

热工測量仪表教学大綱

(参考草案)

高等工业学校本科五年制

热工仪表及自动装置专业适用

(129 学时)

一九六三年九月

高等工业学校
热工仪表及自动装置专业
教学计划（参考草案）及专业课程教学大纲（参考草案）
（合 订 本）

*
第一机械工业部教材编审委员会编辑（北京复兴门外三里河第一机械工业部）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第 110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经营

*
开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $7^{3/4}$ ·插页1·字数126,000

1964年9月北京第一版·1964年9月北京第一次印刷

印数0,001—1,210·定价（科六）1.00元

*
统一书号：K 15165·3032（一机-647）

本教学大纲系由哈尔滨工业大学、上海机械学院、上海工学院、天津大学等四校的热工仪表及自动装置教研室提出初稿，并由天津大学热工仪表及自动装置教研室周昌震同志汇总，經一九六三年九月高等工业学校仪器仪表专业教材編审委员会第二次扩大会议审訂。

审 訂 人

委 員： 汪时雍 周昌震 纪树庚

約請代表： 朱良漪 胡滿江 陆 嘉 何国森 师克寬 陈守仁

张立儒 徐苓安（列席） 赵祺民（列席）

目 录

- 一、热工仪表及自动装置专业教学计划 (参考草案) …代号10
- 二、热工测量仪表教学大纲 (参考草案) ……代号165
- 三、电动调节器教学大纲 (参考草案) ……代号166
- 四、生产过程自动化基础教学大纲 (参考草案) ……代号167
- 五、自动调节原理教学大纲 (参考草案) ……代号168
- 六、气动液动调节器教学大纲 (参考草案) ……代号169
- 七、仪器仪表材料学教学大纲 (参考草案) ……代号170
- 八、仪器制造工艺学教学大纲 (参考草案) ……代号171
- 九、专业生产实习大纲 (参考草案) ……代号172
- 十、毕业实习大纲 (参考草案) ……代号173
- 十一、互换性原理与技术测量教学大纲 (试行草案) …代号145
- 十二、仪器零件及机构教学大纲 (试行草案) ……代号146

一、課程內容

緒 論

1. 課程內容、任務及學習方法。
2. 熱工測量儀表在國民經濟中的作用，國內外現狀及發展趨勢。
3. 測量的基本概念，熱工測量儀表的基本組成環節及分類。
4. 誤差理論概述：
誤差來源及分類，測量誤差的表示及綜合處理方法。
熱工測量儀表靜態誤差的分析方法。
5. 熱工測量儀表的质量指標：精度等級、靈敏度、靈敏限、變差及動態指標等。
6. 熱工測量儀表設計的基本原則。

第一篇 壓力測量儀表

緒 言

1. 壓力測量的一般知識：壓力的概念、壓力測量單位。
2. 壓力測量儀表的分類。
3. 壓力基準的傳遞系統。

(一) 液體壓力計及活塞壓力計

1. 液體壓力計的特點及誤差分析。
2. 活塞壓力計：作用原理、結構形式及誤差分析。

(二) 彈簧壓力計

1. 作用原理及分類。
2. 彈簧管壓力表：作用原理、結構特點、設計要點及誤差分析。
3. 膜盒壓力計：作用原理、特點、溫度補償及綫性化機構。
4. 波紋管壓力計：作用原理及組合彈性元件的剛度計算。
5. 遠距離傳訊裝置：電感電橋式及電阻式傳訊裝置的作用原理及特點。
6. 彈簧壓力計的安裝及選用的基本知識。

(三) 電測壓力計

1. 電阻變壓壓力計：作用原理、結構分析及測量綫路的特点。
2. 壓電式壓力計：作用原理、特點及對測量綫路的要求。

小 結

各种压力测量方法及仪表的評比。真空、高压、超高压测量的基本概念。

第二篇 流量測量仪表

緒 言

1. 流量及总量的概念、常用单位。
2. 流量及总量測量仪表的分类。

(一) 計 量 表

1. 計量表的某些基本特性：口径、压头損失、特征流量及标准流量。
2. 扁圓齿輪計量表：作用原理、特点及計算方法。
3. 叶輪式計量表：垂直叶輪式計量表簡介。螺旋叶輪式計量表的特点。

