

# 略谈装备故障诊断的无损检测技术

杨占营

装备故障诊断技术“无损检测”是利用物理或机械方法,在不损坏被检测对象的形体和使用性能的前提下,检测材料是否存在缺陷或探测材料的物理和机械性质的检测技术。

## 一、装备故障模式

装甲战斗车辆等装备结构机件和系统零部件的故障,是导致装备构件潜在故障和系统功能故障的主要原因之一。其故障模式主要有腐蚀、磨损、变形与断裂等。

**腐蚀** 腐蚀是指金属受周围介质的作用而引起的一种损坏现象。装备的金属机件受到腐蚀后,会使机件的强度下降,还会产生腐蚀脆性,降低机件的承载能力,甚至造成零部件的全面损坏而报废。

**磨损** 装备零部件由于摩擦而导致其表面物质不断损失的现象即为磨损。零部件磨损后改变了原有的形状及几何尺寸、降低了强度、增大了接触面的粗糙程度,是导致零部件失效和故障的普遍形式及主要原因。

**变形** 装备构件由于受到力的作用,使其尺寸或形状产生改变的现象,叫做变形。一些构件和系统附件由于外载荷、内应力及高温作用而产生变形是常见的。金属材料经塑性变形后,会引起组织结构 and 材料性能的变化,塑性变形较大时还会使构件产生内应力和硬化现象,使韧性变差、强度下降和抗腐蚀性降低。

**断裂** 金属构件达到完全破断,谓之断裂。装备的金属构件在各种不同情况的载荷作用下,当局部破断(裂纹)发展到临界裂缝尺寸时,剩余截面所承受的外载荷因超过其强度极限而导致完全破断,使构件完全失去应有的效能。

此外,为了把装备机件一切偏离规定技术条件的不合格状况都置于维修要求之中,装备构件和系统附件管路上存在的一些失常现象,比如那些未超过规定的损伤、裂纹及松动、渗漏等,均视为可以显现鉴别的潜在故障。

## 二、装备故障的无损检测技术

在装备维修中无损检测技术主要有渗透检测、磁粉检测、涡流探伤、超声波探伤及射线探伤等。

**渗透检测** 渗透检测包括着色检测和荧光检测两种。一般情况下,这两种方法对金属和非金属零部件的表面缺陷,即使是形状很不规则的表面,也可进行检测。正因为它设备简单、操作方便,不受材料性质的限制和表面形状的影响,所以应用较广泛。

**着色检测** 着色检测综合利用物理学中的浸润、扩散、毛细管现象和吸附作用,将有色渗透液渗入缺陷(裂纹)的缝隙中,再用显示剂将渗透液从缺陷缝隙中吸至表面而显色显示出缺陷,并用肉眼进行直接观察。这种方法的优点是灵敏度高、分辨力强、直观性好。但使用该方法时必须除去保护层(油漆)和污垢,检测工作量大、时间长(全过程约1.5~4h)。低温条件下可靠性差,液体反复使用时易堵塞细小的缝隙,纹痕与黑暗表面反差较小,故此法不适用于检测过细的疲劳裂纹。

**荧光检测** 荧光检测的基本原理与着色检测法相同。不同的是渗透液是采用一种荧光物质,在紫外线的照射下激发出荧光,从而显示出材料表面缺陷。这种方法的检测灵敏度比着色法要高。

上述两种方法对工艺程序与安全规定要求很高,要严格按照操作规程进行,防止探伤液和挥发气体对人体的侵害。

**磁粉检测** 磁粉检测也称磁力探伤,它是利用铁磁粉在泄漏磁场会形成聚积的现象,来显示零部件(指铁磁性材料制件)的表面或近表面缺陷的。

在磁粉检测中,磁化零部件常用电磁铁两极之间的磁场、螺管线圈中间的磁场、给零部件直接通电产生的磁场,以及永久磁铁的磁场。不论被检铁磁性零部件在哪一种磁场中磁化,其最终结果都相当于把被磁化的零部件变为一块磁铁,即成一块特殊形状的磁体。这块磁体若完整无损,则磁感线呈闭合状,若磁体内部或者表面有缺陷(裂纹、非磁性夹杂或气孔等)时,则磁感线就不能呈闭合状。受磁体缺陷的影响,原来均匀分布的磁感线会被分割成三部分,一部分被迫从磁体缺陷下部通过、一部分强行通过缺陷、另一部分被排挤到磁体外部。磁感线就会改变原有的分布密度和方向,好像是磁体被缺陷分割成数块或数段,形成数块磁体的两端磁极,而磁

