

地震灾害对邢台地区电网影响情况分析

段泽龙 刘士嘉 王奎洵

国网邢台供电公司

DOI:10.12238/hwr.v7i11.5040

[摘要] 电力可靠供应对经济社会的稳定发展起到关键作用,在发生地震灾害时,常常导致电网设备发生不同程度受损,从而影响供电可靠性。本文对邢台地区的地震发生次数、影响程度、电网现状等进行了研究分析,以供参考。

[关键词] 地震灾害; 变电站; 线路; 供电设备设施

中图分类号: TM411+.4 **文献标识码:** A

Analysis of the Impact of Earthquake Disasters on the Power Grid in Xingtai Area

Zelong Duan Shijia Liu Kuitao Wang

State Grid Xingtai Electric Power Supply Company

[Abstract] The reliable supply of electricity plays a crucial role in the stable development of the economy and society. In the event of earthquake disasters, it often leads to varying degrees of damage to power grid equipment, thereby affecting power supply reliability. This article conducts research and analysis on the earthquake frequency, earthquake impact degree, and current status of the power grid in the Xingtai area for reference.

[Key words] earthquake disasters; substation; line; power supply equipment and facilities

引言

2023年,河北南部发生2.0至3.3级地震15次,其中邢台地区发生地震7次。作为外力破坏重要因素之一,地震对电网和设备安全具有重大潜在影响。对近年来公开地震数据^①进行分析发现,河北地区近年来地震次数明显增多(全省五年平均地震次数增长140.8%),尤其邢台地区呈现出数量多(2012年至今地震次数占河北南网区域33.3%)、增幅快(5年平均地震次数:2018~2022年平均地震9次,较2013~2017你那平均地震3次增长200%)、分布集中(临城占比26.7%,隆尧、宁晋占比40%)、震级不大(最高震级3.7级,平均震级2.9级)的趋势。本文围绕电网防震减灾开展了研究并提出相关建议。

1 近10年地震情况统计分析

1.1 全国地震情况

2012年1月1日至2023年3月31日,全国共计发生地震7461次,按照地震年份统计,近5年(2018~2022年)年平均地震次数689.6次,相较上一个5年(2013~2017年)年平均地震次数669次,增长3.79%,地震次数变化较小;按照地震震级统计,最高7.4级(2021年5月22日2时4分11秒,青海果洛州玛多县),发生100次以上的震级为2.8~4.6级,累计6548次,占比87.8%,发生最多的震级为3.0级,发生1272次。

1.2 河北地区地震情况

2012年1月1日至2023年3月31日,河北地区共计发生地震

187次,按照地震年份统计,近5年(2018~2022年)年平均地震次数23.6次,相较上一个5年(2013~2017年)年平均地震次数9.8次,增长140.8%,地震次数增幅较大;按照地震震级统计,最高5.1级(2020年7月12日6时38分25秒,唐山市古冶区),发生10次以上的震级为2.0~3.0级,累计145次,占比78.0%,发生最多的震级为2.0级,发生24次;按照地市统计,河北南网区域共计发生地震43次,地震次数最多的地市为邢台,发生15次,占比34.9%。

1.3 邢台地区地震情况

2012年1月1日至2023年3月31日,邢台地区共计发生地震15次,按照地震年份统计,近5年(2018~2022年)年平均地震次数1.75次,相较上一个5年(2013~2017年)年平均地震次数0.6次,增长191.7%,地震次数增幅较大;按照地震震级统计,最高3.7级(2017年9月4日3时5分3秒,临城县;2021年7月15日16时31分19秒,宁晋县),发生最多的震级为2.1、2.2、2.5、3.7级,分别发生2次;按照发生县域统计,地震次数最多的县域为临城、宁晋,分别发生4次;按发生区域统计,临城西竖镇水峪村附近1.76公里范围内地震次数最集中,共计发生4次,占比26.7%;宁晋县耿庄桥镇前辛立庄村南北20.7公里范围内地震次数最多,共计发生6次,占比40%;隆尧县东良乡唐庄村附近9.9公里范围内发生2次,占比13.3%;按发生时间统计,2023年发生地震5次,占河北南网地区的34.9%,且均集中在3月份发生。

