

7 7 7 7973
高等學校交流講義

公差及技術測量

金希武·李民範·梁晉文編譯

(內部交流 * 僅供參考)

中央人民政府高等教育部教材編審處

序 言

這本講義是我們先後在1952—1954年三度講授“公差及技術測量”過程中所編寫和改編的。材料主要係譯自A.阿巴林及M. E.高洛捷茲基二氏所著“公差及技術測量”一書。另外我們也參考一些旁的書籍和雜誌以及其他學校如北京航空學院及北京工業學院的講義。材料的編排基本上係按照蘇聯教學大綱，僅尺寸鏈一章因為清華大學現在把它放在機械製造工學裡講，所以這本講義就未把它編入。

根據我們的經驗，這本講義的材料可供42小時講授之用。關於試驗部份則另編有試驗說明書。

由於倉促付印，講義中欠妥地方多未及時修正，尚希他校同志多予指正為幸。

編 者

1954, 6, 1。

緒 論

(1) 學習這門課程的意義？

1. 機械製造工業發展的需要

偉大的導師斯大林曾說過「機器製造工業是一般工業的神經中樞」又說「工業化並不等於說要發展每一種工業。工業化的重心，它的基礎是在於發展重工業（燃料，金屬等），是在於最後地製造生產手段的生產，是在於發展我們自己的機械製造業」（見斯大林「關於蘇聯的經濟地位」）。

毛主席說過：「沒有工業，便沒有鞏固的國防，沒有人民的福利，沒有國家的富強」（見論聯合政府）。

體現毛主席政治思想的中國人民政治協商會議共同綱領中規定關於工業應以有計劃有步驟的恢復和發展重工業為重點。例如：礦業，鋼鐵業、動力工業，機器製造業、電氣工業和主要化學工業等，以創立國家工業化的基礎」（見共同綱領第三十五條）。

因此，很明顯，大力發展我國的機器製造業，就是我們目前大規模工業建設計劃中首要任務之一。

為了迅速發展機器製造工業，首先必須能夠大量的生產機器（即以大量的生產方式來生產）。同時還必須保證這些生產出來的機器能適合一定的規格。（即質量控制問題）。

大量生產的先決條件是另件必須能夠互換應用。我們知道，一部機器是由許多另件組合起來的，以前在採用單個生產方式時，機器的裝配都是靠手工裝配起來的，一個零件能裝在某一個機器上但不能裝在另外的一個機器上，同時就大大的影響了生產量。但是現在以大量生產方式進行生產時，製出的每一個另件應該能夠很合適的按裝在同一類的任何一架機器上，同時並能保持機器原來的效能。（這種另件我們稱之為具有「互換性」）。不過在製造這種另件時必須預先給予它們以必要的尺寸，使製出之後能合乎一定準確度，當然是最好是製出的另件完全一樣大小，但這是不可能的。大家知道，現代機製產品不論

用什麼方法製造，其尺寸不會完全一樣，所以在製造另件時，通常總是允許它的尺寸，在一定範圍內可以變動，這個變動的範圍就是所謂“公差”。因此公差的大小即代表另件準確度的高低。

為保證尺寸的準確性，一定還需要採用精密的量具。以正確的度量方法來控制公差，這種過程就是所謂技術測量。

根據以上所講可以知道，發展機器製造業的重要條件之一就是另件必須能夠互換，雖然需要互換的程度視機器種類而不同，這另件必須具有一定的準確度（公差）同時還需要採用正確的度量方法來控制準確度，否則量的增加和質的改善都是談不到的。

2. 公差及技術測量和國家建設的關係？

蘇聯第十八次全蘇代表會議的決議中曾指出：在我國的各種企業中極力遵守操作過程中的嚴格紀律，所有企業在操作過程中都應使用精確的工具，並為監督它們的遵守情況而規定檢查制度。這樣便能保證生產出來完全合乎原定規格的，品質優良的成套產品。這說明聯共黨和蘇聯政府對保證優良的品質是何等的重視。

