



叢書總主編：倪光南



智聯天下 移動通訊改變中國

Connect: Mobile Communication Changes China

邵素宏 含光
周聖君 / 著

開明書店

編委會

叢書總主編

倪光南 中國工程院院士，中國科學院計算技術研究所研究員

叢書副總主編

寧 濱 中國工程院院士，北京交通大學原校長

吳偉仁 中國工程院院士，國家國防科技工業局中國探月工程總設計師

徐宗本 中國科學院院士，西安交通大學原副校長

顧 翀 人民郵電出版社有限公司總經理

韓建民 杭州電子科技大學融媒體與主題出版研究院院長

編 委

武鎖寧 中國通信企業協會副會長，人民郵電報社原總編輯

陳 鍾 北京大學教授、博士生導師

馬殿富 北京航空航天大學教授、博士生導師

胡堅波 中國信息通信研究院總工程師

安 暉 中國電子信息產業發展研究院副總工程師

何寶宏 中國信息通信研究院雲計算與大數據研究所所長

陸 峰 中國電子信息產業發展研究院電子信息產業研究所副所長

序言

萬物智聯時代，貢獻「中國智慧」

科學技術是社會文明進步的原動力，是人類創造未來的金鑰匙。近幾十年來，以移動通信為代表的現代信息技術的發展突飛猛進，給我們的經濟結構、行為方式、思維範式和想像邊界都帶來了顛覆式改變。其中，移動通信發展的「中國模式」「中國速度」令全球矚目，讓世界驚歎。

1986年初，國家籌組中國移動通信網絡建設專家組，我有幸被選中，與李默芳、盧爾瑞等專家一起研究中國移動通信網絡技術體制和運作規程，制定中國移動通信網絡體制標準。1986年8月，我應聘到國際電信聯盟工作，從此離開了中國早期組建的移動通信專家團隊，也離開了那之後中國如火如荼展開移動通信建設的主戰場。在此後的歲月中，我一直關注着中國的移動通信建設。

截至2019年6月底，中國的移動電話用戶數已達15.9億戶，其中手機上網用戶數就達到13億戶。¹如今，中國的

¹ 除非明確指出，本書中涉及中國的數據，不包括港澳台地區。

移動電話用戶數、移動寬帶用戶數均位居世界第一，中國擁有全球最多的移動通信基站、規模最大的 4G 商用網絡和增長最快的移動互聯網應用市場。中國已經成為全球頭號移動通信大國、移動電商大國和移動支付大國。

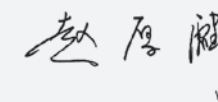
從 1G 空白、2G 跟隨，到 3G 突破、4G 同步，再到今日的 5G 局部領先，中國的移動通信行業從無到有，從小到大，從弱到強，經過 30 餘年的時間，成功地將移動通信從少數人享有的「稀缺資源」，變成惠及全球 1/5 人口的一流公共基礎設施，並且催生了數家在全球舉足輕重的一流企業，積累了大量的核心技術和知識產權，形成了先進完整的移動通信產業體系，培育了空前繁榮的移動互聯網產業生態。可以說，移動通信深刻地改變了中國，而中國也在積極地影響着世界，開始向世界貢獻「中國智慧」。

在我看來，中國在移動通信領域取得的巨大成就，源於對技術趨勢的準確把握，源於「政產學研用」的高效聯動，源於敢於擔當的不懈創新，更源於中國通信行業百年傳承的艱苦奮鬥精神。

2019 年，5G 已經在全球揭開商用大幕，萬物智聯時代正向我們昂揚走來，那是一個充滿無限可能的智能信息社會，人類將跨入嶄新的階段。我相信，發明創新是推動

移動通信技術繼續發展的核心要素，開放合作是引領全球信息通信服務水平不斷提高的主旋律。中國大有可為，中國大有作為！

是為序。



國際電信聯盟祕書長

前言

如果要列舉新中國成立 70 年來，中國在全球化競爭中核心技術實力提升最快、受益人群最廣、市場競爭力最強、全球知名度最高的行業，毫無疑問，通信行業，特別是移動通信行業必定榜上有名。這是中國走進大眾、走出國門、走向世界的高科技行業。

作為一名新聞工作者，我十分幸運，能夠連續 16 年身處移動通信發展最前沿，行走在移動通信創新第一線，見證並記錄中國移動通信行業發展的重大決策、關鍵事件、創新歷程、輝煌成就，以及給大眾信息生活、經濟社會發展帶來的深刻改變，給人類社會進步和發展帶來的巨大影響。十分感謝人民郵電出版社顧翀社長和張立科總編輯的精彩創意與學術出版中心王威總經理、韋毅編輯的精心組織，讓我有緣與資深行業專家含光、通信科普高手周聖君（小棗君）組成一個團結、友愛、有趣的寫作團隊，共同策劃創作這部為新中國成立 70 周年獻禮的專著。

