



电机试验与测试技术

徐伟专

2009年3月



主要内容

- 1. 电机试验概述**
- 2. 试验站的构成及原理**
- 3. 电机试验设备**
- 4. 测试技术概述**
- 5. 测试系统的构成及原理**
- 6. 电机试验测试设备**
- 7. 变频电机试验测试的特殊要求**



电机试验概述

试验与实验的区别

- ◆ 两者的不同语素是“实”、“试”，我们先看《现代汉语词典》中这两个词的释义：【实验】为了检验某种科学理论或假设而进行某种操作或从事某种活动。【试验】为了察看某事的结果或某物的性能而从事某种活动。
- ◆ 从《现代汉语词典》释义同时结合各自的语素意义可以看出：实验中被检验的是某种科学理论或假设，通过实践操作来进行；而试验中用来检验的是已经存在的事物，是为了察看某事的结果或某物的性能，通过使用、试用来进行。
- ◆ 实验是对抽象的知识理论所做的现实操作，用来证明它正确或者推导出新的结论。它是相对于知识理论的实际操作。试验是对事物或社会对象的一种检测性的操作，用来检测那里正常操作或临界操作的运行过程、运行状况等。它是就事论事的。
- ◆ 工厂的产品可以抽样检测，是试验。试验中，试验对象是明确的，试验目的是检查它能不能正常运行、正常运行的条件和该条件允许的范围。

电机试验的意义

电机试验为电机设计、质量检验等提供必要的的数据支撑，其测试数据的正确性和准确度是验证设计及保证质量的前提，试验站的能力和形象成为企业设计能力和产品质量的重要象征。

电机试验的方法

不同电机的试验方法不尽相同，通常以相关的IEC（国际电工委员会）标准、国家标准（一般参照IEC标准编制）或企业标准作为试验依据。

目前使用最多的电机试验国家标准有：

- ◆GB/T 755-2008 《旋转电机8-定额与性能》
- ◆GB/T 755.2-2007 《旋转电机(牵引电机除外)确定损耗和效率的试验方法》
- ◆GB/T 1032-2005 《三相异步电动机试验方法》
- ◆GB/T 1029-2005 《三相同步电机试验方法》

变频器供电的电机试验方法，目前有一报批稿：

- ◆《变频器供电三相笼型感应电动机试验方法》

电机试验的内容

- ◆ 绝缘电阻测定
- ◆ 绕组冷态电阻测定
- ◆ 热试验（GB1032）
目的：求温升
- ◆ 空载试验（GB1032）
目的：铁耗、风摩耗
- ◆ 堵转试验（GB1032）
目的：堵转特性曲线 $U_k - I_k$ 、 $U_k - T_k$ (I_{kN} 、 T_{kN})
方法：转矩可采用测量和计算两种方法
- ◆ 负载试验（GB1032）
- ◆ 效率确定（GB1032）
（热试验、负载试验、空载试验）
- ◆ 最大转矩测定
目的：求出电机的最大转矩，了解其机械过载能力
方法：在堵转试验基础上采用园图法计算

以三相异步电动机试验为例
参照GB/T 1032

- ◆ 最小转矩测定
- ◆ 噪声的测定
- ◆ 振动的测定
- ◆ 耐电压试验
- ◆ 短时过转矩试验
- ◆ 转动惯量测定
- ◆ 轴电压测定
- ◆ *超速试验*

