



**California
EMF
Program**

1515 Clay Street, 17th Floor
Oakland, CA 94612

(510) 622-4500 phone

(510) 622-4505 fax



Gray Davis
州長
加利福利州

Grantland Johnson
署長
健康與人類服務署

Diana M. Bonta, 註冊護士、公共衛生學士
部長
健康服務部

電磁場
可能產生健康風險時的政策選項

2002年6月
最終報告

(本報告由台灣大學健康風險及政策評估中心協助翻譯及校訂)

電磁場 (EMF)

可能產生健康風險時的政策選項

摘要

1993年，加州公用事業委員會 (CPUC) 指示健康服務部 (DHS) 監督一個關於電磁場的研究和政策分析計畫 (見 www.dhs.ca.gov/ehib/emf)。除了有關學校和工作環境的電磁場暴露，以及一項關於電磁場與流產的研究外，該計畫還支持兩項政策分析，分別是有關電磁場知識推廣活動，以及電力輸送系統 (power grid) 與學校的暴露防範措施。

一個由利益相關者 (stakeholder) 所組成的顧問小組負責監督此電磁場計畫。在監督政策分析的過程中，我們發現利益相關者主要採用四種不同的政策架構運作，因此在採取何種非自願環境暴露限制措施上產生許多差異。經濟學家 and 政府部門採用「功利主義」 (utilitarian) 架構，其宗旨是「以最低成本為最多人謀取最大利益」；有許多公民則是採用「社會正義」 (social justice) 架構，力求「不惜成本保護弱勢群體」；也有些人採用「實證主義」 (virtual-certainty-required) 架構，要求完全查證問題之後再採取措施；另外還有一些人是採用「自由主義」 (non-interventionist) 架構，贊成採用自願的非管制方法排除環境風險，而不考慮研究人員對問題的確認程度。

為了幫助基於成本和效益考慮問題的經濟學家和政府官員制訂政策，政策分析人員提出兩個問題：「在電磁場導致疾病方面需要何種確認程度？在何種程度上導致疾病才能夠為實施低成本或高成本的電磁場知識推廣活動及/或避免暴露措施提供充足的理由？」分析結果顯示，即使對電磁場導致疾病沒有100%的確信度，從成本效益的角度看來，或多或少仍值得分配經費。而根據所採取的防範措施，上述的經費可能需要在10年內把1999年的電價提高0.2%至3.5%，即成本為4億8千萬至76億美元。而知識推廣活動的成本則低許多。根據其他保護性措施，經濟學家判斷社會似乎願意為避免每一例統計死亡，支出大約500萬美元。經濟學家認為，要使上述投資具有經濟效益，在電力輸送系統改進後的35年使用期內，必須在全州避免100人至1500人死亡。(DHS分析者承認成本和資金籌措方式都存在不確定性，因此以上數字可能高出一倍。)

全州實施校園電磁場防範措施的成本可能是4000萬至5000萬美元。因此，為使這項投資具有經濟效益，經濟學家將要求在輸電線路改善後的35年有效使用期內，全州500萬名學生和50萬名教職員工，要能夠減少10例死亡。

採用「社會正義」政策架構的人士主張，要不惜代價保護弱勢群體。為了滿足其要求，分析人員也從該立場出發展開討論。對於那些主張首先確定電磁場影響再採取防範措施(即「實證主義」)的人士，分析和風險評估(見下文)則為他們提供決策所必需的資訊。對於支持「自由主義」架構的人士，分析中也闡述了可以採用的自願策略或資訊策略。

以本研究的評估和分析作為基礎，採用「功利主義」、「社會正義」和「實證主義」政策架構的人士可能會主張採取不同的措施。CPUC有一套行政程序，可化解此類關於電力輸送系統政策的意見分歧。他們可以使用加州電磁場計畫所收集的，有關電力輸送系統的資訊展開討論。關心教育設施的州和地方政府機構，亦可在制訂政策時參考有關政策分析和暴露資訊。而DHS在目前的階段上，不會提出任何政策性建議。

