

浅谈电力变压器事故排油方案改进

张 梅

(四川水发勘测设计研究有限公司,四川成都 610072)

摘要:油浸式电力变压器事故放油阀一般设置在油箱下部,针对火灾时无法近距离操作事故放油阀的问题,提出了事故排油改进方案,分析了各方案的优缺点和改进中需注意的问题,并概述了变压器的防火措施,为后续工程变压器事故排油设计和改造提供参考。

关键词:油浸式电力变压器;事故放油阀;事故排油;变压器防火

中图分类号:TM41

文献标志码:A

文章编号:1001-2184(2024)06-0113-03

Discussion on the Improvement of Emergency Oil Discharge Scheme for Power Transformer

ZHANG Mei

(Sichuan Water Development Investigation Design & Research Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610072)

Abstract: The emergency oil drain valve of oil-immersed power transformer is generally set at the lower part of the oil tank. In order to solve the problem that the emergency oil drain valve cannot be operated at a close distance in case of fire, this paper gives the improvement scheme of emergency oil drain, analyzes the advantages and disadvantages of each scheme and the problems to be paid attention to in the improvement, and summarizes the fire prevention measures of oil-immersed power transformer, which provides reference for subsequent projects.

Key words: Oil-immersed power transformer; Emergency oil drain valve; Emergency oil discharge; Transformer fire prevention

0 引言

电力变压器是发电厂和变电站的重要设备之一,起着传输电能的作用。大型油浸式变压器内部结构复杂,油箱内存储相当数量的变压器油,由于绕组绝缘损毁产生短路,分接开关接触不良、过载、套管损毁等原因引发的起火爆炸事故时有发生,造成人员伤亡和重大经济损失^[1]。近年来,一些发电厂和变电站变压器发生火灾时,未能利用放油阀有效地放油,导致变压器火灾不能迅速扑灭。另外,换流站和特高压变电站连续出现多起火爆炸事故,故如何及时有效地进行事故排油已成为亟待解决的问题。

1 放油阀设置

放油阀在变压器火灾初始阶段事故放油时或检修放油时开启。关于放油阀的设置,《油浸式电力变压器技术参数和要求》GB/T 6451—2023 中

规定:10 kV 电力变压器油箱下部可装有放油用的阀门,20 kV 及以上电压等级电力变压器油箱下部应装有放油用阀门。220 kV 及以上变压器还应设置事故放油阀^[2]。《电力变压器运行规程》DL/T 572—2021 中 4.2.1 要求事故放油阀应安装在变压器的下部,喷油口方向宜朝下。当变压器发生火灾时,打开变压器油箱下部的事故放油阀,将变压器油排至变压器储油坑,储油坑内铺设卵石层,能够隔绝火势和降低油温,变压器油经过卵石层再通过事故排油管将油排至事故油池,能够防止火势进一步扩大。

电力变压器出厂时,放油阀一般设置在变压器油箱下部,其出口一般连接直管加 90°弯头作为排油管道,弯头的出口朝下,底部装设有钢化玻璃,变压器事故放油阀见图 1。火灾发生时,巡视人员用手锤敲碎玻璃封油膜片打开排油通道,再开启事故排油阀将变压器油排出,巡视人员需靠

收稿日期:2024-09-14

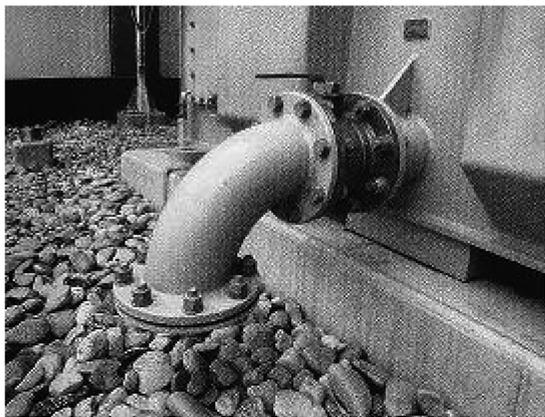


图1 变压器事故放油阀

近变压器操作。但当变压器发生火灾时,由于火焰的热辐射很强,运行人员无法靠近变压器;另外根据安全生产规定,运维人员此时不允许进入主变室,打开油箱下部的事故排油阀,从而导致火势蔓延扩大。《水电工程设计防火规范》GB 50872—2014中8.0.5规定:室内变压器事故排油阀应设置在房间外安全处。一些在建电站或已投运电站项目变压器事故放油阀并未引至安全的区域,在接受安全检查和验收时,要求对变压器事故放油阀进行整改。为了保证人员操作事故排油阀时的安全,需对变压器事故排油方案进行改进。

