

遠距工作的節能減碳效果

20240830

摘要

隨著資訊通信技術 (Information and communication technology, ICT) 的發展和全球疫情的推動，遠距工作 (remote work) 或是在家工作 (work from home, WFH) 成為現代工作的主要模式之一。本文旨在探討遠距工作對能源消耗和碳排放的影響，並分析其對工作場所多樣化和工作模式的改變。透過回顧相關文獻研究，發現遠距工作具有顯著的節能減碳效益，但也帶來了增加住宅能源消費和非通勤旅行耗能等反彈效果。

1. 前言

在過去的十年裡，資訊通信技術 (ICT) 的快速發展使得遠距工作成為可能。尤其在新冠疫情期間，許多企業和員工轉向在家工作或混合工作模式，這一變化不僅改變了人們的工作方式，也對環境產生深遠的影響。遠距工作的普及引發了對其環境影響的關注，尤其是對能源需求和溫室氣體排放的影響。本文將通過分析過去的相關研究，評估遠距工作對工作場所和通勤模式改變對環境的影響，以及可能的效益與挑戰。

2. 遠距工作可能降低能源需求

隨著遠距工作模式的普及，住宅及交通的能源消費成為一個重要的環境議題。Boesel (2021) 指出，遠距工作要求員工在家中設置工作空間，這會導致住宅能源消費增加，這些額外的能源需求包括電腦、照明、暖氣和空調等設備的使用。Baker and Rylatt (2008) 也發現，雖然遠距工作能減少通勤帶來的環境負擔，如燃油消耗；但在家工作會導致家庭能源使用增加，這部分消耗會抵消一部分通勤減少所帶來的環境效益。這一現象會造成所謂的「反彈效果 (rebound effect)」，即雖然通勤減少了，但員工可能會在家中使用更多的能源，住宅的能源消耗反而增加，從而對環境造成新的影響，使得整體的節能減碳效益減少。

儘管遠距工作會增加住宅能源消耗，但扣掉交通所避免的通勤用能，總體上仍然有助於減少能源消費及工作碳足跡。根據 Tao et al. (2023) 的研究，遠距工作在美國能夠減少 58% 的工作碳足跡，主要是因為在家工作減少通勤所需的交通能源消費。然而，研究也指出 ICT 設備的使用對環境的影響相對較小，因此主要的能耗減少仍來自於通勤的減少。

3. 工作場所多樣化

隨著科技進步和社會變化，工作場所的形式變得更加多樣化。Felstead (2022) 指出，現代工作已不再局限於傳統的辦公室空間，人們可以選擇在家、咖啡廳或是公共交通工具上工作。這種多樣化的工作方式反映了人們對工作地點的靈活性需求。

Lesnard and Kan (2011) 的研究也顯示，過去二十年中，隨著遠距工作和靈活工作觀念的普及，仰賴固定工作場所的人數逐漸減少，這一趨勢在不同職業類型中略有差異。儘管如此，大多數工作仍是以固定工作場所為主，遠距工作為輔。

4. ICT 對工作模式的影響

ICT 的發展不僅改變工作方式，也改變人們的工作地點選擇，使得工作不再迫切需要固定的辦公場所。De Abreu e Silva and Melo (2018) 認為，ICT 的普及直接促成遠距工作的可行，這減少了對傳統辦公空間的需求，並有助於降低交通需求並減少能源消費及溫室氣體排放。

然而，工作與通勤模式之間必須有所權衡。發現，因 ICT 的進步，遠距工作者往往會選擇居住在距離工作地點更遠的地方，最終可能導致整體交通時間增加 (Ettema, 2010; Ory & Mokhtarian, 2013; Zhu, 2013)。這種現象顯示遠距工作與通勤模式之間的權衡關係，遠距工作雖然減少了日常通勤，但可能會導致其他更長的交通距離和時間，因而導致交通能源消費增加、碳排放增加。

5. 交通用能可能產生反彈效果

雖然遠距工作能減少通勤，但除了住宅的反彈效果，也可能產生交通的反彈效果，亦即因為遠距工作導致非工作交通的增加，抵銷原本減少通勤的能源消費，從而削弱遠距工作帶來的環境效益 (Choo et al., 2005; He & Hu, 2015; Mokhtarian, 2013; Zhu, 2013)。

