

电化学生产工艺学

Н. И. 费道吉耶夫編

高等教育出版社

电化学生产工艺学

（第二版）

化学工业出版社

81.3

668

C2



电 化 学 生 产 工 艺 学

Н. П. 費道吉耶夫編

天津大学无机化工系电化学工学教研室譯

高 等 工 業 出 版 社

本书系根据苏联专家、化学博士、斯大林奖金获得者、尼古拉·巴甫洛维奇·费道吉耶夫教授在天津大学无机化工系电化学工学教研室讲学期間所編写的“电化学生产工艺学”讲义翻譯而成。

全书共分：湿法电冶金，电鍍术，熔融电解质的电解，非制取金属的水溶液电解和化学电源五章。每章在讲述生产工艺之前都有基本理論和重要概念的介紹，章末附有复习題和計算例題。

本书可作为高等学校电化学专业的教学用书，亦可供有关工程技术人员参考。

本书由天津大学无机化工系电化学工学教研室翻譯。

Док. хим. наук. профф.

Н. П. ФЕДОТЪЕВ

ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Лекций, прочитанных в

Тяньцзиньском политехническом институте

电 化 学 生 产 工 艺 学

Н. П. 費道吉耶夫編

天津大学无机化工系电化学工学教研室譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7号

(北京市书刊出版业营业许可證出字第054号)

民族印刷厂印裝 新华书店发行

統一书号 15010·833 开本 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張 12 $\frac{1}{2}$ /₁₆ 插頁3

印数 320,000 印数 0001—3,500 定价(7) ¥ 1.80

1959年11月第1版 1959年11月北京第1次印刷

譯者序

几年以来，我国的电化学工业有了巨大的发展。而随着电力工业的发展，电化学生产在今后必将有更大的跃进。因此，培养这方面的人才已成为当务之急。而目前我国的电化学生产工艺方面的教育是比较薄弱的一环。急起直追，已经成为我们大家共同的任务。

去年九月，苏联专家费道吉耶夫到我校讲学，系统地讲授了“电化学生产工艺学”，并严肃认真地对我们教研室的各方面工作给以细致的指导。专家对我们的帮助是我们永远不能忘记的。他治学的科学态度和理论联系实际的作风也永远是我们学习的榜样。他以六十一岁的高龄不辞艰苦，来至我国，给我们带来了苏联的党和人民的深厚友谊，我们应当向他和苏联人民致以崇高的谢意。

化学博士费道吉耶夫教授是以列宁格勒苏维埃命名的列宁格勒工艺学院电化学工学教研室主任，是苏联著名的电化学专家。他在湿法冶金、电镀、电抛光和熔融盐电解等方面的工作中均有很大的贡献。并曾以电解制钴的卓越成就荣获斯大林奖金。

这本书是费道吉耶夫专家在我校讲学时编写的讲义。与其他电化学生产工艺学方面的书籍相比较，这本书有其自己的特点。首先，本书编排的顺序是符合于由浅入深、循序渐近的原则的。其次，本书内容深入浅出，辞简意赅，篇幅紧凑，适合于做高等学校的教材。再者，本书涉及内容相当广泛，相当全面，并且与生产实际密切联系，也可作为工程技术人员的参考书。此外，它还概括了最近几年来在电化学生产方面的一些新成就，并抛弃了过去电化学生产工艺学中的一些陈腐的概念。最后，本书还附有计算例题和复习题，以供读者参考。总之，这是一本非常难得的好书。

雖然我們力求譯文符合原稿，但譯誤之處恐仍難免。讀者如有疑問和指正，請徑與天津大學電化學教研室聯系。

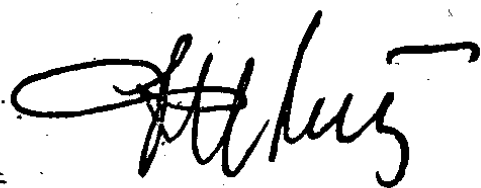
我們懷着極其興奮的心情慶幸這本書能夠及時地和讀者見面，在本書出版之際，我們特再次向費道吉耶夫專家和蘇聯人民致意。

天津大學電化學工學教研室

1959年6月

作者序

本书是我于1958年9月25日至1959年3月25日在中国期间给天津大学电化学教研室师生所编写的“电化学生产工艺学”的讲义。正在大跃进中的中国电化学工业需要大量的技术熟练的电化学人才。作者希望这一平凡的劳动能有助于读者对电化学生产工艺学基础的了解。