通过上述试验，求取电机的效率、温升、功率因数、起动转矩、最大转矩、噪声、振动等指标。



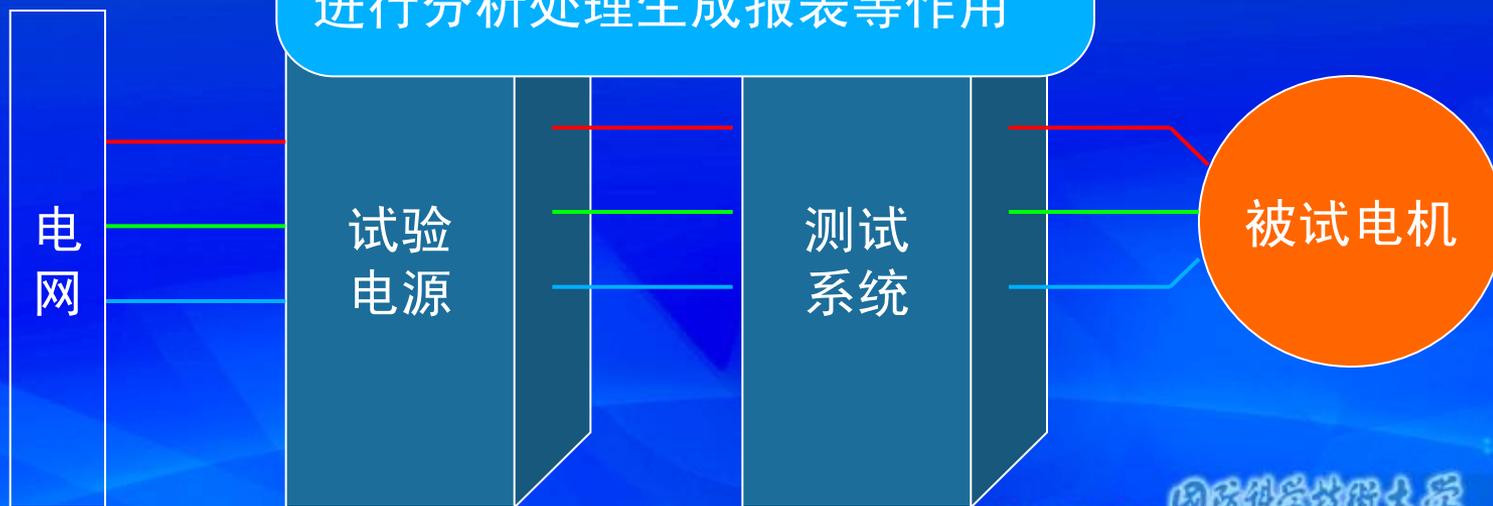
试验站的构成及原理

试验站的构成

试验电源：包括多
机组、调压器
源、回路
是

测试系统：测试系统对电机试验过程中关心的各种电量及非电量进行测量，分计量和监
用测试系统通常要求较高
一般需要由法定计量部门计

试验台：是试验站的神经中枢，
起下达控制指令和显示试验状态，
试验数据，并对试验数据
进行分析处理生成报表等作用





电机试验设备

断路器、空开

断路器：统称，用于接通/断开带负荷的电路，具有一定的消磁灭弧作用，可以带热磁作用自动脱扣器，可以附加其它多种功能。

空开：是【空气断路器】、【空气开关】的简化叫法，是应用最广泛的断路器种类。指断路器分断电路过程中的灭弧是在空气介质中完成的，根据介质不同，还有【油断路器】、【真空断路器】、【六氟化硫断路器】等。习惯上，特指【塑壳空气断路器】，与之不同的还有【万能断路器】、【微型断路器】。