2 不同地震烈度区电网功能失效特点

地震震级是地震大小的一种度量,根据地震释放能量的多少来划分,用“级”来表示。按震级大小可把地震划分为以下四类:弱震(小于3级,不易觉察)、有感地震(3~4.5级,一般不会造成破坏)、中强震(4.5~6级,可造成破坏)、强震(大于6级,破坏性大)。

地震烈度是指地震时某一地区的地面和各类建筑物遭受到一次地震影响的强弱程度,用“度”来表示。按烈度大小,1~5度是无感(只能仪器记录)至有感的地震,6度有轻微损坏,7度以上为破坏性地震,9度以上房屋严重破坏以致倒塌,并有地表自然环境的破坏,11度以上为毁灭性地震。同样大小的地震,造成的破坏不一定相同;同一次地震,在不同的地方造成的破坏也不同。影响烈度的因素有震级、震源深度、距震源的远近、地面状况和地层构造等。

地震烈度与地震震级有严格的区别,不可互相混淆。中国地震局工程力学研究所基础设施抗震研究室副主任刘如山,根据对不同烈度区震害、功能失效、抢修速度的实际科考和统计,在论文《汶川地震四川电网震害调查与分析》中,对不同地震烈度下电网功能失效的程度和特点进行明确:

(1)烈度为5度及以下的地区,没有电杆、输电塔损坏和电线断线现象,电力系统的土建设施基本完好,变电站室外各类高压变电设备没有遭受破坏。电力设施偶有受附近破坏严重电网关联产生的失压现象,一般无停电现象。

(2)烈度为6度的地区,土建设施基本完好,高压电气设备基本完好,没有电杆、输电杆塔损坏和电线断线现象。供电系统基本不停电。发生停电时绝大多数原因为上游停电导致失压,偶有主变跳闸误动作或极个别高压电气设备受损,修复时间在几小时以内。

(3)烈度为7度的地区,房屋基本完好,个别数轻微破坏,极少有电杆、输电杆塔损坏和电线断线现象。电气设备个别元件可能破坏,因自身故障停电概率20%以下。停电原因主要为上游停电或变压器保护动作跳闸,偶尔有少数因套管移位、漏油,为保护变压器而主动停止运转,或其他电气设备如断路器、互感器、避雷器损坏而停止运转。由于破坏数量少,程度轻,且目前高压变电站多实行子母输电线的网络保护模式,该类破坏程度的电力设施经抢修几个小时以内,不超过1天基本恢复供电。

(4)烈度为8度的地区,变电站出现一般故障,房屋轻微破坏,个别中等破坏,室内设备破坏极少。由于地质灾害原因导致输电杆塔、电杆遭受弯折或倒塌,线路断线现象很少出现。部分室外高压变电设备遭到损坏,有的变压器套管漏油,也有高耸结构如互感器、断路器、避雷器等瓷器底部与水泥基柱连接处断裂现象,因自身故障停电概率40%左右。总体来说电站变电站停电可能性大。由于电气设备破坏、输电线路上游停电、变压器保护性跳闸导致停电。修复时间一般不超过2天。

(5)烈度为9度的地区,变电站出现严重故障,房屋中等破坏,少数严重破坏,个别倒塌,有室内设备被砸坏现象。电气设备常发生变压器本体移位、套管漏油现象,常见高耸结构如互感器、

断路器避雷器等瓷器底部与水泥基柱连接处断裂现象,个别室内设备因连接处松动而烧毁,因设备自身故障停电概率75%。主要为电气设备破坏、个别设备跳闸、误动作、上游失压导致停电,总体上电站变电站基本停电。修复时间一般在一周以内,经抢修恢复供电。