加州電磁場計畫

1993年，CPUC要求民營的電力公司（investor-owned utilities）為此一政策相關研究和公眾教育提供資金。市政府的公用事業機構也為此一經費為700萬美元的計畫提供資金。由此產生的「加州電磁場計畫」由非營利組織、公共衛生研究所（PHI）負責財務上的執行，而DHS則提供指導。應CPUC的請求，包括關心此一議題的公民、電力工人國際工會、公用事業公司以及各有關公眾利益團體在內的利益相關者組織，皆可就此研究題目向DHS提供諮詢，並對兩個政策項目提供其詳細的意見。這些資料以及其他由電磁場計畫所贊助的研究項目，都刊載於此計畫網站上（www.dhs.ca.gov/ehib/emf）。利益相關者請求DHS要以特定方式從事風險評估，以便幫助在不確定實際狀況的情形下制訂政策。並由不涉及利益衝突或對電磁場問題沒有特定偏見的科學家組成一個科學諮詢小組，對風險評估提出外部的批評意見。

同年，CPUC指示民營的電力公司在興建新的輸電和配電線路時，需要遵循「無成本和低成本」的避免電磁場政策，並允許電力公司向繳費人收取不超過計畫總成本4%的費用，以便使用於為避免電磁場所採取的措施。CPUC還要求電力公司每年在某個月的電費賬單中提供關於電磁場研究的最新資訊，並且向用戶免費提供電磁場測量。

在不確定情況下四種政策架構導致不同的措施

關於電磁場可能產生各種疾病風險的確認程度在科學家中並非一致。在不確定的情況下制訂政策，是許多公共衛生問題的特徵，類似的案例包括全球溫室效應、狂牛症和輻射食品。就本計畫的學校和電力輸送系統政策而言，在項目設計和評論過程中，評估人員發現利益相關者在處理自願和非自願暴露之類的問題時會採用不同的政策架構。此外，他們還察覺到，關於政策選項的許多爭議，實際上是有關於架構的爭議。

經濟學家、工程師和政府部門常常採用結果導向的「功利主義」架構。凡是採用該架構的利益相關者在考慮其選擇方案時都有一組標準，最終選擇的方案是不同標準之間最佳的取捨結果。為了尋找平衡各項標準的最佳方案，功利主義者可能就有形標準訂定金錢價值，例如項目成本。他們甚至會為美學效果或基於品質調整的延長壽命年數之類的標準訂定了金錢價值。利益相關者採用該方法時會因為每個人的興趣不同，提倡不同的措施，功利主義化解衝突的方式是選擇「以最低成本為最多人謀取最大利益」的方案。有時候這種方法會忽略了社會上某些小群組的利益，因此在很多問題上，公眾並不支持功利主義架構，而支持「社會正義」架構（要求履行義務或保護弱者權利，而不考慮成本）、「自由主義」架構（嘗試保護個人和財產權利不受政府干預）或「實證主義」架構（證實問題後再採取措施）。

採用上述各種架構的人士可能傾向於不同的政策選項。例如，假設一個擁有電力公司的市政府認為源於電纜線（transmission lines）和電器的磁場可能有害，並希望採取改善措施，這個城市中的功利主義者可能建議由市政府的電力公司出錢，實施最符合經濟效益的減少暴露措施，無須顧及解決問題的方法和問題的來源是否相關。例如，他們可能大量收購暴露量大的舊電熱毯，而以暴露量小的新型號取而代之，以儘量防止電力輸送系統造成的疾病。採用社會正義架構的人士可能指出，在電力輸送系統附近居住的少數族裔仍然承

擔不平等的風險。他們可能會要求奉行高度「預警原則」，即使僅有幾位可信的科學家懷疑存在微小風險，但由於該風險違反了一小群人的利益，也應當制訂代價很高的避免暴露政策。他們甚至可能說社會有特殊義務保護該族群，因為除電磁場暴露之外該族群還承擔了其他風險，而且他們的收入低，不享有良好的醫療護理或種族平等。從該角度出發，對電磁場之類的环境媒介應當「在證明無罪前假定有罪」。因此，採用該架構的人士建議減弱線路磁場，以保護線路附近的居民，即使成本很高也在所不惜。他們可能也會要求電力公司履行義務，自費「收拾自己造成的爛攤子」。本政策分析報告有專章闡述該立場。

採用「自由主義」架構的人士可能反對以上兩種方案，因為這兩種方案都涉及為少數人的利益向多數人強制徵稅。無論科學家對電磁場風險的確信程度如何，「自由主義」人士可能倡導「知情權」知識普及計劃，透過自由市場和有關方面採取的自願措施解決問題。採用「實證主義」架構的人士，包含該領域中的所有科學家全部認為，在確定問題之前不希望採取任何措施。對這一類人士而言，電磁場是「在被證明有罪前假定無罪」。要化解上述爭議，並無任何技術性方法，民主社會只能透過政治程序進行解決。

