

從用路人觀點分析長隧道通行機車之交通管理課題

Analysis of Traffic Management Issues for Motorcycle Access Long Road Tunnel from the Point of View of Road Users

許志誠^{*}

周文生^{**}

黃珮瑄^{***}

Chih-Cheng Hsu Wen-Sheng Chou Pei-Hsuan Huang

摘要

本研究從用路人之觀點出發，問卷問項設計主要包含長隧道行車影響因子、長隧道通行機車交通管理策略二個面向，採用李克特五點尺度量表計分，將用路人分層便利性抽樣（大客車、大貨車、自小客（貨）車、機車），經由紙本問卷調查，共得到實際樣本 322 份。研究結果顯示，用路人在環境層面認為廢氣影響程度最大；事故面認為違規超車影響程度最大；策略意見面對於建構科技執法設施認同程度最高。進一步探討則發現，大客車、大貨車多數不支持長隧道開放機車；自小客（貨）車比例各占一半；機車有四分之三支持開放。本研究之成果期可供政府機關未來擬定長隧道相關交通政策時參酌使用。

關鍵字：長隧道、機車安全、交通管理

Abstract

In this study, the questionnaire was designed from the viewpoint of road users, and it mainly contains two parts: the influence factors of traffic in a long road tunnel and the traffic management strategies of motorcycle driving in the long road tunnel. The questions were scored on a five-point Likert scale. Stratified sampling of users (including buses, large trucks, cars, and motorcycles) was conducted by paper-based questionnaire, and a total of 322 samples were obtained. The results show that road users perceive the

* 臺灣警察專科學校交通管理科副教授（11696 臺北市文山區興隆路 3 段 153 號，電話：02-22308512，E-mail: charles.tt92g@mail.tpa.edu.tw）

** 中央警察大學交通管理研究所教授（33334 桃園市龜山區大崗里樹人路 56 號，電話：03-3281991，E-mail: una141@mail.cpu.edu.tw）

*** 中央警察大學交通管理研究所碩士

greatest impact of emissions at the environmental level. Overtaking violations have the greatest impact on the traffic accidents aspect. Establishing technological enforcement equipment received the highest recognition in the strategy aspect. The survey results also found that most drivers of buses and trucks do not support motorcycle access to the long road tunnel. 50% of car and small truck drivers indicate support. 75% of motorcycle riders agree. The results of this study are intended to serve as a reference for government agencies when formulating future transportation policies related to long road tunnels.

Key words: Long Road Tunnel, Motorcycle Safety, Traffic Management

壹、前言

截至 2017 年底臺灣長隧道僅有國道 5 號雪山隧道及臺 76 線八卦山隧道 2 座，隨著台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫（簡稱蘇花改）、南迴公路拓寬改善後續計畫之興建與通車，國內長隧道逐漸增加（蘇花改路段包含 4 座長度超過 3KM 隧道、南迴公路約 4.6KM 草埔森永隧道），且非屬國道及快速道路也有長隧道路段出現。草埔隧道已於 2020 年 10 月開放小型車、大客車、大貨車通行，由於原臺 9 線（大武-楓港）路段之大型車車種比例，相較於高屏地區其他路段之比例偏高，且在隧道超過 3KM 以上的封閉環境下，無論光線、行車環境等條件均不如一般路段，尤其大型車輛視線死角多，機車與大型車混流行駛於長隧道內危險性偏高，2021 年 4 月僅先開放大型重型機車通行。臺 9 線蘇花公路山區路段改善計畫，於 2009 年開始規劃，2011 年開始動工，全長 38.8KM，計有東澳（3.3KM）、觀音（7.9KM）、谷風（4.6KM）與中仁（3.8KM）等隧道已於 2020 年 1 月全線通車，目前開放小型車、大客車、大貨車通行，並於 2021 年 9 月以試行方式開放大型重型機車行駛。公路長隧道不開放機車通行，引起不少機車族串連抗議，認為蘇花改、南迴公路禁止機車通行是歧視機車族，引發爭議。為顧及隧道用路人駕駛整體安全性及混合車種車流通行問題，以及機車在運具中保護措施較屬弱勢的綜合考量下，長隧道目前僅先開放大型重型機車行駛。

本研究核心問題在於，臺灣機車用路人習慣與國外並不相同，根據 2016 年交通部「機車交通政策白皮書」指出，國內道路及交通工程設計與管理方法，係以汽車為主要對象，對機車族群安全性缺乏全盤考量。機車使用者若因多車道「禁

行機車」與「兩段式左轉」的管制，常需與外側車道之公車或汽車混合行駛，行駛空間未獲合理分配，且機車缺乏車道化之概念，車道過寬易誘使機車鑽行等，皆增加機車行駛亂度，容易發生事故。治理方案希望透過「合理行駛方式」，建議在車道配置方式，以機車行駛在機車專用道之路權保障最佳且事故傷亡嚴重度最低，可達汽機車分流的最佳車道配置。惟市區道路街廓短且車流進出頻繁，不易設置專用道，則可運用汽、機車混流策略，依序以慢車道、機車優先道、一般車道等車道佈設方式，提供機車較優質行車空間。「2020 運輸政策白皮書－運輸安全專冊」亦提出，持續推動速度管理，導入能容錯的安全系統方法，並持續檢討改善相關工程設施（車道配置、車道寬度、路邊停車管理等），提供機車合理行駛空間，建立汽車、機車可共享之友善環境。機車在隧道封閉空間下仍存在混合車流的問題，使得政府部門無法突破安全考量，長隧道仍須評估是否開放機車通行。

國內機車持有率居高為臺灣帶來特有的混合車流交通特性，根據交通部 2021 年 10 月機動車輛數統計，機車已達 14,237,938 輛，平均每百人有 60.53 輛機車。另機車規格分類多元（小從汽缸總排氣 50 C.C.以下輕型機車、250 C.C.以下白牌普通重型機車，大至逾 250 C.C.與 550 C.C.以上黃牌紅牌大型重型機車），依道路交通安全規則對機車行駛車道一般性之規定（如大型重型機車比照小型汽車行駛，而普通重型機車與輕型機車則是可行駛外側快車道與慢車道），都顯示針對機車操控性能差別而對其行駛路權有不同規範。由於機車使用具有高持有率、車種分類多元且性能差異大，與汽車共用道路行駛等特性，歷年均為所有肇事車種中占比最高的族群。國外長隧道開放機車通行案例很多，然而國內民眾使用機車的特性不似國外單純，非屬國道及快速道路之公路長隧道若要開放機車通行，研擬對應的交通管理策略很重要。

本研究參酌國內外長隧道相關管理經驗，調查用路人對於長隧道行車影因子的看法，以及開放機車通行相關交通管理策略的認同程度，據以分析長隧道通行機車交通管理課題，以供主管機關後續決策之參考資料。章節架構如下：第二章進行文獻回顧、第三章隧道交通事故特性與交通執法分析、第四章問卷調查分析、第五章長隧道通行機車交通管理課題分析、第六章提出結論與建議。

貳、文獻回顧

隧道與一般道路之環境特性不同，隧道一般考慮興建成本，所能提供的行駛

空間較小，會對駕駛人造成心理的影響，同時也影響事故處理的可及性，增加救援困難。隧道內景觀單調、視野也會使駕駛人容易疲勞，尤其是在長隧道。隧道封閉空間光線無法進入，白天車輛由亮度較高地區進入近似黑暗的隧道內，駕駛人眼睛因亮度變化可能無法立即適應，產生黑洞現象或視覺適應性發生遲延的眩光消除現象，故隧道內照明系統會配合隧道光線強弱變化而設計。隧道內車輛所排放的廢氣無法如一般路段直接擴散於大氣，須藉由通風系統將污染物排出，以維持較佳的空氣品質，並避免懸浮微粒累積濃度過高，影響駕駛人行車視線與安全。北宜高速公路長隧道在正常通車狀況下，雖某些路段可能有 45°C 以上的高溫存在，但因路線短，隧道溫升的問題不嚴重，不至於影響行車安全。然在某些特殊狀況（如夏季中午當地氣溫平均高達 33°C、車流量大塞車時），某些路段可能有高達 60°C 以上的高溫（陳發林，1997），故隧道會建立降溫啟動機制計畫，採取水霧等降溫方式，可讓隧道溫度明顯下降。隧道除本體土木建築結構、上述照明及通風設備外，必須輔以完善自動監測控制的隧道機電系統，以及電力、火警偵測、消防、監控等相關機電設施。隧道內亦有橫坑連繫對向車道，以供隧道內發生緊急事件或事故時，供車輛疏散或用路人逃生。長隧道通行機車除上述環境特性因素須考量外，本研究主要從國內外長隧道管理議題、通行機車之安全議題進行回顧探討。

一、國外長隧道通行機車現況分析

（一）國外長隧道通行機車案例

在臺灣長隧道管理的政策上，常常受到經驗法則和主流民意的影響，但是歐洲國家中，在長隧道管理的政策上承認運輸活動具有安全風險並加以科學化管理，已漸漸成為主流作法。安全政策由傳統的「簡單安全宣示」演變至「面對風險」並進而「管理風險」（梁力元，2006）。近來蘇花改長隧道已逐步完工通車，期間是否開放機車通行長隧道，在機車團體爭取使用道路權益的倡議下經常引發輿論爭議。本研究彙整目前全球長度前 15 名長隧道的基本資料如表 1，表中顯示多數國家為允許機車通行長隧道。有關世界前 3 名長隧道的背景概述如下：

表 1 全球前 15 名之長隧道（依長度）

隧道名稱	長度 (km)	啟用年份	孔數	是否通行機車
挪威－洛達爾隧道	24.51	2000	1	O
日本－山手隧道	18.20	2015	2	O
中國－秦嶺終南山公路隧道	18.04	2007	2	O
中國－錦屏山隧道	17.50	2011	2	X
瑞士－聖哥達公路隧道	16.92	1980	1	O
土耳其－歐維特山隧道	14.35	2018	2	O
奧地利－阿爾貝格公路隧道	13.97	1978	1	O
中國－米倉山隧道	13.83	2018	1	X
中國－西山隧道	13.65	2012	2	X
中國－二郎山隧道	13.47	2017	2	X
中國－虹梯關隧道	13.12	2013	2	X
臺灣－雪山隧道	12.94	2006	2	X
法國義大利－弗雷瑞斯隧道	12.90	1980	1	O
新加坡－加冷－巴耶利峇－濱海高速公路隧道	12.70	2008	2	O
		2013		
中國－麥積山隧道	12.29	2009	2	X

註：O：可通行機車之長隧道；X：無法通行機車或無相關資料

1. 挪威洛達爾隧道（Lærdalstunnelen）：位於挪威西部的洛達爾（Lærdal）和艾於蘭（Aurland）之間，全長為 24.5KM，於 2000 年通車，目前是世界第一長公路隧道，內部配置為單孔雙向車道，隧道限速為 80KPH，2013 年開始隧道內實施區間平均速率執法，2017 年的交通量為每天 2,040 輛，7 月交通量為 3,500 輛，而 1 月的交通量為 1,500 輛。
2. 中國秦嶺終南山公路隧道：穿越秦嶺山脈的終南山，全長 18.04 公里，為目前中國第一長雙孔公路隧道，世界第三長公路隧道，並於 2007 年 1 月 20 日正式通車，內部配置為雙孔單向共四車道，限速為 60 至 80KPH，隧道內禁止變換車道以及載運危險品的車輛通行，目前隧道日均車流量和假日車流量達 1.7 萬餘輛與 3.3 萬餘輛。
3. 日本山手隧道（山手トンネル）：日本東京都首都高速道路中央環狀新宿線的一部份，自豐島區的高松交流道至品川區的大井交流道為止，全長 18.2 公里，為亞洲最長也是世界最長的雙孔公路隧道。2015 年 3 月 7 日

山手隧道全線雙向通車，幾乎全線均位於地底下，深約 30 公尺。隧道限速為 60KPH，每日交通量約 3.1 萬輛，並禁止運輸危險貨物的車輛通行，允許變換車道但不可左側超車（註：日本靠左行駛），行駛安全距離為 20 公尺。

（二）國外長隧道禁行機車案例

1. 越南海雲隧道（Hàm Hải Vân）：位在越南中部連接順化和峴港，總長 6.28KM 為東南亞最長的隧道。為單孔雙向隧道，車道寬 3.75 公尺，路肩寬 1.25 公尺，日車流量高達約 14,500 輛。隧道內不允許機車、自行車和行人通行，但隧道營運商為機車提供定期運輸服務，在隧道兩端建立等候區，以卡車運載機車與駕駛人。依隧道施工報告，禁行機車係考量安全因素，但未對機車行駛長隧道安全進行更詳細說明。
2. 馬來西亞精明隧道（Stormwater Management And Road Tunnel）：全長 9.7KM，為馬來西亞最長的隧道，也是首都吉隆坡為排解長期交通和雨水管理問題的雨水疏通隧道，是世界上第一條雨水疏通隧道。允許高度不超過 2 公尺的車輛通行，因屬高速公路隧道，禁止機車和重型車輛通行，限速為 60KPH，日車流量為 3.8 萬輛。

