

無線電器材設計

Д. Д. 薩契科夫著

陸 益 壽 譯

交流無線電出版社

上海郵政信箱1949號

內 容 介 紹

在這本書裏要講解大量生產或大批生產的無線電器材的設計問題，還要詳盡地討論成套無線電器械中所使用的支持零件、控制機構、讀數裝置、繼電器和電阻器在結構上和計算上的問題。

這本書可以作為無線電工程學校和高等學校的教本，也同樣可以供無線電工業中的設計師參考用。

書號 513 字數 230 千 進口紙 23 開本 印張 12.67 定價 二元二角

版權



所有

出版

交流無線電出版社

上海虬江路 128 號 325 室

無線電器材設計

經售

上海圖書發行公司

КОНСТРУИРОВАНИЕ
РАДИОАППАРАТУРЫ
Госэвергиздат 1951

上海山東中路 128 號

排版

中國科學公司

上海延安中路 537 號

原著 [蘇聯] Л. Л. Сачков

譯者

陸

益

壽

印刷

中國科學公司

1955 年 9 月第一版

1955 年 9 月第一版第一次印刷

印數 1—2000

目 錄

原 序	1
概 論	1
第 一 節 設計的程序	1
第 二 節 無線電技術參數和結構的機械可靠性	7
第 三 節 設計的通則	8
第 四 節 分析錯誤和容許誤差的方法	14
第 一 章 支持零件	17
第 五 節 功用和基本要求	17
第 六 節 材料的選擇(一般性的考慮)	19
第 七 節 底座	23
第 八 節 壓板,卡箍,支腳	30
第 九 節 軸心和小軸	36
第 十 節 聯軸器	47
第 十 一 節 旋轉運動和直線運動中的導路	55
第 十 二 節 運動限制器	80
第 十 三 節 彈簧	85
第 十 四 節 裝固零件	93
第 十 五 節 外部裝飾零件	96
第 二 章 機構	104
第 十 六 節 功用和基本要求	104
第 十 七 節 傳動速比	107
第 十 八 節 傳動的精確度	112
第 十 九 節 機構的牽引能力	117
第 二 十 節 運動的平滑性	119
第 二 十 一 節 機構在不同運動條件下的工作能力	122
第 二 十 二 節 停止和固定	125
第 二 十 三 節 傳動機構的調整	132

第三章 讀數裝置	136
第二十四節 功用和基本要求.....	136
第二十五節 結構的類型.....	138
第二十六節 度盤.....	150
第二十七節 指示器.....	155
第二十八節 讀數裝置上的誤差.....	158
第二十九節 刻度和配準的方法.....	162
第四章 繼電器	165
第三十節 功用和基本要求.....	165
第三十一節 觸點系的設計.....	170
第三十二節 磁系的設計.....	181
第三十三節 特殊類型的繼電器.....	194
第三十四節 繼電器在不同運用情況中的工作能力.....	199
第五章 電阻器	201
第三十五節 功用和基本要求.....	201
第三十六節 線繞型固定電阻器.....	202
第三十七節 薄膜型炭質固定電阻器.....	218
第三十八節 實心型炭質固定電阻器.....	222
第三十九節 線繞型可變電阻器.....	223
第四十節 薄膜型炭質可變電阻器.....	238
第四十一節 實心型炭質可變電阻器.....	244
第六章 無線電器械的總成	247
第四十二節 機件和零件的佈置原則.....	247
第四十三節 外表形式的關係.....	254
第四十四節 減少零件和機件間互相耦合的方法.....	256
第四十五節 器械的減震裝置.....	260
第四十六節 器械的密封.....	263
第四十七節 電纜和插子.....	266
附 錄	282

概 論

第一節 設計的程序

近幾年來，在蘇聯，無論是在無線電工程的理論方面，或者是在工業部門掌握新穎無線電器材的生產方面，都有很大的成就。無線電的技術已被廣泛地運用到國民經濟的各部門中。可是，無線電技術上的可能性還沒有完全加以利用，今後它在解決工程上和科學上的重要問題時，還將得到更廣泛的應用。

