

機器製造業中 統計法的应用

机械工业出版社

機器製造業中統計法的应用

季秀金等著

陶家澂譯



机械工业出版社

1957

出版者的話

本文集介紹苏联机器及仪器制造工業部所屬各工厂在应用产品質量統計檢查法方面的經驗，主要內容包括：应用各种統計檢查方案（單值和中位数綜合檢查圖表、算术平均数和变異幅檢查圖表、單值檢查圖表和分配量規檢查圖表等）时的組織和技术措施；檢查工序的物質技术装备問題；生产人員和技术人員的工作組織等。此外，本文集內还列举了实施統計檢查时所应採用的各种表格；對於各种統計檢查方案的經濟效果，亦有詳尽的分析。

本文集为机器制造業产品質量統計檢查方面的必要参考書。可供机器制造厂車間工長和工程技术人員参考之用，亦可作为机器制造工業学校「公差与技术測量」和「生产組織与經濟」兩門課程的参考資料。

苏联М. И. Зизюкин 等著 ‘Внедрение статистического метода в машиностроении (Машгиз 1951 年第一版)

*

*

*

NO. 1329

1957 年 5 月第一版 1957 年 5 月第一版第一次印刷

787×1092 $1/32$ 字数 102 千字 印張 4 $15/16$ 0,001—4,000 册

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号 定价(10) 0.80 元

目 次

在機器和儀器製造工業各工廠內產品質量工序 統計檢查及統計分析法的運用.....	
..... 工程師季秀金(М. И. Зизюкин)(5	
在儀器製造廠內的統計檢查.....工程師郭辛(М.Я. Госин)(36	
在莫斯科機器製造廠內運用質量統計檢查的經驗.....	
.....卡巴諾夫(С. Д. Кабанов)(69	
在波陀里亞加里寧機械製造廠內產品質量統計檢查的 運用.....工程師聶陀斯 塔也夫(Н. Н. Недостаев), 工程師朗棲赫(Р. В. Лонцих)(86	
在鐘表製造廠內統計法的应用.....	
.....工程師斯米尔諾夫(Н. М. Смирнов)(115	
中俄名詞對照表.....	(145

在機器和儀器製造工業各工廠內產品質量 工序統計檢查及統計分析法的運用

工程師 季秀金(М.И.Зизюкин)

蘇維埃制度使科學、技術和文化的一切成果，都能為人民服務。

蘇聯的工業和國民經濟的其他部門都是用新的、高生產率的機器、機床、機械和精密儀器裝備起來的，這些設備的質量影響到生產的數量和質量指標。黨和政府屢次指出：追求產品數量的增加而損害產品質量，這是與社會主義經濟的原則不相符合的。為工業產品的優秀質量而鬥爭是符合社會主義國家的切身利益的。這是蘇聯工業最重要的任務之一。斯大哈諾夫工作者、工程師、經濟領導者和科學家都在研究這一任務的解決辦法。勞動人民的羣眾運動——爭取產品優秀質量的社會主義競賽——已在為質量而進行的鬥爭中獲得巨大的成就。機器製造者在自己面前提出了這樣的任務：要製造技術上更完善的、能相應地滿足生產增長速度和國民經濟一切部門在技術上繼續進步的機床、機器、儀器和其它產品。就各種產品的使用情況來說，必須能滿足由於高速而產生的各種要求，必須是耐磨的，能保證工作的安全和最小的電力消耗。為質量而鬥爭的意義，包括縮減產品的外形尺寸、重量和有色金屬的消耗量，改進外表的光整加工以及顯著地降低機器製造工業產品生產過程中廢品的損失。

機器及儀器製造工業的各個企業在爭取出產優質產品的

社会主义竞赛的基础上，有成效地解决了上述各项任务。

工業部●会同机器及仪器制造工人工会中央委员会(ЦК профсоюза)拟訂了社会主义竞赛的条件。参加爭取質量的社会主义竞赛的工人和工程技术人员的人数逐月都有增加，他們在保証出产高質产品方面得到了極大的成就。在一年半多的时期內，經工会中央委員的同意，在工業部的各企業內已建立了下列的称号：「質量优秀工人」、「質量优秀檢查員」、「优秀質量工作組」、「优秀質量工段及車間」和「优秀質量工厂」。