二、國內外機車肇事情形

機車具有騎乘方便、經濟且機動性高等優點，係國內民眾重要的交通工具之一，然而機車車體脆弱度高，騎乘機車者除戴安全帽外無任何保護的裝備，一旦發生交通事故，易導致較嚴重傷亡。以下就機車肇事情形進行探討與分析：

（一）國內機車肇事情形

依據內政部警政署道路交通事故車種別（第 1 當事者）統計，2006 年起機車事故均為各肇事車種的最大宗，占比自 2006 年 42% 提高至 2017 年 52%，且近五年內占總件數均超過五成。2018 年 A1 及 A2 類機車肇事件數前 7 項肇事原因，依序為「未依規定讓車」（占 17.13%）、「轉彎（向）不當」（占 10.17%）、「未保持安全距離、間隔」（占 8.89%）、「違反號誌、標誌管制」（占 8.59%）、「起步時未注意其他車（人）安全」（占 2.75%）、「未依規定減速、超速失控」（占 1.88%）及「酒後駕車」件（占 1.76%），合計占 5 成 1。顯示機車行車安全為一不可忽視之重要課題，長隧道通行機車應規劃

及設計適切之設施與管理，以確保機車用路人的安全。

（二）日本機車肇事情形

日本交通事故綜合分析中心研究（2017）顯示，騎乘機車死亡人數由 2006 年 1,123 人降低至 2015 年 677 人，10 年間減少 446 人（約減少 40%）。受傷人數由 2006 年 152,494 人降低至 2015 年 70,256 人，10 年間減少 82,238 人。事故類型以交岔撞事故、右轉事故為歷年最多，以 2015 年為例，交岔撞事故的死亡人數最多，約占全體的 1 / 4，其次為右轉事故。死亡事故前三大原因，分別為車輛操作不當、行經路口未安全駕駛及超速；而受傷事故之三大原因則為未確認安全（前後、左右）距離、未注意週邊的變動。另外，日本自動車工業會分析 2011 年至 2015 年事故資料，發現機車事故幾乎沒有因為車況問題而導致，環境因素造成的事故數量也不高，人為因素產生的事故最多，約占 70%。進一步對人為因素的分析發現，正面對撞、交岔撞與右轉事故（車輛靠左行駛，相當於國內左轉事故）中，因過晚發現而反應不及所占比例高達 38%~57%。

（三）德國機車肇事情形

根據德國 Allgemeiner Deutscher Automobil Club（ADAC）研究（2015）顯示，自 2005 年 6 月 3 日至 2012 年 6 月 2 日 10,053 件事故中，18%為機車事故（於都市、郊區）。機車事故碰撞型態，62%為機車騎士和其他車輛碰撞，其次為機車自行失控占 31%。機車事故發生原因主要為偏離車道與彎道上車速不當。此外，有 20%的事故是在車陣行駛的狀況下發生，駕駛人騎乘經驗與個人對路上車況反應等人的因素，同樣是發生事故最重要的影響因素。事故受傷的性別，86%機車駕駛或乘客為男性，若僅分析騎士的性別，男性占 91%。機車種類約 25%是競技仿賽型重機，20%是休旅型重機，18%是一般重機。

三、國內外機車安全議題

（一）機車安全行駛速度

世界衛生組織（WHO, 2017）統計 2013 年全世界二和三輪機動車的道路交通事故，總計造成 28.6 萬人死亡（占死亡總數 23%），凸顯在道路安全政策中更多關注機車及其使用相關問題的必要性。速度過快和速度不適當

是許多國家發生交通事故受傷的主因 (Abdul Manan MM and V rhelyi A, 2012; Radin URS et al., 1996)，車輛運行速度越快，剎車距離越長，加上發生事故碰撞過程，機車駕駛者缺乏防護裝（設）備，更容易因為超速致生重傷或死亡的結果。相較其他車種的用路人，超速導致機車使用者死亡比例更高，超速成為機車群體使用道路特別重要的風險因素 (Harnen S, et al., 2004)。2013 年，美國機車駕駛人涉入死亡事故者有 34% 為超速，而小汽車、輕型貨車和大型貨車駕駛人涉入死亡事故而超速者，分別占 21%、18% 和 8%，機車明顯高於其他車種 (WHO, 2017)。經濟合作暨發展組織研究 (OECD, 2008) 指出：當車輛以 30KPH 以下的速度撞擊行人、自行車弱勢用路人時，90% 以上用路人會存活，而當車輛撞擊速度提高至 50KPH，則 80% 以上用路人會死亡 (如圖 1(a))。另 OECD (2006) 指出，當行車速度增加 5%，導致增加約 10% 的受傷事故件數，死亡事故件數更增加 20%；反之，當行車速度減少 5%，將減少所有受傷事故件數 10%，死亡事故件數更減少達 20% (如圖 1(b))，顯示降低行車速度對於降低死傷事故件數的效果顯著。

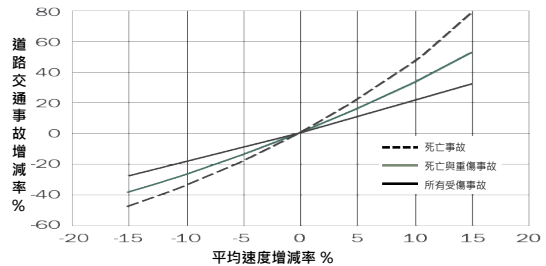
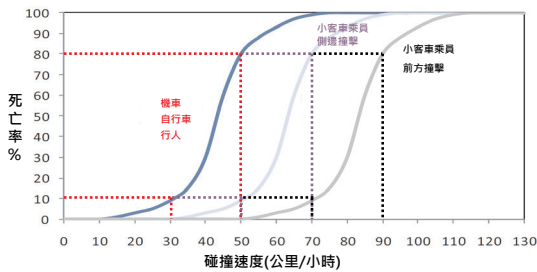


圖 1 (a) 不同用路人受撞擊之碰撞速度與死亡機率 (b) 行車速度增減對於發生事故之影響

(二) 安全的道路基礎設施

根據世界衛生組織 (WHO) 2021-2030 年道路安全行動十年全球計畫指出，安全的道路基礎設施對於減少道路傷亡至關重要。道路基礎設施必須透過規劃、設計、建造與運營使各種運輸工具、步行與騎行自行車能夠良好運行，且不僅是對於駕駛人，更要對弱勢族群消除或最小化其用路風險。道路需要有最低技術設施標準涵蓋所有用路人的安全，當然也包括機車騎士。設施標準則包含垂直和水平標記 (標誌與標線)、各式車道 (自行

車道、機車道、公車道等)、路側安全設施、不同交通方式的隔離、中央分隔、因應不同交通與地點的速度管理。

(三) 國內外機車持有率比較

根據交通部 2016 年機車使用狀況調查原始資料顯示，國內民眾使用機車之主要用途為通勤占 57.4%，其次為購物用途 20.9%。另依據交通部統計查詢網截至 2019 年 6 月底資料得知我國機車主要分布在排氣量 50cc 至 125cc 之間，比例高達 92.1%，其次為 50cc 以下佔 6.8%，而 250cc 以上之大型重型機車僅佔 1.1%，顯示民眾以騎乘普通重型機車為主。根據世界道路協會 World Road Association 研究指出，在歐洲有 2 / 3 機車騎士擁有 1 輛機車，1 / 3 機車騎士擁有 2 輛或更多的機車，大約 50% 的用途為休閒旅遊，僅有 1 / 3 使用目的為通勤，顯示其機車之主要用途與國內相差甚遠。日本機車的主要用途與國內相近，將近 50% 使用目的為通勤和上學，其次為購物消費占 18%。其機車排氣量分布以 50cc 以下占 51.25%，51cc 至 125cc 之間的機車約占 15.9%，兩種之使用目的相近。而 126cc 以上之機車則占 32.85%，可行駛高快速道路，用途多分布於旅遊。

表 2 比較長隧道案例中國家汽機車的持有率，顯示我國機車持有率為全世界最高，除機車考照成本高昂的日本與有「限摩令」的中國外，其餘亞洲國家均擁有較高的機車持有率。而在中高緯度地區的歐洲國家，受限於天氣環境影響，加上土地面積廣大與生活水平相對較高等因素，機車持有率較低，相對地汽車持有率較高。另外新加坡因政府限制車牌配額且買車需繳納高昂費用，使得兩者持有率都偏低。臺灣、馬來西亞與越南機車 / 汽車占比皆高於他國，尤其越南占比高達 27%，推究其原因為越南對於汽車課徵重稅加上基礎建設不足，使得越南機車數量遠大於汽車數量。

表 2 各國小客車及機車持有率

國家（資料年份）	機車	汽車	機車/汽車 占比
	持有率（輛 / 千人）		
臺灣（2018）	587	290	2.02
中國（2018）	62	172	0.36
瑞士（2018）	87	541	0.16
奧地利（2018）	93	788	0.12
法國（2013）	26	482	0.05
新加坡（2017）	25	97	0.26
越南（2018）	577	21	27.12
馬來西亞（2017）	409	420	0.97

資料來源：本研究彙整

四、國內外長隧道安全規定

（一）國內外長隧道管理議題

交通部高速公路局辦理「國道 5 號雪山隧道行車安全規定檢討之委託研究」之結果顯示，開放北上隧道中、後段變換車道應有提升 4%~6% 容量的趨勢，但並不顯著；依據事故風險資料分析，變換車道之駕駛行為容易產生同向擦撞、追撞、自撞等事故風險，故建議雪山隧道內仍採禁止變換車道之行車規定。另依據 2014-2016 年雪隧內外事故分析結果，北上方向隧道外肇事率約為隧道內肇事率的 2.2 倍，南下方向隧道外肇事率約為隧道內肇事率的 1.2 倍，顯示雪山隧道執行較嚴格之行車安全規定確實可提高行車安全績效。另外，雪山隧道自 2017 年 6 實施自動化科技執法，取締超速、龜速、任意變換車道與惡意逼車等行為，有助減少交通違規對行車安全之影響。

日本雁坂隧道為一單孔雙向隧道，於隧道內發生交通事故的機率較一般雙孔單向隧道為高，但因其隧道速限僅設定為 40 公里，大大減低因車速過快產生之災害；且考量行駛長隧道與一般道路不同，雁坂隧道係採取階段性通車，通車初期僅限通行小型車，經過 6 個月後，讓用路人能夠熟悉行駛長隧道所需遵守的規定及駕駛習慣後，再開放大型車通行，但為避免發生重大災害衍生嚴重傷亡，目前仍禁止載運危險物品車輛行駛隧道。

歐洲之隧道公路管理已行之有年，以德國 Rennsteig 隧道為例，其交通管理措施包括(1)超速取締：於隧道兩端設置車牌辨識系統，以進出時間決定是否超速（不考慮隧道內車速）。(2)危險物品運送管理：進入隧道前先找一安全警戒車，車後隨同警戒，再向控制中心通報，控制中心管制封閉車道。(3)速率控制：隧道內設置車速偵測器，對隧道內車流進行即時車速監測，如有需要調升或調降速限，則以速率可變標誌管制，提供用路人遵循。

(二) 國內外長隧道行駛規範比較分析

長隧道因係屬封閉式環境空間，隧道管理通常係限制隧道之行車速率，分為上限、下限速率，最高速限隨著隧道設計、交通狀況而變。最低速限則是減少慢車阻擋車流造成壅塞，以及減少因速率相差太大而產生事故的可能性。一般最高及最低速限之差距在 20~30KPH 之範圍，可變速限係為減低塞車與事故嚴重性而設定（曾平毅，2012）。此外，多數的隧道禁止變換車道與超車，同時亦對車輛尺寸加以限制，以避免車輛撞上隧道之結構或設施。有些隧道則限制大貨車之流量，例如在瑞士 Saint Gotthard 隧道發生嚴重交通事故後，瑞士聯邦公路局規定大貨車必須保持 150 公尺之距離，並且在雙向行車之隧道採取大貨車輪流單向行車，每小時之大貨車流量限於 240 輛。這些措施預期可加強行車安全，但該隧道大貨車每日流量由 5 千輛減為 3.5 千輛，造成嚴重延滯（曾平毅，2012）。表 3 綜整比較國內外長隧道之行駛規範：

