

· 环境地质 ·

电力工程地质灾害危险性 评估工作研究

胡 钧, 刘小青

(上海华东电力设计岩土工程有限公司, 上海 200002)

摘要: 分析电力工程地质灾害危险性评估工作的现状与发展前景, 研究电力工程地质灾害防治的勘查、设计以及工程实例等。

关键词: 电力工程; 地质灾害; 危险性评估; 防治

中图分类号: P66 **文献标识码:** B **文章编号:** 1005-8524(2002)03-0007-06

The Work Studying about The Geological Calamity Dangerous Assessment of Power Engineering

HU Jun, LIU Xiao-qing

(East China Electric Power Design Institute, Shanghai 200002 China)

Abstract: This paper presents the present situation, existent problem and long-term potential of fatalness assessment on geological disaster for power engineering. The specification, classification and technical methods of prevention and cure of geological disaster for power engineering are discussed.

Key words: power engineering; geological disaster; dangerous assessment; prevention and cure

我国是地质灾害种类繁多、灾情严重、分布面积广的国家。

1999 年 2 月国土资源部发布了《地质灾害防治管理办法》, 旨在为了预防和治理地质灾害, 减轻地质灾害造成的损失, 维护人民生命和财产安全。该办法第十五条规定: “城市建设、有可能导致地质灾害发生的工程项目建设和在地质灾害易发区内进行工程建设, 在申请建设用地之前必须进行地质灾害危险性评估。评估结果由省级以上地质矿产行政主管部门认定。不符合条件的, 土地行政主管部门不予办理建设用地审批手续。”

电力工程项目遍布全国, 许多电力工程都面

临着滑坡、沉降、水土流失等地质灾害的严重威胁。电力工程是生命线工程, 一旦发生地质灾害将给国民经济带来惨重损失。因此, 电力工程开展建设用地地质灾害危险性评估工作、加强电力工程抗御灾害的能力显得非常重要; 同时, 对于已建或正在建设的电力工程要加强地质灾害防治的勘查、设计、监理和施工工作。

1 地质灾害危险性评估的技术要求

电力工程建设用地地质灾害危险性评估工作执行行业标准《建设用地地质灾害危险性评估技术要求》(试行), 要注意与勘察规范的衔接, 相关的规范有: 《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)、《火力发电厂岩土工程勘测技术规程》

(DL/T5074-1997)《架空送电线路大跨越工程勘测技术规定》(DL/T5049-95)等。

地质灾害危险性评估的灾种主要包括：崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝及地面沉降等。地质灾害危险性评估区范围，不能局限于建设用地面积之内，应依据建设项目特点及地质环境条件确定。若危险性仅局限于用地面积内，则按用地范围进行评估；若危险性的来源或影响超出用地范围，则应依据地质灾害种类特征，适度扩展评估范围。

地质灾害危险性评估内容包括工程建设可能诱发、加剧地质灾害的可能性；工程建设本身可能遭受地质灾害危害的危险性；拟采取的防治措施等。

根据《建设用地地质灾害危险性评估技术要求》规定，地质灾害危险性评估分级进行，根据地质环境条件复杂程度与建设项目重要性划分为三级，见表 1，地质环境条件复杂程度分类见表 2。

表 1 地质灾害危险性评估分级

项目重要性	复杂程度		
	复杂	中等	简单
重要建设项目	一级	二级	三级
较重建设项目	一级	二级	三级
一般建设项目	二级	三级	三级

表 2 地质环境条件复杂程度分类

复杂	中等	简单
1. 地质灾害发育强烈。	1. 地质灾害发育中等。	1. 地质灾害一般不发育。
2. 地形与地貌类型复杂。	2. 地形较简单，地貌类型单一。	2. 地形简单，地貌类型单一。
3. 地质构造复杂，岩性岩相变化大，岩土体工程地质性质不良。	3. 地质构造较复杂，岩性岩相不稳定，岩土体工程地质性质较差。	3. 地质构造简单，岩性单一，岩土体工程地质性质良好。
4. 工程水文地质条件不良。	4. 工程水文地质条件较差。	4. 工程水文地质条件良好。
5. 破坏地质环境的人类工程活动强烈。	5. 破坏地质环境的人类工程活动较强烈。	5. 破坏地质环境的人类工程活动一般。

