

高等及中等专业学校师生用书

冶金机械设备 修理和安装

上册

郑重一 编

冶金工业出版社

高等学校試用教材

冶金机械設備 修理和安裝

(上 册)

郑重一 編

冶金工业出版社

本書系受前高等教育部委託為高等工業學校冶金機械設備專業“冶金機械設備修理和安裝”課程編寫的教材。

本書分為上下兩冊出版。上冊包括設備技術維護的基本概念，機件修理的一般工藝及其耐磨性的提高，機器的潤滑等三章；下冊包括機件與部件的裝配和修理，主要冶金機械和設備的安裝等二章。全書敘述了冶金機械設備技術維護的基本知識，以及修理和安裝工藝的主要問題。

本書主要供高等工業學校冶金機械設備專業作為教學用書，同時可作為中等專業學校的教學參考書，對冶金工廠中工作的工程技術人員亦可作為參考之用。

冶金機械設備修理和安裝（上冊）

鄭重一 編

編輯：黃錫橋

設計：童煦菴、魯芝芳

責任校對：楊德昭

1958年9月第一版

1958年9月北京第一次印刷 5,500冊

850×1168•1/32•250,000字•印張 $10\frac{4}{32}$ •插頁4•定價1.60元

冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行

書號0905

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

上册目录

序.....	4
緒論.....	5
第一章 設備技術維護的基本概念	11
第一节 机件的磨損.....	11
第二节 磨損的类型.....	14
第三节 影响磨損的因素.....	26
第四节 設備維護的管理和組織.....	49
第二章 机件修理的一般工艺及其耐磨性的提高	86
第一节 修理中的焊接工作.....	86
第二节 电鍍.....	141
第三节 金属噴鍍.....	152
第四节 电火表面強化.....	172
第五节 表面淬火.....	177
第六节 表面化学热处理.....	185
第七节 表面机械強化.....	193
第三章 机器的潤滑	201
第一节 潤滑材料.....	201
第二节 潤滑方法的分类和潤滑裝置.....	220
第三节 潤滑材料的选择和需要量的計算.....	265
第四节 集中潤滑系統的計算.....	275
第五节 廢潤滑油的再生.....	235
附录 I	293
附录 II	303
参考書刊.....	320

序

由于我国冶金工业不断的发展，为了建設更多的冶金工厂，因此必須相适应地培养設計、施工和管理冶金机械設備的人才，国家在北京鋼鐵工业学院建立了我国第一个“冶金工厂机械設備专业”，这种措施是非常适宜和及时的。但是我們过去和现在都非常缺乏本专业的全部知識，應該感謝苏联专家技术科学博士Л. Д. 索柯洛夫 (Соколов) 教授巨大的工作。索柯洛夫专家不辞劳苦地不但为中国建立本专业編写了全套炼鉄、炼鋼和軋鋼車間机械設備的教材，而且本人在专家的指导和教诲下也能够在很短的期間內講授了“冶金机械設備修理和安装”的課程。

本課程是根据苏联的教学大綱^①进行講授的，并根据专家的意见和教学的需要，在內容和次序上作了相应的安排。因为在目前国内外尚缺乏有关本課程的課本和参考書，而在我国冶金工业迅速发展的过程中，冶金机械設備無論是数量上和質量上都有了显著变化，作为保証冶金机械設備連續不断運轉的修理和維護工作，很明显的已經产生其重要的作用。根据这种情况，有必要在苏联先进技术的基础上，系統地整理有关这方面的技术知識和經驗，編写成为書籍，对冶金机械設備进行正确和及时的維護，高质量的进行修理和安装而有所裨益。

本書的主要目的是为了高等学校培养冶金机械工程师，使他們能够充实有关設備的維護、修理和安装方面的知識，同时也可用为冶金工厂的工程技术人员在改进設備修理和安装工作的参考書籍。

編者虽尽了最大的努力收集了有关的資料，在每章每节中并注明了可以詳細参考的資料来源（在括号〔〕內號碼即为書末所附参考書刊的順序），但受學識經驗的限制，錯誤在所难免，竭誠欢迎所有对本書提出的一切批評和指示，来函請寄“北京学院路北京鋼鐵工业学院冶金厂机械設備教研組”。

