

# 电子衡器防雷击系统的研究与实践

徐州矿务集团质量技术监督处 毕思武

**【摘要】** 电子衡器防雷击系统是一个性能先进的综合复杂的雷电保护系统,主要采用了传感器、仪表等电位保护、传感器电流泄放通道、电源多级防雷保护、安装防雷接地网、安装雷电记录仪进行实时监测等现代雷电防护技术。该系统结构合理、性能价格比较高、具有较高的可靠性、较好的规范性和先进性。适用于大型电子轨道衡、汽车衡和高炉配料秤等,使用该系统不仅会给企业带来较大的经济效益,也会带来较好的社会效益。

**【关键词】** 电子衡器( electronic weighing instrument ) 防雷击系统( the system of protection against struck by lightning ) 研究与实践( researche and practice )

## 一、引言

徐州矿务集团是全国特大型企业之一,百年老矿。在十五期间,生产煤炭 8000 多万吨,完成营业总收入 350 多亿元。全公司配备各种轨道衡、汽车衡 80 多台,其中电子轨道衡、电子汽车衡达 40 多台,承担着频繁的煤炭销售计量任务。然而,每到雷雨季节,都有电子衡器因遭雷击而损坏,甚至电子衡器整体被摧毁。一次雷击给企业造成的经济损失可达几万到几十万元,更严重地是使企业声誉受损,间接损失无法估量。如在 2004 年的雷雨季节,我公司某矿新安装的一台 50t 的全电子汽车衡,因遭受雷击致使一只数字传感器损坏,造成直接经济损失两万多元,后虽经厂家给予更换、修复,但在时间上影响了该矿的煤炭销售,造成的间接损失近十万元。因此,我们认为:雷击,既影响了衡器使用单位经营活动的正常进行,使企业蒙受了间接的经济损失,同时又损坏了电子衡器系统,给企业造成了直接的经济损失,给国家造成了有限资源的浪费,这与我国创建节约型社会的基本国策相违背,所以,开展电子衡器防雷击系统的研究势在必行。

但是,电子衡器防雷击系统的研究是一项复杂的系统工程,它需要衡器生产厂家和使用单位通力合作。同时,电子衡器防雷击系统的设计、安装、使用又是创建节约型社会的一种理念,有了这种理念,生产厂家就会在衡器设计时,进行防雷击的设计工作;作为使用单位,在衡器安装时就会根据本地区的雷电特点、安装位置进行防雷装置的配置,从而保证电子衡器的安全使用。我们正是基于这种理念,研究、开发了电子衡器防雷击系统,收到了较好的效果。

## 二、电子衡器遭受雷电袭击损坏的原理

雷电是一种常见的自然现象,它具有极大的破坏力。自然界中常见的雷电主要有直击雷、感应

雷和传导雷三种。当直击雷对地放电时，在  $8\mu\text{s}$  左右达到峰值，并在  $40\mu\text{s}$  内完全泄放，因此，直击雷电流具有幅值极高、频率极高、冲击力极强等特点，在地网中产生的电位差会损坏电器设备，甚至直接危及人的生命；当雷电击中输电线路或闪电放电发生在输电线路附近时，产生的感应雷经由电力线以及与外界有电路联系的信号电路使电子设备损坏，通过对雷击事故分析的结果可以得出这样一个结论：雷电造成的电子设备的损坏，90%以上是感应雷造成的；传导雷是指远处的雷电击中线路或因电磁感应产生的极高电压，由室外电源线路传至建筑物内，损坏电器设备。特别是电子轨道衡系统，雷电可通过轨道对衡器系统进行直接破坏。因此，直击雷、感应雷和传导雷均会作用在电子衡器上进行不同程度的破坏。

大型电子衡器一般都处于室外露天场所，秤台及钢轨等大型金属构件极易遭受雷电袭击，特别容易产生由于电磁感应而导致的浪涌电压，因此，安装在秤台下的传感器及与其相连的二次仪表和相应的计算机系统，很容易遭到雷电的袭击而损坏。大多数情况下，由于传感器弹性体与秤台是处于电气连通状态的，而传感器的弹性体与电子电路之间耐压极限只有  $1\text{KV}$  到  $1.5\text{KV}$ ，传感器弹性体上感应的高电压会将传感器的应变片和其后的相应电路击穿，这就是大型电子衡器经常因遭受雷击而损坏的最主要的原因。

当电子衡器遭受雷击时，有强大的电流通过传感器的弹性体。经实验测试，即使在传感器的两端加装多条短路分流带，由于高频电流的趋肤效应，当冲击电流达到  $60\text{KA}$  时，传感器两端的压差可达数千伏，传感器弹性体上有巨大的电流通过，此电流产生的电磁场强度足以破坏传感器内部应变电路和电子电路，进而波及到与其相连的二次仪表及计算机系统。这也是大型电子衡器容易遭雷击而损坏的原因之一；架空的供电电源也极易遭受雷电袭击，所以架空电源也是大型电子衡器易遭雷击而损坏的原因之一。总之，凡是与电子衡器系统有电路连接或信号联系的地方，都有可能引入雷电袭击而产生浪涌电压，造成衡器系统损坏。

