

# 增压泵漏电事故原因分析及提升产品质量的方法研究

沈平

中国检验认证集团福建有限公司 福建福州 350001

**摘要:** 产品质量是指产品满足规定需要和潜在需要的特征和特性的总和。即产品在使用时所呈现的可靠性、耐久性、安全性、保修等方面的性质。它在产品开发、生产、销售和使用的全过程中都起着至关重要的作用,直接关系到产品能否符合公众的需求,满足公众的期望,维护公众的安全和健康。本文对一起家用自来水增压泵漏电致人死亡的案例分析,探究类似产品的漏电原因,并提出改进措施,提升产品质量,保障公众安全。

**关键词:** 增压泵; 漏电; 产品质量; 产品改进

## 引言

家用自来水增压泵是安装在自来水管道上的小型水泵,可提高管道内自来水的流量和压力,解决高层住宅、偏远地区自来水压力不足的问题。近年,随着增压泵在普通家庭中的应用,增压泵漏电事件也偶有发生,严重时导致人身伤亡事故。通过中国裁判文书网查询,自2017年至2022年全国公开的各级人民法院审理的因增压泵在使用过程中漏电造成人员受伤或身亡的各类涉诉案件约79起。本文以一起增压泵漏电造成人员死亡的事例为例,通过对增压泵漏电原因的分析,为增压泵的设计和制造提供改进方案,提升产品质量。

## 一、基本情况

某位消费者在电商平台上购买了一套家用自来水增压泵,并自行安装在浴室电热水器下方。用户在洗澡时,增压泵突发漏电,致用户触电身亡。经过现场勘验和测试,排除了其它用电产品漏电的可能性。随后,调查人员发现增压泵的电源插头为一个五孔插座,该插座仅有一根两芯线接入,没有接地线,存在不安全用电的风险。沿插座电源线追溯,该电源插座由入户配电箱供电。在通电状态下,对配电箱内的漏电保护开关反复测试三次,漏电保护开关均能正常跳闸,表明漏电保护开关性能正常。在排除其他外部因素后,对增压泵进行拆解测试,寻找漏电原因。

**作者简介:** 沈平(1986.11-),男,汉族,籍贯:宁夏回族自治区银川市人,学历:本科,职称:工程师,研究方向:产品质量、检验鉴定。

## 二、产品测试

1、将该增压泵拆下,使用安规综合测试仪对增压泵在冷态下的绕组和电源线的绝缘进行测量。

(1) 电源插头线的线之间以及对地绝缘良好,电机绕组绝缘良好。

(2) 电机的连接线蓝线、黑线与电机外壳绝缘电阻为 $0.1M\Omega$ ,绝缘性能较差。红线与电机外壳绝缘电阻为 $0\Omega$ 。

2、对增压泵通电测试:

(1) 通电后,增压泵外壳对地电压为AC220V。

(2) 通电一分钟后增压泵外壳温度约为 $89^{\circ}\text{C}$ 。

3、对增压泵进行拆解:

(1) 拆解中发现,电机外部仅由铁皮包裹,支撑架与电机外壳使用螺丝固定,螺丝孔内没有密封件。拆开接线盒,接线盒与泵体之间无防护密封胶圈等防护措施。水汽易从外壳后部的孔洞、缝隙等缝隙进入电机内部。见图1。



图1-增压泵外壳

(2) 电机引出线孔洞处无绝缘子或其他等效物固定在开口处,电线有压痕,导线外皮由于受热融化,内部铜线露出。导线内铜线与外壳接触就会存在外壳带电。见图2。

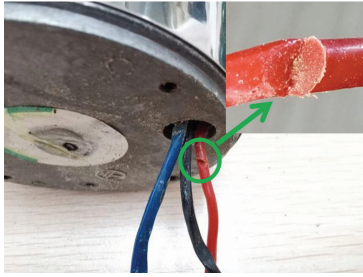


图2-导线穿过孔洞处破损

(3) 拆增压泵外壳, 电机转子轴承座生锈, 转子无法转动, 转子上存在水迹, 说明水泵转轴处有漏水情况。水泵转轴处黄油密封酯受到水浸、高温等影响, 已氧化。

(4) 拆电机定子绕组, 绕组存在烧焦味道, 线圈烧黑。定子绕组引出线部分有外皮烧融的痕迹。

(5) 接线盒内电线布局杂乱、无间隙。电线与螺钉之前缺乏防机械损坏的必要保护。

(6) 电机定子绕组内未发现过热(过载)保护装置。

### 三、综合分析

1、增压泵外壳有孔洞, 接线盒与泵体之间无密封胶圈等防护措施。电机外部仅由铁皮包裹, 水汽会从外壳孔洞等渗入增压泵内部。GB 16895.13-2022《低压电气装置第7-701部分: 特殊装置或场所的要求: 装有浴盆或淋浴的场所》中对安装在淋浴场所的设备要求达到IPX4或以上等级。通过拆机检查, 以产品其外壳IP防护等级无法达到标准要求。

