

[断路器]

塑壳断路器手动操作机构手柄结构设计

文/袁小琴
上海正泰智能科技有限公司

大部分的塑壳断路器均应用在配电柜体中，因此运用柜外手柄进行操作的需求也越来越普遍。柜外操作手柄使得断路器分合闸操作更加安全、操作也更加便捷。介绍了一款塑壳断路器手动操作机构手柄的结构设计思路，该设计方法已经应用在实际产品中，可以作为同类手柄产品设计参考。

塑壳断路器多用于成套柜体中，为了能够实现不用开柜对断路器进行手动分合闸操作，通常会在柜门安装手动操作机构手柄，通过手柄与装于断路器上的操作机构联动来实现对柜内断路器的分、合闸操作。装于柜门上的操作机构手柄除了需要完成对断路器的正常分合闸操作外，根据不同的应用场合还有不同防护等级的要求。近年来，随着手动操作机构市场需求的不断增加，手动操作机构结构形式也逐渐增多，常见的结构有：手柄位置位于操作机构正面的操作式、手柄位置位于操作机构侧面的操作形式。用于连接手柄及操作机构的连杆可分为可弯曲的柔性杆及不可弯曲的硬质连杆。与不同的操作机构配合使用的手柄在结构及操作方式上都有很大的区别。本文主要描述正面操作形式的手柄设计。手动操作机构手柄的应用使得操作柜内断路器安全距离增加，同时实现免开柜门操作使断路器的分合闸操作更加安全、便捷。手动操作机构手柄的不断发展改进对塑壳断路器的应用显得尤为重要。

总体结构设计

应用于正面手动操作机构手柄的主要结构根据其功能划分主要包括：底座部分、手持部分、锁定功能件、外壳和底板，如图1所示。

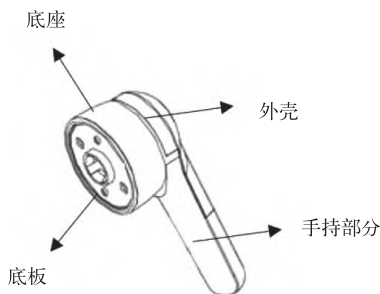


图1 手柄主要结构

1. 手持部分设计

手持部分是整个手柄设计中非常重要的一部分，是手柄的主要操作结构，如图2所示，手持部分主要包括把手、转动中心两部分，其中把手的设计要符合人体工学，使得操作者的操作过程轻便、顺畅。把手的长度（如图2所示，操作时手部施力位置到转动中心的距离 L ）要根据应用场合及所配用断路器的壳架等级等因素进行综合考量来确定，手柄旋转过程中以把手所有位置不超过柜门边界位置为宜。当操作手柄转动过程中，把手的所有位置都没有超出柜门边界且不阻碍其他元件时，可以适当加长把手以减轻操作力；当配用大壳架的断路器时通常用增加手柄长度的方法来减小操作力（见图2所示操作力 F ）。手柄施加的转动力矩 $M=F \times L$ ，

当手柄施加的 M 值大于断路器操作机构操作所需力矩值时,才能使得手柄有效带动断路器进行操作。手柄转动中心主要与连杆连接,是转动力矩作用的主要部分,因此此处结构要有一定的强度来承担把手施加的力矩。

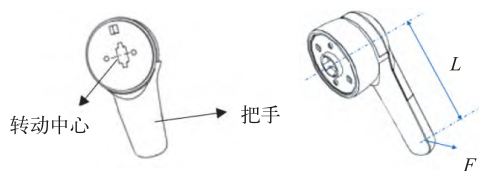


图2 手持部分结构及操作力矩示意图

2. 底座部分结构设计

如图3所示,为了将操作手柄安装于柜门上,通常会用螺钉通过底座安装于柜门上。底座位于柜门外表面会有指示所配用断路器手柄位置(分闸、合闸和脱扣)的标识。底座另一面与手持部分转动连接,底座中心与手持部分转动中心重合。如图4所示,操作者通过转动把手带动一端与之相连的连杆,连杆的另一端与安装在断路器上的操作机构连接,经过操作机构将连杆的旋转运动转化为带动断路器手柄直线运动的操作力以实现断路器的分、合闸操作。