(6)烈度为10度及以上的地区,在受灾极震区(烈度10、11度),电力系统的土建设施(主控室等)严重破坏或倒塌,需重建,室内设备破坏严重,电杆、输电塔有弯折或倒塌,断线现象亦较多,其中许多是由于泥石流、山体滑坡、砂土液化等地质灾害造成以上破坏现象。配网线路常受建筑物倒塌而砸毁。各类高压变电设备多数都遭受了严重的损毁。该类地区的高压电器设备破坏现象多种多样,变压器翻倒、出轨、移位、套管断裂漏油现象普遍。高耸瓷器结构如互感器、断路器、避雷器等大部分出现根部断裂现象。电力设施功能失效模式主要为控制室设备和室外高压电器设备直接受到严重损坏和输电线路断线而停止工作,导致断电、全站失压。此类地区电力设施受损相当多,恢复时间大幅度延迟,甚至个别变电站需要重建。

3 电力公司抗震形势分析

针对某电力公司电网设备设施实际,结合今年防震形势,本文以某地市供电公司为例,在运行年限、设计标准、运行方式、设备选型、应急能力、通信方式等方面进行了系统、深入的剖析。

3.1 运行年限上,部分设备设施运行年限较长

投运20年以上变电站148座,占比44.85%,投运20年以上主变110台,占比16.52%,投运20年以上输配电线路102408基,占比16.76%。其中,13座变电站水泥杆架构、35基门型输电杆塔存在不同程度酥裂现象,虽每年进行差异化修补,但是在强震来袭时,无法保证与新投运设备保持同样抗震能力。9座变电站使用格构式避雷针,长时间运行下锈蚀严重,存在倾倒风险。

3.2 设计标准上,部分设备设施设计标准不满足当前抗震标准

输变电工程设计阶段均严格执行当年设计标准,但《中国地震动峰值加速度区划图》于1957年首次发布后,分别于1977年、1990年、2001年、2015年进行4次修订,修订中呈现高烈度区逐年扩大的趋势。以2015年第五代《地震动峰值加速度区划图》为例,邢台地区12个县(市、区)提高了设防标准,其中,地震动峰值加速度由0.10g[®]提高到0.15g的县(市、区)共11个,为桥西区、桥东区、沙河市、新河县、柏乡县、隆尧县、内丘县、巨鹿县、任县、邢台县、南和县,设防烈度由7度升为7.5度;地震动峰值加速度由0.05g提高到0.10g的县(市、区)共1个,为南宮市,设防烈度由6度升为7度。

3.3 电网运行方式上,存在单主变、单电源变电站,同塔架设线路杆塔等容易导致停电范围扩大的影响因素

单主变变电站12座,占比3.66%;单电源变电站8座,占比2.42%;2022年重过载主变52台,占比7.81%;同塔并架供电110千伏变电站42座,占比33.33%;同塔并架杆塔63701基,占比10.42%。

3.4设备选型上,在地震中容易受损的瓷柱式电气设备应用较多

100%的主变套管、31.06%的电流互感器、52.29%的电压互感器、45.83%的断路器为瓷柱式设备。该类电气设备大多形体细长、阻尼比小,且由脆性瓷件作为绝缘套管或承重立柱,抗震能力低,在地震中由于强烈的地面运动以及设备之间连接的相互作用,极易遭受破坏,地震中多发生绝缘瓷瓶断裂、设备倾斜或跌落等。

3.5应急能力上,应急队伍实战战斗力有待验证

公司设置应急救援基干分队、应急抢修队伍和应急专家队伍三类应急队伍,其中,应急救援基干分队负责快速响应实施突发事件应急救援,应急抢修队伍承担公司电网设施大范围损毁修复任务,应急专家队伍为公司应急管理和突发事件提供技术支持和决策咨询。共计配置电源、照明、救援、抗冰、通信等9类应急装备,覆盖移动应急充电方舱、发电机、手动破拆组合、升降工作灯等地震救灾所需设备。但是存在先进装备配置数量不足,应急演练重“演”而轻“练”,无破坏性地震应对实际经验,仅通过无脚本演练等演练项目,预案可实施性、应急处突能力未得到可靠验证。

