

壹、 出國考察依據及目的

一、 出國依據

依據101年度出國計畫，經陳報交通部101.8.31交人字第1010033069號函同意「赴歐洲考察法國、瑞士及德國鐵路行車、營運管理設施及國際軌道交通技術展」。

二、 考察目的

世界各國共同面臨都會區及城際公路交通日益壅塞的難題，加上近年來，各國基於環保議題及能源環境多變的體認，鐵路運輸再度成為解決陸上交通困境的最佳選項。歐盟在『2010年運輸政策白皮書』中指出，鐵路運輸是戰略性部門，是全部運輸結構調整完成的基礎。白皮書提出的主要政策中，其中一項就是「活化鐵路」。歐盟認為，當前的運輸結構不符合未來永續發展需求，應當努力實現各種運輸的聯運功能，顯見鐵路運輸在歐盟運輸政策中具有非常重要的地位。交通部亦曾在2009年全國能源會議中提出「發展綠色運輸系統」及「建構便捷大眾運輸網」做為運輸部門主要能源政策。臺灣地狹人稠，更適合以發展鐵路運輸來解開交通的結。當前臺灣鐵路興建或規劃中的桃園、台中、員林及屏潮高架化；台南、高雄地下化；花東鐵路雙軌與電氣化，以及後續將會面臨車站改建、更新及基礎設施優化與升級等課題，更須及早在傳統與現代、歷史與未來、永續與環保及由線到面的服務範疇，盡早擬定發展方向。法、德是「鐵路工程與科技」的先進國家，無論在營運管理、基礎建設或科技應用方面都佔有領先的地位；特別在都會區大眾運輸轉乘之便利更足為考察之重點。瑞士雖不及法、德之龍頭地位，但以綿密鐵路網發展「鐵路城市」、「鐵路旅遊」及「準點」之便利性見長，特別是高山鐵路的經營，值得臺鐵協助阿里山森林鐵路營運之參考。此次考察重點，在於了解歐洲鐵路先進當前的營運現況與未來發展策略，以便將傳統走向現代的經驗與作法，預為準備。此外，臺鐵未來車站改建或更新時，於建築、動線與其它運輸路網之聯運規劃，如何結合商旅、銜接文化與環保，提升轉乘資訊服務及導引功能，實現無縫運輸，以及如何應用通信、資訊等新科技，促進基礎設施現代化，皆為此行考察之重點項目。

貳、 考察成員及行程

一、 考察成員：

范植谷	交通部臺灣鐵路管理局	局 長
杜 微	交通部臺灣鐵路管理局運務處	處 長
傅義鴻	交通部臺灣鐵路管理局電務處	副處長

二、 考察行程：

行程說明	日期	地點	行程概述
	9/9(日)	Taipei~Paris	去程
	9/10(一)	Paris	1. 拜訪駐法國代表處。 2. 參訪法國國鐵公司(SNCF)，聽取法鐵簡報營運現況與後續發展方向。 3. 參訪特拉普斯(Trappes)巴黎左岸技術中心車輛維修概況。
	9/11(二)	Paris	1. AREP 簡報聖拉薩(Saint Lazare)車站及巴黎東站更新規劃設計及工程紀要。 2. 參觀聖拉薩(Saint Lazare)車站建築設計、動線規劃及行車、營運與轉乘接駁設施。 3. 聽取法蘭西島遠郊鐵路(Transilien)簡報巴黎交通管理；說明 SNCF、巴黎大眾運輸公司(RATP)與法蘭西島運輸聯合會(STIF)間的合約與營運關係。 4. 參訪巴黎東站旅運與轉乘設施。
	9/12(三)	Paris ~Strasbourg ~Mulhouse	1. 參訪史特拉斯堡(Strasbourg)傳統車站改建，新舊建築並存情形；與地鐵共站轉乘設施、導引資訊。 2. 參訪公尺露斯(Mulhouse)車站周邊與輕軌運輸轉乘及鐵路博物館。
	9/13(四)	Mulhouse ~ Interlaken Ost ~Grindelwald ~Jundfrauoch	1. 參訪瑞士少女峰鐵路(Jundfrauoch Mountain Railway)營運與行車運轉方式。 2. 考察高山鐵路供電系統、車輛、轉轍器及軌道特殊工法。

9/14(五)	Grindelwald ~Bern ~Spiez ~Frutigen ~Lötschberg Base Tunnel	<ol style="list-style-type: none"> 1. 拜訪駐瑞士代表。 2. 參訪瑞士 BLS(Bern-Lötschberg-Simplon Railway) Netz AG 行控中心(OCC)中央監控設備，聽取行車與營運現況簡介。 3. 參訪富魯蒂根(Frutigen)Local Control Center，聽取隧道安全監控與緊急應變管理。 4. 參訪 Lötschberg Base Tunnel 鐵路隧道建造技術、軌道工法與供電及歐洲先進列車控制系統(ETCS Level 2)。
9/15(六)	Spiez ~Zurich	參訪蘇黎世中央車站(Zürich Hauptbahnhof)旅運與轉乘設施。
9/16(日)	Zurich ~Berlin	參訪柏林東站(Berlin Ostbahnhof)旅運設施與歷史建築保存。
9/17(一)	Berlin	<ol style="list-style-type: none"> 1. 拜訪駐德國代表處。 2. 參訪柏林中央車站(Berlin Hauptbahnhof)。 3. 建築、樓層、採光設計及商業空間與動線規劃簡報。 4. 參訪德國國鐵公司(DB)，簡報營運策略與未來擴展及電子票證技術、資訊平台。
9/18(二)	Berlin	參訪國際軌道交通技術展(InnoTrans 2012)，軌道工業技術、軌道基礎建設、大眾運輸/資訊技術/服務等。
9/19(三)	Berlin	參訪國際軌道交通技術展(InnoTrans 2012)
9/20(四)	Berlin ~Vienna ~Taipei	回程

參、 法國鐵路考察

一、 法國鐵路組織與現況

(一) 法國國鐵與巴黎公共運輸

1、法國國家鐵路公司 SNCF

法國國家鐵路公司簡稱法國國鐵(Société nationale des chemins de fer français, SNCF)(圖1)，是歐盟內僅次於德國鐵路公司(DB)的第二大鐵路公司，也是法國最大的國營公司之一，2011年列名全球500大企業法國第22名及全球第214名。SNCF負責經營法國國有鐵路，其鐵路路線及附屬設施在車路分離架構下原規畫由法國鐵路路網公司(Réseau ferré de France)所有，然在民營化推遲與政府和法國國鐵責任分工的混亂後，1997年起乃議約回歸由SNCF代管，至於各車站的所有權則仍屬SNCF擁有。2011年SNCF約轄有36,000公里營運路線，其中2,000公里為高速鐵路，18,500公里為電氣化鐵路，每日開行約14,850班列車，每年運送旅客36億5,000萬人，貨物343億延噸公里。

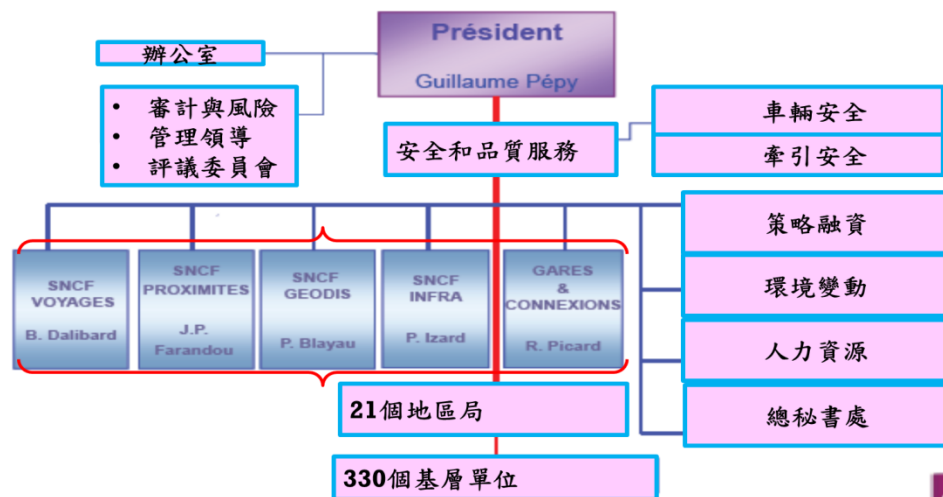


圖1.SNCF組織架構

SNCF的公司組織為總部、地區分局及基層單位的三層管理體制，總部董事會由18名董事組成，其中12位係政府任命(7位官員及5位專家學者，內至少1位消費者代表)，6位由職工選舉產生，地區分局有23個、基層單位有330個，周邊相關企業公司約500個，此外在120個國家設有分公司或營業處，公司員工總人數達245,090人(圖2)。

SNCF INFRA	SNCF PROXIMITÉS	SNCF VOYAGES	SNCF GEODIS	GARES & CONNEXIONS
Rail network operation & management Direction de la Circulation Ferroviaire (rail traffic control body)	TER (Regional express lines) Transilien (Rail transport for Greater Paris) Intercités (for lines serving regional and local planning & development)	High-speed rail operators for passengers TGV iDTGV Eurostar Thalys Lyria Aléo Elipsos Gala TGV Italia Westbahn NTV (Nuovo Trasporto Viaggiatori)	Global transport & logistics operator Geodis STVA Rail freight (TFM) Fret SNCF Captrain VFLI Multi-modal transport businesses	Station management & development in France Multidisciplinary operations – building and outfitting facilities AREP Parvis A2C
Construction & renovation Engineering Systra	Keolis	Long-distance coach travel iDBUS Sales distribution voyages-sncf.com	Asset-Management Ermewa Akiem	

圖2.SNCF五個分公司



圖3.聽取SNCF國際專案部門簡報



圖4.BARDENET簡報SNCF組織運作

2011年SNCF營業額達326億歐元，未計利息/稅/折舊及攤銷前淨利約9.3%的30億歐元，經常性利益為6.64億歐元，建設資本支出亦達24億歐元，均為2008年以來的最高峰。現金流2.61億歐元亦自2008年以來首度由負轉正，顯示公司經營得當，前景看好。

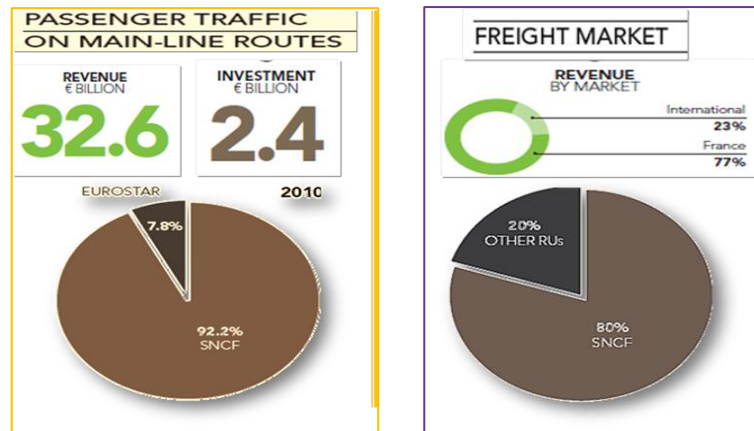


圖5.SNCF營收現況(2010年)

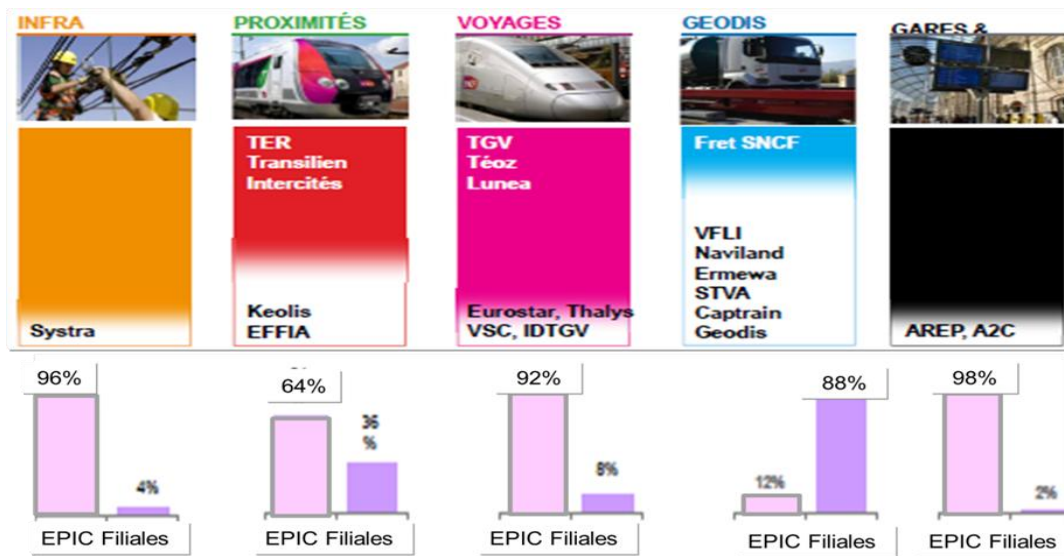


圖6.SNCF各分公司EPIC與FILIALES營收比

在淨利比重方面，SNCF在國內獲利約佔77%，國際部門獲利約佔23%，國際部門業務包括軌道路網規劃、輕軌/捷運/傳統鐵路/高速鐵路技術支援、工程建設與維護作業、以及相關顧問服務，顯示SNCF拓展海外市場的努力已經有相當成效。SNCF經營宗旨為建立並運用KNOW-HOW達成企業對安全、準點、客貨運服務及社會責任各面向之需求。前三者反映在業務成長量及各項調查中，後者則以真實數據及願景呈現。SNCF的社會責任要求包括：

(1) 四項挑戰：

- a. 持續提供庶民運輸－以全國1%的二氧化碳排放量維持10%的客貨運輸量，使全國整體交通維持得到最經濟的奧援。
- b. 降低環境衝擊－在提高運能的前提下使環境衝擊降至最低。以SNCF軌道運具為例，2007年至2010年二氧化碳排放量就減少了28%，殺蟲劑使用量減少25%，以及77%的旅客列車改良為低噪音車種。SNCF的研發單位計畫改良馬達、車輪、空氣動力、路軌及隔音牆，於2020年前再降低列車噪音10分貝，以保障沿線住家及企業更優的生活環境。
- c. 主導社會政策責任－和工會合作，改善各業工作環境、經營及運作模式。
- d. 激勵社區開發－勵行三項社區推動要務：使青年步上正軌、協助長期就業、以及排除歧視將社區邊緣份子重新拉回主流。

(2) 四項目標：

- a. 在2013年前，於1,800個車站提供自行車服務項目，擴張自行車停車場及租賃業，鼓勵旅客使用自行車往返車站與住家，目前提供自行車服務車站已由2009年的1,249個成長到1,700個。
- b. 在2015年前全面獲得環境管理系統(Environmental Management System、EMS)認證，目前已有27%單位獲得ISO 14001 EMS認證。
- c. 於2009年迄今，鼓勵各業增加僱用500位殘障員工，使殘障員工人數達到5,300人。自1992年響應政府此項政策，平均每年投入1,000萬歐元預算。
- d. 在2015年增購社福團體產品達每年3,500萬歐元。2011年為2,500萬歐元。

2、法國鐵路路網公司 RFF

法國鐵路網路公司(Réseau Ferré de France，RFF)，負責法國國有鐵路路線與其附屬設備之營運，但車站所有權仍屬法國國鐵(SNCF)所有。為了讓軌道交通發展，法國RFF堅定地致力於路網的發展和改進其質量。這項政策，維護和發展是必要的，以確保高質量的網絡，以滿足鐵路營運商的期望。

3、首都地區大眾運輸委員會 STIF

STIF(Syndicat des transports d' Ile-de-France)為公共運輸主管單位，隸屬法國交通部，有110名官員，委員主要由省議員、市長、市民議會代表等組成，其行政角色為整合巴黎都會區內之運輸網路，其任務為定義整體運輸政策、核准投資案、決定費率、決定經營路線、列車班表、選擇大眾運輸營運業者等。大巴黎地區(Ile-de-France)面積12,000平方公里，人口1,100萬，包含一區、八郡，其經濟活動能力佔全國生產毛額的28%，該地區大眾運輸營運業者包括國營之SNCF、RATP等公司及超過80家私人之公車業者(以Optile聯盟為代表)，均須與STIF簽訂營運合約，並由STIF定期考核其營運服務績效，作為獎勵與補助之參考。例如2012年至2015年STIF和SNCF簽定的合約，SNCF在法蘭西島遠郊鐵路(Transilien)的經營，本身17億歐元的票箱收入並不能平衡開支，須由STIF自32億歐元預算中撥取11億挹注，來取得平衡。而STIF有一套運輸品質系統來評核各運輸業者，並設有獎金及懲罰制度，該系統有125項標準，例如運能提供、準點率、旅客資訊及乘車便利性、清潔、售票服務及定期舉行旅客問卷調查。