從我國目前情況來講也具有很重要的意義，這可從東北第一機器廠生產的實際情況加以說明。在1950年第一季度由於該廠未能重視檢查工作在製造過程中所起的作用，因此製造出來的31台車床沒有一台是合格品，但經過領導同志親自下廠檢查，更執行了嚴格的檢查制度，以後，在第二季度生產出72台車床中合標準品已佔39台（57%）只有一台是廢品，在第三季度74台完全合乎標準（100%）。由這個例子可以看出在製造過程中控制另件的質量，是具有極大經濟意義的。

另外大家也可以想像，如果我們今後不能大量的生產機器、飛機、汽車那麼我們就不能有力量確保我們的和平建設，即或能夠大量生產，但品質都很壞，甚至都不能開動，那又有什麼用？

因此我們不僅要求增加工業的生產量，而且還要求生產具有一定品質和合乎一定規模的工業產品。能夠這樣才能確保我們工業的迅速發展與壯大。

3. 中國過去所採用的公差制度及將來可能採用公差制度，毛主席在新民主主義論裡曾說過「舊中國的經濟和文化是殖民地、半殖民地、半封建性的」。我們根據過去舊中國所採用的公差制度也可以體會到了這句話的真理。過去我們自己沒有一套公差制度。留德的工程師回來後用德國制（如兵工廠），留美的用美國制（如偽資源委員會各工廠），此外在淪陷地區，如東北各廠還採用了日本制。由此可見中國過去的機器製造工業，所採用的公差制度，正和當時的社會性質一樣，是帶有殖民地性的，並且是極為混亂的。雖然偽經濟部曾一度規定要採用國際制，但始終未能普遍推行。試想一下國家沒有一套統一的工業制度如何能走向工業化（當然不是說有了統一制度就會工業化了）。這種現象一方面表現反動統制階級的無能，另一方面也表現了他們根本也不想中國走向工業化因此在過去學校的課程中也不會有“公差及技術測量”這一門課，這是必然的現象。

然而自全國解放以後，我們有了這門課程，這主要是由於工業發展的情況所造成。三年以來我們的工業進展，不但已經順利的完成了恢復準備的階段，同時更前進了一大步，獲得了輝煌的成就。我們自己已能夠製造達到國際標準的品質優良的精密機器，例如：上海虹江廠出品的磨床和鏜床，北京機器廠的人字齒輪機等。不但如此我們從今天起已在毛主席領導下進入偉大五年經濟建設的第一年，需要製造大量的機器，最多的品質優良的機器（註）。因此在技術上就越發需要有一套完善的公差標準和嚴密的檢驗制度，（當然為完成祖國的經濟建設工作主要決定因素還是需依靠工人階級的積極性）。我們這門功課即係為研究這方面的技術問題而開設的。

關於公差制度，雖然在目前我國還沒有一套完善的制度，但蘇聯在這方面已有很好的經驗，而且蘇聯已有一套比世界上任何制度都完備的公差制度。我們相信不久我國工業部就會在蘇聯專家幫助之下，制定一套合乎我國國情的公差制度，亦有可能直接採用蘇聯公差制度。

4. 這門課程與其他課程的關係：

通過過去的學習，同學們對小量生產方式，已有了初步的認識，但對大量生產的知識及專業的知識，還未接觸，這門課程是學習大量生產專業課程的基礎。對汽車專業的同學而言，這門課程是學習發動機製造和設計課程的必修課程。

(註)在機械工業方面，一九五三年將新建設九個較大型的工廠，改建和擴大十五個原有的較大型的工廠，包括機械廠、重型機械廠、電工廠、汽車廠、船舶廠等，在1953年內工具機將增加34%，工礦機械將增加153%。

(II) 學習這門課程的目地：

這門課程設立的目地，主要是使同學們學習怎樣去控制機械製造的產品，使其另件具有互換性，並能控制產品尺寸的準確度，使其達到一定的標準。因此通過這門課程，同學們應該能夠：

