

金屬的故事

[苏联] H. 多耳古申 著

科学技術出版社

內 容 提 要

本書是一本通俗科學讀物，包括兩篇故事：“征服金屬”和“自動化工厂”。第一篇敘述蘇聯在機械製造方面的劃時代新發明——用電火花加工金屬。這種新方法發明以後，人們可以在不論怎樣堅硬的金屬上做出任何形狀的孔眼。從此，在機械製造方面，人們不再受金屬硬度的束縛了，也不再對技術複雜的孔眼感到束手無策了。第二篇敘述蘇聯一家全部自動化的活塞工廠的生產過程。

作者用講故事的方式加以敘述，筆調輕鬆活潑，讀來引人入勝。

金 屬 的 故 事

ПОКОРЕНИЕ МЕТАЛЛА

原 著 者 （蘇聯）Юрий Долгушин

原出版者 Детгиз · 1953年版

譯 者 萬 子

*

科學技術出版社出版

（上海建國西路336弄1號）

上海市書刊出版營業許可証出〇七九號

上海新華印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號：15119·394

開本787×1092 耗 1/32 · 印張 1 7/8 · 字數 39,000

一九五六年十月第一版

一九五六年十月第一次印刷 印數 1-6,000

定價：(10) 二角六分

目 录

1. 征服金属.....	1
能不能制造永远不会坏的机器?	1
奇异的孔眼.....	4
接点是电工技术的薄弱的地方.....	7
电弧“啃”阴极, 火花“啃”阳极	10
混濁物的秘密.....	14
令人目眩的远景.....	17
理論和实践.....	20
未来將是这样的.....	30
2. 自动化工厂.....	34

征服金属

能不能制造永远不会坏的机器？

有一天，一位当机器制造工程师的熟人来找我。那时春天已近；我刚看完的报上充满了春播即将开始所引起的激动，关于拖拉机啦、农业机器站啦、修理啦、备用零件啦等问题的文章和短论，多得使人眼花撩乱。

“喂，”我攻击那位工程师说，“机器是怎么回事啊？您瞧，这儿是：‘拖拉机还有半数尚未修理’，这儿是——‘春耕受到威胁’，这儿又是——‘备用零件至今尚未收到’。为什么每年——岂止每年！——每季都老是要修理机器和准备那些糟糕的‘备用零件’？为什么你们的机器坏得这么快？莫非是你们制造得不好？”

工程师笑嘻嘻地瞧着我。

“不，实际上，”我继续往下说，“在我们这个技术和冶金工业蓬勃发展的时代，在这个冶炼最坚固的、质地极硬的伯别基特合金钢的时代，难道说不能制造永远不会坏的机器吗？要知道现代机器的寿命非常短促：过上十年到十五年，机器就陈旧了，要用别的更完善的机器来代替它了。况且我们这儿人们都爱护机器，珍惜机器。为什么不制造一种在短促的一生中不会损坏的机器呢？我不明白！”

工程师敛住笑容，开始思索。

“您的話又对又不对，”他终于回答說。“我理解您的憤慨心情。要知道如果能用您所說的那些最坚固的金属制造机器的話，那我們确实可以創造永远不会坏的机器。而且它們无疑能造得又好、又輕、又美觀，效力又高。可惜这办不到。”

“为什么？”

“因为机器的每一个零件都是金属經過一定的加工的结果。金属用什么来加工呢？用也用金属制成的工具，不过工具金属的質地比加工零件金属的質地坚硬和牢固些。这儿您就遇到了第一个难题：机器的零件不能用最坚硬的合金制成，因为那样一来，它們就沒有工具可以加工了。”

“且慢！你要曉得，除了普通的机械加工，不是还有使金属硬化的热处理方法（淬火、外层硬化和鍍鉻）嗎？”