1. 速限規定：多數國家長隧道速限標準訂定為 80KPH，且最高及最低速限之差距在 20~30KPH 之範圍，惟日本之山手隧道較特別，僅規定最高速限 60KPH，並無規定最低速限。
2. 變換車道規定：若屬雙孔單向者隧道（除中國終南山隧道外）並不禁止變換車道，且多數為了避免多重法令，造成駕駛人混淆不清，比照一般道路進行管制。
3. 行車間距規定：多數長隧道於行車間距並未訂定特殊標準，且為了避免多重法令，造成駕駛人混淆不清，均比照一般道路進行管制，僅有少數曾發生重大事故之長隧道（如白朗峰隧道）重新檢討提高安全間距標準。

表 3 國內外長隧道之行駛規範比較

隧道（位置，國家）	斷面形式	速限 KPH		變換 車道	車間距（M）
		最高	最低		
白朗峰（法國－義大利）	單孔雙向共 2 車道	70	50	不可	150（塞車時 100）
洛達爾隧道（挪威）	單孔雙向共 2 車道	80	—	不可	—
秦嶺終南山公路隧道（中國）	雙孔單向共 4 車道	80	60	不可	—
山手隧道（日本）	雙孔單向共 2 車道	60	—	可	20
聖哥達隧道（瑞士）	單孔雙向共 2 車道	80	60	不可	小車 50 大車 150
阿爾貝格隧道（奧地利）	單孔雙向共 2 車道	80	—	不可	—
雪山隧道（臺灣）	雙孔單向共 4 車道	90	70	不可	小車 50 大車 100

五、綜合評析

由上述文獻回顧可以得知，國外大多數隧道均開放機車通行，且沒有個別規定，尚未開放的國家為馬來西亞以及越南，係基於安全因素的考量。依據國內外機車肇事情形，超速、未保持安全距離與未依規定讓車為彙整之三大主因，如何防制係是後續要討論之課題。國內汽機車在車道上混合行駛時，依現行交通法規係將機車視為汽車，但汽車單一車流不易發生的行為，如同車道並行、同車道超車、鑽隙超車等，在機車與汽車混合車流中經常發生，都增加車流亂度與肇事之嚴重性，也顯示出機車行車規範不足之處。根據交通部運輸研究所 2011 年研究提出，機車行駛在機車專用道之路權保障最佳且事故傷亡嚴重度最低（如表 4），設置機車專用道可達汽機車分流的最佳車道配置。不易設置專用道時，可運用汽機車混流策略，依序以慢車道、機車優先道、一般車道等佈設方式，可做為長隧道機車通行配置車道規劃設計之參考。

表 4 機車行駛不同車道之路權保障及事故嚴重性之比較

行駛車道	機車 專用道	機車 優先道	慢車道	一般車道 （混合車道）	快車道	路肩、路緣
路權保障	優	良	良	一般	一般	無
事故嚴重性 （傷亡風險比）	0.86	1.28	1.00	1.28	1.51	1.77

註：1. 傷亡風險之定義為（（死亡+受傷）/（未受傷+不明））；傷亡風險比係各事故位置風險相對於慢車道風險之比值。

2. 資料來源：交通部運輸研究所，2011 年。

根據 OECD 研究，速度管理本為防制交通事故最重要的考量，透過訂定合適的速限與強制執行，並強化教育與宣導讓駕駛人依所在環境選擇合適的行車速度，應可提升機車在道路行駛的安全。歐洲國家以依賴汽車為主，且喜愛使用排氣量大之機車，因此多將機車視為汽車來進行管制。國內機車使用情形與大多數亞洲國家相近，尤其是越南及馬來西亞，但兩國均為長隧道禁行機車案例。中國與新加坡的機車數量受到政府立法直接管制，日本則以考照制度增加駕駛機車的難度。臺灣獨有的機車 / 汽車占比並未與任何國家相似，也因此開放通行機車的安全考量更需審慎評估。

綜上，我國採取嚴格的行車規定與科技執法進行管控，規範駕駛人在長隧道內的行車行為，以換取更安全的交通。對比國外，各國對隧道安全管理與控制的作法大致相同，但因國情不同之處採取不同的作法，各國均有其特色。

參、隧道交通事故特性與交通執法分析

表 5 統計內政部警政署 2016 至 2018 年隧道 A1、A2 類交通事故，每年事故平均件數約為 177 件，A1 類事故 80%有機車涉入（指其中一方為機車），A2 類事故 55%有機車涉入，顯示隧道內傷亡交通事故機車涉入比例居高。以下分析國內隧道肇事當量嚴重性、常見事故類型與肇事原因，並個案探討分析高雄過港隧道內之肇因與違規，評析國內科技執法成效，以研擬長隧道通行機車的交通策略。

表 5 隧道 A1A2 類交通事故與機車涉入件數統計

年份	隧道事故類別	件數	機車涉入（件）	機車涉入占比（%）
2016	A1	5	5	100
	A2	165	88	53
2017	A1	1	1	100
	A2	185	102	55
2018	A1	4	2	50
	A2	170	96	56

一、國內隧道交通事故特性

（一）肇事當量嚴重性分析

由表 5 全國 A1、A2 事故「道路交通事故調查報告表（一）-道路型態-

隧道」欄位，篩選發生於所有隧道的交通事故進行統計，運用「肇事嚴重性當量法」（如公式(1)）進行隧道肇事嚴重性當量排序比較。

$$ETAN=(9.5*F)+(3.5*J)+TAN \quad (1)$$

式中：ETAN：肇事當量值 F：肇事死亡人數
 J：肇事受傷人數 TAN：總肇事次數

表 6 顯示，國道道路部分，國道三號多個連續隧道的肇事嚴重性當量值都偏高，如木柵隧道、福德隧道、中和隧道、新店隧道，其中木柵隧道肇事嚴重性當量值於 2016 年與 2017 年均為全國最高，2018 年則為中和隧道。國道三號 18K 至 35K 區間計有 7 個隧道，分別為福德隧道（約 1.7 公里）、木柵隧道（約 1.9 公里）、景美隧道（約 0.6 公里）、新店隧道（約 1.2 公里）、碧潭隧道（約 0.5 公里）、安坑隧道（約 0.4 公里）、中和隧道（約 0.9 公里），由於 7 個隧道的距離相近，可以假定車流量是相同的，肇事當量值顯示長度越長的隧道，發生交通事故的機率較高。吳宗修、許書銘的研究（2017）同樣指出，隧道長度歷年來對事故數均為正向關係。平面道路部分，高雄過港隧道較為嚴重，從 2016 年肇事嚴重性當量值是全國第 6 名，2017 年及 2018 年肇事嚴重性當量值是全國第 2 名。其他如臺北市的辛亥隧道、自強隧道及懷恩隧道、新北市的萬里隧道、南投縣的人止關明隧道等肇事嚴重性當量值相對較高

表 6 我國各隧隧肇事嚴重性當量排名

	2016 年						2017 年						2018 年						合計	
	A1		A2		當量 值	排 序	A1		A2		當量 值	排 序	A1		A2		當量 值	排 序	件	件
	件	死	件	傷			件	死	件	傷			件	死	件	傷				
臺北市 自強隧道	0	0	10	13	55.5	2	0	0	6	10	41	4	1	2	6	6	47	6	1	22
臺北市 辛亥隧道	0	0	7	7	31.5	7	0	0	6	8	34	6	0	0	2	2	9	12	0	15
臺北市 懷恩隧道	0	0	3	6	24	9	0	0	6	9	37.5	5	0	0	6	8	34	9	0	15
基隆市 自強隧道	0	0	3	3	13.5	12	0	0	2	2	9	10	0	0	7	10	42	8	0	15
高雄市 過港隧道	1	1	2	6	33.5	6	0	0	12	22	89	2	1	1	13	21	97	2	2	27
宜蘭市 蘭陽隧道	0	0	2	2	9	13	0	0	5	6	26	8	0	0	5	6	26	10	0	12
新北市 萬里隧道	2	2	3	5	41.5	5	1	1	2	2	19.5	9	0	0	3	4	17	11	3	8
國道 中和隧道	0	0	6	7	30.5	8	0	0	6	9	37.5	5	0	0	10	25	97.5	1	0	22
南投 人止關明隧道	0	0	3	4	17	11	0	0	5	7	29.5	7	0	0	7	11	45.5	7	0	15
國道 木柵隧道	0	0	16	28	114	1	0	0	15	28	113	1	0	0	7	14	56	5	0	38
國道 福德隧道	0	0	8	11	46.5	3	0	0	12	19	78.5	3	0	0	12	16	68	3	0	32
國道 新店隧道	0	0	4	11	42.5	4	0	0	5	7	29.5	7	0	0	8	15	60.5	4	0	17
基隆市 八堵隧道	0	0	3	5	20.5	10	0	0	2	2	9	10	0	0	2	2	9	12	0	7

(二) 隧道常見事故類型分析

由表 5 隧道 A1、A2 事故「道路交通事故調查報告表(一)-事故類型及型態」欄位進行分析，並將「(三) 汽機車本身」大項內的項目，即「路

上翻車、摔倒」至「其他」視為同一種事故型態（「自撞」），彙整隧道常見事故類型如表 7。由於隧道為沒有其他道路交岔的直路，也很少會有行人在道路上通行，事故型態多為追撞、自撞、同向擦撞，相對平面道路單純。另對向擦撞與對撞則是發生於有肇事的一方逆向行駛，且沒有中央立體分隔的隧道，因為目前多數隧道都是雙孔分開不同行向，所以此類事故型態發生件數較少。進一步分析隧道主要事故型態「追撞事故」的主要肇因，前 2 名分別為未保持行車安全距離與未注意車前狀態，可以透過隧道內保持安全的行車間距及強化對均勻速度的管理來降低肇事風險；超速失控則要回到速度管理問題；其他肇事原因有疲勞（患病）駕駛失控、違規超車、酒醉（後）駕駛失控、違規停車或暫停不當而肇事。「自撞事故」主要肇因為未注意車前狀態排序最高，凸顯駕駛人進入隧道行駛應注意而未注意的駕駛疏忽行為，須提高駕駛人於隧道環境的專注力及對距離的感知能力和反應能力，以減少事故發生。

表 7 隧道內事故類型及型態

事故類型	2016	2017	2018	總計
追撞	71	68	70	209
汽（機）車本身自撞	49	62	61	172
同向擦撞	17	17	16	50
側撞	5	9	8	22
對向擦撞	7	7	5	19
對撞	7	3	3	13
同向通行中	2	2	2	6
路上作業中			1	1

追撞事故肇因分析	件數	自撞事故肇因分析	件數
未保持行車安全距離	119	未注意車前狀態	73
未注意車前狀態	57	不明原因肇事	44
疲勞（患病）駕駛失控	3	其他違規或不當行為	24
超速失控	4	尚未發現肇因	18
其他違規或不當行為	5	疲勞（患病）駕駛失控	13
不明原因肇事	13	酒（後）駕駛失控	11
尚未發現肇因	11		

(三) 隧道內機車事故類型分析

隧道內機車常見事故型態如表 8 所示，自撞歷年約占四成的比例為最多數，其次為追撞約占兩成，同向擦撞歷年約占一成四。最常見的肇事因素為未注意車前狀態肇事，顯示隧道內機車可能因疏於注意而發生自撞事故，也是需要加強防治的重點。

表 8 隧道內機車事故類型與肇事原因分析

事故類型	2016	2017	2018	總計
追撞	18	20	13	51
汽(機)車本身自撞	33	38	45	116
同向擦撞	12	14	13	39
側撞	5	7	6	18
對向擦撞	4	4	3	11
對撞	5	3	2	10
同向通行中	0	1	2	3

肇事原因	2016	2017	2018	
未注意車前狀態	24	30	26	
其他違規或不當行為	8	5	10	
不明原因肇事	16	26	19	

(四) 高雄過港隧道個案探討

在隧道事故熱點排名中，除國道隧道外，在平面道路中就屬高雄過港隧道的事務嚴重度排名持續居第 2 名，且該隧道通行車種包含機車，可一併檢視機車通行隧道的風險。過港隧道基本資料，長度 1,670 米，雙向各 2 線汽車道及 1 線機車道，快車道最高時速不得超過 60KPH（機車道最高時速不得超過 50KPH），最低不得低於 20KPH。設計交通流量每日 15,111 輛，單向每小時尖峰車數為 1,270 輛（現況實際交通流量民國 2012 年全年為 4,716,849 輛，平均每日 12,922 輛），隧道內人行步道寬為 0.5~0.55M（董柏維，2014）。有關過港隧道事故類型、主要肇因與事故位置分析如下：