本書原稿承蒙徐宝陞先生帮助校閱，特此致謝。

編 者

① “冶金工厂設備的修理和安装”（为冶金工厂机械設備专业用）課程的教学大綱，ИНДЕКС ГМ-272，1953年。

緒 論

建設社会主义社会必須优先发展重工业，金屬是一切工业的基础的基础，迅速建設冶金工业已經成为工业化的首要任务。

在旧中国，帝国主义长期壟断了我們的冶金工业，掠奪了我們的資源，生鉄最大的产量只有一百八十余万吨，鋼最大的产量只有九十余万吨，冶金工业处于极端落后的状态。解放后的新中国已經迅速改变这种面貌，許多鋼鉄工业基地和中小型工厂已經和正在不断建立，在今后几个五年計劃的建設中，保証冶金工业的生产力会达到适当的水平。

发展冶金工业不仅是建設新的工厂和扩充改建旧有工厂，对旧有設備高度的利用，对新建高度机械化設備正确的运用，發揮其潛在的生产能力，將設備进行正常的維護和及时的、高质量的修理和安裝，是使企业不断提高生产速度和保証連續不断工作的重要条件之一。

改善机械設備运用和修理的技艺水平，对机器的磨損进行預防性的措施，提高机械設備的工作效率，不使机械設備因意外的缺陷和故障而发生停工现象，对提高工业生产能力和具有很重要的意义。企业中所有設備产生故障和停歇的数量，已經成为企业管理工作水平的重要指标之一。

自中华人民共和国成立起，我国冶金工业就开始了三年的恢复时期，从那时起，我国的冶金机械技术維護工作在苏联先进經驗的基础上，已經过了一系列的有組織的阶段。

第一阶段自1949年开始，那时革命刚胜利，所接收旧的冶金工厂大部分是残缺不全和带有殖民地性質的，設備能力不平衡，工作的劳动条件很坏，設備型式杂乱，机械設備破旧且大部由拼湊而成，因此生产效率低。在这时期中，工厂的工人和技术人員在使用和改进这些机械設備的过程中，逐漸的积累了許多关于技术維護工作方面的經驗。对旧有設備能力的平衡和潛在能力的发

揮，所进行一系列改进工作的結果，使高爐和平爐的利用系数以及軋鋼机单位時間軋制量，就有显著的提高，使鋼鐵的生产量提高数倍，修理維護技术已經很滿意地能負担起对这些設備的工作了。

但是这时的修理維護技术工作，并不可能滿足生产繼續发展的要求，主要是对設備的管理和維護缺乏有系統的監督，沒有制訂設備工作和修理的制度和規程，工厂修理工作的組織形式还不合理，更重要的是生产领导干部对設備的維護修理能保證生产能力提高的积极作用認識不足。因此在这时期內，修理工作分散在各車間进行，設備随坏随修，修理質量差，劳动效率低，修理成本高，修理的技术經驗不能交流和不能提高，备品机件供应不及时，設備的技术文件不齐全，設備事故頻繁等。

由于苏联专家的指导和工人創造性劳动的結果，上述情况得到不断的改进，逐漸拟訂出各种制度和規程，工人提出了許多改进設備和提高检修質量的合理化建議，先进的修理方法逐漸在推广，并开始合理安排設備检查和修理的日期，定期进行大修理和鑑定設備，加强日常的維護，監督和处理了設備事故，改变了企业中設備的无人負責状态。

經過几年的經驗积累和努力工作的結果，随着机器使用水平的提高，这样才迫切的需要对技术維護工作能进一步地提高和納入正規的道路。

第二个阶段是由1954年起直到目前，这一时期标志着我国冶金机械的技术維護工作在苏联先进經驗指导的基础上有了广泛进展和采用了正规的先进制度。这里要特別指出苏联专家根据苏联冶金工厂設備維護工作的先进經驗，結合了我国冶金工厂的实际情况和要求，作出了重要的創議，而开始在我国冶金工厂中实现〔1〕：

1) 第一个重要的創議是在冶金工厂中建立总机械师的組織，这个創議并由前重工业部在一九五四年六月正式命令在16个主要厂矿中施行，指定总机械师要对企业全部机械设备的正确使