“不錯，这些方法都在采用。如果使用一切現代的方法，我們甚至也能制造出唯一的一部“永远不会坏”的机器。但是这样并不解决問題。我們需要大批生产的方法。可是在大多数場合下，唯一适用的、最基本的大批生产的方法，是机械加工的方法——用車刀、鉗子、銑刀、鋸子和磨料砂輪。”

“那就是說用原始人的方法？”我問。

“不錯，也許是的，”对方微微笑了笑。

“当然是的罗！最早发现金属的我們远古的祖先，就是在石头上磨制他們的斧子和箭头的。这种所謂‘方法’的實質何在呢？在于它根据‘只要功夫深，鐵杆也能磨成針’这句智慧的諺語，使一块金属表面的微粒逐漸脱离和剝落。难道現代机械加工的實質不正是这样的嗎？用銼子、鉗子、銑刀使鋸末和鉋屑剝落和被削去。實質完全一样！使用車床、工具和人造石头——磨料砂輪——可以大大地減少人所化費的功夫，可是實質却沒有

改变……再說，所化費的功夫依旧多得不近情理！”

“不錯，在這一點上您的意見完全正確，”工程師同意說。“我還能把情形說得更壞些，讓我提醒您這個極其原始的方法所造成的某些結果吧。我們都習慣於我們周圍的金屬製品式樣的多样性。在我們看來，金屬似乎可以隨意改變形態。要知道事實上完全不是這樣。您甚至想象不出，我們搞設計的人有時在解決最簡單的技术問題時，必須克服一些什麼樣的困難。舉個例子來說，須要在金屬零件上鉗個孔——任務似乎再簡單也沒有了，何況我們有帶電力傳動裝置的車床和成套的各種尺寸的鉗子。但一開頭就必須具備一個條件：鉗子的金屬應當比零件的金屬硬，否則就不可能進行這一道工序。我們假定這個條件具備了。於是我們便動手鉗。結果必定得到一個圓孔。但如果需要方形的孔、三角形的孔、橢圓形的孔、開縫的孔——一句話，需要任何非圓形的孔，那時候怎麼辦呢？這樣的孔沒有一種能用鉗子鉗出來。這時候必須採用一些特殊的、複雜的方法（這樣的方法遠非每個企業都能採用），或者是鍛模，或者是在鑄造零件的時候就把孔做好，這些方法並非經常能夠採用的。但我們不妨假定需要鉗一個圓孔。它的直徑譬如說應當是十分之一毫米。不可能！這樣細的鉗子會受不住阻力而折斷的。還有，從設計的观点來看，在某個零件上做一個通過滑潤油的曲綫槽是非常有用的，但實際上這完全是幻想……您瞧有多少限制啊！所有這些限制當然都反映在我們的設計工作上。”

談話的結果，我們得出一些極其使人不滿的結論。一般說來，這些結論證明人類還沒有真正掌握金屬。機械加工需要化費太多的人的勞力、電能和燃料，因此又貴又麻煩。幾千家工廠消耗掉整座整座山一樣多的燃料，生產出巧妙的車床，為的是要

把金属鉋啦、鉗啦、磨啦、鍛啦、压啦。另外一些工厂制造供这些車床用的工具。冶金学家煉冶制造工具的合金。

千百万人的劳动、蘊藏在地下的燃料、煤气、发电站、运输工具、設計家和发明家的創造思想——这一切就是馴服金属和把金属加工的代价。

出路在哪里呢？真正掌握金属和消除金属加工时的那一切“不可能”的道路在哪里呢？

我們两人列举了現有的一切金属加工的方法，发现其中沒有一种方法能跟机械加工的方法竞争，而且似乎永远不可能跟它竞争。机械加工的方法按其实质來說虽然又古老又原始，又昂贵又費力，但却为工业界所广泛采用。人們还得在很長时期内容忍它的缺点，如果說不可能期望这个技术領域內发生任何的革命和革新，那末，唯一的出路就在于繼續逐漸改善車床和工具，以及每一道工序的加工方法，在于发展冶金工业，使它煉出更坚固的合金。

