

从“绿色衡器”理念看衡器技术的发展

上海大和衡器有限公司 陈日兴

【摘要】 本文试图根据我国大力推进生态文明建设的基本国策，从衡器行业的环保、安全、节能、高效等技术要求的内容，结合衡器产品设计与应用，用了较大的篇幅分别阐述了衡器行业中“绿色衡器”理念中衡器技术的最新发展与应用。

【关键词】 绿色衡器；环保；安全；节能；高效

前 言

2010年12月在坎昆召开的世界气候大会上中国发布了碳排放的路线图，并承诺到2020年将二氧化碳的排放量减少40%~45%。2011年3月发布的我国“十二五”规划中也密切关注气候变化和环境问题，提出了采用能效技术降低二氧化碳排放的要求。据相关资料^[2]介绍，我国工业界的能耗约占全国总能耗的51%，因此工业降低能源消耗和提高能源效率是国家可持续发展的基本国策。

在党的十八大报告中最突出的一点就是提出了大力推进生态文明建设。着力推进绿色发展、循环发展、低碳发展，树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念，形成节约资源和保护环境的空间格局，建设美丽的中国。

在2012年11月举办的“2012上海国际工业博览会”及“机械设计技术OEM高峰论坛”上，一些国际自动化业界的巨头，如施耐德、ABB、Pilz、Rockwell、Siemens、施迈赛等公司又一次大规模推出了各自的“绿色机器”对策及绿色安全的自动化产品。

衡器行业如何顺应国家发展的基本国策，创新开发节能增效产品是衡器技术面临的又一新的课题。对于我国衡器工业而言，环保、安全、节能、高效构成了一幅绿色衡器的蓝图，也将是我国衡器技术发展又一新的目标。

以下分别按上述四个方面来阐述工业衡器“绿色制造”理念及衡器技术的发展与应用。

一、环保与衡器技术

1. 衡器与控制大气污染物排放

大气污染目前是全国人民最为关心的话题之一。以前人们总认为环保与衡器是两个不同的行业，但随着科学与技术的进步，新一代的衡器应引入环保要求的概念。特别是工业衡器中的重力式自动配料称重系统、连续累计自动衡器系统等产品，在大量的工业原料配料、输送及动态称重过程

中，由于各种物料在输送、流动中的扬尘对周围空气造成的污染，可能造成当地大气环境中PM1、PM2.5、PM10 允许浓度值的超标。因此早在相关标准中就规定了工业大气污染物的排放应符合国家GB 16297 对环境大气污染物综合排放标准中表 1“现有污染源大气污染物排放限值”、表 2“新污染源大气污染物排放限值”中规定的不同污染物的最高允许排放浓度（ mg/m^3 ），最高允许排放速率（ kg/h ）及无组织排放监控浓度限值的要求。如何在新设计的系统中加入除尘系统的设计，以便符合国家环保的要求，是所有承接工业原料配料称重系统设计时必须考虑的课题。

现以橡胶轮胎行业密炼上辅机的称重配料系统举例说明如下：

橡胶轮胎行业称重配料系统属于空气污染的重点监测区域，需要设置多种除尘装置。该系统在炭黑原料称重配料；各种促进、软化、防老化、填充添加药品的称重配料；高温油料称重配料等过程中，都会有粉尘散发出来，如不采取措施，将会对密炼上辅机称重配料现场环境及大气产生污染，粉尘中含有高分子聚合物粉尘、炭黑以及有毒有害气体粉尘颗粒长时间浮游在空气中，吸入人体后能引起纤维性病变，造成硅肺病。其中可挥发的碳氢化合物在大气中超过一定浓度，除直接对人体健康有害外，在一定条件下经日光照射还能产生光化学烟雾，对环境和人类造成危害。上述粉尘如果落在密炼上辅机称重配料机械转动部位，将会加速机械磨损，落在电气设备上，将会造成接触不良或短路，使控制失灵，现场如果粉尘积聚过多，还会造成粉尘自燃等严重后果。因此橡胶轮胎密炼上辅机称重配料系统的除尘配置显得尤为重要。

