

科技新發明之效益風險評估

蘇育任

國立臺中師範學院科學教育中心

一、前言

通常談到「環境意識」，無非希望善用科學與技術以保存自然並維護環境免受傷害。唯自工業革命以來，科技進步突飛猛進，百年銳於千載，人類為滿足一己之需求慾望，殫精竭慮，利用各種器物，改變自然界的物質，人類文明似乎登峰造極，臻於鼎盛；不意二十世紀以旋，「春天」何竟「寂靜」，昔日之芳草——科技，竟成今日之蕭艾——污染，以至於一有新科技的發明，莫不成為衆矢之的。到底科技之厚生利用與整個人類之正德福祉，應該如何評估，如何協調，便成了今日吾人重要之課題，我們不妨看看歐美各國之範例，或許可收「他山之石，可以攻玉」之效。

二、效益風險分析

現代西方社會雖由科技發明得到不少益處，但也隨之產生許多風險，究竟如何客觀評估一種科技新發明之效益與風險呢？目前常用之方法為「效益——風險分析」(Benefit-Risk Analysis)，計算「可欲商數」DQ (Desirability Quotient)：

$$DQ = \frac{\text{效益因子 (B)}}{\text{風險因子 (R)}} \dots\dots\dots(1)$$

上式中，「效益因子」B，係能促進人類福祉或有正面效果者，其層面涉及經濟的、社會的或心理的各方面。「風險因子」R則可界定為任何導致生命財產損失、受害之危險事物，近代一些風險造成了疾病、死亡、經濟損失以及環境品質的窳敗。至於風險涉及的層面可能是個人、群體，也可能是整個社會；而其影響範圍則可概分為小區域、大區域及全球性。個人風險可定義為發生意外的機率和意外事件嚴重程度兩者的乘積，亦即：

$$\text{個人風險} = \text{機 率} \times \text{嚴重程度} \dots\dots\dots(2)$$

今舉一例說明，汽車為近代科技發明，可促進兩地之間的旅行、生意及運輸，此乃效益

因子；當然，衆所皆知，開車時會產生許多風險，嚴重則可能在車禍中喪失生命；若個人開車時，小心謹慎且遵守速率限制，發生這種重大風險的機率實乃微乎其微。故在一般狀況下，若吾人欲至五十公里外之某地時，衡諸開車之效益實在遠大於發生車禍受傷或喪生之機率。社會性風險則牽涉更多人，因此必須在方程式中加入另一項因素，即受波及的人數，上式擴大為：

$$\text{社會風險} = \text{機 率} \times \text{嚴重程度} \times \text{受波及人數} \cdots \cdots (3)$$

三、實例之分析

當考慮到一群人時，權衡現代科技產品帶來的效益與伴隨的風險，確實要困難得多。比方說，飲用高溫殺菌處理過的牛奶，對大多數人是有益的，因其為安全、乾淨又含豐富營養的飲料。然而，對某些人，飲用牛奶卻可能帶有風險；有些人無法忍受牛奶中所含的乳糖（lactose）；而心臟病患者更會因飲用全脂牛奶，而受到其所含飽和油脂之不良效應；另有些人則會因牛奶蛋白而產生過敏，故對這些人而言，牛奶卻是有害的物質呢！幸而在北美與歐洲，以上三種人比率甚低，故就其整個社會而言，牛奶一般乃被視為利多於弊。以牛奶為例，進行「效益—風險」分析，可發現效益很大，風險很小，結果所謂之 DQ 也較大。

$$\frac{\text{大 效 益}}{\text{小 風 險}} = \text{大 DQ} \cdots \cdots (4)$$

製造天然或合成的化學物質作為藥品，乃科技發明之另一貢獻，譬如說沙利多邁（Thalidomide）這種藥（註一）被引進，以幫助孕婦預防早晨害喜的症狀。此藥發明於一九五〇年代，但不久即發現它幾乎沒有任何效益，再過數年，竟又發現它會給孕婦帶來極大風險，許多懷孕中的婦女服用該藥後，產下了畸型兒。故就沙利多邁這個藥品而言，效益很小，風險很大，所得之 DQ 很小。即

$$\frac{\text{小 效 益}}{\text{大 風 險}} = \text{小 DQ} \cdots \cdots (5)$$

沙利多邁最後被美國最高法院判定具有令人無法接受的風險，隨之也在世界各國全面禁用。在上述二例中，社會對科技之可欲性均較易判定，但有不少科技產品卻甚難優劣立判，有的效益小，風險亦小；有的效益大，風險亦大；更有的對甲族群有效益，但對乙族群卻大有風險，今各舉一例分述如后。且說人造糖精—阿斯巴達（Aspartame）（註二）吧，研究業已證實以任何人造糖品作為糖之替代品以減肥，對人體並無任何效