这次談話发生在几年前，那时我們还不可能知道，在我們的观察力敏銳的科学大軍中有一支小小的队伍，已經找到了摆脱已成局面的完全出人意外的、真正具有决定意义的出路。

奇异的孔眼

我面前有一块 1.5 厘米厚的小小的坚固的鉻合金鋼板。上面精确地开着一个六角形的小孔，孔的形狀象一个小小的螺栓头。

这就是一切。

现在您設想自己需要在一块这样的鋼板上做一个这样的孔。显然，您得拿一块还没有經過淬火的“軟”鋼，先在上面画一

个六面体，接着在六面体的中央钻一个直径不大不小的圆孔，然后靠一把小锉子“用手”把圆孔锉成六面体，最后把钢板淬火。全部工作需要化费几个小时，而工作的准确性完全由您的經驗和使用锉刀的技能来决定。总之，这是手工业方式的工作。可是沒有別的方法——要知道六面体是不可能用钻子钻成的。

这儿是另一块金属板，厚薄和第一块一样。它的形状新颖得出奇，使人第一眼看了就觉得奇怪。真的，我們在无数种形式式的金属制品中間，还没有遇到过任何这一类的制品。可是，它上面除了一个孔眼以外，同样什么也沒有。不过，这个孔的形状和大小，跟鬧鐘里的小齿輪相仿佛。好

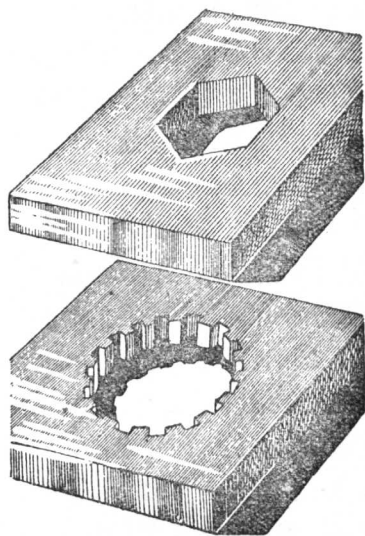


图1 用普通的机械法在金属板上
做这样的孔眼非常困难

象是有人把小齿輪放在金属板上，而小齿輪穿过了金属板，留下了这么一个“印着”齿痕的孔眼似的。

是鑄件嗎？不是。

也許，这块金属板是用某种非常軟的合金制成的，上面很容易压下这样的齿輪吧？不。这块金属板是用极硬的合金制成的，任何金属工具都“对付”不了它。如果有人建議您在这块金属板上做一个齿形孔，您一定会干脆拒絕，因为現代的金属加工法不

能完成这个任务。

但是，这两个孔都是当着我的面在几分钟内做成的。为此所花费的劳动微乎其微：一个人把一根六角形黄铜小棒（在第二种场合把一个钟表齿轮）固着在一台类似钻床的小机床上，接着把金属板放在小棒或齿轮的下面，把它夹紧，然后浇上油并接通电流。孔眼做好后，那人把金属板拿出来擦干净，说道：

“你瞧：总共化了二十分钟和半瓩时电力。”

他们给我看了许多这样的金属板，那些金属板是由各种各样的金属和合金制成的——从紫铜起，一直到加特菲里德钢和伯别基特硬合金钢为止。金属板上有的饰着形状奇特别致的孔眼，有的精密地雕着图画和文字，那些文字仿佛是被印刷用的软铅字压出来似的。这是在伯别基特硬合金上面！

这是用什么做成的？怎样做成的？”

三十年来（包括战时的那些艰苦岁月），两个苏维埃人始终不懈地从事创造性的探索，他们是技术科学硕士鲍利斯·罗曼诺维奇·拉查连柯和他的妻子娜塔利雅·伊奥萨福夫娜·拉查连柯工程师，现在两人都获得了斯大林奖金。我所看到的是他们俩工作的最初成绩。对于我的疑问，实验室的领导人鲍·拉查连柯回答说：

