

# 智慧型手機十年盛世

對全球的影響及邁向循環生產



GREENPEACE

---

# 目錄

I. 簡介.....	01
II. 智慧型手機十年發展對全球的影響.....	02
III. 對環境的衝擊.....	03
IV. 過時的失敗模式所付出的成本.....	06
V. 新的模式—循環生產.....	08
VI. 智慧型手機製造商的進展.....	09
VII. 何謂有意義的創新? .....	10
VIII. 結論：第二個十年的挑戰.....	10
附錄A.....	12
附錄B.....	12
參考文獻.....	13

作者：  
Elizabeth Jardim

編輯：  
Maria Elena De Matteo

更多資訊：  
[www.greenpeace.org/taiwan](http://www.greenpeace.org/taiwan)

2017年2月出版

綠色和平東亞分部 臺北辦公室

10045 臺灣臺北市中正區重慶南路一段109號



本報告使用100%再生紙印製

## 簡介

智慧型手機無疑地在極短的時間內，改變了我們的生活和世界。10年前，我們仍使用相機來拍照，利用紙本地圖來規劃路線、透過簡訊來保持聯絡。

以軟體驅動的智慧型手機，不再受限於固定的一組按鈕和按鍵，突然具備完全不同的功能，甚至不需對硬體做出任何變更即可切換不同語言。而原本用來收發電子郵件、聽音樂和攝影的各種獨立裝置，現在可以整合在一個行動裝置平台裡。隨著許多國家的無線資料傳輸提升為寬頻的速度，我們可以在旅途中完成工作、探索不熟悉的路線一秒上手，並隨時隨地與親朋好友保持聯繫。

在2007年，幾乎無人擁有智慧型手機。在2017年，智慧型手機簡直無所不在。全球18到35歲的人口中，每3個人中幾乎就有2個人擁有智慧型手機。<sup>1</sup> 在僅僅10年間，就有超過**70億支智慧型手機**誕生。

隨著智慧型手機在全世界漸趨普及，其快速的大量生產為整個科技業帶來前所未有的獲利，但同時對地球和其生產國家造成的影響也日益擴大。儘管手機本身在功能上取得重大創新，產品的設計和供應鏈的決策仍苦於相同的問題：充滿缺陷的線性製造模式，和IT產業多年來揮之不去的短視近利思維：

- 偏遠地區的礦工冒著生命危險，來開採這些裝置所需的珍貴金屬，而這經常助長了剛果民主共和國等國家的武裝衝突，並使得土地遭到破壞。
- 電子工廠的工人在不知情的狀況下接觸到危及健康的有害化學物質。
- 隨著手機裝置日趨精細、複雜，製造每支手機所需耗用的能源也會增加，<sup>2</sup> 因此，在中國和亞洲其他地區，對於燃煤及其他髒污能源的需求也隨之增加。
- 無效率的產品回收和材料重複使用機制，更進一步地助長了電子廢棄物 (e-waste stream) 的快速累積。

而費盡如此大的心力所製造出來的手機，在美國一般消費者中，平均只使用了兩年多的時間。<sup>3</sup>

可悲的是，即使消費者願意修復或升級手機，智慧型手機所衍生的問題仍無法解決。大多數的智慧型手機製造商在設計產品時，越來越傾向於讓使用者無法更換電池或擴充更多的記憶體。一旦手機面臨損壞、需要新的電池，或儲存容量不夠等狀況而無法使用，那麼一開始為了製造手機時所投入的資源、能源和人力也就此浪費。這樣的設計大幅地縮短了產品的使用壽命，並驅使市場提高對於新產品的需求和最大獲利。

我們正在提倡新的商業模式，籲求智慧型手機製造商慎重考量推出的熱門產品如何不破壞地球環境，以及讓消費者降低在上個十年中不斷提高的汰換手機的意願。製造商在衡量產品創新程度時，不應以縮小幾毫米或增加多少百萬畫素為標準，而是應追求設計出更加耐用，且容易維修和升級的裝置，並使用能夠安全地一再重複利用的元件和材料，來製造新的手機。

在短短10年間，智慧型手機改變了世界，也為整個產業創造龐大的利潤。但我們的環境承受不起第二個沿用相同的模式的10年。現在，改正這種商業模式的時候到了。在下一個10年，智慧型手機的製造商會不會承接這項挑戰，真正採取前瞻性的思維，為所有產業樹立榜樣？



## 智慧型手機十年發展對全球的影響

### 自2007起，已製造超過70億支智慧型手機

從蘋果(Apple)公司推出第一支手機iPhone開始，智慧型手機的銷售量即逐年飆升。在2007年，全球約售出1.2億支智慧型手機。這個數字在2016年攀升至超過14億。<sup>4</sup> 在2015年，全世界約有25%的人口擁有智慧型手機，而2020年預計將增加為37%。<sup>5</sup> 全球18到35歲人口擁有智慧型手機的比例已經達到62%，而在美國、德國和南韓等國家，比例則高達90%。<sup>6</sup>

雖然智慧型手機銷售量增加的原因，有一部分來自初次購機者，但估計有78%是來自於現有的智慧型手機使用者更換手機。<sup>8</sup> 在美國，更換手機的平均週期只有2年多(26個月)。即使大部分智慧型手機可正常運作的時間遠超過如此，仍約有三分之二的美國消費者經不起誘惑，只為追求最新產品而提早汰換手機。<sup>9</sup> 某些手機甚至搭配新的資費方案「免費」贈送，讓消費者更加不願意付出心力和金錢來維修手機。