加州電磁場計畫的政策分析者接受到的指令是，採用對所有架構有用的方法，突顯可能導致不同政策架構衝突的問題，以便幫助決策者判斷不同政策特徵對支持哪一種政策架構的利益相關者具有吸引力。「社會正義」、「自由主義」和「實證主義」架構的採取的基準是比較簡單的強制性原則，並不需要詳細闡述。其論點很容易被大多數利益相關者理解。但側重結果的「功利主義」分析由於其性質需要深入討論可能的後果，以及各種選擇方案的成本。因此，為了對功利主義利益相關者和政府官員負責，分析的大部分內容側重於功利主義方案，這對許多利益相關者來說可能難以理解。雖然DHS從加州電磁場計畫開始時就一直確保各利益相關團體充份參與，但是，在計畫的現階段，DHS不打算就以上四種政策架構提出帶有特殊立場的意見。而採用社會正義/環境公正架構的人士對其參與權特別關注。

在制訂關於無所不在的電磁場暴露政策時，決策者需要事先決定是否需要考慮成本，以及是否基於對電磁場風險不足100%的確信程度採取措施。對於不關心成本，或只有在風險完全確定後才同意採取措施的人士而言，加州電磁場計畫支持的政策項目的大多數內容並沒有幫助，而會考慮到此類問題的決策者將會發現本政策分析對其有所助益。

本政策計畫中所採用的決策分析方法在某種意義上，適合非功利主義的政策架構，因為此類方法允許利益相關者追蹤和瞭解暴露防範措施的出資者和暴露量超過平均值的人士。此類方法還明確表現出不確定性。

經濟學家判斷公共衛生措施價值的方法

像經濟學家那樣計算生命的經濟價值，只有在功利主義架構下有意義，因為該架構允許為人的生命及其他標準指定經濟價值。由於許多重要的利益相關者採用此一架構，我們決定正面對待該問題，儘管採用社會正義的利益相關者對於此問題的提出覺得不妥當，而採用實證主義架構的利益相關者在達到100%的確信程度之前，甚至不願為低成本的措施分配資金。

本計劃的政策分析者審查了一批經濟學(功利主義)文獻,這些文獻比較不同的醫療、公共衛生和環境政策及其有效性,推斷出經濟學家認為社會願意為避免一例統計死亡而承擔的成本。而該成本會因計劃不同而變化,範圍從100萬美元至1000萬美元不等。

作為功利主義架構論證各種避免措施成本所需要的健康福利之粗略指標,經濟學家通常以單位項目成本(例如把每一英里的69千伏線路埋在地下)除以避免的每一例死亡的價值(可假設為500萬美元,由此得出改變每英里線路所必須避免的死亡人數,以便證明單位項目成本具有「經濟效益」。我們由此提出了政策分析者在「籌措資金前」的基本項目成本。在各項報告中討論了利益相關者關於以上的問題及其他問題的論點。(以上數額很容易增加一倍。)我們在探討電力輸送系統時把全州的项目成本視作整數,在探討2000/2001年加州能源危機前的全州電力營業收入時把此等成本作為分數。

在政策項目的詳細分析中,我們審查了總使用週期成本,包括維護成本、相對可靠性、由於電阻而造成的電力損失、對物業價值的影響等。除物業價值以外(詳見下文),綜合分析得出的總體結論與下文中僅考慮資本成本的結論類似。某些經濟學家指出,需要對因為長時間暴露於電磁場所造成的死亡數字打折,因為人們在面臨迫在眉睫的死亡時會比在35年後才遭受死亡採取更積極的應對措施。為了使估計更加清楚,且由於某些人反對就統計死亡數字打折,我們列舉了(較小的)未經打折數字,在各項報告中對此類問題作了說明。

一位認真的功利主義者可能會詢問稀有資源是否可用於更具有經濟效益的措施。例如,如果把原訂用於變相或掩埋電纜線的款項用於反菸教育,是否可以用同樣的資金取得更大效益?政策分析者指出,資金流動有時無法跨越「決策領域」。CPUC不可能授權民營的電力公司把用戶交納的電費用於反菸教育,因此這個問題並無實際意義。但是,有些問題的提出則具有合理性。例如,如果電力公司花費資金進行改造技術,減少發電導致酸雨產生的硫和氮,導致全球溫室效應的二氧化碳,或導致環境污染的汞,是否會對健康更有利。如果此類措施的確更具有經濟效益,電力公司亦承諾會把原定用於電磁場的資源用於這些方面,那麼我們就可以只從事這些具有經濟效益的活動,例如當前採取的「無成本和低成本的防範措施」以及知識普及活動。此類活動的總成本普遍較低,因此需要在CPUC決策權限內從原定用於其他拯救生命的活動中挪用的資金較少。

