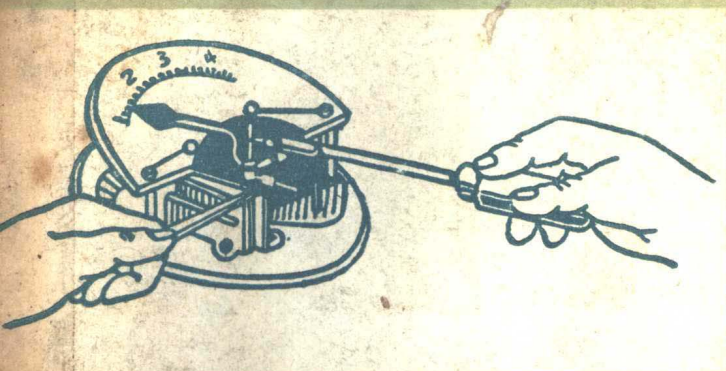




电 气 测 量 仪 表 装 配 工 艺 学

П. И. 布洛夫斯基, А. В. 波娃良也夫著



机 械 工 业 出 版 社

电 气 测 量 仪 表 装 配 工 艺 学

П. И. 布洛夫斯基, А. В. 波娃良也夫著

刘玉堂、朱德庄译

闕道炎校



机 械 工 业 出 版 社

1959

內 容 簡 介

本書內容主要是敘述各種電氣測量儀表的裝配工藝。全書共分十章，詳盡地說明了：電氣測量儀表活動部分、測量機構、外罩與底座等的裝配；儀表的總裝配；儀表的調定與調整；儀表的刻度、試驗和儀表的保存、包裝與運輸等問題。

本書可供儀表製造廠和設計部門的工程技術人員之參考，同時也是高等和中等專業學校有關專業學生的良好參考書。

蘇聯 П. И. Буловский 和 А. В. Поваляев 著 “Технология сборки электроизмерительных приборов” (Обorongиз 1955 年第一版)

NO. 3021

1959 年 9 月第一版 1959 年 9 月第一版第一次印刷

787×1092¹/₂₅ 字數 240 千字 印張 10²²/₂₅ 0,001—4,700 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號 定價(11) 1,70 元

目 录

序	6
第一章 电气测量仪表生产的一般问题	7
1 电气测量仪表生产的概述	7
2 电气测量仪表结构的工艺性	9
3 电气测量仪表工厂的编制与生产组织机构	16
4 装配车间的工作特点	25
5 生产工艺准备组织的基本规则	27
第二章 活动部分的装配	29
6 电气测量仪表的活动部分	29
7 磁电式指针仪表活动部分的装配	29
8 动磁式仪表的活动部分之装配	49
9 电流计活动部分的装配	50
10 电磁式仪表活动部分的装配	56
11 电动式仪表活动部分的装配	59
12 感应式仪表活动部分的结构与装配	62
13 活动部分的保存与运输	63
第三章 测量机构的装配	64
14 磁电式仪表测量机构的结构	64
15 座架的装配	71
16 磁系统的装配	76
17 测量机构的装配	81
18 轴向间隙的调整	83
19 测量机构的检查	88
20 电流计测量机构的装配	89
21 电磁式仪表测量机构的装配	93
22 电动式和铁磁电动式仪表测量机构的装配	95
第四章 外罩与底座的装配	102
23 外罩与底座的制造	103
24 外罩和底座的喷漆	103
25 表玻璃与修正器的安装	105