事實上，製造商和電信服務商目前的商業模式，就是靠著消費者頻繁更換新機來運作。此種模式並未考慮到所有裝置從生產到棄置所造成的長遠影響，自2007年以來，全球已製造出超過70億支手機。<sup>10</sup>



產量單位(百萬)

年度統計數字來源為Gartner和IDC。<sup>7</sup>

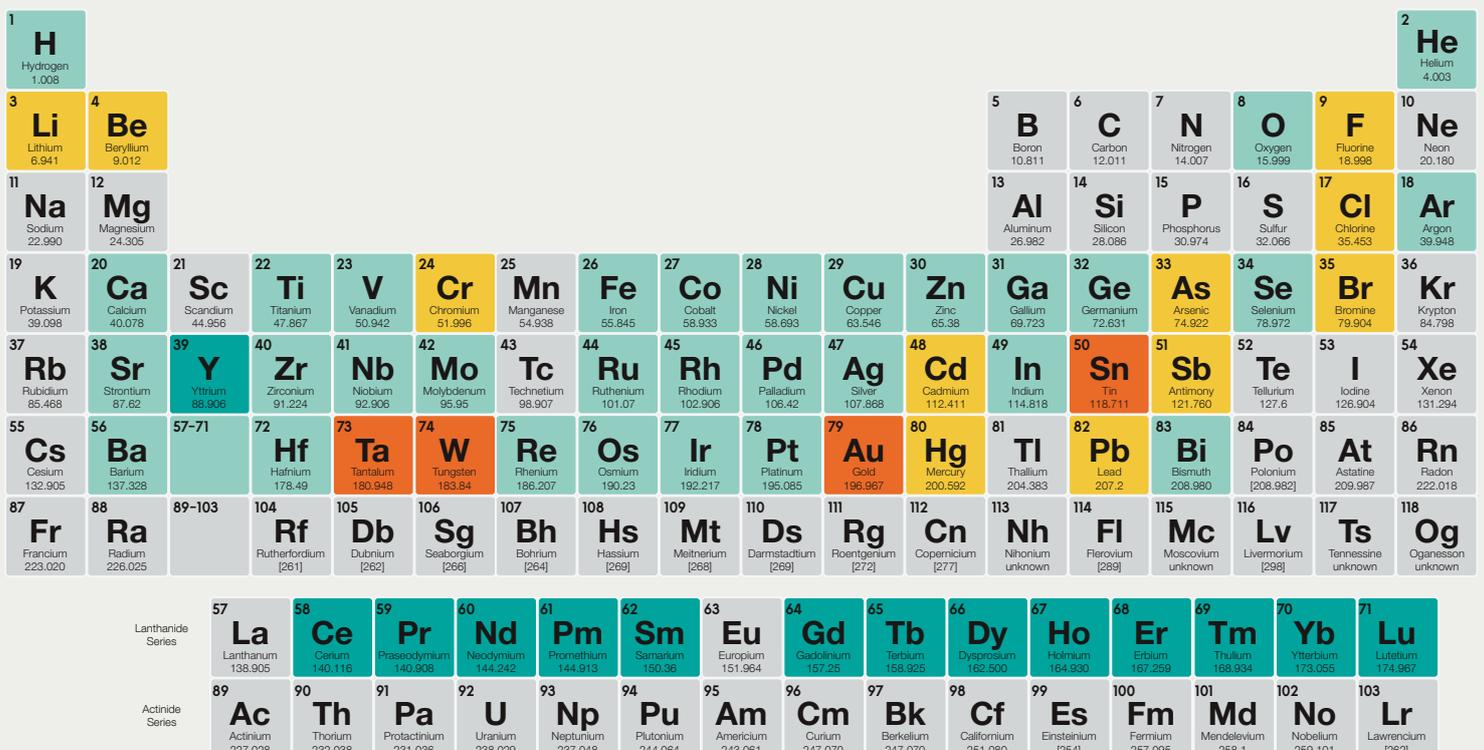
# 對環境的衝擊

智慧型手機的供應鏈龐大而複雜。一般而言，手機主要是由包括稀土元素的金屬、玻璃和塑料組合而成。

在用來製造手機等高階電子產品的 60 多種元素中，鋁、鈷和金只是其中的幾種，而這三種元素通常取自全球各地的礦場，有時候則是取自回收的材料。塑料是從原油裂解的衍生物，雖然有些較大型的電子裝置採用了部分消費後回收再生塑膠(註)，這仍是智慧型手機產業中較為新穎但尚未普遍的做法。記憶體晶片、CPU 和繪圖晶片等積體電路是智慧型手機的重要元件，而積體電路是由矽晶圓製成，矽晶圓的製程需耗用大量的能源和水。<sup>11</sup>

註：消費後回收再生塑膠(post-consumer recycled plastic)是指由廢棄的工業及民生消費產品中回收的塑膠材料，經過再生處理後做為二次原物料繼續用於工業生產，製造新產品。

智慧型手機週期表的說明：智慧型手機包含十多種材料，例如稀土元素和衝突礦物(判定用來資助剛果民主共和國或鄰近國家武裝衝突的礦物)。<sup>12</sup>



**KEY:**

- 關注物質 (Yellow circle)
- 衝突礦物 (Orange circle)
- 稀土元素 (Teal circle)
- 常用於先進的電子產品 (Light teal circle)