(二) 变压降流量計

1. 节流裝置：

理論基础、标准形式、流量計算公式中諸系数的意义及修正因数。

重度及粘度的求法。

常用計算公式、节流裝置的設計計算、变压降流量計測量誤差分析。

节流裝置特殊构造形式簡介。

2. 差压計：

一般知識及分类。

浮子式差压計：作用原理、轉換管的作用及計算、传动机构。

环天秤差压計的作用原理及分度方程分析。

无水銀差压計的作用原理及特点。

綫性化机构：水力式及机械式綫性化机构。

变压降流量計的安装。

(三) 轉 子 流 量 計

作用原理、結構、分度方程分析、修正系数及特点。

(四) 电 磁 流 量 計

作用原理、特点、磁场形式、发送器結構分析、誤差来源及补偿方案、对測量綫路的要求。

小 結

各种流量測量方法及仪表的評比。特殊流量測量方法簡介。流量測量中存在的主要問題。流量測量的新技术。

第三篇 料位測量仪表

1. 料位測量的意义及分类。
2. 吹气式液位計的作用原理、特点及誤差分析。
3. 电容液位計的作用原理、发送器結構、影响正常工作的因素、溫度补偿方案及对測量綫路的要求。
4. 放射性同位素液位計的作用原理、特点及参数选取原則。

第四篇 溫度測量仪表

緒 言

1. 溫度的概念及溫度測量的基本知識。
2. 溫标的概念及溫度基准的传递系統。
3. 溫度測量仪表分类。

(一) 压力式溫度計

1. 分类、基本組成环节及特性要求。
2. 气体压力式溫度計：作用原理及設計計算。附加誤差分析、計算及其补偿方法。典型仪表介紹。
3. 蒸汽压力式溫度計：作用原理及特点。
4. 液体压力式溫度計：作用原理及特点。
5. 压力式溫度計的特性比較。

(二) 电阻溫度計

1. 作用原理及分类。
2. 金属电阻溫度計：
金属热电阻的构造、对电阻絲材料的基本要求及老化处理知識。
平衡电桥与不平衡电桥：作用原理、桥臂参数的选取原則、三綫及四綫补偿方法、典型仪表介紹。
比率計：作用原理、桥式比率計的特点及附加誤差分析。
3. 半导体电阻溫度計：作用原理及特点。

(三) 热电高溫計

1. 热电偶的作用原理及标准热电极。
2. 冷接点溫度影响及其修正和补偿方法，多点測量綫路举例。
3. 热电偶的构造、对材料的基本要求、通用热电偶及特殊热电偶。
4. 热电偶动态特性分析及静态誤差分析。
5. 毫伏計：作用原理、毫伏計（带热电偶）的測溫誤差分析及計算。
6. 电位計：作用原理及分类。

(四) 电子式二次仪表

1. 作用原理、特点及分类。
2. 圆图型自动电子电位計：
 - 測量环节：各組成元件的作用及計算，諸参数的选取原則。
 - 振动变流环节：作用原理、特性要求及技术数据介紹。
 - 电子放大器及可逆电动机：电子放大器的特性、可逆电动机工作状况分析及可逆电动机技术数据介紹。
3. 自动电子电位計的动态、最佳传动比及静态誤差分析。
4. 长图型自动电子电位計的特点。
5. 自动电子平衡电桥：設計測量桥路的技术要求、桥路形式比較及桥路参数計算。圓图型及长图型自动电子平衡电桥簡介。

