

化工设备事故分析 与预防及应急处理技术

实用手册

主 编：徐帮学



银声音像出版社

《化工设备事故分析与预防及 应急处理技术实用手册》

第四卷

江苏工业学院图书馆
藏书章

银声音像出版社

目 录

第一编 化工设备常见事故分析

第一章	化工设备及其分类·····	(3)
第一节	化工设备概述·····	(3)
第二节	化工设备常用材料·····	(10)
第二章	化工设备事故分析·····	(19)
第一节	化工设备事故分析概述·····	(19)
第二节	化工机器事故分析·····	(38)
第三章	化工设备无事故与安全运行·····	(53)
第一节	安全设计的概念·····	(53)
第二节	厂址选择及总体布置·····	(55)
第三节	化工生产的安全评价·····	(65)
第四节	工艺装置·····	(92)
第五节	化工管道·····	(96)
第四章	化工各部门、岗位及工种安全职责·····	(117)

第二编 各种化工装备常见事故及其分析

第一章	塔槽釜爆炸常见事故及其分析·····	(163)
第二章	换热器常见事故及其分析·····	(191)
第三章	加热炉爆炸常见事故及其分析·····	(201)
第四章	废热锅炉常见事故及其分析·····	(218)
第五章	管道破裂、泄漏与爆炸常见事故及其分析·····	(227)
第六章	压缩机、风机常见事故及其分析·····	(238)
第七章	石油化工用泵常见事故及其分析·····	(297)
第八章	离心机常见事故及其分析·····	(305)

第三编 化工设备事故应急处理与预案编制

第一章	化工设备事故应急处理概述·····	(313)
-----	-------------------	-------

第一节	事故应急管理简介	(313)
第二节	事故应急救援的基本原则和任务	(317)
第三节	事故应急救援系统	(318)
第四节	应急救援系统的运作	(320)
第五节	应急救援的组织与基本程序	(321)
第六节	国外重大事故应急系统简介	(327)
第二章	化工设备事故应急救援预案的分级、分类及基本要素	(333)
第一节	应急预案的基本要求	(333)
第二节	应急救援预案的分级	(335)
第三节	应急救援预案的类型及基本要素	(338)
第四节	应急救援预案的文件体系	(340)
第三章	化工设备事故应急救援预案编制	(344)
第一节	安全生产法的要求	(344)
第二节	事故应急救援的基本形式	(345)
第三节	应急救援的基本任务	(345)
第四节	生产经营单位制定事故应急救援预案的基本要求	(346)
第五节	生产经营单位制定事故应急救援预案的几个主要方面	(347)
第六节	社会力量应急救援指挥系统	(348)
第七节	事故应急救援预案的编写要求及其演练	(350)
第四章	化工设备事故现场急救知识与实用技术	(352)
第一节	现场急救概述	(352)
第二节	现场急救常用的几种急救技术	(353)
第三节	常见急症的急救	(355)
第五章	火灾爆炸事故现场急救处理	(366)
第一节	现场急救的意义	(366)
第二节	现场对伤员急救前的简单检查	(367)
第三节	外伤现场急救处理	(367)
第四节	触电现场急救处理	(368)
第五节	火焰烧伤现场急救处理	(371)
第六节	化学烧伤现场急救处理	(372)
第七节	中毒现场急救处理	(374)
第八节	高处坠落摔伤的现场急救处理	(374)
第九节	中暑现场急救处理	(375)
第六章	化工设备事故灭火作战组织指挥	(377)
第一节	灭火作战组织指挥的任务、原则	(377)
第二节	灭火作战组织指挥的要求	(378)
第三节	灭火作战组织指挥形式	(380)
第四节	灭火作战组织指挥的一般程序	(383)
第五节	灭火作战组织指挥层次	(386)