加州電磁場計畫無法透過比較電磁場防範政策和電力公司可能採取的其他增進健康政策,回答功利主義架構的問題,因為迄今為止尚無關於這些問題的經濟效益分析比較。無論如何,非功利主義政策架構可以採用不同的原則,來衡量避免電磁場暴露和上述其他問題的相對益處。

下文所列的數字便於讀者確定加州境內的「暴露」人數,以及避免暴露措施是否需要非常重大,甚至難以實現的健康福利才能夠被經濟學家的功利主義成本/效益架構採納。

電力輸送系統

電纜線是高壓強力電流,從發電機組(通常經過金屬塔)通往變電站以及從變電站通往其他變電站的途徑。大約有13700「通道」(corridor)英里的69千伏至230千伏電纜線,

穿過加州住宅區，這些線路兩側五百英尺以內大概有150萬居民，其中有510,000人距離線路很近，會大量暴露於電磁場內（時間加權平均值{TWA}大於2mG）。毫高斯（milliGauss, mG）是磁場暴露單位。普通住宅的平均暴露量在0.5和1mG之間。

有時可以在不同電壓的電纜線上透過改善方法（如反相 reverse phasing、優相 optimum phasing和分相 split phasing）降低磁場強度，有多種此類低成本的措施，其平均成本約為每英里80,000美元。用每英里80,000美元的成本除以500萬美元（一例死亡的經濟價值），得出電纜線35年使用期限內每英里避免死亡的平均值，即0.016（或全程1700英里為27例死亡（未打折））。如果該「低成本措施」（總共1.36億美元）能夠避免以上的死亡事故值，經濟學家就會認為其具有經濟效益。照此計算對10年中的電費費率影響不到1%。

降低電纜線磁場的高成本措施是把線路移至地下，並且充分絕緣，使線路互相靠近，使其磁場互相抵消。在地面佈線時不可能保持如此緊密的距離。表1列出了地下佈線的成本。

加州從發電站通往用戶（通常使用木質電線杆）的地上一級主要電纜線為160,000英里。據估計，其中4%穿越居民區並產生流行病學研究中指定為「強」類的磁場。因此，約6,700英里的電纜線由於電磁場暴露問題而需要重新佈置。我們的分析者估計，有一百萬居住在上述線路附近的居民會大量暴露於其磁場（TWA大於2mG）。

配電線路（distribution lines）上有時可採用一種低成本而相當有效的方法抵消磁場，即按照「密集三角（compact delta）」形式佈線。此類方法的計算結果也列入表1。

就配電線路而言，高成本的方法是在地下佈線，並經過配置使磁場相互抵消。請參閱表1中對此種方法的計算。新電纜線或配電線路的定位、配置或掩埋成本低於現有線路的改裝成本。詳細的政策分析分別探討了這些選擇方案。

大約5%的人家中有顯著強化的磁場，此類磁場的來源是因為中性電流循著電線管道而非中性電線返回電網。據計算，以平均值超出2mG的住宅磁場計算，大約有550,000戶住宅和165萬人受影響。減少此種暴露的建議措施是插入一根絕緣管（通常是塑料製成），迫使電流返回中性電線。該項措施的每戶住宅成本在200美元至500美元。請參閱表1中的計算。

除進出發電站和變電站的電纜線和配電線路外，因為此等發電站所產生的電磁場對公眾的影響可以忽略不計。上文中對此類其他來源已經作了說明。

從表1中可以看出，大約有151萬加州人在住宅中，會暴露於電力輸送系統所造成的電磁場，且其平均值超出2mG，另外有165萬人的暴露量與此相當，但暴露來源是在戶內，原因是中性電流通過電線管道而不是中性電線返回電網。由於以上兩種來源之間有時重疊，所以總暴露量小於分別計算的暴露量之和。

