

# Taking a byte out of safety in data centres

## 數位資料中心的安全衛生風險與疑慮

會議日期：2025/07/01

主辦單位：Institution of Occupational Safety and Health (IOSH)

會議連結：<https://www.youtube.com/watch?v=iFjug4JXO3M>

### 背景與前言

今年 (2025年) 9月韓國國家情報資源管理院大田數位資料中心大火事故所帶來警訊不得輕忽。數位資料中心作為現代數位經濟的關鍵基礎設施，已成為維持社會大部分產業營運的核心支柱。本次研討會由英國職業安全健康學會 (Institution of Occupational Safety and Health, IOSH) 主辦，說明職業安全衛生在數位資料中心的設計、管理與維護階段中的地位，不僅是確保高效營運的必要條件，更是保障人員福祉與資產完整性的根本。會議內容深度聚焦於數位資料中心的基礎結構、電氣安全、冷卻運作、防火保護等高風險領域，並前瞻性地探討未來挑戰。透過涵蓋各層面的議題討論，促進與會者針對現場作業實務與管理策略進行探討。

### 數位資料中心基礎架構與潛在危害

**核心基礎架構：仰賴穩定且持續的能源與環境控制系統。**

- **電力系統**：美國為例大多數數位資料中心都是先從外部電網拉進來大約 13,000 到 16,000 伏特的高壓電，再把電壓降到 480 伏特來使用。機房裡需通常要配置變壓器、配電盤，還要準備備援發電機以防停電。
- **冷卻系統**：伺服器在運作時會產生大量熱氣，必須靠空調系統 (Heating, Ventilation, and Air Conditioning, HVAC)、冷卻塔和儲水設備，把熱氣帶走避免機房過熱。
- **設施類型**：包括有企業自建 (Enterprise)、超大規模 (Hyperscale)、機房代管 (Carrier hotel/Colocation)、零售或批發型機架租用 (Retail/Wholesale)。
- **分級標準 (Tiers I-IV)**：Tier IV為最高等級，代表它的系統設計幾乎不會中斷，每年最多大概只可能停機 26 分鐘左右 (可用度99.99%)。

#### 物理環境的潛在風險

- **伺服器空間**：數位資料中心內的伺服器通常位於白空間 (White Space) 機房中置放伺服器的潔淨室環境，其物理佈局經過精密設計，核心目的是為了維持伺服器運作的最佳狀態與冷卻效率，且該空間通常設有高架地板，下方空間則用於佈設電力、數據纜線及冷卻管線。
- **侷限空間危害**：高架地板下的空間可能構成侷限空間危害。此類空間需依法規標準進行管理，並在作業前執行詳細的工作危害分析 (Job Hazard Analysis, JHA) 與安全作業管理。

# 數位資料中心主要安全衛生議題剖析



## 電氣安全

**不斷電系統 (UPS)**：在外部電力中斷的瞬間，立即接手供電，確保資料與伺服器不中斷運作。

- 常見電池型式：包括有密閉式鉛酸電池 (VRLA)、加水式鉛酸電池 (FLA)、鋰離子電池 (Li-ion) 等。



## 發電機與燃料管理

備用發電機是數位資料中心應對供電中斷的最後防線。

- 例行測試：每月約 35% 負載運轉，每年進行 90-100% 全負載測試
- 燃料儲存：準備約 100-200 公噸的柴油



## 冷卻與環境控制

持續有效的冷卻是防止伺服器過熱當機的關鍵。

- 冷卻塔：排出伺服器運轉時產生的熱氣
- HVAC系統：CRAH利用冰水冷卻，CRAC使用冷媒冷卻



## 火災預防

依NFPA 75標準，須同時考慮建築結構、機房空間及伺服器設備等多層級風險。

- 三層防護：建築、機房、機架層級
- 早期偵測與潔淨藥劑滅火系統

### 電氣安全詳細說明

#### 操作方法與雙人制

電氣操作必須事前制定好MOP (Method of Procedure)，由兩位操作員互相執行並確認；過程中搭配工作危害分析確保安全。

#### 電弧閃光 (Arc Flash)

高壓電氣設備開關操作不當，可能瞬間釋放出高熱與強光，造成燒傷或爆炸。根據美國國家消防協會 (NFPA) 所制定《工作場所電氣安全標準》，必須進行風險評估，選用適當的個人防護裝備 (PPE)，並依《電氣設備維護實務建議》進行定期維護。

- 《工作場所電氣安全標準》NFPA 70E: Standard for Electrical Safety in the Workplace
- 《電氣設備維護實務建議》NFPA 70B: Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance

#### 遠端切換 (Remote Switching)

讓操作員能在安全距離外啟動或關閉電氣設備，減少人員暴露於高壓危險的機會。

#### 火災預防的三層防護架構

01

##### 建築 (Building) 層級

建築本體須具耐火結構與防火分區，避免火勢蔓延。

02

##### 機房 (Room) 層級

伺服器室要有自動偵煙與滅火系統。

03

##### 機架 (Rack) 層級

伺服器機架內部火源 (如：電源線或硬體過熱) 設置局部抑制系統。

- **早期偵測系統 (Early Detection Systems)**：機房內會安裝抽氣式偵煙感測器 (Aspirating Smoke Detectors)，在火災初期冒煙時即偵測異常。系統通常設計為雙重觸發邏輯 (如：煙霧 + 溫度或雙區域觸發)，避免誤報或不必要的滅火動作。

**滅火系統 (Fire Suppression Systems)**：數位資料中心一般不能使用常見灑水頭滅火系統，可能會損壞伺服器

- **潔淨藥劑 (Clean Agent)**：使用不導電、無殘留的滅火氣體抑制火源。
- **預作用灑水系統 (Pre-action System)**：火警訊號確認後才會充水並啟動噴頭，防止因誤觸導致設備受損。

## 冷卻系統的關鍵風險

### 冷卻塔 (Cooling Tower)

冷卻塔通常在數位資料中心的屋頂或高處，用來排出伺服器運轉時產生的熱氣。維修時工作人員可能面臨高處墜落風險，且冷卻塔內部屬侷限空間，進入時需進行風險評估並遵守安全作業程序 (如：配戴防墜裝備、氧氣濃度監測、安全作業程序等)。

### HVAC系統型式

**電腦機房空氣處理設備 (CRAH)**：利用冰水冷卻，效率高但需穩定水源；**電腦機房空氣調節設備 (CRAC)**：使用冷媒冷卻，結構較獨立、維護較方便。整體冷卻運作由建築管理系統 (BMS) 持續監控溫度、濕度與氣流變化，確保伺服器區域維持最佳環境條件。

### 退伍軍人菌 (Legionella)

冷卻塔若長期維持在溫暖潮濕環境，容易滋生退伍軍人菌，人員若吸入受污染的水氣，可能感染肺炎。數位資料中心須依當地規範定期檢測水質並清洗。美國與部分地區 (如：紐約、紐澤西)，要求每月或每年進行檢測與記錄。

## 產業未來發展趨勢與關注重點

數位資料中心市場正持續快速成長，其全球年均複合成長率 (Compound Annual Growth Rate, CAGR) 約 11.24%，預計規模、投資金額與建設速度將愈發加速。其趨勢包含人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 與技術轉型、數位化管理，永續與節能發展等驅動。

### AI與技術轉型

隨著 AI 和機器學習的發展，伺服器運算量與耗電量大幅提升，產生大量熱能。業界正採用液體冷卻 (Liquid Cooling) 技術取代傳統空氣冷卻，確保系統長期穩定運作。

### 數位化管理

透過中心基礎設施管理系統 (DCIM)，可即時監控設備狀態、電力使用與溫度變化。並運用預測性維護 (Predictive Maintenance) 技術，提早發現潛在異常，提升整體營運穩定性與能源效率。

### 永續與節能發展

業界致力於降低對環境的影響，使用再生能源、改善能源效率指標 (Power Usage Effectiveness, PUE)、減少用水量，並推動設備回收與再利用；不僅減少碳排放，亦助於企業符合 ESG 管理目標。

## 會議結論與未來展望

**「安全不是附加價值，而是營運的一切基礎。Safety is not an add-on; it is the foundation of operations.」** — Kevin Cote

**「數位資料中心的未來具有發展性，但也同時面臨嚴峻挑戰。The future of data centers is bright, but the challenges are equally significant.」** — Bridgette Douglass

### 總結與核心共識

數位資料中心作為當前數位世界的基礎建設主軸，其職業安全衛生管理範疇廣泛，與人員、設備及環境均密切相關。眾多風險中，電氣安全也被確認為核心議題，其涵蓋 UPS、發電機、燃料管理及防止電弧閃光等多個關鍵環節。冷卻與火災防護亦極為關鍵，需要建立各層級的預防工作與監測機制。產業面臨 AI、高功率密度 (High Power Density)、永續設計所帶來的技術變革、供電瓶頸、供應鏈串聯、人才短缺及資安風險等挑戰。為確保數位資料中心產業能安全且永續發展，國際合作與跨產業交流是不可或缺的關鍵路徑。

**高功率密度**：在極小的空間或體積內，集中非常高的電力消耗與運算能力。

# 台灣數位資料中心職安衛管理法規現況

## 台灣現況

國際大廠如台灣微軟 (Microsoft Taiwan) 於我國正式啟用數位資料中心，更於今年九月，輝達 (NVIDIA) 宣布投資1000億美元為其策略夥伴 OpenAI 打造下一代 AI 數位資料中心。數位資料中心的職安衛管理，基本上主要仰賴既有的通用法規架構，核心遵循《職業安全衛生法》及《職業安全衛生設施規則》，提供基本的勞工職安衛保護框架，並涵蓋數位資料中心內常見的危害風險預防，如：電氣危害、高處墜落及侷限空間作業的安全規範[1,2]，但對於超大規模設施、高功率密度環境、鋰電池儲能系統或液體冷卻等新興技術，可能需要更全面與專業之防災作法以避免危害風險。