# 自2007年以來的智慧型手機 材料環境足跡

材料	常見用途	每支智慧型手機的含量 (g)	自2007年起製造出的所有智慧型手機中的總含量 (t)
鋁	Al 外殼	22.18	157,478
銅	Cu 電路佈線	15.12	107,352
塑料	- 外殼	9.53	67,663
鈷	Co 電池	5.38	38,198
鎢	W 振動元件	0.44	3,124
銀	Ag 焊接、印刷電路板 (PCB)	0.31	2,201
金	Au PCB	0.03	213
釹	Nd 喇叭磁鐵	0.05	355
錫	In 顯示器	0.01	71
鈀	Pd PCB	0.01	71
鎵	Ga LED 背光	0.0004	3

此表格僅列出了基本的材料，因此，並未顯示 PVC 和阻燃劑等化合物。此處選擇性地列出了一些智慧型手機中最常使用的材料。計算結果是根據德國研究機構 Oeko-Institut 對一般手機的統計數字來計算 (依質量)。<sup>13</sup> 實際的含量會隨機型和時間而有不同。PCB 是印刷電路板的縮寫。

雖然一支手機中每種元素的含量看起來很少，而且某些元素經常為次要材料(例如銅)，但為了70億支手機(此數字還在增加)中這些貴金屬，採礦與加工則對環境產生了極大的綜合影響。開採愈來愈多的原生材料，不僅破壞地球環境，也可能將重要的材料耗盡，舉例來說，按照目前的開採速度，錫只剩下14年的供應量。<sup>14</sup>

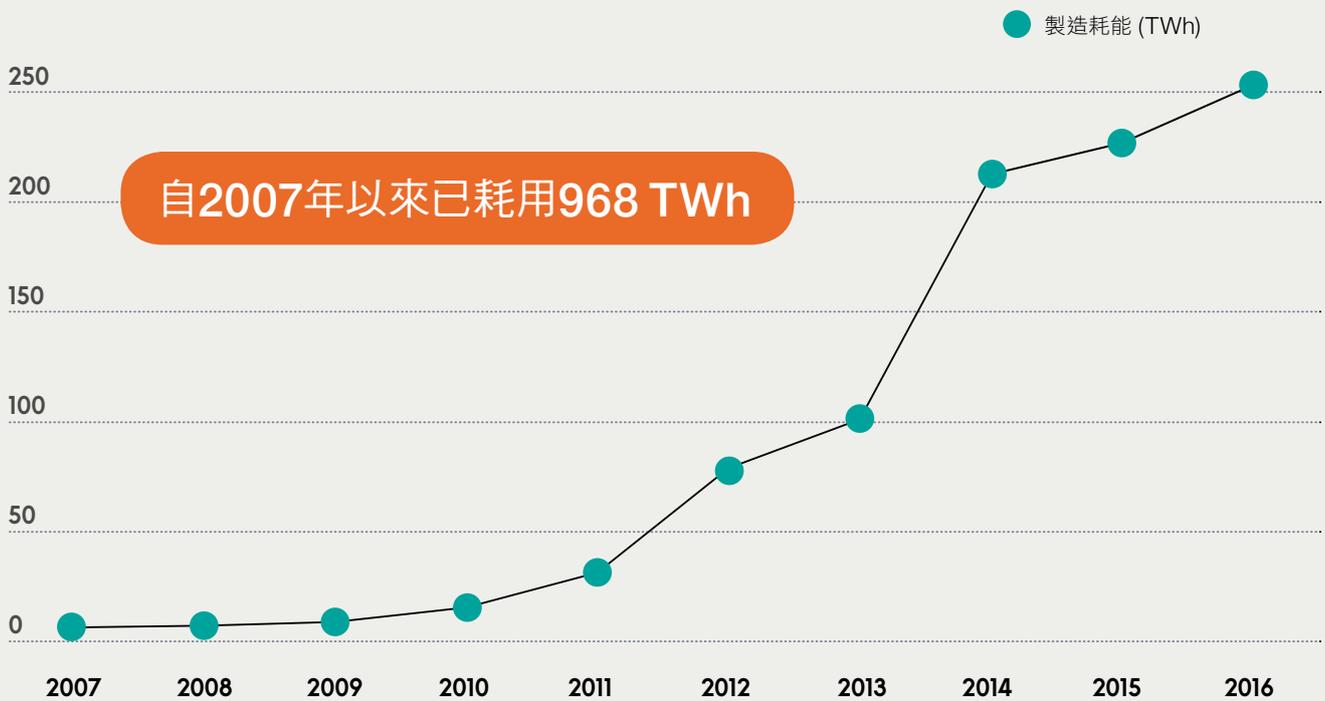
儘管有前述這些問題存在，大多用來製造智慧型手機的材料，在產品使用壽命終結時並未回收提取。在2014年，全球的電子廢棄物估計只有不到16%透過正規管道回收，剩下的大多進入了垃圾掩埋場或焚化爐，或出口<sup>15</sup>到有危險私有拆解處理場的地區，而這些處理場則威脅當地居民的健康。<sup>16</sup>

即使是交由正規的回收商來處理電子廢棄物，智慧型手機的複雜設計，也為安全、高效率的回收帶來了一大挑戰。智慧型手機的設計讓手機的拆解變得困難，例如使用特製螺絲和緊密黏合的電池；因此，智慧型手機經常是先切碎後再送去熔煉。由於小型電子裝置中仍包含少量其他材料和物質，且種類非常多元，熔煉並無法成功或有效地回收大部分材料，在過程中也會消耗掉塑料。