26 密封垫的安装	109
27 轉換开关零件的制造与装配	111
28 高阻表發電机的装配	121
第五章 仪表的总装配	124
29 仪表的装配工艺	124
30 仪表刻度盘的安装	124
31 磁电式仪表的总装配	125
32 仪表力矩的測量	128
33 指針式仪表的平衡	130
34 螺釘联接自动松动的防止法	135
第六章 电路的装接	138
第七章 仪表的調定与調整	147
35 調定与調整的目的和方法	147
36 直流仪表的調整	151
37 交流仪表的調整	169
38 高精度度仪表的时效处理	184
第八章 仪表的刻度	186
39 仪表的刻度方法	186
40 刻度設備	188
41 直流仪表的刻度	197
42 交流安培計和伏特計的刻度	201
43 瓦特計、相位計和頻率計的刻度	204
44 刻度盘的繪制	216
45 仪表的密封	222
第九章 仪表的試驗	224
46 試驗种类	224
47 外觀檢查	225
48 电阻的測量和絕緣強度的檢查	228
49 平衡性的檢查	233
50 基本誤差、变差及指針不回到零点的距离之确定	236
51 阻尼時間和一次偏摆值的測量	239
52 共振現象的檢查	241
53 長時間和短時間超負荷的試驗	241

	5
54 溫度影响的檢查	242
55 頻率、曲綫圖形及电压影响的确定	248
56 負荷不均衡和功率因数影响的确定	250
57 外磁場和靜电磁場影响的确定	251
58 仪表相互之間的影响和仪表对罗盘的影响之确定鋼質配电盤影响的 确定	254
59 过热影响的确定	255
60 机械作用影响的确定振动和抖动	257
61 仪表对外部介質影响的防护程度之試驗	258
62 电流計的試驗	261
第十章 仪表的保存、包装和运输	267
附录	271

序

关于指針式电气测量仪表的装配、調整、校准与試驗問題，在一般文献里沒有得到足够全面的反映。

电气测量仪表（磁电式的与电磁式的等）基本上属于电气机械式的指針式指示仪表一类。这种仪表无论它們的用途及被测的数量怎样，都可用在固定的或活动的装置上。各种用途的电气测量仪表的装配、調整、校准与試驗的工艺过程，在很大程度上是典型的，因而在本书中也只研究应用最广泛的电气测量仪表的組合件装配与总装配的典型工艺过程。

在电气测量仪表生产中的非特殊工艺过程，如塗飾、釐焊、焊接等，在本书中未予叙述。

本书适用于熟悉电气测量仪表的作用原理与结构的讀者。

本书中叙述一些簡單的檢查、試驗用的設備与装置，它們适用于那些使用电工仪表，但是沒有复杂工艺装备的工厂。

讀者在研究本书中的材料时应注意到，作者所叙述的只是一些作为范例的工艺过程，因而只供参考。書中所述的工艺过程，有可能也一定能得到改进，因为在提高劳动生产率与改善仪表产品质量方面，每天都有合理化建議者与生产革新者的新成就出現。

第1、2、3、5节是由技术科学碩士 A. И. 涅瑪尔基付教授編写的。

作者謹对在本書付印前給本書提出宝贵意見的評閱者 Б. Ф. 札瓦茨基工程师与編輯 A. С. 屠林致以衷心的謝意。

在研究电气测量仪表生产工艺問題方面，本书是初次嘗試，因而作者非常欢迎听取各方面对改进本书的意見。

作者

第一章 电气测量仪表生产的一般問題

1 电气测量仪表生产的概述

目前国内仪表制造业中所制造的电气测量仪表的种类極多。按用途来看, 电气测量仪表不仅用于测量电气参数(电流、电压、频率、相位差等), 而且还用于测量电气参数以外的其它物理量, 如轉速(轉速表)、溫度(电阻式溫度表及热电式溫度表)、燃料混合物与气体的成分(气体分析器)等等。

当测量非电气参数时, 通过各种电气测量仪表相应的中介装置(傳感器)将所测得的非电气参数变为电气参数。

电气测量仪表的基本优点是: 能进行远距测量(测量仪表指示器可装在距测量处任意远的位置上)、可靠、安装簡單、使用方便以及成本較低(被测量值以导綫作远距傳送来代替根据非电学原理的仪表所用的其他傳送装置)。

电气测量仪表在各个科学技术部門中所占的比重正在逐年不断地增加, 而其所起的作用亦愈来愈大, 同时还可以这样說: 电气测量技术的发展是决定国民經济很多部門总的技术水平的主要因素之一。