在1951年中期，工業部各厂內参加竞赛的人数达36000名。大約有3700个工作組、工段和車間参加了爭取出产優質产品的社会主义竞赛。

苏联工厂产品的質量，在國內和国外都取得日益广泛的信任。

經驗証明，不但是个别工人，而且工作組、生产工段、車間和工厂的全体人員都出产優質产品，並且毫無廢品。十分明显，在对产品质量有高度要求的情况下，又由於有显著降低廢品損失的任务，原先所採用的对工艺紀律遵守情况和产品质量的檢查方法，就不能完全滿足目前的要求。这就显示有必要来綜合解决有关公差的計算和公差的根据、工艺过程的分析以及設備和裝具精确度狀況的檢查等等問題。

因此，就有必要来採用以現代的檢查和測量設備把生产裝备起来的新的質量檢查法。

这种能綜合解决上述各問題的檢查法，就是应用或然率理論和数理統計的統計法。

● 工業部系指机器及仪器制造工業部而言，下同。——譯者

或然率理論的原理是使對該組對象（產品）所規定的性質和特征等等有可能轉換到更寬廣的綜合性。

從已加工批中取出的某些數量的零件稱為抽樣；但根據偶然抽樣的資料所得到的結論，可以推廣到全組制品或全批零件。

在生產上應用統計法，這一主張，是由俄國科學家米海爾·瓦西里也維茨·奧斯特洛格拉德斯基在1846年第一次發表的，因而早在十九世紀就在俄國砲兵工廠內實際應用了。但在機器製造業中統計法得以廣泛應用，是在蘇維埃時代，特別是在戰後斯大林五年計劃時期。蘇聯學者研究了工藝過程的進程，生產設備狀況和產品質量的綜合統計分析和統計檢查法[●]。借助於統計法的應用，在設計零件和部件時，可以分析公差計算和公差規定的準確性；確定設備的精確度狀況和它對規定公差的適應性；查明裝具的製造精確度；組織工藝分析和檢查零件加工各工序上所制出的尺寸精確度。

要研究生產中大量現象發展過程中的情況以及它們與其他現象之間的聯繫，相互作用和制約性。

現在，工藝的統計分析和零件質量的工序統計檢查（статистический операционный контроль）已得到最廣泛的應用。

1 統計分析及其基本理論基礎

生產狀況（設備工作情況和裝具精確度等等）的統計分

● 參考 [蘇聯機器製造百科全書] 第15卷第8章第15~58頁，鮑羅達切夫，茹拉夫辽夫合著：「產品質量、工藝進程、生產設備狀況的統計分析与統計檢查法」一文，中文本，機械工業出版社，1955年。

析，除了它在提高一般的生产技艺方面具有意义以外，而且是运用产品质量统计检查的必要条件。

工艺统计分析的目的是在于：查明并消除影响零件加工精确度的原因。被加工批中一定数量的零件的测量结果，可作为分析的原始资料。在这种情况下，要用万能工具（千分表和千分尺等等）来测量零件。

工艺的统计分析可按下面的方式进行：

- 1) 测量零件，以判定实际的加工误差（偶然的和系统的）的数值；
- 2) 确定在規定精确度下的容許加工误差；
- 3) 將所得的实际误差与容許误差进行比较，以找出过大的加工误差；
- 4) 查明造成过大加工误差的生产上的基本因素；
- 5) 拟定降低过大加工误差和將工艺过程調整到能保証規定精确度的状况的措施。

被加工零件尺寸的檢驗証明：任何一种重复的过程都不能制出尺寸绝对相同的全部零件。零件尺寸的某些差異是不可避免的。

这种尺寸的不固定性可解釋为或是由許多偶然事件所引起的偶然误差（我們必須研究这些偶然事件，並尽可能加以消除），或是由經常起作用的因素所引起的系統误差（这些因素的作用亦必須加以消除）。

系統误差就是对被檢查批全部零件保持不变的误差，或是从每一被加工零件轉到下一零件时有規律地变更的误差。例如，如鉸刀直徑比所要求的直徑小 0.02 公厘，則零件上用此鉸刀加工出来的全部孔的尺寸亦会比所要求的尺寸小 0.02