無線電技術的發展，在很廣闊的範圍內，是跟創製出完善的新穎無線電器械和在工業中掌握生產這些器械分不開的。無線電技術發展的第一個階段的特徵，是祇依靠改良電路來謀取達到改進無線電器械的目的；這個途徑，在今天就不能有所成就了。無線電器械中的精密機構和自動機件已愈來愈充實了；由於人們對近代無線電器械提出很高的要求，和開拓了新的波段，無線電器械的各構造部分正在不斷地完善起來。在無線電器械中，無線電零件所做的工作，是和這些複雜的機械部件所做的工作密切聯繫的。因此，我們在設計無線電器械時，就應該考慮到一系列的因素：無線電技術方面的，機械學方面的和製造工藝方面的。

設計師在設計無線電器械時，不應當單純着眼於無線電技術方面和運用方面的高效能指標，而且還應該着眼於在生產中能達到經濟指標，這些指標是由對「結構的工藝性」的認識所決定的。

從機械加工的觀點上來說，工藝的結構應該能：

(1) 儘量把零件和部件的規格統一化起來，使用標準化的零件

和部件；

(2) 儘量減少生產中所耗的勞動量；

(3) 不一定需要複雜的操作方法和高級的技工；

(4) 能够在不應用複雜和昂貴的特種配備和特種工具的簡單設備上從事製造；

(5) 能够在最短的時間內完成生產準備；

(6) 消耗最少的材料，尤其是貴重的和缺乏的材料；

(7) 能够用最少的資金組織生產；

(8) 祇要用最小的生產場地。

從裝合作業的觀點上來看，還要補充下列幾點要求：

(1) 所有零件、部件和半成品要具備很大的互換可能性，藉以保障在裝合作業時毋需挑選和修配；

(2) 器械上所有各部地位在裝合或安裝時都能達得到；

(3) 半成品和部件的裝合應有實行平行作業的可能性，以便縮短整個器械的裝合周期。

把兩個功用與運用特性都相同的製品作比較，凡具有上面所列舉的較優指標的製品，就是工藝性較強的。

極為明顯，只有在設計師詳細地研究了無線電器材的工藝學和製造無線電器材的設備，並研究了指定擔任生產任務的企業的可能條件之後，才能創造出一種工藝性的構造方法。

要獲得關於工藝學上的一般知識，可以參考國家動力出版社1949年出版的C.M. 布拉霍特涅克所著「無線電器械工藝學」一書*，對於個別有關製造技術和生產設備上的問題，則可以從郵電用品製造部技術報導局所發行的小叢書中獲得更詳細的知識。

* 或請參考本社出版的Φ.И. 葉夫杰葉夫和B.A. 波科夫合著的「無線電器材製造」一書。——譯者。

爲了使設計成的無線電器械，在生產中能順利地進行製造，設計師在設計新穎產品時，就應當經常深入分析無線電器械的一切元素構件的容許製造誤差和物理性因素的變化，從而考慮到對整個無線電器械或對它的各個機件所產生的影響。對於這些問題，如果不加以重視，那末，新的無線電零件在正式工業生產時，就將因此而得不到滿意的成績。同時，也將不得不再改動已經進入生產階段的設計，使得材料和工時方面遭受到很大的損失。往往在遇到這種情況時，還不得不調換昂貴而難製的工具，並重新製造新的。

在設計的過程中，設計師不要被實驗所迷惑，而輕視了技術上的計算。無線電結構設計的實踐指出：實驗上做成的工作，不能作爲我們擬訂大量生產時結構型式的完全可靠的依據，因爲，它們本身還包含着許多偶然性因素的緣故。設計師做實驗時，他所需要數量中的零件和部件，在尺寸和特性上是不會包羅着容許誤差的全部的。譬如，爲了確信無線電器械在更換了電子管後，仍舊能正常地工作，我們就需要準備很多特性不相同，但是却都在技術條件的容許誤差範圍內的電子管樣品，並用具有極端特性的電子管來作電路的實驗校核。可是，通常無線電製造工廠總是成批地收到電子管的，這些電子管在特性上雖然可能有差別，但是這些差別總比技術條件所容許誤差範圍小得多（譬如它們都極其接近某一端的極端值）。然而，後續收到的成批電子管，在特性方面就可能不同於第一批（譬如都極其接近另外一端的極端值）。這樣，一個根據用某種特性的電子管所作的實驗而設計成的電路，在更換了電子管後（它具有另外一個特性），工作的情況就會不同，那就得不到所希望的成績了。像這樣的情況，在無線電器械中的其他零件和部件方面也是有的。設計師即使持有誤差達於兩端極限的零件和部件，也不能夠用實驗方法檢查出這些誤差對無線電電路的影響。這是因爲在構成電路的各種零件和部件的複合