## Galaxy Note 7— 430萬個錯失的回收機會？

三星Galaxy Note 7的召回，應可成為所有智慧型手機製造商的警揚案例——倉促將設計未成熟的產品推出市場，可能會造成危險而成本高昂的錯誤。為了回應超過90個呈報Note 7過熱或著火的案例，<sup>17</sup>三星宣布全球召回。在經過調查後，三星承認因電池設計瑕疵而導致起火，且該公司為了加速生產以超越競爭對手才匆促推出新產品。<sup>18</sup>儘管犯下了損失達53億美元的大錯，三星現在擁有獨特的機會來拯救聲譽，減少該公司對地球環境造成的影響。在移除具有缺陷的電池後，三星有機會重複使用這430萬支手機，並採用循環生產模式。但截至2017年2月份為止，三星尚未透露該公司處理召回裝置的計畫，請和綠色和平組織一起呼籲三星公司翻新和回收430萬支的Note 7手機。

## 自2007年以來的智慧型手機能源足跡

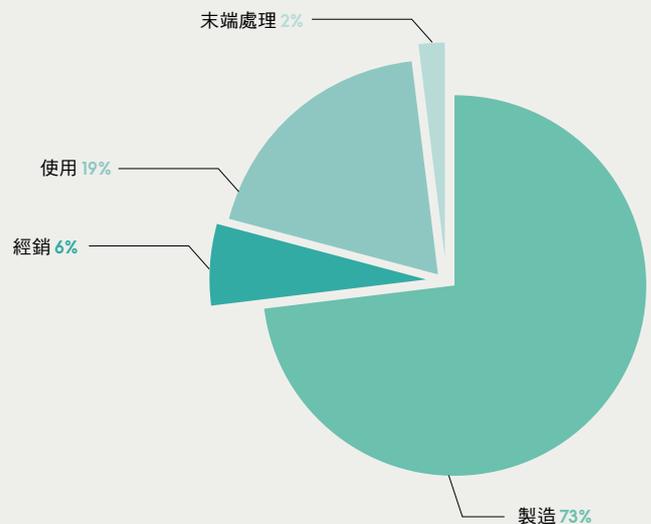


為了估計智慧型手機生產過程的耗電量，本圖表中的資料採用Apple iPhone (iPhone 3g - iPhone 5s)所呈報的產品層級資料，<sup>19</sup>且使用 2007至2013年最高的記憶體配置，2014至2016年的生命週期分析估計則採用Sony Z5。在將Co2e資料轉換為kwh時，使用了全球發電的標準碳排放密度值528gCo2E/kwh。

電子產品的製造對能源高度需求，隨著電子裝置的產量和精密程度持續提升，其能源足跡也大幅增加。從各種生命週期的分析發現，目前製造設備是智慧型手機碳排放最密集的階段，佔了整體CO2排放量的近四分之三。<sup>20</sup>自2007年起，已經約有968 TWh 的電力用於製造智慧型手機，這幾乎等於印度一年的用電量，印度在2014年的用電量為973 TWh。<sup>21</sup>

這些年來，智慧型手機的裝置本身變得越來越節能，有助於大幅減少使用階段的溫室氣體(GHG)排放量。儘管有這些進展，製造階段仍極為依賴化石燃料的使用。

絕大多數的智慧型手機生產，不論是元件的製造還是組裝，都是在亞洲進行。僅是中國就佔了全球電子產品出口的44%。<sup>22</sup>在中國，用來供電給製造廠的能源組合，來自於主要為燃煤發電的電網，<sup>23</sup>這是造成電子裝置高碳足跡的關鍵因素，也進而助長了全球暖化。



Carbon Emissions by Phase from A Circular Economy for Smart Devices, 2015.

## 過時的失敗模式所付出的成本

大多數電子產品目前的生產與消費模式，在本質上是無法永續發展的；此種模式依賴有限的材料、使用大量的化學製程及骯髒能源來擷取和加工材料，製造出生命週期極短、遲早會遭到淘汰的產品。從經濟的角度來看，此種模式也不太具有效益。

消費者的心態正在轉變。雖然智慧型手機的銷售量每年持續增長，現有的智慧型手機使用者，對新一代機型相較於前代只增加幾項新功能，則是越來越無法留下深刻的印象。大多數的使用者對「功能足以」配合其溝通需求的智慧型手機感到滿意，並希望手機能夠持續使用更長久的時間，不必每隔一到兩年就換機。綠色和平東亞分部在2016年所做的一份全球各地消費者使用手機習慣調查顯示，有一半以上的受訪者認為，智慧型手機的製造商每年推出了過多的新機型。此外，有超過80%的受訪者認為，新手機要易於維修且持久耐用，這點極為重要。<sup>24</sup>

在2014年，估計約產生了4200萬噸的電子廢棄物，其中竟包含價值估計高達188億美元的材料。單是手機等小型IT裝置，就產生了300萬噸的廢棄物。在2017年，全球電子廢棄物預計將增加4800萬噸以上。<sup>25</sup> 如果以每輛車的平均重量為2噸來計算，約等同於2400萬輛汽車的重量。這代表龐大的資源遭到浪費，且安全收集和處理廢棄物成為一大挑戰。在亞洲，自2012年起，估計電子廢棄物已經增加63%，速度大幅超過人口成長率，也超出了該地區以安全的方式處理這些廢棄物的能力。<sup>26</sup>

加拿大英屬哥倫比亞大學的研究人員已經找到了方法，從某些電子廢棄物中回收銅和一些稀土元素，而這種方法的成本和品質與開採礦物相當。<sup>27</sup> 全球各地有超過700項的計畫，試圖從電子產品中回收貴重的金屬，這項計畫只是其中之一。<sup>28</sup>