除特定職業的群組外，大部分的日常暴露是發生在住宅內部，因為大多數人在一天24小時中有大量時間在家中。把電纜線重新調相、緊縮附近線路之間的距離、以及改變管道線路等較低成本措施在全州範圍內實施需要大約4.8億美元，這意味著在10年中把電費提高不足1%。在35年的線路使用期限內，在全州必須避免大約96人死亡（未打折）才足以使上述措施被經濟學家認定為具有經濟效益。把居民區電纜線以及產生大量電磁場暴露的配電

線路轉入地下的高成本措施以及改變家中管道以解決中性電流回路的問題的低成本措施總共需要大約76億美元，這意味著在10年中把電費提高3.5%。必須在35年的線路使用期內避免大約1,500人死亡（未打折）才足以使上述措施被經濟學家認定為具有經濟效益。

表1. 住宅電磁場來源、低成本和高成本的暴露防範措施，以及經濟學家認定具有經濟效益所必須避免的死亡人數

EMF來源 和減少暴露 措施	「受影響的」 居民人口 TWA > 2MG	數量 [¥]	低成本措施（重新調相和縮小線路間的距離）				高成本措施（地下布線）			
			單位成本	總成本	占10年營業 收入百分比	為論證成本 35年中在全 州避免的死 亡人數 ¹	單位成本	總成本	占10年營業 收入百分比	為論證成本 35年中在 全州避免的 死亡人數 ¹
電纜線	510,000	1,700英里	\$80,000/英里	\$1.36億	0.06%	27	\$146萬/英里	\$24.8億	1.13%	495
配電線路	100萬	6,700英里	\$35,000/英里	\$2.345億	0.11%	47	\$75萬/英里	\$50.3億	2.3%	1,005
地下	165萬	550,000戶住宅	\$200/每戶	\$1.10億	0.05%	22	\$200/每戶	\$1.10億	0.05%	22
合計	259萬*			\$4.805億	0.22%	96		\$76.1億	3.46%	1,522

[¥] 線路英里數為分析者作出的最佳估計。據加州電力公司解釋，欲得出住宅區的輸電和配電線路的確切長度，必須進行一項特別研究。

¹ 透過用總成本除以500萬美元（避免一例死亡的價值），功利主義者可以得出使措施具有經濟效益所必須避免的死亡人數。

* 暴露總人數小於按照每一種來源分別計算的暴露人數之和，因為不同來源之間有重合。

資料來源：von Winterfeldt等人。電網項目：www.dhs.ca.gov/chib/emf

把暴露防範措施實施於新電纜線或配電線路可以降低總成本，減輕對電價的影響，減少從其他活動中挪用的資金，同時能產生類似的經濟效益。這樣便不用再針對非自願受輸電系統影響的大多數人制訂計劃。知識普及計劃符合社會正義架構「知情權」的要求，但其經濟效益不確定。年度預算為500,000美元的計畫必須每10年在全州避免一例死亡才具有經濟效益。

學校

在加州電磁場計劃的一項調查中，採取隨機抽樣的方法挑選了89所學校，根據這項調查，4種電磁場來源（淨電流（net currents）、配電盤（electrical panels）、配電線路和電纜線）約佔加州學校暴露量的80%。最常見的來源是在分配電盤和接線盒中錯誤連接中性導體。表2基於以上4組來源進行了類似計算。

上述接線錯誤會產生「淨電流」。這種接線方法違反電力法，可能增加火災風險。它還會產生磁場。改變接線的成本並不很高，但許多學校中至少有一座教室受影響。靠近配電盤是一種罕見的暴露來源，但需要採取一種成本很高的屏障措施。配電線路和電纜線並不是常見的學校暴露來源，可以按照上文闡述的方法進行處理。計畫分析者估計，為消除2mG以上的磁場，全州處理上述4個來源的總費用約為4,300萬美元。有些利益相關者認

為，應當從總成本中扣除1600萬美元的淨電流相關費用，因為此種情況違反電力法，無論如何都需要進行改善。全州總成本中很大的一項費用是對全部8,000所學校進行有系統的電磁場暴露調查，以檢測異常來源。（由於並非所有學校都有4個來源，所以在橫列中的合計並不總是等於各單元格中的數字之和。）

為使4,300萬美元的項目具有經濟效益，經濟學家將要求35年內，在500萬學生和50萬教職員工中避免9人死亡。

以「毫高斯/小時」表示的電磁場暴露量中，很大一部分是源於2mG以下的磁場，而表2中列舉的措施旨在消除2mG以上的暴露，所以這些方法僅能消除部分暴露來源。有一些流行病學證據表示，只有磁場強度達到3-4mG時，風險才會開始累積。