(五) 輻射式高温計

1. 非接触测温法的特点，輻射式高温計的物理基础及分类，有效輻射能及工业绝对黑体的概念。
2. 亮度高温計：
 - 光学高温計：作用原理、对比較灯泡的要求。有效波长、亮度溫度及減弱系数的概念。测温精度分析及光学高温計的特点。
 - 光电高温計：作用原理、光束調制器的方案評述、常用光电元件的特性比較、光电測量綫路的动态灵敏度分析、綫性化方案及典型仪表介紹。
3. 比色高温計：作用原理、比色溫度的概念及比色高温計的特点。
4. 全輻射高温計：作用原理、全輻射溫度的概念、测温精度分析及全輻射高温計的特点。

小 結

各种测温法及仪表的評比，特殊条件下测温的一般知識及溫度測量的新技术。

第五篇 成份分析仪器

緒 言

1. 成份分析仪器在国民經济中的意义。
2. 成份分析仪器的分类。
3. 成份分析仪器的选择性。
4. 成份分析仪器的基本組成环节。

(一) 热导式分析器

1. 作用原理。
2. 发送器的结构及参数分析。
3. 测量线路简介：桥路选择、单臂、双臂、单桥及双桥等。
4. 典型仪器介绍。

(二) 热磁式氧气分析器

1. 磁性氧气分析器的分类。
2. 热磁对流式氧气分析器：作用原理，静态特性分析——求取感受元件的平均温度与氧含量之间的近似关系。
3. 发送器的结构分析。
4. 确定结构参数的基本原则。
5. 动态特性分析。
6. 典型仪器介绍。

(三) 光学式气体分析器

1. 光电比色式分析器：作用原理、类型及特性分析。
2. 红外线气体分析器：
光谱吸收的基本定律——吸收系数与波长的关系，线性吸收及均方根吸收定律，线光谱及带光谱的基本概念。
红外线气体分析器的作用原理及分类。
3. 正式红外线气体分析器：主要元件及特性要求，红外线气体分析器的特性分析。
4. 典型仪器介绍。

(四) 电导式分析器

1. 作用原理：电导率及当量电导。浓度与电导的关系。
2. 电导池的结构及分度方法：电导池的结构及电源频率，分度及电极常数，温度影响及补偿系统的计算。

(五) 酸 度 计

1. 作用原理：pH的概念，电极电位的概念，原电池的概念及表示方法，pH值与电势的关系。
2. 电极：特性及要求。氢电极、甘汞电极及玻璃电极。
3. 温度影响及补偿计算。
4. 二次仪表的特点及要求。
5. 典型仪器介绍。

(六) 取 样 系 统

1. 取样系統的要求及分类。
2. 取样系統的基本組成环节。
3. 取样技术：滞后及降低滞后的方案。防止取样失真的措施。

小 結

全分析及譜儀的基本概念，成份分析儀器的发展趨勢。

結 束 語

二、习題、现场教学

(一) 习 題

1. 計算波紋管及压弹簧的組合刚度及溫度誤差。 (2小时)
2. 标准孔板設計計算。 (6小时)
3. 气体压力式溫度計的設計計算。 (2小时)
4. 毫伏計 (帶热电偶) 附加誤差的計算。 (2小时)
5. 自动电子电位計 (或自动电子平衡电桥) 測量綫路的設計計算。 (2小时)
6. 計算工作电流及气体流量变化对磁性氧气分析器測量精度的影响。 (2小时)
7. 电导式分析器溫度补偿系統的計算。
8. 根据混合气体各組份的特性选择分析器及样品处理系統。

(二) 现 场 教 学

1. 了解液体压力計、弹簧压力計及各种水表的結構。 (1小时)
2. 了解轉子流量計、环天秤差压計、钟罩差压計、浮子差压計及积累机构的結構。 (1小时)
3. 了解毫伏計、比率計、輻射式高溫計、电子式二次仪表的結構及远距离傳訊裝置的作用原理。 (2小时)

三、實 驗

1. 弹簧管压力表的調整及校驗。 (3小时)
2. 节流裝置及差压計特性实验。 (6小时)

- | | |
|------------------|-------|
| 3. 測溫元件的动态特性实验。 | (2小时) |
| 4. 热电偶校驗实验。 | (3小时) |
| 5. 自动电子电位計特性实验。 | (5小时) |
| 6. 热导式气体分析器特性实验。 | (5小时) |
| 7. 电子式二次仪表拆装实验。 | (6小时) |