隔离开关

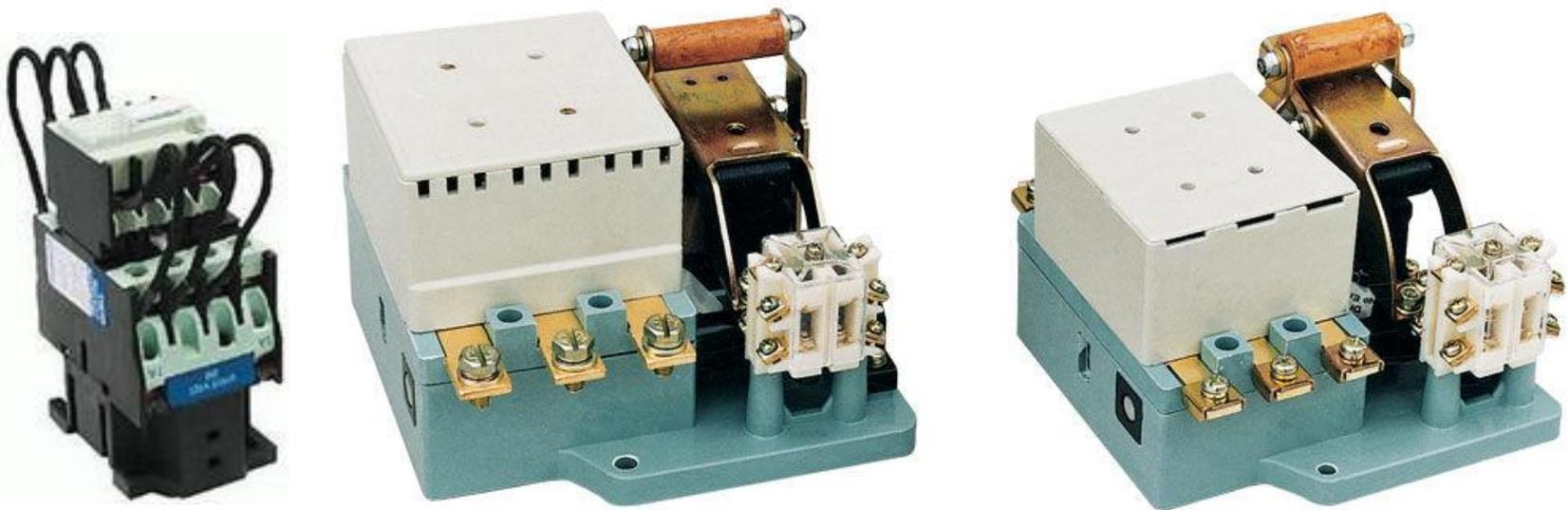
隔离开关：可以是刀开关或断路器主要作用是：

- 1) 分闸后，建立可靠的绝缘间隙，将需要检修的设备或线路与电源用一个明显断开点隔开，以保证检修人员和设备的安全。
- 2) 根据运行需要，换接线路。



接触器

接触器：接触器是指工业电中利用线圈流过电流产生磁场，使触头闭合，以达到控制负载的电器。接触器由电磁系统（铁心，静铁心，电磁线圈）触头系统（常开触头和常闭触头）和灭弧装置组成。



