

汽车变速器齿轮故障诊断方法综述

王在峰

(浙江省玉环县质量技术监督检测中心 浙江 玉环 317600)

【摘要】 对汽车变速器齿轮在不解体的情况下进行故障检测诊断技术进行了介绍,阐述了磨损残余物分析技术、振动监测技术、声发射技术、光纤传感技术以及人工神经网络诊断等各种方法的特点及优缺点,以及对故障诊断的进一步发展进行了展望。

【关键词】 齿轮;监测技术;故障诊断

【中图分类号】 TH165+.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-773X(2007)04-0041-03

0 引言

由于汽车的特殊运行条件和运行环境,以及汽车行驶过程中经常性换挡,使得变速箱中齿轮副、轴、轴承等常发生故障。据统计由齿轮失效引起的汽车变速器故障占全部原因的60%。在这里齿轮失效的主要形式有齿面过度磨损、较严重的点蚀剥落和弯曲疲劳引起的断齿等,在良好的工作条件下,疲劳断齿的现象较少,且一旦出现容易判别。因而随着汽车技术的发展,对变速箱实施故障诊断、特别是对齿轮的诊断变得尤为重要。

目前,对汽车变速器齿轮故障诊断的实施方法有很多种,如磨损残余物分析技术、声发射技术、光纤传感技术、振动监测技术等。文中主要介绍了各种故障诊断方法,并对各种方法进行了比较。

1 常见故障诊断方法

机械设备故障诊断技术以机器学为基础与信息科学、系统科学、人工智能和计算机技术相结合的多学科交叉的综合性实用技术。它以计算机、传感器、信号分析与处理为基础,通过设备状态检测、故障诊断,能定性、定量地掌握设备运行状态参数,预测设备可靠度,对故障产生原因、部位和严重程度进行识别、判断和决策。

1.1 磨损残余物分析诊断法

磨损失效是变速箱齿轮最常见、最主要的失效形式之一,在运行过程中当发生齿面磨损时,磨损的残余物可以在润滑油中找到。而所谓磨损残余物分析法就是通过测定机械零部件磨损残余物在润滑油中残余物含量来迅速获取机器失效的有关信息。目前测定的方法分为三种^[1]:一种是直接检查残余物,以及测定油膜间隙内电容或电感的变化、润滑油的混浊度变化等方法以迅速获得零件失效的信息。第二种是残余物的收集,例如采用磁性探头、特殊的过滤器等收集齿轮、滚

动轴承等工作表面疲劳引起的大块剥落颗粒。第三种方法是油样分析。

油液分析技术对研究机械磨损的部位和过程、磨损失效的类型、磨损的机理、油品的评价有着重要的作用,它是在不停机、不解体的情况下对机械设备进行状态监测和故障诊断的重要手段。而油液分析技术又分为两大类:(1)油液本身的物理化学性能分析,即采用润滑油综合分析检查仪,对使用中的润滑油黏度、酸值、水分及不溶物质等主要理化指标进行分析;(2)油液中的不溶物质的分析技术,也称为磨屑监测技术。

磨屑检测方法有光谱分析法和铁谱分析法^[2]。目前常用的是铁谱分析法,铁谱分析利用高梯度强磁场将油液中金属磁性颗粒分离出来制成谱片在显微镜下观察磨屑的成分、形貌和尺寸,用光密度计检测磨屑的相对含量。可判断磨损状况,预报零部件的失效,该方法能分离出润滑油较宽尺寸范围的磨屑,应用范围广,由于采用专门的铁谱仪,(直读式铁谱仪、分析式铁谱仪)可对磨损程度进行定性分析和定量测量,诊断的结果可靠性高,但它对润滑油中非铁系颗粒的监测能力较低,所需设备复杂,需有经验的专业人员完成。

利用磨损残余物故障分析技术来检测诊断变速器中的磨损类故障比较有效。振动诊断法虽然也可在一定程度上对磨损类故障进行诊断,但有很大的局限性。因此该方法是判断变速器磨损故障的有力工具。

1.2 振动监测技术诊断法

目前在诊断技术上应用最多的是机械振动信号,其原因是由振动引起的机械损坏比率很高。据统计,因振动引起的机械故障占60%以上;其次是机械运转过程中振动信号的获取容易,且振动信号中包括大量反映机械设备状态的信号,很多机械故障都能以振动状态的异常反应出来。振动监测诊断技术^[3]是通过检测