除尘机设计选型的步骤应优先考虑粉尘与含尘气体的特性、工艺环境、处理风量、系统阻力、风机与滤材选择等方面技术条件，进而考虑进风口、灰斗、清灰系统的设计形式以及除尘机本体设计的合理性。工业原料称重配料系统中的除尘装置应根据不同现场的生产与环境条件进行合理的评价与设计配置，特别是对于粉尘与含尘气体的特性要有深入的了解，不能生搬硬套。

2012 年由上海大和衡器与国内知名除尘机设计生产部门合作，为国内某新建橡胶轮胎公司的密炼上辅机系统设计制作了五套除尘设备，其中难度最大的炭黑配料与密炼机入口订制的一套除尘设备，由于除尘机入口介质为高温油雾与炭黑混合物，设计确定过滤面积为 392m^2 ，实测风量达到 $200\sim 250\text{Nm}^3/\text{min}$ ，运行中实测除尘效率 $> 99.95\%$ ，排放口的含尘浓度远小于国标中规定的 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ，系统总阻力 2550Pa ，完全达到原设计指标与用户的要求。据介绍在国外，此类较复杂的除尘机系统一般 3 个月就需要更换一次过滤组件，而本次设计目前已连续运作 10 个月以上，系统阻力一直稳定在 2500Pa 左右，无须更换过滤组件，大大减化了因更换过滤组件带来的工作量及给员工带来恶劣的工作环境和停产的时间。

衡器行业除了在承接大型工业原料配料系统中需要考虑除尘设备的设计与选型。在衡器产品的生产过程中，例如：钢板原材料的预处理、焊接钢结构的喷砂、抛丸处理，特别是公司内对于出厂产品的物料试验过程中产生的污染排放物的除尘，如何确保达到各行业对于大气污染的各类粉尘颗粒排放的国家和行业标准要求，是需要关注的课题。

2 . ROHS 指令与衡器对策

为控制和减少电子信息产品废弃后对环境造成的污染，保护环境和人体健康，欧盟早在 2002 年就发布了 2002/95/EC《关于在电子电气设备中限制使用某些有害物质指令》即 ROHS 指令。规定自 2006 年 7 月 1 日开始投放欧盟市场的新电子电气设备不含铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯、多溴二苯醚。ROHS 指令的实施迫使我国的工业企业不得不进行产业升级，淘汰有害物质转为使用无害环保材料。

我国信息产业部会同国家七部委发布的《电子信息产品污染控制管理办法》第39号令在2007年3月1日正式实施。要求在国内生产、销售和进口电子信息产品过程中控制和减少电子信息产品对环境造成污染。信息产业部随后制订了SJ/T 11363-2006《电子信息产品中有毒有害物质的限量要求》、SJ/T 11364-2006《电子信息产品污染控制标识要求》、SJ/T 11365-2006《电子信息产品中有毒有害物质的检测方法》，以及一系列检验检疫SN行业标准对于六种有害物质规定的具体的测定办法。

我国衡器行业与上述规定的电子元器件及相关部件产品有关的材料如下：PVC电线、电缆接头、涂料——含铅、含汞；焊接的铅、基板和电子零件的铅锡焊接——含铅；包装材料（纸箱、缓冲材、PE袋、胶带）使用涂料、墨水——含铅、含镉、含汞、含六价铬；钢材、铝材、铜材、陶瓷基材的电阻、压电器件——含铅；电气触点、保险丝、电阻、焊锡——含镉；电气接点表面处理——含镉；表面处理（电镀、铬酸盐处理）涂料——含镉；各类树脂、橡胶制品用安定剂——含汞；防锈处理（螺丝、钢板）、涂料——含六价铬。

衡器生产厂的具体的对策是在生产或采购的电子信息产品（主要指电子元器件、线路板、电池、电线电缆等电子材料和计算机及外部设备、测量仪器等）说明书上应填写有毒有害物质的名称及含量；应标注环保使用期限，并在说明书上说明使用条件及配套件特别标识，环保使用期限；应标注回收利用标识；应在包装物上标注包装物材料代号（根据 GB18455-2001 要求）。