“用电。不用工具，也不用电流开动的机床，而直接用电本身：我们使电流根据我们的需要咬嚼金属。这是火花放电所做的工作，就是五十年前波波夫用来把最早的无线电信号发送到以太中去的火花放电。不过波波夫当时力求把电磁能尽量放射到空间中去，而我们却竭力挡住电磁能的去路，把它收集起来，使它代替工具工作。我们学会了控制金属的本性。要知道归根结底来说，金属是电性的”。

这当儿，还不明白究竟怎样使电“咬噬”金属的我，忽然想到许多世纪以来人类同金属所进行的全部斗争，于是我恍然大悟：一直到现在为止，人类并不是这个斗争的胜利者。金属驯服了，但它并没有被征服。

不错，金属为我们服务：它具有我们所需要的无数不同的形状，但只有当我们把金属加热或熔化时，我们才能摧坏它的顽强精神。冷金属只对强力让步，这时它的本性依旧未受损伤。它继续抵抗，把自己的每一个微粒投入斗争。

但是我在拉查连柯的实验室里所看到的一切：那些带有不大习见的精致的孔的、磨得闪闪发光的金属板，制孔手续的简单和迅速——却已经是另一回事了。在那儿，金属真正驯服了，人类征服了它的“心灵”，它的本质。在那儿，它听从人类的吩咐，自动交出通常要用暴力，要用车刀的粗鲁的外科手术式的干涉来夺取的东西。

这里面有着新时代的气息。它的微风拂过我的背脊，把我后脑勺上的头发吹得动了动，因为我在自己的想象中看到：如果人类能够摆脱掉——即使只摆脱掉一半——现代金属的机械加工所需要的耗费和巨大劳动，那时候将会有什么样的结果。要知道我在拉查连柯的实验室里所看到的和听到的并不是魔术，也不是错觉和幻想，而是最真实的现实。它是近年来所进行的巨大的科学工作的结果。这件事需要详细按照次序加以叙述。

接点是电工技术的薄弱的地方

您大概曾经不止一次地看到过这个尴尬的场面：司机按下按钮，想发出一声简短的信号，可是验音盘“卡住了”，它令人厭

煩地、毫無意義地不停吼叫。汽車開了一会，接着在人行道旁停了下來。司機打開發動機的罩子，化很多功夫尋找電綫在哪里搭鐵。後來弄清楚了：電綫沒有毛病，但是信號裝置的接點因為經過了很多次的接觸，緊緊地連在一起了，好像被焊牢了似的。司機只好用螺釘刀把兩個接點分開。哦，道理很明白：接點發出火花，把金屬的某一點熔化了，於是接點就焊接在一起了。這個解釋是這樣的簡單和有說服力，所以人們通常都不懷疑接合有別的原因。

屋里的電鈴時常會扯不響，檢查之下，發現振動片在同接觸器的尖端接觸的地方似乎被燒穿了。

但這些都是所謂外行人遇到的情形。那您不妨跟電工技術的專家們談談，他們是經常在跟各種的繼電器和別的時常斷電的機器設備——跟高頻率或低頻率打交道的。那時您就會深信不疑：接點是現代電工技術最薄弱的地方。工作中的事故和故障大都是因為接點毀壞而發生的。接點仿佛受到火花的侵蝕和毀損，上面形成粗糙不平的瘤——燒成的和氧化的，或者形成凹處。接點工作得愈多，換一句話說，連接和分離的次數愈多，它們接合處的表面就毀損得愈厲害。最後，或者是接點之間的小空隙（約一毫米）被瘤狀金屬所楔住，或者是互相不再接觸到。