设备的振动参数及其特征来分析设备的状态和故障的方法。由于振动的广泛性、参数多维性、测振方法的无损性和在线性,决定了人们将机械设备振动监测诊断作为机械设备故障诊断的首选方法。

汽车变速箱齿轮表面失效后,在运行过程中产生了与正常齿轮啮合有别的振动和噪音^[4]。利用振动检测技术,通过测取汽车运行过程中的振动信号,振动的测量参数有速度、加速度和位移,可根据变速箱频率来选择测量的参数和传感器。为了检测到足够数量,又能真实地反映变速箱齿轮状态的信号,要恰当地选择振动测量点。通常选择能够对变速箱齿轮振动状态作全面反映的振动敏感点,离诊断的核心部位最近的关键点和容易发生劣化现象的易损点,以保证振动信号测量的有效性。由于振动监测诊断技术能实时地、直观地、精确地表征机械动态特征及其变化过程,监测诊断方法简单实用,而被广泛应用。如赵凤强等人^[5]利用振动信号对长春一汽集团变速箱厂的变速箱噪声声压进行标定,对其可能存在的故障进行诊断,取得了比较满意的效果。郑殿旺等人^[6]研究了基于振动监测技术,探讨了倒谱分析机理,通过汽车变速器台架模拟故障试验分析,得出用倒谱分析汽车变速器齿轮故障的阈值,理论分析与实验结果一致。

1.3 声发射技术诊断法

所谓声发射(Acoustic Emission,简称AE)^[7]是指物体在受到形变或外界作用时,因迅速释放弹性能量而产生瞬态应力波的物理现象。而弹性波可以反映出材料的一些性质,故声发射技术就是用仪器检测、分析声发射信号和利用声发射信号诊断故障的一种方法。汽车变速箱齿轮是高速旋转机械,由于运行过程中不平衡、不对称、热弯曲等,会发生转子碰磨,此时金属内部晶格将发生滑移或重新排列,这个过程中能量的变化以弹性波的形式释放出来,即产生了声发射信号。然后通过数据采集模块完成对声发射检测数据的采集、转换和存储,利用计算机对数据进行实时分析、处理而对变速箱齿轮进行在线监测,能够及时准确地捕捉微弱的故障信号,极大地提高了汽车运行的安全性。但应指出的是,由于受声发射源形状、波的传播途径及波形变化等诸多因素的影响,利用声发射信号判断结构内部缺陷的变化,是需要专门技术的,其关键技术之一就是排除背景噪声的干扰。

声发射监测是^[8-9]一种动态无损检测方法,但它与其他无损检测方法有所不同,声发射信号是在外部条件作用下产生的,对缺陷的变化极为敏感,可以检测到微米数量级的显微裂纹发生、扩展的有关信息,检测灵

敏度很高。但得不到关于剥离出现的信息,这种限制是由源发生机制引起的。此外,因为绝大多数材料都具有声发射特性,所以声发射检测不受材料限制,可以长期连续地监视缺陷的安全性和超限报警,这是声发射检测优于其他无损检测的地方。但大多数声发射信号很弱,人们不能直接听到,需要借助于灵敏的电子仪器才能检测出来。因而,关于AE测量法的应用,除最大限度地使用AE测量法的优点外,应与其它测量方法联合使用,收集必要的信息。声发射技术的研究与应用在我国已经取得相当的进展。如新型声发射仪器的研制、声发射信号的人工神经网络分析、声发射源严重度模糊综合评价、声发射信号的逆源问题研究、复合材料变形损伤过程的声发射研究、动设备的状态检测和标准的制定等,我国声发射技术正在走向成熟。