1. 認識公差的作用，知道為保證另件互換性、保證產品質量同時並為降低生產成本，必須採用公差制度。

2. 初步知道如何選擇和規定公差，才能合乎一定的要求。

3. 知道採用什麼方法及何種量具來控制公差。

(III) 課程內容：見教學大綱及日曆。

(IV) 教學方式及對同學的要求：

這門課程與基本理論課不同，係比較實用的課程，多偏重於現念的說明，因此主要以課堂講授為主，做習題時間較少，至於課程中所涉及的理論及經驗公式只要求同學能夠應用，而不要求引証。

由於今年我們祖國已進入大規模的經濟建設時期，這就需要足夠的大量的技術建設人材。需要很多的曉得如何大量製造機器，如何控制機器質量的人材。因此我們要求同學努力鑽研這門課程，在每一節課後要保證平均用一小時的時間來溫習，現在擺在同學們面前的任務，就是要求每個同學，努力學習馬列主義毛澤東思想，細心鑽研業務，重視每一門功課的學習，掌握先進技術知識，做一個建設祖國的好幹部。

第一章 互換性

1.1 互換性的本質與目地

1.1.1 基本概念：

現代大量生產的目的，如衆所週知，在於如何能以最經濟的方法製造具有互換性的另件，但是什麼叫互換性呢？它在機械製造和應用上有什麼意義呢？

首先，機件的互換性可以這樣解釋：

在機械的部份或整體裝配過程中，如所用完工另件，可以不經任何預先選擇，同時在裝配時又無須另加任何手工修配工作，即可集成為具有一定功用要求的機構或機械時，這種另件便叫做具有互換性或可以互換的另件。顯然的，具有互換性的另件，彼此可以互相替換而不致影響集成品的正常功用。

互換性的作用，主要表現在兩方面：——在機械製造上；在機械的維護或修理上。

在現在大量生產方式創始以前、機械的製造完全靠手工配合。一部機械的另件可以由人工配合得很準確，很合用，但同類機器間的組成另件彼此間則很少或完全不能互換。這種所謂「單個製造」的生產方式，在手工配合過程中所費時間必極多而所付代價亦必極高。因此，對於大量生產合乎一定經濟要求條件的另件，它便無法滿足。同時由於單個製造和手工配合，相同機件間的互配尺寸可能相差很遠，使彼此間很少或完全不能互換。這樣在修理時，機件的配合必須個別重複進行，其不便與不經濟可以想見。

具有互換性的另件可完全克服上述弊病：即在裝配時，可無須人工配合；而在修理時，即可直接以新換舊，無須個別進行修配。此外，由於技術和經濟理由，現代機械所用原件多在不同車間甚至不同工廠分開製造，最後運至一處加以裝配或使用。可以想像，如所製機件不能互換，則最後裝配或使用，將不可能。

現代機械，在結構上，有一種趨勢：即儘量採用標準另件和附件，

以便利設計和製造。一般機器多可為若干標準獨立機構或單位。根據不同要求、集合此種標準獨立機構，即可組成不同型式或功用的機器。顯然的，這種標準零件，附件及獨立機構必須均能互換。不然，所謂標準也者，便無意義。

1.1.2 互換性的種類：

a) 以標準附件或獨立機構來講，它們的互換性可分為外在和內在兩種。把它們做為一個整體，它們和相配件間的互換性叫做“外在的互換性”。在它們內部，各組成零件間的互換性，叫做“內在的互換性”。

