

# 浅析可覆盖多个防水等级试验的实现方法

王 勇

通敏国际能源科技（深圳）有限公司 广东深圳 518110

**摘要：**本文介绍了一种新型设备，满足不同防水测试等级（IPX1到IPX4K）的需求。该设备采用多个精密流量计以及配备不同半径的摆管，可实现多样化的防水测试。与传统设备相比，这种新型设备具有降低投入成本和减少场地使用面积的优势。通过防水试验，本研究评估了产品保护罩、外壳和密封垫圈等在水中或淋雨条件下的有效性，为产品性能表现提供了科学可靠的数据支持。这种新型设备为防水测试提供了一种创新且高效的解决方案，对相关领域的研究和实践具有重要意义。

**关键词：**外壳防护；防水等级；试验方法；性能影响

## 引言

为了评估电气设备的设计质量，需要考虑其防护等级并进行相应的测试。GB/T 4208-2017标准中关于外壳防护等级（即IP代码）和ISO 20653-2013标准中有关电气设备的防护等级规定提供了重要的参考依据。在这些标准的基础上，本研究聚焦于防护等级中的滴雨和淋雨试验，设计一套科学合理的实验方案来评估电气设备在不同条件下的防护性能。通过实验设计，希望能够更加全面地了解电气设备在遇到滴雨和淋雨情况时的表现，为相关领域的研究和实践提供可靠的数据支持。

## 一、防水试验等级的试验方法

### （一）滴水试验（IPX1~IPX2）

滴水试验是一种常用的实验方法，用于模拟电子产品在潮湿环境中可能遇到的情况。通过将水滴在产品外壳表面，可以评估其在雨天气候下对物理结构和其他相关功能的影响。这种实验方法可以帮助研究人员了解产品在恶劣天气条件下的性能表现，从而指导产品设计和改进。在工程领域中，对于电子产品的可靠性和耐久性评估至关重要，因此滴水试验具有重要意义。通过对产品进行不同条件下的滴水试验，可以获得更多关于产品性能和稳定性的数据，为产品改进和质量控制提供科学依据。相关测试条件见表1，相关设备见示意图1、图2所示<sup>[1, 2]</sup>：

**作者简介：**王勇（1986-），男，汉族，湖北洪湖人，实验室副总监，本科学历，研究方向为可靠性与环境测试。

表1 IPX1~IPX2测试条件

第二位特征数字	试验方法	水流量	备注
1	使用滴水箱	1mm/min	针孔直径 D=0.4mm
2	使用滴水箱，四个位置倾斜15°	3mm/min	

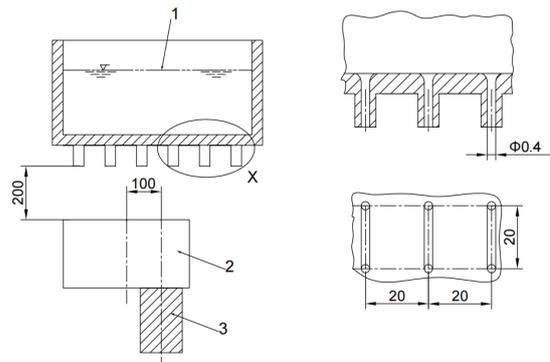


图1 IPX1试验装置示意图

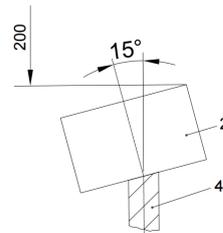


图2 IPX2试验装置示意图

选取了滴雨面积为1平方米的样品区域，根据标准要求进行了IPX1和IPX2等级的水流量换算。根据测试要求，IPX1级别的水流量为1L/min，而IPX2级别的水流量为3L/min。两者的主要区别在于，IPX2级别需要将样品倾斜15°进行测试，而IPX1级别需要将样品偏心100毫

米并且转速为1转/分钟进行测试。此外，两个级别的测试还存在流量差异。值得注意的是，在测试过程中，滴雨盘不能出现积水，这一点需要特别注意。这些测试条件和要求的严格遵守对于评估产品的防水性能至关重要，因此对测试细节的监控和执行非常重要。