每个电气测量仪表都由测量机构和輔助部分组成。测量机构又由固定部分和活动部分组成, 通常这两部分包括产生旋轉力矩的零件, 以及輔助零件和結構零件。在测量机构中电能被变换为用来轉动测量机构的活动部分的机械能。

圖1所示为电气测量仪表●結構原理的示意圖。

电气测量仪表的輔助部分为分流器、附加电阻、热变换器和整流器等。輔助部分或与测量机构装在同一壳体中, 或装在壳体外面。

当电气测量仪表接在电路內时, 在电磁力的作用下使固定部分与

● И. Г. 西佐夫著: “电气测量仪表”, 荣获紅旗勳章的列宁格勒空軍工程学院出版社, 1947年版。

活动部分之間产生相互作用。在各种类型的仪表中电磁力的特性决定于仪表的工作原理。

在大多数的电气测量仪表中由于旋轉力矩的作用，活动部分繞軸作旋轉运动。为了使活动部分不致在任何测量值下都轉一滿偏轉角，所以在仪表中必須有一个反作用力矩，通常这种反作用力矩是由螺旋弹簧的旋紧和松开来产生的。如此，旋轉力矩使活动部分只轉一定的角度。当无旋轉力矩时，彈簧將活动部分轉回零点位置。这个零点位置在一定範圍內可用修正器来調整。

为了消除活动部分由于慣性而引起的摆动，在测量机构中通常装有阻尼器。为了判讀被测数量，在仪表上装有指針和刻度盘。为使活动部分的位置不受仪表傾斜的影响，在活动部分上加有平衡重量。

制造电气测量仪表时，由于仪表的装配工作量大，所以装配工作具有極其重要的意义。例如：装配与調整的劳动工时通常为总劳动工时的30~50%。

仪表的質量主要决定于仪表的装配与調整。大部分的返修都是由于装配过程中的缺陷而促成的。

电气测量仪表装配过程的組織和完成的方法在很大的程度上决定于生产計劃，也决定于仪表的精确度与結構特点。

下列电气测量仪表适于大批生产：各种外廓尺寸的通用直、交流配电盘仪表；电度表；小型直流电表。1~0.5級携带式直、交流仪表也适于成批生产，但数量較少。下列仪表适于成批和个别制造：高灵敏度的电流計、电位計式仪表以及各种异于寻常的电气测量仪表。

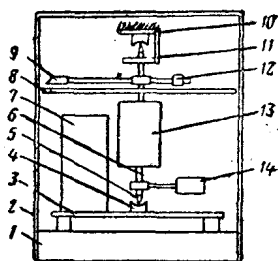


圖1 电气测量仪表結構原理示意圖：

- 1—底座（壳体下部）；2—外罩（壳体上部）；3—測量机构的座板；4—軸承；5—尖軸；6—活动部分的軸；7—产生旋轉力矩的主要固定部分；8—刻度盘；9—指針；10—修正器；11—彈簧；12—平衡重量；13—产生旋轉力矩的活动部分；14—阻尼器。

2 电气測量仪表結構的工艺性

电气測量仪表的結構，首先取決于使用要求，其次还取決于其各种的使用条件。

总的来講，这里包括：被測数值、頻率和周圍介質溫度的变化范围；測量誤差范围；振動和抖動情况；使用时的安裝条件（安裝位置的尺寸和安裝的方法）；判讀条件（判讀示数的距离和工作間的光度）；周圍介質的湿度及有无有害气体；仪表壳体的保护程度等。

仪表外表应美观，这样在一定程度上能使人們在使用时对它加以爱护。

仪表零件应精加工（电鍍及塗漆等），以防銹蝕。

仪表应符合下列的使用要求：十分精确、灵敏、随时可进行測量、消耗功率小、指針稳定時間短、导电零件彼此間及与壳体間的絕緣非常良好、能承受过負荷、工作可靠、安裝便利、气密性良好、机械性能稳固可靠、寿命長。