公厘。由於鉸刀的不準確性所產生的誤差就是系統誤差；在目前情況下，這種誤差對全部已加工的零件都保持不變。

但是，在很多情況下，系統誤差是可變的，例如，按工具的磨損程度零件尺寸就在某個方面變更。

偶然誤差就是對被檢查批各個零件具有不同數值的誤差。屬於偶然誤差的有工作過程中工具的損壞和材料的不均勻性等等。鮑羅達切夫教授指出，引起生產誤差的原因是很多的[●]。屬於這些原因的有：1) 機床的不精確度；2) 工作規範的變更；3) 工具的誤差；4) 夾具有毛病；5) 材料的不均勻性；6) 工人的過失。

所有這些都是純粹偶然性的原因，因而由它們所引起的偏差（這種偏差就是上述各原因累積的結果）亦是偶然性的。

生產誤差的研究需從查明這些誤差的分配定律（закон распределения）開始。根據從機床取下的零件的尺寸檢驗和這些尺寸的分配曲線，就可確定過程[●]進行中是否發生非常態性（ненормальность）；並在各種情況下，確定這些非常態性是在什麼地方的。

統計資料的應用之所以證明是正確的，是因為借助於或然率理論和由或然率理論所確定的規律性，就有可能將系統誤差和偶然誤差的重複頻數（частота）作為零件來研究。例如，從自動機床取下的零件的測量結果，可用曲線圖表來表示。表示無窮大數量的數值分佈的曲線，稱為理論分配曲線，而 x 的函數 $[\varphi(x)]$ 的特性就是該偶然數值的常態分配

● 見鮑羅達切夫：「生產的質量及精確度分析」，蘇聯國立機器製造書籍出版社，1946年。

● 此處「過程」系指「工藝過程」而言。——譯者

定律，此处 x ——偶然数值之值，而 $\varphi(x)$ ——連續分配曲綫的縱座标值。

在使数理統計和或然率理論配合自动化設備工作的任务中，广泛应用常态分配律的可能性可用李雅普諾夫的中心定律来作理論的說明。从这一定理得出的結論为：如一偶然数值 z 可用一些足够大量的独立偶然数值 (независимые случайные величины) $x, y, \dots, n$ 之和来代表； $z = x + y + \dots + n$ ，則在这样的条件下：即在这些組成的数值中間並沒有大大超过其余数值的数值时，这一偶然数值就遵循常态分配律。

分配曲綫可用一定的数学方程式●来表示，这一方程式与算术平均数和平均平方根有关，並等於

$$y = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}},$$

式中 y ——对算术平均数的各个偏差的出現頻数，或分配曲綫的縱座标；

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}};$$

σ —— x 数值的平均平方根偏差；

$\bar{x}$ —— x 数值的平均数 ($\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$)；

e ——常数 (自然对数的底数，等於 2.718……)。

如果我們作 (圖 1) 兩条相互垂直的綫 xx 和 yy ，在兩綫交点 o 的右方划出 x 的正值，左方划出 x 的負值，然后在划出的各点上作垂直綫，其高度等於相应的 y 值 (已知 $\bar{x}$ 和 σ ， y 值即可按上面的公式算出)。將这些垂直綫的頂点連接