注：每类 5 项条件中，有一条符合较复杂条件者即划为较复杂类型。

对于输变电路及大范围的工程项目，必须将地质灾害的易发区段和危险区段及危害严重的地质灾害点作为评估的重点。

一级评估必须对评估区内分布的地质灾害是否危害建设项目安全、建设项目是否诱发地质灾

害、因治理地质灾害增大的项目建设成本等进行全面的评估。

二级评估应将地质灾害对建设项目的影响或危害以及建设项目是否会诱发地质灾害进行分析或专项分析。应基本查明评估区内存在滑坡、泥石流、崩塌、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等地质灾害的类型、分布、规模对拟建项目可能产生的危害及影响。预测评价工程建设可能诱发的灾害类型及危险性。对评估区内重大地质灾害应参照一级评价要求进行评价。

三级评估可以从简，对建设用地范围内是否存在地质灾害及其潜在危险性进行定性分析确定。初步查明评估区地质灾害的类型、分布；工程建设可能诱发的地质灾害的类型、规模、危害以及对评估区地质环境的影响。

危险性评估包括现状评估、预测评估和综合评估。对于受自然因素影响的地质灾害，评估时应考虑自然因素周期性的影响。现状评估是指对已有地质灾害的危险性评估。任务是根据评估区地质灾害类型、规模、分布、稳定状态、危害对象进行危险性评价；对稳定性或危险性起决定性作用的因素作较深入的分析，判定其性质、变化、危害对象和损失情况。预测评估是指对工程建设可能诱发的地质灾害的危险性评估。任务是依据工程项目类型、规模，预测工程项目在建设过程中和建成后，对地质环境的改变及影响，评价是否会诱发滑坡、泥石流、崩塌、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等地质灾害以及灾害的范围、危害。综合评估的任务是根据现状评估和预测评估的情况，采取定性、半定量的方法综合评估地质灾害危险性程度，对土地的适宜性作出评估，并提出防治诱发地质灾害或另选场地的建议。

2 电力行业地质灾害危险性评估现状与前景

多年以来，各电力勘测单位在工程实践中遇到了地壳活动灾害、斜坡岩土体运动灾害、地面变形灾害、地下工程灾害、城市地质灾害、河、湖、水库灾害、海岸带灾害、海洋地质灾害、特殊岩土灾害、土地退化灾害、土水污染灾害、水源灾害等 12 大类 40 多种几乎所有地质灾害类型。

几十年以来，华东电力设计院积极开展地质灾害防治工作，先后完成秦山核电站站址稳定性

调查、苏南核电站高边坡稳定性分析、浙江三门核电厂能动断层鉴定、山东海阳核电厂等沿海电厂海岸带及海洋地质灾害分析评估、福州电厂一期断层错动防治及灰坝稳定性分析、青岛电厂一期工程地基处理监理、三峡至广东输变电路水土保持方案编制、500 kV 镇江大跨越南岸五峰山滑坡勘查及治理、谏壁电厂松林山灰场滑坡监测与处理、江西景德镇电厂人工洞穴处理、泗泾变电所桩基工程施工等地质灾害防治工程。在上述工程中,采用了钻探、探坑、测绘、物探、化探、土水试验等先进的勘测手段,取得科学的现场资料,经过严谨的计算分析,然后对症下药,综合治理,彻底根治,以防后患。

在电力行业,核电厂、大机组、大容量火电厂、高压输电工程、大中型变电所、跨越塔等都可能都是国家或省级大、中型建设项目,按照法律赋予的责任,我们应该进行并且应该做好建设用地地质灾害危险性评估工作,为国家防震减灾工作把好关。因此,地质危险性评估工作也将是一个新的经济增长点。

根据国土资源部国土资发〔1999〕392 号文《关于实行建设用地地质灾害危险性评估的通知》要求:在《建设用地地质灾害危险性评估单位资质管理办法》正式颁布之前,暂由具地质灾害防治工程勘查甲级资质的单位开展建设用地地质灾害危险性评估,提交评估报告,并对报告结论负责。因此,电力行业应该尽快申请国土资源部地质灾害防治工程勘查甲级证书,从而获得建设用地地质灾害危险性评估的通行证,才能合法有效的开展建设用地地质灾害危险性评估工作。