极对磁粉的吸附力是最强的, 这时在有缺陷的地方撒上磁粉或喷涂磁悬液, 必然会在磁极处(如裂纹处)形成磁粉聚积而显现出缺陷来, 并且可根据磁粉聚积的形状判定缺陷的性质, 这样就达到了磁粉检测的目的。若磁感线的射向与缺陷的走向相垂直, 磁感线分割的现象就越明显, 显现出的缺陷就更清晰; 若磁感线的射向与缺陷的走向相一致, 或者夹角小于 $20^\circ$ , 磁体被分割得不明显, 漏磁很少, 吸附磁粉的能力大大降低甚至吸附不起来, 缺陷也就显现不出来。所以在磁粉检测时, 要预先弄清被检件因受力而裂损和加工的工艺情况, 以便采取相应的磁化方法。

磁粉检测只能用于铁磁材料的零部件, 且只能检测表面或近表面的缺陷。一般情况下能发现缺陷的最大深度为 $0.1\text{mm}$ 、最小宽度为 $0.001\text{mm}$ 、最短长度为 $0.3\sim 1\text{mm}$ , 若缺陷再小, 磁粉检测就无能为力了。可见, 其优点是灵敏度高、可靠性强, 并且可以拍出缺陷的图像。但检测前必须除去缺陷部位的保护层; 磁粉掉入轴承内或精密结合部位会影响机件的正常工作; 某些机件的退磁很复杂, 某些结果的判读比较困难。

**涡流探伤** 在一个交变的磁场中, 放置一个封闭线圈, 则线圈中就会产生交变的感生电流, 它的频率和磁场的频率相同。若利用一块金属导体代替线圈, 则金属导体中也同样会产生环形感生电流, 称之为涡流。涡流探伤的基本原理就是根据电磁场和被检金属材料制件(导体)之间的相互作用, 在金属制件内部产生涡流, 由于涡流的大小除和电磁场的交变频率、电磁感应系数有关外, 还和金属材料内部有无缺陷(如裂纹、夹杂、气孔等)有关, 若被检金属制件有缺陷时, 则在缺陷处产生的涡流就会减小, 由涡流引起的功率损耗就会降低, 同时电路阻抗也会有新的变化。涡流探伤就是利用一部电子仪器, 通过探测线圈激励电磁场, 对被检金属件测定探测线圈中因涡流而引起的阻抗变化(或测定功率损耗的变化), 从而判断被检金属件有无缺陷。

**超声波探伤** 超声波, 就是弹性介质的质点在外激力作用下的机械振动, 以声波的形式在弹性介质的内部(或表面)进行传播。超声波在介质中传播时, 具有反射性、折射性和定向性。制成的超声波探伤仪, 就是利用超声波遇到不同的弹性介质时反射或穿透来寻找零件中隐藏的缺陷的。利用超声波的

定向性, 对被检件中的缺陷进行扫描定位, 利用声反射或穿透能量的大小判断缺陷的大小, 根据声速和声波在介质中传播到缺陷处所需的时间来测定缺陷的距离。实际应用中有3种方法, 即脉冲反射法、穿透法和共振法。用得最多的是脉冲反射法, 它使用探头(一种换能器)发出的超声波脉冲在被检件中碰到不同介质(如裂纹、气泡及夹杂等)的界面时就发生反射, 根据反射波的强弱、位置和波形, 就可判断出有无缺陷及缺陷的大小和位置。

超声波在介质中的传播形式有多种, 用于检测的主要是纵波、横波、表面波和板波等波形。纵波常用于检测厚板、锭材和大型锻件, 横波用来检测焊缝、管材和形状较复杂的零部件, 表面波大多是用来检测零件表面的裂纹缺陷, 而板波主要用于检测厚度小的板材和带件。按扫描的类型又有A、B、C型之分, A型以脉冲波形显示缺陷的大小和深度, B型显示的是与声束相平行的零件断面的截面像, 而C型显示的是被检件某一深度上与声束相垂直的平面投影像。其中以C型的应用最广。制成的超声波探伤仪, 一般已标出型号, 使用者可根据需要选用。超声波探伤具有灵敏度高、探测深度大、操作方便、费用经济、对人体无害等优点, 装备维修中可用于检测压气机及涡轮盘与叶片, 螺旋桨的桨毂和桨叶, 机身框架等。但这种检测方法的工艺难度大, 对各种零件和材料往往要有专用探头, 对被检件表面的光洁度要求高, 对形状复杂的零件有时还无法检测。对检测结果的判读、缺陷部位和性质的确定比较复杂, 不能直接看到检测结果。所以要求对操作者进行专门培训, 并在检测实践中不断积累经验。