1.4 光纤传感技术诊断法

光纤传感技术^[10]是利用光纤对某些特定的物理量敏感的特性,将外界物理量转换成可直接测量信号的技术。由于光纤不仅可以作为光波的传播媒质,而且光波在光纤中传播时表征光波的特征参量(振幅、相位、偏振态、波长等)因外界因素(如温度、压力、应变、磁场、电场、位移、转动等)的作用而间接或直接地发生变化,从而可将光纤用作传感元件来探测各种物理量。传感器是一种能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成输出信号的器件或装置。任何传感器,特别是那些被安装在汽车壳内的传感器,必须经受住恶劣环境的考验,如高温、冲击、连续振动、腐蚀性气体和电磁场等。而光纤传感器(OFS, optic fiber sensors)^[11]由于具有抗电磁干扰能力强、灵敏度高、电绝缘性好、安全可靠、耐腐蚀、可构成光纤传感网等诸多优点,因而在汽车行业中也得到了广泛的应用。光纤传感技术已经向集成化、功能化和智能化的方向发展。传感器的功能化^[12]意味着传感器自身不仅有检测功能,还具有信号处理和其它功能。传感器跟其它功能结合则产生新的功能。近年来,国外已研制多种能检测二个以上不同物理量的传感器。利用特殊陶瓷构成能分别检测湿度和气体,以及温度和湿度的多功能传感器以实用化。

1.5 人工神经网络技术诊断法

在变速箱诊断方法中常利用箱体的振动加速度信号的时域和频域特征参数来判断故障的有无。不同类型的变速箱、传感器的安装位置等对这些特征参数影响很大。再加上汽车变速箱结构上的复杂性,使得特征参数与故障之间的映射关系非常复杂。这些给正确地诊断带来了一定的困难。故障诊断技术发展的主要趋势是智能化诊断。人工神经网络(Artificial Neural Net-

work, 简称 ANN)^[13] 是基于神经科学研究的最新成果而发展起来的边缘学科, 由大量简单的神经元通过互连而形成的非线性高度并行处理的网络, 它是人脑的一种数学抽象。ANN 以其联想、记忆、自组织及自学习能力和极强的非线性映射能力, 在故障诊断领域中得到了广泛应用。它利用领域专家解决问题的实例来训练神经网络获取知识信息, 采用隐式表示神经网络知识, 自动产生的知识用网络结构和权值表示。对同一问题若干知识表示在同一网络中, 便于知识自动获取及联想推理, 并通过神经源间相互作用实现。通过自学习不断完善诊断系统提高诊断准确性。胡凯成、李川奇等人^[14] 对如何更好地应用 ANN 解决汽车变速箱状态监测和故障诊断中的特征选择、特征提取、诊断模型和寿命预测模型的建立等问题进行了详细的讨论。

2 展望

随着微电子技术发展、大规模集成电路技术应用、计算机技术和传感器技术的进步, 各种信号分析手段的增多为故障诊断技术的发展提供了良好的机遇。使故障诊断趋于自动化、数字化、智能化和综合化; 应用软件规范化, 硬件专业化、标准化; 诊断仪表与装置趋向工程网络系统发展。目前人们正致力于研究和改进传感器与监测仪器、开展基于小波分析的故障诊断技术研究、开展分形几何在汽车故障诊断中的应用研究、开展基于 Internet 的远程协作诊断技术。而 Internet 的远程协作诊断技术能够充分利用更多的技术经验和诊断数据共享, 从而提高设备诊断的准确性, 并能在诊断中心中对企业、工程和农场等的设备监测诊断动态管理, 实现资源利用充分, 生产效率高、成本低, 施工质量

好的综合目标。

参考文献

- [1] 裴俊峰, 杨其俊. 机械故障诊断技术[M]. 石油大学出版社, 1997.
- [2] 丁康, 王志杰. 汽车变速箱故障诊断技术的研究[J]. 汽车开发与研究, 1997(4): 50~54.
- [3] 黄伟力, 黄伟建, 等. 机械设备故障诊断技术及其发展趋势[J]. 矿山机械, 2005, 33(1): 66~68.
- [4] 羊拯民, 张成宝. 时序分析在汽车变速箱齿轮故障诊断中的应用[J]. 农业机械学报, 2005, 31(3): 92~95.
- [5] 赵凤强. 汽车变速箱的声振诊断及噪声控制. 硕士学位论文[D]. 大连理工大学, 2001.
- [6] 郑殿旺, 陈庆新, 等. 汽车变速箱齿轮故障的定量诊断研究[J]. 中国公路学报, 1995, 8(4): 130~133.
- [7] 叶琳, 张艾萍. 声发射技术在设备故障诊断中的应用[J]. 新技术新工艺, 2000(8): 16~17.
- [8] 黄文虎, 等. 设备故障诊断原理、技术及应用[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [9] 戴光, 徐彦廷, 等. 声发射技术的应用与研究进展[J]. 大庆石油学院学报, 2001, 25(3): 95~98.
- [10] 杜菲, 马天兵. 光纤传感技术在机敏结构中的研究综述[J]. 煤矿机械, 2004(8): 3~4.
- [11] 廖延彪. 我国光纤传感技术现状和展望[J]. 光电子技术与信息, 2003, 16(5): 1~6.
- [12] 皮广禄. 国外传感器技术的现状及发展(II)[J]. 传感器世界, 1999(1): 7~14.
- [13] 燕学智. 基于人工神经网络技术的发动机故障诊断系统[D]. 硕士学位论文, 吉林工业大学, 2002.
- [14] 胡凯成, 李川奇, 等. 人工神经网络在汽车变速箱状态监测和故障诊断中的应用[J]. 传动技术, 1997(3): 18~23.