第六节	灭火指挥员	(387)
第七节	火场指挥部	(390)
第七章	化工设备事故灭火战斗行动	(392)
第一节	战斗行动准备	(392)
第二节	灭火出动	(394)
第三节	侦察与判断	(396)
第四节	战斗展开	(404)
第五节	进攻战斗	(409)
第六节	防御战斗	(414)
第七节	火场救人	(418)
第八节	疏散和保护物资	(420)
第九节	破 拆	(422)
第十节	战斗结束	(427)
第八章	化工厂消防设施与火灾扑救	(430)
第一节	灭火剂与灭火器材	(430)
第二节	起火与报警	(454)
第三节	灭火的基本方法	(456)
第四节	扑灭初起火灾的战术原则及指挥要点	(457)
第五节	化学危险物品火灾的扑救	(459)
第六节	电气火灾的扑救	(461)
第七节	仓库火灾的扑救	(462)
第八节	火灾中的疏散与自救逃生	(463)
第九章	化工设备事故应急救援培训、训练与演习	(472)
第一节	应急培训、训练与演习的指导思想及基本任务	(472)
第二节	应急培训	(472)
第三节	应急救援训练与演习	(479)
第四节	应急救援培训、训练与演习评估	(486)
第十章	应急救援预案检查表	(489)
第一节	应急救援预案的基本要求	(489)
第二节	危险辨识、风险评价及事故预防	(490)
第三节	应急指挥与控制	(491)
第四节	应急反应机构	(492)
第五节	监测、报警与通讯联络	(493)
第六节	应急关闭程序	(494)
第七节	应急设备与企业外援助	(494)
第八节	疏散与警戒	(496)
第九节	重新进入和恢复	(497)

第四编 化工设备事故预防技术

第一章 危险性预先分析	(501)
第一节 危险性预先分析概述	(501)
第二节 危险性预先分析的步骤	(502)
第三节 危险性识别	(504)
第四节 危险性等级	(506)
第五节 危险性控制	(508)
第六节 分析举例	(509)
第二章 职业安全卫生管理	(511)
第一节 职业安全卫生管理体制与机构	(511)
第二节 职业安全卫生法规与法制建设	(514)
第三节 安全、环境与健康管理体系	(517)
第四节 职业安全卫生管理制度	(529)
第三章 化工设备人身伤害事故预防安全教育技术	(538)
第一节 安全教育方法	(538)
第二节 安全教育的心理策略	(540)
第三节 安全动机及其激励	(542)
第四节 安全结构工资	(543)
第五节 安全意识强化技术	(546)
第六节 安全目标管理	(553)
第七节 安全文化建设	(556)
第八节 安全文化建设的心理策略	(562)
第九节 安全视牌管理法	(564)
第十节 安全心理训练	(566)
第十一节 安全态度改变	(571)
第十二节 安全风险抵押	(574)
第十三节 安全心理素质选拔	(578)
第十四节 复杂人一机系统中人因失误因素辨识技术	(583)
第十五节 基层安全管理	(587)
第十六节 全员参与安全管理	(590)
第十七节 群体动力学技术	(592)
第十八节 人—机系统分析	(596)
第十九节 “三无”班组竞赛	(597)
第二十节 原因排除方案 (ECRP)	(602)
第二十一节 顺序递进管理法	(603)
第二十二节 危险信息沟通	(606)