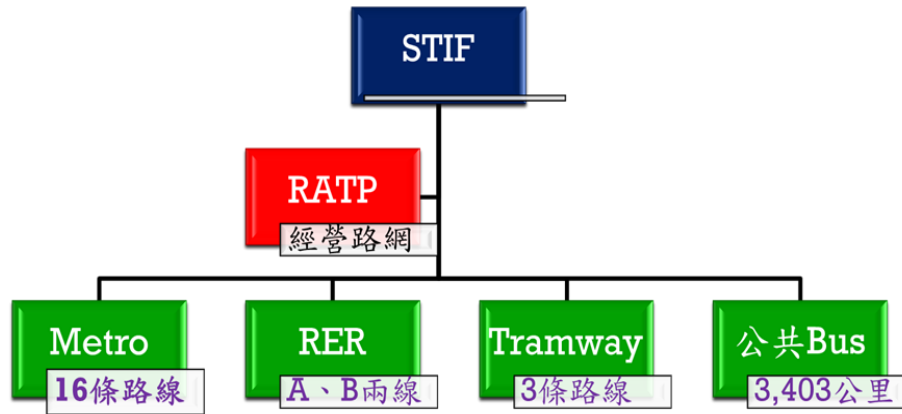


圖7.STIF與RATP路網經營關係



圖8.RATP經營的巴黎地鐵車站



圖9. Transilien通勤電車

STIF亦負責訂定費率，例如巴黎大區路網共分5個區域以區段票收費(未來STIF希望變成單一區域)，區域快鐵依里程比例制收費，其他還包括兒童、學生、失業者的優惠票價，雇主負擔50%通勤票款，以及其他政治考量因素。基本上STIF每年7月會調整票價，漲幅2%至4%，約略相當於通貨膨脹率。STIF還要協調各運輸業者間的拆帳，雖然2002年曾經做過一次分成的研究，但目前拆帳仍舊依靠協商機制進行。



圖10.地鐵車站閘門與簡易服務台



圖11.地鐵車站的自動售票機

投資大眾運輸是STIF重要的職掌，例如逐漸增加的運量，路網無法及時擴充(含地上號誌/供電系統)以及車輛老舊與故障，造成準點率及服務品質下降，STIF便要制定投資政策來進行改善。2008年STIF與Transilien達成協議，由STIF出資一半協助購買新車，並於2016年將車隊全部換新或翻修(預算短缺後來只完成一半)，2010年STIF的營運補貼及基礎設施投資總預算達到80億歐元。



圖12.地鐵入口設有大型導覽地圖



圖13.RATP巴黎公車於火車站旁轉運



圖14.巴黎交通管理架構與特色

4、巴黎大眾運輸公司 RATP

巴黎大眾運輸公司(Régie Autonome des transports Parisiens、RATP)亦屬公營事業，由STIF統合負責巴黎市區與近郊的大眾運輸工具的營運。目前RATP經營的路網包括：

(1) **巴黎地鐵(Métro)：**

計16條路線、297個車站、路線長211km，其中168km在巴黎市區內。

(2) **區域快鐵(RER)：**

A線(Poissy之線及西段除外)、B線(巴黎北站以北除外)、以及D線巴黎北站與里昂車站之間，長約115km。

(3) 3條輕軌路線。公車營運路線總長3,403km，其中569km在巴黎市區內。

(4) 蒙馬特纜車。馬恩河谷專線公車(Trans-Val-de-Marne、TVM)。

RATP年營業額達42.5億歐元，稅前淨利約5,600萬歐元，每年輸運30億人次。並投資雅典經營區域快鐵（3條路線，總長260km），以及和義大利LFI在托斯卡尼亞與達爾貝達經營公車路網。

(二) SNCF營運現況

1、營運管理

法國國鐵集團主要轄有5大部門，每個部門再分支多個公司機構，分別以公營事業（EPIC）或對外參與競爭的子公司(Filiale)型態營運：

(1) SNCF INFRA：

在公共服務授權下替RFF維護、管理、操作路網，以及軌道為主的工程維修服務(2011年執行超過1,000km的路線升級)，此外亦對國外客戶輸出建造與養護技術。INFRA擁有一個由SNCF直轄的獨立部門DCF（Rail traffic organizing body），負責車輛運行調度，每週7天每天24小時監控與維護RFF路網，每天管控約15,000班列車。其他機構包括工程部門、建設開發部門、和Systra（對外營運子公司）。2011年INFRA營業額為53億歐元，未計利息/稅/折舊及攤銷前淨利約4.3%的2.3億歐元，其中99%來自國內市場，INFRA未來的營運目標為執行RFF政策，改善2012年度列車班表，以及拓展海外市場。



圖15.SNCF區域TER雙層城際列車



圖16.SNCF新型TGV POS 4000列車

(2) SNCF PROXIMITÉS

主要負責都會、近郊及區域通勤運輸，是世界排名第2與法國排名第1的公共客運機構，經營項目包括鐵路、巴士、捷運、車廂、輕軌、電車、自行車、共乘、渡輪、以及機場的陸上運輸。PROXIMITÉS在法國共擁有21個和交通管理機構訂定的輸運合約，包括和交通部訂約的城際鐵路開發公司(INTERCITÉS)、74線區域路網城際列車(TER)、法蘭西島遠郊鐵路(Transilien)、88線都會區列車(Keolis)、經營100個都會區停車場的EFFIA和全法國最大的自行車出租公司2nd(後三者為對外營運子公司)。PROXIMITÉS的客戶主要為法國中央及地方政府，以及每日1,000萬乘車旅客，其中400萬人搭乘TER、Transilien、和INTERCITÉS，600萬人乘坐Keolis運具。從2002年迄今，TER運量成長了47.5%，Transilien運量也成長了27%。

Transilien法蘭西島遠郊鐵路負責大巴黎地區市中心與周邊郊區的鐵路輸運，劃分7個區塊，包括北線(Paris-Nord)、聖拉札爾線(Paris Saint-Lazare)、里昂線(Paris-Lyon)、蒙帕納斯線(Paris-Montparnasse)及東線(Paris-Est)5條主要路網，路線總長1,351km，381個車站，由於路線年代久遠，部份路段甚至有不同轉轍器及供電系統並存的情形，而且同1條路線尚需行駛RER、TER、VFE等其他列車，行車調度複雜，發車數占全SNCF的40%約5,700列次，在平常時段班距約20至30分鐘，尖峰時段提升至15分鐘1班，而且會加開區間車，夜班車則降低至1小時1班，每年7月至8月，Transilien會採用夏季列車班表，縮減發車頻率，年度改點則固定於12月中旬進行。Transilien擁有約3,800輛車廂，其中電車組(編號Z開頭)665組(411組為雙層車廂)，客車廂(編號RIO/RIB/VB2N)907輛(537輛為雙層車廂)，以及147輛機車頭(編號BB開頭)，最新的Z50000型已經上線運轉，該型車著重旅客上下與流動速度，以及行動不便人士的無障設計。Transilien的員工人數約20,000人。

Keolis是都會區內運輸的專家，主要經營鐵路、輕軌、巴士及捷運，尤其Trams輕軌規劃經營是全球知名的標竿。除法國外，Keolis在澳洲、比利時、加拿大、丹麥、德國、挪威、荷蘭、葡萄牙、瑞典、英國和美國等11個國家投資公共運輸建設，並進行商業營運。

2011年PROXIMITÉS總營業額為123億歐元，稅前淨利8.11億歐元（收入的6.6%），其中83%為法國國內，17%為國外營收。其未來的營運目標為提升列車速度、改善準點率、資訊服務以及旅客服務。

(3) SNCF VOYAGES

掌理高速鐵路客運服務，包括法國境內之TGV(Idtgv)以及境外高鐵路線代理，連往英國(歐洲之星Eurostar international)、比利時及荷蘭(Thalys)、瑞士(Lyria)、德國(Alleo)、西班牙(Gala & Elipsos)以及義大利(TGV Italia)，2011年12月連結奧地利維也納與薩爾斯堡的西線高鐵開始商業運轉；東南線(Rhine-Rhone)完工，貫穿義大利7個城市(Turin、Milan、Bologna、Florence、Rome、Naples與Salerno)的NTV亦將完成。VOYAGES在2011年載運1.26億旅客(TGV + iDTGV為1.02億人)，較前一年成長3.6%，而且國內與境外皆呈成長之勢，而跨越英吉利海峽的歐洲之星高鐵，1994年至2011年載客總量亦已達1.22億人。營業額方面，2011年總收入73億歐元稅前淨利達10.2億(14%)，而且有五分之一是來自境外路線的收入。值得一提的是VOYAGES的網路售票系統voyages-sncf.com，2011年售票量已經超越車站臨櫃、自動售票機、商店以及旅行社代售，雄踞第1名。

未來雖將面對外部成本增高(能源及支付RFF的路線使用費)，歐盟開放各國高鐵路權促進競爭等考驗，但VOYAGES預估其獲利能力可以維持，而且將繼續推動投資，增加國內外路網與服務面。



圖17.G&C車站經營的站內商場



圖18.SNCF GEODIS車站物流裝卸區

(4) SNCF GEODIS

GEODIS是SNCF的貨運部門，但受限於鐵路運送機能的限制，部門組成除公營的Fret SNCF公司外，多為開放對外競爭的子公司以撤除束縛，業務也多元

化而非鐵運為主，2011年貨運量及倉儲量歐洲排名第4，全球排名第7，足堪稱公家企業轉型成功的代表。GEODIS經營分成三大區塊：全球貨運、多元（鐵路+及門）貨運、以及倉儲資產管理。2011年總營業額94億歐元，稅前淨利2.37億(2.5%)，其中55%為法國國內，45%來自國外，而國外45%中的71%係歐洲以外地區(主要在亞洲)，分佈5大洲120國。以經營型態分，空運及海運佔25%、多元貨運佔23%、快遞佔19%、物流運送佔10%、倉儲10%、貨卡運送9%、以及馱背運送(Transport of finished vehicles、STVA)4%。

(5) GARES & CONNEXIONS

車站及連接部門，開發兼管理法國內3,029個車站資產，對象包括運輸組織機構、社區、都會區運輸及各類企業、以及鐵路公司。2011年總營業額12億歐元稅前淨利1.75億(15%)，收入主要來自於車站設施租金(7.73億，佔總收入66%)、商業活動收益(廣告、停車設備、車站場地或辦公室短期租用，1.33億，佔總收入11%)、車站建築相關硬體/開發設計/都市計劃等顧問服務(由AREP負責)。G & C收益99%來自國內，商店面積達180,000平方公尺，每年顧客量超過20億人。未來SNCF會更重視車站更新及整建，包括政府公務預算、區域及其他機構資金，以及SNCF本身投資(8.55億)，至2016年將投入18億歐元經費來進行車站整體開發案件，吸引新的鐵路公司進入市場。

2、SNCF 的 KNOW-HOW

(1) 行車調度

INFRA在巴黎的DCF約有100名專家負責全SNCF路網的行車調度作業，在行控大樓藉由電腦顯示車站線路及運行圖，監控列車位置與動態，並各司其職，各個調度台擔任不同區域的調度工作。通常調度人員依照12個月之前就規劃好預定班表(依據旅客需求以及列車運能制定)行事，但如需要，調度人員也能在最後一分鐘修正班表，因應突發狀況。遇有事故或意外致使列車延誤超過5分鐘以上時，調度人員上級管理階層會立即介入，協調不同調度台辦理運轉整理事宜，同時資訊幕僚會立即通知車站及車上人員，以便讓旅客明瞭列車動態資訊，資訊幕僚會使用網路、電話、站車無線電傳送訊息，並可直接控制車站的列車資訊顯示幕或進行廣播，確保滾動更新資訊，使所有人員都了解最新狀況。

(2) 車輛維修

和路網維護(工、電務作業)相同，INFRA例行車輛維修保養(機務作業)也全部由本部員工負責，而未將此類核心技術外包給廠商。全法國39個調車場以及70個保養廠共有23,500位技術人員負責車輛維修，基本檢查每3天實施1次，大檢則每36個月執行，包括引擎、轉向架、集電弓、電機空調等全面拆解，並依壽年更換新的零組件。在區域快鐵以上等級的長途列車編組上，SNCF全面加裝有遙控診斷裝置，可以自動或由駕駛員將偵測到的故障或異常情形，真時傳送至調車場，以便提早進行維修排程並備料，此套系統每年替SNCF減少600件重大故障事故，並且避免維修時缺料而增加車輛在廠時間。



圖19. INFRA的二級車輛維修線



圖20. TGV 頭等艙內裝



圖21. TGV二等艙電腦插座及無線網路



圖22. TGV餐車吧檯及站立用餐小桌

(3) 安全監控

針對旅客流量遽增，SNCF正在進行一項優先投資，預計至2013年完成一個安全偵測網，在大巴黎地區的381個車站佈設6,400具智慧型監視器，協助車站做擁擠管理及反恐措施。

(4) e化旅行

透過多運具電子票證(multi-modal e-ticket)，旅客可以一票到底轉搭高鐵(TGV、iDTGV、Thalys、Alleo)、輕軌、巴士、捷運甚至自行車，並享受票價優惠。透過SNCF direct APP，旅客能從智慧型手機下載600個車站的1分隔電子時刻表，也能從網路、手機獲得列車運行現況的即時資訊，在18個月內每天有200萬人利用SNCF direct查詢，SNCF知/您就知。

(5) 客製化服務

- a. TGV 家庭列車(TGV Family)－有供小孩使用的遊戲場所車廂，父母親即有閒暇放心在車上休息。
- b. TGV Box－東線TGV設有車上多媒體界接盒，提供上網、新聞、電影、或者妳可選擇來一堂烹飪課。
- c. TGV Accés+或Domicile-train－區域鐵路及巴黎地鐵線車站的售票處設置語音輔助系統，藉由地貼指標和特殊播音裝置，引導旅客抵達乘車位置，同樣的，也可協助輪椅旅客找到正確的月台候車區域，或是緊急按鈕之所在。
- d. iDzap/iDzen－在iDTGV車上提供二種截然不同的服務，可依旅客心情選擇。iDzap在車廂提供DVD、掌上型電動玩具或兒童活動，旅客能有充實的娛樂體驗。iDzen則提供睡眠用品或雜誌，讓旅客能有安靜舒適的時光。
- e. 企業優惠－超過1200家企業，一半以上是大型企業，已經和SNCF簽訂旅客契約，優惠享受包括：TGV各類乘車票的價格優惠、開車前仍可乘車變更、專屬網頁訊息通知、以及專屬的電子票證。

二、 站場改建維運

(一) 聖拉查車站(Saint Lazare)

聖拉查站位於巴黎西北部第八區，是SNCF在巴黎的7大始發車站之一，主要係通往巴黎西北部及西部郊區(遠郊)的路線，國內城際列車較少，也無國際列車到發。車站自1854年啟用後，前後歷經6次擴建，最近的一次在2008年完成，於車站地下拓展3層商業空間，並改善車站與周邊運具的轉乘動線，由於聖拉查車站屬歷史建築受到保護，因此改建的規劃執行單位AREP)隸屬SNCF車站及連

接部門GARES & CONNEXIONS)，花費了10年時間規劃設計，並結合SNCF與民間投資(PPP)，成為巴黎地區第1個成功的案例，新站完成後商業空間即開始營運，2011年度統計，各大售貨業者設於聖拉查站的分店較其它地點的分店營業額要高出10倍，可以想見改建所帶來的商業效益。



圖23.聖拉查車站前通往RATP地鐵入口



圖24. RATP地鐵子彈型入口的人潮



圖25.AREP簡報車站改建



圖26.車站改建專案規劃



圖27.聖拉查站改建後的三層商店街

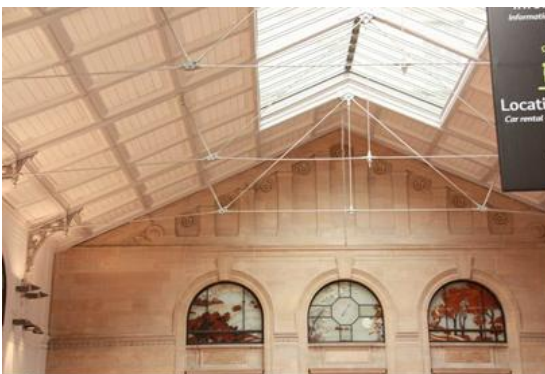


圖28.仿古設計的彩繪玻璃及大堂棚架

依據AREP專案建築師Eric DUSSIOT先生(曾擔任過聖拉查站站長)的簡報，聖拉查站現今的規模在1886年時便已成形，當時為了世博會增建站體。其後1924年至1996年的改建主要都是引進新路線、月台、以及將路線電氣化，故對車站

外觀影響甚小。1972年聖日爾曼線開始行駛區域快鐵RER，旅客轉往巴黎北站，1989年RER新線又拉走更多西北區域旅客，聖拉查站旅客量遂下降，由全法第1名變成第2名，雖然如此，目前聖拉查站仍有27個月台，每天開行1,500班列車，平均每28秒開出1班，每日有45萬旅客進出，每年輸運1億人，是法國第2大車站，歐盟第3繁忙的車站。在如此忙碌的車站進行改建工程，涉及的事項也就特別多而複雜。由於車站周邊腹地有限，且原來存在的站體(古蹟)、車站前方與地下鐵聯通的區塊、以及和相鄰2個RER車站的通道均不可能變動，AREP決定保留原車站站體，並在地基向下開挖新的五層建築結構，改建作業重點在於：