### 人力成本

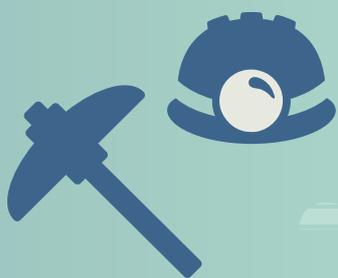
除了生產智慧型手機時所耗費的龐大材料與能源之外，當前商業模式中的供應鏈，也對勞工產生重大的影響。根據報導，在剛果的小型鈷礦場中，深入地下開挖的礦工未攜帶地圖或穿戴安全設備，而承受著窒息或被困的風險。<sup>29</sup> 在南韓，有超過200名工廠工人指控，自己所罹患危及生命的疾病，包括癌症，是因為在半導體工廠工作時接觸到有害化學物質所致。<sup>30</sup> 即使在發展最先進的國家，要鑑定自己有因職業導致疾病，也是一項費力的過程。雪上加霜的是，有許多礦工無法獲得基本的醫療保健服務，而許多的工廠工人可能已經換到了其他的工廠工作，才有發病的跡象，這使得電子產品製造過程對工人健康造成的直接傷害難以量化證明。

此外，在製造過程使用骯髒能源，會導致氣候變遷，且對人類的健康和社會造成負面影響，受害者可不僅是電子產品供應鏈中的工人。

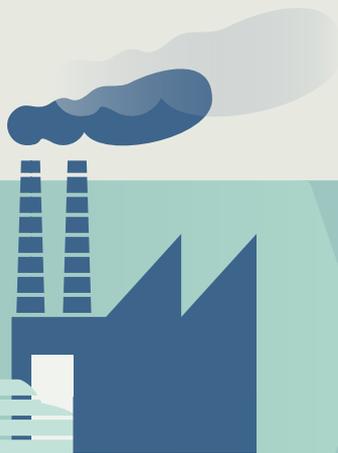
右圖：簡化的電子產品供應鏈顯示出目前線性生產模式。

## 智慧型手機供應鏈

原生礦材



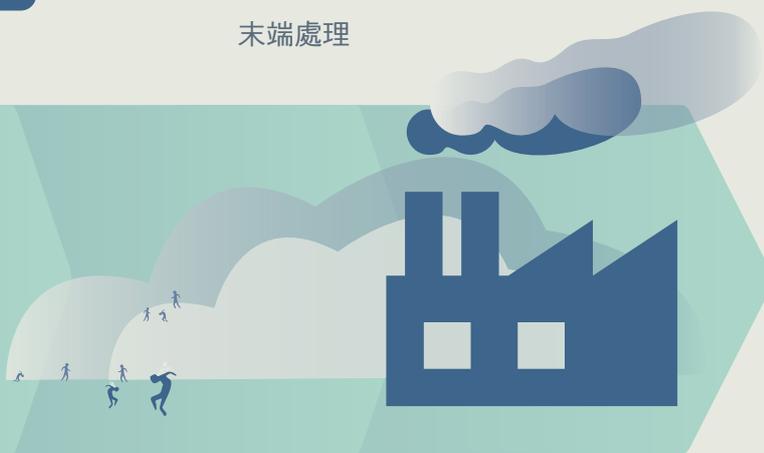
冶煉廠



零組件製造商



末端處理



組裝製造商



消費者



焚化爐、垃圾掩埋場或危險拆解場

## 新的模式—循環生產

若要針對減少因為開採原物料的開採和製造智慧型手機的製造，減少所造成的資源與能源衝擊，最顯而易見的方法就是盡可能拉長使用的時間、重複使用元件和零件，然後將剩餘的材料再做成二次原物料，用來製造新的產品。

有許多因素會決定裝置和其中所包含的材料，是否能使用得更長久，但最根本的還是產品的設計。智慧型手機必須設計為可升級，這代表硬體必須可以升級，軟體的更新則必須延長而非

縮短裝置的使用壽命。延長產品使用壽命的設計方向包括 1) 材料的選擇，亦即塑料或金屬為非原生且適合乾淨回收 2) 可檢修的組件，如此一來裝置就能容易地維修和進行後續拆解。3) 提供軟體更新、維修手冊和備用零件。例如，公平貿易手機 (Fairphone) 提供顧客更換和升級的螢幕或電池等零組件，而不需更換整個裝置。<sup>31</sup>

		為什麼需要改變	行動步驟
減少材料	循環生產	當前的線性生產模式，需要投入大量的原生材料，而這些材料的擷取會傷害環境、耗盡有限的資源，危及工人和居民。	品牌業者可以回收更多的材料，並重複使用或翻新仍可運作的元件，以減少對原生材料的需求。
		裝置中的有害物質延續了毒害的週期，創造出大量的有害廢棄物，不但會危及回收處理人員，也會讓閉環生產模式的落實變得極為困難。	品牌業者需要在設計階段逐步淘汰有害的物質，讓產品報廢時能夠獲得安全、有效的處理，進而實現閉環式生產週期。
	延長產品的生命週	智慧型手機短暫的生命週期，加劇了這些裝置對地球有限資源的耗用。	品牌業者所設計的手機應易於維修，並包含能夠替換的標準零組件，如此一來就不需更換整個裝置。軟體更新應要延長，或至少不要終止舊款產品的生命週期。
減少使用骯髒能源	使用再生能源	智慧型手機為高度能源密集，而且依賴燃煤等非再生能源的國家所生產。	品牌業者應設立目標，在製造過程使用可再生能源，並引領供應商和當地的公用事業轉用再生能源。