(收稿日期: 2007-02-05)(修回日期: 2007-05-08)

An Overview on Fault Diagnosing Methods of Automobile Transmission Gear

Wang Zaifeng

(Calibration and Testing Center of the Quality and Technology Supervision of Yuhuan, Yuhuan 317600, Zhejiang, China)

[Abstract] The fault diagnosing methods without disassembling the motor's transmission gear box are introduced in this paper. Also compared the advantage and disadvantages of the fault diagnosing methods with wear remain things analysis technique, vibration monitoring technique, acoustic emission technique, optical fiber sensing technique and artificial neural network technique, and its developing trend is emphasized.

[Key words] Gear; Monitoring technology; Fault diagnosis

简讯

燃料电池

燃料电池是一种将氢和氧的化学能通过电极反应直接转换成电能的装置。该装置的最大特点是反应过程中不涉及燃烧, 因此, 能量转换效率不受“卡诺循环”限制, 其效率高达 60%~80%, 实际使用效率是普通内燃机的 2~3 倍。另外, 它还具有燃料多样化、排气干净、噪音低、环境污染小、可靠性及维修性好等优点。(摘自《科技日报》)

(转摘自《中国机械工程学会会讯》2007 年第 5 期第 14 页)

汽车变速器齿轮故障诊断方法综述

作者：[王在峰](#)

作者单位：[浙江省玉环县质量技术监督检测中心 浙江 玉环 317600](#)

相似文献(10条)

1. 会议论文 [胡申辉, 刘仁德 油液监测技术在齿轮减速箱的状态监测中的应用](#) 2006

油液监测技术在回转速低和背景振动复杂的减速机的状态监测方面具有独特的优越性。通过现场实例,进一步说明了油液监测技术在对以磨损为主要失效原因的润滑油设备-齿轮减速箱的磨损状态和发生异常磨损原因的分析是非常有效的。

2. 会议论文 [王泽贵, 谢小鹏 油液监测技术在微米油齿轮磨合试验中的应用研究](#) 2006

油液监测技术是分析机械设备磨损或润滑状态重要手段,主要包括润滑油本身性能及其携带磨损颗粒分析两方面。多传感器信息融合思想在油液监测方法及其它监测方法之间的综合应用使油液监测更加准确。介绍了将铁谱、齿轮轴振动加速度、油液温度、油膜电阻和齿面形貌等分析方法结合起来,研究齿轮在微米和纳米油两种不同磨合介质中的磨损机理,并探讨了直读铁谱与振动加速度参数的相关性。研究结果表明,各监测参数皆从不同侧面反映磨合磨损状态和机理,有内在的联系和关联性。