- 1、戰略視野－整體規劃宣示「巴黎之心 IN THE HEART OF PARIS」來聚焦。
- 2、先期與文史單位及專家學者談判－確認規劃符合法令規定及社會認同。
- 3、仿古設計新舊並存－包括舊站站體外觀及內裝整修採用新技術，但恢復舊觀，例如窗戶窗框外觀不變，但採用看似原木紋細節的合金結構；復古窗戶彩繪玻璃；大堂棚架翻新採用新式鋼架、透視玻璃及木質板，同時改善自然通風、排煙、清潔(貓道)、維護、及照明(含業間間接燈光照明)；防火牆亦以仿古方式施作。
- 4、機電、空調、消防等設計符合下一代標準－且外觀上不會突兀。
- 5、轉乘動線改善－將先前水平動線改為站內垂直動線，大幅增加可用樓地板面積，增加電扶梯、電梯、旅客資訊及指標系統。改裝後車站通往 RER A 線與 E 線的奧斯曼聖拉查站和奧貝站，以及地鐵 3、7、8、9、12、13、14 等 7 條路線的月台均更加便利。此外站外 27 線公車的轉乘站也改採分散方式設置，更靠近站區，且公車月台與車輛和道路出入口皆有槽化設計。
- 6、商業機能－在新的五層建築結構內，和月台面平齊的第一層，其下方的穿堂層(第二層)，以及和地鐵聯通道平齊的第三層，都做為商店街使用，無論朝哪個方向轉乘，旅客都會經過三層商店街。此外原車站站體外方，包括月台區域及站前廣場下的地下層，改建亦有外推設計，增加商業使用空間。第四層級第五層則作為空調機電房與停車場使用。

施工維持計畫－維持車站正常營運是施工期間最困難的項目之一，尤其在古蹟內施作經常無法使用大型機械，易拖延施工進度。AREP的作法是設置隔離式空橋便道，使工期中旅客動線和工地現場隔絕，同時透過網路、公告、臨時指標等方式，告知旅客因應之道。



圖29.垂掛式布旗指標簡明易懂



圖30.進站軋票機、電子票證感應器



圖31.新增空間設有售票服務中心



圖32.大廳meeting point指標

(二) 巴黎東站(Paris Gare de l' EST)

巴黎東站是在1849年興建，當初法國修建鐵路網時面臨抉擇，要將不同路線集中於單一車站，還是設多個車站分別經營不同路線？後來選擇分設車站而將巴黎至里爾區路線設在北站，巴黎至史特拉斯堡線設在東站，二站距離不遠。現今東站站體是由1849年興建的西廳，以及1931年對稱擴建的東廳合組而成，站內配置30個月台，主要路線包括發往東部的遠郊列車(Transilien)、開往阿爾薩斯、洛林和阿登地區的城際列車(TER)、以及往德國、瑞士、奧地利、俄羅斯等國的國際列車(包括著名的東方快車)，這也是東站和聖拉查車站功能差異最大之處。基於法國外患多來自東部邊境，歷史上巴黎東站也是軍事運輸重要的地點。

2007年SNCF東線TGV開始營運，SNCF同時投資6,000萬歐元將車站改建，2011年車站始發DB、ICE、TGV、TER、INTERCITÉS、和Transilien等列車，每年旅客數3,400萬人，於巴黎排名第5，此外，地下亦有通道連結4、5、7號地鐵線及西邊的馬尚塔站(可轉搭RER E線)，公車轉運站則位於車站東西邊二側。



圖33.巴黎東站西大廳入口外觀



圖34.西廳內的商店，緊鄰月台區



圖35.連結東西廳宏偉的穿堂

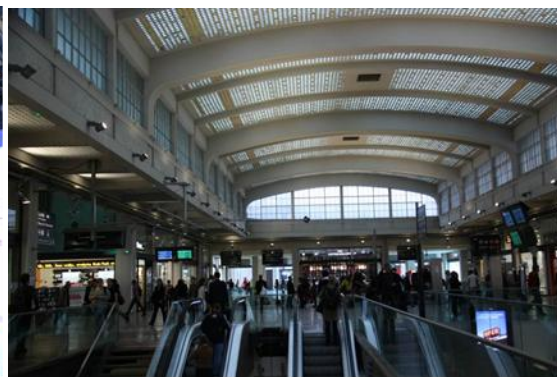


圖36.行李室改建商店街往地鐵入口



圖37.SNCF的自動閘門不易攀跳



圖38.月台上設有活動服務台

巴黎東站改建主要是取消原位於大堂中央的行李室，轉而成為地下一層(轉乘區)出入口，旅客或站外民眾經轉乘區可步行至地鐵等其他車站，而改建後的大堂、東西側大門廳、月台層、轉乘區和通道等即變成為炙手可熱的商業空間。

2013年至2015年SNCF會將新的戴高樂機場快線(CDG express)引進東站(計畫使用11及12月台)，屆時東站與北站將進一步連接，成為大型的交通樞紐，包括東站與北站之間的花園通廊與新商店街。AREP規劃所有7個巴黎SNCF車站將以2年1個的進度，陸續進行改建，而類似戴高樂機場快線另一端的機場車站，則將用新市鎮開發的模式辦理。

(三) 巴黎里昂車站(Paris Gare de Lyon)

巴黎里昂車站建於1849年，負擔巴黎東南邊各區域鐵路輸運，以連絡馬賽、里昂等城市，1900年重建擴充，具備13個月台，著名的64m高鐘塔亦在當時建成，1970年增加2層地下月台與轉乘大廳，供RER A線和D線使用，1981年修建地面層月台，新增5個月台並率先始發TGV，全站月台數增至28個，此外在站區地下另有1、14號地鐵線，以及站區東側的公車轉運站。里昂車站每年旅客數8,700萬人，於巴黎排名第3，其站內高鐵(TGV)、城際鐵路、區域快鐵及遠郊列車月台均位於不同區域，轉乘動線水平與垂直方向皆有之，和其它巴黎車站將月台集中於1個大的末端月台區不同，透過良好的引導標示及旅客資訊系統，里昂車站對於旅客流量及動線的掌握實屬一流。



圖39.巴黎里昂車站著名的64m高鐘塔



圖40.里昂站內超大型動線引導指標

(四) 史特拉斯堡車站(Strasbourg)

2007年東線高速鐵路開通，往蘇黎世、司圖加特、慕尼黑及摩魯士的TGV均可停靠史特拉斯堡，巴黎來此只需2小時20分鐘，使該地對外交通更為便捷。史特拉斯堡除了新興的金融、商業研究諮詢與未來生技(製藥)交通產業，與傳統釀酒(兼具德國啤酒與法國葡萄酒)及食品貿易外，更擁有哥德式大教堂區及小

法蘭西區等世界文化遺產，加上在地人口適中僅有27萬居民，造就出相當優越的觀光環境，以一個60萬人(含週邊鄉鎮)的城市而言，其針對當地居民和觀光人潮所做的公共運輸規劃，確實非常先進而實際。



圖41.史特拉斯堡新潮車站外觀



圖42.車站正門明亮玻璃帷幕



圖43.站前廣場往輕軌車站的入口



圖44.史特拉斯堡古典的雨棚



圖45.輕軌A線與D線為地下路線



圖46.輕軌C線始發於車站旁

史特拉斯堡車站建於1856年，經逐步擴建計有11個月台，所有月台均為島式或岸壁式，經由2處旅客地下道通往站體大廳，由於車站本身亦為歷史建物，故AREP用另一種方式進行改建，首先車站前方廣場地下設有地鐵輕軌，出入口設於廣場週邊並在地下和車站相連，車站往輕軌通道設有完善的電梯及電扶梯

設施。其次因應站體空間不足，AREP直接在站體外方建造鋼骨玻璃圓頂帷幕，如此車站在帷幕內部受到保護，採光及通風良好，而帷幕和站體之間新增的室內空間適可容納人潮，並解決電梯、電扶梯無法在舊站內樓板開口的問題。外觀上站外仍可直接透視到原有站體建築全貌，不會和文化觀光印像有所衝突。



圖47.輕軌系統融入史特拉斯堡街景



圖48.車站旁14線便利的轉乘公車



圖49.公車彎及自行車停車場的設計



圖50.車站導引指標



圖51.車站轉乘指標



圖52.車站月台列車資訊顯示板

史特拉斯堡公共運輸以6條輕軌路線(其中3條經過車站)及公車為主，輕軌列車的班次頗密(尖峰每4分鐘一班車)，惟通過市區時限速25km/h(郊區及地下區段60km/h)，加上LRT的超標環保設計，噪音低零空污，無需平交道，反而和市區

諸多歷史建築互相輝映，看不出當年法國民主黨和社會黨曾為了採用無人駕駛地下捷運抑或有人駕駛輕軌系統而大打選戰。配合輕軌系統，史特拉斯堡還興建了數條大型車行地下道，並於精華市區設限汽車通行，鼓勵徒步及自行車使用者，共同維護環境及資源。在史特拉斯堡車站內，特別設有服務親切的觀光問詢中心，免費提供諮詢服務和導覽地圖小冊(多國語文)，另外販售「史特拉斯堡通行證」，可以免門票遊歷各景點博物館，每本只11歐元。

三、 Trappes巴黎左岸技術中心

特拉普(Trappes)位於巴黎塞納河左岸(如圖53)，法國鐵路公司(SNCF)的巴黎左岸技術中心(Technicentre de Paris-Rive-Gauche)即位於此地。

技術中心(Technicentre)一詞，是指法國鐵路公司(SNCF)專注於鐵路車輛維修的工作據點，等同臺鐵的機務段。

SNCF分佈於全法國各地的技術中心約有3~40個(如圖54)，分佈於巴黎附近的有9個(如圖55)，巴黎左岸技術中心是其中一個。



圖53.塞納河左岸的特拉普(Trappes)



圖54.SNCF分布於全國技術中心(Technicentre)



圖55.分佈於巴黎附近Technicentre

Trappes巴黎左岸技術中心組織架構(如圖56)，成員約600人，由段長、副段長領導，下設維修生產協調規劃部與車間部等管理部門，各設主任與副主任。維修現場區分機械、電氣及車場工區，實際負責車輛相關部件之維修。

2012年9月10日下午在駐法代表處齊副代表的陪同下參訪Trappes巴黎左岸技術中心(圖57)，由女性副段長接待、簡報並至現場參觀(圖58~60)。



圖56.Trappes巴黎左岸技術中心組織架構

維修車型大部分為Z2N型，指市郊列車及雙層遠郊列車，如Z5600型；也維修RER車輛，以及由外段分包但不保有的其它車輛。Trappes巴黎左岸技術中心負責2、3級保養(共5級)，重點在2級排障性工作，主要工作內容與維修策略如下：

- (一) 預防保養及事後保養，維修履歷電腦建檔，必須由主管檢核。
- (二) 清潔整備：SNCF不提供清潔服務，由清潔公司負責。
- (三) 夜間維修，分2班、每班8小時。現場維修意見，每日反映回部門開會研討。



圖57.Trappes巴黎左岸技術中心



圖58.齊副代表、中心副段長合影



圖59.Trappes巴黎左岸技術中心簡報



圖60.技術中心車輛維修場區

肆、 瑞士鐵路考察

瑞士邦聯(正式簡稱:CH代表Confederation Helvetica),面積41,285平方公里,略大於臺灣的36,000平方公里,而人口700多萬,僅臺灣的三之一。鐵路5,100公里,約為臺灣的4倍。瑞士屬內陸國,地理上分為阿爾卑斯山、瑞士高原及侏羅山脈三部分,除自然景觀及氣候條件享有「世界公園」的美譽外,又因鐵路極為發達,鄰接法、德、奧地利及義大利等國際路線、交通四通八達,以伯恩、蘇黎世等為樞紐,形成綿密鐵路網(圖61),成功發展「Rail City」與「Rail Tour」遠近馳名。瑞士除了國鐵SBB外,還有數十家民營私鐵及經營山岳的鐵路公司。

此次瑞士考察行程,除參訪SBB的蘇黎世與伯恩車站外,另為見證歐洲列車控制系統(European Train Control System, ETCS)Level 2的實際運作,以及高山鐵路的營運方式,分別參訪了瑞士私鐵BLS -AG公司與JB-Jungfrauahn。

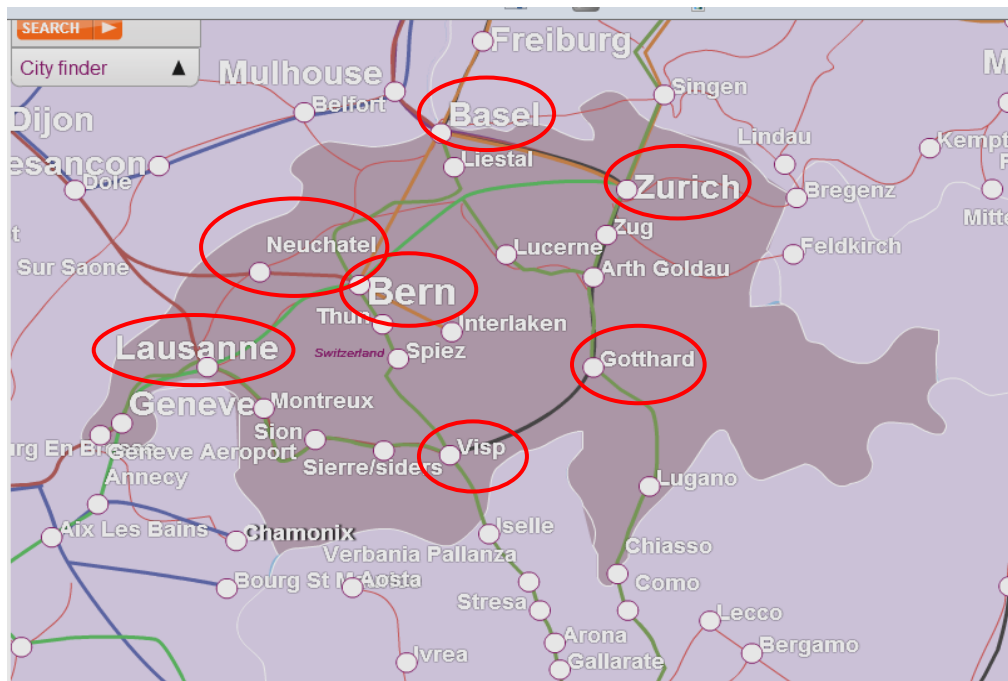


圖61.瑞士鐵路鐵路網(sourcr:Rail Europe)

一、 瑞士列車種類

(一) 國內列車分類：

- 1、IC (Inter City)：瑞士國內特快，雙層車廂。
- 2、IR (Inter Regio)：區間特快車。

3、RE (Regio Express)：區域快車。

4、R (Regio)：區域普通車。

5、S-Bahn：連接近郊的通勤電車。

(二) 國際級列車種類：

1、EC (Eurocity)：歐洲城際特快。

2、ICE (Intercity Express)：德國進入瑞士的高速列車。

3、TGV (Train's Grande Vitesse)：法國進入瑞士的高速列車

4、CIS (Cisalpino Pendolino)：義大利連接瑞士和德國的列車。

二、 瑞士聯邦鐵路

瑞士聯邦鐵路簡稱SBB/CFF/FFS，是德文/法文/義大利文的縮寫，成立於1902年。SBB營運里程3,100公里(約臺鐵3倍)，員工28,586人(約臺鐵2倍)。採標準軌距，2007年鐵路已全部電氣化(all electrified)，採ac 15kV 16.2/3Hz供電系統。據SBB資料，2011年客運與貨運分別成長2.7% 與2.5%。

(一) SBB組織架構

SBB包含客運、貨運(SBB Cargo)、基礎設施及房地產等四個主要部門，組織架構(如圖62)，由董事會、執行長領導。

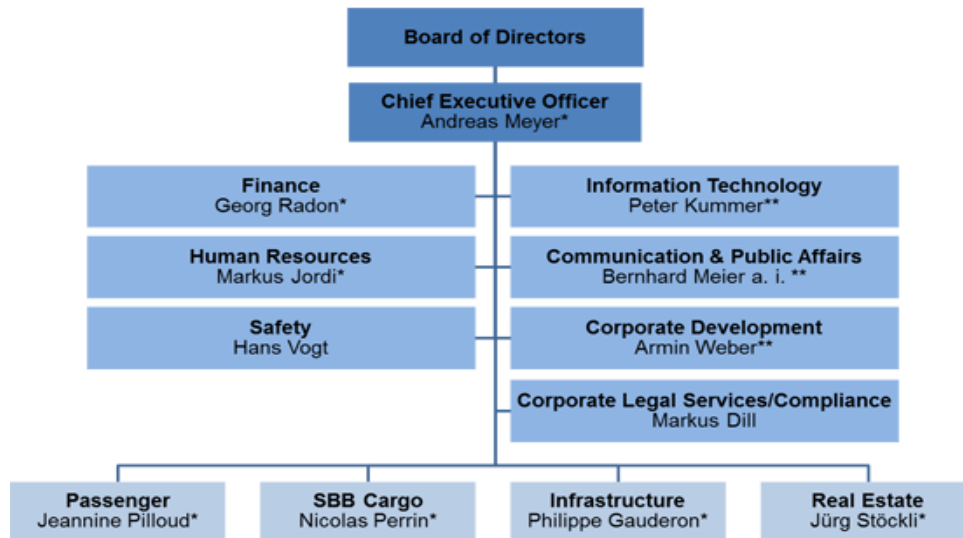


圖62.SBB組織架構

(二) SBB營運現況

瑞士鐵路的旅行業是“歐洲冠軍”«European champions»。據SBB官網報導，2010年有高達3.471億人旅遊SBB鐵路路網，這數字是在全歐洲航空旅行的一半。平均每個瑞士居民每年鐵路旅行2,000公里。也就是說，SBB每天以3,000公里的路網運送8,000~9,000列客運列車和22萬噸貨物。而SBB不僅是瑞士最大的運輸公司，也是最大的旅遊公司，近年營收數據如后：