● 見罗曼諾夫斯基：「試驗工作中数理統計的应用」，国家出版局联盟 (ОГИЗ)，国立科学技术理論書籍出版社 (Гостехиздат)，1947 年。

起来, 就得到具有鐘形的曲綫 KLK' 。曲綫 KLK' 称为常态分配曲綫。

紡織及輕工業机器制造科学研究所列宁格勒分所拟制了一种示意

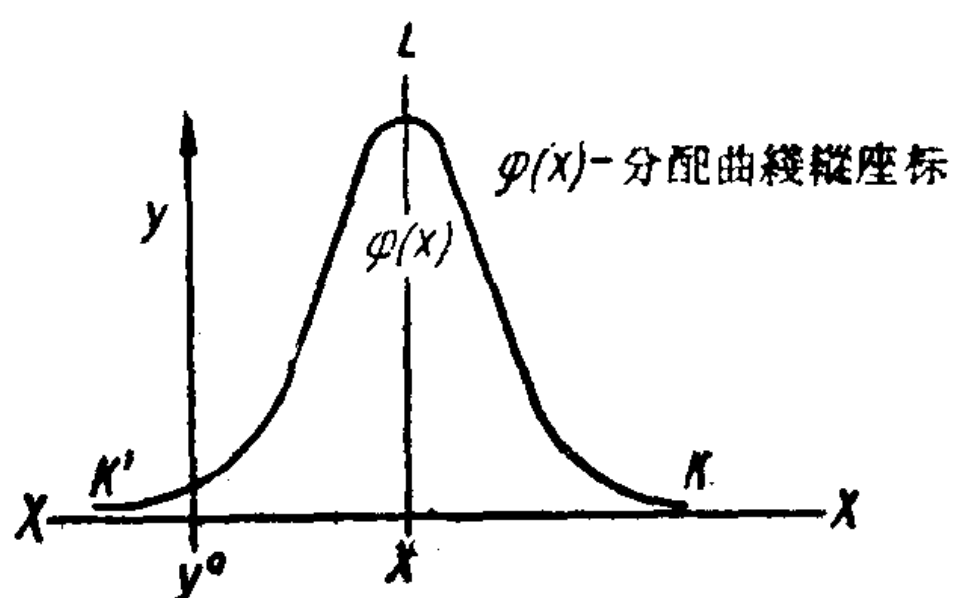


圖 1 常态分配曲綫。

圖(圖 2), 能明显地表明在自动机床上加工的零件尺寸的常态分配情况。已加工的零件(按圖紙規定, 外徑为 $10_{-0.2}$ 公厘), 按实际尺寸分类后, 在聚集中心(9.93 公厘)附近具有較密的集中情况; 並且按照对聚集中心离远的程度, 偏差的数量逐漸減少。

从常态分配曲綫的形式, 可以作出下列的結論:

- 1) 正偏差和負偏差的或然率相等;
- 2) 較小的偏差比較大的偏差具有更大的或然率;
- 3) 对聚集中心的較大偏差具有小的或然率。

为了判定一定零件的制造工艺过程, 还需說明聚集中心在公差帶內的位置, 以及在所选择的工艺过程条件下散佈界(поле рассеивания)数值与公差帶数值的适应性。例如, 在自动机床上进行零件加工时, 通常認為全部偏差中有 99.73% 位於公差帶範圍內。界限 $\bar{x} \pm 3\sigma$ 可当作容許尺寸的实际極限(圖 3)。

为了保証零件加工中最小量的廢品, 可取 $\delta \geq 6\sigma$, 式中 δ ——公差範圍。超出公差帶界限的所制零件数佔 0.27% ——这个数量一般認為是無关重要的, 尤其是其中有半数(0.13%)是可返工的廢品。