除使用要求外，对电气測量仪表还有一定的生产要求。仪表的生产組織和生产經濟多半取決于仪表結構的工艺性。

所謂仪表結構的工艺性，是指單个零件、組合件和整个仪表的这种性質：即能保証最迅速和最經濟地掌握它們的生产技术，以及保証制造成本最低。

电气測量仪表与其他仪表在結構上的区别是，它不單有机械元件，而且还有电磁元件。机械元件，如壳体、齒輪嚙合零件、彈簧、刻度盘和固定零件等不仅用于电气測量仪表，而且也用于其他各种仪表（其中包括机械式仪表）。

电气測量仪表的电磁元件是指：綫圈（有骨架的与无骨架的）、磁鉄与磁导体、接触点与接触組合件、陶瓷（或其他絕緣材料的）零件和一些其他零件与組合件。

电气測量仪表和机械式仪表在結構工艺性要求上的区别是：它既要考虑制造条件，又要考虑机械元件与电磁元件彼此間密切相互作用的条件。对保証电气測量仪表的电气特性与参数之要求，往往由仪表

中机械结构与电磁结构的制造误差及装配误差来决定。

电气仪表制造厂通过工作实践确定了下列提高仪表工艺性的基本方向与途径：

1. 简化仪表的结构，以减少仪表零件的数量。在其他条件相同的情况下仪表零件数量越少，仪表的生产准备和制造的费用也就越小。

2. 在新型仪表和改装仪表中尽量利用过去在生产中所掌握的零件与组合件。

在符合仪表等级并严格遵守仪表现行标准的条件下设计仪表结构时，一方面要避免过分强调仪表的通用性，以致仪表的结构复杂与成本昂贵；另一方面还要避免仪表的单一化与独特化。

不仅对结构元件应考虑其传统性，而且对仪表测量机构系统（磁电系统、电磁系统、电动系统和感应系统等）的工作原理亦应考虑其传统性。

3. 规定仪表质量因数。质量因数是由于摩擦（主要是指尖轴，轴承基本组合件的摩擦）所生相对误差的倒数，它可表示在抖动、振动中测量机构的质量。与此同时，随着质量因数的提高仪表的其他性能将会降低。譬如，当质量因数高时，能量的消耗增加，灵敏度降低。

4. 统一仪表零件与组合件的规格。仪表零件与组合件的规格的统一可保证：同一种零件在该仪表不同组合件中推广应用；同一种组合件在该仪表不同部件以及其它仪表中推广应用。由此，可限定零件与组合件的标准尺寸的种类，以使零件与组合件趋向标准化。

应用标准零件及标准组合件，在仪表生产准备和制造方面所达到的效果和在新仪表和改装仪表中使用过去在生产中已掌握的零件和组合件的效果相同。

5. 在仪表零件和组合件标准化的基础上来减少孔、螺纹、倒角和其他结构元件的标准尺寸之种类，这样可大大减少所采用的成套工具、量具和降低废品率。

6. 分解仪表成单独的组合件，使之能单独装配、单独检查和互换，在仪表总装配时不再需要预先解体。这样就可将仪表的装配分为组合件装配与总装配两个部分。组合件的装配可不在装配车间进行，而

在零件与組合件的制造車間和制造工段进行。这样有如下几个优点：大大縮短劳动工时；改装仪表时整个仪表結構不致有重大的改变；可保証工厂按各个組合件生产的專業化与合作化；利用組合件的結合点来补偿制造誤差。

7. 完全根据仪表的使用要求，規定制造精确度与表面質量。

8. 保証几何互换性与物理互换性。保証几何互换性，可减少或完全消除装配时就地的补偿加工和修配工作（在装配时进行偏磨、銼修、鑽孔、切螺紋、研磨工作表面和銷固等）。同时，也可减少和避免进行这些工作时所产生的金屬屑、金屬末和其他髒物。正确选择补偿环节的結構以簡化調整工作，这是提高結構工艺性最重要的一个因素。