开关柜

◆ 开关柜是一种电设备，外线先进入柜内主控开关，然后进入分控开关，各分路按其需要设置。如各种开关、仪表等。

◆ 开关柜常见分类：

- 1、低压抽出式开关柜
- 2、交流低压配电柜
- 3、金属铠装移开式开关柜
- 4、低压固定分隔式开关柜
- 5、高压电容器柜
- 6、高压开关柜



机组

机组：由电动机和发电机构成，为被试电机提供交流或直流电源。根据组成机组的电机数量又分为两机组、三机组、五机组等。

直流机组具有调压及稳压功能；交流机组除了调压、稳压外，有的还可在一定频率范围内调频和稳频。

相对变频器而言，机组输出的是失真很小的正弦波。

机组是传统电机试验最主要的试验电源，目前，大部分电机厂还在广泛使用。



变压器

- ◆ 电机试验用变压器主要有降压变压器、整流变压器、耐压试验变压器等



调压器

调压器分为自耦调压器和晶闸管调压器两种，电机试验一般采用自耦调压器，电机试验中有时作为简单的试验电源，不可调频，不稳压。



变频器、变频电源、数字电源

变频器简单讲就是一种改变频率输出的电气设备，一般也可改变输出电压，其输出往往含有大量的高次谐波。

变频电源与变频器之处主要在于变频电源对输出波形有较高要求，一般要求输出正弦波。

数字电源是我公司针对电机试验的特殊要求，在变频器基础上研制的一种特殊电源，其输出波形及控制方式都与变频器有很大的不同。



试验台

◆试验台是试验站的神经中枢，包括仪表、按钮、指示灯、电脑、数据采集与控制系统等。

1. 通过开关操作或电脑鼠标键盘操作下达控制指令；
2. 接收测试数据集中显示或作为控制反馈输入；
3. 进行数据处理分析，出具试验报告等。





测试技术概述

几个概念

测量: Measure

物理量可直接由量具读出数值。

测试: Test

包括化学分析、物理测量、性能鉴定的试验过程的总称。

检测: Detection

用指定的方法获取某种物体指定的技术性能指标。

计量: Measure

实现单位统一、量值准确可靠的活动。广义的理解是指有关测量知识的整个领域。计量在历史上称之为“度量衡”。随着生产和科学技术的发展，现代计量已远远超出“度量衡”的范围。现有长度、热学、力学、电磁学、无线电、时间频率、电离辐射、光学、声学、化学等计量专业，已形成了一门独立的学科——计量学。

计量涉及到工农业生产、国防建设、科学试验、国内外贸易、人民生活等各方面，是国民经济的一项重要的技术基础。

计量的意义

测量是人类认知自然的基本手段，计量是研究测量的科学，是所有科学赖以发展的支柱。

聂荣臻元帅曾形象地说，一个家庭开门七件事，柴、米、油、盐、酱、醋、茶。搞好科研，同样也有“开门七件事”，即新型原材料、电子元器件、仪器仪表、精密机械、大型设备、测试技术、计量技术。



测试系统的构成及原理

测试系统的分类

测试系统总类繁多，按照构成形式，可分为如下三种方式：

- ◆ 仪器仪表式测试系统
- ◆ 集中式数据采集系统
- ◆ 分布式数据采集系统

仪器仪表式测试系统

仪器仪表式测试系统一般包括多个测试单元，每个测试单元完全独立，测试单元包括一次传感器及二次仪表两个部分；一次传感器一般为交流互感器或直流分流器，其特点是一次传感器及二次仪表均按相关标准生产，标准指标均可溯源。因此，用户可以灵活选择不同厂家的传感器及仪表，自行组建测试系统。

早期的仪器仪表通常功能比较单一，以功率测试系统而言，由电压表、电流表、频率计、功率计等构成。现代新型的功率测试仪器（一般称功率分析仪）则由一台仪器完成上述所有参量的测量。

