[螺栓设计]

新型楔入式防松防振螺栓的研制

文/ 智能带电作业技术及装备（机器人）湖南省重点实验室（国网湖南省电力有限公司输电检修分公司）；带电巡检与智能作业技术国家电网公司实验室（国网湖南省电力有限公司输电检修分公司）彭沙沙　邹德华　王晨枫　罗昌宏　雷彦彪　蒋智鹏

针对目前普通螺栓在日常运行环境中受到外界冲击、振动容易出现松脱等问题，设计了一种新型楔入式防松防振螺栓，该新型楔入式防松防振螺栓由螺杆、凸螺母以及凹螺母组成，通过采取在凸螺母上加入楔子以及凹螺母偏心加工的技术措施，达到防松防振的目的。

螺栓紧固件因结构紧凑、拆装方便、连接力大以及可重复使用等优点，被广泛应用于各种机械装备的连接场景中。在电力系统中，架空输电线路长达几千公里，导、地线在中间的电气连接必须通过螺栓，必不可少。然而输电线路运行环境恶劣，各地区环境状况相差较大，其电气连接点，如结构连接螺栓受到风、外力等作用发生松动现象，导致断线、杆塔倒塔和供电中断等事故。传统上一般采用涂防松油漆、加弹簧垫片等防松防振措施，虽有一定效果，但由于人为、环境腐蚀等因素的影响，由螺栓松动引发的引流板发热、导地线掉线的事故仍有发生。给电力系统带来非常严重的灾难性后果，不利于系统的安全稳定运行。

为解决以上问题，本文设计了一种新型楔入式防松防震螺栓，可有效解决螺栓容易松动等问题，可普遍适用于输电线路导地线在中间的电气连接，同时也可广泛地应用于其他行业机械装备的连接之中。

新型楔入式防松防振螺栓的结构设计

1．结构设计

新型楔入式防松防振螺栓由螺杆、凸螺母和凹螺母组成；凸螺母包括螺母主体和弹性凸台，螺母主体与弹性凸台的内壁均设有与螺栓螺杆段相匹配的螺纹。新型防松防震螺栓如图 1 所示。

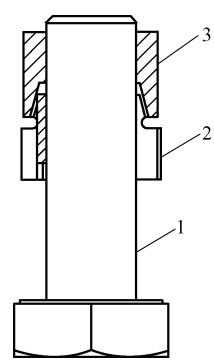

图 1　新型防松防震螺栓

1—螺杆　2—凸螺母　3—凹螺母

基金项目：国网湖南省电力有限公司群众性创新项目（5216A020004B）

凸螺母如图 2 所示，其上沿圆周方向均布若干通槽将弹性凸台实体分割为若干弹性锲块，其根部设有一圈圆弧槽。为了提高连接可靠性，在弹性锲块上设方形槽，方形槽内嵌防松销。

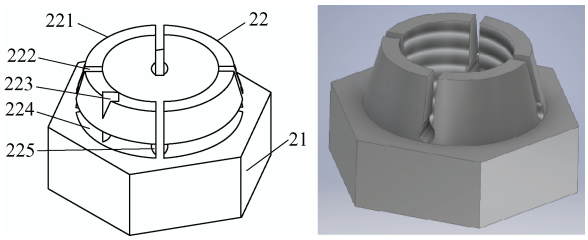

图 2　凸螺母

21—螺母主体　22—弹性凸台　221—弹性锲块　222—通槽 223—防松销　224—圆弧槽　225—紧定加强孔

凹螺母如图 3 所示，其内设阶梯孔，小径孔为与螺栓螺杆段相匹配的螺纹孔，大径孔为匹配于弹性凸台外径的光孔；凹螺母内的阶梯孔为偏心孔。

凸螺母与凹螺母均螺纹连接于螺栓的螺杆段上，凹螺母以其大径孔包覆于弹性凸台外锁紧。

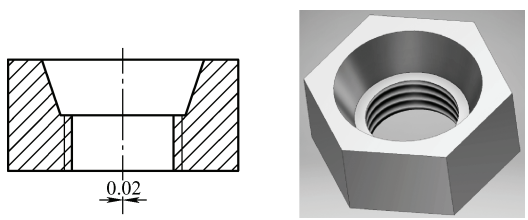

图 3　凹螺母

2．防松防振原理

新型楔入式防松防振螺栓采取的的防松防震措施：

1）凹螺母的偏心加工（偏心距离为 a，如图 4 所示），凸螺母是正常的中心圆形加工，当两个凸凹螺母拧在一起，相当于在螺栓和螺母之间植入一个楔形销，于是形成了锤子掣打楔子的功能，达到防松防振的目的，如图 4 所示。

2）凸螺母开十字形槽并在凸起底部车出圆弧，形成弹性，凹螺母给十字 T 形螺纹施加一定的握着力，使其产生弹性变形，缩小螺距和模数，提高凸螺母和螺杆的握着力，同时在凸螺母上加入的 1 mm×1 mm 的楔子嵌入凹螺母螺纹，提高凸螺母和凹螺母的握着力，达到防松防震的目的。