表2. 使教室中基於空間測量的磁場平均強度達到2 mG標準所需要的成本

（表中的成本為最佳估計數字，基於ZAFFANELLA AND HOOPER 2000年的單位成本估算和暴露資料。實際成本可能與這些估計數字有很大差別）

	來源				
	僅淨電流	僅配電盤	僅配電線路	僅電纜線	所有來源
每一所受影響學校之成本	\$5,300	\$37,000	\$30,000	\$65,000	\$13,000
受影響學校之數目	~3,000	~300	~300	~200	~3,500
全州總成本	\$1600萬	\$1200萬	\$900萬	\$1300萬	\$4300起
按照每避免一人死亡價值為500萬美元計算，為具有經濟效益在全州範圍內需要避免的死亡人數	3.2	2.4	1.8	2.6	9
全州成本，不包括調查費用	\$800萬	\$400萬	\$830萬	\$1280萬	\$3300萬
全州調查費用	\$800萬	\$800萬	\$70萬	\$20萬	\$1000萬
在全州範圍內消除的電磁場暴露量比例	20%	1%	4%	3%	29%

資料來源：Fbrig, K. 學校政策項目，www.dhs.ca.gov/ehib/emf

詳細決策分析結果

利益相關者向政策分析人員指出，直接項目施工成本和可能產生的健康福利並不是比較現狀、低成本方案和高成本方案的唯一標準。特別是關於最重要的電力輸送系統，利益相關者就數種方案對可靠性、源於電阻的電力損失和物業價值的影響存在著爭議。人們還認識到，任何改進措施的資金籌措方式（現收現付或借款支付利息）都很重要，並對另外20項因素—包括樹障、避免異物撞擊電線杆、對空氣污染的影響和電路引起的火災—也作了考量，但其成本遠遠低於以上列舉的因素。因此，對後一類因素的考量並沒有影響方案

的先後順序排列。評估人員就配電線路和各種電壓級別的電纜線以及為避免地下電流對地下系統作出的改動編寫了一份報告，並建立了電腦模型。此類模型使各類利益相關團體的諮詢人能夠質疑模型的假設，證實模型結果的正確性。在學校政策分析中也採取了類似方法。

另一個富有爭議的問題是有關於電磁場恐慌對靠近電纜線的物業之影響。感到關切的公民利益相關者認為，電磁場恐慌已經影響了物業價值，把線路轉入地下能夠使臨近的物業恢復至原價值。他們還認為，即使物業重新估值導致的價值上升很小也足以抵消掩埋線路的成本。如果一英里長的電纜線附近有百座價值30萬美元的住宅，價值上漲10%也會產生300萬美元的增值，該增值可用於掩埋線路。

政策分析者指出，在加州，人們經常買賣房屋，對於在80年代以前—即電磁場恐慌出現之前—買房的人而言，地下佈線可能恢復物業的原價值，但對於在電磁場恐慌出現之後廉價購買住宅的人而言，他們將平白無故受益。另外，除非輸電線路附近的居民能夠把物業損失的成本在所有電力用戶之間均攤，否則雖然他們獲得補償或意外收入，但其他電力用戶承擔的電價負擔並未減輕。計算電磁場恐慌造成的物業價值損失還會建立一個先例，使人們就其他可能產生風險但未經證實的環境媒介提出要求。另外，並非電纜線附近的所有居民皆是住宅的主人，因此會涉及環境正義問題。最後，電力輸送系統政策的一個子項目說明，就電磁場對物業價值的影響（與環境美觀因素相比）提供充足的證據不僅成本很高，而且十分困難，這對CPUC來說也是一個重要的問題。

讀者如果希望瞭解全套結論，請查閱實際項目總結及報告全文（www.dhs.ca.gov/ehib/emf）。一般而言，電力輸送系統和學校政策分析的結果均表明，即使只有對電磁場導致兒童白血病有某種程度的確定，也可以論證低成本至中低成本的措施之經濟效益。但如果局限於這一種疾病，即使能夠100%的確定電磁場產生很強的影響，也不可能論證高成本措施的經濟效益。但如果擴展至數種疾病，則只須對電磁場的影響有中等程度的確定就能夠論證高成本措施的經濟效益。