3 电力工程地质灾害防治工作情况分析

(1) 斜坡岩土体运动灾害,如崩塌、滑坡、泥石流等

滑坡、崩塌和泥石流是破坏性极大的自然灾害,对人民生命财产所造成的损失仅次于地震。全国范围除山东没发现危害较严重的崩、滑、流灾害点外,其余各地均有不同程度的发育,并造成一定的危害,其中四川、云南、陕西、宁夏、甘肃、贵州、湖北、辽宁、北京、河北、江西和福建等地的危害都相当严重。

镇江五峰山 500 kV 和 220 kV 输变电路长江大跨越,它利用五峰山高耸的自然地形和长江

在这一区段江面较窄的有利条件,多回联系长江南北的线路集中在这里通过,成为华东电网的重要枢纽工程。五峰山山坡和山顶主要由粘土覆盖,在风化岩中还分布较多的膨润土矿,被当地乡镇企业到处开采,造成山区内滑坡现象频繁发生。1991 年夏季,江苏、安徽地区发生了百年罕见的特大暴雨,五峰山地区受此灾害的影响,危及输电线路大跨越塔基的安全。经调查塔基附近和上山公路两侧共有滑坡体 20 余处,山体面目全非。为了开展滑坡治理工作,对五峰山所有输电线路塔基周围的山坡,以及沿上山道路两侧一定范围内山坡稳定性、岩层分布、不良地质现象进行了全面的测绘调查,为全面治理提供了基础资料。在勘查掌握了形成滑坡的基本因素后,作出整治规划,治根和治表结合,应用预应力锚杆锚固技术,结合混凝土挡土墙与混凝土梁连成整体,钢丝网喷射混凝土封闭土体,防止雨水下渗降低土体强度。在综合治理中重视合理排水,以防止水体对土体的侵害,排水系统形成网络。塔基周围设置截水墙和截水沟,水平排水和垂直排水相通。在混凝土挡土墙和喷凝土中每隔 2.5 m 设置一排水孔,喷凝土中排水孔采用梅花型布置,排水孔与土体接触一端放置土工布起反滤作用。塔西侧山坡较缓,采用浆砌块石护坡。地表水引排、植树、种草绿化和禁止有害的采矿活动等。经整治后近十年来,不仅未再发生山体崩塌、滑坡现象,而且成为环境参观景点。

江苏谏壁电厂松林山灰场由主坝及三条副坝围成。其中的主坝的南坝肩在 1985 年 10 月发生了滑坡,滑动土体 5 万多方,滑坡体长约 120 m、宽 70 m,最深处达 9 m。这次滑动,在主坝及一级子坝的坝体南端的大裂缝长 100 m,严重危及灰坝的安全。滑坡发生后,采取了上边减载,下边压载的抢险治理方案。此后,对滑坡体、坝肩开展孔隙水压力、地面位移、深层土体位移的监测,监测工作到 1991 年才结束。在该滑坡治理过程中,深入调查了地下水来源及对滑坡的影响,进行了工程地质勘察,采用多种手段确定了供滑坡稳定计算的抗剪强度,进行了碎石桩加固处理,采取了有效的防治和保护性措施,并有效的采用监测手段解决了滑坡稳定性问题。

福建福州电厂煤场 40 m 高边坡岩土工程勘

察设计。该工程场地边坡岩性为片麻状花岗闪长岩,部分为全风化层。在边坡工程中深入研究了岩体结构和边坡走向的关系,对边坡不同部分采用了不同的支护措施,保证了山体的稳定,节约了工程费用,减少了土石方开挖和水土流失。

(2) 地面变形灾害(包括地面塌陷、地面沉降、地裂缝等)