## 智慧型手機製造商的進展

品牌	循環生產		延長產品生命週期	減少溫室氣體 (GHG)
	優先淘汰5類化學物質 (1)	使用回收或翻新的材料或元件 (2)	易於更換的電池 (3)	要求供應商呈報溫室氣體 (GHG) 排放 (4)
Acer (宏碁)	●	✗	未評分	✓
Apple (蘋果)	✓	●	✗ (iPhone 7)	✓
Asus (華碩)	✗	✗	✗ (Zen 3)	✗
Fairphone (公平貿易手機)	●	✗	✓ (Fairphone 2)	✓
Google	✗	✗	✗ (Pixel XL)	✓
Huawei (華為)	●	✗	✗ (P9)	✗
Lenovo (聯想)	●	●	✗ (Moto Z)	✓
LGE (LG 電子)	✓	●	✓ (LG G5)	✓
Oppo	✗	✗	✗ (R9m)	✗
Samsung (三星)	✓	6%	✗ (Galaxy S7)	✓
Sony Mobile (索尼)	✓	●	✗ (Xperia Z5)	✓
Vivo	✗	✗	✗ (X7/X7 Plus)	✗
Xiaomi (小米)	✗	✗	✗ (ReMi Note3)	✗

(1) 淘汰產品中的化學物質，將使回收更簡單和安全。評估需從智慧型手機和其配件中優先淘汰的5類化學物質：1) PVC、2) 溴化阻燃劑 (BFR)、3) 鉍及其化合物 (Be)、4) 鎘及其化合物 (Sb)、5) 鄰苯二甲酸酯。

(2) 評估在手機中使用回收或翻新材料，以及品牌對於使用回收材料百分比的公開資訊；此處未針對包材中的回收材料作評估 (包括紙張)。

(3) 電池更換的容易程度，是由 iFixit 根據其拆卸容易度來評估。電池可更換代表能夠延長產品的使用壽命。

(4) 評估各公司所公開其產品生產相關所排放溫室氣體的報告 (範圍1,2和3)。報告可以經由公司官方網站，或透過第三方 (如CDP) 發布。

關於評分的詳細資訊請見附錄B

## 何謂有意義的創新？

消費者越來越關心自己購買的產品，對社會和環境會帶來什麼樣的影響。消費者想要可靠、持久耐用的永續產品。智慧型手機的製造商，最終將需要採用緩慢、乾淨的閉環式生產模式，並使用再生能源製造產品。

### 封閉循環：回收材料

可讓裝置製造商持續確保可靠的二次原物料，例如貴金屬和稀土元素，以繼續服務新顧客和現有的顧客。公司應使用回收材料來製造產品，而完全不使用有限的原生材料，尤其是礦場開採的材料，以達成閉環式產品週期的長期目標。裝置製造商也應採用模組化設計，收集和重複使用特別耗能的元件。某些電子產品的品牌，例如戴爾 (Dell) 和惠普 (HP)，已經在較大型的電子產品中使用回收塑膠，這項做法應延伸到智慧型手機。

### 逐步替換：可維修和升級

減緩生產週期代表製造更持久耐用的手機，這可讓每支手機所耗用的資源和能源沿用更長的時間。延長生命週期代表產品非常耐用，同時也易於維修或升級，而且相關費用合理。這也代表延長組件的生命週期，方法是從電子廢棄物中收集零組件，並在新手機中重複使用或做為備品。

### 清潔循環：淘汰有害化學物質

乾淨的智慧型手機生產，即代表從產品本身和製程中淘汰有害的化學物質。這種做法不但能夠保護消費者、工人的健康與安全，也能停止延續毒害的循環，實現更安全的回收。

### 再生能源：100% 使用再生能源製造

許多IT公司已經率先改變，採用再生能源來為其資料中心和辦公室供電。品牌業者現在應將此項承諾延伸到供應鏈，確保其供應商採用再生能源來為其營運供電。

## 第二個十年的挑戰

智慧型手機也許是有史以來人類智慧最有代表性的典型之一。然而，我們並無法自豪地將當前的生產模式傳給後代。透過這份報告，我們要激發所有的電子產品製造商開創新的方式，一種經過10年後，與當前浪費資源且有害環境的系統截然不同的商業模式。

想像一下，如果科技是我們最強大的工具，可用來打造一個健康、充滿活力和蓬勃發展的星球。想像一下，如果我們能夠攜手運用技術的創新、將各種構想和解決方案與世界共享，幫助大家克服地球最大的挑戰。

IT公司已經一再的展現科技和創造力可以成為強大的力量，來打破過時的商業模式。頂尖的IT公司，可成為最棒的倡議者，追求閉環式生產模式和使用再生能源供電的未來。最聰穎的設計人員，可以創造不含毒物、持久耐用的裝置，且能夠加以維修，最終還可再製轉換為新的東西。

產業現在應開始採用有意義的創新，即一個緩慢、乾淨的閉環式生產模式，由再生能源供電。第一個接受挑戰的將會是哪家公司，我們拭目以待。

封閉循環  
回收材料



逐步替換  
可維修和升級



清潔循環  
淘汰有害化學物質



再生能源  
100%使用再生能源(RE)製造



## 附錄A

智慧型手機產量：

年份	單位(百萬)
2007	122
2008	139
2009	174
2010	305
2011	491
2012	725
2013	1020
2014	1300
2015	1432
2016	1470
總數	<b>71.78億</b>