以滾珠或滾柱軸承為例。它的外殼的外徑和內殼的內徑，為了和機匣及機軸互配，係具有外在互換性；至於外殼內徑，內殼外徑和滾珠或滾柱間的配合，則具有內在的互換性。

d) 互換性又可以根據互換程度分為(1)“完全”(100%)及(2)“不完全”或“部分”互換性兩種。

一般大量生產機件的尺寸，為保證互換性，必須具有一定的製造準確度。尺寸的製造準確度就是所謂公差，公差的目的，和一般人的想像相反，不是在於提高製造的最準確程度，而是在於限制製造的最不準確程度，因此，在滿足一定功用前提下，一般零件的公差，均應儘可能採用最大數值以便減低製造成本。公差代表製造準確度，換言之即代表尺寸許可變動的最大範圍。因此，如零件實際尺寸能在此範圍以內，它們便可百分之百的自由互換，這種互換性叫做完全“互換性”。

由於特殊功用條件的要求，公差的規定，在設計和製造兩方面常發生一種矛盾，即設計方面要求公差愈小愈好，而製造方面要求公差愈大愈好。為了同時滿足二者要求，普通多採取較大製造公差，利用選擇裝配方法解決之。即先將完工互配件按尺寸大小分為同等數目的若干組，(2, 3, 4 或更多)，然後令大的外件和大內件相配，小的外件和小的內件相配。顯然的，同組內各件可以完全互換，但組際間則不能

互換。這種互換性叫做“不完全”或“部份互換性”或作“有限制的”互換性。

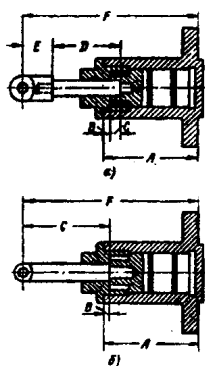
仍以滾珠或滾柱軸承為例。外壳外徑，內壳內徑的尺寸，為便於和機匣及機軸相配，係具有“完全互換性”外壳內徑，內壳外徑，和滾珠滾柱的尺寸，為了綜合設計上的配合和製造上的成本要求一般僅具有“部份互換性”。

關於為滿足部份互換性應當採用的選擇裝配方法，將在以後進一步加以討論。

1.1.3 互換性與設計的關係：

機械原件或獨立機構的幾何形狀愈簡單，互配尺寸數目愈少對保持互換性愈為有利，正確的技術設計，除了應當使機件形狀便於加工並有助於生產率的提高外更應特別照顧機件的互換性要求，因此，以互換性觀點出發，簡化機件形狀並減少互配尺寸的數目，實係設計工作的基本要求。

(圖1-1)減少互配尺寸
數目舉例。



(圖1-1)代表同一機構的兩種不同設計。其中δ)圖較a)圖為簡單合理。

根據技術條件的要求圖中尺寸F應保持在100至100.3公厘之間，但同一基本尺寸F，a)圖中F係由五個互配尺寸組成即 $F = A - B - C + D + E$ ；而δ)圖中F係僅由三個互配尺寸組成，即 $F = A - B + C$ 。茲假定規定公差能平均分佈於各組成尺寸上。那麼在第一種情況下，每一互配尺寸的公差將等於 $\frac{1}{5}(100.3 - 100) = 0.06$ 公厘。在第二種情況下，每一互配尺寸的公差將等於 $\frac{1}{3}(100.3 - 100) = 0.10$ 公厘。(祇例取每個尺寸的“最大”公差，未考慮或然率對誤差的影响)。