第二十三节 行动前征兆确定法	(611)
第二十四节 预知危险训练	(612)
第二十五节 预防事故的行为干预技术	(615)
第二十六节 综合预防法	(619)
第二十七节 职工情境意识测量及强化	(619)
第四章 化工设备事故预防常用分析仪器及其原理	(624)
第一节 气相色谱法	(624)
第二节 高效液相色谱法	(630)
第三节 紫外可见分光光度法	(639)
第四节 原子吸收光谱法	(649)
第五节 荧光光度法和化学发光分析	(654)
第六节 红外气体分析器	(659)
第七节 电位分析法	(662)
第八节 电导分析法	(667)
第九节 库仑分析法	(669)
第十节 极谱分析法	(671)
第五章 生产性粉尘作业危害程度分级检测方法	(677)
第一节 生产性粉尘	(677)
第二节 车间空气中粉尘浓度测定	(680)
第三节 生产性粉尘作业危害程度分级标准的理论基础	(687)
第四节 生产性粉尘作业危害程度分级测定方法	(696)
第五节 呼吸性粉尘检测方法	(699)
第六章 高温作业分级检测方法	(731)
第一节 生产环境气象因素	(731)
第二节 人体体温	(732)
第三节 产热过程	(733)
第四节 高温作业对机体的影响	(737)
第五节 高温作业分级标准及测定	(739)
第七章 有毒作业分级方法	(752)
第一节 作业环境常见毒物概论	(752)
第二节 生产性毒物作业危害程度分级	(783)
第八章 作业场所噪声检测	(790)
第一节 工业噪声概述	(790)
第二节 声学基础	(793)
第三节 噪声的物理量和主观听觉的关系	(798)
第四节 噪声测量仪器	(804)
第五节 噪声标准	(806)
第六节 噪声测量	(809)
第九章 防护用品及其正确选用	(811)

目 录

第一节	防护用品术语	(812)
第二节	防护用品分类	(814)
第三节	呼吸器官防护用品	(815)
第四节	防护服和护肤用品	(829)
第五节	头部防护用品	(840)
第六节	眼部、面部防护用品	(842)
第七节	手部的防护用品	(845)
第八节	足部的防护用品	(847)
第九节	防噪音用品	(850)
第十节	安全带和安全网	(852)
第十章	燃烧爆炸性物质	(857)
第一节	爆炸品	(857)
第二节	可燃气体	(862)
第三节	可燃液体	(865)
第四节	可燃固体	(872)
第五节	自燃物品	(881)
第六节	遇湿易燃物品	(887)
第七节	氧化剂和有机过氧化物	(893)
第十一章	分析化验和质量控制系统的准备	(898)
第一节	分析化验系统简介	(898)
第二节	开工前的准备	(901)
第三节	开工过程常用的分析预目的分析方法	(911)
第四节	日常生产过程中的中间控制与产品质量控制	(920)
第五节	忽视质量或分析工失误造成重大损失实例	(924)
第六节	环境监测的主要内容与检测方法 & 大气环境质量标准	(925)
第十二章	化工装备的维护管理	(937)
第一节	塔槽(罐)类容器的维护管理	(937)
第二节	换热器的维护管理	(940)
第三节	管式加热炉的维护管理	(943)
第四节	废热锅炉的维护管理	(948)
第五节	配管的维护管理	(953)
第六节	压缩机的维护管理	(956)
第七节	风机的维护管理	(978)
第八节	泵的维护管理	(986)
第九节	离心机的维护管理	(994)
第十节	汽轮机的维护管理	(1000)
第十三章	化工装置的强度试验和严密性试验	(1009)
第一节	化工装置的强度试验(水压试验)	(1009)
第二节	气密性试验的目的、条件和控制标准	(1011)

第三节	气密性试验的方法 (含真空度试验)	(1012)
第四节	上下水管道的渗水量试验	(1013)
第五节	剧毒介质系统的泄漏量试验	(1017)
第六节	特殊情况下的气压强度试验 (含安全阀的在线调压)	(1017)
第十四章	企业危险物品的仓储、装卸与运输的防火防爆	(1021)
第一节	危险物品的编号	(1021)
第二节	危险物品的特征与分类	(1022)
第三节	危险物品包装的基本要求	(1029)
第四节	仓库的特点与防火防爆的重要性	(1030)
第五节	仓库防火防爆基本知识	(1033)
第六节	化学危险物品仓库的防火防爆	(1039)
第七节	综合物资仓库的防火防爆	(1045)
第八节	常用专用仓库的防火防爆	(1047)
第九节	易燃、易爆危险物品的装卸安全	(1058)
第十节	易燃、易爆危险物品的运输安全	(1063)
第十五章	安全检测的质量控制	(1066)
第一节	质量控制的概念和意义	(1066)
第二节	检测实验室质量控制的基础	(1067)
第三节	检测数据的统计处理及结果表述	(1071)
第四节	检测方法的特性检验	(1088)
第五节	实验室内部质量控制	(1092)