**射线探伤** 射线检测主要利用高穿透能力的放射物质发出的X射线和 $\gamma$ 射线, 在不伤害物体的情况下穿透被测对象, 然后在底片或屏幕等介质上生成影像记录, 并通过判读影像, 检测出材料内部的缺陷情况。

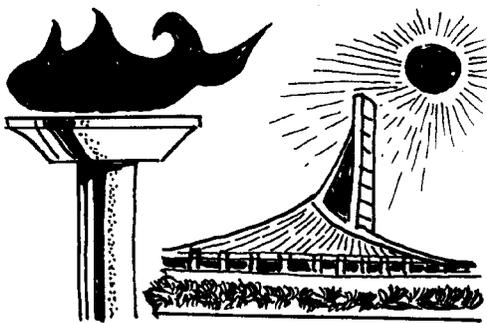
穿过材料或工件的射线由于强度不同, 在X射线胶片上的感光程度也不同, 由此生成内部不连续的图像。射线探伤是利用射线的穿透性和直线性来探伤的方法。这些射线虽然不像可见光那样凭肉眼就能直接察知, 但它可使照相底片感光, 也可用特殊接收器来接收。常用于探伤的射线有X光和同位素发出的 $\gamma$ 射线, 分别称为X光探伤和 $\gamma$ 射线探伤。当这些射线穿过(照射)物质时, 该物质的密度

# 太阳光导照明系统简介

赵洪波

2008年北京奥运会确定了“绿色奥运、科技奥运、人文奥运”三大理念。目前这一理念已经体现在奥运场馆的建设中,场馆的照明设备大量采用太阳能、风能等清洁能源维持运行。柔道跆拳道比赛场馆——北京科技大学新体育馆的太阳光导照明系统就是

其中的一个亮点。因为体育馆的顶层多为网架结构,如果用开天窗的方法采光,会被屋顶杆件遮挡,效果不理想。目前,北京科技大学新体育馆屋顶安装了160个直径为530mm的光导管,将采集罩采集来的自然光通过漫散射器均匀照到场馆内部(图1)。在阳光比较好的情况下,它采集的光线基本能



够满足比赛和训练的要求,从而节省了电能。下面我们将对太阳光导照明系统的硬件设备和工作原理作一个简单介绍。

太阳光导照明系统是自上世纪80年代国外兴起的一种新型照明装置。目前,美、日、英等国家开发的太阳光导照明系统

已进入市场,该装置可直接将日光导入没有向阳窗户的室内,并过滤掉光谱中的有害成分,适用于办公室、商场、医院、教学楼、动植物养殖场等大型建筑,可提供白天10个小时左右的照明,并且有成本低、寿命长、安装方便等优点。太阳光导照明系统主要由三部分组成,即采光装置、导光装置和漫散射装置(图2)。



图1 北京科技大学新体育馆室内透视图

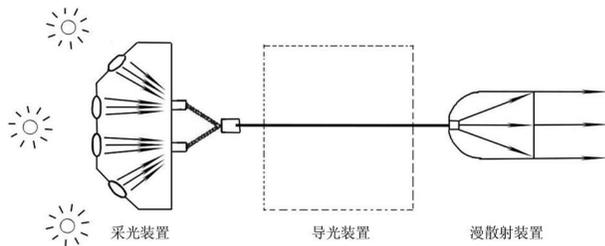


图2 太阳光导照明系统

## 一、采光装置

系统的采光装置一般安装在建筑物的屋顶,外

越大,射线强度减弱得越多,即射线能穿透该物质的强度就越小。此时若用照相底片接收,则底片的感光量就小;若用仪器接收,获得的信号就弱。因此用射线照射待探伤的零部件时,若其内部有气孔、夹渣等缺陷,射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多,其强度就减弱得少些,即透过的强度就大些,若用底片接收,感光量大些,就可以从底片上反映出缺陷垂直于射线方向的平面投影;若用其他接收器也同样可用仪表反映缺陷垂直于射线方向的平面投影和射线的透过量。由此可见,一般情况下射线探伤是不易发现裂纹的,或者说射线探伤对裂纹是不敏感的。因此,射线探伤对气

孔、夹渣、未焊透等体积型缺陷最敏感。即射线探伤适用于体积型缺陷探伤,而不适用于面积型缺陷探伤。

射线探伤法的突出优点是,不受被检零件材料和形状以及所在位置的限制,能检测金属和非金属件的内部缺陷。但缺点也是明显的,设备笨重、费用较高、对射线的安全防护措施极为重要。

随着武器装备的系统化、复杂化、信息化以及计算机技术、信息技术的迅速发展和应用,越来越多的先进检测技术将广泛用于维修领域,解决装备在一定的维修级别、在规定时间内“修得好”和“修得快”的问题,极大提高装备的战备完好率,促进了部队战斗力的增长。(安徽省蚌埠坦克学院 233050)