物理互换性不仅与整个仪表有关，而且与每个部件有关。物理互换性的获得和所制仪表稳定性的提高多半取决于装配、調整、校准和檢驗等工作能否机械化与自动化。

9. 布置仪表的成套装配，以保証仪表能在安装位置最少的情況下簡便地进行装配。如仪表的結構容許在一个位置上进行全部的装配工序，則可大大地簡化装配时所用的装配工艺装备，减少廢品和簡化流水装配的組織系統。

10. 規定仪表零件的形状。其形状应保証：

1) 足够的剛性，这样可簡化加工过程，提高切削规范和消除变形对加工精确度的影响；

2) 零件能簡便地装在机床或夹具上，这就要求工艺基准面制定得正确，而且在加工与測量过程中各种不同位置的数量要少。因此可以减少加工的劳动工时和輔助工时，并提高制造精确度；

3) 各个加工和測量表面与各个加工和測量部分的可接近性。这样可减少工艺准备的数量，簡化工夹具的結構，减少加工的劳动工时和消除廢品；

4) 用規格化和标准化的刀具和量具进行加工与測量的可能性；

5) 自动的連續机动工时比值較高时集中加工的可能性，以及在中位夹具上連續加工的可能性。这样就为广泛采用多床管理法創造了基本的先决条件；

6) 毛坯的制造簡單。

11. 把形状类似的仪表零件設計成在尺寸、毛坯类型、基本加工面的配合与相互位置以及表面精确度和光潔度方面都近似的零件。这样，不但可以使一些零件的制造工艺过程統一化，而且还可以統一六角車床与自动車床的調整，即建立一系列标准的且逐渐复杂的調整等級，使零件在每个相应的調整等級上均可进行加工；最后，还可以按设备的类似性統一調整工具。

这样依次統一，可縮減生产工艺准备的範圍与劳动工时，减少工艺卡片，合理地采用高生产率的加工方法与設備，以及較广泛地采用革新者的先进經驗。

12. 采用以高生产率方法（鋼模和压力鑄造、精密鑄造、冷热冲压和塑料模压等）制造零件毛坯，使零件不进行或略微进行机械加工。毛坯在生产阶段精确度的提高是仪表制造业目前的工艺問題之一，仪表制造业的特点（大多数零件的尺寸很小，对許多不承受大負荷的零件的强度要求不高、广泛地应用有色金屬、仪表的生产数量較大）促成这一問題的解决。

許多工厂都能成功地将很多原来在切削机床上加工的电气測量仪表的零件改用鍛粗、拉伸、校正（挤压）和立体冲压（模压）来生产。如采用鍛粗，可以显著地提高劳动生产率，并可节约金屬 15~40%，而且还能保証零件具有較高的机械强度。如将銑切与手工研磨改用模具清理或校正，劳动工时可减少十分之九。

当以冲压与焊接或与高溫釐焊相配合的方法来制造形状复杂的立体零件和截面尺寸变化很大的零件时，结构的工艺性可显著地提高。

采用特形冷軋法制造輪齿、螺紋、波紋表面、分度綫与数字、特形板材零件以及装配某些立体板材零件也是很有效的。

在解决电气測量仪表結構工艺性問題时，粉末冶金法（金屬陶瓷制法）起着特殊的作用。

如众所周知，这个方法的实質就是用金屬粉末（一种金屬的或数种金屬混合物）来压制零件，然后不經熔化和澆鑄而直接燒結。

用粉末冶金法可制造具有特殊物理性能的零件（重量小的活动

磁铁、磁导体、电接触点用的假合金、抗磨与磨擦元件、耐热零件等)。这些零件有时是用其他方法所不能制造的。

用粉末冶金法(金属陶瓷制法)制造永久磁铁比用铸造法的效果更好,即大大减少废品,消除浇口的废料,省去磨削工序,且能得到比较均匀的磁性(因为用金属陶瓷制法制成的永久磁铁上没有在铸造时所不可避免的砂眼、裂纹和其他缺陷)。