伴隨着改革開放的春風，中國的移動通信行業至今已走過了 30 餘年波瀾壯闊的發展歷程。從豪華 1G、全民 2G、

坎坷 3G，到驚豔 4G、智能 5G，中國移動通信行業緊緊抓住每一次技術創新的機遇，攻堅克難，以市場帶動技術，以技術驅動產業，以創新促進發展，不僅實現了產業自身的華麗「蝶變」，從默默無聞的跟隨者迅速成長為全球移動通信領域的主導者，而且推動着國人視野、發展觀念、產業實力、大眾生活乃至整個社會運行方式的改變。可以說，中國移動通信行業為經濟社會發展做出了重大貢獻，發展成果惠及億萬百姓。

本書以當前社會熱點起筆，從大眾最關心的中興、華為事件逐漸展開，由 1G 到 5G，環環相扣，既有移動通信技術的科普知識，又有曲折跌宕的行業發展歷程，力圖通過一個個轉折性事件、一組組節點型故事、一群群代表性人物述說「變化」，分析「變化」，思考「變化」。

移動通信改變了中國什麼？是如何改變的？未來還將怎樣改變？這是本書寫作的主線。

從奢侈品到必需品，從追趕者到領先者，從模仿到被模仿……移動通信改變中國，歸根結底是創新改變中國，是堅持改變中國，是合作改變中國，是開放改變中國。這是本書想要傳遞的理念。

著書的過程中，筆者發現，中國的移動通信行業很有特點。

這是一個總是給人意外的行業。這個行業的發展數據幾乎很少有人預測準確過。在行業發展之初，當有機構預測 2000 年全國移動電話用戶數將達 80 萬戶時，幾乎所有人，包括業內專家，都覺得這是天方夜譚。而 2000 年底，中國的移動電話用戶數達到了 8453 萬戶。3G 時期對 TD-SCDMA 的預測，4G 時期的用戶發展預測，無不如此。這種出人意料的結果，其實不是偶然，而是必然。這源於廣大通信人的堅守，源於廣大用戶的支持，源於科學技術的進步，源於國家穩定的發展環境。

這是一個總是充滿焦慮的行業。在瞬息萬變的高科技領域，機遇稍縱即逝。1G 到 5G，這個行業從一窮二白到追隨、突破、同步、局部領先，總是唯恐錯失任何一個創新機遇，唯恐耽誤任何一次市場發展。現代高科技領域的追趕者時刻焦慮着，也時刻奮進着。

這是一個總是逆向前行的行業。地震、洪水、颱風、泥石流……當大多數人從災區緊急向外撤退的時候，通信人卻揹起行囊、扛起設備，義無反顧地奔向最危險的地方。因為，通信就是生命線，有信號就有希望。因為，他們心懷責任，他們心懷使命，他們心懷家國。

……………

其實，有關這個曾經受制於人的行業 30 餘年來的「逆襲」之路，值得書寫的精彩故事、值得銘記的先鋒人物、值得總結的成敗得失，實在太多太多。筆者僅以有限的見識、有限的視角，平實、客觀地評析一二。如有不當之處，還請大家撥冗指出。

在此，特別感謝工業和信息化部信息通信發展司司長聞庫、國家無線電監測中心主任張樞、中國移動辦公廳主任高頌革等業內專家的專業指點。感謝中國通信企業協會副會長、人民郵電報社原總編輯武鎖寧，以及人民郵電報社總編輯王保平對本書寫作的傾心指導，感謝人民郵電報社各位領導和同事給予的大力支持。感謝接受過筆者採訪的原信息產業部部長吳基傳、中國工程院院士鄔賀銓、中國移動原總工程師李默芳，以及筆者採訪過的、關心移動通信發展的 500 餘位行業內外、國內外人士。

技術可以引進，但能力無法引進，我們必須自強！特以本書向為中國移動通信行業發展做出不懈努力的人們致敬！

邵素宏

目 錄

第一章 鋒從磨礪出

- 1.1 逆境初現，坦然應對 / 3
- 1.2 移動通信戰略高地上的中國聲音 / 9
- 尾聲 / 12

第二章 豪華 1G，改變視野

- 2.1 美妙的無線電波 / 15
- 2.2 一切從零開始 / 24
- 2.3 鈴聲一響，黃金萬兩 / 28
- 2.4 無奈與妥協 / 36
- 尾聲 / 40

第三章 全民 2G，改變觀念

- 3.1 移動通信不是配角，是主角 / 45
- 3.2 選 GSM 還是 CDMA？ / 48
- 3.3 改革！分家！打破壟斷！ / 57
- 3.4 「巨大中華」嶄露頭角 / 73
- 3.5 紅籌第一股，央企改革樣板 / 77
- 3.6 提振經濟，普惠大眾 / 86
- 尾聲 / 93