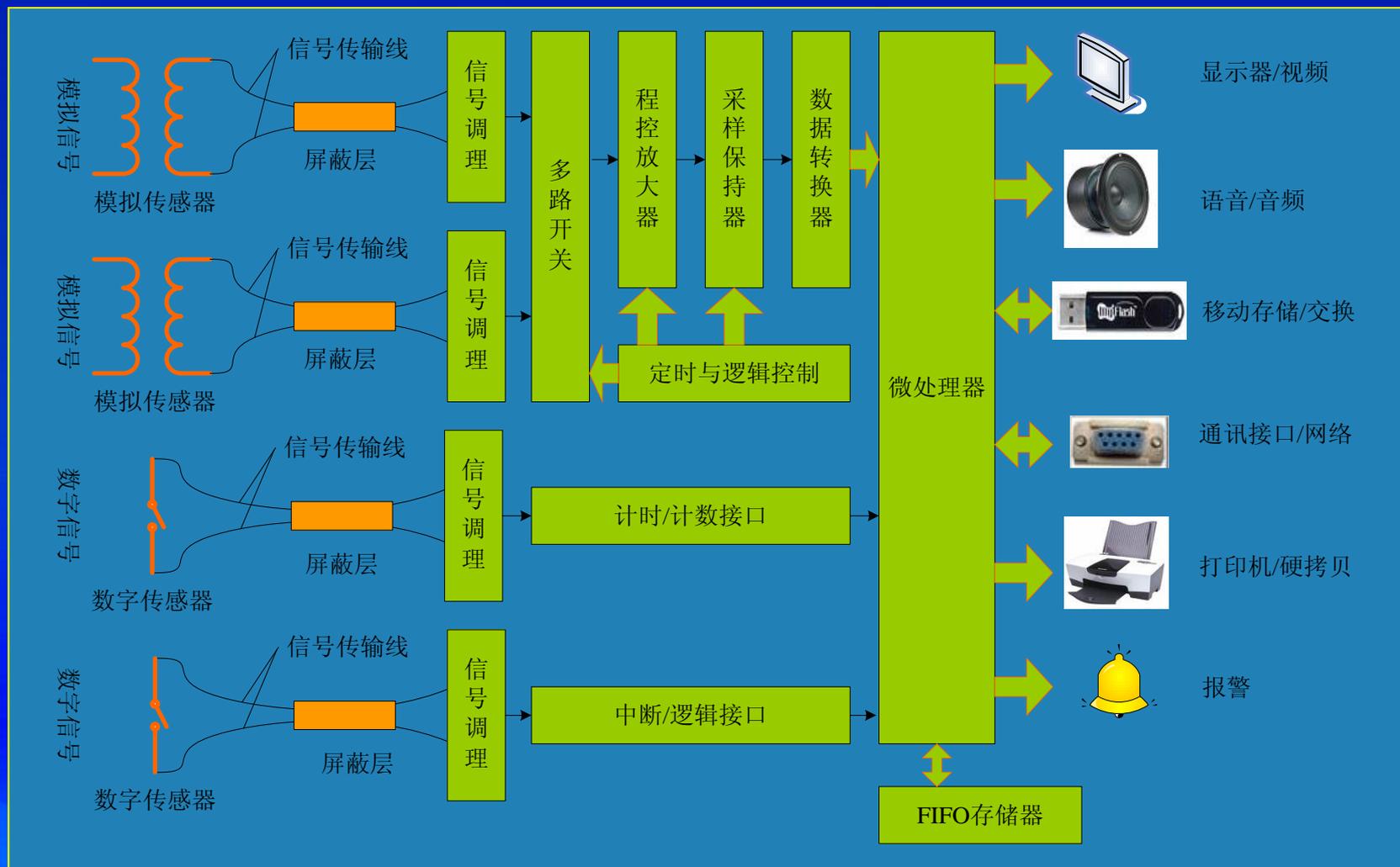
仪器仪表式测试系统在电机试验中被广泛采用，对于传统工频测量，技术已经相当成熟。主要难度在于低功率因数测试。

集中式数据采集系统

集中式数据采集系统将各种类型的传感器输出的模拟或数字信号转换成计算机可以识别的数字量，由计算机接口采集成为内存中的数据，按需要处理成相应的数据结果，供传送、显示、打印输出。集中式计算机数据采集系统具有人机界面良好，操作简单，功能齐全等优点。