1、綜合收入淨額(Consolidated net income)：

2011年，SBB營業收入比去年CHF 1.033億，增加24.2%)，綜合純收入與2010年相比，成長CHF 4.04千萬(圖63)，營業收入2007年至2011年統計(圖64)。

整體營業收入與去年比較，上升了3.4%，比去年增加了CHF 8億。而客運服務的需求則低於前年7.2%，貨運收入亦下降。SBB分析主要是由於歐元危機和疲軟的經濟所致。公共部門支出，主要是專項用於基礎設施維護，增加部分為區域服務的補助和貨運服務的補貼。與前一報告相比，整體營業收入增加CHF 1.128億，主要是由於2011~2012年服務水平協議(service level agreement)，聯邦政府對區域客運服務及貨運有較高的補助。

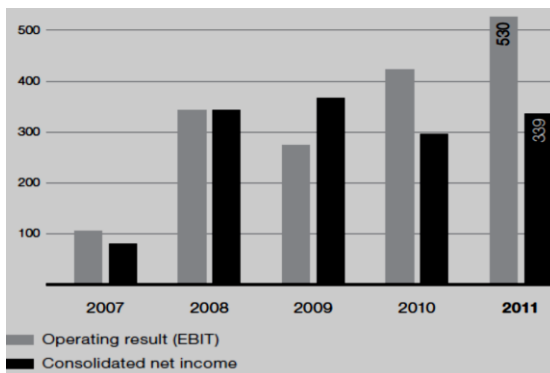


圖63. 2007~2011年綜合收入淨額

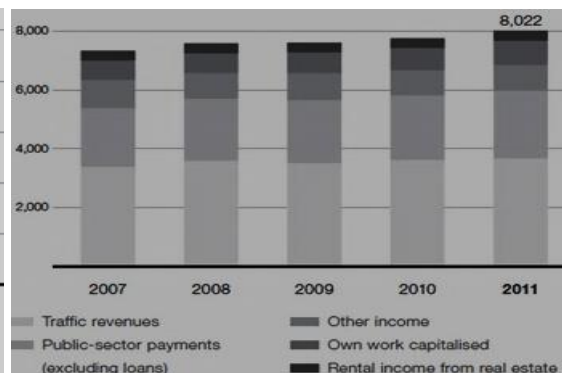


圖64. 2007~2011年營業收入

SBB在營運支出部分，2011年支出較前年增加2.2%，但支出增加的幅度低於營業收入增加的幅度，SBB認為係由於各個領域業務精簡和效率的提高，員工的量增加了443名，達到28,586名全職員工，所以在2011年財務報告期內，人工成本增加了2.2%。其他經營支出減少了CHF 3,100萬，資產維護和車輛的資本開支，折舊增加CHF 6540萬(+4.1%)。建設和維護材料成本上升到CHF 4780萬。

2、乘客時段分佈

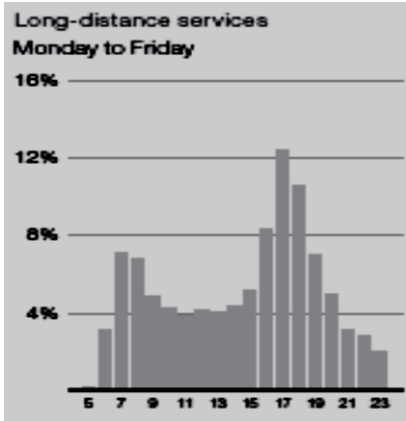


圖 65.Mon~Fri 長途乘客

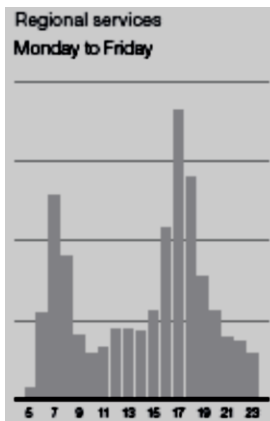


圖 66.Mon~Fri 區域



圖 67.Sun 區間長途乘客

3、運轉事故(Rail operation accidents)：

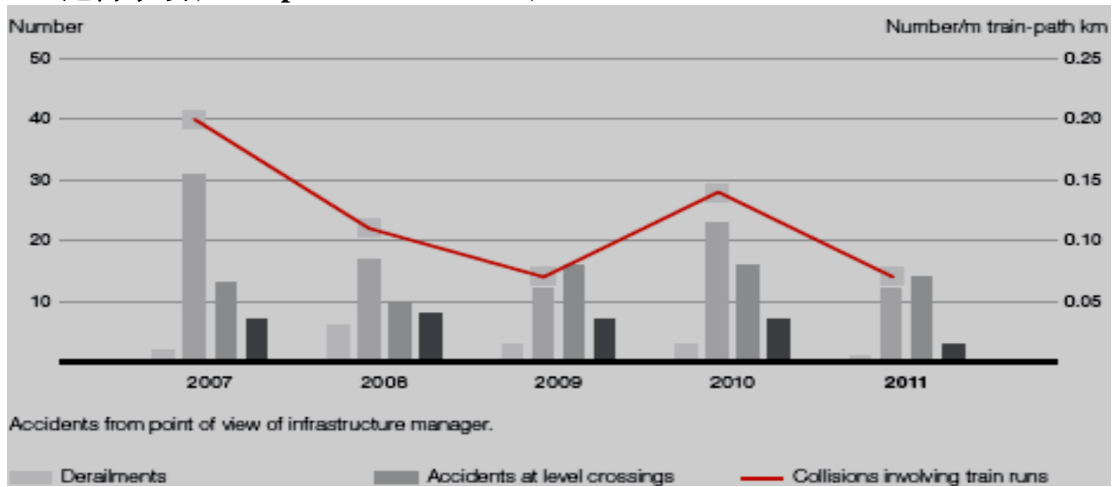


圖 68.SBB 鐵路 2007~2011 年運轉事故統計

4、SBB Rail City

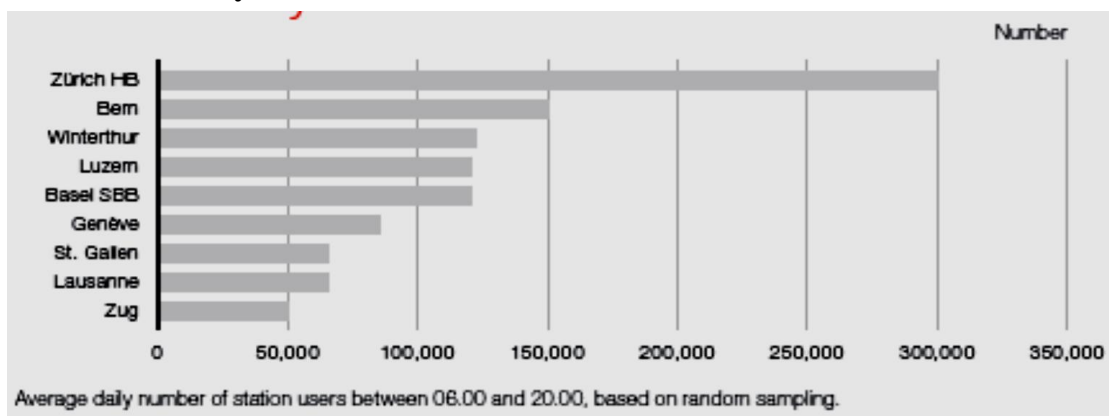


圖 69.SBB 各 Rail City 旅客量統計

5、路網負載比較

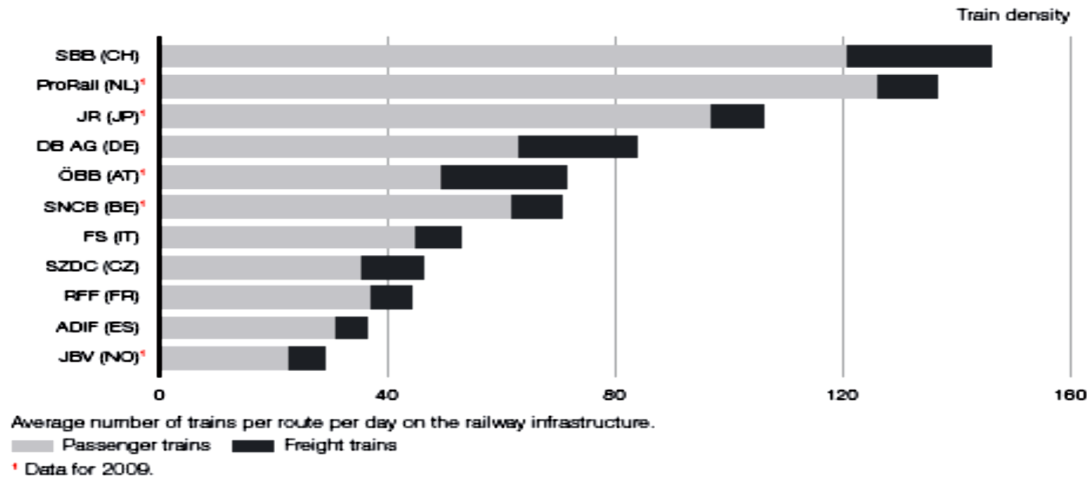


圖70.SBB與他路網負載比較

SBB在其路網狀況報告中指出，預備有關於發展基礎設施條件(包含鐵路，能源和電信網絡)部分，CHF 80.2億元的基礎設施已有一個替代值。2011年的營運情況大部分的路網處於良好狀態，並顯示比上年(2010年)略有改善。

三、 蘇黎世中央車站

2012年9月15日近午時間，參訪蘇黎世中央車站(Zürich Hauptbahnhof, Zürich HB)，這是瑞士鐵路運輸的中心樞紐之一(圖71)，只見路線綿密交錯(圖72)，列車出庫位有間斷，來自歐洲各國的列車如法國TGV、意大利Cisalpino、德國ICE等高速列車都在此交會，每天有3,000班列車進出，運輸極為繁忙。瑞士為鐘錶王國，講究守時，鐵路運輸也標榜班班準時發車(圖73)。蘇黎世中央車站，地理位置位於蘇黎世市中心，兼具商業功能，所以名為Rail City(圖74)，由瑞士國鐵SBB/ CFF/ FFS公司經營。



圖71.蘇黎世中央車站前夜景



圖72.蘇黎世車站路線綿密交錯



圖73.蘇黎世車站大廳時鐘



圖74.蘇黎世中央車站Rail City

據SBB資料，蘇黎士市中心這座大型列車站全景有26個月台、54條軌道(圖75)，歷經150多年了，它既是瑞士鐵路運輸的心臟，也是歐陸交通的樞紐，多條跨國鐵路在此交會，每天約有96萬乘客進出，大廳提供購票及轉乘資訊；以及車站大廳、月台有大型列車資訊看板引導，長途列車資訊(圖76)、短途S-Bahn列車資訊(圖77)。蘇黎世中央車站的列車會在準點前幾乎同時進站，也會在準點後的幾分鐘幾乎同時離站，這就是瑞士20年前開始採用「準點發車系統」(圖78)。



圖75.蘇黎世車站全景(source : wikipedia)

Fernverkehr						
Abfahrt					Gleis	Bemerkungen
18.12	IR	Thalwil	Pfäffikon SZ	Chur	7	
18.16	IC		München		14	
18.30	IR	Olten	Solothurn	Biel	14	
18.32	IC	Bern	Lausanne	Evian Miroir	17	
18.34	IC	Basel			12	
18.35	IR	Thalwil	Zug	Luzern	5	
18.35	IR	Baden Brugg	Basel		14	
18.36	IR	Sargans	Landquart	Chur	7	
18.37	IC	Flughafen	Winterthur	Konstanz	11	
18.38	RegioExpress	Lenzburg	Aarau		13	
18.39	IC	Flughafen	Winterthur	St. Gallen	9	
18.40	RJ	Sargans Bachs	Feldkirch	Innsbruck	4	
18.57	IR	Olten	Burgdorf	Bern	12	
19.00	ICE	Basel	Frankfurt		14	

圖76.蘇黎世車站長途列車資訊

S-Bahn						
Linien	Abfahrt				Gleis	Bemerkungen
S7	18.12	Stadelhofen	Meilen	Stäfa	Rapperswil	44
S10	18.12	Oerlikon	Itir	Wetzikon	Hirwil	54
S8	18.14	Wiedlis Egg	Thalwil	Pfäffikon SZ		52
S12	18.14	Hardbrücke	Dietikon	Baden Brugg		42
S10	18.15	Stadelhofen	Tiefenbrunnen	Herrliberg-F.		43
S10	18.15	Selnau Triemli	Wallis	Waldeg	Uetliberg	2
S10	18.17	Oerlikon	Flughafen			41
S12	18.18	Stadelhofen	Winterthur	Seuzach		43/44
S4	18.18	Selnau	Giesshübel	Sihlwald		1
S7	18.20	Oerlikon	Kloten	Winterthur		41/42
S7	18.21	Oerlikon	Wallisellen	Effretikon		53

圖77.蘇黎世車站S-Bahn列車資訊

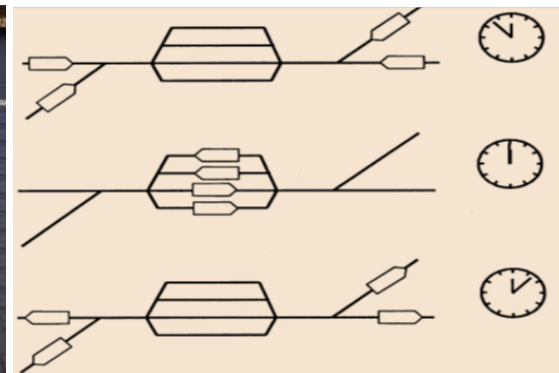


圖78.蘇黎世車站準點發車系統概念

四、 BLS鐵路公司

BLS(Bern-Lötschberg-Simplon，伯恩-洛奇堡-辛普倫)是瑞士僅次於SBB之第二大鐵路公司，有10條路線，營運里程520公里，BLS本身擁有436公里路權。123個車站、1個營運控制中心(Operation Control Center，OCC)位於Spiez站；員工約2,836人，來自24個民族，營運人員約占1/2。核心業務為客運由BLS AG負責；貨運屬BLS Cargo AG負責，營運里程大於1,000公里；基礎設施及維護則由BLS Netz AG負責，三者同屬BLS Group。BLS Netz AG以現代化的鐵路網絡洛奇堡軸線(Lötschberg axis)，其34.6公里長的洛奇堡基底隧道(Lötschberg Base Tunne，簡稱LBT)為核心，在2007年開始營運。為了見證世界最長的陸地鐵路隧道及先進的列車控制系統ETCS Level 2運作情況，此次考察行程特地安排參訪BLS位於Spiez的OCC，並於夜間造訪洛奇堡基底隧道，後面章節將進一步說明。

(一) BLS組織架構

1、BLS 公司組織

BLS公司組織架構(圖79)，董事會董事長、執行委員會CEO下轄部門：包含企業管治、財政、資訊技術、人力資源、客運(鐵路、巴士、船運)、鐵路貨運、基礎設施及營運等部門。BLS Group員工分布於BLS AG-2,633人；BLS Cargo AG-80人；BLS Cargo Italia s.r.l-19人、BLS Cargo Deutschland-8人；Busland AG-96人，合計2,836人；性別結構男女比85%:15%(圖80)

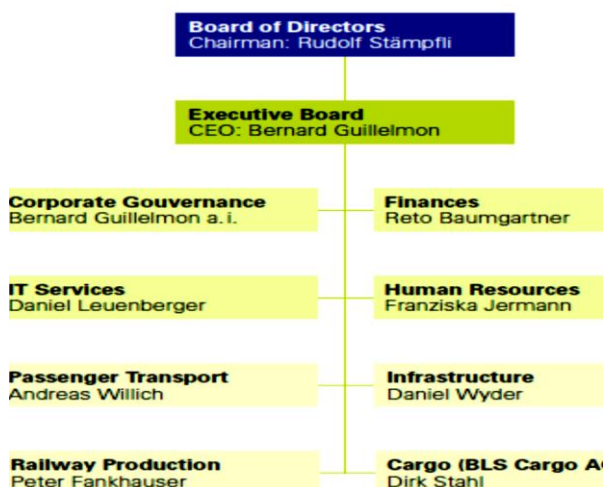


圖79. BLS公司組織架構

Passenger transport (rail, bus and ship)	274
Infrastructure	746
Railway production	1,414
Management services	199
Total	2,633
BLS Cargo AG	80
BLS Cargo Italia s.r.l.	19
BLS Cargo Deutschland	8
Busland AG	96
BLS Group	2,836