尼·巴·费道吉耶夫

一九五九年三月于天津大学

目 录

譯者序	viii
作者序	x
緒論	1
第一章 湿法电冶金	5
§ 1. 基本理論	5
法拉第定律	5
分解电压	9
阳极过程	15
电压衡算	17
热量衡算	18
§ 2. 銅的电冶金学	19
电解銅的理論基础	20
精炼銅时的电能消耗	25
电解液的再生	27
电解过程的組織	28
銅合金的电解加工	32
从矿石中电解提取銅	33
§ 3. 鎳的电冶金学	36
电解鎳的理論基础	37
鎳的电解工艺过程	45
§ 4. 鋅的电冶金学	47
电解鋅的理論基础	48
电解鋅的工艺过程	55
强化的操作条件	63
鋅生产中副产物的加工	64
§ 5. 鉛的电冶金学	65
鉛的电解精炼	66
鉛的电解精炼工艺学	67
§ 6. 銀的电冶金学	69
精炼銀的工艺学	71

§ 7. 金的电冶金学	72
金的电解工艺学	74
§ 8. 某些其他金属的电冶金学	75
鉄	75
錳	75
錫	78
复习題	78
計算例題	80
参考书刊	85
第二章 电鍍术	87
§ 1. 电鍍沉积物的結構	89
§ 2. 在凹凸表面上沉积物分布的均匀性	92
§ 3. 金属腐蝕和各种复盖物的保护性能	98
§ 4. 預处理过程的概述	101
磨光	101
抛光	102
滾磨	103
电抛光	104
浸蝕	106
除油	110
酸洗	114
預处理的一般流程	114
§ 5. 电鍍	115
鍍銅	115
鍍鋅	121
鍍鎳	129
鍍鉻	135
鍍錫、鍍鉛、鍍錫	141
鍍銀、鍍金	143
鍍合金	145
阳极氧化	148
§ 6. 电鑄	148
§ 7. 电鍍車間的設備	152
复习題	156
計算例題	157
参考书刊	161

第三章 熔融电解质的电解	163
§ 1. 熔融电解质的性质	163
§ 2. 熔融电解质中的电位、分解电压和电动势	166
§ 3. 电流效率和金属在熔融盐中的溶解度	169
§ 4. 阳极的火花放电	173
§ 5. 钠的制备	175
电解 NaOH 的原理	175
电解工艺学	178
食盐的电解	180
其他的电解制钠法	187
安全措施	188
钠的用途	188
§ 6. 其他碱金属的制备	188
钾的制备	188
锂的制备	189
§ 7. 镁的制备	190
电解质的制备	193
电解工艺学	196
氧化镁的电解	201
电热法制镁	201
镁的精炼	202
镁的用途	204
§ 8. 其他碱土金属的制备	204
钙的制备	204
锶和铯的制备	207
铍的制备	207
§ 9. 铝的制备	209
氧化铝的制备	211
按拜耳法加工铁矾土	212
用碳酸钠-石灰石法处理铁矾土	213
电热法制氧化铝	215
$\text{Al}(\text{OH})_3$ 的煅烧	216
氟化物盐类的制备	216
电极和碳块	217
制铝电槽中的过程原理	218
分解电压	221
电解机理	223

电解工艺学、电解槽的构造·····	224
电解槽的开工和操作·····	228
铝的电解精炼·····	232
§ 10. 氟的制备·····	234
复习题·····	239
计算例题·····	239
参考书刊·····	243
第四章 非制取金属的水溶液电解·····	244
§ 1. 电解法制取氢和氧(电解水)·····	244
氢的制取·····	244
氧的制取·····	245
电解水·····	245
加压下电解水·····	258
重水的制取·····	261
§ 2. 过二硫酸化合物和过氧化氢的制备·····	261
§ 3. 氯和砷的电解制备·····	277
电解 NaCl 溶液的一般理论基础·····	278
电解 NaCl 溶液时的原料和主要材料·····	281
盐水的精制·····	282
阳极·····	283
阴极·····	285
隔膜·····	285
采用固体阴极的氯电解槽的构造·····	287
电解液流动的水平式电解槽·····	292
电解液流动的立式电解槽·····	294
用汞阴极电解 NaCl 溶液·····	297
汞阴极电解法的原理·····	297
用汞阴极的氯电解槽的构造·····	301
氯电解槽的热量衡算·····	306
氯化钾的电解·····	311
氯化钠电解产品的加工·····	311
§ 4. 氯的含氧化合物的电解制备·····	318
次氯酸钠的制备·····	318
氯酸盐的制备·····	319
高氯酸盐和高氯酸的制备·····	323
§ 5. 电解制取重金属的氧化物、氢氧化物和砷性化合物·····	325
氧化亚铜的制备 (Cu_2O)·····	325