來源：2007年和2008年資料根據Gartner全球智慧型手機市場占有率報告。其他年份參考IDC全球每季手機追蹤資料。

## 附錄B

智慧型手機製造商進展評分

此表格只包含銷售品牌智慧型手機的電子產品製造商，並評估其智慧型手機系列產品和公司政策。這並非針對各公司永續發展績效的詳盡評估，而只是概覽這些企業在生產智慧型手機時，減少材料和化石燃料使用的表現。這些評估是根據可公開取得的資訊。

部分分數說明●：

淘汰化學物質

- Acer：Acer 手機的某些機型不含 PVC 和 BFR，配件除外。
- Fairphone：Fairphone避免使用PVC、BFR和鄰苯二甲酸酯；沒有關於鈹和鎘及其化合物的使用資訊。
- Huawei：華為表示，自2016年宣布限制使用這些化學物質的計劃，但目前只有Mate S 和Mate 8未使用。
- Lenovo：聯想尚未完全淘汰PVC和BFRs，其它物質則是要求供應商申報使用。

回收材料

- Acer：Acer部份產品採用了消費後回收再生塑膠(PCR)，但沒有說明占總使用塑膠的比例。
- Apple(蘋果)：Apple多數產品含有PCR，但沒有說明占總使用塑膠的比例。目前Apple的部份產品優先採用高廢料中的鋁。
- Lenovo：聯想自2005年開始公布使用PCR的總量，但未有占總塑膠比例的數據。聯想也從廢棄IT設備提取PCR，讓塑料符合閉環式生產。
- LGE：LGE自2015年開始公布使用PCR的總量，但未有占總塑膠比例的數據。
- Sony：多數Sony產品含有PCR，但未有占總塑膠比例的數據。