3. 学位论文 [徐万里 基于网络的齿轮润滑油监测数据综合处理系统](#) 2006

长期以来,人们为了能及时了解设备运行状态和油液理化性能,一直在关注对设备状态和油品性能的监控,也做出很多研究和探索。如振动监测技术、噪声监测技术、温度监测技术、油液分析技术、声发射技术和无损监测技术等。其中油液分析技术较好地适用于液体或半液体状态下运行的设备状态监测分析,是一项很重要的分析技术。齿轮润滑油监测技术是近年来对齿轮进行监测与诊断的技术之一。油液监测的方法很多,如光谱油料分析法、红外光谱分析法、颗粒计数法、油品理化分析法等。通过这些方法所获得的数据能够从一方面或多方面反映油品的性能和磨粒的特性,从而得到设备故障信息。齿轮油液监测所获得的数据来源分散、数据量大且具有时间性,同时监测得到的油品分析数据与信息越来越多,油液监测知识也越来越复杂,给油液监测技术的实施带来了困难。同时在油液监测技术分析过程中,常常需要对各类数据进行分析计算,统计汇总,绘制趋势图及打印报表,而这些重复性的事务工作占用了油液监测操作人员的大量时间。油液监测技术存在着数据种类繁多、事务处理工作量大和分析速度受制于数据处理的特点,而基于计算机的数据处理技术日趋完善大大提高了油液监测的自动化程度和工作效率。因此,开展网络技术在油液监测中的应用研究,为油液监测技术设计一套使用方便的监测数据库及管理系统,是十分必要的开发研究工作。

本文以上述为研究目的,利用当前先进的计算机技术、网络技术、数据库技术和动态网页技术,探讨了基于网络的齿轮润滑油监测数据综合处理系统。作为重庆大学机械传动国家重点实验室访问学者基金项目 and 湖南省设备健康维护省重点实验室开放基金资助项目“网络技术在齿轮润滑油监测数据综合与处理中的应用”的一个部分,本文的目的是建立一个以数据库服务器为核心,现代化网络通信技术为依托的齿轮润滑油监测数据综合处理系统,并对该系统的实现方法进行了一些研究。利用SQL Server数据库服务器建立了油液监测中央数据库,对油液监测实验数据以及油品分析标准等进行有效地管理,包括数据检索、数据录入(包括对数据进行过滤,分类)、数据分析、判定程序以及判定结果的图形化输出等功能。以ASP为开发工具,采用B/S开发模式,使用三层网络体系结构建立的客户端/服务器模式的监测数据综合处理系统,引入了齿轮油液监测综合指标及相对劣化度分析方法和数据融合思想,运用数据融合方法对齿轮油液参数进行了劣化分析,对基于数据库的监测数据趋势图分析以及开发工业内网齿轮润滑油选用系统,并阐述了该系统的整体设计思想、开发工具的选择、数据库建设、数据块功能以及系统应用等。系统构建后,对油液进行监测时,只需要将采集到的参数输入计算机,监测结果的计算处理、存储、数据分析、各种报表的编制、打印等都将由计算机瞬间完成且准确率高,同时多年的油液监测数据能得到很好的保存,并可以进行各种需求的数据处理和对比,从而为进一步提高油液监测工作质量提供了一个强有力的工具和手段。

界面简单、数据结构合理的数据处理系统,为油液科技工作者提供了一个轻松的工作环境,解决了油液数据种类多、数据量大而产生的信息存储、分析判断和管理难等问题,并给出了为油液监测信息化服务的新思路和新方法。实践证明,该系统不仅提升了监测数据处理的智能化程度,提高了效率,减少了对技术人员的依赖,同时还具有良好的扩展性和可维护性。

4. 会议论文 [尹延国, 叶敏 齿轮胶合及监测技术的试验研究](#) 1994

5. 期刊论文 [包波 设备状态监测技术在单螺杆泵故障诊断中的应用-特种油气藏](#) 2006, 13(z1)

针对单螺杆泵橡胶定子旋转运动时的振动产生的特有波形,在实践基础上总结了振动分析技术在单螺杆泵维护与检修领域中的方法和规律,采集并分析了转子不平衡度、滚动轴承和齿轮、转子和电机联接、机组基础、定子等几种典型振动的图谱,对指导该类泵的故障诊断具有重要作用。