用和設備的維護、檢修工作負全部責任。在下面的各個生產車間中，有設備助理、機械師或檢修工長，負責保持車間設備經常處在正常的狀態。在每一個工作班中，建立設備維護檢修工作的值班制度，有一定的技術人員和工人負責值班工作；以監督生產工人正確使用和維護設備，經常檢查設備的運轉情況，進行設備的臨時修理和維護，保證在工作班內不發生事故。

從幾個已建立總機械師制度的工廠實踐證明，企業的設備維護修理工作立刻使過去的被動局面得到改變，轉而為主動地負責對設備進行正確使用、維護和修理工作，保證了設備的安全運轉。總機械師制度給予總機械師和設備助理以應有的地位和職權，並有權對處在危險狀態下工作的設備停止運轉。總機械師有其自己的各個技術和業務的職能機構，進行專業的分工，這樣保證了工作任務的順利完成，在統一的領導下，無論在修理計劃上或是在勞動力的調配上可以進一步加強，同時在業務和技術訓練和思想教育上，也可以有步驟地統一進行，迅速提高修理技術水平。

2) 第二個重要的關於設備合理進行維護的創議是計劃預修制度，亦即是按照計劃的期限進行對設備的維護、檢查和修理的一切措施。蘇聯在機械設備技術維護方法方面所擬訂的逐漸過渡到用維護和修理的方法來有計劃的保養機器的方針，是使機械設備能夠經常處於正常狀態的一個重要的成就。我國過去對機器的維護修理，都是臨時處理而沒有任何制度的，有時進行保養，有時則不管，只有在機器已經不能再進行工作時才不得不進行修理，因此機器經常在生產中發生沒有預料的停歇，這樣使整個生產工作非常紊亂。

為了適應計劃經濟下合理運用設備，在冶金工廠中已經推行了設備的計劃預修制度。計劃預修制度包括了一系列的機器的日常保養、小修、中修和大修，所有這些有計劃的保養和修理工作，都是預先經過周密的計劃，規定好了工作的內容，修理的標準，定期地完全按照制訂的進度來進行。根據實際經驗證明，計

計劃預修制度能够保證設備的使用期限大大的延長，改善設備運用狀態，降低設備維護和修理的費用。

對設備的技術維護工作進一步的改善，只有是先進工作者運動的產生和它的繼續發展。在全面精通技術和新型社會主義勞動態度的基礎上，開展為了爭取延長機器的使用年限，爭取優秀的高技藝的維護設備，和對機器的發生過早的損壞進行鬥爭。

仔細的維護和十分愛惜地使用機器，可以延長機器的使用年限。機器在合理的維護和不違反操作規程下進行工作，經常進行適當的潤滑，經常保持自己工作場所的清潔和有秩序，精通在操作中機器可能產生故障的消除方法，組織生產工人有效地維護設備，是提高機器使用壽命的重要途徑。

近年來科學技術的進步，大大擴展了延長機器使用年限的可能性。研究機器結構中應力的新方法，機件製造中新工藝和新材料的採用，各種熱處理和機械表面強化方法的應用，增加表面耐磨鍍層的方法等，都可以提高機器的使用年限，或增大機件承受單位載荷的能力，並減輕機器的重量。

應該廣泛征詢和研究優秀維護機器的操作工人、修理工人、工長和工程師的經驗和方法，有系統地分析研究、統計和選擇有關機械零件的各種損壞類別和原因的資料，應該經常交流和印行延長機器使用年限的實際經驗和科學著作，並召開有關先進修理技術和提高機器使用年限的會議，所有一切的措施將成為使機器技術維護不斷發展的重要方向，使計劃預修制度在新的技術基礎上更加充實內容。

在資本主義國家中，對機器的技術維護工作不可能受各方面的重視。生產的私人占有制和盲目的自由競爭不可避免地會產生經濟恐慌，工廠中的機器設備經常處在停工和載荷不足的状态。工人受到殘酷的剝削，不可能獲得文化和提高技術，也不可能替資本家愛護機器。

唯利是圖的資本家，經常用縮短機件使用年限的辦法來降低機器的出售價格使易于銷售，並且提高備品機件的售價，迫使高

价修理或另購新机器，而获得巨額的利潤。

而在社会主义国家中，則完全賦予不同的意义。正确合理的使用設備是社会主义生产組織的基本原則。机器是創造社会財富的物質基础，所制造的机器不但是使用年限长并力求价格低。但是机器在工作中不可避免地会产生磨損，故不断地同机器的过早損坏作斗争，不断为提高机器的使用年限而斗争，对工业生产的发展具有十分重要的现实意义，因此机器技术維护理論和实践是以摩擦、磨損和潤滑的原理为基础的，而苏联的学者在这方面研究的成就和对修理工艺的发展具有巨大的作用。