表 9 顯示，高雄過港隧道事故類型以同向擦撞、追撞三年來各有 8 件最高，占所有事故的八成以上。然而，過港隧道的道路配置為中央立體分隔，且汽、機車亦是立體分隔，故多為同向擦撞、追撞與自撞等同向事故

型態。主要肇因有同向擦撞的「違規超車」、追撞及自撞的「未保持行車安全距離」，以及「不明原因肇事」三大主要原因。事故位置發生於慢車道有 26 件、快車道有 3 件，A1 類有 2 件均發生於快車道，相對嚴重性較高於機車道；而機車事故同向擦撞 8 件、自撞 9 件、追撞 6 件。

表 9 高雄過港隧道交通事故類型、主要肇因與事故位置分析

事故類型	2016	2017	2018	總計
追撞	0	4	4	8
自撞	2	2	6	10
同向擦撞	1	4	3	8
對向擦撞	0	0	1	1
對撞	0	1	0	1
其他	0	1	0	1
肇事原因				
違規超車	1	5	2	8
逆向行駛	0	1	0	1
未依規定讓車	0	0	1	1
未保持安距	0	3	3	6
未注意車前	0	1	1	1
不明原因肇事	1	2	7	10
事故位置				
快車道	1	1	1	3
機慢車道	2	11	13	26

依據高雄港務警察總隊 2016 至 2018 年之舉發件數統計資料，其中超速取締約占 92%，顯現超速是目前隧道違規之首，如何防制係當前之課題。其次，爭道行駛與無照駕駛相較其他違規件數多，雖然比例不大，但由此研判在隧道中屬封閉空間，所以發生爭道行駛的違規。高雄過港隧道舉發違規，屬於逕行舉發（含民眾檢舉、肇事舉發）約占 99%，攔停舉發每年僅約 30 件，因隧道屬特殊的行車環境，執法不易又危險，現行交通執法措施必須有所改變，除透過警察執法方式來維護交通秩序外，尚須利用科技執法來輔助交通違規取締，進而保障隧道內民眾行車與警察執法的安全。

二、國內隧道交通違規取締分析

科技設備應用於交通執法上已經行之有年，在國內外已有許多實務上的案例，例如測速照相系統就包含固定式測速照相系統、移動式雷達波測速照相系統與移動式雷射測速照相系統。雪山隧道也於 2017 年 6 月正式啟用新型態的科技執法設備，以雷射掃描、無線電波等高科技取締違規變換車道、未保持安全、超速及龜速車。另特定高速公路路段也有以高解析度的監控錄影系統，取締插隊、任意變換車道、跨越雙白實線等違規。2018 年 7 月新北市萬里隧道實施平均速率科技執法，利用設置進、出口的偵測設備，記錄車輛進出時間，換算其通過時間與通行速率，辨別有無超速行駛，要求駕駛人以穩定且合理行車速率使用道路。科技執法具有減少警力派遣、克服執法視角限制、長時間持續執行與減少舉發錯誤率等優點，在科技的進步下，其未來在交通管理的擴大運用乃勢所必然（楊漢鵬，2019；曹灝，2018）。以下就雪山隧道跟萬里隧道科技執法的取締詳加分析：

（一）雪山隧道自動科技化執法系統

雪山隧道通車於 2006 年 6 月 16 日，全長 12.9 公里，規劃最高限速為 90KPH、最低速限為 70KPH。交通管制措施除限制特定車輛進入與隧道內禁止變換車道外，規定一般小型車應保持 50 公尺以上行車安全距離，大型車應保持 100 公尺以上距離。如因隧道內發生道路壅塞、交通事故或其他特殊狀況導致車速低於每小時 20 公里或停止時，所有車輛應保持 20 公尺以上距離。隧道內並無路肩設置，除每 1400 公尺設置一處緊急避車彎外，無任何可安全停駐之執法區域，故執法實務上，不宜於隧道內進行攔停車輛，必須仰賴固定式數位自動照相執法設備來輔助警察進行交通違規的取締。雪隧科技執法系統取締項目說明如下（吳俊良等人，2018）：

1. 取締超速及慢速車：速度偵測雷達所應用的原理，是發射無線電波及反彈回來的無線電波中間的變化頻率。由這兩個不同頻率的差值，便可依特定的比例關係，而計算出該電波所碰撞到物體的速度。
2. 取締未保持行車安全距離：偵測方式是將雷射光束在道路上建立一條掃描牆，當車輛經過會造成雷射光束反射，控制主機藉由雷射光束反射回的時間差計算出車輛之距離，惟此項違規目前暫時由執勤員警現場取締之。
3. 雙白實線區段禁止變換車道：於 2 車道中央上方及中線上方各裝設 1 顆

掃描雷射，當車輛碰觸中線上方掃描雷射即觸發訊號至照相及錄影蒐證設備，取締違規車輛。

4. 取締績（成）效分析：根據國道公路警察局自 2017 年 6 月 15 日至 2018 年 6 月 14 日止的統計資料（如圖 2(a)-(d)），不論南向或北向違規，超速高居雪山隧道違規的第 1 名，故速度管理會是首要在長隧道內的交通課題。違規時段不論日間或夜間時段，超速亦為違規之首，且超速與慢速車之違規仍占大宗。非假日的違規幾乎是假日違規件數的兩倍之多，此原因可能是因為假日雪山隧道車流壅塞的關係，所以假日的違規件數較少。系統啟用前後同期比較，啟用前違規取締為 7,575 件、交通事故件數為 74 件；啟用後違規取締為 18,959 件、交通事故件數為 46 件，違規取締件數明顯增加、交通事故件數明顯減少，顯現科技設備的確可以彌補員警之不足，且 24 小時不間斷地監督，可有效遏阻用路人僥倖違規行為。

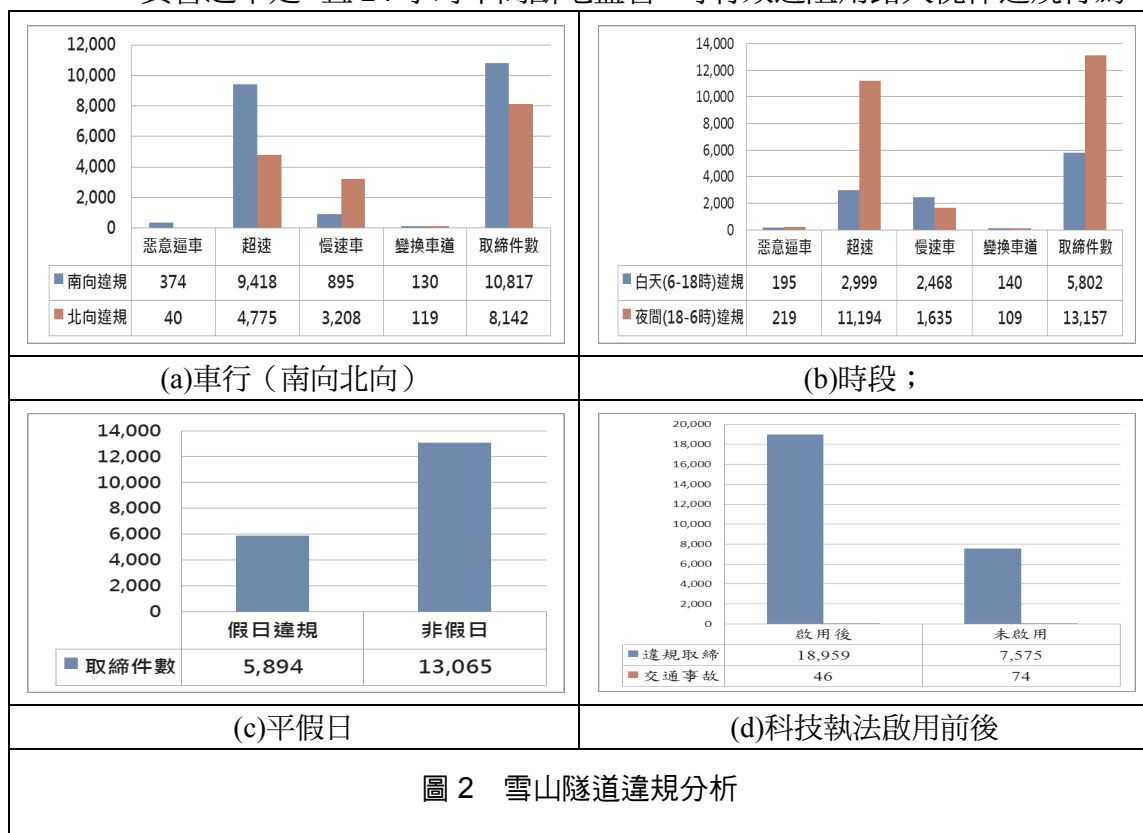


圖 2 雪山隧道違規分析

（二）萬里隧道區間平均速率執法系統

平均速率執法是在現行交通執法技術中，一個相對較新的和創新的技

術方法，已被廣泛地運用在許多國家，該系統除最常見運用於對實施路段行車速率的限制外，也被應用於監視範圍內其他交通違規行為，包括車道和收費執法、區域進入監管、被竊車輛追蹤、識別無照駕駛者等（吳坤霖，2016）。新北市萬里隧道為國內第一個平均速率執法系統，從 2019 年 5、6 月宣導，7 月 1 日起開始執法，以均速超過 70 公里優先舉發，經統計 4 月份（宣導前）行車速率超過 70 公里車輛數約占總通行車輛數 10.56%，自 5 月設置相關告示牌面全面宣導後，違規率降為 6.02%，6 月份再降低至 4.60%，7 月初實施半個多月後，雙向超速比例已從原本的 6.8%到 13.9%降至 0.9%到 1.47%，整個 7 月正式執法後，更下降至 1.10%，已有效降低超速違規。

三、綜合評析

隧道交通事故分析可以發現追撞是最多的事故型態，其次為自撞、同向擦撞；且在追撞事故的主要肇因為未保持行車安全距離及未注意車前狀態，這些原因都可以透過保持安全的行車間距與強化對均勻行車速度的管理來降低事故風險。科技執法在雪山隧道已實施多年，推動前後同期差異比較，違規取締件數明顯增加、交通事故件數明顯減少。2019 年萬里隧道實施平均速率執法，亦有效降低超速違規。綜上，藉由科技設備執法可改善警察在隧道內的執法困境，對於速度管理與違規遏阻有其必要性。

肆、問卷調查分析

本研究基於前述章節的探討，歸納長隧道特殊行車環境、駕駛人違規行為二個面向做為影響行車的因子，並參考國內外長隧道行車管理規範，擬訂開放或禁止機車通行的交通管理策略，進行問卷調查設計與分析。

一、問卷設計

本研究自編問卷量表為研究工具，初稿分 4 大構面，問項內容與架構分述如下：

- （一）**交通工具使用情形**：調查受訪者所駕駛的主要交通工具，以及最常使用的機車種類、頻率、目的。

- (二) **長隧道行車因子之影響程度**：以李克特（Likert）五點量表調查受訪者對於隧道內的影響因子，包括環境、廢氣、視線，以及隧道內常見違規類型的影響程度。
- (三) **長隧道通行機車交通策略意見**：以李克特五點量表調查受訪者對於長隧道是否通行機車之意見，以及若長隧道開放或禁止機車通行之交通策略（包括環境特性可否通行、透過規範可否通行、專用車道、科技執法、流量管制與客運接駁）的意見。
- (四) **個人基本資料**：性別、年齡、教育程度、職業、居住地區、收入。

二、問卷信度與效度分析

在問卷正式施測前，先以前測的方式擬定問卷內容，檢驗問題內容是否有語意不清之情形，並適時修改，確立問卷問項後，隨後則利用此問卷進行預試，對象包括一般汽機車駕駛者 20 人、職業駕駛 10 人，大型重機駕駛 10 人，總共 40 份問卷，以統計軟體 IBM SPSS 分析題項、信效度，決定各題目去留完成定稿問卷。

- (一) **長隧道行車因子面向**：表 10 左側欄位顯示，KMO 取樣適切性量數為.773 達顯著($p < 0.001$)，表示本量表非常適合進行因素分析，在主成分分析之下，以特徵值大於 1 的基準，共萃取出一個主成分，表示該八個問項具有共通性，沒有一個變數的因素負荷量小於.40，表示這些問題都具有收斂效度，透過李克特（Likert）五點量表，回答「非常明顯」5 分、「有點明顯」4 分、「普通」3 分、「有點不明顯」2 分、「非常不明顯」1 分，並將受試者在上述五個問項所獲得之分數加總後除以 8（8 道題目），即獲得該量表分數，分數越高者表示受訪者認為在長隧道行車因子中影響程度越高。經過直交轉軸後，特徵值為 5.329，可解釋總變異量為 67.403%，且該分量表各子題因素分析之因素負荷量在.660 至.899 之間，分量表信度係數（Cronbach's Alpha）為.925，顯示此一分量表具有相當之內部一致性，並能有效測量概念之特性。
- (二) **長隧道通行機車交通策略面向**：因考量 3-1 問題之問項非屬李克特量表，不適宜納入計算。由表 10 右側欄位顯示，KMO 取樣適切性量數為.705 達顯著($p < 0.001$)，表示非常適合進行因素分析，在主成分分析共萃取出一個主成分，表示該八個問項具有共通性，變數的因素負荷量均未小於.40，表示問題均具收斂效度，透過李克特（Likert）五點量表，受試者獲得分數越高