地面塌陷在我国可分为岩溶塌陷、采空塌陷及黄土湿陷三种,它们对国民经济建设和人民生命财产造成的严重危害,而且随着人类工程经济活动的日益增强,其危害程度越来越大。

江西景德镇电厂厂区原地貌为丘陵,上层为坚硬的粘土层,其下为砂卵石层,在施工阶段勘察中发现垂直洞穴 166 个,地下水平洞穴 47 处,经过调查研究确认为宋朝时期人工淘金的地下洞穴。水平洞穴都分布在 8 m 深的砂卵石层范围内,其下是板状页岩。根据这一特点和条件,选择了托换处理方案。通过设置在基础下的托换结构,一方面将原基础的荷载传递至基岩,一方面在托换处理中,将基础范围内的水平洞穴加以填充,以提高地基土的承载能力。该工程投产运行至今,基础沉降甚微,上部结构未发现异常情况,托换处理收到了预期效果。

徐州电厂需要长期大量抽用地下水,认真深入的分析了厂区形成地面塌陷的可能性。通过群孔抽水试验、地下水动力计算并结合以上情况分析认为,厂区在不牢河附近抽水 1300 吨/小时的情况下形成塌陷的可能性是较小的,但考虑到电厂长期大量抽水的影响,建议距厂址较近的大运河一带的水井暂不开发,对可能发生塌陷的不牢河附近进行塌陷观测。

地面沉降在长江下游三角洲区,如上海、苏锡常地区比较严重,目前,绝大多数由于地下水的超量开采所致。在发生大面积地面沉降地区的大型电力工程岩土工程评估中,要研究地面沉降速率对设计零米标高损失的影响。在沿海地区,20 年与 5 年一遇的防洪标准之间高程一般仅差 15~20 cm,当地面沉降速率为 20 mm/y,在不到十年的时间里,按 20 年标准设计的工程,其防洪能力就降低至 5 年以下,严重时将影响电厂的安全。对于采用桩基础的工程,当地面沉降发生在桩长范围内,对桩基还会产生负摩擦,也可能

造成地面及地下管道开裂。因此,在发生大面积沉降的地区建厂,要评估地面沉降对电力工程的影响及相应的措施。

(3) 地壳活动灾害(如地震、火山喷发、断层活动等)

分析断层活动性是核电厂工程地震地质工作的核心工作之一,包括区域、近区域、厂址稳定性评估和能动断层鉴定,山东海阳核电厂、浙江三门核电厂等工程可行性研究都采用地质测绘、土壤汞测量、地震勘探、海上高分辨率浅地层剖面勘探等勘查手段对断裂构造进行勘查并评估断层活动性。

华能福州电厂一期工程主厂房位于原猫公山,海拔 22 m,建厂时整个山丘全部挖除,主厂房和主要设备基础均采用岩石地基,基岩为片麻状花岗闪长岩。基坑开挖后,发现斜穿汽机房的一条断层,采用片石垫层法处理,施工中先将断层带挖出,清除软弱部分,然后用片石(200×300mm)整齐竖向排列布满基坑,片石缝隙用水冲中粗砂填实,处理厚度约 1.0~1.5 m,即采用以柔克刚的办法,用片石垫层缓冲断层活动对基础的影响。该方法简单实用,机理清楚,效果明显,在国内是首次使用。

(4) 地下工程灾害如洞井塌方、冒顶、鼓底、突水等。

电厂主厂房基坑大面积开挖,最深处近 10 m,虹吸井基坑深 10 余米。在软土地区基坑开挖工程桩出现不同程度的偏移、抬升等是工程常见病。软土地区桩头位移的主要原因是地基土中超孔隙水压力来不及消散,因此,在上海外高桥电厂二期工程中,在工程桩施工前打设了十字塑料排水板,加快超孔隙水压力消散,开挖过程中埋设了深层土体位移监测、孔隙水压力监测、桩顶位移监测等措施,保证了工程桩的质量,解决了软土地区桩基工程桩头位移的难题。

(5) 城市地质灾害(包括建筑地基与基坑变形、垃圾堆积等)

煤场地基处理与基坑开挖的监测包括土体深层水平位移、孔隙水压力监测、土体分层沉降监测、土体剖面沉降监测等。典型的工程实例有浙江北仑港电厂煤场监测、江苏苏州华能太仓电厂煤场监测等。