因此，在保持機構整體一定裝配質量要求前提下，互配尺寸數目減少後，各組成件的公差數值將加大。顯然地，這對製造和裝配工作

均有利。換言之，減少互配尺寸的數目將有助於保持互配件間的完全互配性。

為了很好解決機件的互配性問題，設計和製造雙方必須緊密合作。實際上儘量設計機件，使之在形狀、尺寸和裝配準確度上能符合互換要求，乃現代機械製造過程中的首要任務。

1.1.4. 互換性與製造的關係：

如眾所公認保證機件的互換性是現代機械製造工業提高產品一般質量水平的有效方法。為了滿足互換性的要求，製造過程所應具備的合理生產條件如下：

(1) 採用經實驗證明為合理的公差及配合制度，來規定作件在藍圖（工作圖及裝配圖）上的極限尺寸。這種公差及配合制度，在一定程度上，將決定作件以後的製造程序。

(2) 選擇具有適當鋼度和準確度的機床，以便保證加工的準確性。

(3) 選擇最有效的生產方法，並設法在較長時期內維持其生產效能。

(4) 增加坯件加工的準確性。

(5) 改進刀具，夾具及品質控制方面所用器具的設計，製造和使用。

(6) 儘可能採用專業工廠出售的標準工具及驗規。

(7) 採用可以在作件加工機床上使用的自動量具，及成品自動分類設備。

(8) 提高度量技術水平，保證得到工作圖上規定的極限尺寸。（尺寸控制所用量具及方法，在測量作件實際尺寸時，應產生極少誤差。蓋因此種由測量方法和量具產生的度量誤差將吸收一部份或全部作件公差，有使合格作件變為廢品及錯誤通過廢品的可能）。

(9) 通過按一定時間和國家法定標準比較的辦法，保證在製造上所採用的度量單位標準。

(10) 為確保在作件、切具和量具製造上所採用的度量單位標準，建立工廠內部的技術控制的有效組織。

1.1.5. 互換性與使用的關係：

互換性對於機器的使用有重大意義。

機器的使用價值（或可靠性）決定牠的工作的連續性和持久性。它的另件當使用過程發生磨耗或損壞時必須能簡單而迅速地代以新的另件，而不致引起過高修理費用。同時，此種工作亦不致需要特殊技術人員及特殊設備。顯然，只有全部備用另件及部件在製造時能具有完全互換性，才能保證機器的這種使用效能。

1.2 定義 為清楚了解公差制度內容必須首先對各名詞定義予以明確。

(1) 標稱尺寸（名義尺寸）指一般標準（整數或分數）尺寸不附任何偏差者如： $\frac{39.975}{39.950}$ 公厘的標準尺寸為 40 公厘或 $\frac{0.374}{0.373}$ 吋的標稱尺寸為 $\frac{3}{8}$ 吋等均是。

(2) 極限尺寸。一個尺寸的兩個極端數值稱為極限尺寸。因之
最大尺寸（如 39.975 公厘）＝上極限尺寸。
最小尺寸（如 39.950 公厘）＝下極限尺寸。

(3) 實際尺寸。完工做件實在量得之尺寸稱為實際尺寸。正常實際尺寸應介於上下兩極限尺寸之間。

例如 $\frac{39.975}{39.950}$ 公厘之實際尺寸可能為 39.965 公厘。

(4) 偏差（註一）極限尺寸與標稱尺寸之差稱為偏差（有人譯為尺寸差）。偏差自上極限尺寸得出者為上偏差；自下極限尺寸得出者為下偏差。如：

$$\begin{array}{l} 39.975 \\ 39.950 \end{array} \} - 40 \left\{ \begin{array}{l} -0.025 \text{ 公厘} = \text{上偏差} \\ -0.050 \text{ 公厘} = \text{下偏差} \end{array} \right.$$

(5) 公差。上極限尺寸（或上偏差）與下極限尺寸（或下偏差）之差為公差。例如：

$$\begin{array}{l} 39.975 - 39.950 = 0.025 \text{ 公厘} \\ \text{或 } -0.025 - (-0.050) = 0.025 \text{ 公厘} \end{array} \} = 25 \mu$$

(7) 單向公差。指公差僅向一個方向（正或負）發展者如：

$40+27\mu$ 或 $40-25\mu$
 $40+10$ $40-50$ 等都是。

(8) 雙向公差. 指公差向兩個方向 (正或負) 發展者如:

$10 \pm 11 \mu$ 或 $50 \pm 18 \mu$ 等均是。

(9) 容差，間隙及過盈。孔径減軸徑等於“容差”(註二)。容差為正時稱為間隙；容差為負時稱為過盈。

最小間隙 = 孔最小尺寸 - 軸最大尺寸 (或孔下偏差 - 軸上偏差)