3.6通信方式上,公网通讯中断时人员、设备信息获取困难

公网通信基站大部分架设于铁塔上,与公司输电杆塔、变电站等设备设施相比,其长细比更大,地震中更容易受到破坏。公司目前采用的输配电通道可视化、杆塔倾斜在线监测、变电站开关柜无线测温、用电信息采集等生产系统,以及信息报送所需的电话、微信等联系方式,均依赖公网通讯,一旦地震中发生通讯基站损毁,将影响设备故障情况、用户停电情况、抢修复电进度等灾损信息实施统计。

4 下一步工作建议

4.1及时开展排查,消除小震衍生隐患

针对频发的弱震小震,组织震后隐患专项整治,重点排查瓷柱式设备、避雷针等易发生“鞭梢效应”^①的设备设施,以及杆塔酥裂、墙体开裂、地基下沉等影响结构安全的风险隐患。

4.2抓好设计前期,源头提升设防标准

对地震易发区、多发区进行差异化设计。一是项目选址上,尽量避开地质灾害易发区、地震高烈度设防地区和地震重点监视防御区。设备选型上,优先选用GIS、HGIS等设备。二是项目设计上,荷载较大的配电箱设备、组合电器设备、变压器等设备,避免放置在二层及以上空间,控制室、保护室等设施优先采用轻

型钢结构建筑。三是工程实施上,各类型引流线设置缓冲裕度,避免安装过紧。

4.3强化未雨绸缪,持续优化应急机制

一是结合区域历史地震的震级、次数,针对不同年限、不同设防等级的设备设施,差异化制定地震应急预案。定期组织应急救援、抢修恢复、应急通信、跨区支援等应急演练。二是建立与地震部门的常态沟通机制,及时掌握地震的影响范围、次生灾害、人员撤离等信息,将公司应急管理链条纳入政府应急体系。三是定期组织地震专家进行专业知识培训,增强不同场景下应急疏散、地震中设备受损等知识储备,提升公司全员防范意识和自保能力。

5 结论

利用对近十年的地震灾害统计,从全国、省、市三个维度分析地震灾害的发生趋势,仅以公开数据分析,邢台地区的地震次数增长趋势明显高于全国、全省平均水平,需加强监测预警和防范应对。本文在运行年限、设计标准、运行方式、设备选型、应急能力、通信方式等方面,对电网设备设施抗震减灾进行了系统、深入的剖析。提出了隐患排查整改、提高设防标准、优化应急机制等针对性防范措施。相信随着设备补强的针对性落实,和监测预警的深入开展,电力设备设施对地震灾害的抵抗能力会越来越强。

[注释]

①数据来源:中国地震台网,仅公开2012年1月1日之后数据。

②g:重力加速度(9.8m/s²)。

③《工程抗震术语标准》鞭梢效应:在地震作用下,高层建筑或其他建筑(构)筑物顶部细长突出部分振幅剧烈增大的现象。

[参考文献]

- [1]李津津,张合,温超.河北省地震动参数区划图变化[J].地震地磁观测与研究,2017,38(3):185-190.
- [2]赵鹏,何晓洋,曾辉.辽宁电网地震灾害风险分析及应对机制[J].东北电力技术,2014,35(8):45-49.
- [3]张子引,赵彪,曹伟伟,等.四川汶川8.0级地震电网受灾情况调研与初步分析[J].电力技术经济,2008,20(4):1-4.
- [4]朱瑞民,李东亮,齐立忠,等.变电站地震灾害分析与抗震设计[J].电力建设,2013,34(4):14-18.
- [5]吴培红,陈凯,郭庆宇.地震灾害对变电站的影响调查及分析[J].电气应用,2011,30(07):38-41.