铅白的制备·····	326
二氧化锰的制备·····	326
其他的氧化过程·····	328
§ 6. 还原过程·····	329
连二亚硫酸钠的制备·····	329
§ 7. 有机化合物的电解合成·····	329
电解氧化反应的举例·····	332
还原反应·····	333
复习题·····	333
计算例题·····	333
参考书刊·····	336
第五章 化学电源·····	337
§ 1. 原电池的一般电特性·····	339
§ 2. 根据热力学数据确定原电池的电动势·····	341
§ 3. 原电池中极化的产生及消除方法·····	343
§ 4. 原电池的自放电·····	345
§ 5. 第一类电池系统·····	346
§ 6. 干电池·····	355
§ 7. 新型原电池系统·····	359
§ 8. 蓄电池·····	362
铅蓄电池·····	362
铅蓄电池理论·····	363
铅蓄电池的一般性能·····	366
铅蓄电池的构造和工艺学·····	375
铅蓄电池的使用·····	384
硷性蓄电池·····	385
铁镍蓄电池·····	385
镉-镍蓄电池·····	389
硷性蓄电池工艺学·····	390
硷性蓄电池和铅蓄电池的性质评比·····	392
蓄电池生产方面的新方向·····	394
复习题·····	394
计算例题·····	395
参考书刊·····	399

緒 論

用电鑄的方法在各種凸版上制做复制品是电化学应用到工业上的第一个实验，这个实验是由俄罗斯科学院院士鮑里斯·謝苗諾維奇·亞柯比 (Б. С. Якоби) 在 1836 年研究出来的。这个方法曾用来制做各种艺术作品，并且在彼得堡的国家紙币发行局中用来做印刷版。

从那时候起，应用电化学在国民經济的各个部門中占据了巩固的地位。

在冶金工业中，电化学得到了广泛而多样化的应用。在有色冶金方面，無論是由矿石中提炼一些金属(銅、鋅、鎳以及其他)，或是精炼在炉中熔出的有色金属，都利用电解法。几乎所有开采出来的銅、大部分的鎳、鉛、貴金属都采用电解法精制。

还有值得特別重視的是电化学也用在制取輕金属上。現代的制鋁、制鎂工业，硷金属和硷土金属以及某些稀有金属的制取都建立在熔融盐电解的基础上。

与冶金极为接近的是应用很广泛的电鍍术，也就是把保护层鍍在各种金属制品的表面上。目前，最主要的过程是：鍍鎳、鍍鋅、鍍鋅、鍍銅，以及鍍貴金属等等。除此以外，也研究出沉积某些稀有金属及合金的方法。最初的复制艺术作品和工艺再制品的电化学工艺过程也属于电鍍术之列，这个过程称之为电鑄。

在許多化学产品的生产中，电化学起着很大的作用。例如，在近代工业中，只用电化学方法制造氯气及燒硷。用电化学的方法也可以制得許多的氧化剂(过硫酸盐、高氯盐酸等)，按这些生产本身的規模來說，它們属于大型生产。

原电池和蓄电池的生产是电化学工业的一个特殊部門，在这些电

池中,借助于电化学过程得到电能。

这些化学电源在现代技术中的作用是巨大而多种多样化的。所有的现代机械化运输工具都装有可靠的蓄电池组。各种测量仪器和信号装置都装有第一类电池。强大功率的蓄电池可以保证潜水艇在水中潜行。在发电站中,蓄电池可以保证在事故情况下的照明和仪表的工作。在负荷增加的时候,它可以做为一个缓冲装置来使用。从上所述,可以看到电化学生产的多样性,无论是从其产品的性质来看,或者是从其利用的原料来看,它们的差别都是很大的。各种电化学过程统一的特点是:它们的生产方法都是利用在直流电通过电槽时在电极上所进行的电化学反应。这一特点在研究工业电化学的发展历史以及评价电化学生产继续发展的前途时,都应考虑到。