益，但阿斯巴達是被研究最多的一種食品填充物，陸陸續續有不少關於它造成問題的口頭報告，唯均未經正式的控制實驗加以證實。就大多數人而言，使用阿斯巴達的害處很小，結果無法獲得確切之 DQ，其效益與風險分析未能獲得定論，社會各界對使用它的利弊得失至今仍然爭論不休。即

$$\frac{\text{小 效 益}}{\text{小 風 險}} = \text{不 確 切 之 DQ} \dots\dots\dots(6)$$

再如，工業上將煤轉化為液態燃料，這項科技之效益、風險均很大。液態燃料對交通、家庭熱源及工業用途助益極大，故對整個社會的效益很大；然而伴隨煤炭轉化（coal conversion）之科技，帶來高度之空氣及水污染，且工人可能曝露在有毒化學物質中，故其風險相對亦極大。結果造成了 DQ 無法確切求得，政治風暴也就因而狂飆不已了。

$$\frac{\text{大 效 益}}{\text{大 風 險}} = \text{不 確 切 之 DQ} \dots\dots\dots(7)$$

又如，污水處理的問題。某一社區之工廠，將污水或工業廢液排放於附近河川中，即可省下大筆建造污水處理廠的費用，如此自然極為經濟而效益很大；但這些廢液順流而下，卻會對下游區域的環境造成極大的污染及危險，故風險極大自不待言，甲社區之瓊酯玉漿卻為乙社區之蝕骨鳩酒。此時，必得進行整體之政治協商，多方評估大環境之效益與風險，始能睿智地妥善加以解決，否則，個人自掃門前雪，必然引起糾紛，而造成許多的環保抗爭。

四、結 論

總之，科學、技術與社會三者是相互關聯的，很多問題並非像實驗結果那樣單純，有些科技目前效益極大，焉知數年後不會帶來莫大浩劫；正如核能廣泛用於發電，但核能電廠之廢料，若不妥善加以處理、儲存，一旦外洩，則將危害全人類，給世代子孫帶來莫大之災害，是故，核能之使用在世界各地仍具高度爭議性。任何科技必然涉及效益與風險兩方面，「效益因子」純然由社會全體民衆公決，而「風險因子」亦脫離不了社群之判斷；因此今後科學教育之重點應強調「科學—技術—社會」（STS）之交互作用，必須培養具有科學素養（Scientific literacy）之現代社會國民，依據客觀的科學研究結果，運用批判性思考（critical thinking），對整個社會的需要與發展具有洞察力，追求自然與人類之完美和諧，始能正確作出「效益—風險分析」，使

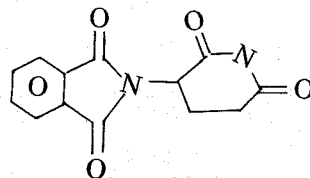
科技真正能為人類帶來「正德、厚生、利用」之最大效益。

附 註

註一：Thalidomide 中譯名：沙利多邁之結構如右：

屬於「畸胎生成原」(teratogen) 的一種有毒化學物質；在一九五〇至一九六〇年代曾廣泛

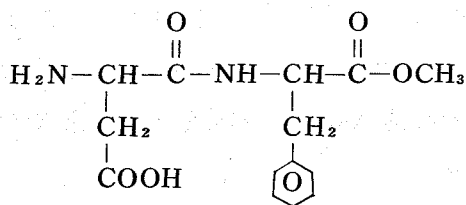
用於治療孕婦之害喜症狀。婦女若在懷孕初期十二週內加以服用，有可能產下四肢縮短或不全的嬰兒。



註二：Aspartame 中譯名：阿斯巴達之結構如右：

是一種人造糖精，其甜度大約是蔗糖

的一百六十倍，大量被使用在食品工業上，以取代 Saccharin(沙克林)。



參考文獻

1. Carson, R. (1962). Silent Spring. Boston, Mass.: Houghton Mifflin.
2. Hill, J. W. (1988). Chemistry for Changing Times. New York: Mac millan Publishing Company.
3. Pauling, L. C. (1984). Chemistry and the world of tomorrow. Chemical and Engineering News, 16 April, pp.54-
4. Segal, M. (1990). Determing Risk. FDA Consumer, June 1990, pp.7-11.
5. Wilson, R., and Crouch, E. A. C. (1987). Risk assessment and comparisons: an introduction. Science, 17 April, pp.267-270.
6. Zeck hauser, R. J., and Viscusi, W. K. (1990). Risk Within Reason. Science, 4 May, pp.559-564.