制造毛坯和零件所选择的各种方法,基本上可以决定毛坯与零件的结构形式和图纸的绘制,从而也就决定了零件材料的选择、零件形状、公差、从选择加工基准出发的图纸尺寸的布置、设计零件时保证材料消耗最少的条件及所用冲模、压模和其他种类工夹具的可能简化与成本降低。

要正确的解决结构工艺性的各种问题,不仅需要考虑到毛坯制造方法的生产率高低,而且还需要考虑到每个零件的制造方法选择得是否正确。例如,用冲压法制造磁电式仪表的座架就不如用压力铸造法更为适宜,因为冲压成的座架还需要作补充加工——热处理、矫正和防腐加工。

关于仪表零件用无屑加工法制造的问题,如果认为由于工艺装备费用大而只能适用于大批生产和成批生产的话,这种看法往往是错误的。因为,在仪表的小批生产中利用廉价的万能工艺装备,同样也可采用高生产率的无屑加工法。在这方面,列宁格勒某仪表制造厂的合理化建议者B.M.鲍格达诺夫提出的万能冲模就有着很大的价值。

为了制造形状与尺寸不同的扁平板材零件和立体板材零件,鲍格达诺夫同志采用七个万能冲模组成的冲模组。其中每个冲模在冲制每个零件时都完成一道规定的工序●(沿半径切边、冲孔等)。

13. 大量采用以代用品(代替稀有材料和贵重材料)制成的零件,其中特别是塑料零件。在电气测量仪表的结构中采用塑料能保证零件具有小的比重、大的强度、良好的抗蚀性、良好的介电与绝热性能、良好的外观(无需补充精加工)。此外,塑料还容易用模压或压力

● B. M. 鲍格达诺夫与 A. Г. 雅可夫列夫著:“小批生产中零件各个部分的冲压”,苏联机械工业出版社 1952 年版。

鑄造等方法制成零件。

用这些塑料加工方法可制成最終形状的，且形状特別复杂的整个零件和組合作。莫斯科仪表厂以塑料代替金屬所制成的零件已有五十种。

14. 正确地选择制造电气測量仪表零件与部件用的金屬与合金。利用新的性能好的苏联电工金屬与合金，不仅可以制造出完全新的仪表电气綫路，以使电气測量仪表的使用質量（精确度和可靠性）得到根本的改善，并且还可以使仪表的工艺性得到显著的提高。

譬如，在某些仪表中用作产生反作用力矩和活动綫框电流引綫的彈簧，其尺寸主要由制造彈簧的合金（其中特別是錫青銅）的質量（电阻系数）来决定。

在磁电式仪表（以活动部分中的金屬零件作为磁感应阻尼器）中，綫框骨架的电阻、阻尼力矩、阻尼系数与阻尼器尺寸都是由材料的質量决定的。

永久磁鉄的尺寸和形状，以及保証磁鉄受外部作用时稳定不变和保証規定的磁通密度，完全决定于制造磁鉄的材料和这种材料加工的工艺性。磁鉄的尺寸也决定整个仪表的外廓尺寸。

当用鉄鎳鋁合金制造磁鉄时应知道：这种合金既不能鍛又不能以普通刀具加工，所以磁鉄的形状应这样选择，即能够先鑄造然后再磨削或作阳極机械加工。

采用 A.C. 札依莫夫斯基所研究的 AHK04 号合金（ $B_r = 11500 \sim 12000$ 高斯； $H_c = 550 \sim 600$ 奥斯特）与 Я.М. 陀夫嘎列夫斯基所研究的 AHK03 号合金（ $B_r = 9000$ 高斯和 $H_c = 700$ 奥斯特），可大大地縮小仪表的外廓尺寸和提高仪表的工艺性。选择导电材料（銅、康銅、錳銅）、热补偿合金、热磁分流器用的热磁合金、附加电阻用的材料、热电偶用的合金、热双金屬及热彈性系数不变的合金，同样对仪表的外廓尺寸与重量、工艺过程、劳动工时与生产成本有很大的影响。

