

3.1.1 土質隧道

一般土質隧道大都位於都會區之土層，除採用明挖覆蓋工法外，大都採用潛盾機開挖搭配環片支撐之方式興建，且往往鄰近有建築物，因此，其監測重點與需求著重於鄰近建物傾斜、地表沉陷、環片變位等。各部位監測內容、方式與儀器臚列於表一，建議配置位置如圖四(a)所示，表一並附註說明各項監測採人工方式或可自動化。

3.1.2 山岳隧道

山岳隧道顧名思義係穿越岩盤所興建之隧道，故其監測重點與需求則著重於隧道洞口穩定性、岩層塑性區或水壓之變化、襯砌內淨空變位與裂縫變化等。各部位監測內容、方式與儀器臚列於表一，建議配置位置如圖四(b)所示。

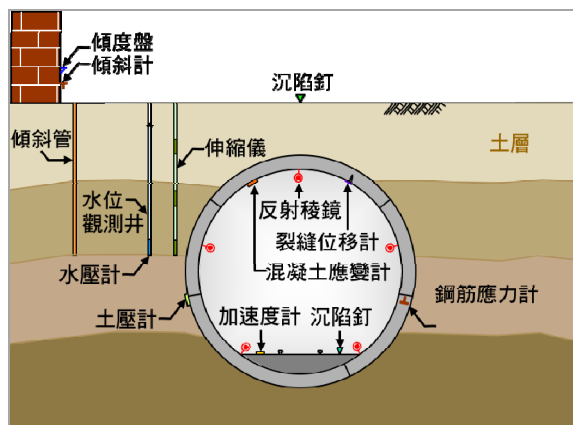
而有些隧道會將施工期間所安裝之監測儀器保留至營運階段繼續量測，惟因施工因素與環境影響，監測儀器之耐久性往往不佳，故建議於設計階段整體考量與規劃，以利施工階段設置或預留管線空間。

3.2 隧道新監測技術

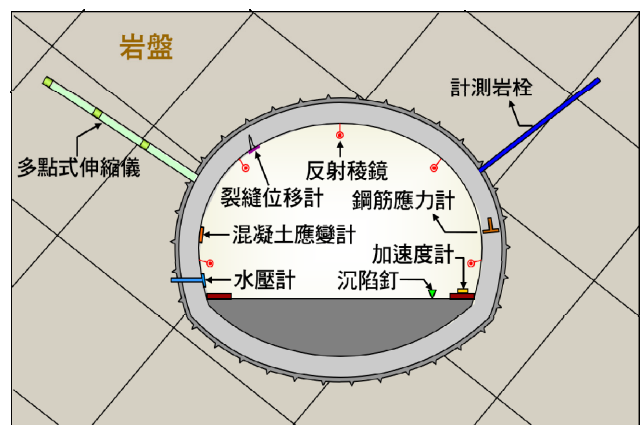
隨著科技的進步，微機電系統 (microelectromechanical systems, MEMS)、光纖光柵(optic fiber bragg grating, FBG)等技術已陸續開發並應用於隧道監測，例如電子式收斂儀(圖五(a))與陣列式變位儀(shape accel array, SAA)(圖五(b))便是將MEMS應用於隧道內淨空變位監測。

表一 隧道一般監測技術

隧道種類	部位	監測內容	監測方式/儀器	備註
土質隧道	隧道	隧道內淨空變位	反射稜鏡+全站儀	可自動化
		軌道板(或路面)沉陷、上浮	水準測量/沉陷釘	人工
			桿式沉陷計	可自動化
		環片應力	鋼筋應力計	可自動化
		環片應變	混凝土應變計	可自動化
		環片裂縫變化	裂縫位移計	可自動化
	隧道震動感測	加速度計	可自動化	
	土壤/地表	土層荷重變化	土壓計	可自動化
		土層水壓變化	水壓計	可自動化
		地下水水位變化	水位觀測井	可自動化
		地中變位	多點式(或桿式)伸縮儀	可自動化
		土層側潰(移)	傾斜管	可自動化
地表沉陷、隆起		水準測量/沉陷釘	人工	
鄰近建物	建物傾斜	傾度盤+經緯儀	可自動化	
		傾斜計	可自動化	
山岳隧道	隧道	隧道內淨空變位	反射稜鏡+全站儀	可自動化
		路面(或軌道板)沉陷、上浮	水準測量/沉陷釘	人工
			桿式沉陷計	可自動化
		襯砌應力	鋼筋應力計	可自動化
		襯砌應變	混凝土應變計	可自動化
		襯砌裂縫變化	裂縫位移計	可自動化
	隧道震動感測	加速度計	可自動化	
	岩層	塑性區範圍變化	多點式(或桿式)伸縮儀	可自動化
		岩栓受力變化	計測岩栓	可自動化
		岩層水壓變化	水壓計	可自動化
	洞口/邊坡	洞門、擋土牆傾斜	傾度盤+傾度儀	可自動化
			傾斜計	可自動化
邊坡潛移(滑動)		傾斜管	可自動化	
地錨荷重變化		地錨荷重計	可自動化	



(a) 土質隧道



(b) 山岳隧道

圖四 隧道一般監測項目配置示意圖