集中式数据采集系统的核心技术是多路采集卡，目前，生产采集卡的厂家较多，大多只适用于工业控制。用于电机试验还存在诸多问题，目前主要停留在科研项目阶段。

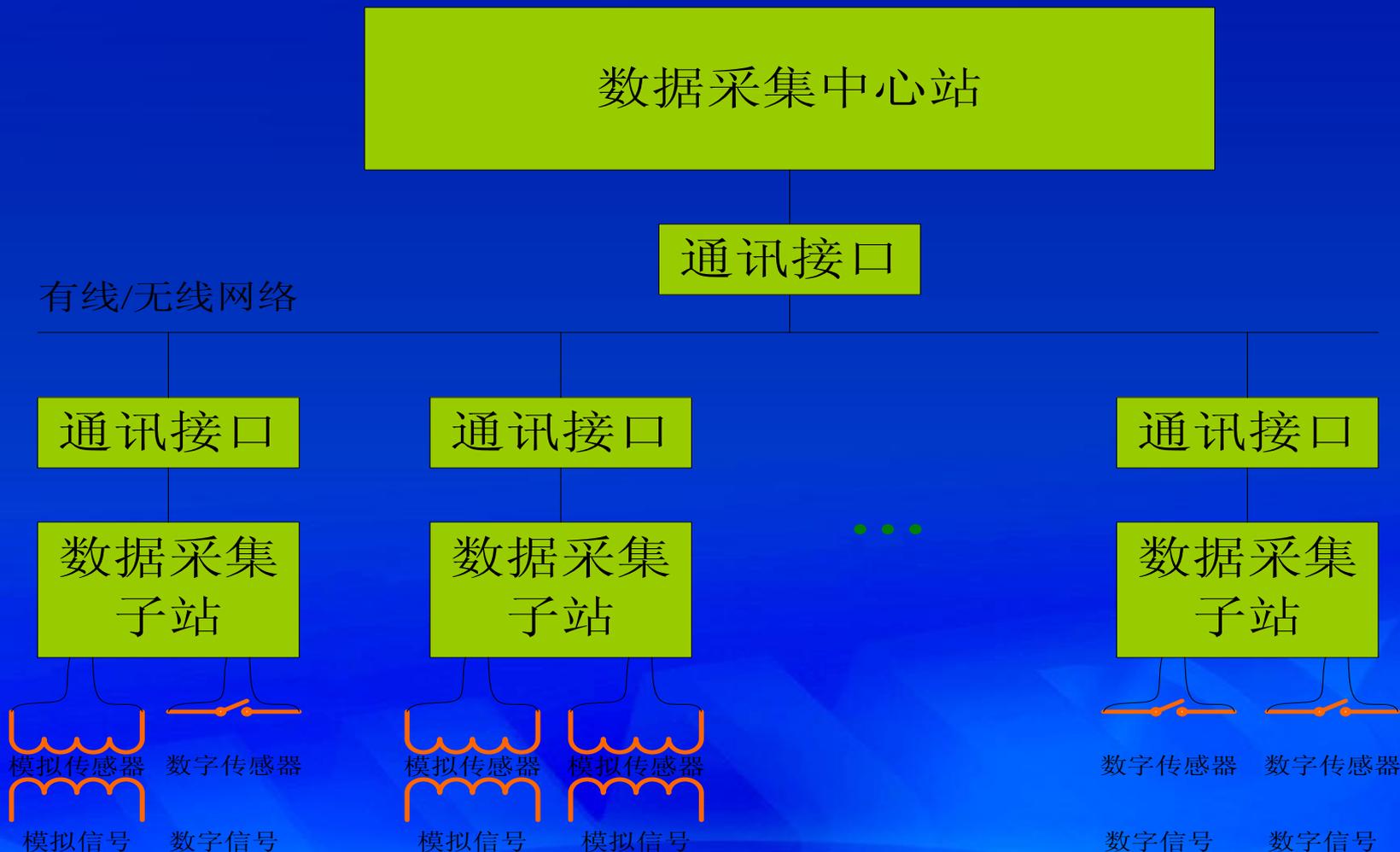
集中式计算机数据采集系统原理框图



分布式数据采集系统

多个测试模块或测试子系统，通过统一的通讯接口与上位机连接，即可构成分布式数据采集系统。其优点是组合能力强，易于扩展；测试模块或子系统独立性强，易于维护；分散测量，集中管理，对系统硬件要求低，可靠性高；采用数字通讯取代模拟信号传输，电磁兼容性能好，适合恶劣环境工作。

分布式计算机数据采集系统原理框图



三种测试系统的主要区别

分布式数据采集系统从实现的功能角度看，与集中式数据采集系统差不多。但实现功能的方法完全不同：

集中式数据采集的核心是标准信号的数据采集及输入信号的调理。

分布式数据采集系统的骨架是系统网络，系统网络是分布式数据采集系统的基础和核心。研制者都会对网络的可靠性、实时性、兼容性、可扩充性进行精心设计，而这些性能，也是分布式数据采集系统的魅力所在。

集中式数据采集与分布式数据采集的共同特点是两者均研究事物的共性，前者的共性是信号的标准化，后者的共性是网络的标准化，电机试验测试专业程度较高，目前，应用最多的还是各种专业仪器仪表。