四、課程設計

1. 推荐題目:

設計膜式远距离传訊压力計;

設計节流装置及差压計;

設計压力式溫度計;

設計自动电子电位計或自动电子平衡电桥;

設計电阻溫度計;

設計热电高溫計;

設計光电高溫計;

設計磁性氧气分析器;

設計紅外線气体分析器。

2. 課程設計內容:

总装图、部件及零件图 (1号图紙) 1~3张

說明书一份

20~30頁

五、推荐教材

教学参考书: 热工測量仪表 天津大学等十二院校合編 中国工业出版社 1961年1月出版。

附件：热工测量仪表教学大纲说明书

一、本课程的性质与任务

热工测量仪表是热工仪表与自动装置专业主要专业课程之一，系统地介绍压力、流量、料位、温度及成份等热工参数的测量方法及仪表。它的任务是：

1. 使学生了解党和国家有关热工测量仪表工业的方针政策及热工测量仪表的发展趋势；
2. 使学生掌握常用的典型热工测量仪表的设计计算及特性分析的原则和方法；
3. 通过课堂讲授及实验等教学环节的配合，熟悉有关正确使用热工测量仪表的基本知识。

二、本课程的基本要求

1. 了解党和国家有关热工测量仪表工业的方针政策，初步树立正确的设计思想；
2. 掌握热工测量仪表的基本知识和常用的典型热工测量仪表的作用原理、结构特点及性能；
3. 掌握常用的典型热工测量仪表总体设计的基本原则，能正确地选择测量原理、拟订合理的总体设计方案；
4. 初步掌握热工测量仪表中专用元部件（如孔板、测温元件等）的设计计算方法，能够正确选用通用的（如可逆电动机、振动变流器等）标准元件；
5. 掌握分析热工测量仪表特性的基本方法，即能分析影响仪表测量精度、灵敏度及动态特性的因素，并熟悉其计算及实验方法，能提出基本上是可行的改进措施；
6. 熟悉制订调校方案的基本知识，能正确确定调校参数，拟订基本上是正确的调校方案。通过实验培养学生具有一定的实验技能；
7. 了解有关测量技术的一般知识，能正确地选用仪表；
8. 了解热工测量仪表的安装、维护及修理的一般知识，能根据需要对仪表进行某些改装以适应特殊要求；
9. 了解国内外热工测量仪表领域中的新成就及发展趋势。

三、本课程和其他课程的联系与分工

在学习本课程以前的先修课程有：物理、化学、机械原理、机械零件、仪器零件及机构、金属工艺学、互换性原理及技术测量、流体力学、热工学、电路磁路基础、工业电子学、电机与电磁自动电器及自动调节原理等。

1. 与“流体力学”、“热工学”及“电路磁路基础”等课程的联系是：在应用上述课程中的原理分析仪表的特性时，要作必要的重复和加深，但对引用的公式不作推导；
2. 与“互换性原理及技术测量”的联系是：有关测量误差的综合处理直接引用“互换性原理及技术测量”的结论及表达公式，本课程着重介绍仪表本身的误差分析；
3. 与“自动调节原理”的联系是要充分利用“自动调节原理”的基本原理，分

析仪表的动态特性及其改善途径；

4. 与“工业电子学”及“电机与电磁自动电器”的分工是：有关电子线路及通用的标准自动元件的设计计算在上述课程中讲授，不再重复，本课程着重根据热工测量的特点对线路及通用的标准自动元件提出特性要求，以及对线路的特性进行分析；

5. 与“机械零件”及“仪器零件及机构”的联系和分工是：利用该两课程的基本原理及方法，设计及选用热工测量仪表中的专用元部件，设计中所引用的公式不再重复推导；

6. 与“金属工艺学”及“热工仪表制造工艺学”的联系是：“金属工艺学”在本课之前，“热工仪表制造工艺学”与本课程平行讲授，因此有关工艺问题，本课程只能提出简单要求。在课程设计中有工艺方面的内容，使学生受到初步锻炼。