## 參考文獻

- 1 Pew Research Center, February, 2016, "Smartphone Ownership and Internet Usage Continues to Climb in Emerging Economies" <http://www.pewglobal.org/2016/02/22/smartphone-ownership-and-internet-usage-continues-to-climb-in-emerging-economies/>
- 2 Oeko-Institut e.V., November 2016, "Resource Efficiency in the ICT Sector" [https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Resource\\_Efficiency\\_ICT\\_LV.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Resource_Efficiency_ICT_LV.pdf)
- 3 Recon Analytics, February 2015, "2014 US Mobile Phone sales fall by 15% and handset replacement cycle lengthens to historic high" <http://reconanalytics.com/2015/02/2014-us-mobile-phone-sales-fall-by-15-and-handset-replacement-cycle-lengthens-to-historic-high/>
- 4 Gartner Newsroom, March 11 2009, "Gartner Says Worldwide Smartphone Sales Reached Its Lowest Growth Rate With 3.7 Per Cent Increase in Fourth Quarter of 2008" <http://www.gartner.com/newsroom/id/910112>
- 5 Statista, "Smartphone user penetration as percentage of total global population from 2014 to 2020" <https://www.statista.com/statistics/203734/global-smartphone-penetration-per-capita-since-2005/>
- 6 Pew Research Center, February, 2016, "Smartphone Ownership and Internet Usage Continues to Climb in Emerging Economies" <http://www.pewglobal.org/2016/02/22/smartphone-ownership-and-internet-usage-continues-to-climb-in-emerging-economies/>
- 7 Gartner and IDC. See Appendix A.
- 8 Strategy Analytics, December 2016, "Global Smartphone Sales by Replacement Sales vs. Sales to First Time Buyers by 88 Countries: 2013 – 2022" <https://www.strategyanalytics.com/strategy-analytics/blogs/smart-phones/2016/12/23/78-of-global-smartphones-will-be-sold-to-replacement-buyers-in-2017#.WKcjVJqrKqA>
- 9 Recon Analytics, February 2015, "2014 US Mobile Phone sales fall by 15% and handset replacement cycle lengthens to historic high" <http://reconanalytics.com/2015/02/2014-us-mobile-phone-sales-fall-by-15-and-handset-replacement-cycle-lengthens-to-historic-high/>
- 10 Gartner and IDC. See Appendix A.
- 11 Eric D. Williams, Robert U. Ayers, and Miriam Heller, September 2002, "The 1.7 Kilogram Microchip: Energy and Material Use in the Production of Semiconductor Devices" [https://www.ece.jhu.edu/~andreou/495/Bibliography/Processing/EnergyCosts/EnergyAndMaterialsUseInMicrochips\\_EST.pdf](https://www.ece.jhu.edu/~andreou/495/Bibliography/Processing/EnergyCosts/EnergyAndMaterialsUseInMicrochips_EST.pdf)
- 12 Megan P. O'Connor, Julie B. Zimmerman, Paul T. Anastas, and Desiree L. Plata, October 2016, "A Strategy for Material Supply Chain Sustainability: Enabling a Circular Economy in the Electronics Industry through Green Engineering," published in ACS Sustainable Chem. Eng., 2016, 4 (11), pp 5879–5888 <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acssuschemeng.6b01954>
- 13 Oeko-Institut e.V., November 2016, "Resource Efficiency in the ICT Sector" [https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Resource\\_Efficiency\\_ICT\\_LV.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Resource_Efficiency_ICT_LV.pdf)
- 14 Geological Survey of Queensland, September 2014, "Indium opportunities in Queensland" [https://www.dnrm.qld.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0019/238105/indium.pdf](https://www.dnrm.qld.gov.au/_data/assets/pdf_file/0019/238105/indium.pdf)
- 15 Baldé, C.P., Wang, F., Kuehr, R., Huisman, J., United Nations University, 2015, "The Global E-waste Monitor – 2014" <https://i.unu.edu/media/unu.edu/news/52624/UNU-1stGlobal-E-Waste-Monitor-2014-small.pdf>
- 16 Labunska, I., Abdallah, M A.-E., Eulaers, I., Covaci, A., Tao, F., Wang, M., Santillo, D., Johnston, P. & Harrad, S., Greenpeace Research Laboratories, November 2014, "Human dietary intake of organohalogen contaminants at e-waste recycling sites in Eastern China" <http://www.greenpeace.to/greenpeace/?p=1835>
- 17 US Consumer Product Safety Commission, September 2016, "Samsung Recalls Galaxy Note7 Smartphones Due to Serious Fire and Burn Hazards" <https://www.cpsc.gov/Recalls/2016/samsung-recalls-galaxy-note7-smartphones>
- 18 Paul Mozur, New York Times, Jan 22 2017, "Galaxy Note 7 Fires Caused by Battery and Design Flaws, Samsung Says" <https://www.nytimes.com/2017/01/22/business/samsung-galaxy-note-7-battery-fires-report.html>
- 19 Apple Environment Page, January 2017, <http://www.apple.com/environment>
- 20 Smartphone data from: Nokia, Apple, Google, Sony, Samsung, Fairphone. Green Alliance, February 2015, "A Circular Economy for Smart Devices" [http://www.green-alliance.org.uk/a\\_circular\\_economy\\_for\\_smart\\_devices.php](http://www.green-alliance.org.uk/a_circular_economy_for_smart_devices.php)
- 21 CIA World Fact Book, "Country Comparison – Electricity Consumption" <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2233rank.html>
- 22 Figure includes China and Hong Kong. ITC Trade Map, "Export List for Product 8517: Telephone sets, incl. telephones for cellular networks or for other wireless networks" [http://www.trademap.org/Country\\_SelProduct\\_TS.aspx](http://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx)
- 23 Greenpeace USA, January 2017, "Clicking Clean: Who is Winning the Race to Build A Green Internet?" <http://www.greenpeace.org/international/en/publications/Campaign-reports/Climate-Reports/clicking-clean-2017/>
- 24 Apple, September 2016, "Apple joins RE100, announces supplier clean energy pledges" <http://www.apple.com/newsroom/2016/09/apple-joins-re100-announces-supplier-clean-energy-pledges.html>
- 25 Apple, October 2015, "Apple Launches New Clean Energy Programs in China To Promote Low-Carbon Manufacturing and Green Growth" <http://www.apple.com/pr/library/2015/10/22Apple-Launches-New-Clean-Energy-Programs-in-China-To-Promote-Low-Carbon-Manufacturing-and-Green-Growth.html>
- 26 Greenpeace East Asia, August 2016, What do people think about their mobile phones? <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/briefings/toxics/2016/Fact%20Sheet%20-%20Survey%20Summary.pdf>
- 27 Baldé, C.P., Wang, F., Kuehr, R., Huisman, J., United Nations University, 2015, "The Global E-waste Monitor – 2014" <https://i.unu.edu/media/unu.edu/news/52624/UNU-1stGlobal-E-Waste-Monitor-2014-small.pdf>
- 28 Shunichi Honda, Deepali Sinha Khetriwal & Ruediger Kuehr, United Nations University, 2016, "Regional E-waste Monitor: East and Southeast Asia" <http://ewastemonitor.info/pdf/Regional-E-Waste-Monitor.pdf>
- 29 University of British Columbia, January 2017, "UBC's urban miners keep LEDs out of landfills" <http://news.ubc.ca/2017/01/16/ubcs-urban-miners-keep-leds-out-of-landfills/>
- 30 Ed White & Rohit Singh Gole, WIPO & Basel Convention Secretariat, 2013, "Patent Landscape Report on E-Waste Recycling Technologies" [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/patents/948/wipo\\_pub\\_948\\_4.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/patents/948/wipo_pub_948_4.pdf)
- 31 Todd C Frankel, The Washington Post, September 30 2016, "The Cobalt Pipeline" <https://www.washingtonpost.com/graphics/business/batteries/congo-cobalt-mining-for-lithium-ion-battery/>
- 32 Youkyung Less, AP, August 10, 2016, "2 words keep sick Samsung workers from data: trade secrets" <http://bigstory.ap.org/article/0fa26d4e3a5140239553274fddd9b983/2-%20words-keep-sick-samsung-workers-data-trade-secrets>
- 33 Fairphone, June 16 2015, "The architecture of the Fairphone 2: Designing a competitive device that embodies our values" <https://www.fairphone.com/en/2015/06/16/the-architecture-of-the-fairphone-2-designing-a-competitive-device-that-embodies-our-values/>

綠色和平是一全球性環保組織，致力於以實際行動推動積極的改變，保護地球環境與世界和平。我們在世界40多個國家和地區設有分部，擁有約300萬名支持者。為了維持公正性和獨立性，我們不接受任何政府、企業或政治團體的資助，只接受民眾和獨立基金的直接捐款。

**GREENPEACE**

綠色和平東亞分部 臺北辦公室

10045 臺灣臺北市中正區重慶南路一段109號

[www.greenpeace.org/taiwan](http://www.greenpeace.org/taiwan)