但是電工技術日益向前發展，它愈來愈需要全部工作只包括接點的接合和斷開的機器設備了。這些設備是各種各樣的繼電器。比方在自動電話局里，就裝有很多繼電器，在這些電話局的一個個無人的大廳里，充滿了許多看不見的、喀嘰作聲的接觸器所發出的輕微的沙沙聲。工業、運輸和通訊方面的全部自動化和遠距離控制，都是以這種設備為基礎的。它們的作用很重大。它們能預告鐵路和地下鐵道綫上的事故，此外，企業中生產

过程的进程、运河門閘的工作以及許多別的工作，也都依靠这种設備。

正因为如此，电工技术家們不得不認真地研究接点的問題。在世界上每个規模巨大的电工技术研究院里，都开始了防止接点毀坏的斗争。

但是，接点在工作时发生了什么呢？它們为什么会毀坏呢？

大家知道，电路的每一次断开或接合都要引起火花放电或电弧放电，每一个人都很熟悉这种放电。

如果我們仔細觀察接点的表面，察看接点之間在接点把直流电路切断时发生的几次放电閃光，那末我們就会看到：金属的微粒从一个接点上跳越到另一个接点上。接点將电流切断得愈頻繁，跳越的金属微粒的数量就愈多。最后，在一个接点上形成凹处（陷口），而在另一个接点上形成突出部分。

这种現象叫做电侵蚀（导源于拉丁文《erodere》）。它就是接点毀坏的原因。

当拉查連柯夫妇开始同这种有害現象斗争时，問題已經不这样复杂了。需要发现一种不易受侵蚀的制造接点的材料。

帶有接点的实验裝置不久就証明，各种金属制成的接点性質并不一样：有些接点受的侵蚀較輕微，另一些較厉害。显然，这正是由材料所决定的。可見也能找到完全合适的抗侵蚀的材料。

于是就开始寻找了。他們先試驗貴金属——銀和鉑；試驗的結果不佳。銅、鉄、鎳、鎢、鉬和其他金属也不解決問題。这时就开始試驗各种合金。有一次，用按照一定比例煉成的銀、銅和鎳的合金制成的接点打破了記錄：接点几乎未受侵蚀，虽然它們在实验裝置上工作了相当長久。

人們立刻用这种合金制成一种航空仪器上的繼电器。在生

产条件下第一次試驗这种繼电器的結果，发现侵蝕現象依旧存在。那种在实验室的实验裝置上工作时表现出极好的結果的合金，在工厂里竟显得毫无用处。真叫人弄不懂。

拉查連柯夫妇繼續寻找。現在他們嘗試把工作着的接点放到各种媒質(液体、气体和稀薄的空气)中去。这些試驗表明，媒質和接点的材料一样，能够影响侵蝕的程度，但沒有一种媒質能够完全消除侵蝕現象。很显然，基本上控制侵蝕現象的是另一种目前尚未发觉的因素。

金属和合金的实验結果使两位研究者深信不疑：侵蝕是一种比当初所想的来得更复杂的現象，它的本性有待更細致的研究。需要采用一些別的研究方法。要知道事实上誰也不曉得，在接点之間一毫米寬的間隙里究竟发生些什么。关于从一个接点跳到另一个接点上的物質的数量，是后来把接点放在精密的天平上秤过后才知道的。他們决定用眼睛观察接点之間的空間，做到要能够直接看到那儿发生的一切。

在疏散的物質条件下，創造一架复杂精密的新仪器不是一件容易的事情。拉查連柯夫妇的实验室設在烏拉尔一所研究院的一个窄小的房間里。他們俩受冻挨餓，但是工作並沒有中断，两位頑强的研究者終於制成了一套光学設備，它放在实验室里仅有的一張桌子上。靠了这套装着必需的照明灯、接物鏡、棱鏡、攝影机的光学設備，人們不仅能够在遮光板上观察放得很大的接点之間的間隙，而且能够攝下侵蝕过程中的任何片断。