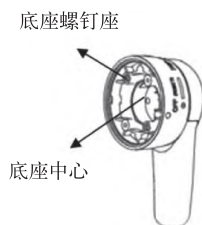


图3 底座结构

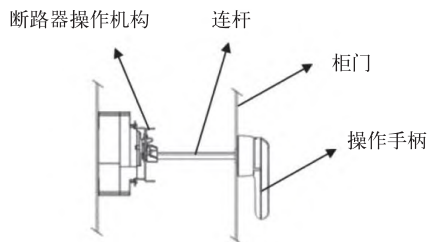


图4 手柄驱动断路器示意图

3. 锁定、解锁功能结构

随着手动操作机构的广泛应用,对安全操作及特殊情况应用的要求也越来越高,随之产生了在断路器指定状态下开关柜门及操作手柄的权限管理需

求。目前常见的需求包括:合闸锁定及解锁功能,分闸锁定功能。合闸锁定及解锁功能是指当断路器处于合闸位置时,防止柜门被打开从而避免发生事故。然而在一些特殊场合需要在断路器处于通电状态下将柜门打开,此种情况下手柄要通过合闸状态下的锁定及解锁功能来实现这些要求。分闸锁定功能是指当断路器处于分闸位置时,为防止误操作引起的合闸而造成事故,此位置的锁定还可以添加挂锁来提高操作安全性。

(1) 合闸锁定及解锁功能结构设计

合闸锁定功能涉及的零件主要包括:底板、挡板、复位弹簧和推杆,如图5所示。挡板置于底板挡板槽内,可沿挡板槽进行往复直线运动。复位弹簧位于底板弹簧槽内,弹簧一端抵靠在底板上,另一端抵靠在挡板上,推杆位于底座外侧的推杆槽内,可沿推杆槽进行直线往复运动。当手柄带动连杆转动到断路器合闸位置时,连杆装入手柄一端带有的轴销位于挡板后。此时打开柜门,连杆一端的轴销被挡板限制在手柄内,而连杆另一端固定在操作机构上,固定在柜门上的手柄不能与连杆脱离,柜门则被锁定在关闭位置。在一些特殊应用场合,有时需要在手柄旋转到合闸位置时能够打开柜门,此种情况需要进行紧急解锁。用工具推动推杆,推杆沿着推杆槽推动挡板直到连杆的轴销位于挡板T形槽内。此时打开柜门,连杆一端的轴销不再被挡板限制,轴销可以通过挡板T形槽与手柄脱离。此时柜门可以顺利打开完成解锁功能。当工具与推杆脱离时,推杆及挡板在复位弹簧作用下重新回到合闸锁定位置。

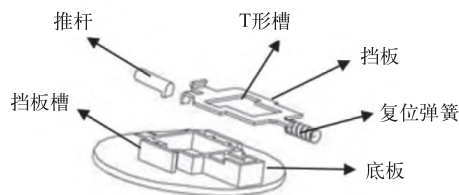


图5 合闸锁定及解锁功能结构

(2) 分闸锁定功能结构设计

分闸锁定功能涉及零件主要包括:挡板、锁扣、跳扣、联动杆、按钮、跳扣弹簧和锁扣弹簧,如图6所示。跳扣通过轴置于手持部分转动中心处。跳扣一端带有U形槽,联动杆一端轴特征置于

跳扣此U形槽内，锁扣通过轴及锁扣弹簧置于把手处。按钮位于外壳上，按钮凸出与锁扣平面端相对。当手柄带动断路器操作至分闸位置时，按动按钮，此时按钮凸出与锁扣平面端接触并带动锁扣转动，锁扣另一钩形端转动并与跳扣钩形端面脱离。同时，跳扣钩形端面一端在跳扣弹簧的作用下转动直至另一端与手柄抵靠。在此过程中，跳扣与联动杆连接的一端在跳扣弹簧的作用下旋转并下压带动联动杆沿联动杆孔向柜门方向运动。当联动杆运动到一定位置时，联动杆一端的斜面与挡板凸出特征接触，并推动挡板沿挡板槽做直线运动，从而将置于手柄内的连杆轴销挡住。此时与合闸锁定功能类似，由于连杆一端轴销位于挡板后，使得固定在柜门上的手柄无法脱离连杆，而实现柜门锁定在关闭位置不能被打开。此时由于联动杆在运动过程中同时穿入手柄及底座的联动杆孔中，使得手柄与底座间的运动被限制，手柄被锁定在分闸位置无法进行旋转操作。在分闸锁定位置跳扣带有钩形面一端会凸出外壳表面，此端侧面带有挂锁孔位，可以进行挂锁锁定，可以根据不同需求设计多个挂锁孔位以满足不同的锁定权限管理。

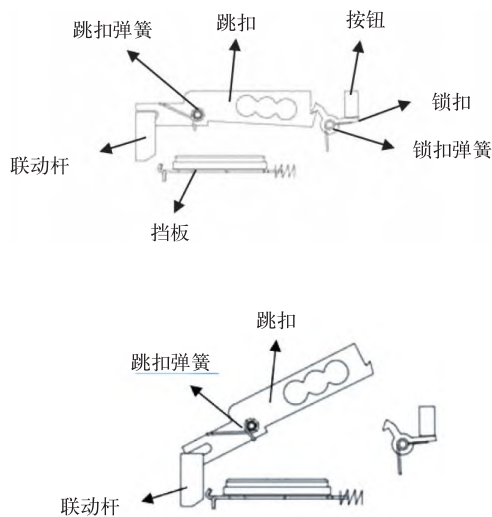


图6 分闸锁定功能结构

运动分析

通过设计软件将各零件建模组装，在此手柄设计中几个相互配合的零件需要进行运动行程的配合设计来实现手柄相应的功能。其中的配合设计包括分闸锁定功能零件的运动配合、合闸锁定及解锁