6. 会议论文 [范金祥 SKF在线状态监测技术在攀钢冷轧主轧机组的应用](#) 2006

本文主要介绍SKF在线状态监测系统设备的分布、组成,在冷轧机组变频、变速的生产轧制情况下如何对轧机主齿轮座和卷取机进行在线状态监测及故障分析。

7. 学位论文 [袁丽娟 基于多种分析技术的油液监测诊断专家系统开发](#) 2006

油液监测诊断技术是通过监测设备用油,来获取设备摩擦副的润滑油状况和故障先兆信息,为设备维修提供依据,从而预防设备重大事故的发生,它是设备的“保健医生”,油液监测技术是对设备所需的润滑油、液压油实施状态监测,通过判断油液的性能变化和所携带的颗粒进行分析,从而来判断设备的运行状态。具体来说就是,从油液的理化性能和其中包含的磨损磨粒的形态、大小、色泽等方面来进行分析,来获得设备的润滑和磨损状态信息,评价设备工况和预测故障,并确定故障原因、类型的技术。但要注意的是,油液监测技术适用于低速重载、环境恶劣(如噪声大、振源多、外界干扰明显)、往复运动和采用液体或半液体润滑且以磨损为主要形式的设备状态监测。

因此,油液监测技术可以指导设备的换油周期,延长设备使用寿命,并通过及时预报潜在的故障避免灾难性损坏或延长设备的正常运行时间来获得经济效益。

油液监测有多种不同的方法,如理化性能分析、铁谱分析、发射光谱分析等。能够利用不同油液监测技术之间的优势互补、全面综合的应用不同油液监测技术所提供的信息的软件或系统尚不多见。随着计算机技术的发展,建立一个基于多种监测方法的油液监测诊断专家系统,综合各种油液监测方法的优势,将会使油液监测的结果更全面、更科学,从而使设备的运行状态得到最准确的反映。

本文研究了基于多种分析方法的油液监测诊断专家系统的总体结构设计,采用了知识库和推理机分离的结构,使得在对知识库进行增删和扩充时,不影响推理机的正常工作。知识的表达采用关系型数据库的方式,这种结构方便系统的推理和知识库的扩充。推理采用正反向混合推理策略,提高了推理的效率。采用“层, ”的方法解决冲突消解问题。

润滑油的正确选用是对设备进行油液监测的基础,也是延长机组寿命的重要因素。以往润滑油的选用往往是靠经验或者进行繁复的计算后查询相关资料得出设备适用的润滑油。随着计算机技术的迅速发展,开发一个设备润滑油选用系统将会提高润滑油选用的效率和准确性。本文根据中华人民共和国行业标准JB/T 8831. 2001开发了齿轮润滑油选用系统。用户只需输入设备和齿轮的相关参数,即可得出系统推荐的适合该设备的润滑油的种类和粘度牌号。

8. 期刊论文 [毕果, 陈进, BI Guo, CHEN Jin 基于谱相关的齿轮振动监测技术研究-振动与冲击](#) 2009, 28(7)

齿轮振动信号的特征循环频率具有谱频成分,谱频循环频率簇对应的谱线相关性综合反映了系统中的某种啮合振动或调制现象。以此理论为基础,提出了啮合振动监测因子和调制监测因子两种累积能量因子,利用单一传感器采集得到的信号,以全频段信息为依据,进行振动信息的抽取和剥离,实现针对性的齿轮振动监测。实例分析结果证实了基于谱相关的状态监测技术具有较高的灵敏度,能够初步判断系统中的故障所在。

9. 会议论文 [曹一波, 谢小鹏 基于振动分析和油样分析的变速箱断齿故障试验研究](#) 2006

利用振动分析和油液分析来对变速箱中齿轮断齿的故障特征进行试验研究。以韶关宏大齿轮厂的SG135-2系列的K727840Z型齿轮变速箱为研究对象

,采集正常状态和断齿故障状态下的振动信号和油液样本,对振动信号进行时域和频谱分析,得到振动分析数据和图谱;对油液进行铁谱分析(直读铁谱和分析铁谱分析),得到直读铁谱读数和磨粒图谱.然后对2种状态的得到的分析结果进行对比,从而可以得出变速箱断齿状态下的故障特征:铁谱读数显剧增加,严重磨损磨粒产生;振动时域特征的峭度、峰值指标有显剧的增加,出现以啮合频率或其倍频为中心,转频为调制频率的边频带.

10. 期刊论文 安婧, 仇大丽, 郭海涛, 杨志民 时-频分析方法在齿轮故障诊断中的应用 -信息技术2010, "" (3)

针对齿轮箱故障振动信号的特点,介绍了对齿轮故障信号进行分析诊断的几种时-频分析方法,并通过实例分析,阐明了使用时-频分析方法对齿轮箱故障诊断的有效性.

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference_7021238.aspx

下载时间: 2010年5月31日