第五编 化工设备事故安全管理与应急预防典型案例分

第一章	化工设备事故统计分析方法	(1101)
第一节	化工设备事故统计内容	(1101)
第二节	化工设备事故统计的基本方法	(1106)
第二章	化工设备火灾与爆炸事故技术分析	(1126)
第一节	事故现场勘察与取证	(1126)
第二节	物证分析与鉴别	(1142)
第三节	事故原因与过程分析	(1184)
第三章	安全定性评价方法	(1199)
第一节	安全检查法	(1199)
第二节	安全检查表法	(1200)
第三节	专家评议法	(1203)
第四节	专家函询法	(1207)
第五节	预先危险性分析	(1209)
第六节	如果……怎么办的定性分析方法	(1214)

第七节	危险性可操作研究	(1219)
第八节	原因 - 结果分析	(1225)
第九节	人的失误分析	(1229)
第十节	逻辑方法	(1240)
第四章	化工设备事故树分析	(1263)
第一节	概 述	(1263)
第二节	事故树的建造	(1265)
第三节	事故树的数学描述	(1276)
第四节	事故树的定性分析	(1284)
第五节	事故树的定量分析	(1295)
第六节	重要度分析	(1308)
第七节	事故树分析应用举例	(1317)
第五章	化工设备重大事故后果分析	(1320)
第一节	泄 漏	(1320)
第二节	火 灾	(1330)
第三节	爆 炸	(1334)
第四节	中 毒	(1341)
第六章	化工设备典型重大事故案例分析	(1346)
第一节	氢分塔爆炸事故分析	(1346)
第二节	氨合成塔泄漏事故分析	(1347)
第三节	液氯钢瓶爆炸事故分析	(1349)
第四节	氯气泄漏事故分析	(1352)
第五节	沥青贮罐火灾爆炸事故分析	(1353)
第六节	氯乙烯单体泄漏爆炸事故分析	(1355)
第七节	乙烯罐区爆炸燃烧事故分析	(1357)
第八节	炼油厂爆炸起火事故分析	(1358)
第九节	聚氯乙烯聚合釜超压爆炸事故分析	(1361)
第十节	氨冷器爆炸事故分析	(1363)
第十一节	列管式换热器失效原因分析	(1370)
第十二节	煤气发生炉爆炸事故分析	(1372)
第十三节	高压管道爆炸着火事故分析	(1374)
第十四节	氮氢气循环机活塞杆断裂引起爆炸事故分析	(1376)
第十五节	H22Ⅲ型压缩机曲轴断裂事故分析	(1382)
第十六节	往复活塞式压缩机活塞体螺塞脱落撞缸事故分析	(1388)
第十七节	6D32 压缩机连杆螺栓断裂事故分析	(1389)
第十八节	低密度高压聚乙烯 (LDPE) 装置乙烯压缩机超压故障的排除与理论 分析	(1392)
第十九节	离心式二氧化碳压缩机高压缸异常振动的原因分析	(1409)
第二十节	风机叶轮解体断裂事故分析	(1415)