總體中，許多誤差的可能結合方式是非常之多的。

單根據實驗資料而製訂的構造方法，它的缺點有時要在成批生產中經過幾批出品之後才會發覺。

碰到這種情形，就不得不實施一系列的補救措施，譬如：更改電路，更動零件和部件的結構，修改電數據的容許誤差率，根本改變技術上的要求，等等。像這種對生產中的製品進行更動的行為，不但破壞了生產的正常進行，而且也不能保證成品有高超的品質。因此，在設計時，技術的計算和認真地分析容許誤差是完全必要的。

無線電工程學、電工學、機械學和材料學的理論，在我們這裏已有極高的水平。所以在設計無線電器械時，應當全面利用這些理論來做計算和分析，而不要用實驗來頂替。

因而，無線電器械的設計，主要應當根據理論法則，配合着周詳而全面的技術計算來進行，做這些計算要考慮到：（甲）無線電器械的製造誤差，對於電參數和電路的工作有什麼影響；（乙）在工作過程中，構件所發生的物理性變動，和它對工作有什麼影響；（丙）在運用的過程中，外在因素的變化對於無線電機件的參數和對全機的工作有什麼影響。

經過技術計算完成了的構造設計，應當用它的試驗雛型或模型，進行以校核為目的的實驗工作和測試。如果發覺計算的結果和實驗的結果不一致時，就必須確確實實地弄明白發生這些差異的原因，而且還要取得它們的技術根據。這些原因可能是：計算上的錯誤；沒有完全考慮到所有的因素；在試驗和測試時採用了錯誤的方法等等。

倘使查明錯誤是出自實驗工作上，那末，應當在缺點修正後重新再做一次實驗；如果錯誤是出於計算，那末，除掉應該重新進行一次計算外，還要重新做一次實驗。不查明錯誤的原因而就按實驗的結

果把構造設計加以修改，那是絕對不許可的。

下面所推荐的一覽表和工作程序，可作為設計無線電器械和掌握生產時的參考。

- (1) 決定無線電器械的工作基本原理。
- (2) 把主要的機能劃分為機械部分和無線電技術部分。
- (3) 選擇和組織電路，並且做全面的計算。
- (4) 選擇和組織機械部分，並且，對它們作動力學的全面計算。
- (5) 作出所設計器械的大體上的構成圖。
- (6) 選定典型部件，並且根據詳細分析容許誤差的結果，決定它的特性的變化範圍。
- (7) 設計特種部件和特種零件。設計時，要伴隨着做構造上的計算，還要分析容許誤差對它的主要參數的影響。
- (8) 作出所設計器械的總成明細圖（按部分或按整個機器）。
- (9) 逐級計算各電路；並確定其中所有構件的容許誤差，同時須考慮到它們在整個無線電器械組織中的特點。
- (10) 核算各級和整個無線電電路——確定各主要參數的極端值，同時應考慮到安裝不準確和外來因素所引起的影響。
- (11) 確定在電路組成中須要有調整裝置的構件；計算電數值隨機械傳動部分的移動而起的變化，以此來確定調整的範圍。
- (12) 詳細計算全部機構。
- (13) 根據計算結果，修正無線電電路、運動系、排列設計和各個部件的構造。
- (14) 作出各零件和部件的草圖。
- (15) 製造各個部件的實樣，並在仿效正式運用時的工作情況下，對它們加以試驗。
- (16) 修正在試驗中不能令人滿意的個別部件的構造，並且，製造