小型的集中式数据采集系统及含通讯接口的仪器仪表，可以作为分布式数据采集系统的一个子站。



电机试验测试设备

电机试验测试对象主要有：

- ◆电压、电流、频率、功率、功率因数
- ◆励磁电压、励磁电流
- ◆交流耐压电压、直流泄露电流
- ◆各种谐波特征量、各种电源品质参数
- ◆绝缘电阻、绕组电阻
- ◆转矩、转速
- ◆水压、水流量、油压、油流量
- ◆噪声、振动

根据不同的测试对象，需要不同的传感器及仪器仪表，本节主要讲述功率及与功率相关的电压、电流的测试设备。

互感器

互感器基于电磁感应原理，与变压器类似，根据用途分为电压互感器和电流互感器，长期以来，在电机试验工频测试中，互感器占主导地位。使用中，电压互感器副边不能短路，电流互感器副边不能开路。

互感器的主要指标有比差和角差，通常说的准确度，如0.2级的电流互感器，指比差准确度为0.2级，另外，互感器检定规程对互感器的角差指标做出了明确的要求，0.2级的互感器角差必须小于 $10'$ 。更高精度的互感器有更高的比差及角差指标。



霍尔传感器

霍尔传感器基于霍尔效应原理，有霍尔电压传感器和霍尔电流传感器两种，由于具有较好的带宽特性，交直流通用，在控制领域的测量中得到了广泛的应用。

目前国外生产霍尔传感器的厂家主要有瑞士LEM公司。精度普遍低于0.3级。相位指标不明，我公司发现，把霍尔电压、电流传感器用于电机试验的功率测试，尚存在诸多不足。



分流器

分流器是根据直流电流通过电阻时在电阻两端产生电压的原理制成。分流器广泛用直流电流测试，其输出一般为mV电压信号，其额定压降是60mV，但也可被用作75、100、120、150及300 mV。



分压器

分压器主要有电阻式分压器和电容式分压器两种，前者主要用于直流测试，后者用于交流测试。在电机试验测试中，电阻分压器用于直流泄露试验的直流高压测试，电容式分压器用于交流耐压试验的交流电压测试。