第七章 化工设备监测系统常用传感器	(1417)
第一节 加速度传感器	(1417)
第二节 位移传感器	(1421)
第三节 压力传感器	(1428)
第四节 力觉传感器	(1431)
第五节 超声波传感器	(1435)
第六节 物流系统用接近开关	(1436)
第七节 光导纤维传感器	(1441)
第八节 栅网开关	(1443)
第九节 霍尔电流传感器	(1446)
第十节 AE (声发射) 传感器	(1449)
第十一节 CCD (Charge Coupled Device) 图像传感器	(1454)
第八章 设备信号的转换、滤波和预处理	(1458)
第一节 信号转换简介	(1458)
第二节 模拟信号与数字信号间的转换	(1461)
第三节 信号的放大	(1463)
第四节 模拟滤波器	(1466)
第五节 数字滤波器 (Digital Filter)	(1472)
第六节 信号预处理	(1482)
第九章 化工设备故障诊断技术	(1488)
第一节 概 述	(1488)
第二节 设备故障诊断中常用的监测方法	(1489)
第三节 故障诊断专家系统	(1495)
第四节 设备的远距离故障诊断专家系统	(1500)
第五节 基于人工神经网络的故障诊断系统	(1502)
第十章 化工厂安全检修	(1506)
第一节 化工厂检修的安全管理	(1506)
第二节 装置的安全停车与处理	(1508)
第三节 安全检修	(1512)
第四节 装置的开车	(1517)
第五节 不停车带压堵漏	(1518)
第六节 焊接安全	(1523)
第七节 起重作业安全	(1541)
第十一章 安全监督组织与监督	(1570)
第一节 概 述	(1570)
第二节 安全监督的程序	(1576)
第三节 安全监督实施原则	(1578)
第四节 安全监督的组织步骤	(1580)
第五节 安全监督的组织形式	(1582)

目 录

第六节 安全监督组织的人员配备	(1583)
第七节 项目 HSE 监督案例	(1584)
第十二章 安全信息工程	(1614)
第一节 安全信息技术的概念	(1614)
第二节 安全信息工程及其先进方法	(1619)
第三节 工业灾害控制技术与信息	(1622)
第四节 安全检测及监控与信息	(1624)
第五节 安全文化建设系统工程	(1627)
第六节 安全信息管理体系	(1643)
第七节 信息高速公路与安全信息网	(1649)
第十三章 安全监理工程	(1655)
第一节 工程建设监理的基本概念	(1655)
第二节 工程建设监理的范围和主要内容	(1662)
第三节 安全监理的基本概念	(1671)
第四节 安全监理的任务和监理的程序	(1676)
第五节 安全监理工程师应掌握工程建设中控制事故的预防措施	(1681)
第六节 安全、质量、减灾、环保综合监理体系	(1696)

第六编 化工设备事故分析预防与应急处理相关法律法规

中华人民共和国安全生产法	(1701)
中华人民共和国职业病防治法	(1713)
中华人民共和国消防法	(1726)
中华人民共和国环境保护法	(1734)
危险化学品安全管理条例	(1739)
特种作业人员安全技术培训考核管理办法	(1753)
使用有毒物品作业场所劳动保护条例	(1756)
特种设备安全监察条例	(1769)
中华人民共和国国家标准 重大危险源辨识	(1784)
职业安全健康管理体系指导意见	(1793)
职业安全健康管理体系审核规范	(1804)
中华人民共和国国家标准 环境管理体系 规范及使用指南	(1812)
中华人民共和国石油天然气行业标准	(1818)
国务院关于特大安全事故行政责任追究的规定	(1833)
中国石油天然气集团公司安全监督管理办法	(1837)
中国石油天然气集团公司 HSE 创优升级计划	(1841)
附表 1 HSE 创优升级计划评价要素分级考核标准	(1846)
附表 2 HSE 创优升级计划自我评价评分加权系数表	(1861)

第七章 化工设备监测系统常用传感器

第一节 加速度传感器

加速度计作为检测传感器在各种领域得到广泛应用、近几年，主动控制物体振动加速度引起人们极大兴趣。例如，为了抑制高层建筑的摇动，防止精密工作台的振动，以前多采用橡胶、空气弹簧进行减振；而最近，人们使用加速度传感器主动控制其振动，得到比较好的效果。