在理論的研究方面：早在200年前，伟大的俄国学者 М. . 罗蒙諾索夫(Ломоносов)最先进行了金屬物体磨損的研究，并設計了机器作材料試驗，到1900年 А.Л. 巴勃辛(Бабшин)教授作了鋼球和廻轉盘的磨損研究，1883年 Н.П. 彼得洛夫(Петров)教授創立了摩擦与潤滑的流体动力学的学說，后来并經 Н.Е. 儒可夫斯基(Жуковский)教授、С.А. 查普雷金(Чаплыгин)院士和 Н.И. 米耳察洛夫(Мерцалов)教授等加以进一步发展。1929年 Н.Н. 达維琴可夫(Давиденков)院士进行了許多金屬磨損的試驗，列宁格勒工艺学院 А.К. 扎依采夫(Зайцев)教授进行了摩擦、磨損和潤滑的巨大的研究工作，近年来苏联科学院机器研究所和中央工艺及机器制造科学研究所(ЦНИИТМАШ)更广泛研究了摩擦和磨損的問題。

在修理工艺实践方面：1802年 В.В. 彼得洛夫(Петров)首先发现了电弧现象，后来 Н.Н. 別納耳道斯(Бенардос)工程师在1882年发明了利用电弧焊接，Н.Г. 斯拉維亞諾夫(Славянов)工程师实现了电弧焊接的基本形式。1833年 Б.С. 耶考比(Якоби)院士創立了电镀技术的理論，1937年 Е.М. 林尼克(Линник)工程师和 Н.В. 卡茨(Катц)工程师創造了电力金屬噴鍍器，1943年 Б.Р 拉扎林可(Лазаренко)工程师和 Н.И. 拉扎林可創造了电火強化法等。

在机械設備修理和安裝的綜合操作方法方面，由于苏联先进

工人和工程師的創議，在冶金工廠中推行了許多新的安裝方法，如部件修理法、聯合部件安裝法、多層平行作業法、整套設備移置更換安裝法，以及修理和安裝中大量繁重工作的機械化等。

我國冶金工廠的機械工程師為了改進機器技術維護工作，必須在學習蘇聯先進經驗的基礎上，隨着冶金機械廣泛的機械化和自動化的發展，努力改善設備運用的組織措施，而使全部機械設備都能夠處在正常的工作狀態。因此在冶金工廠機械設備專業中加入“冶金機械設備修理和安裝”這門新的課程，使獲得有關機器技術維護的初步知識，並在以後實際工作中不斷地積累經驗和提高。本課程的內容包括下列各個部分：

1) 設備技術維護的基本概念，說明機件因磨損所引起的故障和損壞，分析其影響的因素，以及社會主義組織和管理設備的原則和內容。

2) 修復磨損機件的工藝和提高耐磨性的新方法。

3) 機器潤滑的各種問題，着重詳細敘述了應用日廣的冶金設備的集中潤滑系統。

4) 主要冶金機械零件的修理和裝配工藝。

5) 冶金工廠中主要設備安裝的各項問題。

第一章 設備技術維護的基本概念

近代機械化的設備，其技術要求日漸趨向在許可的範圍內盡量提高機件受力的強度以減輕機器的重量和保證摩擦機件應用的正確性。機件在工作中其配合表面由於不斷受到摩擦、沖擊、高溫和介質等作用的結果，逐漸產生了磨損，結果使機件的幾何形狀和金屬表層性質（化學成份、組織、機械性能）的改變，機件便喪失了精度和應有的功能。

對機器進行合理的維護和及時的修理，才能使機器保持正常的工作狀態而不發生任何故障。當機器的機械效率降低和傳動中發現很大的噪音現象時，這時機器已經存在故障，這可能是由於機器的調整不適於工作的要求，機器修理和裝配質量低劣，或由於機器不正常操作的結果。當機器發生故障後，就不能達到其應有的工作能力，能量消耗過多，生產中就不斷出現廢品，最後迫使機器停止工作進行修理。