### (二) 淋水试验 (IPX3~IPX4K)

在淋水试验中，水流量相较于滴水试验显著增加，因此试验标准更为严格。IPX3至IPX4K级别涵盖了淋水喷头和摆管两种实现方式。本文重点讨论了摆管试验方法。在摆管试验中，IPX3和IPX4级别的单孔流量分别为0.07L/min，而IPX4K级别的单孔流量则为0.6L/min，相关测试流量见表2，相关设备示意图见图3所示：

表2 IPX3、IPX4和IPX4K测试流量

管半径R mm	IPX3		IPX4		IPX4K	
	开孔数	总水流量 (L/min)	开孔数	总水流量 (L/min)	开孔数	总水流量 (L/min)
200	8	0.56	12	0.84	12	7.2
400	16	1.1	25	1.8	25	15
600	25	1.8	37	2.6	37	22.2
800	33	2.3	50	3.5	50	30

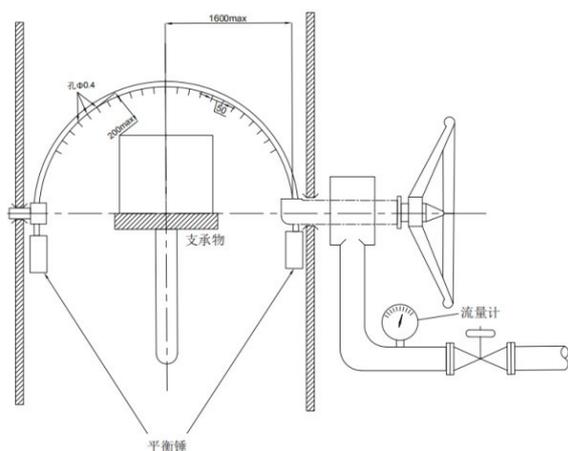


图3 IPX3~IPX4K试验装置示意图

IPX3测试中，摆管的中心点两侧各布置了60°弧段内的喷水孔。被测样品置于摆管的半圆中心，摆管沿垂直方向两侧各摆动60°，总计摆动120°。每次摆动大约需要4秒，持续时间为5分钟。随后，外壳沿水平方向旋转90°，再次进行5分钟的试验。

IPX4测试中，喷水孔则布满于摆管半圆内的180°范围内。摆管沿垂直方向两侧各摆动180°，总计摆动360°。每次摆动大约需要12秒，试验持续时间为10分钟。

## 二、覆盖多个防水等级试验的实现方法

### (一) 原理实现

在不同半径的喷水管道中，由于其开孔数量不同，导致IPX1到IPX4K防护等级所需的流量范围也从0.56L/min到30L/min不等。目前市面上较常见的解决方案是将IPX1到IPX2整合为一组设备，或者将IPX1到IPX4整合为一个设备，然而这些方案难以涵盖所有等级和不同半径的管道。本文提出了一种新的解决方案，通过多个不同量程的精密流量计和多个电磁阀的配合使用，可以覆盖多种防水等级的要求。这一方案解决了传统设备无法实现一机多用的问题，能够同时满足IPX1、IPX2、IPX3、IPX4和IPX4K的防水等级试验要求，显著降低了设备投入成本，节省了使用场地的面积。

其中：电子流量计1量程范围：0.1~8L/min

电子流量计2量程范围：3.3~20L/min

电子流量计3量程范围：10~100L/min

电子流量计4量程范围：0.1~8L/min

IPX1和IPX2测试：在进行IPX1和IPX2防水等级测试时，水由进水口进入系统，经由水泵加压。加压后的水流量通过电子压力计进行监测，并且由于IPX1和IPX2测试所需流量较小，系统中的多余压力通过电磁阀5进行控制。电子流量计4的量程范围能够满足IPX1和IPX2测试的要求。接着，水流经过过滤器后被输送至滴雨装置进行测试。