一、加速度计的种类

加速度计的类型很多，下面介绍几种典型的加速度计，重点介绍伺服加速度计。

(一) 压电式加速度计

这是最普通的一种加速度计，其特点是体积小、重量轻、检测范围广，可检测从几赫兹到几千赫兹的微小加速度和大加速度。这种加速度计的缺点，是不能检测低频振动信号，而且还须配备价格昂贵的电荷放大器。最近，内部装有放大器的加速度计逐渐增多，给使用者带来极大方便。如图 7-1 所示。

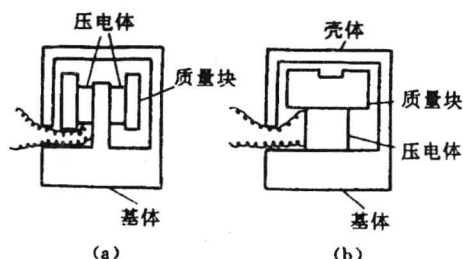


图 7-1 压电式加速度计

(a) 剪切型；(b) 压缩型

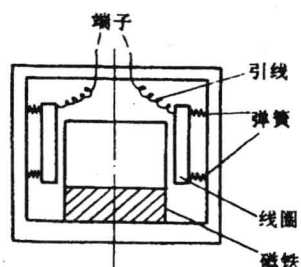


图 7-2 电动式加速度计

(二) 电动式加速度计

虽然这种加速度计有高的灵敏度，但价格较高，也有价格便宜的，不过其尺寸，重量

较大。其特点是自己可以产生电动势，不需要外加电源。内部阻抗低，不能使用长的电缆线，难以检测高频加速度信号。如（图 7-2 所示）。

（三）应变式加速度计

这种加速度计可检测从直流开始的低频加速度信号。不仅体积小，重量轻，价格便宜，而且可以检测较大加速度。其缺点是信号小，需要平衡输入的放大器，易受温度变化的影响。如图 7-3 所示。

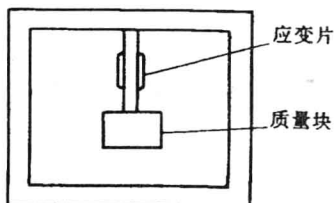


图 7-3 应变式加速度计

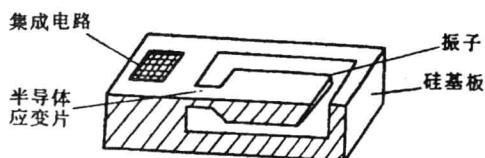


图 7-4 半导体式加速度计

（四）半导体式加速度计

和应变式加速度计基本相同，由于传感元件使用半导体，因而性能得到改善。最近开发了一种称作“硅加速度计”的新产品。如图 7-4 所示。

二、伺服加速度计

对于控制振动用的传感器通常有下列要求：①高精度（高分辨力）；②高的信噪比（S/N）；③体积小，重量轻；④要求具有从零点几赫兹开始低频特性好的频率特性。伺服加速度计是目前控制振动用的加速度计。

（一）伺服加速度计的原理

伺服加速度计由振子、位移检测器、伺服放大器、力矩计组成。图 7-5，图 7-6，分别表示其结构图和工作原理图。

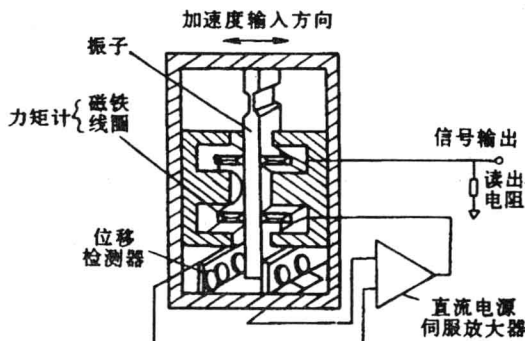


图 7-5 伺服加速度计结构图

当加速度作用时, 振子(的质量)在惯性力作用下向其相反方向运动。位移检测器将运动的位移量转换为电信号, 经过伺服放大器放大, 使力矩线圈通过电流, 处在力矩线圈中的振子受到电磁驱动, 恢复到原始位置, 并和惯性力保持平衡。实际上, 此时振子几乎不运动, 而流过线圈的电流值和加速度成正比, 通过电阻 R_L , 以电压的形式输出。