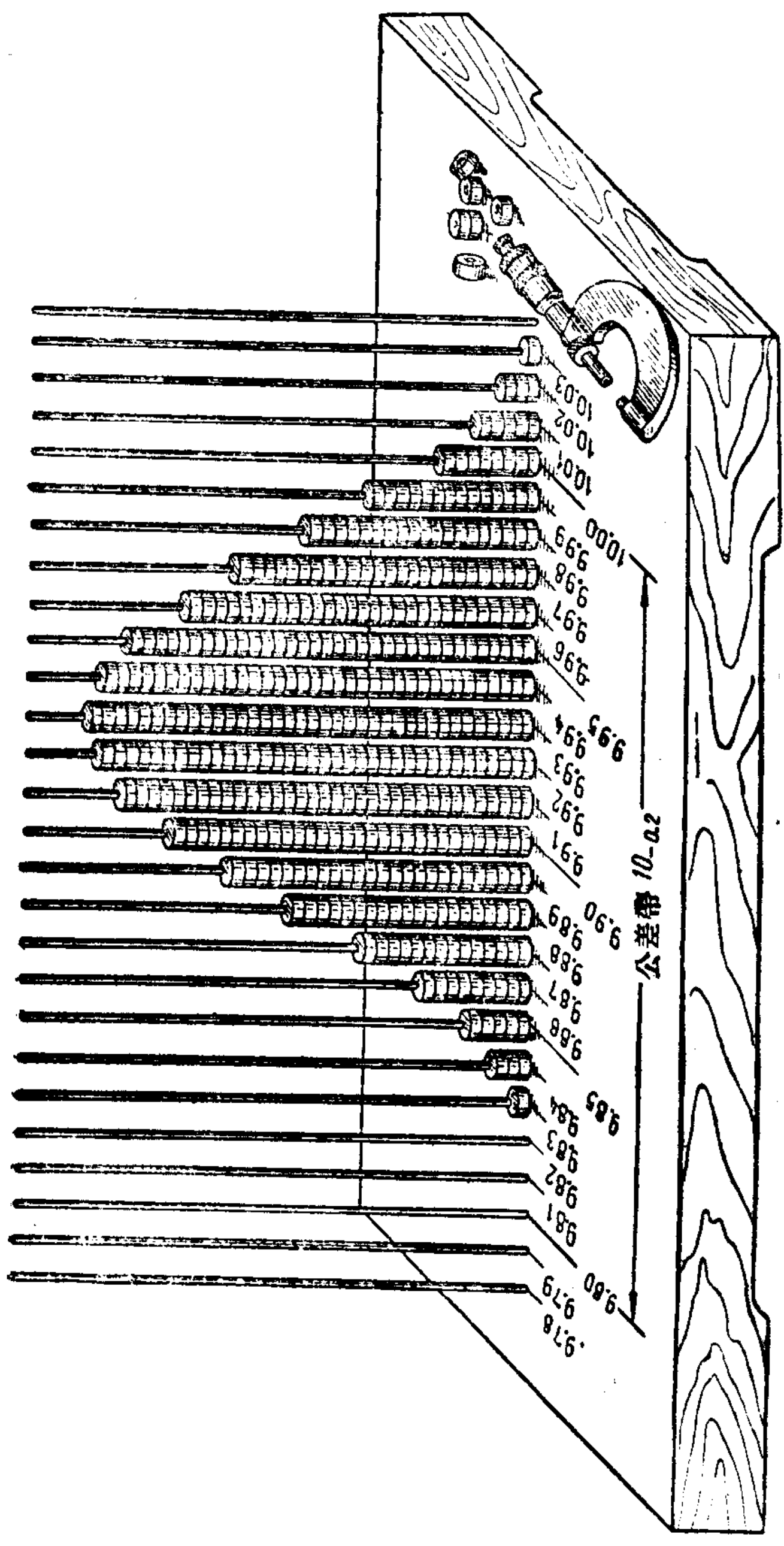


圖 2 常態分配示意圖。

鮑羅達切夫教授根据生产误差特性的理论分析，曾证明：在精确地遵守经过检查的工艺规程的情况下，应得到在自动机床上制造零件时的稳定的生产误差常态分配曲线。

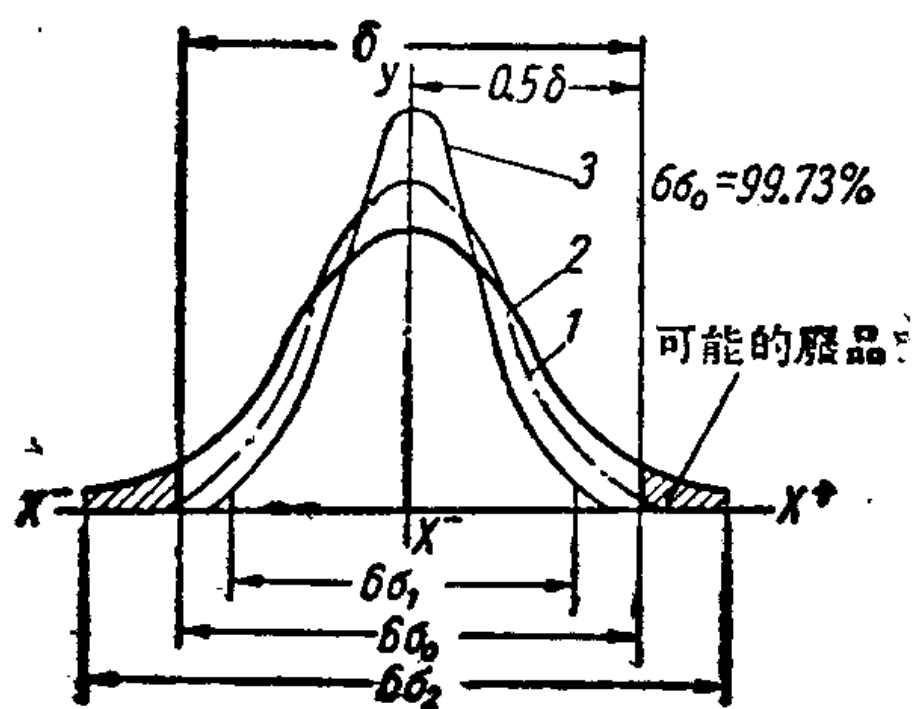


圖3 加工精确度分配曲线。

在基罗夫第一钟表制造厂内对工作着的自动机床所进行的分析，再一次地在事实上证实了鮑羅達切夫教授的结论的正确性。圖4和圖5所示为零件A和B加工时所得到的分配曲线。

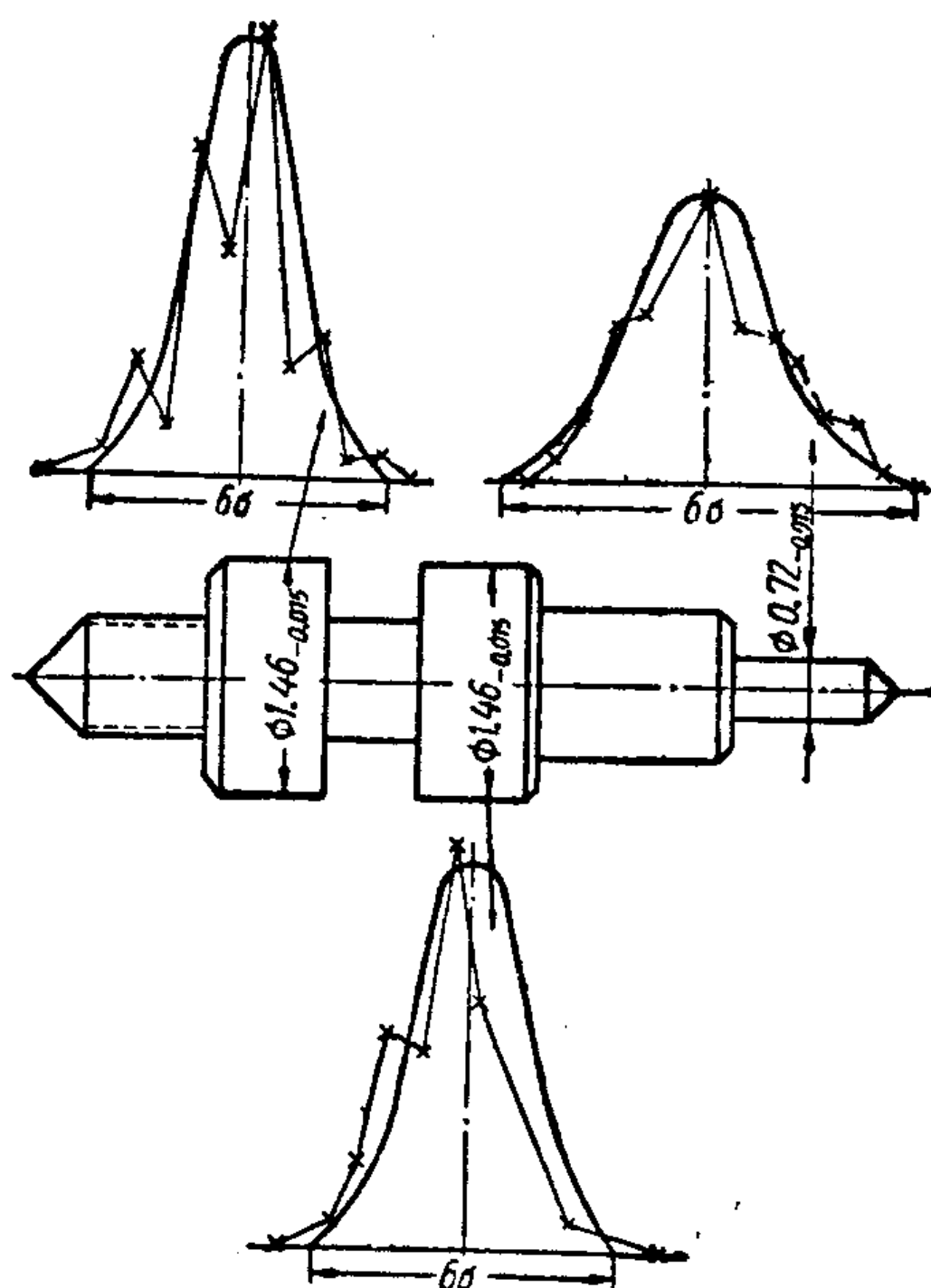


圖4 在自动机床上制出的零件尺寸分配曲线图。

实际上证实了鮑羅達切夫教授的结论的正确性。圖4和圖5所示为零件A和B加工时所得到的分配曲线。

在应用统计法的条件下，工艺师编制了工艺规程和确定了某种型式的设备之后，必需提出分配曲线，并须保证机床的调整及对工人、工作组長和调整工給予适当的指导，使分配曲

綫在实际工作中得以实现。考虑到工具磨损以及温度情况和加工规范等等变动的不可避免，工艺师还应该确定这些因素对分配曲线会发生哪些影响。因此，工艺过程的分析首先要求車間和工厂的全体工艺师都参加这一工作。在採用統計分析时能遵守这种条件的工厂內，照例能提高产品的质量并显著地减少廢品。