2、壳体内存在生锈情况。增压泵若安装在浴室内, 该区域环境潮湿, 且与水源距离较近。长期受潮湿会导致电机绝缘降低、电路短路、电机轴承生锈、润滑效果降低、转子堵转等情况, 严重时造成电机过热, 甚至击穿绕组, 发生漏电事故。同时, 增压泵上面铭牌上用醒目的字注明“禁止安装在浴室内”。用户缺乏安全意识, 没有按照说明书上的要求, 错将该增压泵安装在浴室内。

3、当导线穿过电机壳体金属开口处时, 必须要有例如陶瓷、塑压材料、玻璃漆管、硫化纸板等质地良好的绝缘子或其他等效物固定在开口处, 其表面应光滑圆整、无毛刺、锐边等物, 并应有可靠的固定, 避免电缆受到机械损伤<sup>[4]</sup>。拆机过程发现, 电机导线从外壳穿出的孔洞处并无上述防护, 且导线绝缘层受到损坏, 导线外皮由于受热融化。若导线内部铜线与金属外壳接触就会存在漏电风险。

4、接线盒内空间较小, 电机引出导线紧密排列, 存在相互挤压或与外壳挤压, 与外壳、空洞等有锐角和锐

边的零部件的摩擦, 并无有效防护。

5、电器产品设计和制造时, 必须要有保护措施, 不仅在正常状态使用, 而且在非正常状态下, 都不应导致人身安全事故<sup>[5]</sup>。对于增压泵来说, 防止电机堵转或管道缺水空转, 造成电机温度升高或电流过高的异常状况, 应设有相应保护措施。最有效的方式就是检测电机定子线圈的温升或检测漏电电流, 异常时自动停机保护。该增压泵未在电机绕组中安装过热(过载)保护器件, 存在设计缺陷。

6、浴室内安装的五孔插座没有接地线, 在使用增压泵时, 如果发生漏电情况, 漏电电流无法导入大地, 通过增压泵外壳、金属管、水、人体与大地形成漏电回路, 极易导致人体触电。

7、通过以上案例, 分析造成本次触电事故的几个原因:

(1) 产品设计存在缺陷。

产品在设计时未充分考虑到产品使用的场所, 外壳防护等级设计较低, 导致产品进水; 导线穿过电机壳体金属开口处时, 没有必要的保护措施, 导致电缆外皮破损; 增压泵接线盒内空间较小, 电机引出导线之间相互挤压或与外壳挤压。增压泵未安装过热(过载)或漏电电流保护器, 无法在非正常状态下及时切断电源。

对于可能危及人体健康和人身、财产安全的工业产品, 必须符合保障人体健康和人身、财产安全的国家标准、行业标准; 未制定国家标准、行业标准的, 必须符合保障人体健康和人身、财产安全的要求<sup>[1]</sup>。本次事件中, 增压泵出现漏电, 存在危及人身安全的不合理危险, 可认定为产品缺陷。

(2) 用户安全意识不足。用户没有按照产品说明书的要求, 错将该产品安装在潮湿、水溅的环境; 在电路接通环节没配置必要的接地保护。

### 四、改进措施

通过此次漏电事故的分析, 对该类型产品在设计 and 制造提出几点改进措施:

1、增压泵的外壳应能按照IPX4以上的要求进行设计, 具有必要的密封防护措施, 防止各个方向飞溅而来的水不会渗入增压泵内部, 引起故障<sup>[2]</sup>。为解决产品能安装在户外、潮湿、水溅等地方, 提高产品的适应性, 建议产品外壳防护等级按IP55<sup>[5]</sup>或以上的要求设计, 可有效防止喷射的水浸入, 及灰尘的侵入。