第四章 坎坷 3G，改變產業

- 4.1 提交自己的標準，迫在眉睫 / 97
- 4.2 夢想起航 / 101

- 4.3 誰來牽頭？ / 109
- 4.4 難題一個接着一個 / 116
- 4.5 移動互聯網時代揭幕 / 131
- 4.6 砸下幾千億元值不值？ / 133
- 4.7 「獨角戲」沒有未來 / 137
- 尾聲 / 139

第五章 驚豔 4G，改變生活

- 5.1 4G 上演「三國演義」 / 143
- 5.2 標準背後的博弈 / 149
- 5.3 前所未有的速度 / 163
- 5.4 建成全球最大的 4G 網絡 / 171
- 5.5 移動互聯網，一起狂歡 / 182
- 5.6 這是產業鏈，這是創新鏈 / 197
- 5.7 走向世界，影響全球 / 209
- 5.8 闖出科技創新路 / 216
- 尾聲 / 220

第六章 智能 5G，改變社會

- 6.1 5G，你好 / 225
- 6.2 5G NR 關鍵技術 / 233
- 6.3 5G 網絡架構的改進 / 246
- 6.4 5G+XR，沉浸式體驗震撼來襲 / 251
- 6.5 5G+ 車聯網，發軔之始 / 257
- 6.6 5G+ 無人機，凌空展翼 / 261
- 6.7 5G+ 工業互聯網，讓製造「智能」起來 / 267
- 尾聲 / 271

第七章 中國 5G，改變未來

- 7.1 5G，開啟第四次工業革命的鑰匙 / 275
- 7.2 中國 5G 的優勢究竟在哪兒？ / 283
- 7.3 中國 5G 時代提前開啟 / 298
- 尾聲 / 321

附錄 專家觀點

- 移動通信行業是新中國科技創新的典範
(採訪中國工程院院士、中國互聯網協會理事長
鄔賀銓) / 324
- 移動通信發展彰顯大國自信
(採訪中國工程院院士倪光南) / 333

結語 / 337

第一章

鋒從磨礪出

引子

制裁、封鎖、圍攻……從中興到華為，啟動國家機器打壓一家企業，這樣的情況在移動通信領域極為罕見，令人難以置信，但卻實實在在地發生了。

這背後是「科技冷戰」，是信息霸權，亦是某些力量對中國力量在移動通信這一高科技領域崛起的恐慌！

面對黎明前的黑暗，是焦慮狂躁，無所適從，就此低頭放棄，還是砥礪奮進，從容前行，奔着曙光而去？執着的中國通信企業用實際行動交出了自己的答卷。

這背後是戰略佈局，是勇於擔當，亦是中國精神數十年來在移動通信領域的代代傳承！

1.1 逆境初現，坦然應對

北京時間 2018 年 4 月 16 日夜，美國商務部宣佈，因中國通信設備製造商中興通訊股份有限公司（簡稱中興）違反美國政府的「制裁禁令」，禁止美國公司向其出售零部件、軟件和提供服務，期限為 7 年。此外，對中興處以 3 億美元的罰款。這部分罰款可暫緩支付，主要視中興未來 7 年執行協議的情況而定。

這無異於重磅貿易炸彈，中興 A 股、H 股被迫雙雙停牌，進入「休克」狀態。來自美國的零部件佔中興製造原材料的 10%~15%，這些零部件大多由美國壟斷，短時間內難以找到替代，如果「禁令」實施 7 年，中興將遭受災難性的打擊。

中興是什麼企業？美國政府為何要對這家企業採取這般「禁令」？

中興成立於 1985 年，是全球第四大通信設備製造商，也是中國內地最大的通信設備上市公司，年營收規模、總市值雙雙超 1000 億元。中興位居「全球創新企業 70 強」與「全球 ICT 企業 50 強」之列，全球專利申請超過 7.3 萬件、已授權專利超過 3.5 萬件，其 PCT（Patent Cooperation Treaty，專利合作條約）國際專利申請量三度居全球首位，並連續 9 年進入全球前五。

值得關注的是，中興在全球 5G 領域的影響力舉足輕重。

按照美國政府的說法，此次對中興採取的「制裁禁令」緣於兩年前的一樁舊案。

2016 年 3 月 8 日，美國商務部指控中興涉嫌違反美國對伊朗的出口管制政策，禁止美國公司向中興出售零部件、軟件和提供服務。次年 3 月，中興與美國商務部達成和解。根據協議，中興要向美國政府支付 11.92 億美元的罰款，其中 3 億美元緩期執行，如果中興在協議簽署之後 7 年內未違反協議內容，該筆罰款將被豁免。