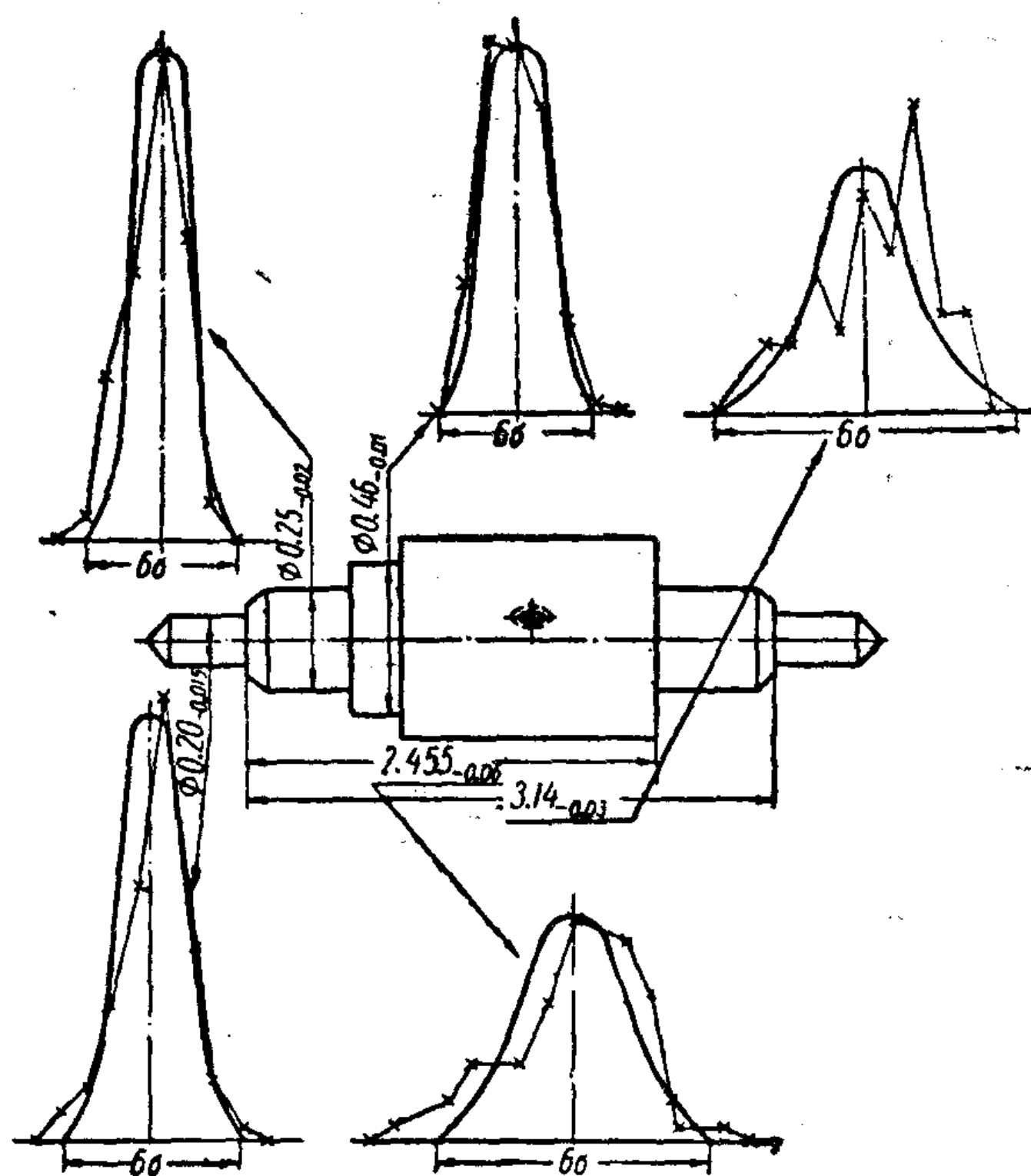


圖 5 在自动机床上制出的零件尺寸分配曲线圖。

对工艺、設備和裝具狀況进行統計分析的情况如下：

1) 在統計卡內詳細記錄用万能工具来測量的一定数量

的零件（100～200件，在一次調整[●]時期內接連取出）尺寸，並作分配曲綫；

2）根据零件实际尺寸的測量来确定影响正常工艺过程的偶然誤差和系統誤差。

不論生产規模的大小，在大量或大批生产的工厂內和在小批或單件生产的工厂內，对全部金屬加工設備都应进行統計分析。在工厂內按誤差分配曲綫来进行有关工艺、設備和裝具狀況的資料的統計分析，除上述优点外，还使我們有可能对工艺紀律的遵守情况进行严格的檢查。因此，在机器及仪器制造業中採用了有科学根据的統計法，我們力求引用加工誤差最小的生产过程。我們的任务是在於及时認清加工誤差的产生原因，从而消除它們对生产过程的有害影响。

2 質量的工序統計檢查

制品質量的工序統計檢查，就是要事先發出产生廢品可能性的信号和預防廢品。預防廢品是可能的，因为根据事先規定的每隔不大的時間間隔（1小时）来进行的工序統計檢查的資料，就可确定为了預防廢品而必需干預过程[●]的时刻，这在脫离生产进程而进行100%的零件驗收时是不可能實現的。

用5～10个零件的抽样檢查来代替100%的零件驗收，使檢查工作量有可能大大減少。

从1948年开始，根据机器及仪器制造工業部产品質量

● 原文 Надстройка, 系 Настройка 之誤。——譯者

● 此处「过程」系指「生产过程」而言。——譯者