人們可能因為遠距工作而選擇居住在平均交通距離較遠的郊區，遠距工作的普及不僅改變了工作地點，也改變了通勤模式。de Abreu e Silva and Melo (2018) 發現，擁有高薪職位的遠距工作者通常擁有更長的通勤時間和距離，這是因為他們常住在郊區。Althoff et al. (2022) 的研究也顯示，在疫情期間的防疫考量與工作機會減少，商業服務工作者常會搬到住宅密度較低的地區，這會導致通勤時間的延長和交通能源消費的增加。此外，de Abreu e Silva and Melo (2018) 指出，偏遠地區的家庭往往擁有更多車輛，這可能會導致更多交通上的能源使用。Cerqueira et al. (2020) 的研究也指出，工作場所的多樣化通常會導致工作交通的平均距離增加，這與更偏遠的居住地點相關，並可能增加能源消費。這些現象反映了工作地點選擇與交通需求之間的複雜關係。

此外，在家工作者的整體交通模式也與通勤者不同。Pendyala et al. (1991) 的研究顯示，在家工作者的活動空間通常會集中在住家周圍，這代表日常生活中更依賴私人汽車進行本地交通，可能增加家庭的汽車使用頻率和燃油消耗，進而增加碳排放。

與工作通勤無關的交通也可能會抵消通勤交通的減少。遠距工作者雖然減少的工作通勤，但卻可能增加長途旅行和飛行次數，這顯示出遠距工作者可能利用在家工作的靈活性，在休息日和假期進行長途旅行的次數增加，抵消日常通勤上的環境效益，並帶來額外的交通能源消耗及碳排放 (Caldarola & Sorrell, 2022; Cerqueira et al., 2020)。

然而，當人們因為遠距工作而選擇居住在較遠的郊區，在家工作反而能緩解交通壅塞的問題。根據 Shabanpour et al. (2018) 的研究，在家工作可以有效地緩解高密度地區的交通擁塞，這有助於提高燃油使用效率。然而，這一效果的實現依賴於在家工作模式的普及程

度和其他交通政策的配合。

6. 遠距工作的效益與挑戰因應建議

整體而言，遠距工作具有以下效益：

- (1) 提高工作靈活性：遠程工作使得員工可以更靈活地安排工作和生活，這有助於提高工作滿意度和生活品質。員工不再需要每天通勤，可以節省時間和精力，用於家庭和個人活動。
- (2) 減少辦公室需求：遠距工作的普及使企業減少對辦公空間的需求，這不僅降低了企業的運營成本，也減少了辦公空間的能源消費和碳排放。
- (3) 間接促進 ICT 產業發展：遠程工作增加人們對 ICT 設備與網路使用的需求，為了滿足遠距工作的效率與體驗，也間接促進相關產業的發展。

相對的，遠距工作模式也同時帶來一些挑戰，包含前述住宅用能的反彈效果、交通用能的反彈效果，以及 ICT 產業的發展。針對這三個挑戰，分別提出因應的政策建議：

- (1) 優化住宅能源管理：為了減少遠距工作帶來的住宅能源消費增加，政府和企業應持續推動結合智慧電表與智慧家電的應用，以提高能源使用效率。例如，智慧恆溫器和節能照明系統的汰舊換新，將有效降低家庭能源使用。
- (2) 推動綠色交通政策：政府應推動綠色交通政策，例如鼓勵電動汽車的使用和完善大眾運輸基礎設施，以同時減少工作與非工作交通過程中的能源消費與碳排放。對於偏遠地區的居民，政府則應提供更多的綠色大眾運輸選擇。
- (3) 支持數位基礎設施建設：為解決數位鴻溝問題，政府應加大對數位基礎設施的投資，確保所有地區和居民都能夠獲得高品質的網路和 ICT 設備，這將有助於提升遠距工作的普及和公平。