改進了實樣。

(17)把事前已對主要數據和特性測量過的、並且它們的實際數值已經確定了零件和部件裝成大組部件的樣品或整個機器的樣品。

(18)根據測量實樣中的零件和部件的特性結果，用計算的方法，確定無線電電路的主要參數。

(19)對裝成的實樣加以調整和做多方面的試驗，並把試驗的結果與計算的數值加以比較。

(20)對電路和構造作最後的修正。

(21)對零件和機件制訂技術上的要求。

(22)試製樣品，把它調整和試驗。

(23)作出零件和部件的全部製造圖樣，圖樣上註明尺寸和能滿足技術要求的容許公差。

(24)對容許公差作全面的分析，以確定結構方法是否適合技術要求。

(25)擬訂成批生產時的工藝規程，並且設計生產上需用的衝模、夾具和工具。

(26)製造衝模、夾具和工具。

(27)試製一批產品，並送交檢驗。

設計簡單的無線電器械時，上述的步驟有的可以省去，不過，在設計複雜的或大量生產的無線電器械時，上述各步驟便應完全做到，而且，還應當做得很仔細。

關於無線電器械中所採用的各種零件和部件的一般設計程序，可以參考國家動力出版社1947年出版的B.Б.彼斯特利雅科夫和Д.Д.薩契科夫合著的「無線電零件和機件的設計」一書。不過本書以下各章討論得更為詳細。

第二節 無線電技術參數和結構的機械可靠性

設計無線電器械時，是以能够據以獲得完全肯定了的運用特性的技術命題作為基礎的；同時還必然會遇到一系列的運用特性和構造特性在要求上有互相矛盾的地方。這些矛盾基本上不外乎難於獲得所要求的參數，同時又要在運用中保證必要的穩固性。譬如，要罩蓋比較廣闊的頻率範圍，就需要在無線電機中，採用一個最大電容和最小電容差額很大的可變電容器。通常，可變電容器都是由若干金屬片以很小的空氣隙疊裝而成的。這樣構造的電容器，在穩定性方面是不能令人滿意的，因為，當溫度發生變化時，或在受到機械性的作用時，它的電容就會跟着發生變化，從而，振盪電路的頻率也就不穩定了。

再舉個例子，譬如要用少量的放大管而獲得較高的靈敏度，就祇有依靠增強每一級的增益。但是，這個要求，如果不允許同時降低結構的穩定性，是難於達到的。因為，爲了提高增益，就必須提高線圈的優值。要達到這個目的，線圈就必須採用磁介鐵芯；減薄線圈管壁厚度；採用損耗角小的、但是機械強度不會高的介質；線捲不用骨架等措施。像這樣線圈結構上的改變，就必然會導致降低它的機械強度和在溫度發生變化時，線圈的參數趨於不穩定的後果。除以上這些必要的措施外，同時還不得不把電子管的工作狀態移到穩定性的極限點。

這樣，每一級的工作穩定性，就因採取上面所列舉的提高增益措施的結果而降低了。

無線電器械的無線電參數的穩定度，是取決於所採用原料的電氣機械性質，以及取決於它的組成部分和聯結部分的機械強度。譬如，兩具電路相同而構造各異的無線電器械，它們的基本參數的穩定

性就可能有顯著的差別。凡是構造比較穩固而結實的機器，它的無線電參數的穩定性也必然比較高些。

當工作頻率提高時，我們不單要求提高電路的穩定性，同時還要求提高機器構造的堅固性。因此，在超高頻率和特高頻率中工作的機器，就應當構造得非常堅固，因為，在這種機器中，即使是在運用中很微小的、因受溫度的影響或其他機械性作用，所惹起的零件的變形和移動，都有重大的關係。

我們要根據對於無線電器械參數穩定性的要求，來規定零件的加工精度和選用製造材料。

在設計無線電器械時，必須先解決這樣一些問題，就是既能保證具有所要求的無線電技術特性，同時又能達到所需的穩定性，然後再根據這些先決條件，對它的構造作出機械堅固性的要求。