最大間隙 = 孔最大尺寸 - 軸最小尺寸 (或孔上偏差 - 軸下偏差)

——間隙配合時

例: $\begin{array}{r} 40+27 \\ +0/40-25 \\ -50 \end{array}$ 最小間隙 = $0 - (-25) = 25 \mu$
大 $27 - (-50) = 77 \mu$

最小過盈 = 軸最小尺寸 - 孔最大尺寸 (或軸下偏差 - 孔上偏差)

最大過盈 = 軸最大尺寸 - 孔最小尺寸 (或軸上偏差 - 孔下偏差)

——過盈配合時

例: $40 \pm \frac{27}{0} / 40 \pm \frac{52}{35}$ 最大過盈 $35 - 27 = 8 \mu$
最小過盈 $52 - 0 = 52 \mu$

又最小間隙及最小過盈稱為基本容差，基本容差係決定配合種類的根據為設計者所最關切者。

(10) 配合。兩件集合後由尺寸不同產生的鬆緊情況稱為配合，配合一般分為間隙，過渡及過盈等三大類。每類配合又可分為若干種。座的性質決定於間隙或過盈數值的大小。

(11) 間隙(動)配合. 由大孔小軸產生的配合稱為間隙配合, 如蘇聯制的 A_7/h_7 及國際制的 $H7/f_7$

(12) 過渡配合。由於公差關係，軸可能小於孔亦可能大於孔（即

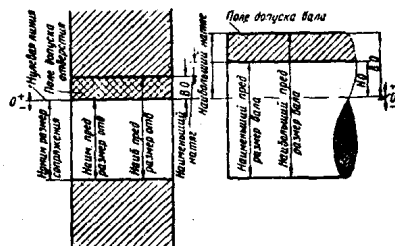
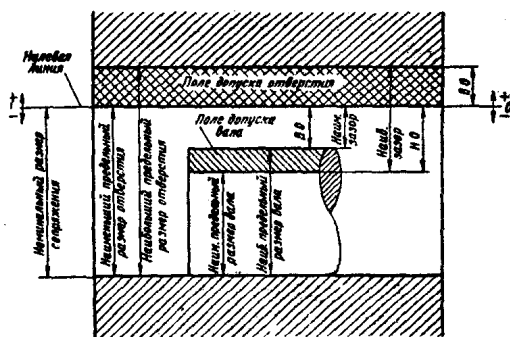
可能有間隙亦可能有過盈)，此種軸孔產生的配合稱為過渡配合，如蘇聯制的 $\frac{A}{a}$ 或 $\frac{A}{a}$ 及國際制的 $H7/m6$ 或 $H7/s6$ 等配合均是。

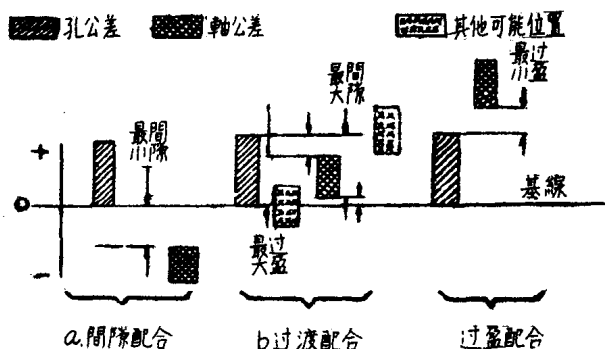
(13) 過盈靜配合。由小孔大軸產生的配合稱為過盈配合，如蘇聯制的 $\frac{A}{a}$ 或 $\frac{A}{a}$ 及國際制的 $H7/p6$ 或 $H8/s7$ 等配合均是。

(14) 公差帶。公差佔據的尺寸範圍，稱為公差帶。

(15) 基(或參考)綫。代表標稱尺寸的綫稱為基綫，基孔制時基綫代表孔的下偏差(等於0)；基軸制時，基綫代表軸的上偏差(亦等於0)。

(圖1——2.3)代表以上各定義可供比較。





(圖 1—4) 三種基本配合 (基孔制)