### 三、电子衡器防雷击系统设计方案

电子衡器防雷系统是一个复杂的综合保护系统，要求在防雷击的同时电子衡器的计量性能不变，不能影响衡器的正常使用，这既是电子衡器防雷击系统设计的关键、特色之处，也是设计的难点，我们按照现代防雷技术的要求，建立“综合防护、系统防护、逐级限压”的全面防护的感念，做到：方案优化、技术合理、经济有效、安全可靠，把雷电灾害降低到最低水平。

电子衡器防雷击系统设计方案是依据现代防雷技术设计规范，结合电子衡器的结构特点，同时考虑技术和施工上的可操作性而设计的电子衡器系统通用防雷击方案。而对于每一台具体的电子衡器，则要根据具体情况对本方案略做修改即可。

#### 1. 对传感器、二次仪表等电子衡器整体的各个部分，作特殊的等电位防雷保护。

等电位保护是电子衡器系统雷电保护系统的核心和根本。雷击时，在强大的雷电电流泻入大地的瞬间，由于接地线存在电阻和电感，因此整体衡器系统对地可产生几万甚至几十万伏的高电位，此电位对电子衡器的各个部分甚至整体系统都是毁灭性的。本系统对整体衡器系统的各部位（传感

器、仪表和计算机)的各种接口均做相应的等电位保护,使整体衡器系统的基础电位随地线电位的变化而变化,实质上也就是水涨船高之意,这就避免了雷电流产生的高电位对电子衡器造成的破坏。

#### 2. 切断传感器弹性体与秤台的电气通道,另外提供电流的泄放通道。

只做等电位保护还不够,还必须切断传感器与秤台的电气连接。雷击电流可以看做超高频且能量巨大的电流,与直流电流有着本质的区别,决不能以直流电阻来计算雷击时通过传感器弹性体的电流。实验测试表明:虽然在传感器的两端加装多条短路分流带,但仍不能有效地保护传感器。本方案采用特殊装置,彻底切断传感器的电流通路,彻底阻断雷电流通过传感器弹性体,从而避免了雷电流产生的电磁场对传感器的破坏,同时保证雷击电流通畅地泄入大地。

#### 3. 供电系统做多级防雷保护。

以上两条措施可以对整体衡器系统具有一定的保护功能,但对来自电源的雷击浪涌则无能为力。而架空供电的电源线极易受到雷电袭击而产生浪涌通过电源,造成衡器系统损坏,因此,电源系统更应该加强防护。对此,本方案采用多级防护电路,只有这样,才能把较大的各种浪涌电压削减到设备能够承受的水平,才能给设备提供安全有效的保护。系统对电源采用 B+C+D 三级防雷保护方案。

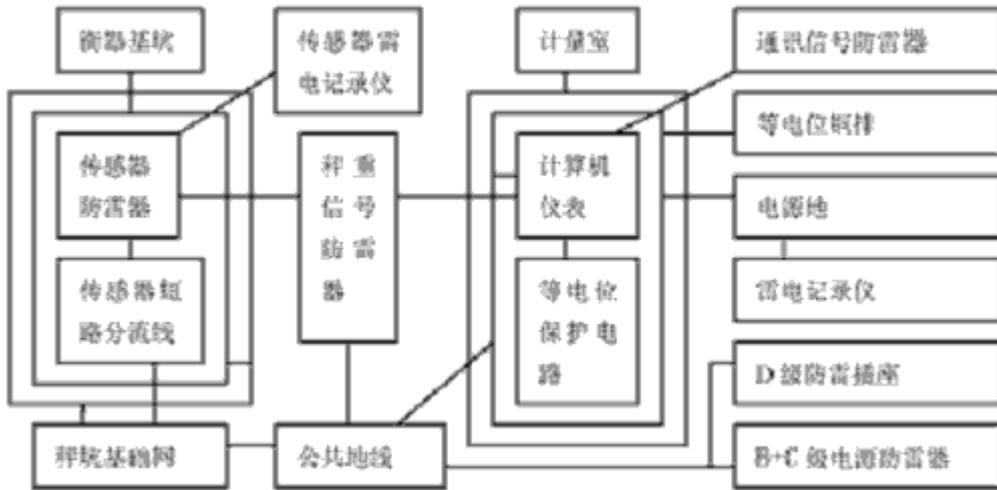
#### 4. 在秤台周围构建包括秤台基础在内的防雷接地网,整体系统在秤台附近单接地。

整体衡器系统实现如上各项保护措施后,能不能达到预期目的,关键在于整体衡器系统的接地方式。本系统采用的接地方式为:在秤台周围构建包括基础在内的防雷接地网,整个系统在秤台附近单点地。这样,整体衡器系统只有一个基础电位,当发生雷击时,此电位就会随着接地点的电位起伏而变化,确保整体衡器系统安然无恙。