在目前我国衡器行业中凡是涉及出口欧美国家的产品，或者从国内规模企业采购的一些电子信息产品上，ROHS 对策执行得较好。值得可喜的是，在我国一些卓有远见的衡器传感器企业除了申请 ROHS 认证外，还引进了 ROHS 材料分析仪器，为进一步确认采购的材料是否符合 ROHS 对策提供了证据，值得推广。

3 . ISO 14000 的环保体系认证

ISO 14000 是国际标准化组织（ISO）制定的一系列环境管理国际标准，它包括了环境管理体系（EMS）、环境管理体系审核（EA）、环境标志（EL）、生命周期评价（LCA）、环境绩效评价（EPE）等。为各国政府及各类组织提供统一、一致的环境管理体系、产品的国际标准和严格规范的审核认证办法。

我国衡器行业在生产制造过程中对污染物排放的控制，促使企业加强环境管理，促使企业在其生产、经营活动中考虑环境的影响，增强企业员工的环境意识，促使企业节约能源，利用再生废弃

物，降低经营成本，使企业获得进入国际市场的“绿色通行证”。在目前国内衡器产品大项目的招标中，除了要求 ISO 9000 全面质量管理体系认证外，ISO 14000 环保管理体系的认证要求也成为了必备的条件之一。可喜的是衡器行业中目前已经通过 ISO 14000 环保体系认证的企业越来越多。

二、安全与衡器技术

1. 功能安全技术^[1]

近几年在工业衡器技术的发展中，开始引入了功能安全技术的要求。最新概念的功能安全控制系统的宗旨是提高工业产品的可靠性与安全性。在工业衡器的系统设计中应根据现场的不同安全等级要求，选择不同的功能安全器件及功能安全系统。目前我国工业自动衡器的产品中采用功能安全集成控制系统已初露端倪。在重量自动分选衡器、连续累计自动衡器中，皮带秤、给煤机、皮带配料秤、重力式自动装料衡器中的大型称重配料系统、产品称重包装生产线、动态辊道秤、动态胶料秤等产品中，功能安全集成控制系统已有应用的实例。例如：一个典型的自动衡器产品生产称重系统中，安全锁、安全急停按钮、拉线急停开关、感应式安全光幕以及控制柜中的安全继电器、安全 PLC 以及安全型现场总线等软硬件动作互相关联，组成了一个完整的功能安全集成控制系统。

根据功能安全技术的要求，工业自动化装置在设计前应对设计方案进行风险评估。风险评估的流程是：首先要确定当前或者发展中可能存在风险的等级，通过评估、设计、选择、验证以及维护等一系列程序来建立真正安全的生产环境，这些都要遵循相关的国际安全标准和规则。较为复杂的工业产品系统（SIL3 等级以上的）能够达到何种安全等级，一般是需要由第三方机构进行认证的。目前我国主要由一些权威的外资机构如德国 TUV 公司等在中国开展了产品安全等级测试及认证工作。我国在前几年也成立了国家级的功能安全中心，可进行基于 IEC 61508（现行国家标准为 GB/T 20438-2006）等标准，对安全设备的安全完整性等级（SIL）或者性能等级（PL）进行评估和确认的一种第三方评估、验证和认证。

功能安全认证主要涉及：安全设备开发流程的文档管理（FSM）评估，硬件可靠性计算和评估、软件评估、环境试验、EMC 电磁兼容性测试等内容。对机器进行过危险性分析后，制造商可以采取如下三种措施来减少事故的可能性，将机器的危险性降低到可以承受的程度：在设计机器时将可能出现的危险降低到最少；对于无法避免的危险，采取必要的安全保护措施；对用户进行培训，避免剩余危险可能导致的伤害。

工业衡器的机电部件设计安全的具体措施可以是：对于作旋转运动的零、部件应装设防护罩或防护挡板、防护栏杆等安全防护装置，以防发生绞伤；对于超压、超载、超温度、超时间、超行程等能发生危险事故的零、部件，应装设保险装置，如超负荷限制器、行程限制器、安全阀、温度继电器、时间断电器等等，以便当危险情况发生时，由于保险装置的作用而排除险情，防止事故的发生。对于某些动作需要对人们进行警告或提醒注意时，应安设信号装置或警告牌等。如电铃、喇叭、蜂鸣器等声音信号，还有各种灯光信号、各种警告标志牌等都属于这类安全装置。对于某