者表示對通行機車交通策略之同意度越高。經過直交轉軸後，特徵值為 2.852，可解釋總變異量為 47.529%，且該分量表各子題因素分析之因素負荷量在.568 至.803 之間，分量表信度係數（Cronbach's Alpha）為.791，顯示此一分量表具有相當之內部一致性，並能有效測量概念之特性。

表 10 長隧道行車因子、交通策略面向之因素分析與信度分析

問項	因素負荷量	衡量標準
2-1 行車視線	.899	Eigenvalue=5.329 % of variance=67.403 Cronbach's Alpha=.925 KMO=.773
2-2 環境心理	.879	
2-3 廢氣生理	.853	
2-4 違規超速	.850	
2-5 違規任意變換車道	.816	
2-6 違規未保持安全距離	.812	
2-7 違規超車	.774	
2-8 違規同一車道併行	.660	
3-2 開放通行可否訂定行車規範	.757	Eigenvalue=2.852 % of variance=47.529 Cronbach's Alpha=.791 KMO=.705
3-3 開放通行可否設置機車專用道	.568	
3-4 開放通行可否建置科技執法	.788	
3-5 開放通行可否實施流量管制	.803	
3-6 未能滿足通行條件，採取客運接駁	.767	

三、問卷定稿與調查方式

(一) 問卷定稿

問卷初稿原先僅考量隧道的視線、環境、廢氣的問題，未考量隧道升溫之特性，經檢討修正後新增 2-4 題：「您認為進入長隧道內因交通壅塞、夏季炎熱氣候等因素，造成隧道內溫度提升，對於行車安全（生理面）的影響程度是？」；另事故層面僅考量違規類型尚未考量道路條件，因此新增 2-5 題：「您認為長隧道內因道路條件（如車道數、機車專用道），對行車安全（事故面）的影響程度是？」，其餘題項依序後推。

經研究信效度分析結果，大致問項上均有可靠有效及穩定性，惟在第 3 構面「長隧道的特性」可否開放機車通行的問項未能符合因素分析數據上的驗證，考量這題係屬本問卷的關鍵問項，且問卷經過內容效度的淬鍊，故本研究經考量後仍予以將問項保留，並將 3-1 題改為：「依據長隧道的特

性(環境、空氣、視線、溫度上升等),您認為長隧道可否開放機車通行?」。另長隧道未能滿足機車通行條件時,除了採取客運接駁外(第 3-6 題),還可以提供替代道路的方式進行,故新增 3-7 題:「長隧道若因道路或環境因素未滿足機車通行條件而禁止機車通行,您是否贊同應採取提供替代道路的方式讓機車行駛?」。

(二) 問卷調查方式:

由於本研究背景為蘇花改公路長隧道開放,故選定花蓮、宜蘭地區用路人做為主要發放對象,為兼顧樣本之多樣性,另針對全國地區不同車種使用者做分層便利性抽樣,受試者採書面作答為主,問卷內容共分 4 部分,計 2 頁 26 題,作答時間約 5-10 分鐘。

(三) 問卷調查對象及時間:

本研究選擇宜蘭、花蓮、臺東及屏東等地區長隧道周邊休息區、加油站、便利商店做為問卷調查地點,抽樣調查大客車、大貨車、自小客(貨)車、機車及一般民眾計 330 人(各車種駕駛人均至少 30 人以上),回收問卷後經檢視有效問卷 322 份(大客車司機 30 人、大貨車司機 35 人、自小客(貨)車駕駛 126 人、機車騎士 121 人、自行車騎士與無駕駛車輛者 7 人)、無效問卷計 8 份。

四、問卷調查結果分析

(一) 描述性與交叉分析

1. 個人基本資料:問卷回收有效樣本共 322 份,其中男生有 218 人(67.7%)最多數,女生有 104 人(32.3%);教育程度裡大學(專)有 157 人(48.8%)最多數,其次是高中(職)有 99 人(30.7%),研究所以上有 45 人(14%),國中以下有 21 人(6.5%);年齡則是 40-49 歲最多有 95 人(29.5%),30-39 歲有 82 人(25.7%),20-29 歲有 81 人(25.5%),50-59 歲有 43 人(13.4%),60 歲以上者有 18 人(5.6%)。從職業來看則是從工者居多有 85 人(26.4%),其他有 76 人(23.6%),勾選其他的有多數是職業司機,商有 66 人(20.5%),軍公教有 49 人(15.2%),家管有 23 人(7.1%),學生有 18 人(5.6%),農有 4 人(1.2%);月收入以 40001-50000 元最多數有 69 人(21.4%),50001-60000 元有 54 人(16.5%)居次,30001-40000 元

有 48 人 (14.9%)，70000 元以上者有 43 人 (13.4%)，20001-30000 元有 42 人 (13%)，60001-70000 元有 37 人 (11.5%)，10000 元以下、10001-20000 元均有 15 人 (4.7%)。

2. 交通工具使用情形 (如表 11)：(I) 受訪者目前駕駛車輛時數最長的交通工具，小客 (貨) 車有 39.1% 最多數；機車有 37.6% 居次。(II) 受訪者目前使用的機車主要種類，普通重型機車 (白牌 / $50 < \text{c.c.} \leq 126$) 有 44.1% 為最多數；普通重型機車 (白牌 / $126 < \text{c.c.} < 250$) 有 27.3% 次之。(III) 受訪者使用機車的頻率，每天騎的有 46.3% 為最多數；每週騎 3 天以上者有 15.8%。(IV) 受訪者使用機車的主要目的，通勤通學有 51.96% 最多數；購物有 18.6% 居次；休閒遊憩有 9%。
3. 長隧道行車因子之影響程度 (表 12)：(I) 行車視線方面，有 36.3% 用路人認為普通為最高；有 29.8% 認為有點明顯為次之。(II) 環境心理方面，有 43.8% 用路人認為普通為最高；有 29.5% 認為有點明顯為次之。(III) 廢氣生理方面，有 35.7% 用路人認為有點明顯為最高；有 27.3% 認為普通為次之。(IV) 溫度方面，有 36.3% 用路人認為有點明顯為最高；有 27.6% 認為普通為次之。(V) 道路條件方面，有 37% 用路人認為有點明顯為最高；有 31.7% 認為非常明顯為次之。(VI) 長隧道內騎機車超速，對於行車安全 (事故面) 的影響程度，有 47.5% 用路人認為非常明顯為最高；有 27.3% 認為有點明顯為次之。(VII) 騎機車任意變換車道的影響程度，有 61.5% 用路人認為非常明顯為最高；有 21.4% 認為有點明顯為次之。(VIII) 騎機車未保持安全距離的影響程度，有 59.6% 用路人認為非常明顯為最高；有 24.5% 認為有點明顯為次之。(IX) 騎機車違規超車的影響程度，有 64.9% 用路人認為非常明顯為最高；有 19.6% 認為有點明顯為次之。(X) 騎機車同一車道併行的影響程度，有 51.9% 用路人認為非常明顯為最高；有 27.5% 認為有點明顯為次之。分析長隧道行車因子環境面與交通面之構面平均數，用路人對於機車在長隧道內交通違規的感受影響程度均大於長隧道內本身環境，再深入探討長隧道內機車違規類型，用路人對於違規超車的行為感受影響程度最高 (平均數 4.43)；未保持安全距離居次 (平均數 4.37)；任意變換車道再居次 (平均數 4.36)。

表 11 交通工具使用情形

	選項	次數	%	有效%
駕駛車輛時 數最長的交 通工具	大客車	30	9.3	9.3
	大貨車	35	10.9	10.9
	小客(貨)車	126	39.1	39.1
	機車	121	37.6	37.6
	自行車	3	0.9	0.9
	無	7	2.2	2.2
	總計	322	100	100
使用機車的 頻率	每天騎	149	46.3	52.8
	每週騎3天以上	51	15.8	18.1
	每週騎1-2天	41	12.7	14.5
	每月騎1-2天	41	12.7	14.5
	小計	282	87.6	100
	遺漏值	40	12.4	
	總計	322	100	
使用機車的 主要種類	大型重型機車(紅牌)	24	7.5	7.6
	大型重型機車(黃牌)	9	2.8	2.8
	普通重型機車(白牌 / $126 < \text{cc} < 250$)	88	27.3	27.8
	普通重型機車(白牌 / $50 < \text{c.c.} \leq 126$)	142	44.1	44.9
	輕型機車(綠牌或白牌紅字)	17	5.3	5.4
	不曾使用	36	11.2	11.4
	小計	316	98.1	100
	遺漏值	6	1.9	
使用機車的 主要目的	通勤通學	167	51.9	59.2
	業務使用	20	6.2	7.1
	購物	60	18.6	21.3
	休閒遊憩	29	9.0	10.3
	其他	6	1.9	2.1
	小計	282	87.6	100
	遺漏值	40	12.4	
	總計	322	100	
	通勤通學	167	51.9	59.2

表 12 長隧道通行機車對於環境面的影響程度

第 1 層面 環境面	行車視線		環境心理		廢氣生理		溫度		道路條件	
	次數	%	次數	%	次數	%	次數	%	次數	%
非常不明顯	16	5.0	27	8.4	25	7.8	25	7.8	18	5.6
有點不明顯	28	8.7	28	8.7	26	8.1	28	8.7	25	7.8
普通	117	36.3	141	43.8	88	27.3	89	27.6	58	18
有點明顯	96	29.8	95	29.5	115	35.7	117	36.3	119	37
非常明顯	65	20.2	31	9.6	68	21.1	63	19.6	102	31.7
總和	322	100	322	100	322	100	322	100	322	100
	平均數 3.52 排序 3		平均數 3.23 排序 5		平均數 3.54 排序 2		平均數 3.51 排序 4		平均數 3.81 排序 1	
第 2 層面 交通面	超速		任意變換車道		未保安距		違規超車		同一車道併行	
	次數	%	次數	%	次數	%	次數	%	次數	%
非常不明顯	15	4.7	8	2.5	6	1.9	7	2.2	12	3.7
有點不明顯	18	5.6	10	3.1	11	3.4	7	2.2	16	5.0
普通	48	14.9	37	11.5	34	10.6	36	11.2	38	11.8
有點明顯	88	27.3	69	21.4	79	24.5	63	19.6	89	27.5
非常明顯	153	47.5	198	61.5	192	59.6	209	64.9	167	51.9
總和	322	100	322	100	322	100	322	100	322	100
	平均數 4.07 排序 5		平均數 4.36 排序 3		平均數 4.37 排序 2		平均數 4.43 排序 1		平均數 4.19 排序 4	

4. 長隧道通行機車交通策略意見

- (1) 長隧道是否開放機車通行與駕駛時數最長車種交叉分析(表 13)，勾選完全禁止機車者有 46.6%為最多數；勾選僅開放 251cc 以上機車有 17.1%居次；勾選完全開放機車者有 16.8%再居次；勾選可開放 126cc 以上機車有 13.4%；可開放 51cc 以上機車有 6.2%，顯示對大多數的大貨車、大客車司機而言是不支持機車開放；對小客(貨)車、機車用路者而言，各有傾向。

表 13 長隧道是否開放機車與駕駛時數最長車種之交叉分析表

駕駛時數最長車種 特性可否		大客車	大貨車	小客 (貨)車	機車	自行車	無	總和
		完全禁止機車	個數	26	23	65	30	2
	行%	86.7	65.7	51.6	24.8	66.7	57.1	46.6
僅開放 251cc 以上機車	個數	3	1	25	25	0	1	55
	行%	10.0	2.9	19.8	20.7	0.0	14.3	17.1
可開放 126cc 以上機車	個數	0	3	13	24	1	2	43
	行%	0.0	8.6	10.3	19.8	33.3	28.6	13.4
可開放 51cc 以上機車	個數	0	2	8	10	0	0	20
	行%	0.0	5.7	6.3	8.3	0.0	0.0	6.2
完全開放機車	個數	1	6	15	32	0	0	54
	行%	3.3	17.1	11.9	26.4	0.0	0.0	16.8
總數		30	35	126	121	3	7	322