以上兩項政策分析均審查了在臨近電纜線和學校的地區所制訂的標準方案，與只要求人們盡其所能利用現有技術降低磁場相比，這種作法的實施難度較大。制訂具體的教室標準必須要求對相關測度有確切瞭解並能夠定義出安全水準。就離子幅射而言，並沒有假設影響閾值，而是選擇某種「最小」的風險水準，通常暴露水準為百萬分之一或十萬分之一的風險概率。至於另外一些有影響閾值的媒介，使用的安全係數從10倍到1000倍不等。採用此種方法時，如果X毫高斯是顯示健康影響的最低水準，則標準設定在X/1000毫高斯。採用任何類似這樣的方法所訂出的標準，都將會遠遠低於遠離電纜線的住宅中背景水準的標準。在每一項政策分析中都探討了正反兩方面意見。

DHS指派了三位科學家審查電磁場文獻，其中一位是醫生/流行病學家，一位是遺傳病學家/流行病學家，另一位是曾經接受過流行病學培訓的物理學家。另外有10名DHS科學家為他們提供協助。讀者可以從「風險評估」（www.dhs.ca.gov/ehib/emf）中看出，在研究、考查電磁場的具體證據之前，這些科學家對於日常暴露於電磁場中會導致疾病的確信程度很低。在審查電磁場證據後其確信程度則提高了。

三位DHS科學家在不同程度上認為電磁場能夠在某種程度上增加兒童白血病、成人腦癌、婁吉氏病和流產風險。另一方面，他們深信電磁場不會增大嬰兒有先天性缺陷的風險或是導致嬰兒出生時體重下降，亦深信電磁場不是「絕對致癌原因」，因為若干癌症類型與暴露於電磁場無關。他們也在不同程度上認為電磁場不會增大心臟病、阿爾海默氏病、抑鬱症或是其他由於對電磁場敏感所產生的症狀之風險。關於電磁場在某種程度上增大自殺風險的結論，三位科學家的判斷均介於信和不信之間。至於成人白血病，兩位科學家介於信和不信之間，一位科學家傾向於相信電磁場在某種程度上會增大風險。

雖然三位電磁場評估人的結論之間存在著重要差別，但是與從事科學文獻評估的其他科學委員會的大多數成員相比，電磁場科學家更傾向於認為電磁場暴露會增大上述各種健康風險，其他幾次評估分別由國家環境健康科學研究所工作組（NIEHS）於1998年、國際癌症研究署（IARC）於2001年和英國國家放射性保護委員會（NRPB）於2001年作出。這些委員會均認為電磁場是導致兒童白血病的「可能」原因。因此，和DHS小組一樣，這三個小組的成員並沒有在很大程度上接受物理學家提出的論點，即住宅區電磁場很弱，不會導致任何生物影響。另外，NIEHS還認為電磁場可能導致成人類淋巴白血病，NRPB認為婁吉氏病可能與電磁場相關。DHS的三位電磁場科學家提出的結論與上述三組人員不同之處在於他們更傾向於認為電磁場與上述三種疾病相關並認為有證據證明電磁場與成人腦癌和流產相關，而後兩種情況其他專家小組未予以考慮或認為「證據不足」。得出以上不同結論有數種原因。三位DHS科學家認為，有一些原因使得動物和試管實驗未能發現機制或健康問題；因此，雖然此類動物和試管研究中缺乏許多證據，但這並未在很大程度上減弱他們的信心或導致他們強烈懷疑以人為對象的統計研究所提供的流行病學證據。

由於即使是流行病學家所發現的最低風險也意味著終身風險大於1/100,000，如果確實如此，則與最罕見疾病的相關也會使政府部門感到有興趣。不過電磁場暴露所產生的絕對個人風險則說明，大多數大量暴露的人並不會患這些疾病。但是，即使在加州背景死亡中僅有百分之幾是源於DHS科學家在某種程度上相信的病症（兒童白血病{3,465例背景死亡/35年}、成人腦癌{45,290例背景死亡/35年}、婁吉氏的{15,190例背景死亡/35年}），在35年內仍然可能有超過98人死亡，也就是說，對於電力輸送系統進行改變是具有經濟效益。在學校中如果在35年中能夠避免9人死亡，所作的改變也就是具有經濟效益。

