



加州高速鐵路系統的修建工程將建造穿越南北加州山區的山區，全長 40 到 50 英里。北加州的高速列車將穿過代阿布洛嶺的帕切科關隘 (Pacheco Pass) (如圖 1)，全長超過 15 英里，這是舊金山灣區和中央谷地之間的重要紐帶：

- 1 號隧道位於 Casa de Fruta 以西，全長 1.6 英里。
- 2 號隧道沿著 San Luis Reservoir 的北側延伸，全長 13.5 英里。

帕切科關隘的地形條件決定了修建隧道的必要性。陡峭的坡度和急轉彎的山道會危及高速行駛中的列車的安全性。修建隧道可以使鐵路線在這種地形上保持相對筆直和水平的路徑。這些山脈的連通將為矽谷和中央谷地提供重要連接，並將旅行時間從駕車至少三小時減少到坐火車大約一小時左右。

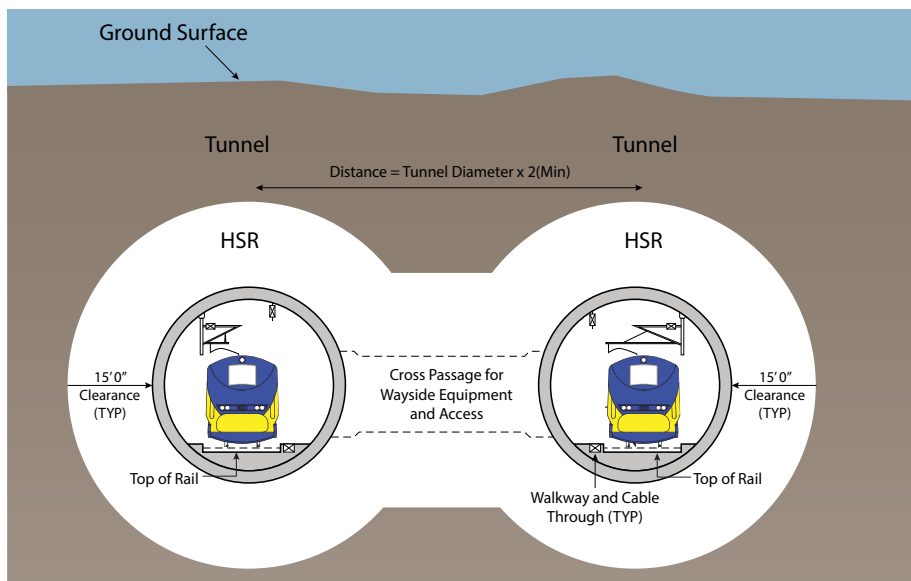


圖 1. 圖解橫截面顯示雙孔隧道的典型配置。

## 國際範例

由於隧道修建是高速鐵路系統中的一大難點，當初專案工程師結合了國際專家的意見，才得以在美國交付第一條穿越山口的高速鐵路。

國際範例有：日本和中國，擁有世界上最長的 20 條鐵路隧道中的 14 條；英國，連接倫敦和蘇格蘭的 HS2 工程包含大量隧道路段修建；以及瑞士、義大利和奧地利，它們的高速鐵路隧道連接阿爾卑斯山兩側的城市和國家。

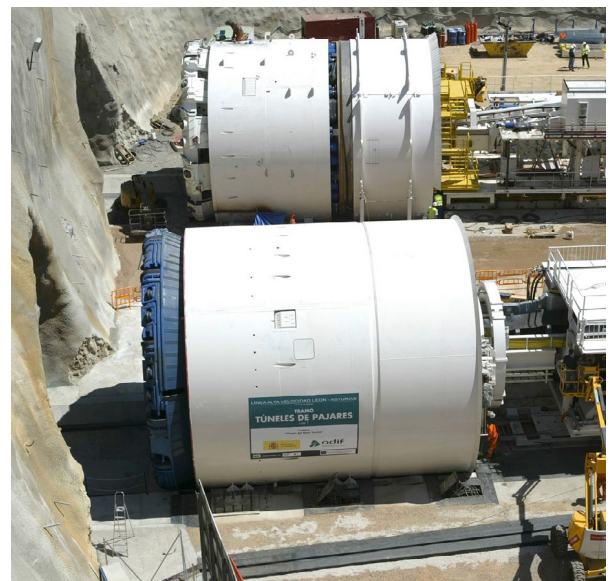


圖 2. 用於修建雙孔隧道的隧道掘進機的照片。



## 隧道事實速覽

- 全長 13.5 英里的 2 號隧道是加州高速鐵路工程第一階段計畫中最長的隧道。一旦建成，它將成為美國最長的城際鐵路隧道。
- 高速列車可以在隧道中以最高速度行駛。南行列車會在駛離吉爾羅伊時加快速度，達到每小時 220 英里，並將繼續以這個速度穿過隧道進入中央谷地。
- 典型的隧道配置是雙孔隧道，每條隧道只有一條軌道（如圖 1），但兩條軌道的單孔隧道也是可行的。
- 一旦開始施工，1 號隧道預計需要兩到三年才能建成，而 2 號隧道預計需要長達六年的時間。