(2) 長隧道是否開放機車通行與主要使用機車車種交叉分析(表 14), 整體而言, 大型重機(紅牌)者完全支持長隧道通行機車; 大型重機(黃牌)者以支持長隧道通行機車者比例較高; 普通重型機車支持比率則是各半; 輕型機車以及不曾使用過機車者以長隧道完全禁止機車的比率較高, 顯然可見, 有騎乘大型機車的需求者多抱持支持的角度, 而騎乘普通重型機車未必認為必須完全開放, 使用輕型機車者以及無駕駛機車經驗者反而不認同開放的比例較高。

表 14 長隧道是否開放機車與主要使用機車車種之交叉分析表

主要使用機車車種		大型重機		普通重機 (白牌)		輕型機車	不曾使用	總和
		紅牌	黃牌	126<c.c. ≤250	50<c.c. ≤125			
完全禁止機車	個數	0	2	42	71	10	21	146
	行%	0.0	22.2	47.7	50.0	58.8	58.3	46.2
僅開放 251cc 以上機車	個數	8	1	17	21	1	7	55
	行%	33.3	11.1	19.3	14.8	5.9	19.4	17.4
可開放 126cc 以上機車	個數	2	3	14	15	3	4	41
	行%	8.3	33.3	15.9	10.6	17.6	11.1	13.0
可開放 51cc 以上機車	個數	2	0	1	15	2	0	20
	行%	8.3	0.0	1.1	10.6	11.8	0.0	6.3
完全開放機車	個數	12	3	14	20	1	4	54
	行%	50.0	33.3	15.9	14.1	5.9	11.1	17.1
總數		24	9	88	142	17	36	316

(3) 長隧道是否開放機車通行 (如表 15): (I) 訂定行車規範方面, 有 61.8% 用路人認為非常同意為最高; 有 18.3% 認為有點同意為次之。(II) 建置機車專用車道方面, 有 70.5% 用路人認為非常同意為最高; 有 11.5% 認為有點同意為次之。(III) 建置科技執法設施方面, 有 67.7% 用路人認為非常同意為最高; 有 13.4% 認為有點同意為次之。(IV) 車流總量管制方面, 有 41.3% 用路人認為非常同意為最高; 有 22.7% 認為有點同意為次之。(V) 客運接駁方面, 有 37.9% 用路人認為非常同意為最高; 有 21.4% 認為有點同意為次之。(VI) 替代道路方面, 有 50.9% 用路人認為非常同意為最高; 有 23.9% 認為有點同意為次之。分析構面平均數, 整體而言, 用路人對於機車在長隧道內建置科技執法設施的支持程度最高 (平均數 4.35); 專用車道居次 (平均數 4.34); 行車規範再次之 (平均數 4.21); 而對於若未開放通行機車的交通策略, 用路人以替代道路的支持程度 (平均數 4.11) 高於客運接駁 (平均數 3.66) 的方式。

表 15 用路人對長隧道通行機車交通策略意見之支持程度

交通策略	訂定行車規範		建置機車專用車道		建置科技執法設施		車流總量管制		客運接駁		替代道路	
	次數	%	次數	%	次數	%	次數	%	次數	%	次數	%
非常不明顯	26	8.1	22	6.8	17	5.3	39	12.7	36	11.2	18	5.6
有點不明顯	14	4.3	15	4.7	10	3.1	30	9.3	28	8.7	13	4.0
普通	24	7.5	21	6.5	34	10.6	47	14.6	67	20.8	50	15.5
有點明顯	59	18.3	37	11.5	43	13.4	73	22.7	69	21.4	77	23.9
非常明顯	199	61.8	227	70.5	218	67.7	133	41.3	122	37.9	164	50.9
總和	322	100	322	100	322	100	322	100	322	100	322	100
	平均數 4.21 排序 3		平均數 4.34 排序 2		平均數 4.35 排序 1		平均數 3.72 排序 5		平均數 3.66 排序 6		平均數 4.11 排序 4	

(二) 單因子變異數分析

- 長隧道行車因子：為了解不同車種對於長隧道行車因子是否有顯著相關，以行車因子為自變數，駕駛最長時數車種為依變數，採取 ANOVA 變異數分析。
 - 不同「車種」對於長隧道內「交通廢氣濃度上升之影響」、「溫度之影響」、「任意變換車道違規之影響」、「超車違規之影響」之差異考驗達顯著水準；然經 Scheffe 事後比較檢定，組間未達顯著差異（如表 16）。
 - 不同「車種」對於長隧道內「環境封閉之影響」、「道路條件之影響」、「超速違規之影響」與「併行違規之影響」之差異考驗達顯著水準；經 Scheffe 事後比較檢定，亦達顯著差異，顯示在長隧道「環境封閉心理影響」，以自小客（貨）車駕駛的影響程度高於機車用路人；「道路條件（如車道數、專用道）之影響」，以大貨車駕駛及自小客（貨）車駕駛的影響程度高於機車；「超速違規之事故影響」，大客車駕駛、大貨車駕駛與自小客（貨）車駕駛影響程度均高於機車；而「併行違規之影響」，以大貨車駕駛影響程度高於機車（如表 16）。

表 16 不同車種對長隧道行車因子之變異數檢定

構面（題項）		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	P 值	Scheffe 比較
2-1 行車 視線	組間	11.111	3	3.704	3.288	.021	
	組內	346.886	308	1.126			
	總和	357.997	311				
2-2 環境 心理	組間	18.056	3	6.019	5.991	.001	(3)>(4)
	組內	309.402	308	1.005			
	總和	327.458	311				
2-3 廢氣 生理	組間	17.213	3	5.738	4.525	.004	
	組內	390.527	308	1.268			
	總和	407.740	311				
2-4 溫度	組間	26.521	3	8.840	7.195	.000	
	組內	377.222	307	1.229			
	總和	403.743	310				
2-5 道路 條件	組間	31.343	3	10.448	8.683	.000	(2)(3)>(4)
	組內	370.606	308	1.203			
	總和	401.949	311				
2-6 超速	組間	31.891	3	10.630	8.975	.000	(1)(2)(3)>(4)
	組內	364.827	308	1.185			
	總和	396.718	311				
2-7 任意 變換	組間	16.207	3	5.402	5.945	.001	
	組內	279.867	308	.909			
	總和	296.074	311				
2-8 未保 安距	組間	8.350	3	2.783	3.202	.024	
	組內	267.724	308	.869			
	總和	276.074	311				
2-9 超車	組間	13.924	3	4.641	5.533	.001	
	組內	258.381	308	.839			
	總和	272.304	311				
2-10 併行	組間	31.891	3	10.630	8.975	.000	(2)>(4)
	組內	364.827	308	1.185			
	總和	396.718	311				

註：(1)代表大客車；(2)代表大貨車；(3)代表小客（貨）車；(4)代表機車

2. 長隧道交通策略意見：為了解不同車種對於長隧道交通策略意見是否有顯著相關，以長隧道交通策略意見為自變數，駕駛最長時數車種為依變數，採取 ANOVA 變異數分析。

- (1) 不同「車種」對長隧道內「總量車流管制」、「未滿足長隧道通行機車條件，提供替代道路」之差異考驗達顯著水準；經 Scheffe 事後比較檢定，組間未達顯著差異（如表 17）。
- (2) 不同「車種」對於長隧道之「特性可否開放機車通行」、「未滿足長隧道通行機車條件，採取客運接駁」之差異考驗達顯著水準，且經 Scheffe 事後比較檢定，達顯著差異，顯示在長隧道「特性可否開放機車通行」問項，以機車用路人的認同程度高於大客車、大貨車、自小客（貨）車駕駛；「未滿足長隧道通行機車條件，採取客運接駁」中，以大客車駕駛、大貨車駕駛及自小客（貨）車的認同程度高於機車（如表 17）。

表 17 不同車種對長隧道交通策略之變異數檢定

構面（題項）		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	P 值	Scheffe 比較
3-1 特性 可否	組間	87.608	3	29.203	14.241	.000	(4)>(1)(2)(3)
	組內	631.610	308	2.051			
	總和	719.218	311				
3-2 規範 可否	組間	1.146	3	.382	.245	.865	
	組內	480.893	308	1.561			
	總和	482.038	311				
3-3 專用 車道	組間	6.704	3	2.235	1.517	.210	
	組內	453.600	308	1.473			
	總和	460.304	311				
3-4 科技 執法	組間	14.088	3	4.696	3.801	.011	
	組內	380.528	308	1.235			
	總和	394.615	311				
3-5 流量 管制	組間	37.930	3	12.643	6.802	.000	
	組內	572.528	308	1.859			
	總和	610.458	311				
3-6 客運 接駁	組間	42.040	3	14.013	8.053	.000	(1)(2)(3)>(4)
	組內	535.947	308	1.740			
	總和	577.987	311				
3-7 替代 道路	組間	18.790	3	6.263	4.953	.002	
	組內	389.505	308	1.265			
	總和	408.295	311				

註：(1)代表大客車；(2)代表大貨車；(3)代表小客（貨）車；(4)代表機車

五、綜合評析

本次問卷主要調查一般用路人對於長隧道行車因子之影響程度，以及對長隧道交通策略意見之認同程度，以下為調查結論：

(一) 一般用路人對於長隧道行車因子之影響程度

1. 所有用路人在長隧道內環境層面均認為有影響，影響程度較中間值偏高，屬於中度認同；對於事故層面較中間值高，為高度認同。
2. 在環境層面上，用路人認為廢氣是影響程度最大的因子，依序為行車視線、溫度、環境，其中，自小客（貨）車對於環境封閉之影響大於機車。
3. 在事故層面上，用路人認為機車違規超車係對於行車安全影響最大的因子，依序為違規超車、未保持安全距離、任意變換車道、同一車道併排行駛、超速、道路條件；不同車種間對於機車違規超車、未保持安全距離、任意變換車道並無顯著相關，表示不論車種均一致性認為這三項違規影響程度最高。
4. 在事故層面中，對於同一車道併排行駛，以大貨車駕駛認為影響程度高於機車；對於超速違規，大貨車、大客車、自小客（貨）車駕駛認為影響程度均高於機車，可以顯見大車認為此兩項違規係是開放機車通行的主要疑慮。
5. 在事故層面中，對於道路條件之配置，例如專用車道、車道數量，對於長隧道行車安全之影響程度，以大貨車、自小客（貨）車高於機車。

(二) 一般用路人對於長隧道交通策略意見之認同程度

1. 所有用路人對於長隧道交通策略意見均認同，認同程度較中間值偏高，屬中度認同。
2. 若開放機車通行，以建置科技執法取締違規認同程度最高，依序為設置機車專用道、訂定行車規範、實施車流總量管制，不同車種間對於科技執法、機車專用車道、行車規範並無顯著相關，表示不論車種均一致性認同這三種交通策略。
3. 若未滿足長隧道通行機車條件，以提供替代道路之認同程度大於採取客運接駁方式，值得一提的是，對於客運接駁之方式，以大客車、大貨車、自小客（貨）車駕駛認同程度高於機車。

(三) 不同車種用路人對於長隧道是否開放機車通行之關鍵議題

1. 不同車種各有不同傾向，但機車用路人的認同程度高於大客車、自小客（貨）車駕駛。
2. 對大多數大客車、大貨車駕駛，不支持開放，而大客車不支持的比例高於大貨車。
3. 對自小客（貨）車駕駛而言，各有所好，不開放的比例跟開放的比例大約各占一半，而支持開放的比例中以開放 251cc 以上機車最高。
4. 對機車用路人而言，偏向支持開放，僅有四分之一不支持開放，惟支持開放的比例中，對於可開放的車種各有偏好。

伍、長隧道通行機車交通管理課題分析

一、我長隧道目前面臨的問題

長隧道為一封閉空間，環境品質將影響駕駛人身體狀況，進而影響到駕駛能力。另一方面，交通量的多寡亦將影響隧道內的環境品質，因此，亦應釐清交通量或行車速度的管制機制，以確保隧道內環境品質。本研究歸納目前我國長隧道面臨的環境面、交通面、民意面現況，說明如下。

(一) 環境面

綜觀隧道內行車環境可能對機車用路人造成的影響，主要可分為汽機車廢氣排放、隧道內高溫與隧道內照明等 3 項，探討可能之影響因素包含隧道內車流量、安全設備、現行標準，將可能之影響因素分項臚列如下。