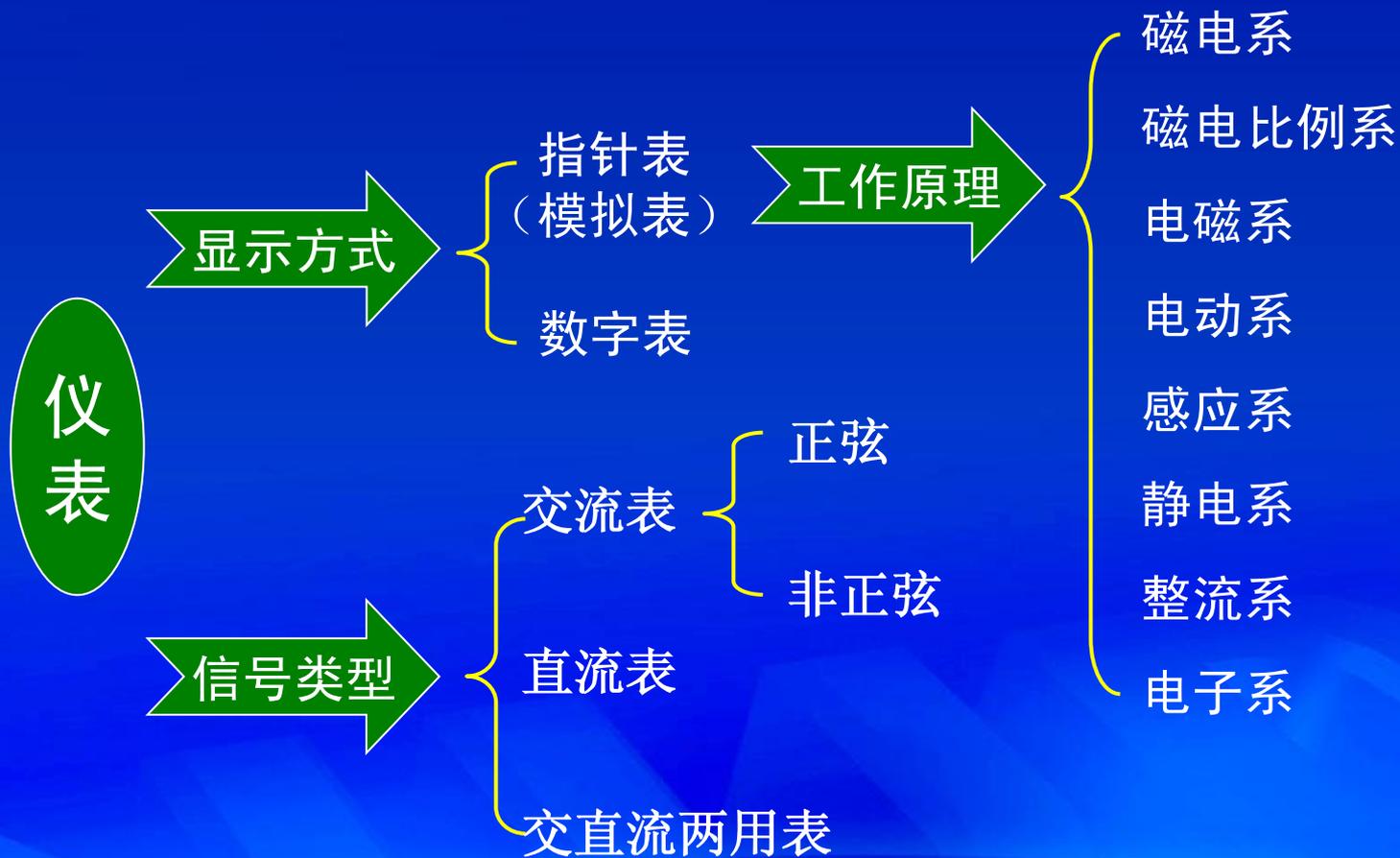


罗氏线圈

罗氏线圈，全称罗柯夫斯基线圈，国内多称空心线圈，即没有铁心的线圈，用于交流电流测试。由于没有铁心，无磁饱和现象，过载能力强，频率特性好，测试带宽可以做到1MHz以上，与霍尔传感器相比，其缺点是低频特性较差，不能作直流测试，优点是高频特性好。



形形色色的仪表





功率计俗称瓦表，主要用于测量电功率，通常瓦表为指针式表，分为高功率因数瓦表和低功率因数瓦表，一个瓦表只能测量一相功率，且不能同时测量电压和电流。

目前电子式数显功率计往往可同时进行多相电压、电流、频率、功率等的测试，高档产品还带谐波分析和波形显示等功能，所以，又称**功率分析仪**。

功率分析仪是电机试验最主要的测试设备，在电机试验中起至关重要的作用。



变频电机试验测试的 特殊要求

测试目的的变化

变频器的输出的PWM电压波形含有基波及大量的高次谐波，而电动机转矩主要依赖于基波电压有效值。因此，电机试验需要测量的电压值，以及变频器上指示的电压值都是指基波有效值。

传统的机组试验中，由于输出波形为畸变很小的正弦波，其有效值和基波有效值区别甚小，一般均测量有效值。而变频器的PWM信号的基波有效值和有效值区别很大。

在变频器供电的电机试验中，我们的一个重要的测量目的是测量电压、电流的基波有效值。

测试设备的要求

针对测试目的的变化，测试方法必须能够满足基波有效值测试；

在工频测试中应用非常成熟、成功的互感器不再适用于变频测试，其它传感器用于电机试验功率测试，存在诸如：换挡问题、低功率因数问题、电磁兼容问题等一系列的问题。

Anyway变频功率测试系统正是在这样的背景下应运而生。



谢谢!