## 潛在的挑戰

帕切科關隘隧道地處偏遠，對測量和施工造成挑戰。設計隧道時考慮的問題包括：

- 建設基礎設施和創造資源以支持工程：修建隧道需要大量的水和電。
- 帕切科關隘的地質條件：劣質岩層、斷層和剪切帶，以及潛在的大量地下水流入，都會影響隧道的穩定性，並對生物和自然資源構成威脅。

## 隧道施工方法

隧道施工的典型方法包括：

- 隧道掘進機 (TBM)，一種用於破碎岩石和土壤的旋轉刀盤（如圖 2）
- 巷道掘進機，就像狗的前爪一樣挖掘材料
- 挖掘和覆蓋技術，包括挖掘和覆蓋溝渠
- 爆破技術，使用一定的炸藥來破碎岩石然後進行挖掘

初步工程分析已確定，帕切科關隘高速鐵路隧道的修建工程最有可能採用的施工方式是隧道掘進機。將使用巷道掘進機挖掘橫向聯絡通道（如圖 1），這些通道相距一定的間隔，用於移動設備和在緊急情況下進行疏散。一旦選定承包商並完成最終設計，這些方法將在專案工程設計的未來階段確認。

## 隧道安全

為了盡可能設計最安全的隧道，管理局正在採用來自世界各地的最佳做法。識別斷層帶和可液化土壤等地面條件非常重要。隧道需要口寬以便適應地震可能引起的最大位移，以便重新調整軌道並儘快恢復通車服務。

管理局制定了安全規範，以因應列車在隧道中發生緊急情況。在施工期間使用不燃材料和滅火技術來降低火災隱患。此外，如果列車需要停在隧道內，乘客和工作人員可以利用橫向通道緊急疏散。

管理局也將使用如圖 4 所示的早期地震檢測系統 (EEDS)。管理局也將定期沿導軌安裝地震探測器，並透過專用的高速鐵路通訊系統相連。

當探測器偵測到一定震級的地震事件時，所有列車都會自動停駛，且其他列車不得進入該區域。在 2011 年的日本大地震中，這種地震偵測技術對於讓高速列車安全停駛發揮了至關重要的作用。

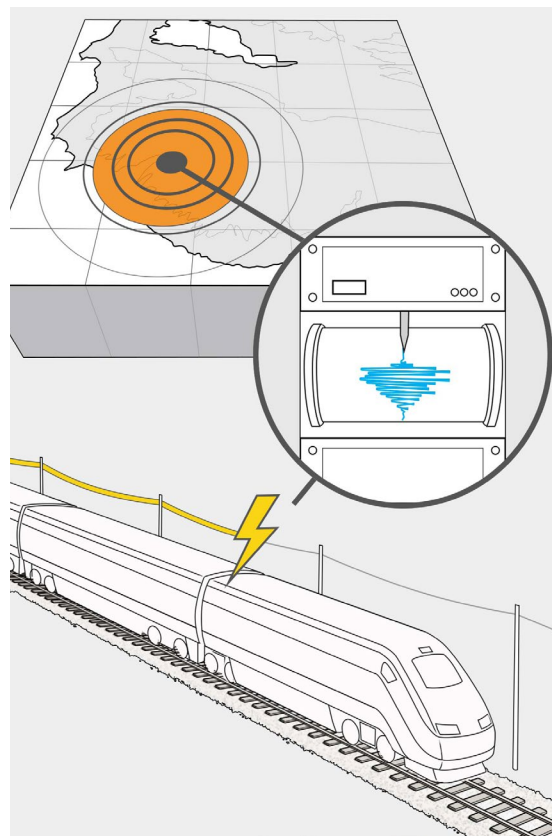


圖 4. 早期地震偵測系統 (EEDS) 偵測震況並警告高速列車的示意圖。

## 野生動物生態與保育

帕切科關隘擁有許多脆弱的野生動物廊道、自然棲息地和生態敏感土地，例如 Cottonwood Creek Wildlife Area 和 Pacheco Creek Reserve。確保這些土地在未來幾個世代仍然保持原狀，是加州高速鐵路管理局 (California High-Speed Rail Authority) 的首要任務。

藉由修建地下高速鐵路隧道，土地表面積幾乎能維持今天的原狀，並且保護帕切科關隘地區現有的野生動物活動廊道和棲息地（例如圖 5 中所示的美洲獅和圖勒麋鹿的棲息地）。



圖 5. 生活在帕切科關隘地區的生物有很多，圖中顯示的美洲獅和圖勒麋鹿是其中的兩種。



圖 3. 顯示吉爾羅伊以東的 1 號隧道和穿過帕切科關隘的 2 號隧道的位置圖。