1. 隧道內車流量：車流量多寡直接影響到隧道內廢氣排放量及溫度，故探討行車環境時，應思考有效的車流量管制手段，避免交通壅塞導致短時間內廢氣濃度及溫度急遽上升之情形發生。
2. 安全設備：隧道內通風設備直接影響隧道內廢氣濃度與溫度，應仔細評估通風設備的設計標準與操作特性，檢視其是否能應付交通壅塞時頻繁的運作，以減少對硬體壽命及電費的負擔。另由於進出隧道時因環境亮度之變化會導致行車速率變動較大而增加事故風險，而目前國內長隧道照明設計上主要以汽車用路人為考量，未來興建長隧道時應考量機車用路人一併納入照明設備之設計規劃，方可打造適合機車通行之環境，以

提升機車用路人於長隧道內之行車安全。

3. 現行標準：我國屬於熱帶氣候，每年 5-9 月天氣炎熱，氣溫會直接影響隧道內的溫度，因此應該探討隧道內的環境標準是否通過一定的檢測。隧道空氣品質上，國際上普遍引用世界道路協會 PIARC（Permanent International Association of Road Congress）所制定之隧道空氣品質標準。

（二）交通面

綜觀隧道內通行機車時，可能影響機車用路人行車安全之交通因子包含隧道內行駛車種、駕駛安全配備、道路設計及隧道內行車規範等，將可能影響之因素分項作說明如下說明。

1. 隧道內行駛車種：交通事故發生之常見原因包含人為因素與速差，若未來長隧道如要通行機車，則應考量允許的機車車種（如大型重型、重型、輕型、電動機車等），以及在與不同車種共同行駛時可能產生速差危險之情形，考量允許行駛之機車車種時，應同時考量隧道內上下速限及可行駛之車種限制，避免隧道內產生速差影響用路人之行車安全。
2. 道路設計：道路設計及斷面配置應考量不同車種行駛時可能造成之危險，並考量不同車種的路權作設計與配置，如機車專用車道設置、車道路寬、車道間隔、分隔帶的標線劃設、進隧道前的門架指示牌等，透過完善的道路設計提升用路人行車安全。另長隧道因環境封閉不如一般道路，汽車廢氣內殘留的油氣大多難以散去，甚至車主不知情的底盤滲油問題，也都直接積存在隧道路面上，前述文獻回顧資料亦發現，機車在隧道內的打滑失控事故件數多，應於道路設計時納入考量，或者是透過快速通報機制，在一定時間內通報相關清潔單位處理完畢。
3. 隧道內行車規範：人為因素為國內交通事故發生之主因，長隧道通行機車是否應考量國內機車用路人使用習慣，制定適宜長隧道內的行駛規範，如隧道內禁止超車、併行、變換車道、車速上下限、跟車間距等，以減小事故發生的機率。

（三）民意面

問卷調查發現，不同車種對於通行長隧道的議題有不同答案，以下綜合整理民意現行的問題探討。

1. 交通策略：若長隧道開放機車通行，以建置科技執法取締違規認同程度

最高，依序為設置機車專用道、訂定行車規範、實施車流總量管制，不同車種間對於科技執法、機車專用車道、行車規範並無顯著相關，表示不論車種均一致性認同這三種策略。惟若長隧道不滿足機車通行條件，用路人認為以提供替代道路之認同程度大於採取客運接駁方式。

2. **通行策略**：現行國內無長隧道所有型式機車通行之案例，而考量機車用路人之權益，未來新建之長隧道應採用何種形式確認各車種之通行，是否採漸進式逐步通行不同機車車種，以避免車種通行後有收不回對民眾承諾的情形發生，另漸進式開放應搭配行車規範試辦，輔以科技執法取締違規，並於期間累積測試並檢討是否與規劃構想相符。

二、長隧道通行機車交通策略

綜整上述目前面臨的現況，以及回顧文獻、隧道事故特性分析、民意問卷調查結果，研擬一套適合長隧道通行機車之交通策略，說明如下。

(一) 車流總量管制

問卷調查民意發現，用路人對於車流總量管制屬於中度認同，因此應根據長隧道內的道路設計，調查車種之間對道路使用的需求比例，以及道路的容量後，比對兩者之間的差異，再依此評估車流壅塞之時段或區間，採取車流總量管制。

由於隧道路段發生壅塞時，具有管理路網內交通需求之必要性，應依據當時交通狀況，採取交通疏導策略來預防或減少壅塞狀況，因此將對於壅塞區段之上游入口門架指示牌，運用號誌燈控，進行入口之控制管理；另一方面，針對隧道事件發生而導致封閉時，配合隧道封閉或緊急救援作業之需要，採取號誌封閉控制，如前所述，提出以下管制方式：

1. **隧道封閉**：利用障礙物或燈號禁止車輛駛進入隧道，將隧道予以關閉，當隧道內發生狀況產生交通壅塞、甚或道路封閉時，可配合事件狀況採取入口隧道封閉之措施。
2. **隧道儀控**：利用隧道入口前交通號誌之設置，來進行車流釋入主線之控制方式，當主線上游路段之流量加上入口匝道之需求大於等於主線下游之容量時，則可實施以調節進入隧道之車流量。

(二) 行車規範訂定，輔以科技執法落實取締

依據國內外機車肇事資料顯示，超速、未保持安全距離，以及未依規定讓車係機車事故三大主因；隧道事故分析顯示以追撞為最多之型態。肇因分析前二名分別為「未保持行車安全距離」及「未注意車前狀態」；從問卷調查資料可以發現，用路人對於交通層面的影響程度屬高度認同，顯示長隧道通行機車之可行性與肇事違規的防制策略相關，且在策略意見方面，用路人對於建置科技執法取締違規認同程度最高；長隧道係屬封閉空間，本研究亦建議以科技執法作為配套措施，詳細內容分敘如下。

1. 車速上下限制：以臺灣來說，一般道路速限為 50 到 60 公里，省道多為 70 公里，長隧道的速限也得依其道路分級而有所不同，惟根據文獻回顧資料顯示，一般最高及最低速限之差距在 20~30 公里 / 小時之範圍，建議針對我國公路長隧道訂定車速下限之規範與定義，行車速限在時速 70 公里（含）以上時，應設置最低速限為時速 50 公里或 40 公里，行車速限在時速 70 公里以下時，不需要設置最低速限例（上、下速限之差距低於時速 20 至 30 公里），並以我國目前最新的區間速率執法，隧道兩端設置車牌辨識系統，以進出時間決定是否超速，嚴格取締高速車以及龜速車。
2. 行車間距：參照國外，多數長隧道於行車間距部份並未訂定特殊標準且為了減少多重法令，造成駕駛混淆，均比照一般道路的規範，除了少數曾發生重大事故之長隧道（如白朗峰隧道）則重新檢討提高安全間距標準，多數國家會加強宣導隧道口前或隧道內保持安全距離之重要性。而我國目前的現況是雪山隧道及八卦山隧道規範：當行駛於隧道內小型車應保持 50 公尺以上之行車安全距離，大型車應保持 100 公尺以上之行車安全距離。如因隧道內道路壅塞、事故或其他特殊狀況導致車速低於每小時 20 公里或停止時，所有車輛仍應保持 20 公尺以上之安全距離。由此可知，國內長隧道係分類成大型車以及小型車而有不同規範，因此比照此情形，公路長隧道的大型車跟小型車應有不同規範，而機車係屬於小型車的類別，並未加以區分。因此，建議長隧道內規範行車間距為 50 公尺以上，並嚴格執法以策交通安全，在一定車速以下（塞車標準）時另訂定較短之車間距。
3. 車道變換：規範車速下限之長隧道應原則禁止車道變換；未規範車速下

限或機車專用道之長隧道則可開放部分路段變換車道。

4. 車種限制：因應不同長隧道之車種限制，透過車牌辨識系統，嚴格取締禁行車種。

5. 機車在同一車道併排行駛或超越前車：

- (1) 機車併行的處罰得依據道路交通管理處罰條例第 45 條第 1 項第 2 款規定處罰：「汽車駕駛人，爭道行駛有下列情形之一者，處新臺幣六百元以上一千八百元以下罰鍰：在單車道駕車與他車並行。」；超車的規範在道路交通安全規則第 101 條第 1 項第 5 款：「前行車減速靠邊或以手勢或亮右方向燈表示允讓後，後行車始得超越。超越時應顯示左方向燈並於前車左側保持半公尺以上之間隔超過，行至安全距離後，再顯示右方向燈駛入原行路線。」其次，依據道路交通管理處罰條例第 47 條第 1 項第 3 款規定處罰：「汽車駕駛人超車時，有下列情形之一者，處新臺幣一千二百元以上二千四百元以下罰鍰：在前行車之右側超車，或超車時未保持適當之間隔，或未行至安全距離即行駛入原行路線。」同理，長隧道內的交通執法可以依據上述規範進行取締。而在問卷調查結果中，大貨車在這一個違規認同程度高於機車，顯示這個違規行為係大車對於長隧道通行機車的主要疑慮，建議以科技工具輔助執法，在一定車速以下（塞車標準）可以開放超車。
- (2) 汽車單一車流不易發生的行為，如同車道並行、同車道超車、鑽隙超車等，在機車與汽車混合車流中經常發生，不論在隧道或一般道路都增加車流亂度與肇事機會，現行交通法規係將機車視為汽車，於機車行駛規範與實務上機車行車現況會有落差，機車和其他汽車在行車特性上有著顯著的不同，亟待更多研討與更明確的規範。

（三）長隧道橫斷面設計

長隧道事故分析中，有發現長隧道因環境封閉不如一般道路，若機車高速行駛又快速變換車道很容易發生打滑失控事故，而不同車種行駛也會造成一定速差之危險；且問卷調查用路人意見的結果發現，用路人對於專用車道的交通策略支持度相當高，建議未來長隧道內應有機車專用道之設計。現有長隧道若無機車專用道之設置，建議訂定嚴格的行車上下限管理。

（四）依機車性能逐步評估開放通行

檢視國內訂定機車行駛車種限制時，普遍係以車牌顏色作為標準，大

型重型機車（黃、紅牌）性能與汽車較相近，在車種分類管制時較易區隔，然普通重型機車（白牌 50~250c.c.）之車種間性能差異甚鉅，因此建議以下做法：

1. 大型重機開放通行長隧道：根據問卷調查結果，大型重機騎士均偏向支持長隧道開放通行機車，且大型重機性能以及規範跟汽車相差不大。根據道路交通管理處罰條例第 92 條第 6 項規定：「大型重型機車，除本條例另有規定外，比照小型汽車適用其行駛及處罰規定。」可見國內早將大型重機視為汽車管理，適用相同行駛規範，因此宜開放大型機車通行長隧道。
2. 依據機車性能，逐步開放使用不同等級長隧道：根據問卷結果，自小客（貨）車駕駛各有所好，機車用路人偏向支持開放，表示對於機車用路者而言，通行勢必有一定的便利性，然為了顧及其他車種的意見，未來宜根據不同的機車性能，蒐集開放大型重機後的違規、肇事資料，將依實際觀測交通事件發生類型、車流續進穩定性、隧道內安全監測設施運行狀況及事故災害事件影響程度，作為後續是否開放其他機車車種通行之評估依據。

二、替代道路

根據問卷調查結果，若無法滿足長隧道通行機車條件時，用路人對於替代道路方案的支持程度高於客運接駁方案，因此當決策機關無法滿足長隧道通行機車條件時，建議以替代道路為優先考量。

整體而言，交通面應為主要顧慮，如何嚴格執法係屬重要課題，根據問卷調查結果，用路人對於執法策略的認同程度頗高，表示用路人對於長隧道開放機車通行，重視安全大於便利，所以在符合安全的管理下，才能逐步開放不同機車車種便利上路。