四、课程内容的重点、深度和广度

绪 论

重点：热工测量仪表的静态误差分析方法及质量指标。

简单说明测量仪表的误差来源及表示方法、误差的综合处理方法。上述内容不作详细分析及推导，只是复习前期课程已讲过的内容，为分析仪表的静态误差奠定基础。

利用块图介绍仪表的静态误差（开环及闭环）分析方法。

结合实例讲解热工测量仪表质量指标的意义及表示方法，使学生获得清晰的概念。

第一篇 压力测量仪表

绪 言

讲清压力的定义和绝对压力、表压力、大气压力、负压及真空度等表示方法。简要介绍几种压力测量的单位及它们之间的换算关系。

在压力测量仪表的分类中，主要介绍按被测量范围及按作用原理两种分类方法，其余分类方法仅作简要说明。

压力基准的传递系统用检定系统表说明，使学生了解各级仪表的检定关系。

(一) 液体压力计及活塞压力计

液体压力计除简单说明作用原理外，着重介绍工业用U形管、单管、倾斜管等常用液体压力计的特点、误差来源及其修正方法。

活塞压力计以简单低压活塞为例，说明作用原理，提出有效面积的概念和计算方法。简要说明差动活塞、带反压活塞筒系统的结构形式及高压活塞压力计的特点。

(二) 弹簧压力计

重点：弹簧管压力计设计、膜盒压力计的线性化和温度补偿方法、波纹管压力计的组合格度计算。

弹簧管压力表的作用原理只是宏观地分析变形原理及传动放大机构，不作弹性元件受力的微观分析。在分析作用原理的基础上写出分度方程。结合方程及调整特点说明设计要领。在误差分析中，主要分析温度、摩擦引起的误差及降低误差的方法。

膜盒压力计中除讲述原理和特点外，以膜式风压计为例，着重介绍线性化及温度

补偿方法。

波纹管压力計要讲清波纹管 and 压弹簧組合弹性元件的特点、用途及計算方法。

在远距离传訊装置中，簡要說明訊号远距离传訊的作用，着重介紹电感电桥式远距离传訊装置的作用原理及特点，电阻式远距离传訊装置則只作簡單說明。

弹簧压力計的安装主要介紹弹簧管压力表的安装特点、要求及正确选用仪表的原则。

(三) 电测压力計

重点：应变压力計发送器的結構分析。

电阻应变压力計的作用原理应讲清电阻絲弹性变形与电阻的关系，使学生了解电测法与机械式仪表的有机联系。通过分析实例說明各部分的設計要求，了解高压密封及高溫下压力测量的特点。用块图說明测量綫路。

压电压力計中着重說明它的特点，以及在动态测量中的意义，結構不作詳細分析。对于测量綫路主要說明訊号的特点及对綫路的要求。

第二篇 流量测量仪表

緒 言

讲清流量及总量测量的区别和意义，簡單介紹几种常用的流量单位。按作用原理讲流量测量仪表的分类。

(一) 計 量 表

讲清計量表基本特性的物理概念及意义，如特征流量所指的条件及其实际意义等。

扁圓齿輪計量表除說明齿輪旋轉力矩的来源、力矩的变化情况及計算测量容积的方法外，要介紹齿輪外形尺寸的計算方法及公式的应用条件，传动机构只作簡要說明。

叶輪式計量表不作重点，只說明其原理和特点，并由此引出渦輪流量計的概念。

(二) 变压降流量計

重点：节流装置的設計計算，浮子式差压計及綫性化机构。

节流装置中以孔板为例說明作用原理，其他几种节流装置（噴嘴和文吐利管）只介紹特点。

应用伯努利方程推导出理想的不可压缩流体、气体及蒸汽的流量方程，最后引出流量方程的普通形式。

介紹标准型式的节流装置时应強調标准化的意义及各种結構形式的特点，讲清各种节流装置压力損失的計算方法。

在介紹流量計算公式的各系数之前，应指出流量系数保持恒定的条件。引出原始流量系数的概念，并讲清各修正系数（粘度、管壁粗糙度、孔板进口边缘不尖銳、介质膨胀等）的物理概念及其求取方法。