功能零件的运动配合等。当手柄转动至分闸位置需要进行锁定时，按下按钮，按钮凸出与锁扣平面接触并在其作用下旋转直至锁扣另一端与跳扣挂钩脱离。在此过程中，按钮下压行程要足够大以满足锁扣旋转的角度使其与跳扣脱离。在此过程中，跳扣挂钩一端与锁扣脱离，使得跳扣在跳扣弹簧作用下旋转，跳扣另一端在旋转过程中带动置于其U形槽内的联动杆做直线运动，直至跳扣抵靠在手柄的限制特征上。联动杆的一端在做直线运动过程中穿过手柄及外壳的联动杆孔与推板一端相接触，并推动推板沿推板槽做直线运动。如图7所示，此过程中跳扣的旋转角度 α 使联动杆产生行程 $H(H=L_1 \times \tan \alpha)$ ，当联动杆位移为 H 值时，联动杆推动推板产生的位移应当能够将方轴装于手柄内一端的轴销遮挡住不能与手柄脱离。当手柄旋转至合闸位置时，此时推板要能够将方轴置于手柄内一端的轴销遮挡住不能与手柄脱离。而当需要进行紧急解锁时，在工具的作用下，解锁杆直线运动与推板凸出接触，并带动推板做直线运动。此过程中解锁杆的行程要满足能够使推板遮挡住方轴轴销的部分运动至新的位置，使得在打开柜门过程中方轴轴销不被遮挡，并顺利与手柄脱离以实现紧急解锁功能。

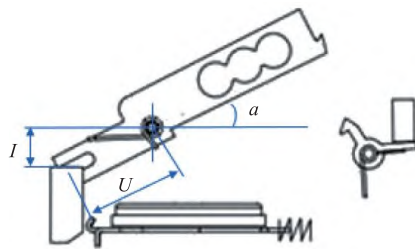


图7 联动杆运动行程原理

强度分析

在手柄整个操作过程中，当处于分闸锁定位置时，联动件置于外壳及手柄的联动件槽内。此时若强行转动手柄，联动件处于转动的手柄及固定的外壳间造成联动件侧面及手柄和外壳相应接触部分受到挤压力（如图8所示手柄受力仿真图例），易造成零件破损，手柄锁定功能失效。因此该接触部分应通过增加材料改善结构等其他方式来增加强度。

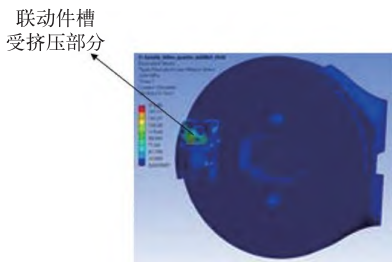


图8 手柄结构强度仿真图例

防护等级

手动操作机构手柄通常安装在配电柜的柜门外侧，这使得手柄要满足一定的防护等级要求。根据配电柜的周围环境对安装在其柜门上的手柄有不同的防护等级要求。目前IEC的产品不同防护等级按照IP等级划分，美国NEMA防护水平也划分为不同等级。IEC与NEMA防护等级级别对照关系见表1。

表1 NEMA防护等级与IEC防护等级对照

NEMA	IP
1	IP10
2	IP11
3	IP54
3R	IP14
3S	IP54
4/4X	IP56

验证测试

手动操作机构验证主要包括寿命测试和手柄防护等级测试两大类。寿命测试要求操作机构与断路器配合进行，国内及IEC标准要符合IEC 60947-2及GB 14048.2规定的断路器寿命次数。分合闸循环操作次数不低于断路器本体的寿命操作次数要求，防护等级则参照相关标准要求进行测试，须达到要求的等级。根据不同应用场合不同国家地区标准，或是客户不同需求也会有不同的环境测试，或是针对手柄强度进行的测试等。

结束语

通过验证，该手柄可以应用于塑壳断路器、隔离开关等柜体内相关低压开关的操作。随着新能源产业的快速发展，适应新要求的断路器、隔离开关需求不断增加，同时与之配用的柜外操作手柄也将迎来更大的发展。**EA**

(收稿日期：2023-10-22)

参考文献

[1] 蒋顾平. 柔性杆手动操作机构设计[J]. 电器与能效管理技术, 2016, (12): 30-33.
[2] 低压开关设备和控制设备 第二部分: 断路器: GB 14048.2—2020[S].