Gender structure	
men	84,67%
women	15,33%
Nationalities	24

圖80. BLS員工分布與性別結構

2、BLS 子公司

BLS的子公司及其擁有股權(如圖81)，BLS分別擁有經營貨運的BLS Cargo AG 公司52%、經營基礎設施的BLS Netz AG公司33.4%，以及經營巴士的Busland AG 公司84.5%股權。BLS資金來源分佈(圖82)，最大的股本是伯恩州(Canton of Berne)接近60%，其次是瑞士聯邦(Swiss Confederation)約22%。

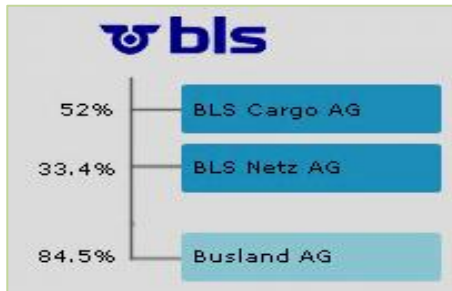


圖81. BLS子公司及股權

Share capital in per cent	
Swiss Confederation	21,70 %
Canton of Berne	55,75 %
Non-voting shares	7,83 %
Private individuals and legal entities	6,11 %
Other cantons and communities	8,61 %

圖82. BLS資金來源分佈

(二) 客運-BLS AG

1、營運路網(Operational area)

BLS AG客運服務包括區域鐵路、區域快鐵、S-Bahn、巴士及圖恩(Thun)和布里恩茲(Brienz)遊湖服務。BLS鐵路網(如圖83)，藍色部分，以圖恩、史畢茲(Spiez)為中心，東起盧森(Luzern)、西至納查泰爾(Neuchatel)、南連維斯普(Visp)與布里格(Brig)、北抵朗根泰爾(Langenthal)，最東為少女峰門戶茵特拉肯西、東站(Interlaken West & Ost)，營運管制中心(OCC)設於路網中央的史畢茲。

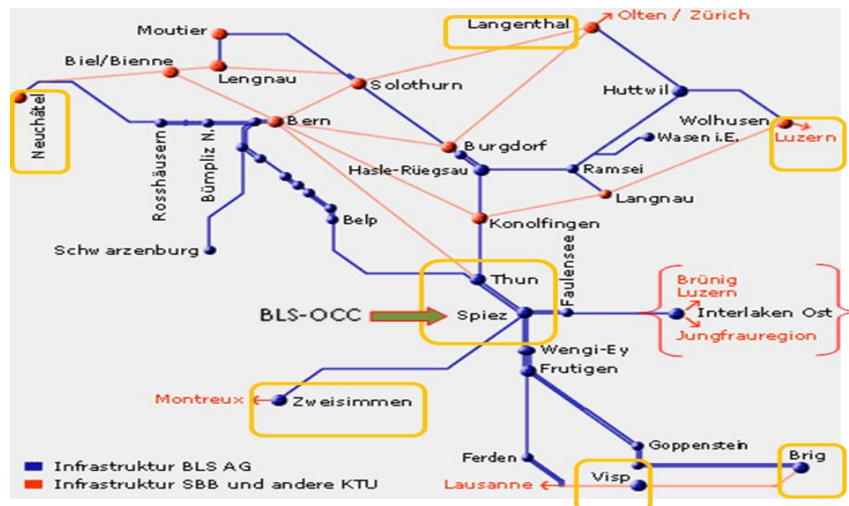


圖83. BLS AG客運鐵路網

BLS客運服務範圍大部分位於湖光山色的觀光路線；2011年旅客量達5,200萬人次，平均10萬人次/年/公里與SBB 11.6萬人次/年/公里相比並不遜色。

2、營運管理(Operations management)

BLS營運管制中心(Operation Control Centre, OCC)設於史畢茲站(Spiez)(圖84)。2012年9月14日15時造訪OCC，由BLS Mr.Martin Wyss解說。該中心屬遠程控制，主要任務為監視和控制。維持洛奇堡-辛普倫軸線(Lötschberg-Simplon axis)的安全、控制與經濟為該中心之責，必要時，允許由就地控制(local control)和技術系統監測。中心有不同的專家執行控制和監視軸線上的各種交通狀況：

- (1) 控制員監控列車位置，分析任何偏離時刻表，並制定糾正措施。(圖85)
- (2) 調度員操作安全設施，監督和指導列車進入調車路線。
- (3) 監視和控制照明、大門、通風、環境、視訊監控等。(圖86&87)
- (4) 牽引電流管理確保提供牽引動力，控制和監視電車線系統。
- (5) 客戶信息輔助，保持旅客在鐵路車站，通知當前操作位置。



圖84. BLS中央運營中心Spiez

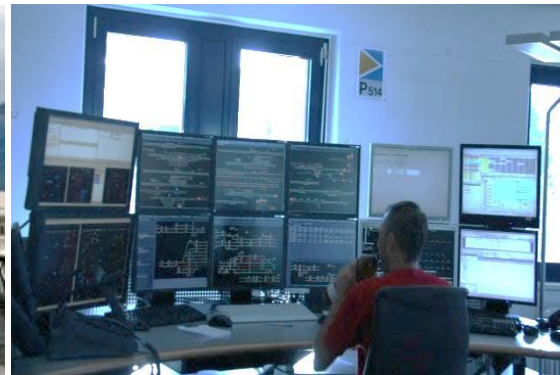


圖85.運營中心列車監控

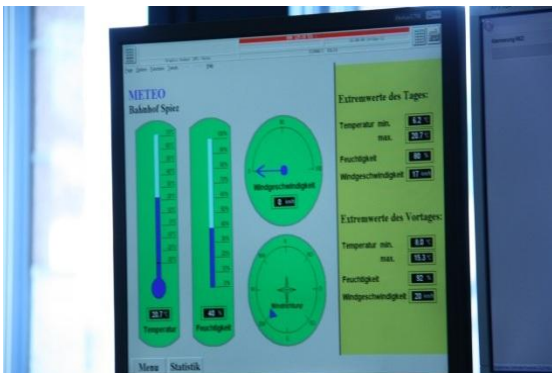


圖86.運營中心環境監控



圖87.運營中心視訊監控

3、時刻表排程和路徑管理(Timetable scheduling and route management)

BLS負責勒奇堡軸線經營管理及計劃時刻表並與SBB合作，以及計劃使用軌道和列車編組，電腦時刻表電腦排程範例(如圖88)。

Lötschberg base tunnel對單軌隧道區段行車管制不稱為閉塞系統(block system)，因為ETCS Level 2已沒有實際的閉塞，而是採「槽系統」(slot system)的觀念。主隧道長單軌道區段沒有任何交會站(passing loop)帶來了一個特殊挑戰。為了這21公里長瓶頸路段的最大容量，有可能好幾列車是通過單一同方向軌道，一個接一個。此外，一種槽系統(slot system)運作在洛奇堡基底區段，類似空中所採用的交通管制：每一列車進入單軌區段被分配了一個預定時槽(time slot)。如果列車延遲且錯過了槽，或者它改行經由山線或等待下一個空閒槽(free slot)。勒奇山基底路線僅僅是採用這樣的運作理念，可以操作一個不同尋常的高容量80%，在某些特別忙碌的日子，甚至達100%。

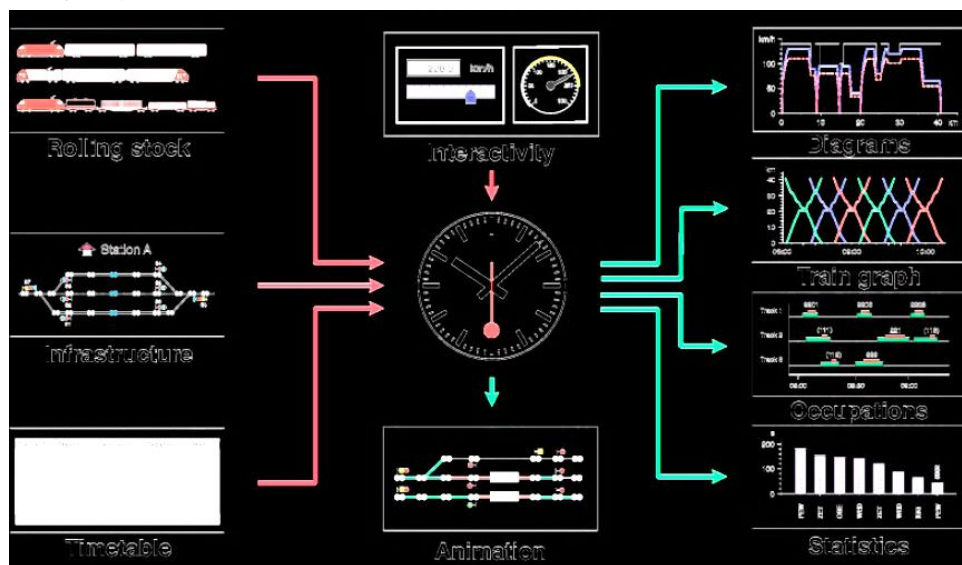


圖88.時刻表電腦排程範例(EURO-ZEL 2012)

4、準點率(Punctuality)

BLS AG公司鐵路客運2010~2012三年同期準點率曲線(Punctuality statistics)如(圖89)，2012年上半年準點率較前2年為低，原因BLS公司未說明，三年準點率平均基準值為92%。BLS認為，準點是公共交通工具的品質特性。BLS對準點的定義：乘客到達目的地，以遲到不超過3分鐘為限，若超過即未達準點要求。

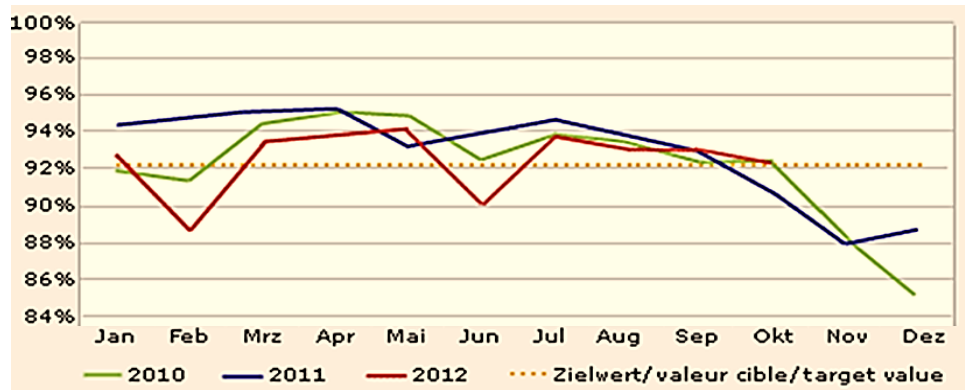


圖89.BLS客運準點率

5、營收概況

BLS AG鐵路公司在2011年財務報告顯示，年度資產與負債統計表(如圖90)，現有資產額CHF 2.46億、廠房與設備值CHF 47.2億，總資產CHF 49.7億與總負債相同。年度總收入CHF 9.11億，其中大部分收入來自運輸業，占總收入的43.7%。年度總支出為CHF 8.96億，人事費用與折舊攤提合計占61.5%。2011年度盈餘CHF 23.3萬。(圖91&92)

Assets		in CHF 1,000
Current assets		245,972
Plant and equipment		4,720,907
Total		4,966,879
Liabilities		in 1,000 CHF
Short-term external capital		227,879
Long-term external capital		3,813,171
Equity		925,829
Total		4,966,879

圖90.BLS公司2011年資產與負債統計

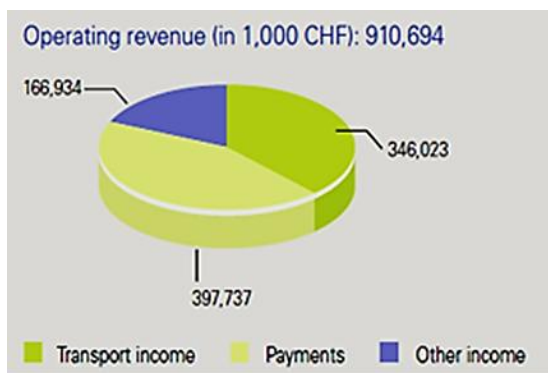


圖91.BLS公司2011年收入

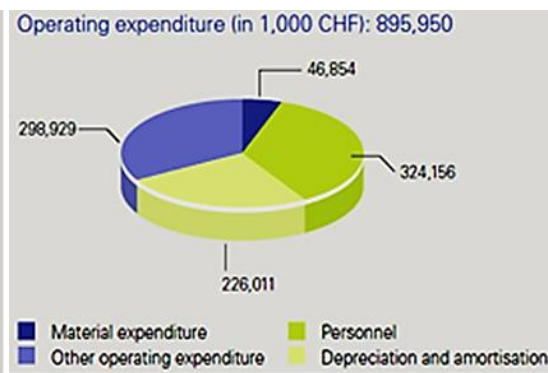


圖92.BLS公司2011年開支

(三) 貨運-BLS Cargo AG

BLS Cargo AG為從事瑞士內陸貨物運輸專業的貨運公司，成立於2001年。52%股權為BLS AG所有，為最大股東，合作夥伴還有德國DB Schenker Rail Deutschland AG持有45%及義大利IMT AG(Italian Ambrogio Group)持有3%。

歐洲列車經由瑞士穿越阿爾卑斯山脈之運送貨物，聯繫來自法國、德國編組列車或經由瑞士往義大利的物流，列車就必須沿著洛奇堡~辛普倫及哥達路線(Lötschberg~Simplon and Gotthard routes)的路線行駛。BLS Cargo AG佔有瑞士轉運市場的43%，即因在這一條路線的關係，BLS Cargo AG更使列車與公路車輛可以達成聯合運輸(Combined Transport)機能，將人車一起運送至洛奇山脈的另一邊，極其便利，稱為滾動的高速公路(Rolling Motorway)。

1、滾動高速公路(Rolling Motorway)

通車於1913年的洛奇堡山線隧道(Lötschberg Mountain Tunnel, LMT即舊隧道)是瑞士境內一條穿越阿爾卑斯山的鐵路隧道，隧道兩端分別位於伯恩州的坎德施泰格(Kandersteg)和瓦萊州的戈彭施泰因(Goppenstein)，全長14.61公里，單孔雙軌(one tub-two tracks)，為連接伯恩、史畢茲(Spiez)和布里格(Brig)間的交通，進入布里格(Brig)再連接長19.8公里，曾是世界第一長的辛普倫隧道(Simplon Tunnel)，形成極為便利的鐵路運輸廊帶(圖93&94)；1919~1962年巴黎至伊斯但堡著名的辛普倫東方快車(Simplon Orient Express)即穿越洛奇堡山線隧道。

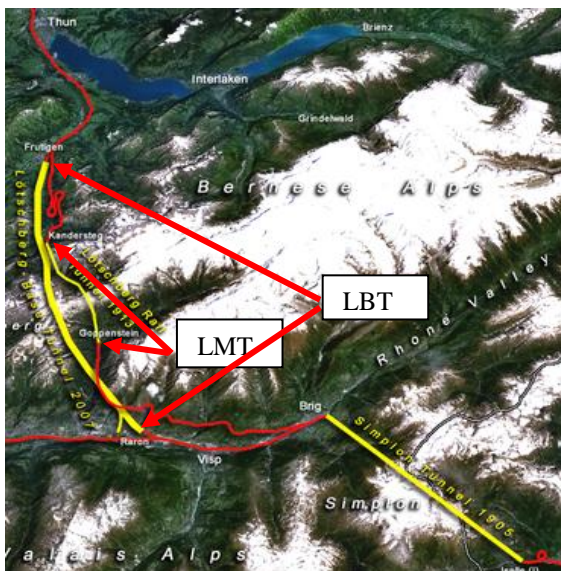


圖93.Lötschberg-Simplon鐵路廊帶

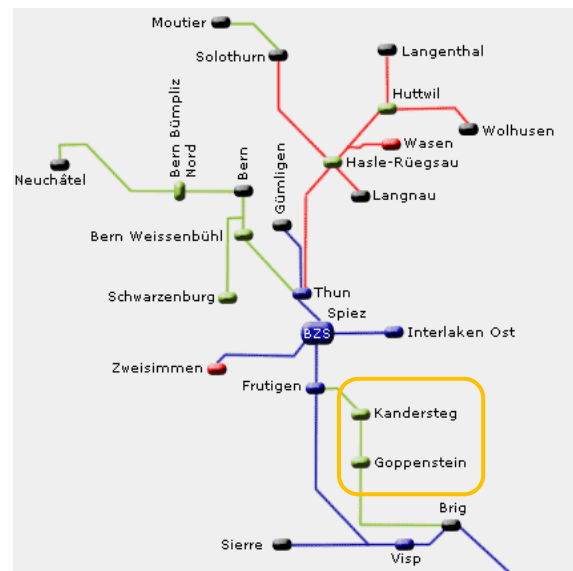


圖94.Kandersteg-Goppenstein運輸廊帶

BLS公司在洛奇堡山線隧道提供一項特殊的穿越隧道的汽車運輸服務(Car Transport)，乘客可以留在自己的汽車內，特殊的列車將人、汽車一起從坎德施泰格(Kandersteg)和戈彭施泰因(Goppenstein)輸送到洛奇堡山線的另一邊的服務。這種特殊的鐵路運輸方式稱為滾動的高速公路(Rolling Motorway)(圖95&96)，平時至少30分鐘開行雙向各一班。高峰時段，小汽車運輸服務單向每7.5分鐘開行一班。全程僅約15分鐘，給旅客帶來的好處是旅行時間較短、節省油料、駕駛可以休息(圖97)，同時還可以有列車、汽車、人聯運的特殊旅遊體驗，甚至卡車、貨車及遊覽車、摩托車也可以迅速、安全地送達阿爾卑斯山的另一邊。