些动作顺序不能搞颠倒的零、部件应装设联锁装置。即某一动作，必须在前一个动作完成之后，才能进行，否则就不可能动作。这样就保证了不致因动作顺序搞错而发生事故。

工业衡器的安全称重控制系统的具体设计措施可以是：安全开关的双触点结构设计；安全继电器的双通道输入设计；安全PLC的双CPU结构设计；控制软硬件的冗余容错技术设计；考虑完整的安全仪表回路设计；考虑系统在线可维护性设计；使用在线测试技术；重视整个安全生命周期内设计、实施、维护规范；独立的团队负责整个项目的管理和实施。

尽管越来越多的衡器产品最终用户和制造商已经意识到安全的重要性，但是不少衡器企业并未认识到应从系统上根本解决安全的问题，安全理念和相关技术与标准的实施在我国衡器行业推广的道路仍然漫长。

2. 机电设备的电气安全在衡器产品标准中的作用

在近几年的衡器产品国家标准与规程的讨论中，在衡器同行中对于衡器产品的安全技术的要求，到底是参考实验室仪器类计量器具的安全技术标准呢，还是参考机电设备的安全技术要求，是有争议的。

笔者认为，衡器技术随着应用领域的不断扩展，工业衡器的控制与驱动已经与计量密不可分，往往在一套完整的工业称重控制柜中，可能既有低电压电气组件，又可能出现强电流驱动电路，动力驱动装置与称量装置是互相错落交叉的。但遗憾的是，目前我国大部分衡器业界和衡器计量技术机构对于工业控制仪器仪表安全的认识普遍不足，始终认为计量是衡器的本分，安全是用户或其它工业部门考虑的事情。持该观点者往往忽略了最根本的一条，如果衡器装置仅考虑弱电安全措施，而忽略强电安全措施，将会带来什么后果。如果不考虑强电干扰与 EMC 电磁兼容的安全措施，一旦安全措施失效，则计量装置将会瘫痪。

欧盟国家在前几年出台的 CE 低电压安全指令、北美出台的 UL 安全认证、俄罗斯 CU 关税同盟最新出台的 EAC 安全标志等，均对于进口到这些国家和地区的低电压设备设置了安全技术法规屏障，我国在前几年出台的 3C 认证也同样对于进口中国的电子产品设置了安全的门槛。衡器行业如何应对各种安全指令，需要引起足够的重视。

3. 防爆技术在衡器产品中的作用

众所周知，衡器产品在易燃易爆等特殊使用环境条件变化的影响将采取相应的设计措施。近几年国际电工委员会出台了关于爆炸性环境用电气设备安全标准认证体系(简称 IEC Ex 体系) Ex/OD 005 制造商质量体系要求，中国在 2003 年也出台了《防爆电气产品认证工厂质量保证能力要求》(等同采用 IEC Ex 的 Ex/OD 005) 认证，要求在国内的防爆设备生产企业凡已取得 IEC Ex 防爆产品制造许可证的，每年必须通过防爆电气产品工厂质量保证体系的认证审核。IEC Ex 体系颁发的 3 种证书如下：

! 防爆型式检验报告 (IEC Ex Test Report, 缩写 Ex TR)

工厂质量检查报告 (IEC Ex Quality Assessment Report,缩写 QAR)

认证证书 (IEC Ex IEC Ex 认证证书 Certificate of Conformity , 缩写 CoC)

2011 年国际标准化技术委员会与国际电工委员会将 Ex /OD 005 工作文件/第 2 版《IEC Ex 对制造商质量体系要求》进行了修订，并将 IEC Ex 的 Ex/OD 005 文件正式上升为 ISO/IEC 国际标准 (ISO/IEC80079-34 (第 1.0 版 2011-04)《爆炸性环境 第 34 部分：设备制造商质量体系应用》)。由此可见，防爆电气产品质量体系的认证已经成为防爆产品认证的重要组成部分。