2、提升导线保护措施。所有存在机械损伤的地方, 对导线、电器元件进行必要的保护。避免因机械损伤造

成导线、电器元件的失效。

3、水流经过的叶轮区域与电机区域完全隔离，达到水电分离。在实践中，因生产成本控制，市面上绝大多数类似产品都无法做到绝对的水电分离。通常会在水泵转轴处出现漏水，进而流入线圈，降低绝缘。主要原因有：（1）轴承磨损：水泵长期工作会导致轴承受到较大的压力和磨损，如果水泵轴承损坏，转轴不稳定，会导致漏水。（2）密封件老化：水泵的密封件主要有静密封或动密封，如果密封件老化或者损坏，就会导致水泵转轴处漏水。（3）轴承壳磨损：水泵转轴处有轴承壳，如果轴承壳磨损，会导致水泵转轴处漏水。以上问题可以通过提升轴承及轴承壳材质稳定性，避免轴承磨损、老化；提高工件加工精度，降低机械摩擦。同时，可以在泵体上设计压力释放功能。当泵内压力过大时，可自动打开放泄阀释放压力，避免因泵体压力过大，带来的间接磨损。本产品在制造时利用重力原理，将电机置于产品的上方，过水区域则置于下方，以避免管道内的水从下方流入电机。在轴承穿过这两个区域时，该产品采用了黄油密封脂。尽管这种材料价格低廉、使用方便，但在长时间使用后其密封性会降低，因此需要定期补充、更换，普通消费者无法完成此项工作。基于此，建议采用垫片密封或O型圈密封，这些密封方式比黄油密封脂更可靠。

4、在增压泵电机定子线圈内安装过热（过载）保护器或在电路中增加漏电电流保护器。当电机发生堵转或缺水引起绕组温度升高、漏电电流异常时能自动断电源，避免事故发生。

5、为了减少电击事故和接地故障电源切断时引起的停电范围，在产品的进线端或用户供电端设置漏电保护开关，形成两级剩余电流保护。

6、可以将产品插头设计成一个带有漏电指示功能的插头。只要使用220V交流电源的电器设备外壳带电，该插座面板上的LED指示灯便会点亮，告知用户“电器漏电，注意安全”。提供如图3的解决方案：

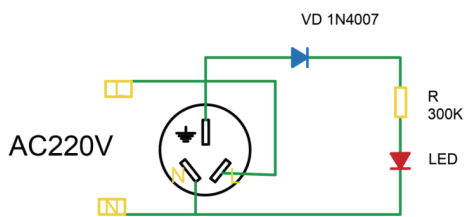


图3-一种电器设备外壳漏警示装置

当电器设备外壳漏电时，漏电电流从220V交流电源的火线（端）经电器设备的外壳流到地线，该漏电电压经1N4007二极管整流及电阻R降压限流后驱动红色LED点亮，必要时可增加蜂鸣器。类似设计只需普通的电子元件制作，成本低廉，效果明显。

7、将交流电机改成直流电机。电击对人体的危害程度，主要取决于通过人体电流的大小和通电时间长短。电流强度越大，致命危险越大；持续时间越长，死亡的可能性越大。人体在裸身时电阻最小，在潮湿环境中电阻更小。由于直流电压较低，可降低触电的危险性。同时，直流电机通常比同等功率的交流电机更高效，有助于节约能源。此外，将交流电机改成直流电机还涉及到成本问题。虽然直流电机在某些方面具有优势，但其制造成本通常较高，生产商可以根据使用场景、用户需求制定不同类型符合质量安全的产品。

8、增压泵虽然安装简单，但还是建议由销售商安排专业人员结合用户的具体环境情况，将其固定到位并进行正确的组装、连接、调试，以实现其预定使用功能的完整活动。不建议用户自行安装。

9、安全警示标识。在产品使用说明书中明确产品的安装范围及注意事项。在产品醒目的位置告知用户产品的通电方式、注意事项等。

10、加强市场准入制。生产企业严格按照产品质量标准进行生产，强化产品认证和检测，提升制造水平。

## 结语

本文介绍的家用自来水增压泵，虽然价值低，但使用广泛，因产品设计缺陷或质量问题导致的安全事故不容小视。通过优化产品设计，提升生产过程质量控制，建立完善的售后服务体系，提高用户安全意识，加强市场准入等手段有效预防和减少类似产品安全事故的发生，保障用户的安全。

## 参考文献

- [1]《中华人民共和国产品质量法》。
- [2] GB 16895.13-2022 低压电气装置第7-701部分：特殊装置或场所的要求：装有浴盆或淋浴的场所。
- [3] GB 4706.1-2005 家用和类似用途电器的安全：通用要求。
- [4] GB/T 12350-2022 小功率电动机的安全要求。
- [5] GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）。