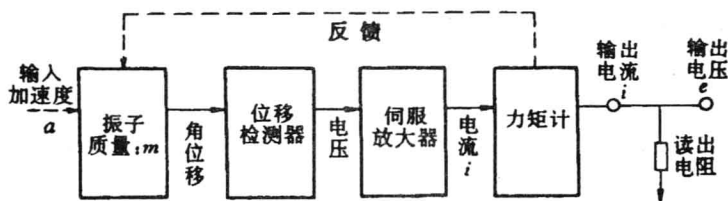


图 7-6 伺服加速度计动作原理图

当伺服机构的电气弹簧系数远大于振子的弹簧系数时, 下式成立。

$$F = ma = iA_r = (e/R_L) \cdot A_r \quad (7-1)$$

式中 F 为力; i 为流过力矩线圈的电流; m 为振子的质量; A_r 为力矩计的力常数; a 为输入加速度; R_L 为读出电阻; e 为输出电压。

从上式可以看出, 伺服加速度计的测量精度只和振子的质量 m , 读出电阻 R_L , 力矩计的力常数有关。位移计, 伺服放大器, 振子的机械弹簧特性等非线性、迟滞特性、温度特性、磨损等的影响可以忽略不计。

为了减小振子的弹簧系数, 要设法使振子做得非常薄, 使其失去弹簧特性, 而成为一个自由运动的物体。由力矩线圈和磁铁合成的力系数和伺服放大器的增益较大, 因而能够得到很大的伺服机构的电气弹簧系数。这种加速度计和其它加速度计不同, 它不是直接从振子的位移量大小检测加速度, 而是从流过力矩计线圈的电流大小测量出加速度。力矩计及读出电阻稳定性好, 因而可以获得比一般加速度计高两个数量级的精度和稳定性。另外, 由于传感器内有放大器, 输出信号较大, 可直接和各种测量仪、记录仪、计算机连接使用。表 7-1 所示为两种典型伺服加速度计的性能指标。

(二) 特点

- (1) 因为从原理角度分析可得到高分辨率, 高稳定性, 所以精度高, 动态范围大;
- (2) 内部装有放大器, 体积小, 重量轻;
- (3) 可在 DC 到数百 Hz 的频率范围内测量;
- (4) 低频率领域内幅、相频特性好;
- (5) 因为具有从直流开始的频率特性, 因而也可以作为斜角传感器使用;
- (6) 可以检测出输入轴方向的线性加速度, 几乎不感受横向加速度;
- (7) 输出电压大, 输出阻抗小, 易于进行信号处理;

第五编 化工设备事故安全管理与应急预防典型案例分析

- (8) 可利用重力加速度简单而正确地进行 $\pm 1g$ 的标定。
- (9) 内部装有温度传感器, 可以进行更高精度的补偿;
- (10) 抗冲击、振动的性能好。