在臨近電纜線、家中線路、管道和電器的環境中存在著多種電現象，包括各種頻率和方向的電場和磁場、暴露於地下管道產生的漏泄電流和帶電的空氣污染顆粒。流行病學研究主要針對磁場或與之密切相關的因素。一些研究人員認為，真正的原因不是磁場而是與之相關的高頻或低頻、漏泄電流或帶電的空氣污染顆粒。排除電場的措施並不是總和排除電流或帶電顆粒的措施相同。在一些情況下可能需要不同的高成本措施才能解決上述三種可能來源產生的問題。在另一些情況下，一種或多種低成本避免措施即可同時解決三方面的問題。各方面影響之爭議增加了問題的不確定性，也使決策更加困難。由加州電磁場計畫出資的政策計畫探究了面臨上述不確定因素時各種可供選擇的方案（見 www.dhs.ca.gov/ehib/emf）。此等方案可以為CPUC及其他州政府部門提供決策資訊。

其他政策影響

在計畫的目前階段，DHS並未提出建議。有興趣的公眾應當查閱關於輸電系統和學校政策分析的資料，這些資料涉及各類題目，包括對電力輸送系統和學校採取的低成本和高成本措施以及進一步研究的經濟效益。本計畫還贊助了一項可行性研究，目的在發現可能產生電磁場暴露的工作項目，例如使用電力工具。此研究對於關心職業安全政策的部門可能有用處。

政策項目並未涉及公眾感興趣的所有問題，例如：

- 繼續或中斷關於新計畫中採取無成本或低成本的CPUC政策，在帳單中每年一次提供關於電磁場的資訊，免費為用戶測量電磁場
- 是否批准電纜線下方地段的租賃權，是否批准靠近電纜線的操場和健身小道的建造，是否允許在現有電纜線塔上改變電流強度，是否要求記錄電纜線上的電流以便進行進一步研究
- 是否對那些可能測試校園電磁場或從事電力承包工作的人進行培訓和資格認證
- 選擇關於其他建築類型的方案，例如辦公樓、醫院、托兒所、養老院、工廠
- 關於電氣火車和電氣或混合動力汽車中電磁場的方案和公眾資訊
- 關於電力和其他職業安全的方案
- 向政府機構和公眾提供教育和技術服務的方案
- 設計電器或建築規則的方案
- 在工作環境中避免電磁場的方案
- 節約能源，利用太陽能 and 風力以及「分散發電」方法，減少電力消費和縮短輸電距離（如果有）
- 對進一步研究的監督、組織和資金籌措，以及進一步政策相關研究的題目（如果有），例如關於地面和地下相對可靠性的研究、線路附近發生電擊的研究、以及與電磁場有關的進一步常見健康研究
- 出於增進公平和環境正義目的採取的措施之實施方案

從功利主義經濟效益角度來看，關於各種審查的病症之因果關係的確信程度說明，有足夠理由採取若干低成本和較低成本的措施。

基於「風險評估」，採取各種政策架構的人士可能主張採取不同的措施。支持社會正義架構的人士可能倡導成本較高、範圍較廣的措施，支持實證主義架構的人士可能要求目前不採取措施，而支持自由主義架構的人士可能要求僅僅採取宣傳措施。

CPUC有調解電力輸送系統利益和觀點衝突的行政程序。鑒於加州需要更多發電能力和輸電能力，這一點至關重要。州和地方政府機構制訂關於學校的政策，由於電力無所不在，許多政府機構對該問題都可能感興趣。

風險通報及對其他電磁場決策之影響

本計畫出資進行了一項涉及電力輸送系統和公立學校的詳細分析，但電力無所不在，在已開發國家中的作用至關重要。透過對電力輸送系統和學校採取有關措施，決策者將發出一個訊息，即有必要改變電器、商業和公共建築、電力傳輸和工作環境標準的設計。儘管「風險評估」顯示絕大多數個人不會受電磁場影響，如果在學校中、電力輸送系統附近地區和住宅中採取強制性避免措施可能引起人們的擔憂。而擔憂本身也會影響健康。在使用電力和存在電磁場暴露的行業中可能引發侵權訴訟。這些都是建議新環境法規時需要考慮的問題。例如，當80年代中期通過「65號法案」，要求對含致癌物質和繁殖性有毒物質的產品加標籤時，公眾就對類似問題表示出重大關切。現在，十幾年後，許多最初關於管理條例的恐慌看來是被誇大了。以往的經驗表明，只要對個人沒有益處，並且屬於非自願暴露，即使風險很小人們也總是採取「儘量安全以免將來後悔」的態度。但是，如果對消除暴露要付出代價或忍受暴露是有好處的，人們常常願意承受風險，而不會太急於解決問題。因此，有必要向公眾提供資訊，使利益相關者就如何處理電磁場暴露問題達成一致意見。