每个电厂灰场的勘查、设计工作就是地质灾害的防治过程。福建福州电厂和嵩屿电厂灰场选在山谷,尤其是嵩屿电厂灰场位于鼓浪屿风景区,通过岩土工程勘测和设计使灰场与大自然和谐统一。

(6) 河、湖、水库灾害(包括塌岸、淤积、渗漏、淹没等)

沿江(湖)电厂都面临塌岸、淤积问题,常破坏输煤码头、建筑等。如沿长江的安庆电厂、扬州第二发电厂、江苏利港电厂等都比较成功的防治了这些地质灾害的威胁。

上海外高桥电厂的渣场位于厂址北侧的长江滩地上,并留有加高条件。外高桥电厂及邻近水域水工构筑物的兴建,改变了岸线轮廓及局部流态。码头内侧流速急剧减小,泥砂落淤。根据取、排水水域淤积分析及淤积估算,结合电厂码头区冲淤变化定量分析,取水口水域水下地形观测分析结果,渣场围堤外滩地由于低流速区而有利于泥砂落淤。自外高桥电厂开工后渣场外滩地一直处于淤积状态,前期淤积快,近期淤积速度已显著放慢,今后仍属微淤,即有利于渣场围堤的安全。

(7) 海岸带和海洋地质灾害(如海平面升降、海水入侵、海岸侵蚀、海港淤积、风暴潮、水下滑坡、潮流砂坝、浅层气害等)

从丹东至海南的海口,在漫长的海岸线上有几十座电厂。工程中研究了海岸地貌,海岸线的稳定及历史变迁,海平面升降、海水入侵、海岸侵蚀、煤码头淤积及风暴潮的影响。如山东海阳核电厂位于一级海蚀阶地,采用岩石地基;嘉兴电厂分析了古海岸线的变迁,利用被掩埋的晚更新世海岸砂堤作主厂房桩基持力层。

嘉兴发电厂一期工程厂址区前缘水下地形复杂,北岸长期为被冲刷的塌岸区。在勘察时,进行了古地理、古地貌和海岸变迁的综合研究,确认了在独山和益山两个节点间的岸滩是稳定的,可以建厂。在长达 3.5 km 的海岸线上进行了物探普查,发现在厂址区地面下埋深 30 m 为一古海岸砂坝,整个主厂房位于砂坝顶部,顺古砂坝布置,是最佳的建设方案。

目前电厂建设中的围海造陆和修筑滩涂灰坝,大都沿海岸零米线进行。如青岛电厂位于胶

州湾滩涂,电厂建设用地几乎全是沿零米线抛石、筑堤围海。对工程范围内海域进行了岩土工程勘察,包括筑堤的岩土工程评估、地基土的工程特征、填筑材料的地质评估和填筑方法。前述工程中的贮灰场均为滩涂场地,也是沿零米线筑堤,均进行了灰堤的岩土工程条件勘察,坝体及坝基稳定性分析,筑堤的评估等。

为确保电厂取水和减少对海水面局部水流的影响,电厂的取水头和码头大都设置在低潮位水深 10~12 m 处。对沿海电厂均进行了取水头和煤码头的岩土工程勘察,分析海岸带和海洋地质灾害的影响。

从取水头至岸边循泵房的取水管线,大多采用海底隧道或顶管,隧道大多采用盾构法施工。岩土工程勘察将评估海底取水管线的岩土工程条件、水文地质条件和有害气体调查等。上海外高桥电厂冷却水引、排水管采用盾构法施工。盾构在推进过程中,是否遇到沼气地层是施工过程中至关重要的问题。为确保工程安全实施,对引、排水管周围地层的含沼气情况进行实测。在引、排水管沿线总共布置了 13 个测气钻孔,采用了专门用于孔下及孔口的气水压力测试系统。经分析实测结果认为,引、排水管盾构推进线路范围内没有气量丰富、压力高、范围大的沼气地层。

(8) 特殊岩土灾害(如黄土湿陷、膨胀土胀缩、砂土液化、淤泥触变等)