機器故障的產生，其最顯著的特徵是構成機器的各個組合機件或部件間配合的破壞。組合機件或部件配合的破壞主要是由於過早磨損的結果，這樣就使機件的尺寸和形狀發生改變。

第一節 機件的磨損

機件的磨損由一系列的因素確定，主要是摩擦和磨損的類型，機件的載荷，機件工作的溫度，機件間相對運動的速度，潤滑油的數量、質量和潤滑方法，機件間間隙的大小，機器日常操作和維護的質量。任何違反機器技術操作的程序，降低機件材料的質量，不正確和不及時的修理和裝配等，都能使機件產生過度嚴重的磨損。

為了使機器能夠經常保持在正常的工作狀態，不使機器發生故障，主要的問題在於研究機器中各個機件逐漸增長的磨損情

$S_{\text{最大}}$ ，过大的間隙增加了冲击作用，潤滑油膜被破坏，磨損强烈，机件于是处在危險状态，这时机器繼續工作，可能立即发生意外的故障。

我們分析这一曲綫，机件一般工作在正常磨損时期（曲綫的 AB 段），这样机件在試轉終了时即为正常工作的开始，而正常工作終了时即轉入事故磨損时期而达到极限允許磨損，故机件必須进行修复和更換。机件在两次修理中間的正常工作时间 t_1 可以由下列公式計算：

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{BD}{AD} = \frac{S_{\text{最大}} - S_{\text{初}}}{t_1}, \\ t_1 &= \frac{S_{\text{最大}} - S_{\text{初}}}{\operatorname{tg} \alpha} \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

式中： $\operatorname{tg} \alpha$ ——称为磨損强度。

因为

$$t_1 = t - \Delta t_1, \quad (\Delta t_1 \text{ 为試轉時間}),$$

則

$$t = \frac{S_{\text{最大}}}{\operatorname{tg} \alpha} + \left(\Delta t_1 - \frac{S_{\text{初}}}{\operatorname{tg} \alpha} \right),$$

在上式中 $\left(\Delta t_1 - \frac{S_{\text{初}}}{\operatorname{tg} \alpha} \right)$ 和 $\frac{S_{\text{最大}}}{\operatorname{tg} \alpha}$ 比較，很明显的是一个很小的值，可以忽略不計，机件的实际工作时间 t 可由最大間隙（极限允許磨損）和磨損强度求得：

$$t = \frac{S_{\text{最大}}}{\operatorname{tg} \alpha} \dots \dots \dots (2)$$

根据公式 (2) 所示，为了保持机件一定的使用時間，應該設法保持磨損强度一定的数值，也即是應該正确进行日常保养，同时應該使間隙不超过最大的允許值，也即是在超过該允許的最大值时，机件應該进行修理或更換了。

分析图 1 曲綫結果，我們可以得出結論，机件的磨損可以分

为两类，可能是自然的（正常的）磨損，或是事故的（过早的，迅速增长的，或突然发生意外的）磨損。

自然磨損是机件在正常的工作条件下由于接触表面不断受到摩擦力的結果，有时由于受周围环境溫度或介質作用的結果，产生逐漸增长的磨損。机件根据不同的結構特征、机械加工条件、操作条件、修理和装配的质量、維護的技艺等，而产生不同的磨損，这种自然磨損是由上述条件所决定不可避免的正常现象。

事故磨損是因为对机器修理的不及时或质量不高，或因机件結構的缺陷和材料质量的低劣，或因严重违反操作规程，而引起剧烈的磨損发生事故，有时由于工作的疏忽大意或不能預料的原因和天災，引起机器恶性的損坏被迫停工。事故磨損应该認為不允许的。

冶金工厂工作的特征是工作的連續性、載荷大和溫度高，这种条件使机械設備在极端繁重和恶劣的情况下工作，因此向磨損作斗争在冶金工厂更显得特別重要。为了提高机件的使用期限，保証設備工作正常，必須研究自然磨損的类型和现象，影响磨損的因素，以及提高耐磨性的措施和办法。

第二節 磨損的类型

自然磨損根据其产生的原因和磨損过程的本質，可以区分为三种类型：腐蝕磨損、热磨損和机械磨損。以上三种类型的磨損现象，实际上完全包括了机器在正常使用条件下可能产生的全部主要故障。