7. 結論

遠距工作在減少通勤能源使用，以及提升工作靈活性，皆具有顯著效益，但其增加的住宅及交通能源需求，和可能誘發的反彈效果也需要被重視。資訊通信技術的發展促進了遠距工作，使工作場所更加多樣化，但也改變了傳統的交通模式。未來的政策制定應綜合考慮這些影響，採取技術和管理手段，最大化遠距工作節能減碳的環境效益，同時減少其可能帶來的負面影響。

總體來說，遠距工作是一種具有彈性與效率潛力的工作模式，但其環境效益和社會影響需要更全面的評估。透過優化能源消費、推動綠色交通，和支持數位基礎設施建設，遠距工作可以在未來發揮更大的作用，透過節能減碳，成為一種新的永續生活型態。

參考資料

- Althoff, L., Eckert, F., Ganapati, S., & Walsh, C. (2022). The Geography of Remote Work. *Regional Science and Urban Economics*, 93, 103770. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2022.103770>
- Baker, K. J., & Rylatt, R. M. (2008). Improving the prediction of UK domestic energy-demand using annual consumption-data. *Applied Energy*, 85(6), 475–482. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2007.09.004>
- Boesel, M., Chen, S., & Nothaft, F. E. (2021). Housing preferences during the pandemic: Effect on home price, rent, and inflation measurement. *Business Economics*, 56, 200–211.
- Caldarola, B., & Sorrell, S. (2022). Do teleworkers travel less? Evidence from the English National Travel Survey. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 159, 282–303. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.03.026>
- Cerqueira, E. D. V., Motte-Baumvol, B., Chevallier, L. B., & Bonin, O. (2020). Does working from home reduce CO2 emissions? An analysis of travel patterns as dictated by workplaces. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 83, 102338. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102338>
- Choo, S., Mokhtarian, P. L., & Salomon, I. (2005). Does telecommuting reduce vehicle-miles traveled? An aggregate time series analysis for the U.S. | Transportation. *Transportation*, 32, 37–64.
- de Abreu e Silva, J., & Melo, P. C. (2018). Does home-based telework reduce household total travel? A path analysis using single and two worker British households. *Journal of Transport Geography*, 73, 148–162. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.10.009>
- Ettema, D. (2010). The impact of telecommuting on residential relocation and residential preferences: A latent class modelling approach. *Journal of Transport and Land Use*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.5198/jtlu.v3i1.61>
- Felstead, A. (2022). *Remote Working: A Research Overview*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003247050>
- He, S. Y., & Hu, L. (2015). Telecommuting, income, and out-of-home activities. *Travel Behaviour and Society*, 2(3), 131–147. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2014.12.003>
- Lesnard, L., & Kan, M. Y. (2011). Investigating Scheduling of Work: A Two-Stage Optimal Matching Analysis of Workdays and

- Workweeks. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, 174(2), 349–368.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-985X.2010.00670.x>
- Mokhtarian, P. (2013). If telecommunication is such a good substitute for travel, why does congestion continue to get worse? *Transportation Letters*, 1(1), 1–17.
- Ory, D. T., & Mokhtarian, P. L. (2013). Which Came First, the Telecommuting or the Residential Relocation? An Empirical Analysis of Causality. *Urban Geography*, 27(7), 590–609.
- Pendyala, R. M., Goulias, K. G., & Kitamura, R. (1991). Impact of telecommuting on spatial and temporal patterns of household travel. *Transportation*, 18(4), 383–409.
<https://doi.org/10.1007/BF00186566>
- Shabanpour, R., Golshani, N., Tayarani, M., Auld, J., & Mohammadian, A. (Kouros). (2018). Analysis of telecommuting behavior and impacts on travel demand and the environment. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62, 563–576.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.04.003>
- Tao, Y., Yang, L., Jaffe, S., Amini, F., Bergen, P., Hecht, B., & You, F. (2023). Climate mitigation potentials of teleworking are sensitive to changes in lifestyle and workplace rather than ICT usage. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(39), e2304099120.
- Zhu, P. (2013). Telecommuting, Household Commute and Location Choice. *Urban Studies*, 50(12), 2441–2459.
<https://doi.org/10.1177/0042098012474520>