1.3 中國及蘇聯互換性機械製造歷史簡述

1.3.1 中國史料

我國很早即有利用量具檢查加工準確度的觀念，如漢書律曆志中說：「規者，所以規圓器械，令得其類也；矩者所以矩方器械，令不失其形也」(註)。這和現代機械製造過程中，利用環規和直角尺來檢查圓徑及直角準確度的觀念，從字面上看意義幾乎完全相同。但關於這方面的創造，像我國過去其他很多室貴科學技術方面的創造一樣，由於歷代封建統治的結果，摧殘扼殺，幾乎毫無發展。

我國近代正規化較大規模的機械製造工業，係開始於滿清同治四年創辦的江南製造局(即現在江南造船所的前身)。該局當時業務主要為製造槍炮、彈藥、錢幣及船舶等。工人數目達二千數百人。關於設備方面，該局槍廠共有机床約190部，每日可造新槍12枝。彈藥廠約有机床300部，每日可造子彈30000粒；炮廠共有机床約200部，製造各式「快炮」及「大炮」多種。該局當時度量單位已開始採用「絲」即 $\frac{1}{1000}$ 英吋，並用分厘尺度量。根據「江南製造局記」一書敘述，當時該廠製炮過程，曾涉及「量炮機器」24種；其中有的可以「量管周膛徑大小長短以及微差」；有的可以「量炮耳周徑及耳軸綫與炮軸綫成直角

註：見舊書集成經濟彙編攷工典第十一卷。

否也”；有的可以“量門眼恰在好處否也”；足見當時對製造準確度的測量問題，已很重視。

約1910年以後成立的鞏縣兵工廠據傳在製造槍械過程中已採用很多驗規。其後如瀋陽兵工廠在1931年以前和金陵兵工廠在1937年以前所製槍械據傳已能全部或部份互換。

關於互換性生產及精密量具製造，解放後由于党和政府的關懷和領導，發展很快。目前我國已能自造滾動軸承，塊規，千分尺及各種驗規等精密機械製造品。東北某地滾珠軸承廠，哈爾濱某機械廠及上海工具製造廠在這方面都有很好的成績。

關於公差制度前國民黨經濟部曾宣佈採用國際公差標準，但並未普遍施行。目前蘇聯及國際公差制度的均有應用，惟根據祖國工業發展前途的需要及中蘇兩國在技術上愈來愈密切的聯係和合作的情況出發，我國實有逐漸過渡到全部採用蘇聯公差制度的必要和可能。

1.3.2. 蘇聯史料

過去有人認為互換性製造係創始於法國，經美國發展成為近代化的一種製造方法，這種說法是錯誤的。

遠在1761年，即在法國工程師勒布郎氏做互換性製造試驗24年以前，當時俄國的杜里斯克兵工廠即已開始互換性生產。

關於俄國早年互換性製造發展的情況，在法人庫奇氏所書“槍械製造方法”一書中（1906年出版於巴黎）已有記載。

蘇聯的互換性製造不僅開始比其他國家為早，而且規模亦比其他國家為大。

就美國阿里維特內氏在這方面的工作來說。他在1798年接受了製造10,000枝槍的合同。這些槍應具有完全互換的另件，第一年應交貨4000枝，第二年交其餘6000枝。但實際上，第一年他僅造出500枝，八年內才完全交完，而不是二年。

即使根據美國資料，阿里維特內氏在19世紀初葉在八年內始勉強

造出10000槍。但在同一時期，根據上述証件，杜里斯克兵工廠已在相當大的規模下進行槍械的互換性生產。杜里斯克當時的可能生產量；可根據以下事實說明：當1812年衛國戰爭開始時，杜里斯克兵工廠的廠長即受命每月製造7000支槍，而且另外還同意每月補充3000枝。