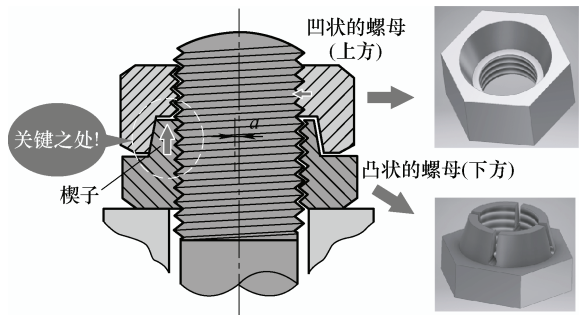

图 4　新型楔入式防松防振螺栓的原理

新型楔入式防松防振螺栓的加工与安装

1．加工方式

螺杆为普通半螺纹六角螺栓螺杆。

凸螺母包括螺母主体和弹性凸台，均由弹性钢加工而成。螺母主体为与螺杆配套的六角螺母，其内螺纹孔同心加工。弹性凸台为上小下大的锥形台，其内壁设有与螺栓相配套的螺纹孔，螺纹孔同心加工。凸螺母台壁上设有呈十字型布置的四条通槽，便于在外力作用下弹性凸台能够内收。四条通槽将弹性凸台分隔为四个可以向内弹性变形的弹性锲块，在任一弹性锲块上开设 1 mm×1 mm 的方形槽，并在方形槽内嵌防松销，提高抱紧效果。弹性凸台以及大径端连接于螺母主体上，并在弹性凸台的根部设有圆弧槽进一步提高弹性变形的能力，同时在圆弧槽与通槽的交汇处设置沿厚度方向贯穿的紧定加强孔，以便在拧紧后进一步提高防松效果。使用时将凸螺母螺纹连接于螺栓的螺杆段上，再装配凹螺母。

凹螺母为正六棱柱形，其轴向设有偏心阶梯孔，偏心距为 0.02 mm，偏心阶梯孔包括大径孔和小径孔，大径孔为与弹性凸台相匹配的锥形光孔，小径孔为与螺栓螺杆段相匹配的螺纹孔。新型楔入式防松防振螺栓加工实物图如图 5 所示。

图 5　新型楔入式防松防振螺栓加工实物图

（下转第 59 页）

衡在运输途中早已存在。当变压器油溶解气体的过饱和程度持续加剧，以及变压器油的体积持续膨胀时，两者对油箱产生正压效应，内部正压超出油箱允许强度，油箱以弹性变形即外鼓减小内压。当外鼓过多、持续时间过久时，油箱的的弹性变形成为永久变形，最终导致油箱外鼓变形。

结束语

根据上述分析，对于充油兼充氮运输变压器所发生的油箱外鼓，是因为运输途中持续补压充入氮气过多所造成的。内压高一些有利于防止大气的侵入，但是，和充油兼充氮但途中不补压的变压器相比，补压的必要性十分微弱，只要保证氮气微正压即可。

根据各制造厂多年现场安装经验，即使运输途中不持续补充氮气，变压器在运抵现场后依然有一定的压力（正压）存在，很少有完全泄压（负压）的情况。变压器在运输途中是否会受潮呢？从理论上说，只要变压器内部处于正压，大气侵入的可能性微乎其微，正如自行车内胎或者工业场合用水或肥皂水试漏一样，即使存在漏点，内部气体喷出鼓泡，外界水分进不去，何况，变压器在工厂内经过严格的试漏，运输途中几乎不发生渗漏。

另一方面，充油兼充氮的变压器，油中溶解了很多气体，在安装完工后，一定要把那些气体脱除。为此，要进行抽真空处理。这样可以避免由于途中偶然受潮带来的不良影响。

作为防范，可以加装压力表和补氮装置，甚至可以加装压力-真空两用表，让押运人员能够准确观察到实际内压，如果显示负压较大，可以适当补充氮气，但没必要将氮气压力维持在出厂规定值。**EA**

（收稿日期：2021.03.09）

(上接第 48 页)

2．安装方式

在安装新型楔入式防松防振螺栓时，先在螺栓的螺杆段上拧入凸螺母，施加一定力矩将凸螺母拧到位后，再加装凹螺母继续施加一定力矩将其拧紧，至凹螺母内大径孔包覆弹性凸台并锁紧即可。一方面通过螺纹连接实现初步紧固，另一方面通过凹螺母大径孔与凸螺母弹性凸台的配合，相当于在螺栓和螺母之间植入一个楔形销，达到防松防震的目的。新型楔入式防松防振螺栓的安装效果图如图 6 所示。

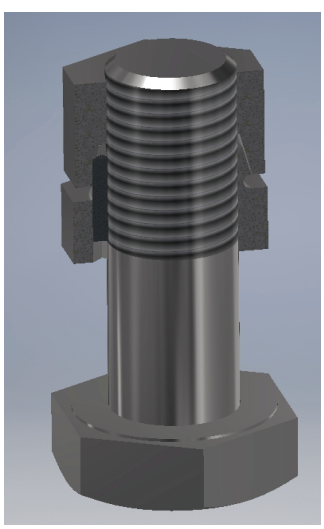

图 6　新型楔入式防松防振螺栓的安装效果图

结束语

本文设计了一种新型楔入式防松防震螺栓，通过采取凹螺母偏心加工以及在凸螺母上加入的 1 mm×1 mm 的楔子等技术措施，达到防松防震的效果，可有效解决螺栓容易松动等问题。螺栓造价低，可普遍适用于输电线路导地线在中间的电气连接，同时也可广泛应用于其他行业机械装备的连接之中。**EA**

（收稿日期：2020.10.25）