公部門對於數位資料中心的規範側重於效率與行政管理，如《行政院及所屬各機關數位資料中心設置作業要點》規範能源效率和營運治理等面向[3]，同時，台灣數位資料中心發展也受到宏觀的能源政策影響，對台灣北部大型數位資料中心 (> 5MW) 設址的限制，其電力基礎設施壓力已成為影響數位資料中心選址與擴建的重要瓶頸[4]，設立場址也將趨於密集。

## 國際規範參考與共同趨勢

除台灣現行的安全衛生法規與作業要點，國際間多項專門針對數位資料中心發展相關安全規範可作為借鏡：

### 新加坡訊通信媒體發展管理局 (IMDA) 建議指引

新加坡IMDA發布的 Advisory Guidelines on Cloud Services and Data Centres [5]，內容涵蓋數位資料中心選址、能源效率、安全與營運治理，並納入永續發展與碳排放管理要求。新加坡由於土地與能源有限，其指引強調高密度數位資料中心的能源最佳化及對再生能源整合。

### 數位資料中心等級制度 (Uptime Institute Tier)

全球廣泛採用的數位資料中心可靠度標準，從 Tier I 至 Tier IV，依據基礎設施的備援設計與可維護性進行分級，廣為企業與投資人作為選址、設計與營運的參考依據[6]。

### ISO 國際標準

除資訊安全管理的 ISO 27001 與營運持續管理的 ISO 22301，部分業界也開始導入能源管理 ISO 50001 與環境管理 ISO 14001，確保能同時兼顧能源效率、碳管理與環境永續。

## 國際趨勢下的安全治理與韌性轉型

數位資料中心的安全治理已進入全面整合的時代，其範疇不再僅限於場佈設備物理層面，而是必須全面涵蓋資訊、能源與環境。國際規範強調多層次備援設計以防止單點故障，並徹底落實風險管理與應變計畫，包含電力中斷、火災應變及災害復原。

### 韓國國家數位資料中心火災事件的深度警示

2025年9月26日韓國國家情報資源管理院 (NIRS) 大田數位資料中心重大火災事故，不僅是一起設施火警，更是对高度數位化國家營運韌性的嚴峻考驗。已公開的初步鑑識火災源頭為該中心五樓伺服器機房內的 UPS 鋰離子電池組，發生在工作人員進行電池搬遷作業期間。火勢延燒導致約384 塊鋰電池組件損毀，消防人員最終耗時超過 22 小時才完全撲滅。調查顯示，部分起火電池已使用超過12年，且高風險的電池與伺服器間距過近，加速火勢蔓延。這場災難導致政府業務系統大規模癱瘓，影響範圍涵蓋緊急救援系統、郵政金融服務及海關通關等關鍵公共服務。更令人警惕的是，由於公務雲端平台 G-Drive 系統缺乏外部或離線備份機制，導致數萬名公務員工作文件數據可能將永久消失[7]。該事件充分暴露數位資料中心高度集中式架構在電池安全、應急備援與資料韌性上的致命弱點，同時印證面對 AI 時代的高功率密度與能源轉型挑戰，單純被動遵循現有通用法規已儼然不足。應須思考如何加強多層次備援設計與針對新興高風險技術的專業安全規範，以避免單點故障造成國家級的連鎖災難性後果。

## 參考資料

1. 勞動部 (2023)。職業安全衛生法；職業安全衛生教育訓練規則，取自 <https://laws.mol.gov.tw/Eng/FLAWDAT03.aspx?id=FL015013>
2. 勞動部 (2023)。職業安全衛生設施規則，取自 [https://envilience.com/regions/east-asia/tw/report\\_12445](https://envilience.com/regions/east-asia/tw/report_12445)
3. 數位發展部 (2023)。行政院及所屬各機關數位資料中心設置作業要點，取自 <https://law.moda.gov.tw/LawContent.aspx?id=FL083280>
4. Data Center Dynamics (2023). Taiwan to stop large data centers in the North, cites insufficient power，取自 <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/taiwan-to-stop-large-data-centers-in-the-north-cites-insufficient-power/>
5. Infocomm Media Development Authority (2025). Advisory Guidelines on Cloud Services and Data Centres. Singapore: IMDA，取自 <https://www.imda.gov.sg/regulations-and-licences/regulations/codes-of-practice/advisory-guidelines-of-cloud-services-and-data-centres>
6. iThome (2022)。數位資料中心等級制度 Uptime Institute Tier 簡介，取自 <https://www.ithome.com.tw>
7. Vincent Shaw (2025). South Korea hit by 'digital Pearl Harbor' as aging LGES battery sparks data center fire，取自 <https://www.ess-news.com/2025/09/30/south-korea-hit-by-digital-pearl-harbor-as-aging-lges-battery-sparks-data-center-fire/>