

一・項目簡介

(項目所屬科學技術領域、主要研究內容、發現點、科學價值、同行引用及評價等內容。)

本項目成果涵蓋多個學科領域，主要包括月球科學【1606080】，空間環境學【1702550】，遙感地質學【1705067】。

行星表面環境及其演化規律，是深空探測的重要科學目標，也是確保深空探測任務順利實施的關鍵。在我國大力開展深空探測的背景下，本項目就月球與火星表面的塵埃、輻射、次表層結構及演化中的關鍵科學問題展開了系統研究，主要成果包括：(1) 基於就位探測數據首次發現月球晨昏綫附近撞擊坑上空的大量塵埃活動，結合數值模型成功解決了阿波羅時期與後期衛星塵埃觀測數據的衝突問題，闡明月球塵埃活動不是全球性的而是短時、局部的塵埃噴發，以及空間環境引起的靜電作用是大規模月球塵埃發射及遷移的主要機制；(2) 揭示嫦娥四號著陸區淺表層月壤特性、掩埋撞擊坑及多層狀地質結構，首次通過就位探測識別了月球背面曾經出現的多次火山噴發現象，發現噴發量隨時間減小的直接證據；(3) 首次發現 π 介子引起的核反應在宇宙成因核素產生中的重要貢獻，建立了計算宇宙成因核素產生率的自治模型；(4) 揭示了長期太陽活動對近月空間銀河宇宙射線及異常宇宙射線的調製規律，發現人類進入空間時代以來創紀錄的銀河宇宙射線通量。首次在月球表面測量到宇宙射線能譜及 He 同位素比值，與廣泛使用的模型預測存在顯著差異；(5) 在中國第一個火星環境模擬基地-柴達木盆地，系統開展表面地貌及環境類比研究，為我國火星探測任務提供重要參考。

這些新的科學發現的價值表現在：(1) 解開了長期以來的月球塵埃活動之謎，揭示空間塵埃靜電發射機制在無大氣地外天體表面過程及行星形成與演化中的重要作用；(2) 月球背面淺表層地質結構觀測，反映了月球正面和背面不對稱火山活動機制，為月球熱演化研究提供了新的直接證據；就位探測的月壤結構和性質參數為月球遙感數據解譯、資源開發及月球基地建設提供關鍵信息；(3) 解決了長期以來宇宙成因核素產生模型的自治性問題，為利用宇宙成因核素研究太陽高能粒子及宇宙線的歷史通量以及樣品暴露年齡奠定了理論基礎；(4) 揭示的宇宙射線時空變化規律以及月表宇宙綫能譜為月面輻射及空間風化研究提供關鍵數據；太陽活動極小期的新觀測證據對宇宙線輸運模型提出了挑戰；(5) 柴達木盆地的系統研究為中國火星環境模擬基地的確立，以及火星地貌、古環境甚至環境宜居性研究提供重要資料，為未來火星探測任務提供地面試驗場。

上述成果中過半論文是近兩年發表，仍有較好的引用記錄，合計被 WOS 收錄期刊引用 148 次，他引 86 次。其中，有關月球背面淺表層地質結構的研究成果，被《自然-通訊》評為該刊 2020 年天文與行星科學領域十大亮點論文之一。有關月球塵埃的研究，獲得月球大氣與塵埃環境探測衛星負責人的認可。國際同行在宇宙成因核素產生率模型基礎上開展了系列研究工作。基於項目成果為中國後續探測任務提供科學支撐，張小平及徐懿在我國天問二號小行星探測及嫦娥七號月球後續探測任務中的三個相關科學載荷上擔任首席科學家。對本項目成果進行報導的國際及國內主流媒體主要有：央視國際頻道，新聞頻道，學習強國平臺，人民日報海外版，新華社，澳門日報，Space.com (全球最大的空間科學新聞網站)，中國探月工程官微，Lusa 等葡文媒体等。本項目合計培養博士研究生 7 名，碩士研究生 9 名。

(字數不超過 1200 字)