IPX3和IPX4测试：在进行IPX3和IPX4防水等级测试时，水同样由水泵加压，并由电子压力计进行压力监测。针对IPX3和IPX4测试的流量需求较小，系统中的多余压力同样通过电磁阀5进行释放。在测试过程中，系统需开启电磁阀1，以便通过电子流量计1对水流量进行精准控制，随后水流经过过滤器和旋转接头被输送至摆管进行测试。根据测试需求选择适当直径的摆管，以完成IPX3或IPX4的测试。

IPX4K测试 (R400及以下摆管)：在进行IPX4K防水等级测试时，当使用R400及以下直径的摆管时，水由水泵加压并经过电子压力计进行压力监测。多余的压力通过电磁阀5进行泄压，此时系统需开启电磁阀2，利用电子流量计2对流量进行控制。经过过滤器和旋转接头的水流被输送至摆管进行IPX4K测试。

IPX4K测试 (R600及以上摆管)：当进行IPX4K防水等级测试且使用R600及以上直径的摆管时，系统通过电子压力计进行压力监测，并通过电磁阀5释放多余压

力。此时，系统需开启电磁阀3，并利用电子流量计3对流量进行控制。经过过滤器和旋转接头的水流被送至摆管进行IPX4K测试。

## （二）试验验证

按照上述原理图将IPX1~IPX4K的功能集成到一套防水等级试验系统上，采用反馈式流量调节，将角度、转速、摆管半径尺寸、时间、流量等参数均通过计量校准通过后开展测试，测试过程严格按照相关标准执行。

在进行实验之前，必须检查针头是否存在堵塞或偏斜等问题。如果发现堵塞，建议立即采用高压冲洗方法清洁<sup>[3]</sup>针头，或考虑更换针头。实验开始时，建议首先启动设备并等待水流稳定，然后再放置样品。通常情况下，样品应模拟实际安装状态放置，并需满足样品与针头之间的特定距离要求。在淋雨过程中，应选择合适半径的摆管，并注意样品是否需要旋转及其时间要求。

## 结束语

（1）针对不同半径的摆管所覆盖的流量范围广泛，本研究通过有效结合流量计和电磁阀的方式，旨在利用更少的元件、更小的体积、更低的成本，以实现多功能性，并能够满足多种不同类型的测试需求。这种设计使得装置更加灵活、高效，并可适用于各种试验方法。

（2）在未来的研究中，考虑将IPX5、IPX6、IPX6K、IPX7和IPX8等多种功能集成到同一台装置中，实现设备的集约化。这一举措将进一步提高装置的整体性能和多

样性，使其能够胜任更广泛的试验要求，从而推动淋雨和滴雨测试设备的进一步发展与创新。

## 参考文献

- [1]倪红华,陈琪,林玮,等.外壳防护等级IP1X、2X、3X、4X和附加字母测试应用五图法[J].日用电器,2022,(09):101-104.
- [2]马红.GB/T 4208-2017《外壳防护等级(IP代码)》标准解读与应用[J].中国标准化,2020,(S1):213-218.
- [3]王珊珊,吴凤萍,朱珈,等.外壳防护等级(IP代码)试验能力验证计划常见不合格案例分析[J].日用电器,2020,(05):20-22.
- [4]陈福文.IP防护等级的测试与装置[J].现代信息技术,2019,3(14):125-127.
- [5]彭光琼,刘奕宁.防护等级试验及注意事项[J].仪器仪表标准化与计量,2019,(03):43-45.
- [6]李敏.外壳防护等级的选择与应用[J].环境技术,2017,35(05):62-64.
- [7]GB/T 4208-2017,外壳防护等级(IP代码)[S].
- [8]左智敏,田甜,萧威.IP X1、X2装置滴水试验系统的研究[J].电气开关,2017,55(03):61-64.
- [9]刘红,张朝冠,司念朋.电热水器外壳防护等级的质量问题分析[J].日用电器,2010,(10):49-52.
- [10]朱雪玮.防水试验室设备的研制与应用[J].环境技术,1998,(04):5-8.