圖95.Lötschberg-Rolling Motorway



圖96.Kandersteg- Goppenstein汽車運輸



圖97.Rolling Motorway汽車運輸的好處

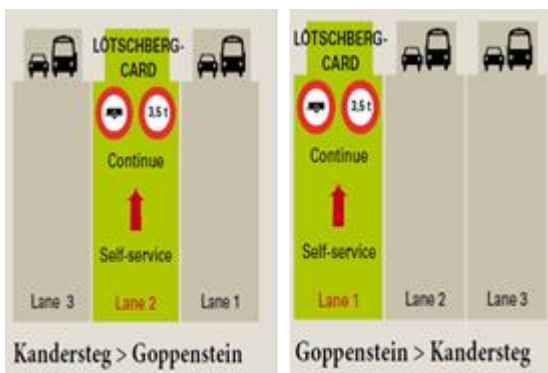


圖98.Car transport Points cards

無論是享受夏季或滑雪的樂趣，洛奇堡山線坎德施泰格(Kandersteg)和戈彭施泰因(Goppenstein)間汽車運輸方式是從伯恩高原(Bernese Oberland)到瓦萊(Valais)最短最快的路徑，反方向也是。BLS AG Lötschberg汽車運輸採購買點數卡(Points cards)永久有效，沒有時間限制；而一次購買的點數越多享有越多的折扣價(圖98&99)，至少75折。依照託運車的種類、噸數分類為Category 1~ Category 5，不同車種、不同時段需不同的點數，週五至週日是最貴的時段。

Purchase price		Monday-Thursday	Friday-Sunday*	Monday-Sunday*		
CHF	Number of points	Categories 1 and 2	Categories 1 and 2	Category 3	Category 4	Category 5
250.00	300	18.30 (22 points)	21.70 (26 points)	14.15 (17 points)	13.35 (16 points)	7.50 (9 points)
500.00	725	15.85 (23 points)	18.60 (27 points)	11.70 (17 points)	11.05 (16 points)	6.20 (9 points)
750.00	1250	13.80 (23 points)	16.20 (27 points)	10.20 (17 points)	9.60 (16 points)	5.40 (9 points)
1250.00	2500	12.00 (24 points)	14.00 (28 points)	8.50 (17 points)	8.00 (16 points)	4.50 (9 points)

圖99. Lötschberg汽車運輸點數價格

2、貨運發展(Freight transport development on the Lötschberg axis)

BLS的貨物運輸，因洛奇堡軸線(Lötschberg axis)，即山線及基底線(mountain and base routes)隧道與公路聯運方式，且位於連接伯恩高地、瓦萊州和義大利北部的重要交通孔道；復由於其特殊的汽車、貨車及遊覽車運輸的地緣便利性，使得BLS在過去11年中，單單洛奇堡軸線貨物運輸就由2001年的10.4百萬噸成長至2011年的27.3百萬噸，成長幅度將近3倍。2001~2011年Lötschberg axis貨物運輸成長(如圖100)；2005~2011年BLS貨運百萬公里-噸數消長(如圖101)，成長幅度達高達136%。

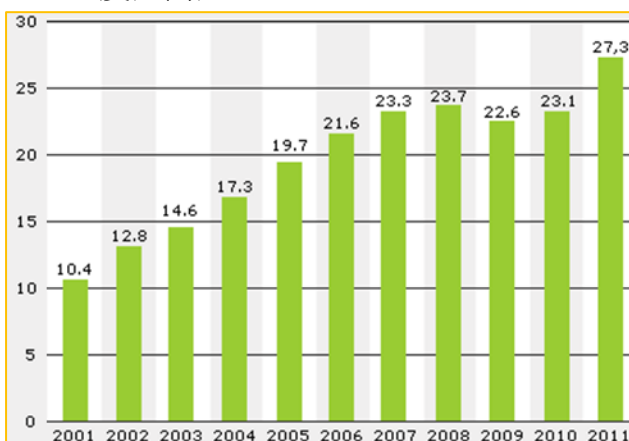


圖100.洛奇堡軸線2001~2011年貨運成長

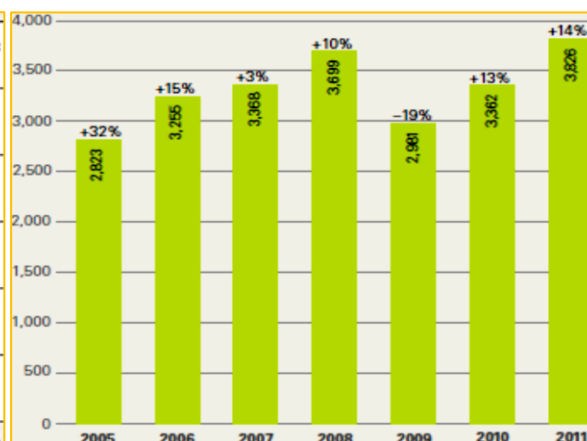


圖101.BLS 2005~2011年貨運成長

(四) 基礎設施-BLS Netz AG

BLS Alp AG公司於2009年4月更名為BLS Netz AG，是瑞士專精於鐵路基礎設施(railway infrastructure)維護的營運公司，成立於2009年，總部設在伯恩(Bern)。持股情形:Swiss Confederation:50.05%；Canton of Berne: 16.50%；BLS AG: 33.40%、SBB AG: 0.05%，BLS AG並非BLS Netz AG的最大股東。

1、經營範圍

BLS Netz AG之專業為BLS鐵路基礎設施規劃、建設、維護。這包括所有軌道結構和設備，如鋼軌(rail tracks)、接觸線(catenary wires)、號誌與通訊、安全設施、公共設施、建築和維修車輛。此外，BLS Netz AG公司負責經營管理的洛奇堡軸線從Gümligen到Domodossola。

BLS Netz公司是瑞士第二大標準軌距路網基礎設施營運公司，經營路網範圍(圖102)，其基礎設施的數據：路網長度520公里，其中436公里屬BLS AG公司所有；路線最大坡度37‰(圖103)；隧道數71座，最長的為洛奇堡基底隧道(Lötschberg Base Tunnel)約35.6公里；橋梁402座(圖104)。

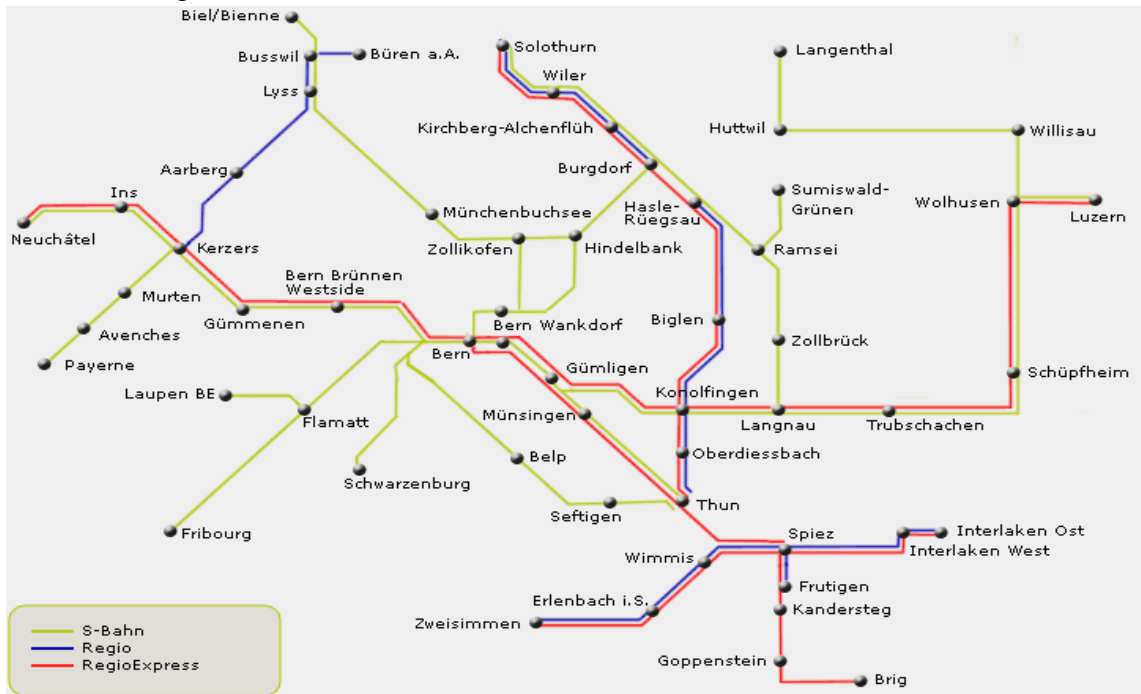


圖102. BLSNetz AG經營路網範圍

Network length	
Operational management	520 km
Property of BLS AG	436 km
Steepest gradient	
	per thousand (‰)
S-Bahn network, near Schwarzenburg	37
Transit axis: North-South (via mountain tunnel)	27
Transit axis: North-South (via base tunnel)	13

圖103. BLSNetz AG路網長度與坡度資料

Tunnels	
Number	71
Lötschberg Base Tunnel	34.567 km
Lötschberg mountain tunnel	14.612 km
Grenchenberg Tunnel	8.578 km
Weissenstein Tunnel	3.699 km
Tunnel del Mittelgraben	3.298 km
Bridges	
	above 2m
Number	402

圖104. BLSNetz AG隧道與橋樑資料

2、車輛(Rolling stock)

BLSNetz AG目前經常使用的車輛約202輛，車籍資料包含車型、載重、動力及最大速度(圖105)。其它還有具歷史性的骨董車10輛、用於基礎設施維護車51輛；歷史最久的是Ed 3/3 * (GTB 3)型，商業運轉於1900年。

Designation	Quantity	t Weight	kW Power	km/h Vmax.	Designation	Quantity	t Weight	kW Power	km/h Vmax.
Re 465	18	84	6,400	230	RABe 525 "NINA", 4-unit	13	96	1,000	140
Re 485	20	84	5,600	140	RABe 526 "GTW", 3-unit	13	84	1,100	140
Re 486	10	85	5,600	140	RABe 535 "Lötschberger", 4-unit	21	105	1,000	160
Re 456 (leased)	2	68	3,000	130	RBDe 565	21	69	1,650	125
Re 425	33	80	4,980	140	RBDe 566 I	8	69	1,475	125
Re 420	6	80	4,700	140	RBDe 566 II	13	71	1,650	125
RABe 525 "NINA" 3-unit	24	79	1,000	140					

圖105. BLSNetz AG使用車輛現況

3、創新技術(Innovative technologies)

BLS Netz AG也是一個專注於創新技術系統和運作流程的公司，在基礎設施方面的創新實例包括以下內容：

- (1) 維運目前世界最先進的鐵路隧道：洛奇堡基底隧道(Lötschberg Base Tunnel)。
- (2) 經營通過洛奇堡-辛普倫軸線，允許貨車及替換車身到4公尺的高度運送在滾動的高速公路(Rolling Highway)或無人陪伴的結合運輸(unaccompanied combined transport, UCT)。
- (3) 設計道旁列車監控系統設備，用於防止闊大物侵入隧道淨空，如列車負載物侵入淨空，設在坎德谷(Kander Valley)的探測器會先偵測到，禁止進入。
- (4) 洛奇堡基底線(Lötschberg Base Route)事件管理和緊急服務。

五、 洛奇堡軸線(Lötschberg Axis)

洛奇堡山線隧道(Lötschberg Mountain Tunnel, 簡稱LMT)通車於1913年，長14.61公里既有。瑞士政府為了因應急速成長之交通需求，改善鐵路運輸能量，於1992年投資興建重運量之鐵路運輸系統，興建服務品質更高之鐵路運輸路網。

其中貫穿阿爾卑斯山區、為歐洲南北向交通主軸線，以較低高度興建的隧道，故稱為「基底隧道(Base Tunnel)」，用「Base」與舊「Mountain」以資區別為不同隧道。例如已於2007年啟用長34.6公里之洛奇堡基底隧道(Lötschberg Base Tunnel，簡稱LBT)，以及興建中長57公里預定2017年啟用的哥達基底隧道(Gotthard Basis Tunnel，簡稱GBT)。

(一) NRLA

NRLA(New Rail Link through the Alps)，意思是新的鐵路線穿越阿爾卑斯山，它是瑞士鐵路基礎設施擴展的象徵和現代化的一個關鍵元素，這包括洛奇堡(Lötschberg)與哥達(Gotthard)兩個新的基底隧道，以及與舊隧道連成雙勒奇堡-辛普朗和聖哥達軸線(two Lötschberg-Simplon and Gotthard axes)。

瑞士聯邦政府當初的想法是，這個史詩般的鐵路建設壯舉將提供道路運輸的貨運和客運另一個具有吸引力的選項。同時，為新的南北鐵路連接，提供新的替代方案，將使更多跨越高山的旅客改道，遠離公路交通，紓緩道路系統的壓力。瑞士選民在1992年對NRLA概念投票，並在1998年決定性的多數通過籌資模式。NRLA的資金通過成立專項基金，資金主要來自重型車費(HVF)和礦物油的稅收，可見新的基底隧道興建從構想到確定資金來源足足花了6年的時間，過程是充分廣納民意、建立共識。所以，不僅為了運輸，還須兼顧環境保護，而訂定了建造NRLA的兩大目標：

1、客運(Passenger traffic)：

- (1) 促進外圍州的連接，如提契諾和瓦萊(Ticino and Valais)減少30%行車時間。
- (2) 使瑞士部分的歐洲高速鐵路網絡更好聯繫到歐洲的主要城市。

2、貨運(Freight traffic)

- (1) 跨高山貨運運輸能力的增加。
- (2) 提高運輸效率，通過低坡度和較大的曲率半徑。
- (3) 提高運行質量。
- (4) 加強鐵路強競爭地位。
- (5) 履行阿爾卑斯山的保護法。

3、合作夥伴(partners)

洛奇堡居於中央位置，使得瑞士成為歐洲鐵路運輸的重要樞紐，每年大約有100萬噸貨物由此越過阿爾卑斯山，且數量不斷上升中。洛奇堡和聖哥達運輸軸線，米蘭/熱那亞也構成了“鹿特丹”和歐洲間貨運最重要的通道，其重要性不可言喻。

BLS AG被瑞士聯邦委員會任命為洛奇堡基底路線運營商，並負責執行以下各項有關基底隧道的活動：

- (1) 運營管理(Operational management)和路網進入管制(network access control)。
- (2) 鐵路公司使用路網控管(所訂定的規格符合瑞士聯邦政府規定)。
- (3) 鐵路和隧道基礎設施的維護。
- (4) 緊急介入(Emergency intervention)和救援行動(rescue operations)。

在NRLA計畫，瑞士聯邦鐵路SBB被任命為系統營運商，負責基本結構的電子列車控制系統(ETCS)和電信GSM-R之建置。使用洛奇堡基底路線(Lötschberg base route)的幾個鐵路公司也包括SBB經營長途客運服務；而不同的供應商經營貨運服務包括貨運市場龍頭BLS Cargo AG公司。

(二) 洛奇堡基底隧道(Lötschberg base tunnel, LBT)

LBT建造目的是使來自歐盟的載重卡車在瑞士境內能用列車運送，從而減輕瑞士高速公路的交通壓力。隧道打通阿爾卑斯山，使德國與義大利之間的旅行時間縮短一個小時。

1、國際廊道(international corridor)

洛奇堡基底隧道於1994年從瑞士首都伯恩以南56公里處開鑿，從山的南北兩頭分別進行建造工事，最後在隧道的正中央會合。2007年6月15日，穿越阿爾卑斯山的洛奇堡基底隧道正式投入使用，這也是迄今為止，世界上最長、技術最先進的一條陸上鐵路隧道，它有 capacity 迎接來自德國、法國和義大利的高速列車，貨運列車過隧道時最高時速可達160公里，客運列車最高時速可達250公里，通過隧道內的時間約為12分鐘。