技术检查局的倡议，在许多工厂（例如，第二钟表制造厂、某一莫斯科机器制造厂等等）内运用了统计法。纺织及轻工业机器制造科学研究所列宁格勒分所研究了柯洛姆纳（Коломна）[纺织机器]制造厂和波陀里亚（Подолья）机械制造厂内运用统计检查方面的一部分工作。

机器及仪器制造工业部的工厂出产各种不同的制品——压缩机、泵、化学、纺织、制鞋、印刷、金属加工、木材加工、食品工业和其他各种设备，以及仪器、秤、金属零件和日用品：钟表、缝纫机等等。制品的品种这样广泛，同时这些制品的生产类型亦不相同——单件和小批的、大批和大量的，使质量统计检查法的运用发生一些困难。

必须指出，在工程技术人员和工人中间，已出现了采用新的工艺分析法和质量检查法的热情，这就促使已开始的业务获得成效。

到1949年9月，在上述各厂内大约有150台机床进行了产品质量的工序统计检查。因为已经积累了一些运用统计检查法的经验，在1949年10月技术检查局召开了有关这一问题的莫斯科各厂技术检查科科长和总工艺师的大会。这次会议促使工业部的其他各厂亦运用了统计法。到1949年末，在8个工厂内採用了质量统计检查法，而到1950年末，机器及仪器制造工业部内已有20个以上的工厂採用了这种方法。

在选择质量的工序统计检查的方案时，必须考虑到每个工厂的生产特点。目前採用好几种工序统计检查方案，这些方案都已证明是有效的，因而可以推荐运用。属于这类方案的有：检查图表法、单值法（метод индивидуальных значений）、用分配量規的分組法（метод группировки с калибра-