陸、結論與建議

一、結論

- （一）國外大多數隧道均開放機車通行，且沒有個別規定，尚未開放的國家為馬來西亞以及越南，係因為安全考量，而我國由於國內機車持有率高且機車

係屬於機動性高的交通工具，使得政府單位亦無法突破安全考量開放機車通行長隧道。

- (二) 根據各國隧道行駛規範分析，可以發現各國對隧道安全管理與控制的作法不同。在速限規定上，多數長隧道速限標準在 80 公里 / 小時左右，且除了日本以外皆規定車速上下限，均為了避免長隧道內的速差情形以產生更多的事務風險；在變換車道規定上，若屬雙孔單向者隧道就不禁止變換車道；而行車間距就沒有一定的標準。
- (三) 隧道內事故以「追撞」最常發生，肇因多為未保持安全距離、未注意車前狀況，表示速度管理及行車間距的規範極其重要；其次係「自撞」，顯示在隧道內與路側物體碰撞之死亡率較高，應可於未來長隧道設計時納入考量，並模擬通行機車時可能發生之事故。而隧道內違規屬逕行舉發者約占 99%，此部分可以透過科技執法改善，約束駕駛人的行駛行為。
- (四) 從問卷調查結果得知，在長隧道內環境面對生理、心理的影響程度均認為有影響，影響程度較中間值偏高，屬於中高度認同；受訪者認為廢氣是影響程度最大的因子，其次依序為行車視線、溫度、環境。其中，自小客（貨）車對於環境封閉的影響大於機車。在交通層面上，受訪者認為機車違規超車係對於行車安全影響最大的因子，依序為未保持安全距離、任意變換車道、同一車道併排行駛、超速、道路條件；不同車種間對於機車違規超車、未保持安全距離、任意變換車道並無顯著差異，顯示不論車種均一致性認為這三項違規影響程度嚴重。大客車與大貨車駕駛認為長隧道內機車的違規對於其影響程度較大，認為長隧道不適宜開放機車通行的比例較高；對於自小客（貨）車駕駛而言，開放與不開放的比例各佔一半，其中支持開放的比例以支持 251c.c 以上的機車車種比例最高；對於機車駕駛而言，開放機車的車種各有偏好，而一致主張可以開放大型重型機車（紅牌）通行長隧道。
- (五) 本研究初步研擬長隧道通行機車交通策略，分為 5 項：1. 實施車流總量管制、2. 行車規範訂定，輔以科技執法落實、3. 長隧道橫斷面設計機車專用道；若不可行，建議訂定嚴格的行車上下限管理、4. 長隧道通適宜開放通行大型重型機車，惟普通重型機車，建議需經評估可行後再進行漸進式開放、5. 無法滿足通行機車的條件時，提供通行替代道路。

二、建議

- (一) 本研究問題導向著重於用路人觀點的研究，藉此了解不同車種用路人對於長隧道行車因子的影響程度，以及對於長隧道交通策略的認同程度，惟長隧道通行機車仍須待試辦通行後進行車流模擬分析，以及實際上的事故、違規前後比較，才能確保長隧道通行機車係屬可行。
- (二) 本研究囿於時間、人力限制，僅取花蓮蘇花改、臺東草埔隧道周邊樣本做為通行長隧道用路人的觀點，且此量化研究的資料是一次性的，建議未來可以更廣泛地採取樣本數或者做貫時性的研究。
- (三) 長隧道是道路工程的一大挑戰，也衍生交通策略的規劃問題，建議可朝向長隧道的交通工程標準化規範，亦即在建設長隧道工程之時，已訂好橫斷面配置、相關環境標準，以便於未來政府開放長隧道通行後交通管理策略的擬定。

參考文獻

- Abdul Manan MM, Vrhelyi A. (2012), Motorcycle fatalities in Malaysia. IATSS Research, 36(1): 30-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.iatssr.2012.02.005>.
- Allgemeiner Deutscher Automobil Club (2015), Michael Pschenitza, Auswertung von Motorradunfaellen: Konstellationen, Besonderheiten, Abhilfemassnahmen.
- Harnen S, et al. (2004), Development of prediction models for motorcycle crashes at signalized intersections on urban roads in Malaysia. J Transp Stat, 7: 27-39.
- Harold de Bock, (2016), Motorcycle safety and accidents in Europe, FEMA.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (2008), Towards Zero: Ambitious Road Safety Targets and The Safe Systems Approach, OECD/ ITF (International Transport Forum).
- Organisation for Economic Cooperation and Development (2006), Speed Management, OECD/ ECMT (European Conference of Ministers of Transport).
- Organisation for Economic Cooperation and Development (2018), Road Safety Annual Report, OECD/ITF (International Transport Forum).
- Radin URS, Mackay MG, Hills BL. (1996), Modelling of conspicuity-related motorcycle accidents in Seremban and Shah Alam, Malaysia. Accid Anal Prev,

28(3):325-32. [http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575\(95\)00071-2](http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575(95)00071-2).

World Health Organization (2017), Powered two- and three-wheeler safety: a road safety manual for decision-makers and practitioners, Geneva: World Health Organization.

World Health Organization (2020), Global PLAN - Decade of action for road safety 2021-2030, Geneva: World Health Organization.

日本交通事故綜合分析中心（2017），二輪車事故の特徴分析による事故・死傷者数の低減研究—事故原因に着眼した特徴分析—。

內政部警政署（2019），警政統計通報第 25 週。

公共政策網路參與平臺（2016），開放大型重機行駛臺 76 線八卦山隧道，擷取日期：2019 年 09 月 28 日，網站：

<https://join.gov.tw/idea/detail/87fc3922-add2-4ace-a768-d4d72ae598e6>。

交通部（2019），2020 運輸政策白皮書—運輸安全專冊，交通部編印。

交通部（2016），機車交通政策白皮書，交通部運輸研究所編印。

交通部（1999），機車交通管理政策白皮書，交通部編印。

交通部運輸研究所（2011），單向三車道以下道路「取消禁行機車道」及「允許機車直接左轉」之評估報告。

交通部高速公路局（2018），國外大型重型機車肇事情形及相關研究與規範回顧。

交通部公路總局統計查詢網，機動車輛登記數（機車），擷取日期：2019 年 09 月 28 日，網站：<https://stat.motc.gov.tw/mocdb/stmain.jsp?sys=100&funid=a3301>。

交通部臺灣區國道高速公路局（2013），101 年歐洲隧道營運管理觀摩。

吳俊良、林根勝、曾堂坤、張震宇（2018），國道 5 號雪山隧道——自動化科技執法系統建置簡述，工程學刊，第 91 卷 05 期，頁 79-88。

吳坤霖（2016），平均速率執法可行性之研究，中央警察大學交通管理研究所碩士論文。

吳宗修、許書銘（2017），建立國道高速公路隧道事故調整因子之研究，106 年道路交通安全與執法研討會，頁 152。

高速公路及快速公路交通管制規則（2019），交通部與內政部。

陳發林（1997），長隧道降溫方法評估，國立臺灣大學應用力學所暨機械系研究報告。

曹灝（2018），高速公路科技執法之研究，中央警察大學交通管理研究所碩士論文。

梁力元（2006），公路長隧道通行貨車風險分析——以雪山隧道為例，國立中央大學土木工程學系碩士論文。

曾平毅、林豐博、張瓊文（2012），公路隧道安全與管理之國際近況，101 年道路交通安全與執法研討會，頁 447-458。

楊漢鵬（2019），運用科技設備於交通執法之研究，中央警察大學交通學報。

董柏維（2014），公路隧道設置水系統滅火設備滅火效能之研究，中央警察大學災害防救學報。

蘇花公路改善工程處，工程資訊，擷取日期：2019 年 09 月 28 日，網站：

<https://suhua.thb.gov.tw/SubPages/工程資訊.html>。

附錄 「長隧道通行機車條件之研究」問卷調查表

您好：茲為進行交通部公路總局委託計畫，特編制本問卷，希望瞭解您對「未來建設長隧道」如要開放機車通行議題的看法與相關政策意見。本調查表不具名，所填資料係供整體統計分析與決策參考之用，絕不作其他用途，敬請協助填寫。

敬祝 平安順心、萬事如意！

說明：1. 本問卷所提及的機車包含小型輕型、普通輕型、普通重型、大型重型等機車。

2. 請於各題選項中空格□內打√或空白處____填寫數字（或文字）。

一、交通工具使用情形

1. 您目前駕駛車輛時數最長的主要交通工具為何？

①大客車 ②大貨車 ③小客(貨)車 ④機車 ⑤自行車 ⑥無

【回答⑥者，跳答第5題】

2. 您目前有在使用的機車主要種類為何？

①大型重型機車(紅牌/ c. c. ≥550) ②大型重型機車(黃牌/ 250 < c. c. < 550)
③普通重型機車(白牌/ 126 < c. c. ≤250) ④普通重型機車(白牌/ 50 < c. c. ≤125)
⑤輕型機車(綠牌或白牌紅字/ c. c. ≤50) ⑥不曾使用【回答⑥者，跳答第5題】

3. 您使用機車的頻率？

①每天騎 ②每週騎3天以上 ③每週騎1-2天 ④每月騎1-2天

4. 您使用機車的主要目的？

①通勤通學 ②業務使用 ③購物 ④休閒遊憩 ⑤其他

二、長隧道行車因子之影響程度 (註：「長隧道」係指長度3公里以上之隧道)

5. 您認為進入或駛出長隧道內會有昏暗或明亮的光線，對於行車視線的影響程度是？

①非常不明顯 ②有點不明顯 ③普通 ④有點明顯 ⑤非常明顯

6. 您認為進入長隧道內的環境封閉，對於行車安全(心理面)的影響程度是？

①非常不明顯 ②有點不明顯 ③普通 ④有點明顯 ⑤非常明顯

7. 您認為進入長隧道內因交通壅塞廢氣濃度上升，對於行車安全(生理面)的影響程度是？

①非常不明顯 ②有點不明顯 ③普通 ④有點明顯 ⑤非常明顯

8. 您認為進入長隧道內因交通壅塞、夏季炎熱氣候等因素，造成隧道內溫度提升，對於行車安全(生理面)的影響程度是？

①非常不明顯 ②有點不明顯 ③普通 ④有點明顯 ⑤非常明顯

9. 您認為長隧道內因道路條件(如車道數、機車專用道)，對行車安全(事故面)的影響程度是？

①非常不明顯 ②有點不明顯 ③普通 ④有點明顯 ⑤非常明顯

10. 您認為在長隧道內騎乘機車超速，對於行車安全(事故面)的影響程度是？

①非常不明顯 ②有點不明顯 ③普通 ④有點明顯 ⑤非常明顯

11. 您認為在長隧道內騎乘機車任意變換車道，對於行車安全(事故面)的影響程度是？

①非常不明顯 ②有點不明顯 ③普通 ④有點明顯 ⑤非常明顯

12. 您認為在長隧道內騎乘機車未保持安全距離，對於行車安全(事故面)的影響程度是？
①非常不明顯 ②有點不明顯 ③普通 ④有點明顯 ⑤非常明顯
13. 您認為在長隧道內騎乘機車違規超車，對於行車安全(事故面)的影響程度是？
①非常不明顯 ②有點不明顯 ③普通 ④有點明顯 ⑤非常明顯
14. 您認為在長隧道內騎乘機車在同一車道與他車併排行駛，對於行車安全的影響程度是？
①非常不明顯 ②有點不明顯 ③普通 ④有點明顯 ⑤非常明顯

三、長隧道通行機車交通策略意見

15. 依據長隧道的特性(環境、空氣、視線、溫度上升等)，您認為長隧道可否開放機車通行？
①完全禁止機車 ②僅開放 251 c.c. 以上大型重機 ③可開放 126 c.c. 以上普通重機 ④可開放 51 c.c. 以上普通重機 ⑤完全開放機車
16. 長隧道若開放機車通行，您是否贊同應訂定長隧道最低速限及行車安全距離規範？
①非常不同意 ②有點不同意 ③普通 ④有點同意 ⑤非常同意
17. 長隧道若開放機車通行，您是否贊同應設置機車專用車道避免車種混流的危險？
①非常不同意 ②有點不同意 ③普通 ④有點同意 ⑤非常同意
18. 長隧道若開放機車通行，您是否贊同應建置科技執法設施取締超速、未保持安全距離、違規超車…等違規？
①非常不同意 ②有點不同意 ③普通 ④有點同意 ⑤非常同意
19. 長隧道若開放機車通行，基於溫度及空氣品質之顧慮，您是否贊同應實施車流總量管制(限制機車通行時間或採取預約式服務)？
①非常不同意 ②有點不同意 ③普通 ④有點同意 ⑤非常同意
20. 長隧道若因道路或環境因素未滿足機車通行條件而禁止機車通行，你是否贊同應採取客運接駁的方式，將人、車一併接駁運送？
①非常不同意 ②有點不同意 ③普通 ④有點同意 ⑤非常同意
21. 長隧道若因道路或環境因素未滿足機車通行條件而禁止機車通行，您是否贊同應採取提供替代道路的方式讓機車行駛？
①非常不同意 ②有點不同意 ③普通 ④有點同意 ⑤非常同意

四、個人基本資料

22. 您的性別是：①男 ②女
23. 您的年齡是：①未滿 20 歲 ②20~29 歲 ③30~39 歲 ④40~49 歲 ⑤50~59 歲 ⑥60 歲以上
24. 您的教育程度是：①國中以下 ②高中(職) ③大學(專) ④研究所以上
25. 您的職業：①農 ②工 ③商 ④軍公教 ⑤學生 ⑥家管 ⑦其他__
26. 您的每月收入是：
①10000 元以下 ②10001~20000 元 ③20001~30000 元 ④30001~40000 元 ⑤40001~50000 元 ⑥50001~60000 元 ⑦60001~70000 元 ⑧70001 元以上

五、請問您對於長隧道通行機車課題是否有其他意見？請說明之。