近几年随着国际防爆技术的发展，2010 年我国的一些与衡器相关的主要防爆国家标准相应进行了修订。例如：GB 3836.1-2010 (IEC 60079-0:2007 , MOD)《爆炸性环境 第 1 部分 设备 通用要求》、GB 3836.4-2010 (IEC 60079-1:2007 , MOD)《爆炸性环境 第 4 部分：由本质安全型“i”保护的的设备》、GB 3836.2-2010 (IEC 60079-11:2006 , MOD)《爆炸性环境 第 2 部分：由隔爆外壳“d”保护的的设备》、GB 3836.3-2010/IEC 60079-7:2006《爆炸性环境 第 3 部分：由增安型“e”保护的的设备》。特别要指出的是新增了 GB 3836.20-2010/IEC 60079-26:2006 爆炸性环境 第 20 部分：设备保护级别 (EPL) 为 Ga 级的设备。该标准主要针对 0 区或跨区域的危险场所。规定了当设备出现罕见故障或两个互相独立的故障时，其结构应该具有保护级别 (EPL) 为 Ga 级的结构形式。

关于粉尘类防爆电气设备，虽然国际上早已有 IEC 61241-0:2004 《Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust-part 0:General requirements》、IEC 61241-1:2004 《Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust-Part 1:Protection by enclosures “tD”》，在中国只有在 IEC Ex 认证时才采标，对于国内的取证中新老标准还在交替过渡中，IEC 标准还没有完全转化为国标。特别要指出，在防爆电气设备的选型中出现的误区是：对于好多需要现场粉尘防爆的设备选型，好多衡器制造企业不知道该如何选择防爆电气设备，而只是简单地选用气体防爆的电气设备。如何加强防爆知识的宣贯是目前衡器行业的当务之急。

三、节能与衡器技术

新一代的衡器称重系统，还应引入节能要求的概念。摆在我国衡器工业界的节能要求，应分为两个方面，首先是设计的产品应符合国家重点节能政策。例如，根据国家战略性新兴产业中第一大产业的节能要求，在电力行业结合“智能电网”与降低单位 GDP 能源消耗、大规模脱硫改造、在建材、冶金行业符合行业节能的发展要求，衡器工业在自动衡器产品上，特别是连续累计自动衡器技术研发上，应继续研发高效节能、先进环保和资源循环利用的新产品。

其次是在自动衡器设计中应采用节能增效的部件。例如：对于自动衡器的传动系统中功率消耗较大的电机，应选用能力等级高的电机产品。最近我国发布了GB 18613-2012《中小型异步电动机能效限定值及能效等级》的国家标准，并于 2012 年 9 月 1 日正式实施。该标准参考了 IEC 60034-30 《单速三相笼型感应电动机效率分级》的要求。国家将依据新版电动机能效标准开展电动机能效标识、节能认证和惠民工程等政策的实施。新标准发布以后，原能效 4 级、3 级产品将不能再在市场

上销售，2级以上产品才为节能产品。现在国标能效等级3级与国际IEC标准中的IE2一致，国标能效等级2级与国际IEC标准中的标准IE3一致，国标中最高能效等级1级与国际标附录A中推荐表一致，国标规定电机节能评价时在额定输出功率的效率应采用1级或2级的要求。因此在自动衡器的传动系统设计中，在选用电机时尽量选用经过节能认证的高效电机产品。据有关资料介绍，采用高效电机的优势除了可延长使用寿命，还有助于10%节能效果^[2]。另外在衡器设计选型时，应从节能的角度考虑，排除以往的经验主义的设计理念，选用精确计算过、匹配最合适功率的电机比单选用过大功率的电机，其最大的好处是一方面性价比提高，另一方面可缩小供电控制系统的规模，预计可实现3~4%的节能效果。