2 事故排油改进方案

为了解决在火灾事故状态下迅速放掉变压器油的问题,需对现有的事故放油方案进行改进,从而达到迅速扑灭火灾的目的。目前有三种方案:增加管路和阀门,将事故放油阀设置在安全的区域;在变压器本体附近增设应急事故排油装置;在现有阀门基础上增加远距离操作机构装置。

2.1 方案一

方案一参照关于防止汽机油系统着火事故措施^[3]:“事故排油阀应设两个串联钢质截止阀,其操作手轮应设在距油箱5 m以外的地方,有两个以上的通道且能保证漏油着火时人员可以到达,操作手轮不允许加锁,应挂有明显的禁止操作标识牌。”主变压器事故排油阀采用两个串联的阀门,靠近油箱处阀门为常开,远离油箱处阀门为常闭,凡主变已有防火墙的,常闭阀门应通过事故排油管引至防火墙外。对无防火墙的,则应将事故放油阀引至距主变油箱5 m以外的地方,如现场空间有限,可引至主变油箱3 m以外,并在其内侧砌筑1道2 m×2 m的防火墙。阀门、管道及

防火墙的设置应不影响变压器的运输和维护。事故排油阀改进方案一见图2。

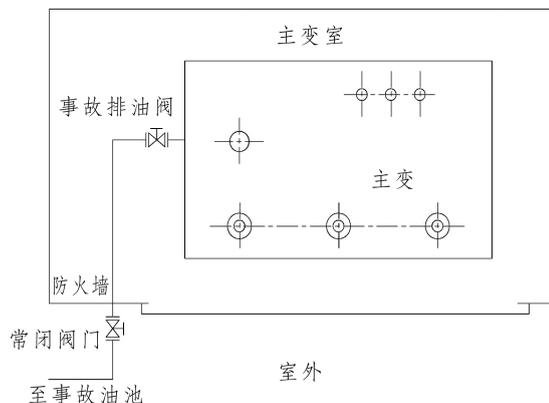


图2 事故排油阀改进方案一

变压器本体事故排油阀后端增加一事故排油管和常闭阀门,延长管道与变压器油箱相通,应具有承受与油箱同等真空度和机械强度的能力,不应有损伤和不允许的永久变形,故此方案应在变压器生产厂家指导下进行,以确保变压器整体结构强度满足规程规范的要求。另外,变压器延长管路上的事故放油阀应设置在防火墙外侧,且不宜设置在相邻变压器室内,以防止火灾蔓延。延长后的事故排油管可引回至变压器储油坑,且喷油口方向宜朝下,利用储油坑内事故排油管将变压器油排至事故油池;也可单独通过管路引至事故排油总管或事故油池,应规划好排油管线路、敷设方式和布置标高,以保证事故排油畅通,并应不影响变压器的运输和巡视。变压器布置在室外时,应充分考虑明敷管道的防护,事故排油不应将油排放到电缆沟、排水沟和其他敞开的沟道内,以防止火焰蔓延、扩大事故和污染环境。

此方案较为简单,所需材料少,部分电站已按此实施整改^[4],但是延长管路增加了变压器漏油点和薄弱点,对变压器本体有影响;另外,改造工序复杂,对管道、阀门材质要求高,同时对安装工艺要求高,涉及抽真空、注油及密封性试验等,存在杂质进入变压器的风险。

2.2 方案二

方案二^[5]采用应急事故排油装置进行自然排油,整体安装在变压器本体附近,包括柜体、托架、排油管路、电动阀门以及控制系统,装置一端与变压器事故排油阀连接,另一端喷油口方向宜朝下,利用储油坑内事故排油管将变压器油排至事故油