15. 对所采用的材料合理地进行分类与編号。

按材料名称、尺寸、型面、和牌号来减少所采用材料的品种，可节省材料、利用廢料、改善供应条件、减少材料庫存量，从而加速了

流动资金的周轉。例如，某一仪表制造厂，从0.1、0.2、0.3、0.5、0.8、1、1.5、2、3、4毫米的尺寸中选择所需厚度的材料品种。

采用不需經退火、酸洗、脱脂、浸漬、时效等处理的材料制造零件，也可大大地縮短生产周期。

設計仪表时，必須考虑尽可能少用粘合材料——虫胶、巴克力特漆与石膏的粘合剂等，可特別显著地縮短生产周期与减少在制品的数量，这是因为避免了在空气中長時間的擱置和縮短了在恒溫箱中干燥的时间。

用以拉制法制成的圓形与特形型材制造零件，可节省金屬、提高零件的耐磨性、常常可省去热处理并可大大地提高生产率。

从上述提高結構工艺性的途徑来看，显然各条款彼此之間有紧密的联系。

可是，电气測量仪表結構的工艺性不仅与上述因素有关，而且与仪表的用途、工厂的生产条件与設備有关，其中特別与仪表的生产数量有关。譬如由于生产数量的不同，同一用途的仪表可以有各种不同的結構。

同时还需考虑到，仪表結構的工艺性不完全在于改善零件結構工艺性或零件各部分的工艺性。有时在装配和試驗由結構工艺性良好的零件装成的仪表的过程中可能發生仪表成本提高的情况，从而失去改善單个零件及其各部分的結構工艺性所获得的效果，結果使得整个仪表成为工艺性完全不好的仪表。

因此，在解决仪表結構工艺性的各种問題时，必須注意工厂生产过程总的情况，各个生产阶段，同时分析仪表各个部件与零件的相互联系及与整个仪表的相依赖性。

为了使設計人員与工艺人員有組織、有系統地配合工作，創造良好的仪表結構工艺性来保証在節約原則下提高生产率，最重要的一个条件是設計人員与工艺人員之間不仅在設計与制造仪表試驗样件时应取得密切的联系，就是在掌握仪表成批生产的过程中以及在仪表整个繼續精加工的过程中也应取得密切的联系。

3 电气测量仪表工厂的編制与生产組織机构

电气测量仪表工厂是許多車間与生产服务單位的复杂綜合体。

工厂的輪廓按仪表的生产种类及其部件与零件的生产种类来决定。

根据生产的具体条件，各个不同的特点和原則可作为編制車間与工段的依据。車間与工段的編制可确定車間之間和車間之內在主要产品生产中合作的性質、厂內計劃工作和生产組織的形式。

电气测量仪表工厂所需的各種零件、半成品与材料都靠广大的协作生产網来供应。协作生产供应：

1. 塑料、陶瓷、金屬陶瓷制标准件与压力鑄件。
2. 标准电工組合件与零件（綫圈、电容器和电阻等）。
3. 光学玻璃与工业玻璃零件与半成品。
4. 小功率的与外廓尺寸小的直、交流电动机以及小型的电源附件。
5. 精密軸承。
6. 專用零件（軸承的宝石、仪表零件、彈簧、力矩彈簧和固定零件等）。
7. 具有特殊物理性質的金屬与合金（热补偿合金、高頑磁力的磁铁合金、因瓦鋼、錳銅、抗磁合金和耐蝕合金等）。
8. 各种标准材料。
9. 記錄圖紙与度盘用紙。
10. 原料和化学藥品、腻子与树脂、漆与塗料（耐蝕的、耐热的、耐寒的）、油膏、刻度盘符号用的螢光漆等。
11. 專用絕緣材料。
12. 專用导綫（銅綫和鉛綫以及补偿导綫和安装导綫等）。
13. 光标仪器的小鏡与照明灯。
14. 特种木材。
15. 精密設備与加工工具。

电气测量仪表工厂的典型編制圖如圖 2 所示。