1. 腐蝕磨損

机件在使用过程中其金屬的表面受周围介質的化学和电化学作用，同时受到摩擦或冲击的結果而使机件損坏，称为机件的腐蝕磨損〔4〕〔5〕。

腐蝕磨損的破坏給国民經济造成巨大的損失，据估計每年有

大量的金屬因腐蝕磨損而不能繼續使用，其中大部分損壞的金屬只能回爐使用，有一部分(約10%)成為粉末完全損耗了。腐蝕磨損危害不僅只是金屬的損失，而最嚴重的是金屬結構的損壞，造成生產中的廢品和設備的事故，腐蝕磨損有時甚至限制了創造新機器和新技术操作過程的可能性。

金屬的腐蝕磨損按照腐蝕作用的原理具有兩種形式：1) 電化學的腐蝕，是由電解質作用的結果，有局部電流產生，2) 化學的腐蝕，是由乾燥的氣體或不導電的液體介質作用的結果。金屬因腐蝕磨損所產生的嚴重破壞現象，多半是由電化學的腐蝕所引起的，化學腐蝕對金屬的破壞則比較緩慢。

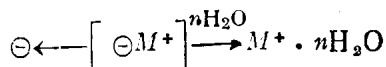
金屬的電化學腐蝕性破壞過程是和鹽類在水中的溶解過程不相同的。

當鹽類溶解於水中時，鹽類晶體的金屬離子和酸根離子在晶體表面上同時發生水化作用及向水中的轉移而進行的，這種過程在晶體整個表面均勻的進行。

在固體狀態的金屬都是晶體，原子規律的分布在一定晶系空間的晶格中。位於晶格結點上的原子經常互相交換電子($\ominus$)，這些電子在相當程度上很自由的，在金屬中循不同的方向移動轉換，金屬的原子實際上失去電子，因而成為帶正電荷的金屬離子(M^+)，這種原子和中性的原子不同，稱為金屬的離子-原子。

金屬電化學腐蝕的過程是三個環節的互相關系和配合，這三個環節是：

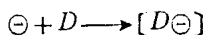
1) 陽極過程 金屬離子進入溶液中起水化作用，而電子不能和水分子牢固的結合，於是在金屬上留下當量的電子。金屬離子進入溶液和水化的過程為：



因為在金屬上的電子和溶液中陽離子不斷累積的結果，很劇烈地使電極電位向負的方面移動，阻礙陽極過程的繼續進行，陽極過程就很快停止，因此，為了使金屬離子繼續進入溶液中，故必

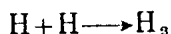
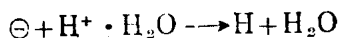
須有吸收过剩电子的过程。

2) 阴极过程 溶液中的某种去极化剂 (D) (即可以在阴极上被还原的原子、分子或是溶液中的离子) 吸收、同化过剩的电子。这过程为:



如果阴极吸收过剩电子的过程和阳极过程同时进行, 则阳极过程就可以繼續不断地进行。

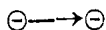
在不同介质的腐蚀情况下, 阴极过程可以是各种不同的电极反应。一般最重要的是水化的氢离子, 失去电荷形成中性原子, 然后又形成氢分子的过程 (氢的去极化):



和溶解于淡水、海水或其他中性盐类中的氧, 还原成氢氧离子的过程 (氧的去极化):



3) 腐蚀电流 阳极过程和阴极过程在一定程度上是独立进行的, 金属在这种电化学作用下受到溶解 (破坏), 但这两个过程按其本质和机构而言都是不同, 必須在不同的区域内进行, 因此, 在金属表面分成了阳极区域和阴极区域, 分别在阳极区域进行阳极过程, 在阴极区域进行阴极过程。阳极过程使电子在阳极区域释放, 这过剩的电子于阴极过程中在阴极区域受到中和, 故电子必須从阳极区域轉移到阴极区域而产生了电子的流动, 产生了腐蚀电流:



(阳极区域) (阴极区域)

在溶液中阳离子 (K_m^+) 从阳极区域带电向阴极区域移动, 同时阴离子 (A_n^-) 从阴极区域带电向阳极区域移动。

金属的表面分成了阳极区域和阴极区域进行全部电化学作用的过程, 这种区域可能是两个占有界限分明較大的面积, 进行了腐蚀过程互相关系和配合的三个环节, 是由于产生了原电池所作