上次舊案不再細表，這次美國政府又是什麼理由？就一條：中興此前承諾解僱 4 名高級僱員，並通過減少獎金等方式處罰 35 名員工，但最終只解僱了 4 名高級僱員，並未處罰其餘的 35 名員工。

如此牽強的理由，匪夷所思。

這絕不是什麼違反協議的單純制裁，這是美國遏制中國高科技產業崛起的「定點」打擊。2018 年 4 月初，美國貿易代表辦公室發佈了加徵關稅的商品清單，要對從中國進口的價值約 500 億美元的商品加徵高額關稅，該清單就涉及新一代信息技術領域的商品。

在中國政府的積極斡旋下，美國商務部長羅斯宣佈與中

興達成新的和解協議，美國將執行新的 10 年暫緩令。就連羅斯自己都承認，這是美國商務部史上罰款規模最大、處罰最嚴厲的出口管制案。

此次事件，中興付出了巨大的代價，中國在核心芯片領域的軟肋也暴露無遺。然而，有識之士早已看出：在產業高度分工、產業鏈全球化的背景下，美國制裁中興，就因為它是中國高科技領域掌握核心技術的標杆企業，因為它是全球「5G 先鋒」。

很快，華為技術有限公司（簡稱華為）的遭遇就印證了這一判斷。

2018 年 12 月 1 日，中國公民、華為首席財務官，華為創始人任正非的女兒孟晚舟在加拿大溫哥華轉機時，被加拿大以應美方要求為由扣押。加拿大司法部發言人麥克萊德說，美國正在尋求對孟晚舟的引渡。

5 天後，事件一經曝出，引發巨大關注，全球譁然。受該事件的影響，5G 概念股集體低開，上證指數、深證成指、香港恆生指數皆成跌勢，華為核心供貨商的市值蒸發數百億元。

中國駐加使館和中國外交部嚴正表態，對這一嚴重侵犯人權的行為表示堅決反對並強烈抗議。12 月 8 日，中國外交部副部長樂玉成緊急召見加拿大駐華大使麥家廉，就此事提

出嚴正交涉和強烈抗議。12月11日，中國外交部長王毅發表演講時表示，對於任何肆意侵害中國公民正當權益的霸凌行徑，中方絕不會坐視不管，將全力維護中國公民的合法權利，還世間一份公道和正義。同日，加拿大法院批准了孟晚舟的保釋申請。

超出眾人預料的是其後美國對華為採取的行動。一方面，美國政府以安全為由，屢屢游說西方盟友抵制華為5G設備，然而應者寥寥，因為華為5G設備卓越的技術優勢和成本優勢令國際運營商難以拒絕。另一方面，美國政府再次憑藉其在高科技領域的「霸主」地位，對華為實施「禁運」。

當地時間2019年5月15日，美國總統特朗普簽署行政命令，宣佈美國進入緊急狀態，在此狀態下，美國企業不得使用對國家安全構成風險的企業所生產的通信設備。隨後，美國商務部發表聲明，將華為及其70個關聯企業列入美方「實體清單」，禁止華為在未經美國政府批准的情況下從美國企業獲得零部件和相關技術。

這與此前美國對中興揮舞大棒如出一轍。英特爾、高通、ARM、谷歌等華為的核心供應鏈企業皆受「禁令」影響，華為面臨供應鏈全面斷貨的巨大危機。

美國的一紙「禁令」，實乃「傷敵一千，自損八百」之舉。

據市場研究機構Gartner的報告，華為2018年僅半導體的採購支出就達211億美元，是全球僅次於三星和蘋果的第三大芯片買家，而這些芯片大多產自美國。這一舉措給美國的企業也帶來了極大的打擊。在多方因素的影響下，美國意圖對華為實施的「降維打擊」突然暫停。5月20日，美國決定將對華為的「禁令」延遲90天實施，理由是華為及其商業夥伴需要時間升級軟件以及處理一些合同義務的問題。

美國為何不惜動用國家機器，如此針對華為這家中國企業？確切地說，因為恐慌。

恐慌來自華為的成長速度。華為成立於1987年，短短30餘年就發展成為全球排名第一的通信設備製造商。華為高度重視標準與專利，專利數以平均每天申請6件的速度增長，而且質量較高，超過85%為發明專利。根據世界知識產權組織的數據，2018年華為就向該機構提交了5405件專利申請，在全球所有企業中排名第一。

更讓美國恐慌的是，華為在5G領域擁有獨一無二的優勢，是目前全球能夠提供端到端5G商用解決方案的兩家通信企業之一。目前，華為共向3GPP（3rd Generation Partnership Project，第3代合作夥伴計劃）提交5G標準提案18000多篇，向ETSI（European Telecommunications Standards