有鑑於保證無線電器械工作穩定的重要性，所以在這本書裏，既詳細地討論構造上的問題，並且還討論機電結合機件中的支持零件和它們聯結上的計算問題。

第三節 設計的通則

設計無線電器械，應該以下列各基本原則和要求作為根據。

要保證品質高 所設計的構造，應當保證所有參數的品質指標都符合技術課題的要求。此外，還應當考慮到若干往往無法用技術要求來說明的因素。例如，對於設計賣給市民用的無線電機（廣播收音機和電視接收機），就應當考慮到購買者對於收音機的外表和音質有不同的口味。爲了這個原因，就應該預先計劃可能發行若干種外觀構造不相同的同類機器；能够在廣闊的範圍內變更音量和音質；能够一機數用，管理極為方便而簡單。

要保證有施工簡單的構造，以便於生產 在這方面，具有重大意

義的是簡化零件的形狀，採用不感缺乏的材料和滿足前面所列舉結構的要求等工藝性。在不同的無線電器械中，我們可以找到在式樣上和功用上彼此很少差別的零件，但是在施工方法方面却大有區別。例如，圖 1 中是兩個功用相同的零件，它們的製造過程，可以分成爲不同的步驟：零件甲要經過很多道精密的銑削加工手續，而且要削下多量的廢屑；而零件乙則用金屬鈹料冷衝而成，它的製成，祇需要經過兩道高速度的衝壓手續，即落料和變形。

零件和部件的構造，決定着製造它們時所要求的工人技術等級。設計零件和部件時，要預先顧及能够由技術等級不高的技工在簡單的機床上來製成它們。

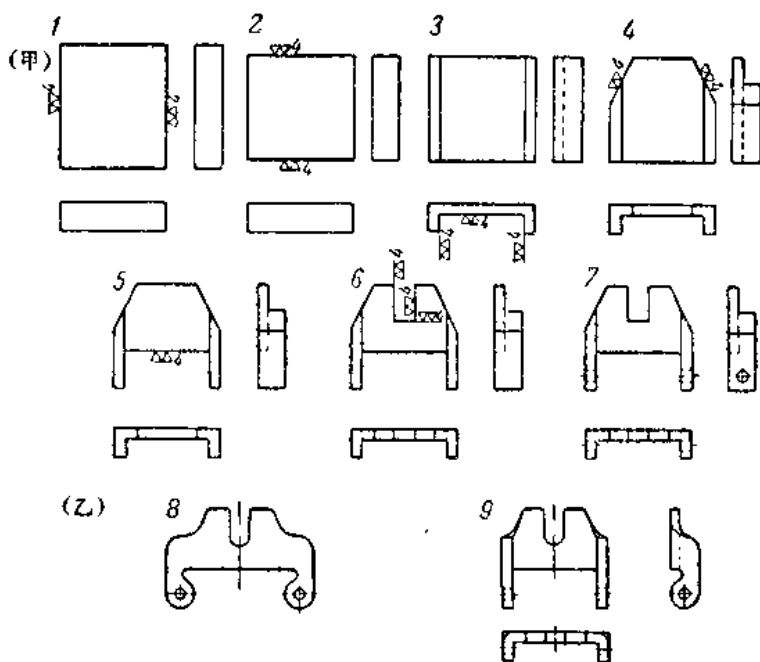


圖 1 構造對加工的影響。

1-銑削左右兩側端；2-銑切上下兩側端；3-銑出凹下部分；4-銑去兩側角；5-銑出缺口；6-銑槽；7-鑽孔；8-落料；9-壓彎成形。

在零件的製造和裝合中，工藝過程達到機械化的可能性，對於減低成本和加速生產是有重大意義的。在無線電器械生產中，裝合、安裝和調整等工作，普遍地都是手工作業，這些手工工作，平均要佔到無線電器械全部生產勞動量的 30—40%，結果就大大地延長了生產周期和提高了產品的價格。近年來，設計人員們正在努力創造可以完全用機械化方法來製造的構造設計。

要保證構造簡單，以便利運用 在無線電器械中，很多構件的特性是屬於可變的類型（可變電容器、變感器、可變電阻器等等）。控制這些無線電電路的工作，就必須挨次地把各部分電路中的這些可變特性構件的活動部分的位置變換，或者變換電路的接法。用這種個別調節的方式來控制電路是非常繁複的，並且在很多情形下是根本辦不到的（例如，在多級的電路中調節振盪電路，使起諧振）。因此，我們就有必要，把電路中的構件聯結成為綜合的構造，並且再增添一些附屬的機械，使控制手續達到最簡單的程度。這樣，無線電器械的構造，在製造的觀點上來說，總是變得很複雜。設計師的任務，就是要找出解決的對策，使得機器的構造既不複雜，而管理這個機器却又很簡單。