#### 5. 安装雷电记录仪,对电子衡器防雷系统作实时监测。

雷电记录仪是一种小型雷电感应记录设备,它可以准确记录各种导线上由于雷电感应或则其他原因形成的浪涌信号,它不仅可以记录发生浪涌的时间,而且可以记录浪涌电流的强度。由深圳锦天乐公司发明的国家专利产品 UC-2000 雷电记录仪采用了功能强大的单片机系统和大容量的存储器,先进的档案数据管理方式,可存储 4000 条记录。查询方式方便简单,先进的自复位系统,可以保证在任何条件下都不会死机。带有背光的大屏幕液晶显示系统,可以保证在任何条件下都能清楚地查询记录。由于仪雷电记录仪能实时测量记录雷电发生的强度和发生的时间。本系统内安装两台雷电记录仪,分别测量电源的接地点和传感器接地点的雷电电流强度和发生的时间,对衡器整体防雷击系统进行实时监测。

国际电工委员会标准将各种类型的电子系统,如计算机、通信设备、工业和商业自动化控制系统等归为信息系统,信息系统的防雷及过电压保护是一种系统工程,必须贯彻整体防护的思想,综合运用分流(泄流)、均压(等电位)、屏蔽、接地和保护(箝位)等各项技术,构成一个完整的防护体系,才能取得最佳效果。电子衡器防雷击系统正是按照这一要求进行设计的,电子衡器防雷击系统组成原理如图所示。



电子衡器防雷击系统示意图

#### 四、电子衡器防雷击系统的评价

由于电子衡器防雷击系统按照现代防雷技术的要求，采取了“全方位防护、综合治理、层层设防”的设计方法，所以它具有规范性、可靠性和先进性。

电子衡器防雷击系统所涉及的技术虽然属于边缘科学，但是在进行设计施工时，我们严格按照国际电工委员会 IEC 标准、法国 NFC 标准、德国 VDE 标准和中国 GB 标准与有关部委颁发的设计规范要求进行设计施工，使得系统设计达到规范性和标准化。

电子衡器防雷击系统是一个有机的整体系统，其所选用的组成部件有任何一个失效，都会影响整体防雷击系统的效果，甚至失去对衡器系统的保护功能。因此，防雷击系统的可靠性尤为重要。为了保证选用的防雷产品的性能、质量和技术全部都是最优良的，客观上要求必须通过权威检测机构的认可。本方案中所选择的所有防雷器均通过信息产业部通信产品防雷性能质量监督检测中心的检测，是检测报告有效期内性能稳定、质量可靠的防雷产品。例如经深圳锦天乐防雷技术有限公司中心实验室 200KA 雷电电流发生器的实际测试，在接地系统良好的情况下，不接各防雷模块，当冲击电流达到 5 千安时（感应雷的电流强度），衡器系统出现损坏；而我们设计的防雷击系统，冲击电流逐渐加大到 127KA，对秤台、电源火线、电源零线各冲击 3 次，整体系统仍完好无损，此电流强度相当于较强雷电直接击中衡器。本系统不但在实验室检验合格，而且已在处于强雷区的十几处动态轨道衡和汽车衡上使用，经近两年使用无一受雷击而损坏。由此可见，本电子衡器防雷系统不但能防感应雷，更重要的是能防传导雷和直击雷，具有较高的可靠性。

本电子衡器防雷击系统以现代防雷技术理论为指导，结合电子衡器的结构原理，按照设计规范要求，采用“综合防护、系统防护、逐级降压”的全面防护的方法，设计的防雷击系统采用国家先进的专利技术，利用计算机监控技术，对防雷击系统进行实时监测。该防雷击系统通过国家防雷检

测权威机构检测合格，达到国内领先的技术水平。

## 五、结束语

本电子衡器防雷击系统结构合理、性能可靠，该系统对受保护的电子衡器系统不做任何改动，不影响衡器的计量性能。当有雷电袭击时不用停电，电子衡器正常计量，可以广泛应用于铁路、公路超偏载系统，动、静态电子轨道衡、电子汽车衡，高炉秤、配料秤、皮带秤等各种电子衡器系统，并根据其所处雷区的雷电特点，选用不同的配置方案。该系统性能价格比高，可为用户带来巨大的直接经济效益，同时，也会产生巨大的社会效益，特别符合我国“建立节约型社会”这一基本国策，有利于使用单位花最少的钱，获得最大的经济效益。

## 参考资料

- (1) 《国际建筑物防雷设计规范》 IEC1024-1, 1990。
- (2) 《建筑物防雷设计规范》 GB50057-94 (2000 年版)。
- (3) 《计算机信息系统防雷保安器》 GA173-1998。
- (4) 《计算机信息系统雷电电磁脉冲安全防护规范》 GA267-2000。
- (5) 《电磁兼容试验和测量技术浪涌(冲击)抗扰度试验》 GB/T17626.5-1999。
- (6) 《电子秤技术》施汉谦、宋文敏，中国计量出版社，1991 年 9 月第 1 版。

## 作者简介

毕思武，江苏省徐州矿务集团质量技术监督处衡器天平检定站，站长、高级工程师。联系地址：江苏省徐州市西关煤建路 17 号，邮编：221006，电话：0516-82622286，电子信箱：xzbisiwu@126.com