重度和粘度的求法只作一般說明。

常用計算公式只讲一种最常用的形式，讲清各系数的意义。

节流装置的設計計算主要讲清計算的原则和方法，具体計算步驟在习题課上讲

授。在讲設計时以标准孔板为例，介紹国家統一規定的計算方法。

通过誤差分析使学生熟悉間接測量中誤差的处理方法。

各种特殊形式的节流装置只簡單介紹其特点及用途，不讲設計計算。

在差压計的分类中說明工业用U形差压計的結構特点。

推导浮子式差压計的基本方程，并从它引出改变差压計測量范围的方法。通过調換管的作用及計算方法的說明，使学生了解設計人員如何解决使用仪表和成批生产的矛盾。

传动机构中主要介紹密封軸的原理、結構形式及要求。

从分度方程分析改变环天秤測量范围的方法，說明环天秤的特点。

无水銀差压計要突出說明其优点，即不用水銀、維護使用方便、动态特性好等，并說明它的結構特点。

說明綫性化机构的作用，举出几种常用的結構形式，介紹它們的計算方法，并适当說明它們和差压計配合使用的一些問題。

变压降流量計的安装只举例說明安装原則。

(三) 轉子流量計

轉子流量計主要从正确使用的观点讲授。作用原理只交待轉子平衡的条件及轉子位移与流量的关系。介紹最常用轉子的形式及材料。在分度方程分析中突出說明轉子流量計容易改变量程的特点，并說明它的分度方法。从分度方法引出修正系数的概念及計算方法。