不出所料，新方法引起了許多重要的发现。

电弧“啃”阴极，火花“啃”阳极

电路的每一次閉合或断开引起或强或弱的放电。人們在很

久以前就已发现,当电路断开时(例如当扳开刀形开关时),放电闪光比较强烈明亮,这是电弧,当电路闭合时,发出勉强看得见的放电,这是火花。

誰也不認為这个差别具有特别的意义。大家都以为火花和电弧是一样东西,火花不过是很快就熄掉的小电弧。

电弧在通过大量电流时非常强烈,它能一下子把电門熔化和燒毀。人們同这种电弧已进行了很久的斗争,并获得了成績。电弧放电看来是能够消灭的。为此,只要在把电流通到发生断开的地方的两根电綫之間接入一个一定容量的电容器。

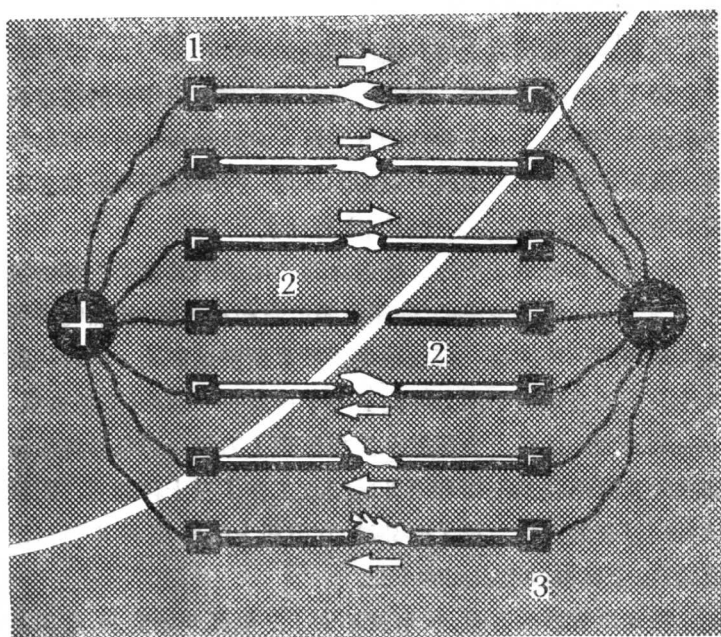


图2 图示火花放电与电弧放电之间的区别示意图1. 火花区
2. 逆轉的界限3. 电弧区

我們不打算詳細解釋为什么要这样做，因为这是一个相当复杂的現象。我們只想說，发生断开和放电現象的任何电路，都是特殊的“振蕩电路”，換句話說，都是迅速交流的电流和电磁振蕩的来源。在其他相等的条件下，放电的性質是由这个电路容电量的大小来决定的。如果我們用一个容量小的电容器，电弧放电就强烈；相反的，如果装一个大的电容器，电弧就减弱；而一个更大的电容器能把电弧完全消灭。

但是現在，当电路的电极閉合时却出現了火花。我們愈是增加电路的容电量(加大电容器)，在接合的电极之間跳过的火花就愈加强烈和明亮。不过这毕竟是火花，而不是电弧。

火花跟电弧實質上有什么区别呢？

为了回答这个問題，拉查連柯夫妇在帶有工作着的接点的实验設備上接入了一个特殊的电容器，只要轉动这个电容器的柄，就可以从容不迫地改变它的容电量。接着他們开始用光学設備观察，接点之間在工作时发生些什么。

电容器的容量最小时，接点之間产生强烈的电弧。能够很清楚地看見，作为阴极的(即跟电源的負极相連的)接点的表面很快地布上一些凹痕，好象被电弧放电所侵蝕似的。同时一股又小又重的金属粒子用力冲向另一个接点——阳极(即正电极)——的表面。这样，金属就从阴极移到了阳极。以每秒鐘振蕩25次的速度迅速地連接和断开的接点工作了三十秒鐘后，阴极就受到显著的破坏。过了两分鐘，在阳极上便出現被电弧焙燒成的、由金属微粒堆积成的小丘。