池。系统采用 2 个并联的电动球阀,其电源和信号相互独立,互为备用,同时考虑闭锁,可在监控后台实时监测阀门和电源状态,观测球阀泄漏情况,掌握排油系统整体运行状态。在变压器各侧开关断开后,通过远程操作电动阀门,实现变压器事故排油。应急事故排油装置目前已有产品面世,并通过国家电网输变电设备防灾减灾国家重点实验室燃烧试验,已在山西长治 1 000 kV 特高压变电站、江苏东吴 1 000 kV 特高压变电站等多个变电站正式投入使用。特高压变压器单台储油量达到 100 t 以上,考虑排油时间,要求整套应急事故排油装置至少能耐受 90 min 持续燃烧。事故排油阀改进方案二见图 3。

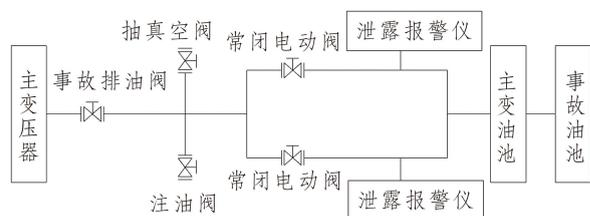


图 3 事故排油阀改进方案二

该方案事故排油管路延长较短,但系统构成较为复杂,改造工作量和日常维护工作量较大,对增加设备的性能要求较高。延长管道与变压器油箱相连通,应具有承受与油箱同等真空度和机械强度的能力;整套装置应具有耐火、防水、防尘特性,尤其是电动球阀等关键元件,在变压器起火后喷淋系统动作情况下,应可靠运行;另外还需满足防误动、防拒动的要求。除此之外,该方案对供电电源及连接线缆要求较高,电动球阀的供电电源应采用两路独立电源,取自远离变压器的低压母线,供电线路及控制、信号电缆应采用耐火电缆。应急事故排油装置可远程控制,整体安全性、可靠性高,目前尚处于试点阶段,还需对装置的防火性、密封性和隔热性能等进一步优化。

2.3 方案三

方案三采用可远距离操作的变压器事故排油阀碎膜装置,包括撞针、储能机构、锁定机构和操作机构,通过在隔离房间内扳动操作扳手即可同时使排油阀开启和碎膜,打开排油通道,实现远距离安全快速排油的目的。此方案不增加排油管路,也不改变事故排油阀本体的状态,只需根据阀门本体尺寸,制作延伸至墙外的加长操作杆,此方

案对变压器油回路没影响,可实现主变发生重大火灾时在室外操作的效果,保证工作人员的人身安全。此方案仅见于实用新型专利技术资料中,还未见标准成型产品。

3 变压器防火措施

变压器火灾事故率虽然较低,但变压器火灾既是油类火灾,也是电气火灾,一旦发生险情,极易形成爆炸。据调查,国内变压器的火灾事故多以变压器内部故障引发爆炸起火为主要诱因,故变压器防火应以“预防为主,消防结合”为指导方针。防止变压器火灾事故基本原则应以防范为重点,并贯穿在设计、制造、安装、调试、运行维护等环节。灭火装置、灭火系统的配置和动作逻辑应安全可靠,运行中应结合例行试验检修,定期对灭火装置进行维护和检查以防止误动和拒动。

变压器运行过程中,发生异常现象时,应加强监视,通过对故障信息、油中气体含量和局放等各种征象进行分析,检查保护动作情况、气体继电器情况、压力释放器喷油情况,查明动作原因并判断故障性质,从而确定变压器的运行状态和是否停运。变压器着火后的处置方案应是立即断开电源,停运冷却器,并迅速采取灭火措施,防止火势蔓延,视现场条件,手动关闭冷却器阀门,变压器灭火应采用干式灭火器,地面上的油火可采用泡沫灭火器、干砂灭火。当油在变压器顶盖已燃烧时,应立即打开变压器底部事故放油阀门,将油面降低;若是变压器内部故障引起着火时,严禁放油以防油箱发生爆炸。

4 结语

利用变压器本体事故放油阀,不利于快速有效控制初期火灾。事故排油方案改进可提高火灾时人员操作的安全性,有效防止火灾蔓延。根据工程实际合理选择改进方案,管道、阀门及电缆等设备质量要有保障,安装及试验严格遵守规范要求,以确保事故排油的可行性。

