

凝態物質

曾君愷

凝態物質的研究，開始於十九世紀初原子結構的發現，以及大約同時推出的量子力學；一九一二年X光繞射的發現及應用更有了作初步定量觀察的實驗技巧。隨著量子力學的發展，關於凝態物質結構及性質的定量或半定量理論也有高速的進展。

例如，超導早在一九一一年就已經發現了，當時認為只有少數簡單金屬具有此性質，而今已經知道許多的合金同樣也具有超導性。對此現象的理論解釋直到一九五七年才發現，但仍就有許多方面缺乏透徹的認識。

近年來的發展大多屬於下列各項：

- 1 固體電子組態的更深入研究——電子組態的精密計算可以增加對物質的結合及其彈性的認識。transport phenomena 已有相當深入的瞭解，而這方面的知識對電子裝置、固態雷射及許多技術方面的發展有很大的幫助。
- 2 超導性的理論解釋——最早是一九五七年由Bardeen, Cooper及Schieffer提出的理論；但在一九六二年Josephson 所提出的最為突出，他預測了以絕緣物質隔離之相鄰二超導體之間的一些性質及現象，可以利用來決定 e/h 值，較其他任何方法都要精確數位。
- 在工業技巧上，超導體的應用極為廣泛。超導體線圈能以很小的耗費功率產生磁場，其他像高壓傳送電纜、電動機、變壓器、高速無輪車，甚至用在電腦記憶裝置上，都是目前極具發展潛力的研究項目。
- 3 高純度晶體的製造——晶體純度的提高，改善了半導體的品質，而改善後的半導體裝置應用在核子物理、原子物理實驗的偵測器上，可以提供較高的能量鑑別率。晶體成長的技巧在材料科學上也頗具發展，如噴氣引擎的渦輪葉片若以單一完整晶體製成，能有較高的延展性及強度。
- 此外，晶體格子缺陷及無定形物質的研究，近十年來才由定性進入了定量，

興趣轉移到較複雜而不規則的晶體上，多仰賴計算機的分析，而不再局限於錯，矽及一些簡單金屬。

4 處於高度溫度、壓力下物質的性質——在這方面多由實驗的結果導至理論上的新發展。新的實驗技巧能達到更低的溫度，更高的壓力以及更強的磁場，例如利用 Shock wave 產生數百萬大氣壓，以超導體線圈得到強磁場， He — He dilution refrigerator 提供低溫。

這些研究在材料科學也有貢獻，如人造鑽石就是在高壓高溫下製成，其品質可以亂真。除此，在天文物理的研究上也很有用處。

5 Disordered condensed material——固體的電子理論及晶體格子動力學已擴展到disordered 凝態物質，應用方面也是在合成新的材料，以這些新材料發展電子裝置是極有希望的。

6 固態電漿中的多體效應——目前對一般性的多體系統還不能做完全正確的處理？但在計算的修正上已有相當程度的改進，這對超導性的理論研究是不可缺少的。多體系統的實驗也由雷射的 Raman Scattering 及熱中子散射提供了許多資料。

以上所舉只是目前較有希望的幾個方向，當然還有許多未能預見的發展。總之，凝態物質是物理學中極豐富的資源，在今後近年內仍將為一大主流。凝態物質發展上遇到的困難（此段指美國而言），起於研究的機構過於分散，雖然大學、工業機構以至政府及國家研究機構都有這方面的研究，但這些機構全屬中小規模，在其他 subfield 大手筆的研究計劃下，難免成了犧牲者。事實上目前並沒有國家方面的支持，更有甚者，若干既有的設備都已停止使用。而前進的研究偏偏又非龐大的設備不可——強磁場、高壓、高溫的來源，大型計算機，更強的中子源，電子顯微鏡等等，實在給小規模的研究單位帶來了莫大的困難。