杜里斯克兵工廠出品的互換性高度水平，在19世紀初期已屢次由很多檢查報告所証實。當時，一般係將任意挑選的一些槍栓（數目可至30枝）拆散並將全部另件混合後再重新裝起。報告中指出：這些槍栓另件都能自由裝配，情況和故意個別加工配合的一樣。

不過，當時的互換性生產係採用所謂正常驗規（НОРМАЛЬНЫИ КАЛИБР）。至於“極限驗規”（ПРЕДЕЛЬНЫЕ КАЛИБРЫ）僅在19世紀末年才開始出現。

在當時帝俄的落後情況下，互換性問題對於一般機械製造來說意義實很小。在19世紀末葉及20世紀初期，在製造机床、縫紉機及紙烟機的某些企業裡，工作圖上才開始有公差。但配合數目僅有3至6種。

第一個帶有全面性的公差制度，是И.И.КУКОЛЕВСКИИ依·依·庫科列夫斯基教授在1915—1917年期間為完成當時的軍火生產所建議的。這個制度基本上是基孔制，配合共分5種。公差數值，自由配合時係與 $\sqrt{D}$ 成正比其餘則與 $\sqrt{D}$ 成正比。1919年П.М.ШЕЛОВОВ工程師新擬定了一種公差制度的方案，並在1921年由蘇聯度量衡局公佈。這個方案，第一次建立了公差數值的基本規律如下：

$$\alpha = A D^K$$

式內 α ＝軸或孔公差

D ＝標稱直徑

A 及 K ＝常數

1924—1925年間，在А.П.ГАТУКА教授指導下，制定了一個新的“配合公差”標準方案。這個方案後來即成為蘇聯國家，公差制度的基礎。這個方案包括4級精度，每級都比較全面地規定了配合的

數目。基孔及基軸的公差帶都是單向的，並且公差數值亦係和 $\sqrt[3]{D}$ 成正比。

方案的最後形式，係完成于1920年12月。以後被蘇聯勞動及國防蘇維埃的標準委員會批准。關於公差標準的進一步工作，係由蘇聯國家標準委員會負責進行的。在蘇聯國內廣大技術界的積極參加下，不僅元柱作件的公差制度得到推廣，並且螺紋及驗規公差亦均陸續建立。

不過只有在偉大斯大林五年計劃年代裡，才創造了在蘇聯工業中，廣泛貫徹互換性製造原理的條件。在這些年代裡，和机床及工具生產得到廣泛發展的同時，大的測量工具及儀器的製造企業也建立了。這才保證了機械製造工業真正有可能控制產品的尺寸。

關於互換性範圍內的科學研究工作，蘇聯機器製造部互換性科學研究局起了很大作用。該局係在1935年以ВСНХ的驗規管理局及“Калибр”廠的科學研究組為基礎建立起來的。

在以後15年內，幾乎所有關於元柱體，螺紋和元錐體配件方面的國家公差標準，都是由該局做出的。

近年間，蘇聯互換局已將業務擴大到創造自動控制器具和方法方面，特別是關於流水生產和自動工廠的控制工作。

在這方面工作有貢獻的，還有許多學校（如ЦНИИТМАШ, НИИТ, ЭНИМС），專門研究電氣自動控制問題的試驗室（如НИЭЛМТМ）；莫斯科及高爾基汽車工廠以及蘇聯科學院自動及遠距離操縱研究所等單位。

此外，在關於準確機構新的計標方法以及和互換性問題有密切關係的其他基於或然率原理的計標方法方面，蘇聯科學技術工作者們，曾完成了極其有價值的工作。對這些方法的探討，應用和總結，在近年間曾不斷在蘇聯許多學者們的作品中得到闡明。在這方面有貢獻計有：Н. Г. Бруевича 院士，Б. С. Балакшина, А. Б. Яхина, М. А. Саверин, Г. А. Аппарин及 И. Е. Горобовецкый 諸教授以及科學技術博士 Н. А. Боровацева, Н. А. Калашникова 諸氏。