在自动衡器设计中采用节能增效的材料，提高产品的性价比，就是在满足功能要求的前提下，考虑合理地节省材料。例如：采用优化设计的简单机构设计替代复杂机构设计同样达到所要求的功能的实例；采用优化的工艺措施降低制造成本的实例；采用新技术的轻型新材料代替传统昂贵的材料；在系统设计中尽量采用变频器用于皮带传送、油泵、压缩机的驱动；采用交流驱动器的直流母线技术使制动或减速期间反馈至电网或变频器，从而减少能耗多达40%；在电控系统内的信号灯用LED代替传统的白炽灯；在HMI中TFT屏幕改为低功耗的LED屏幕；利用HMI产品的休眠模式，可使本身的功耗降低至少50%。

但是在这方面，目前我国衡器制造业出现了大量走入误区的现象，而且有越演越烈的趋势。例如：为了考虑降低制造成本，在汽车衡产品的设计中，为了满足用户使用和国标对于秤台刚度的要求，本应采用10mm的面板厚度，却采用了6mm的面板厚度，致使该产品在实际使用中，秤台严重变形，计量性能下降，用户提出要更换产品，从而造成了浪费；又如：为了同行销售竞争的需要，汽车衡用的钢制称重传感器的材料从1Cr18Ni9TiA降到了1Cr13，再从1Cr13降到了40Cr的材料，笔者认为无论采用何种材料，首先必须进行完整的产品型式评价以及长期稳定性的考核，如果单纯为降低成本而牺牲产品质量的行为是万万不可取的。

4. 高效与衡器技术

我国《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》中提到了七大战略性新兴产业的重点发展方向和主要任务。根据上述国家战略性新兴产业中第一大产业中的高效率装备的要求，如何研发出自动称重系统的高速、高效产品，从而大大提高我国自动衡器产品的整体水平，是目前的当务之急。

新一代的自动衡器称重系统在实现高效方面，自动衡器在系统设计方案中采用更为高效的自动操作模式替代传统的手动或半自动操作模式，以便最大程度地提高用户的劳动生产效率。

2012年11月在上海举办的“中国国际工业博览会”上的“OEM机械设计技术高峰论坛”上，施耐德电气集团的应用开发工程师介绍了一种基于MachineStruxure M218 TVDA的构架及功能控制模块，开发了与电脑组合秤配套使用的立领式包装机控制系统^[2]。将该公司特有的能耗测量方案应用到该系统的设计中：整机采用拉膜、封口双伺服控制系统，可通过HIMI实现拉膜和横封口压力和横

封张开梁的自动设定、调节。新开发的HIMI触摸屏，由于设计了休眠模式，当设备不运行时可节省50%的HIMI能耗；设计的LED灯柱型式，可节省80%的能耗；重新使用伺服反馈的能量，可节省高于12%的能耗。由于采用了高效节能型的控制模块，使得整机的包装速度由以前的90包/min（±1.5mm），提高到190包（±1.5mm），总能耗节省5%。达到了既节能又高效的目的。

衡器产品的节能、高效是相辅相成的，只有高效才能节能。上述要求符合绿色发展、循环发展、低碳发展的理念。

结 尾

在全球国际金融危机后的大背景中，欧美等发达国家竞相提出了“绿色新政”的经济；我国的“十二五”规划中提出了采用能效技术降低二氧化碳排放的要求；在党的十八大报告中又提出了大力推进生态文明建设，建设美丽中国的基本国策。本文据此从“环保、安全、节能、高效”的四大准则出发，结合衡器产品设计中如何控制污染物排放、实施ROCHS指令对策、功能安全、电气安全、防爆、控制能耗、节能增效等方面的叙述，提出了“绿色衡器”的设计理念，以期我国衡器技术发展迈入又一个新的台阶。

参考文献

1. 陈日兴. 《功能安全系统技术在工业衡器的最新应用》. 第十一届全国称重技术研讨会论文（中国衡器协会）2012.5 南京.
2. 施耐德电气工业有限公司《业务的节能增效白皮书》. 2012 上海国际工业博览会. OEM 机械设计技术高峰论坛. 2012.11. 上海.

作者简介

陈日兴，出生于1946年，男，汉族，上海市人，大学本科，高级工程师，原上海大和衡器有限公司总工程师，享受国务院政府特殊津贴专家。研究领域：电子衡器产品开发与计量技术。国内外发表技术论文70多篇。