增加电容器的容量，情形就不同了。电弧开始变弱，金属从阴极移到阳极的速度也減低了。最后电弧消失，阳极接点上的小丘也停止增長。

接点的“毁坏”中止了！

瞧，侵蚀的唯一弱点原来在这里：在振荡电路的一定的电的调整上面——在电容器的容电量上面。

但如果再增加电容器的容电量，那时会怎样呢？拉查連柯夫妇繼續进行观察，一面緩慢地朝原来的方向轉动电容器的柄。

放电突然显著地改变了性質。又弱又平靜的电弧被頻繁的火花所代替。从阴极落到阳极的金属微粒的陣雨停止了，金属

开始往相反的方向移动。阳极上面所形成的小丘的尖端，現在突然脱离阳极，用力冲向阴极的被侵蚀的表面。以后产生的火花把一些新的金属移到阳极。阴极的表面变得象一堵凹凸不平、石灰剝落的墙，上面好像被一只看不見的手用力投上了一大把一大把粘土似的。現

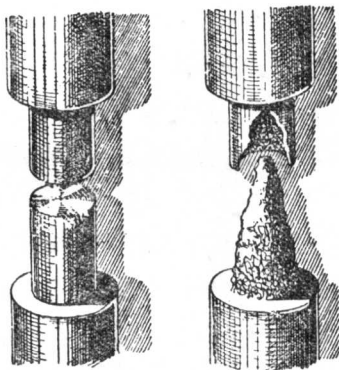


图3 金属从阳极移到阴极

在，当发生火花放电时，金属从阳极移到阴极的速度比从阴极移到阳极时快得多了。仅仅过了三十秒鐘，阳极就开始受到显著的破坏，阴极上面产生了小丘。五分鐘后，移到阴极上面的金属多得充滿了接点之間的全部間隙，以致接点閉合在一起，它們的振动也停止了。

逆轉(这个詞导源于拉丁文“*Inversio*”)現象——电弧放电变为火花放电，阴极遭受破坏变为阳极遭受破坏——就是这样发现的。

对这些現象加以进一步的研究后，得出了理論方面和实践方面的重要結論。

这才知道，电弧和火花根本不是一样东西，火花根本不是小电弧，而是完全不同的另一种电气放电。

我們旋轉收音机中电容器的柄，就可以把电路調整在这一个或是那一个电波上。与此相同，可以把任何接触裝置中的电路調整在电弧放电上、或是火花放电上，或是两者之間的界限上。发生电弧放电时，金属总是从阴极接点移到阳极接点，发生火花放电时則相反。当电路被調整在从电弧变为火花的界限上时，金属的移动几乎停止了，极少的金属微粒开始从阳极跳到阴极，接着又跳回去，这样，接点在实际上并不受到侵蝕。甚至于恰恰相反，当电路被調整在“逆轉的界限”上时，接点的接触性能反而得到改善，接点好象在互相研磨，它們之間的接触变得更可靠了。

于是明白了，想借選擇和寻找防侵蝕的或抗侵蝕的金属和合金来同侵蝕斗争，是没有希望的。世界上沒有这样的金属，而且也不可能，因为侵蝕乃是任何导电物質电性方面的一个不可缺少的特性。只有控制那导致侵蝕的电气过程，才能避免侵蝕。

現在，真相已經探明了，拉查連柯夫妇微笑着回憶起以前用銀、銅、鎳的合金做試驗时遇到的那种“奇怪的”情形：合金在實驗室的專門實驗裝置上能抵抗侵蝕，但等到把它做成航空仪器的接点时，它却显得毫无用处。很明显，在實驗裝置上，由电綫的長度、配置情形、电阻和其他事項决定的自然調整是一回事；而仪器中的自然調整却是另一回事。

混濁物的秘密

拉查連柯夫妇的工作揭露了电侵蝕的本質，战胜了这个有