要保證零件和部件有互換性 在成批生產中，應當保證在裝合工作中零件沒有追補的修整揀配工作。一切零件不需要修整揀配而就可裝配起來的這種特徵，叫做互換性。機件的互換性，在大批和大量生產的工廠，是絕對必要的，因為，在這些工廠中，裝合工作是在傳動帶上進行流水作業的。從機器的維修上來說，機件的互換性也是很重要的，因為某些無線電零件和部件都有它們一定的使用時限（例如電子管），它們在運用過相當時間後，就需要予以更換。因此，在進行構造的設計時，就需要預計到那些將來可能需要更換的零件和部件，配合以適當的裝置方法，不讓它們在更換時發生任何困難。此

外，在構造和電路方面，也要預先設計得使任何機件更換時都不會改變整個機器的工作特性。

降低產品的價格 在這一個問題上，設計師應該在不損害品質的原則下，朝着降低製造成本和運用費用的方向努力。無線電器械的製造成本，決定於很多因素，並且，如前面曾經指出過的，多半是決定於構造的工藝性上。

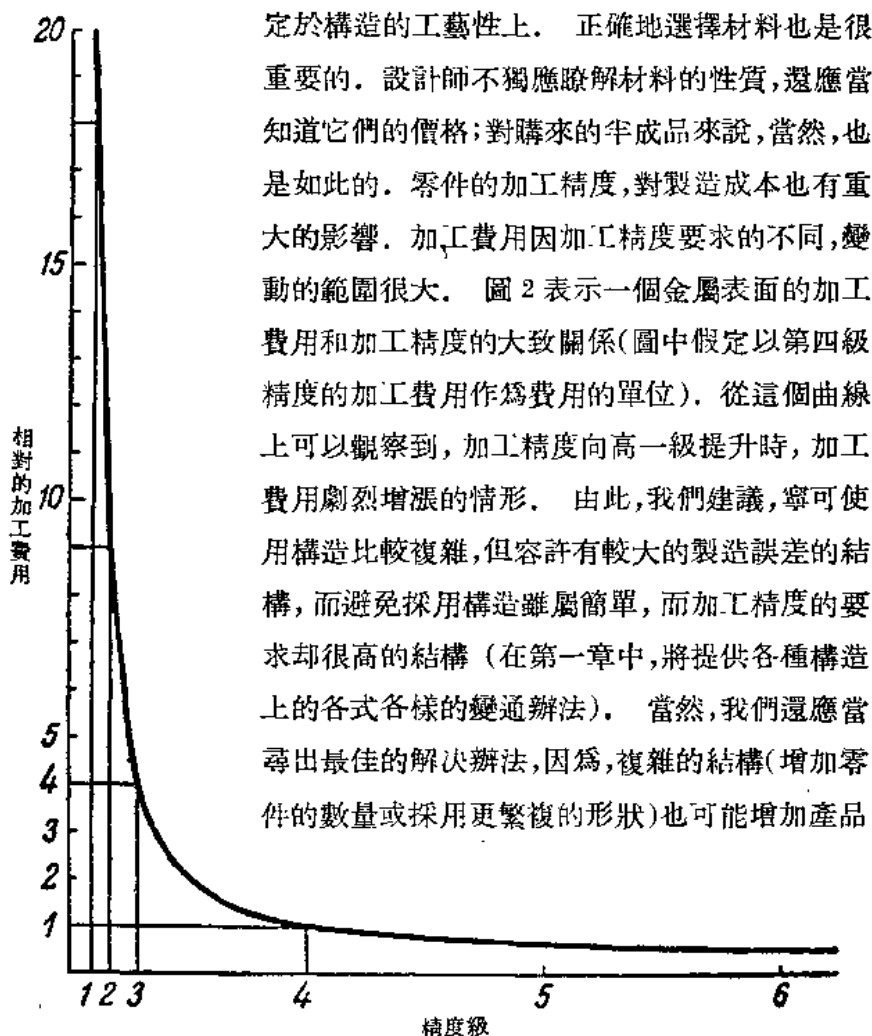


圖 2 加工費用和加工精度的關係。

的價格。因此，設計師應當考慮各種可能的變化辦法，並比較它們的製造成本。

在設計師的思慮中，同樣不應當漏脫無線電器械在運用中所支付的費用。例如，我們不應忘記，機器的工作狀態能影響若干零件和機件（電子管、電容器、電阻器、變壓器等）的使用時限，時常更換這些零件或機件，費用是很大的。因此，應當指出：在製造中，少許提高構造上的價格，以期達到減低運用的費用，是比較合理的。無線電器械在電源供應方面所消耗的費用（購置電池的費用、支付電費），則決定於個別機件和整個電路的結構。這裏也應當指出，少許增加製造價格，以期提高個別機件（例如電源變壓器、揚聲器等）的效率，從而提高整座機器的效率，也是合理的。

保證經久耐用和工作可靠 在設計時應當對所設計的器械假定一個使用的期限和它的運用條件。我們應當考慮到摩擦表面的磨損和在溫度與動力負荷改變下所生的變形，並且比照使用時限的長短來計算各構件的構造，使能保證工作可靠性有足夠的安全因數。

關於無線電器械所處在的或運用中的環境，及其對無線電器械的參數的影響方面的知識，可以參考郵電用品製造部技術報導局在1948年出版的A. B. 阿斯塔夫耶夫所著的「氣候因素對無線電設備的影響和典型的試驗法」一書。