(四) 电磁流量計

重点：发送器結構分析及补偿方案。

运用电磁感应原理比較詳細地讲述它的作用原理及其特点——非接触測量。

比較恒定磁场及交变磁场的优缺点，从水力阻力及灵敏度比較矩形截面及圓形截面发送器的特点。

分析主要誤差来源，比較深入地介紹补偿方法。最后提出对測量綫路的要求。

第三篇 料位測量仪表

重点：电容式液位計及放射性同位素液位計。

在分类中簡單提一下散粒性固体料位的測量問題。以簡图形式介紹一些簡單常用的液位計。

通过电容液位計的讲授，使学生熟悉电容发送器的特点。詳細分析影响电容发送器正常工作的因素及解决办法。

放射性同位素液位計中，利用对 γ 輻射吸收來說明測量液位的基本原理。簡要說明計數管的工作原理及特性。介紹几种常用的放射源放置方法。

使同学了解放射性同位素在測量技术中应用的一般情况。

第四篇 温度測量仪表

重点：国际温标。

深入讲解温度的基本概念，适当加强温度测量的物理基础，即采用物质的哪一种物理性质来测量温度，选取这些物理性质的原则是什么。

说明国际温标的意义、基准点及分度方法。对于摄氏及华氏温标只简单提一下，热力学温标在热工学中讲授，此处不再重复。

温度基准的传递系统用检定系统表说明。

在温度测量仪表的分类中，主要讲按作用原理的分类，其余可简单提提。膨胀式温度计不另列一章，在分类中简单予以说明即可。

(一) 压力式温度计

重点：气体压力式温度计

通过压力式温度计的原理图讲解分类及基本组成环节。详细讲解对温包及毛细管的特性要求，对压力计的要求可从略。

从满足一定精度要求出发，深入讲解温包及毛细管的设计计算。

误差来源着重介绍环境温度及大气压变化引起误差的表达式，但不作推导。简单交待由于非理想气体特性及系统体积变化引起误差的物理概念。补偿方法只作一般说明。

从分度方程简单介绍蒸汽压力式温度计及液体压力式温度计的原理。比较三种压力式温度计的特点。

(二) 电阻温度计

重点：金属热电阻的构造、平衡电桥与不平衡电桥。

从动态特性及结构特点，分析评比普通热电阻与小惯性热电阻、标准热电阻与实用热电阻的构造。简单说明电阻丝材料的种类、要求及老化处理的意义。

从电流及电压灵敏度出发，深入讲解桥臂参数的选取原则。

比率计只简单说明作用原理、具体结构不作详细说明。温度补偿电阻的计算公式直接引出，不作推导。

半导体电阻温度计的桥路计算不讲，只交待计算的出发点。

(三) 热电高温计

重点：热电偶冷接点温度影响及其修正补偿方法，热电偶动态分析及静态误差分析。

热电偶的作用原理从材料的电动序角度讲。

用解析法详细讲解冷接点温度修正法。在冷接点温度补偿法中，只讲恒温法、补偿电桥法及补偿导线的使用，补偿电桥的设计计算不讲。

热电偶构造主要讲热电极的直径及热接点、绝缘子、保护管和接线盒的构造与功用。对于热电极、绝缘子及保护管的材料种类及要求只作一般介绍。

通用热电偶是指铂-铑、铂-铂铑、铜-考铜、铬-考铜、铜-康铜及铁-康铜。特殊热电偶是指钨-钨、钨-钨、钨-石墨、碳-碳化硅及钨-碳化硅。以上所有热电偶只简单介绍适用条件，组成成份一律不讲。

热电偶的动态分析是从建立热平衡方程式开始，推导其传递函数，根据影响时间常数的因素，从动态观点提出对结构的要求。

假定被测介质温度按线性规律变化，推导热电偶动态误差的表达式。热电偶静态误差主要分析由于热辐射、热对流及热传导损失所引起的示数误差，误差公式不必推导。结合上述内容介绍测温元件安装的一般知识。

毫伏计的作用原理及结构在电路磁路基础中已讲过，在此主要从正确使用的观点讲解毫伏计（带热电偶）的误差来源及计算。

电位计的作用原理通过 703 型电位计来讲解。

(四) 电子式二次仪表

重点：圆图型电子式二次仪表（包括动态分析及最佳传动比分析）。

作用原理用块图讲。分类要作较详细介绍，使学生对电子式二次仪表的概貌有所了解。

以圆图型电子式二次仪表为例，从设计观点提出对测量线路的要求、结构形式、有关参数的选取原则及计算，滑线电阻本身的计算不讲。振动变压器、电子放大器及可逆电动机不讲设计计算方法，但必须交待对它们的技术要求以及必要的技术数据。

电子式二次仪表的动态分析中，各组成环节的传递函数不必推导。通过块图推导电子式二次仪表临界稳定条件，并分析影响稳定的因素。

用块图按最小稳态误差及速度误差计算最佳传动比。

与圆图型电子式二次仪表对比讲解长图型二次仪表的特点。

(五) 辐射式高温计

重点：亮度高温计。

与接触测温法对比，讲解非接触测温法的特点。深入复习热工学中讲过的热辐射性质及热辐射定律，为讲清三种高温计的作用原理奠定物理基础。按照所基于的热辐射定律不同，将辐射式高温计分为三类。通过有效辐射能的概念，提出仪表按绝对黑体分度的特点，从而引出工业绝对黑体的概念。

光学高温计中的比较灯泡只简单交待构造、材料及对它的基本要求。有效波长、亮度温度及减弱系数，通过简单的数学公式来讲解它们的物理意义及计算方法，给学生一个清晰的概念。在测量精度分析中，除考虑由于非黑体及环境条件变化两种因素外，还应考虑分度时由标准仪表所引入的误差。

通过光电高温计，介绍几种光束调制器的结构及线性化方案。常用光电元件的特性指标——灵敏度、选择性、滞后、稳定性、尺寸及对外电源的要求等，用表格作定性的评比。

比色高温计用块图介绍单光路、双光路的构成原理。比色温度的讲法与亮度温度相同。

用一种有冷接点温度补偿的全辐射高温计，讲解它的作用原理。全辐射温度及测温精度分析的讲法同光学高温计。