建议设计阶段充分考虑变压器火灾风险防控,优化事故排油方案,严格按照规范要求,主变事故排油阀应设置在防火隔墙外安全处;合理规划事故放油阀的位置和管道路径,避免与巡视、运输通道、消防管路冲突;采用成熟的技术

(下转第 137 页)

研究表明:降雨后边坡基质吸力的先增大后减小的变化是由于土壤饱和度随降雨时间的变化而引起的。在降雨初期,基质吸力增大是由于孔隙水压力的增加和土壤饱和度的提高,而随着时间的推移和水分的流动,孔隙水压力逐渐消散,土壤饱和度逐渐减小,导致基质吸力减小。此外,降雨强度越小(3 mm/h),边坡基质吸力的绝对值越大,边坡安全系数随降雨强度的增大而减小,二者呈反比关系。当降雨强度为 3 mm/h 时,边坡安全系数为 2.36,当降雨强度为 80 mm/h 时,边坡安全系数为 1.75。

参考文献:

- [1] 杨造仁. 玉龙喀什水利枢纽工程 P1 石料场开挖高边坡稳定性分析[J]. 东北水利水电, 2023, 41(2): 57-59.
- [2] 赵山. 大沂河水利枢纽工程边坡稳定性的数值模拟研究[J]. 陕西水利, 2022(3): 32-34, 41.
- [3] 刘刊, 庞博, 贾文. 大藤峡水利枢纽左岸弃渣场边坡稳定性分析[J]. 广西水利水电, 2021(5): 26-29.
- [4] 卞智远. 水利堤防边坡稳定性与加固分析[J]. 内蒙古水利,

2020(8): 51-52.

- [5] 邓力博. 水利工程高边坡设计中边坡稳定性提升措施研究[J]. 中国标准化, 2018(10): 150-151.
- [6] 牟祥会. 降雨入渗作用下非饱和土坡的有限元分析[J]. 水利科技与经济, 2023, 29(3): 109-112, 117.
- [7] 吴培元, 马玉真. 降雨状态下黄土边坡数值模拟研究[J]. 内江科技, 2020, 41(8): 38, 40.
- [8] 刘超群, 刘栋, 尚小亮. 降雨入渗作用下路基边坡的稳定性分析[J]. 路基工程, 2018(2): 91-95, 111.
- [9] 谢瑾荣, 周翠英, 程晔, 等. 基于非饱和土有限元强度折减法的降雨入渗条件下高边坡施工稳定性分析[J]. 水运工程, 2012(4): 174-179.
- [10] 楼晓昱, 曾铃, 何忠明. 公路边坡降雨入渗对孔隙水压力影响的有限元分析[J]. 中外公路, 2012, 32(1): 57-61.

作者简介:

王焕泳(1994-),男,浙江乐清人,助理工程师,本科,从事水利工程建设管理方面工作;
赵乐静(1994-),女,浙江乐清人,助理工程师,本科,从事水利工程建设管理方面工作。

(编辑:吴永红)

(上接第 115 页)

和方案,满足防误动、防拒动要求,避免不必要的设备损毁和人身安全事故,确保电站、变电站安全运行。

变压器防火重在防范,应早发现缺陷并进行整改,定期对灭火装置进行维护和检查,着火后按照应急预案,及时抑制和有效扑灭初期火灾。

参考文献:

- [1] 赵佰波,徐士靖,韩敬钦. 火电厂大型油浸式变压器消防设计技术研究,工业安全与环保[J]. 2012, 38(10): 38-40.

- [2] 电力变压器手册[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,1990.
- [3] 防止电力生产事故的二十五项重点要求[M]. 北京:国家能源局,2023.
- [4] 幸伟山. 变压器事故排油管改进探讨,四川水力发电[J]. 2016, 35(2): 18, 28.
- [5] 沈婷. 1 000 kV 主变应急排油方案实施研究[J]. 中国电力企业管理, 2021(1): 94-95.

作者简介:

张梅(1979-),女,湖北襄阳人,高级工程师,硕士,从事水电站电气一次设计工作。

(编辑:吴永红)