三峡~广东直流输变电工程是国家重点工程,荆州换流站为送端换流站,该场地属于膨胀土地基。为了了解该膨胀土的胀缩性,特进行了自由胀缩率、有荷胀缩率、膨胀力测定和收缩试验等,对该工程地基土膨胀性进行了评估。站址场地②号粘土的自由膨胀率在 47%~103%,具有中等~中强膨胀势。根据工程经验资料,本场地大气影响深度为 3 m,设计上考虑了膨胀土的特殊工程特性,并对施工提出了注意事项。

伊拉克巴格达东燃机电厂岩土工程勘察中①号土层为膨胀土,对膨胀土地基的变形量进行了计算,判定了膨胀等级,提出了处理的工程措施。

淮南平圩电厂厂址地震基本烈度为 7 度。应用跨孔波速试验测定砂土地基的动剪应变;采用动三轴、动单剪试验测定饱和粉砂土的液化可能

性等。应用国内有关的抗震规范和 Seed、Dobry 等人提出的动应力比和临界应变值等理论，综合分析评估饱和粉砂的液化势，修正了初步设计是饱和砂土局部液化的结论，使工程节省投资 960 万元，缩短工期一年多。

（9）土地退化灾害（如水土流失、土地沙漠化、盐碱化、沼泽化等）

三峡（华中）~ 广东直流输变电工程荆州换流站水土保持方案根据项目区自然环境概况、社会经济概况和水土流失及水土保持现状，预测生产建设过程中的水土流失及可能的危害，编制水土流失防治方案以及投资概算与效益分析等。

（10）土壤污染灾害

地下水污染在全国范围内已非常普遍，尤其是城市地域更为严重。据统计，严重污染的城市达 50 座以上。海口电厂灰场利用海水冲灰，把海水水位人为抬高了 10 余米，灰场距电厂仅 800 m，灰场中的海水沿风化壳和玄武岩裂缝渗入地下。专门研究了灰场灰水对深层地下水和浅层地下水的影响，灰水对电厂基础是否产生侵蚀并采取相应防治措施，比较圆满地解决了灰水对环境的影响问题。

（11）水源枯竭灾害

海南海口电厂的锅炉用水全靠地下水。为此进行了电厂水源地和供水水文地质评估，全面评估了地下水的补给、径流排泄、开采和供水模

式，地下水与琼州海峡海水的关系等。

4 结论与建议

（1）电力工程的地质灾害防治工作是和电力勘测设计密切相关的，电力行业一直重视地质灾害防治的勘查、设计、监理和施工工作，有足够的技术力量和装备完成电力工程的地质灾害防治工作。

（2）电力工程建设用地地质灾害危险性评估工作应该引起电力建设单位、勘测设计单位以及主管部门的重视。在电力行业，核电厂、大机组、大容量火电厂、高压输电工程、大型变电所、跨越塔等大、中型建设项目应该进行建设用地地质灾害危险性评估工作。

（3）电力行业应该有组织、有计划地申请地质灾害防治工程有关的资格证书，获得建设用地地质灾害危险性评估的通行证，从而成为新的业务范围。具有建设用地地质灾害危险性评估资质的单位应该相互协作、交流、学习，必要时开展一定的培训，提高整个电力行业地质灾害危险性评估的技术水平。

参考文献：

[1] 肖和平、潘芳喜. 地质灾害与防御[M]. 北京：地震出版社，2000.
[2] 纪万斌. 塌陷与灾害[M]. 北京：地震出版社，1997.
[3] 张业成. 近 40 年中国地质灾害基本情况与主要特征[J]. 灾害学. 1992，7（4），50~54

收稿日期：2002-06-03

作者简介：胡均（1972-），男，安徽人，岩土工程硕士，工程师，现从事岩土工程检测、工程物探等工作。

中国勘察设计协会公布 2002 年度国家工程建设（勘察设计）优秀 QC 小组名单 (电力系统勘察部分)

单 位	项 目
安徽省电力设计院	送电线路 GPS 平断面测量 QC 小组
福建省电力勘测设计院	测量 QC 小组
东北电力设计院	GPS-RTK 应用测试专业 QC 小组
山东电力工程咨询院	测量 QC 小组
广西电力工业勘察设计研究院	物探 QC 小组
江苏省电力设计院	桩基勘测 QC 小组