洛奇堡和哥達軸線構成了歐洲最優質的國際廊道(international corridor)，遠

自鹿特丹(Rotterdam)至公尺蘭/熱那亞(Milan/Genoa)的縱軸線，北邊甚至可跨海銜接至更遠的英國(圖106)。



圖106.歐洲國際廊道LBT

2、隧道工事(Tunnelling)

- (1) 1906年，BLS公司成立，目的是建設聯繫伯恩與瓦萊和義大利間的隧道。LMT 隧道工程20%採用掘進機挖掘(tunnel-boring machine，TBM)，80%採用傳統爆破挖掘工事，工程歷史照片(如圖88&圖89)。
- (2) 1911年，突破通過洛奇堡山線區段(Lötschberg mountain section)。
- (3) 1913年，開始運作洛奇堡山線隧道(Lötschberg mountain tunnel)，哥達隧道(Gotthard Tunnel) 則運作於1882年，比洛奇堡山線隧道早31年。
- (4) 1960年，以基底隧道(base tunnel)連結Berne and Valais的想法第一次被討論。
- (5) 1983年，聯邦委員會批准建設新穿越阿爾卑斯山的鐵路線(new trans-alpine rail route)。

- (6) 1986年，開始規劃NRLA(New Rail Link through the Alps)。
- (7) 1987年，公投on Rail 2000，57%贊成。
- (8) 1992年，公投阿爾卑斯山的交通法令：63.5%贊成。
- (9) 1993年，BLS AlpTransit AG的全資BLS子公司成立。
- (10) 1994年，建設工作開始在的Kandertal的探洞。
- (11) 1996年，聯邦委員會決定同時建設在洛奇堡和哥達基底隧道。
- (12) 1998年，公投公共交通基礎設施的建設和融資：63.5%投贊成票。
- (13) 1999~2000年，爆破、挖掘開始。
- (14) 2001年，開啟德國和義大利間通過Lötschberg mountain section廊道“滾動的高速公路(rolling highway)”；建設由富魯特根(Frutigen)開始。
- (15) 2004年，在西孔無碴軌道(non-ballasted track)開始安裝。
- (16) 2006年，電車實驗通過速度280km/h。
- (17) 2007年6月，洛奇堡隧道LBT正式啟用，隧道交給BLS營運。(如圖107~110)
- (18) 2011年3月3日，第10萬次列車經過的Lötschberg base Tunnel。



圖107.隧道挖掘歷史照片1



圖108.隧道挖掘歷史照片2



圖109.2007年啟用的東隧道



圖110.目前施工中的西隧道

頂點隧道為供電站、道路、鐵路和大量的探鑽隧道，提供了寶貴的地質資料。隧道橫截面直徑採隧道掘進機(tunnel-boring machine, TBM)開挖9.43公尺，淨空高度(headroom height)設計4公尺，符合歐洲淨空界線(European clearance profile)之運輸需求，隧道工程相關關鍵數據(如圖112)，工程艱鉅、設備先進、造價昂貴是必然的。兩隧道距離不等，約在40至60公尺之間變化，這取決於斷層的地質，地質概況(如圖113)。隧道每隔333公尺設置一個橫向連接通道，這意味著每個隧道可作為其它隧道的疏散路徑，而隧道所有系統皆採雙重化，這種“雙重設置”著眼於任何技術問題的事件，確保隧道運作仍可以繼續。

Length of the base tunnel	34.6 km
Total length of tubes and connecting tunnels	88.1 km (with connecting tunnels 91.8 km)
Axis distance between base tunnel tubes	40m
Number of connecting tunnels between the tunnel tubes	108
Threshold height north portal of Frutigen	776.5m above sea level
Threshold height at vertex	828.2m above sea level
Threshold height south portal of Raron	654.2m above sea level
Min. gradient	3‰
Max. gradient	13‰
Total material excavated	16.6 m tonnes (= approx. 830,000 trucks)
Investment volume	CHF 4300 million
Cost of operations and maintenance	approx. CHF 22 million p. a.

圖112.LBT隧道工程關鍵數據

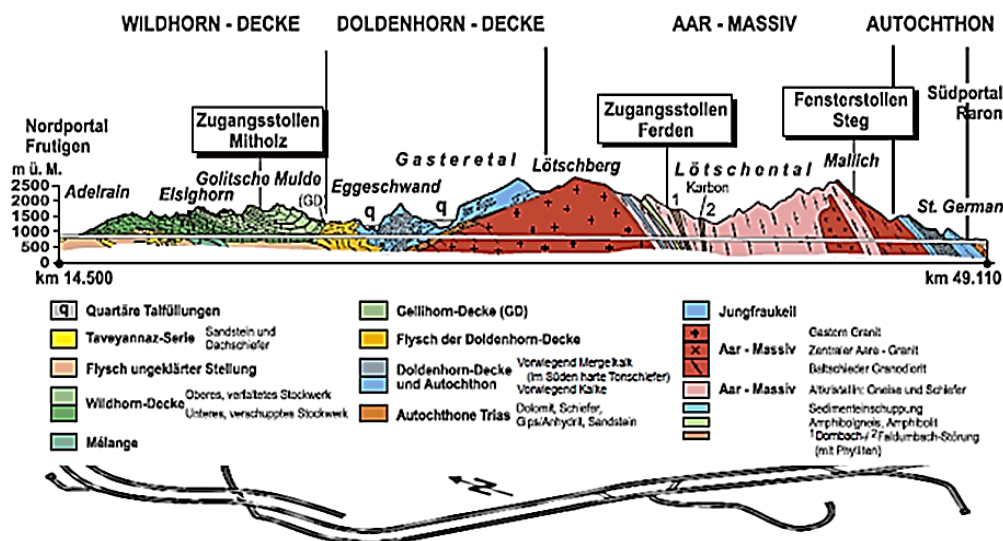


圖113.LBT隧道地質資料(source:BLS)



圖118.入隧道口淨空偵測1



圖119.入隧道口淨空偵測2

7、架空牽引系統(Overhead traction system)

列車自架空牽引系統取得所需之牽引電流，列車與電力纜線介面之間，取得高品質之電流是非常重要的。在LBT之架空牽引系統，所設計之最大容許速度為每小時250公里，且大約6公里之間隔有電力開關站，它必須能夠傳送2,000安培之電力給兩個管中之每一個。此高電流負載容量必須能提供6部機車頭和超過1.5公里長度貨物列車之有效電力。

8、電力供給(Power supply)

在LBT有兩種不同之電力供給：牽引電力供給16.7Hz及一般電力供給50Hz。而牽引電流藉由在Mitholz及Gampel之兩個變電站供應，同時一般電力則藉由其他21個變電站取得。這兩個輸入系統是獨立的，即使牽引電力故障，一般電力設備為了保全理由仍然必須有效的。為了確保隧道的電力供應安全，大約佈放了1600公里的電纜，加上有高電壓之輸電線路132KV(圖120&121)連接到伯恩高地之Valais。在瑞士的牽引電力網路從前是沒有如此直接連結的，Valais鐵路系統之電力是使用藉由Vaud傳輸到German-speaking Switzerland之電力。



圖120.隧道電力供電設備1



圖121.隧道電力供電設備2

9、ETCS(European Train Control System)

LBT採用先進的ETCS Level 2列車控制系統，以應付高達250km/h速度和高行車密度之需求，並按計劃的時刻表的實施。ETCS系統是歐洲的共同標準，透過GSM-R數位移動網路發出指令到列車駕駛室，顯示在螢幕上，直接指示允許速度(Permitted Speed)，不像Level 1使用外部道旁的目視信號；即LBT因採用ETCS Level 2已由傳統的道旁號誌(wayside signals)升級至車上號誌(cab signals)(圖101&102)，列車移動權(Movement Authority)或允許移動距離(Allowed distance to go)的指令，不再是道旁號誌顯示的資訊，而是來自無線閉塞中心(Radio Block Center, RBC)將資訊經由無線電基地台(圖122&123)傳送至車上的人機介面(MMI)，顯示允許速度(Permitted Speed)，指引列車操控，實現車上號誌(Cab Signal)的機能。

行程實際進入LBT內參觀，因採用ETCS Level 2，控制傳輸無線化、設備模組化及道旁簡單化、閉塞虛擬化，所以隧道內幾乎看不到號誌設備，僅有ATP Balise與計軸器(圖124&127)，與Level 1差異頗大。LBT隧道內最大速度：客車最高速度250km/h、貨車最高160km/h。出了隧道，列車改行駛Level 1，在溫吉(Wengi-EY)入口最高120km/h；在拉隆山谷(Rhone valley)入口最高160 km/h。

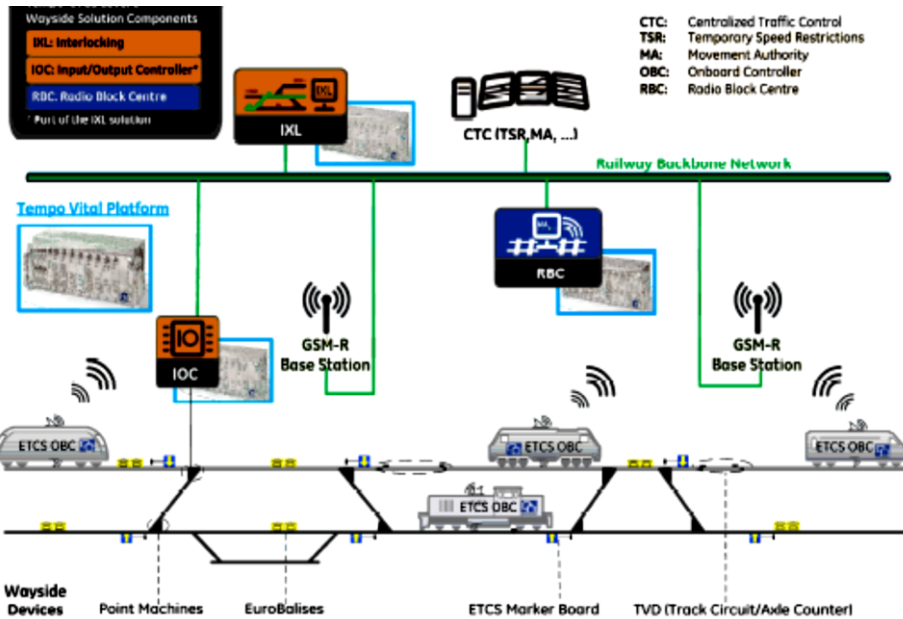


圖122.Level 2的無線傳輸架構(source:Alcatel)



圖123.GSM-R基地台



圖124. Level 2車載號誌



圖125. Level 2道旁Balise



圖126. Level 2道旁計軸器

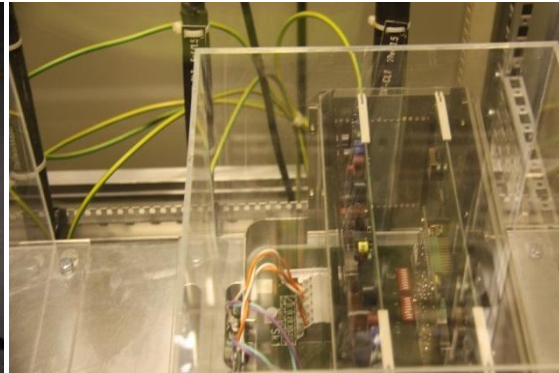


圖127. Level 2道旁電子單元

10、 通訊系統(Communication systems)

基底隧道的通訊系統包含數據線連接到公共電話網絡，電話系統藉由隧道操作和GSM-R無線通訊的列車資料數據和語音通訊。每一個隧道的連接和管路都配置有緊急電話。這個GSM-R無線通訊系統的功能，能在整個隧道內使用，也提供ETCS Level 2列車控制使用。

六、 隧道管理(Tunnel Management)

(一) 中央監控(Central Monitoring)

基底隧道的控制和監測技術裝置是由受過專門訓練的BLS在史畢茲(Spiez)營運管制中心隧道監控人員控制隧道裝置及操作隧道管理系統。(圖128&129)

- 1、職責：訂定隧道安全監控計劃，執行監控並通知報警等緊急處理。
- 2、目標：沒有與工作相關的意外或健康危害。

(二) 系統維修(System Maintenance)

有超過30名BLS隧道科技員(Technology employed in the tunnel)，在現場負責維持Lotschberg鐵路沿線的科技系統正常運作(圖130&131)，確保隧道運作：

- 1、維護協調員需規劃和協調維護鐵路沿線，並且合作與管理。
- 2、工程師和電子技師需要操作和維護隧道內的技術設施。(圖 132)
- 3、液壓工程師需負責水的供應和隧道內的環保水處置(圖 133)。
- 4、隧道監控和管理設施遠端控制在 BLS 營運中心 Spiez 遙控。



圖128. 營運中心隧道監控1



圖129. 營運中心隧道監控2



圖130. 隧道液壓檢查



圖131. 隧道管路檢查



圖132. 電子技師維護作業



圖133. 液壓工程師維護作業

1、軌道維修(Track Maintenance)

LBT軌道維修由BLS執行，目標是盡可能在低成本下，能夠維持設施的可用性。為此，每個星期天晚上整個隧道被封鎖，以進行維修。額外的維護週期安排在每年夏天。這些限制保養週期和長途跋涉到工作場所對員工和設備提出了很高的要求。BLS因而開發了一系列新的車輛，包括專門用於隧道維護，駐紮在富魯特根(Frutigen)維護與救援中心。這些措施包括柴油機車，自走式分解車輛和採用模組化的自走式維修車輛、移動式工作站等(圖134&135)。



圖134.隧道維護作業



圖135.隧道維修專用車輛

2、通風系統(Ventilation System)

隧道沿線裝置了3個通風控制中心，2個空氣供應中心、1個空氣抽出中心和8具噴射型通風器在隧道入口處(圖136)。2個空氣供應中心位於Mitholz(150立方公尺/秒)和Ferden(200立方公尺/秒)，可調節新鮮空氣的供應(圖137)。每當進行執行維護時，或在一個緊急事件下，調節新鮮空氣供應特別重要。在正常的操作下，當列車通過隧道時必須確保有足夠的通風，而空氣抽出系統將只會被使用在緊急情況，以去清除污染的空氣，例如煙霧藉由Fystertella的通風井排出。



圖136.隧道入口噴射型通風器



圖137.隧道空氣供應中心

3、空調系統(Air conditioning Systems)

通常隧道內氣候狀況是濕熱的。為了確保一個穩定的氣候環境和能夠使科技電子設備順利運作，隧道內裝置了44個冷氣機組及396個空氣循環冷卻裝置。LBT隧道內的氣候，在建造階段期間最高溫度接近45°C，目前最高接近31°C，最大相對溼度接近80%。

4、水資源管理(Water Management)

隧道的水資源的管理包含隧道內的供水、排水和廢水的環保處理。隧道的排水是藉由一個分離系統，它可貫穿整個鐵路隧道系統，並可區分有山泉水和廢水。這乾淨的山泉水有著大約20°C的溫度，被收集遍及整個隧道，用來使用在冷卻系統的操作中心裡。隧道外，還可以供應外部公司，如富魯特根的“Tropenhaus”使用山泉水。污染隧道的廢水被引導到容器槽中，以廢水處理。

5、閘門管制(Gate Control)

LBT在東西兩側的隧道口皆裝置有一個鐵路隧道閘門，而這閘門能夠完全的封閉，以確保在隧道內進行維修工程人員有正常的溫度。在橫向通道入口、連接隧道，以及緊急出口及緊急逃生隧道，總共裝置了173具電動滑動閘門，而這些閘門可藉由隧道監控系統及監控的安全設備由遠端的管制中心遙控。當這些閘門被打開時，表示有緊急情況，列車允許行駛最高速度為40 km/h。

6、監控及偵測(Monitoring and Detection)

超過100個監視器在這隧道內(圖138)。所有的技術設備、橫向通道、入口、服務隧道和排水系統都裝置了火、氣體和洪水感應器，這些感應器的設置是取決於裝設位置，位置決定在緊急情況下能否快速有效的介入干預(圖139)。



圖138.隧道內監視器

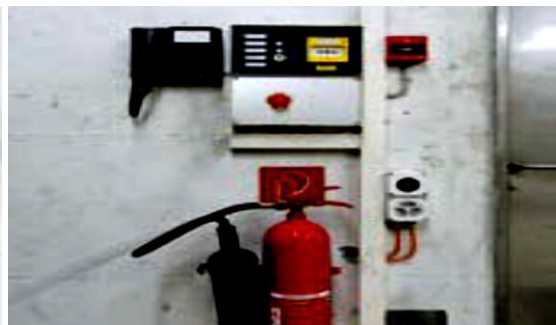


圖139.隧道火警感知設備

(三) 介入救援(Intervention and Rescue)

BLS隧道救援管制中心位於LBT隧道北口的富魯特根(Frutigen)(圖140)。考察成員於2012年9月15晚間18時左右點抵達管制中心，先由中心人員Chris F.Senn以隧道模型(圖141)為我們解說隧道結構、救援組織、設備、程序及救援路徑(圖142&143)，並預定於20點左右進入隧道內實體參觀。



圖140.BLS隧道救援中心(Frutigen)