表 7-1 典型伺服加速度计的性能

型 号	MA101 型	JA-5V 型
测量范围 (F·S)	$\pm 10 \sim \pm 0.1g^*$	$\pm 15 \sim \pm 0.1g$
灵敏度	0.5V/g ~ 2V/g, 3mA/g	0.4V/g ~ 100V/g
直线性 (F·S)	10.5% ~ $\pm 0.05\%$	0.03% ~ 0.01%
频率特性	DC ~ 250Hz ($\pm 3dB$)	DC ~ 500Hz ($\pm 3dB$)
		$\pm 4 \sim \pm 15g$ 的场合
分辨 (DC)	$1 \times 10^{-4}g$ 以下 (使用低通滤波器时)	$1 \times 10^{-4}g$ 以下 (使用低通滤波器时)
横向灵敏度	0.2% 以下	0.01% 以下
零点温度系数	$6 \times 10^{-4}g/^\circ C$	以下 $70 \times 10^{-4}g/^\circ C$ 以下 $15 \times 10^{-4}g/^\circ C$ 以下
自检功能	有 (电流形式)	有 (电压、电流形式)
电源电压	$\pm 11 \sim \pm 16VDC$	$\pm 12 \sim \pm 18VDC$
消耗电流	12mA + 3mA/g (额定值)	20mA + 1mA/g (额定值)
温度范围	$-25^\circ C \sim +70^\circ C$ (MA101-10 为 $60^\circ C$)	$-20^\circ C \sim +75^\circ C$ (保存温度 $-55^\circ C$, $+85^\circ C$)
振动	20g (25 ~ 1000Hz 三方向)	20g (200 ~ 500Hz, 三方向)
冲击	100g (半正弦波 11ms, 六方向)	100g (半正弦波 11ms 六方向)
密封	环氧树脂密封	环氧树脂密封
重量 (除去电缆)	85 克以下	80 克以下
外形尺寸	$\varphi 43.5 \times 47.5$ 法兰盘 $\square 44.5$	$\varphi 25.5 \times 43$ 法兰盘 $\varphi 38$

* $1g = 9.80665m/s^2$ 特点

(三) 伺服加速度计的应用

(1) 微振动对集成电路制造机、精密机床光学仪器有很大影响,对微振进行主动控制可以提高加工精度。而要主动控制微振就要使用精度很高的传感器,其分辨率为 $1 \times 10^{-5} g \sim 1 \times 10^{-6} g$ 。

(2) 建筑物的控制。由于地震和风的影响,高层建筑和铁塔常常发生摇晃,这往往是难以解决的问题。如果在高层建筑上放一质量(重物),当建筑物摇晃时,质量(重物)在摇晃的相反方向运动,从而相互抵消其摇晃运动,这种减振建筑用的传感器也要求使用频率特性好的伺服加速度计。

(3) 地震的检测。由于伺服加速度计超低频领域内振幅相位特性好,因而常常作为地震观测和简易地震仪使用。一般感震器常常作为电梯、化学设备紧急停止用的传感器用。另外,也在建筑物、大型油罐的抗震设计,特别是核发电用建筑,机械抗振设计以及大型激振台的反馈控制中使用。

第二节 位移传感器

一、激光位移计

(一) 测量原理

如图 7-7 所示,激光位移计由传感器测头和控制器组成,两者之间用电缆线联结。传感器测头由半导体激光源、接受来自测量对象的反射光的位置检测元件、投光和受光非球面棱镜以及电源、电压变换回路构成。从半导体激光源来的光束由聚光棱镜聚焦成光点,照射到被测对象上,其表面上的一部分反射光从受光棱镜聚焦,在位置检测元件上形成光点。当被测对象从 O 点移动到 A 或 B 时,位置检测元件上的光点也相应地从 O' 点移动到 A' 或 B' 。根据光位置检测元件上光点的位置就可以计算出被测对象的位移量。由于该光学系统采用了高精度的非球面棱镜,控制器内装有线性化电路,因此,可以得到输出电压与距离成正比的高可靠性的检测系统。

(二) 传感器特性

图 7-8 所示为位移—电压输出特性。从特性曲线可以看出这是一种线性好、性能稳定的传感器。在测量范围内要求能输出较好的直线性。在测试范围以外,如出现 $-9V$ 电压,则应报告数据无效。图 7-9 是其频率响应特性,该特性曲线表示传感器对高速移动物体的跟随性。从曲线上可以看出,输入值为 1 时不同频率下的输出值。实用上把输出幅值降至 $-3dB$ ($=0.7$) 时的频率称为截止频率。图 7-9 给出了标准型(截止频率为 $24Hz$)和高速型(截止频率为 $1kHz$)两种型式传感器的频率响应特性曲线。