钻探及土工试验结果表明, 地基土层的胀缩性明显, 场区残积红粘土层的自由膨胀率 δ_f= 49.5%～57.6%, 属于弱膨胀潜势土, 具有裂隙性和膨胀性, 受含水量制约, 当外来水分富集, 地基土含水量增大时, 土体会产生一定的膨胀及软化, 降低土体的抗剪强度及承载性能, 当土中含水量减少时, 土体会产生

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

文章编号: 1004—5716(2001)增刊(021)—62—02　　中图分类号: TV 223.4　文献标识码: B

钢板桩在长江干堤基础加固防渗工程中的应用

周发云, 赵建萍
(长江岩土工程总公司, 湖北 武汉 430010)

摘　要: 介绍了"U"型钢板桩的施工及应注意的问题。

关键词: 钢板桩; 施工流程; 管理

长江委综合勘测局(长江岩土工程总公司)在长江干堤洪湖燕窝堤段和荆江大堤观音寺(闸)堤段, 选择了日本援助的"U"型钢板桩作为堤基加固、防渗工程的桩型。该桩型在全国堤防上首次使用, 没有现成的规程规范执行, 我们是通过施工后的现场检测及今年洪水的检验, 认为堤基加固防渗效果很好。现将我们在钢板桩施工中, 采用的施工工艺、施工质量控制及其效果介绍如下。

1　工程概况

1.1　工程概述

长江堤防钢板桩防渗工程是根据外经贸部副部长和日本驻华大使, 在北京签署的"中国长江大堤加固计划", 由日本援助14.57亿日元的设备材料, 经中、日两国政府官员和技术专家充分论证后而确定的项目, 该项目包括长江干堤洪湖燕窝堤段和荆江大堤观音寺(闸)堤段两个单位工程。

1.1.1　荆江大提长 182.35km, 是保障江汉平原 1100 万亩耕地、800 多万人口和武汉市、荆州市等大中城市防洪安全的重要屏障。荆江大堤为Ⅰ级堤防。观音寺闸位于荆江大堤桩号 740+750m 处, 上距沙市 15km 靠堤内为涵洞式老闸, 临江为新闸, 系开敞式。

1.1.2　洪湖长江干堤长 133.55km, 它即是长江堤防的一部分, 又是洪湖分蓄洪区围堤的组成部分。由于洪湖分蓄洪区在长江防洪体系中的重要地位和作用, 一方面要求它能适时适量分蓄长江超额洪水, 另一方面在启用洪湖分蓄洪区之前要确保监利、洪湖长江干堤等围堤安全。洪湖长江干堤为Ⅱ级堤防。

1.1.3　荆江大堤观音寺闸堤段和洪湖长江干堤燕窝堤段为长江干流重要险工段, 历史上都曾出现溃口性大险情。此两段堤基表层覆盖层薄, 在汛期高洪水位的作用下, 极易发生因堤基渗透破坏引起的各种险情。荆江大堤和洪湖长江干堤均为长江干流重要堤防, 为确保堤防保护区内广大人民生命财产的安全, 对荆江大堤观音寺闸堤段和洪湖堤段进行整治是非常必要的。

1.2　工程规模

荆江大堤观音寺(闸)堤段, 采用半封闭式防渗墙, 设计钢板桩轴线长 1000m, 桩号 740+250～741+250, 防渗墙距外堤脚 5m 布置, 墙顶高程 35m(黄海), 钢板桩底部插入相对隔水层(粘土层)。防渗墙顶部接边坡 1∶3 的粘土铺盖至高程 40m 处, 与堤坡及堤脚连接。洪湖长江干堤燕窝堤段, 设计钢板桩轴线长 1261m, 钢板桩长度(防渗墙深度)14～20m, 施工面积 20034m^2。配套工程有土方开挖、填筑、砼锁口梁、PVC 复合土工膜等工程。

收缩, 出现张裂缝。土的膨缩性和裂隙性对建筑物的稳定和正常使用均会带来不利影响。

钻孔在钻进基岩面之后普遍出现无回水现象, 说明下伏基岩有良好的导水性, 大部分钻孔在终孔之后出现塌孔现象, 本次钻孔中测得地下水水位埋深为 5.40～12.70m, 为溶洞～裂隙水, 没有统一的地下水位, 说明溶洞间的水力联系较小。厂区浅层地下水的补给水源主要来自大气降水及南侧的水域, 水位呈季节性变化。地下水的水质类型对砼体无腐蚀性。

该电厂的地下岩溶发育, 溶洞总体上呈近东西向带状发育, 其它部位溶洞分布较零散。所施工的钻孔中有 70 个钻孔见溶洞, 共揭示大小洞穴 144 个, 钻孔溶洞见到率高达 64.2%。见洞钻孔中直线岩溶率最大为 46.9%(60 号孔), 最小为 10%(67 号孔), 最大单个洞高 7.25m(36 号孔)。在所揭示洞穴中, 多数溶洞为软塑状红粘土或塌落岩块所充填, 溶洞的充填率约为 60%, 而无充填的则多为直径≤1m 的溶洞。有的溶洞个体虽小, 但呈串珠状密集发育, 具有大溶洞的地质效应, 如 114 号钻孔, 在深度 7.7～14.30m 的岩溶段内, 共发育有 4 个溶洞, 累计洞高达 4.90m。

岩溶集中发育于 165.0m 标高以上, 而 165.0m 以下钻孔深度内只见 8 个溶洞, 钻孔勘测深度内岩溶发育的底界标高为 161.47m。电厂建设过程中曾经常出现塌陷。统计结果表明, 场区内一、二期工程勘察、岩土勘察及基建过程中先后发生的 16 次地表塌陷(其中有两处发生在同一地点塌陷)均为红粘土层的土洞冒顶崩塌所致。

通过与场区内的物探工作成果及地表工程地质测绘工作成果的有机结合。不但查明了场区内 F_1、F_2、F_3、F_4 及 F_5 等五条主要断裂构造的产状、规模, 空间定位、影响范围及地下延伸状况; 对场区内的主要溶洞构造的空间分布规律, 规模大小及产状形态进行了准确的定位; 查明了场区内的岩石及土层的结构, 各层的厚度及平面展布。为基础形式选择提供了较为充分的依据。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net