生產的類型和規模的影響 選擇擬出產的無線電器械的生產類型，對於產品的結構方法是有重大影響的。在電路中具有相同用途和同等電參數的各種零件和構件，可以因是否擬大量生產還是小批生產，而在構造上大有差別。準備小批生產的零件和部件的構造，應當預備它們能够在萬能機床上使用萬能夾具和標準工具來從事製造。倘若特地為它們製造專用的工具，並因此而花費資金和時間，是不合理的。每一種準備大量生產的零件，都應該設計得一方面要

保證能滿足我們對無線電器械所提出的技術要求，另一方面，還要保證在大量生產中有以低廉的費用製成產品的可能。在這種情形下，爲了製造專用工具而支出的相當資金，可以靠了簡化施工方法和減少製造時所費的勞動量而得到補償。

減縮零件、部件和材料的名目 正如前面曾經指出過的，減縮零件和部件的名目，以及採用統一化的零件和部件，是評定結構方法是否具有工藝性的重要指標之一。倘使可以利用我們的工業所出產的標準型或統一化零件和部件，以及本企業爲別種無線電器械而製造的零件和部件，就不宜再重新設計新的構造。可是，却也不應當爲求能利用某一種或某幾種現成的零件和部件而使構造趨於複雜。在設計大量生產的製品的構造時，這種情況尤其要批判地加以考慮，因爲若是祇爲了利用一二種零件而把別的零件變得很複雜，或者增加零件的數量，即使這些零件是很簡單的，也是不合算的。設計師必須要能够在每種具體情況下，從使用工具的數量、製造工序的道數、裝合的複雜性、加工和裝合的費用等等方面，來綜合地比較每種零件在不同的構造方法下的工藝性和經濟性。

採用的材料名目太多，有時會在企業的連續不斷地獲得供應方面遭受很嚴重的困難。因此，我們應當減縮材料的種類，並且，要儘可能地避免採用缺乏而貴重的材料。

估計企業的生產技術特點 不同的無線電製造工廠具有不同的設備。有時，設計師祇是因缺少所需的設備，而不得不放棄已經成功的解決方案。設計師必須知道本企業中各種程式設備的負荷情況，以便在設計新的器械時，可以靠了增加一些能在原來利用率較低的機床上從事製造的零件數量，來設法減少需要在當時生產負荷已很重的機床上來製造的某些零件的數量，否則將使機床的工作能力過荷（假使不打算因生產這些新型機件而減輕它原來的負荷的話）。