电化学工业的发展与电气事业的发展是密切不可分的。在最初的电铸工业中亚柯比院士采用了原电池组做电源。对于供给绝大多数电化学过程来说,化学电源的电能是昂贵的。

在十九世纪七十年代,发电机出现之后,发展大型的电化学工业才成为可能。

苏联的电化学工业,在革命以前是很少的,并且掌握在外国资本家的手中。

在1917年,可以算做为电化学企业的一共只有三个精炼铜厂、三个蓄电池厂和两个氯气厂。在造币厂中曾设有电解精炼贵金属的装置。同时,电镀装置也不多,而制造原电池的手工业工场也很少。

电化学工厂的设计、施工、和操作,都是外国专家做的。

从苏维埃国家刚刚诞生那时起就开始的国家电气化以及工业的普遍而蓬勃的发展,促使了电化学工业广泛的发展起来。一些从前没有过的生产,大规模的組織起来了。强大的制铝、制镁工厂诞生了,制钠和某些其他金属的生产也建立了。精炼镍、铅、银以及其他金属的生产也搞好了。建设了几十个氯气工厂和氧化剂生产工厂以及制造氮和氧

的工厂。

在苏联的許多地方,已經大規模生产各种型式的化学电源。

在許多情况下,本国(苏联——譯者注)专家們創造提出的电化学企业中的过程和設備,比外国的要完善。

决定电化学是否可能发展的重要因素之一是电能的生产,它以非常高的速度在增加着。1913年俄国电能的生产是19亿千瓦小时,而到1956年,苏联生产出电能的数量已增加到100倍,即是1920亿千瓦小时。

可以举制鋁工业为例來說明个别設備的扩大。在瓦洛霍夫斯克制鋁厂中,最初的一些电槽,工作电流强度是23000安。現代的一些鋁电槽是100000安。

巨大的水电站、热电站、和原子能发电站的建設使得动力基础很迅速的增加,与此同时,电化学工业也将得到发展。

应当指出,現在,中华人民共和国的电化学工业已經具备了一系列的电化学生产。例如在撫順就有具有現代化装备的巨大的鋁厂在順利生产。有制取鋅和精炼铜的湿法电冶金装置。有电解食盐制造氯气及燒礆的工厂。在天津有电解食盐厂。也有鉛蓄电池的生产(酸性和硷性)。最后,还有一些用于各种仪器、机器、机床和日用品的防腐和裝飾性加工的电鍍装置。因此,电化学工艺学中五个部分的生产过程全部具备了。

中国电化学工业的发展,与其他国家一样,是与动力基础的发展相联系着的。这一点可以由下面的敘述中看出,在电化学工业产品的成本中,有很大一部分費用是用在电能上(例如,在精炼铜时电能消費占成本的30—40%左右,在过氧化氢的制造中是40—45%,在电解食盐中是25—30%)。

中国的动力基础迅速地增长着。电能的年产量在1949年解放时,一共只有43亿千瓦小时。而在人民政权下的八年中,到1957年,

年产量已增加到 193 亿千瓦小时。

在 1958 年,由于动力发展大跃进的结果,电能生产达到 275 亿千瓦小时。

从以上叙述的数字中可以清楚地看到,对于发展电化学工业来说,已具备了极为有利的条件。

第一章 湿法电冶金

在現代的湿法电冶金工业生产中,有两种不同的过程:

1. 由矿石中用电化学法提取金属;
2. 电解精炼用火法由矿石中熔炼出来的不純金属。

在第一种情况下,将矿石先用适当的方法进行預处理,用合适的溶剂进行萃取(普通用硫酸),在此以后,假如有必要的话,将这个溶液进行淨制,去掉其中杂质,再用不溶性阳极进行电解。这时,在阴极上,沉积出純的金属,而在溶液中,有酸游离出来,游离出来的酸重新用来处理新的矿石。

当电解精炼时,金属是在火法冶金炉中由矿石制取的。用这种不够純的金属澆鑄成极板,利用这种极板作为可溶性阳极。电解时,在阴极上沉积出純金属,而在阳极中所含有的杂质則积累在溶液里,或者呈不溶性粉末沉淀,沉积于电解槽底。

对于不同的金属,采用什么样的过程,是由金属的性质以及技术經濟条件来决定的。

可以举出这样的一些例子:对于銅,可以使用两种过程;在鋅的湿法电冶金中,只能采用电提取的方法;在镍的冶炼中,只能进行电解精炼。

在以后对这些金属电解的特点进行更詳細的研究时,所采用过程的差别将得到解釋。

§ 1. 基本理論

法拉第定律 根据法拉第定律,在电极上所析出的物质的量与通过的电量成比例。在工艺过程中,电量用安培小时来量度。等于 26.8