圖141.隧道模型

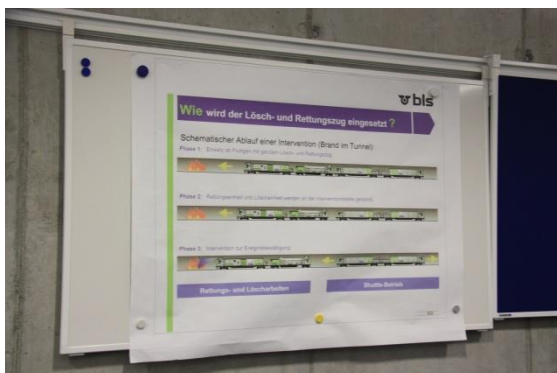


圖142.隧道火災救援程序圖表



圖143. Chris F.Senn賣力解說救援程序

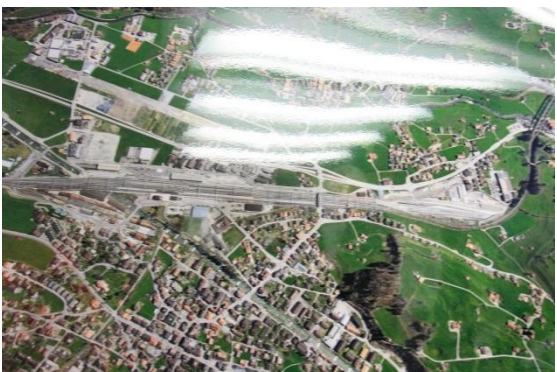


圖144.隧道救援路徑(空照圖)



圖145.隧道模型前與Chris合影

據Mr.Chris F.Senn表示，當隧道緊急事件發生時，救援人員必須在45分鐘內到達現場，以啟動救援和緊急應變措施，在此緊急種情況下，要有萬全的準備；

所以BLS的消防救援列車必須駐在富魯特根(Frutigen)的BLS隧道救援管制中心內，隨時待命，而引擎、油料、電瓶、水、壓力、滅火器材、梯架等，更必須一點檢、日日檢測，維持在備戰的狀態，並定期舉辦聯合演練(圖146~151)



圖146.隧道救援車輛配備解說



圖147.救援車輛壓力測試



圖148.救援演練(整裝)



圖149.救援演練(加壓)



圖150.救援演練(拉線)



圖151.救援演練(噴水)

考察成員在Chris F.Senn的引導下於20時30分左右由富魯特根(Frutigen)救援通道進入，抵達米塔斯(Mitholz)隧道口附近(圖152&153)。

Chris F.Senn在隧道內救援情境解說時(圖154)，進一步說明，LBT的緊急處理架構為，當未能預見的緊急事件發生時，假如隧道發生火災的情況下，如果

現場情況可能控制，受影響的列車，將嘗試緊急停靠或等待隧道外介入協助；但是，當不可能達成控制或情況更緊急時，乘客和列車工作人員可以通過一個橫向隧道，進入平行通道內的安全區(圖155)，並在那裡等候援助。

疏散過程，在隧道南側St.German和佛登(Ferden)區段疏散時，人員可以通過第二條鐵路隧道；而在北邊區段，乘客可以乘坐富魯特根(Frutigen)和佛登(Ferden)之間的救援巴士疏散。

整體觀之，LBT隧道不僅設施先進，它的救援機制亦十分完備。SBB在隧道南的布里格(Brig)設置了管制中心，管控團隊是由SBB和BLS兩大鐵路公司的緊急服務部門共同組成，並且有當地的消防隊支援，計有160名消防人員、20位在伯恩和瓦萊州周圍的警察、救護人員及管理人員，長期進行培訓、狀況演練；另外還有90位駕駛的巴士公司(Postauto AG Oberwallis)參與，事故發生時，將從預擬的救援路徑前往現場，協助乘客從隧道疏散、撤退。

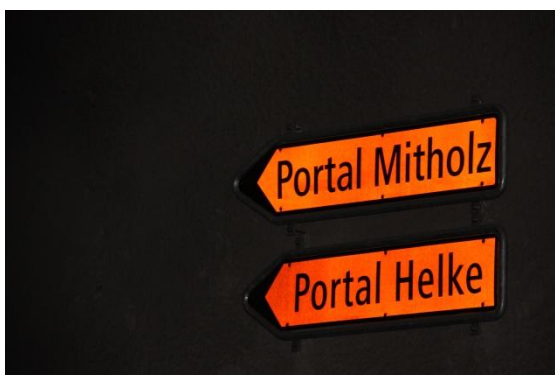


圖152.米塔斯(Mitholz)隧道口



圖153.勘查Lotschberg施工中的隧道

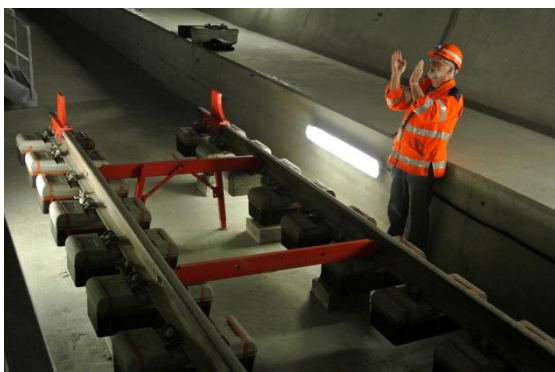


圖154.隧道內救援情境解說

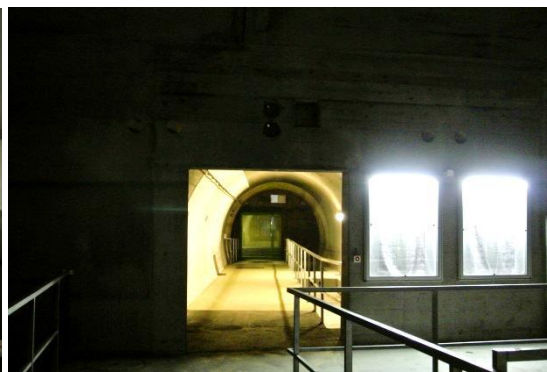


圖155.隧道平行通道內的安全區

七、 少女峰鐵路(Jungfrau Railway)

少女峰鐵路是山岳鐵路中一個開創性的傑作，於1893年開始規劃、1896年開始施工、1912年投入營運，剛好和阿里山鐵路同年通車。約3/4的路段是在冰海底下岩壁開鑿，採用炸藥炸山，工程十分艱鉅，工程歷史及工法摘記如后：

(一) 工程建造史

1、願景與規劃

1893年，實業家阿道夫·古耶-澤勒(Adolf Guyer-Zeller)申請興建小史迪基(Kleine Scheidegg)到少女峰(Jungfrau)齒軌鐵路(rack railway)，1894年聯邦委員會特許經營；1896年授予興建發電廠。當年鐵路規劃構思手繪草稿(如圖137)。

2、開始施工

1896年7月，少女峰鐵路破土動工，施工進度極為緩慢而艱苦，當年施工歷史照(如圖156~159)。1898年9月，小史迪基到艾格峰腳下的艾格山牆站(Eigergletscher)地勢開闊區段首先投入營運服務。

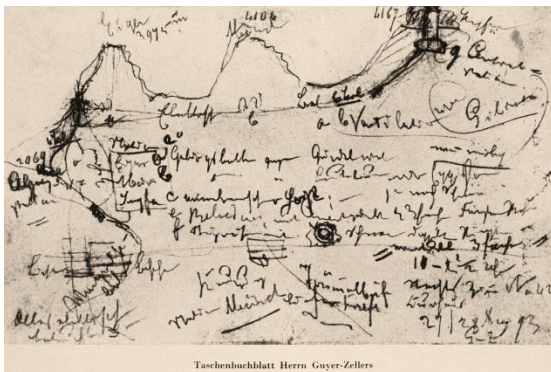


圖156. Adolf Guyer-Zeller手繪草稿



圖157. 少女峰鐵路施工歷史照1



圖158. 少女峰鐵路施工歷史照2



圖159. 少女峰鐵路施工歷史照3

3、每年一個新站

古耶-澤勒的目標是每年增加一個站。1899年3月，羅斯托克站(Rostock)破土動工，工人已到達隧道的盡頭艾格石壁站(Eigerwand)。同年4月3日，背後支撐少女峰鐵路的動力阿道夫·古耶-澤勒逝世，其兒子接續興建。1903年6月28日，Eigerwand站中間海拔2,865公尺的艾格峰北壁正式拉開帷幕。兩年後，1905年7月，可以打開的區段停在Eismeer 3,160公尺海拔上，但已為遊客提供一個壯麗的冰川景觀，鐵路的臨時遊客中心也設在Eismeer站。原本捉襟見肘的財政狀況變得可以在阿道夫死後發生了變化。同時原規劃的門希峰(Mönchsloch)替換成少女峰(Jungfrau)鐵路高峰會，少女峰站成為該路線的終點。

4、少女峰-歐洲之巔

少女峰-歐洲之巔(Jungfraujoch-Top of Europe)爆炸事故、罷工和金融問題是鐵路建設史上的印記。最嚴重的事故發生在1908年，30噸炸藥爆炸，直到1912年，海拔3,454公尺的少女峰區段完成，施工歷時長達16年，比原計畫晚了9年。

(二) 路線景觀

1912年完成小史迪基~少女峰；1893完成格林瓦德~小史迪基；及更早於1890完成的茵特拉根~格林瓦德區三段，依序稱為少女峰鐵路上、中、下層鐵路，分別由JB(Jungfraubahn)、WAB(Wengernalpbahn及BOB(Berner Oberland-Bahnen)三家鐵路公司營運，旅遊路線圖(圖160)，依序標記以紅、藍、綠。

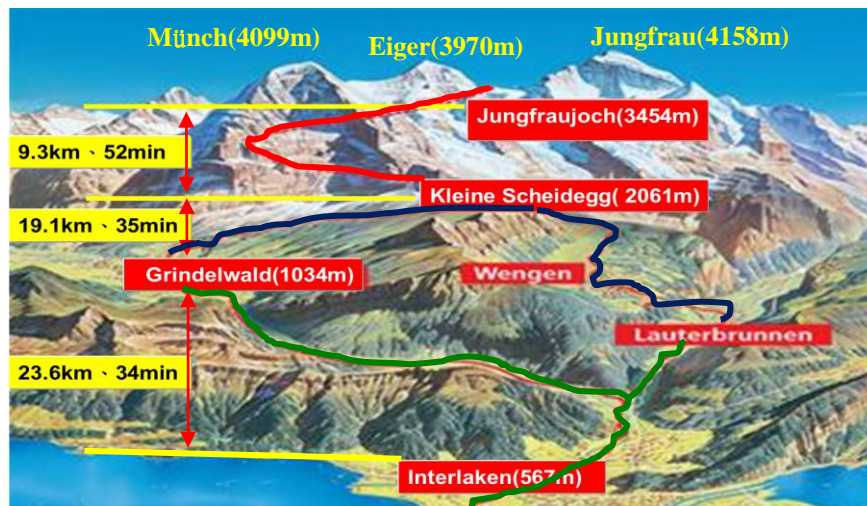


圖160.少女峰鐵路上(紅)、中(藍)、下層(綠色)路線

往少女峰鐵路必經門戶為茵特拉根西站與東站(Interlaken West&Ost)(圖161&162)，例如從巴塞爾(Basel)搭乘SBB城際列車(Intercity trains，IC)(圖163)，直接前往茵特拉根東站。若從蘇黎世和日內瓦Zurich and Geneva必須在伯恩(Bern)轉乘，亦可自圖恩站(Thun)或史畢茲站(Spiez)搭乘BLS的區間車(圖164)，列車運行約每30分鐘一班，行經圖恩湖(Thunersee)湛藍的湖光山色。

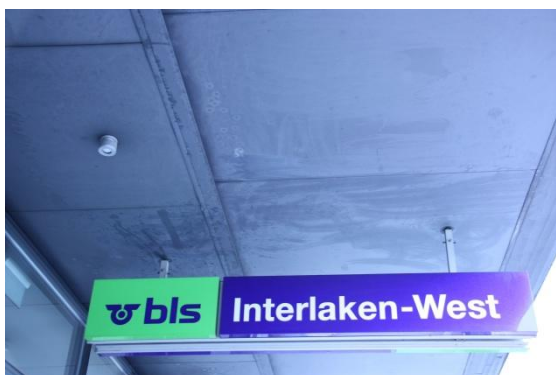


圖161. Interlaken West



圖162. Interlaken Ost



圖163.SBB城際列車IC



圖164.BLS區域列車

1、下層鐵路線

自茵特拉根東站(Interlaken Ost)上行於斯埃烏奇諾(Zweilutschine)分岐至左線格林瓦德(Grindelwald)及右線勞特布魯尼(Lauterbrunnen)，這一段為少女峰下層鐵路線，須搭乘BOB列車(圖165&166)。茵特拉根東站至格林瓦德路程23.6公里，車程約34分鐘。平面段最高車速約100km/h，左邊綠色山坡、農莊，右邊沿著河谷蜿蜒而上至格林瓦德。

茵特拉根(Interlaken)是少女峰山腳下的城市，也是瑞士著名的度假勝地，以一年四季風景怡人，發展光光著稱，是前往少女峰的重要門戶之一。茵特拉根名字的涵義是兩湖之間，因為它正好位於瑞士兩大名湖：圖恩湖(Thunsee)和布

里恩茲湖(Brienzersee)的中間。

茵特拉根屬BLS鐵路公司所擁有，有東站(Ost)、西站(West)兩個列車站，走路約30分鐘，列車車程約5分鐘，由伯恩來先到西站(圖167)，後到東站(圖168)，要上少女峰必須在東站下車，若弄錯了提早下車，下一班車必須再等30分鐘。另一線由蒙特勒斯(Montreux)或盧森(Luzern)前往茵特拉根則可以搭乘金色快車(Golden Pass)(圖169&170)，只停靠茵特拉根東站。



圖165. BOB區域列車1



圖166. BOB區域列車2



圖167. 茵特拉根西站



圖168. 茵特拉根東站(source:BLS)



圖169. Golden Pass路線(source:EuRail)



圖170. Golden Pass(source:GoldenPass Center)

2、中層鐵路線

自格林瓦德站(Grindelwald)及勞特布魯尼站(Lauterbrunnen)至小史迪基站(Kleine Scheidegg)這一段為少女峰中層鐵路線，兩段總長19.1公里，必須搭乘WAB公司的列車(圖171&172)，而由格林瓦德至小史迪基段不到10公里，最大坡度達250‰，車程需34分鐘。

經詢問運轉人員這一區段最高允許車速28km/h，但大部分皆運轉在12.5~25 km/h左右。一路緊盯駕駛車速表，發現過了alpiglen站(海拔1,616公尺)後，一段較平緩路段，最高車速曾接近28km/h。(圖173&174)



圖171.WAB登山列車1(source:WAB)



圖172.WAB登山列車2(source:WAB)



圖173. alpiglen站



圖174.最高車速接近28km/h

3、上層鐵路線

自小史迪基(Kleine Scheidegg)至少女峰站(Jungfraujoch)這一段為少女峰上層鐵路線，總長9.3公里，車程52分鐘，一般稱呼的少女峰鐵路指的是這一段。上少女峰必須搭乘少女峰鐵路公司(JungfrauBahn, JB)的列車(圖175&176)，最大坡度達250‰，大部分運轉在12.5 km/h左右的慢速，旅客可以從容觀賞沿途景觀特色，車窗設計可以開啟，旅客可以盡情地的拍照。沿線景點特色：



圖175.少女峰JB列車1



圖176.少女峰JB列車2

- (1) 上少女峰，搭乘JB列車，從海拔2,061公尺的小史迪基站出發，車站周圍已披覆著白雪，這裡是仰望少女峰的重要景點之一，列車沿線看到艾格冰海白雪景觀，令人驚嘆，每轉個彎就有新的攝影題材。(圖177&180)



圖177.小史迪基站房



圖178.小史迪基站白雪披覆



圖179.艾格山牆鐵路沿線雪景1



圖180.艾格山牆鐵路沿線雪景2

- (2) 當列車到了艾格山牆站(Eigergletcher)，海拔2,320公尺，列車剛好正好在三大名峰的正中央艾格峰腳下，列車停留一會兒就開進隧道裡，之後大部分的路段都在隧道裡，這段旅程長7,122公尺，可以想見當年打造了16年才完成這條鐵路的艱辛歷程。

- (3) 列車在隧道裡停車，中途有兩個車站，一個是海拔2,865公尺的艾格石壁站(Eigerwand)，另一個是海拔3,160公尺高的冰海站(Eismeer)，兩個車站都會停留約5分鐘，在短暫的停車時刻，可以去觸摸隧道的裸岩石壁，體驗這段工程的艱辛。沿著指標走，有大型景觀窗供給遊客觀賞，看出去正是艾格峰冰海的遼闊視野，令人驚嘆的冰海景觀。(圖181~184)



圖181.艾格石壁站



圖182.艾格石壁交會點



圖183.冰海站標高3,160公尺



圖184.冰海站觀景台景觀

- (4) 終點站為少女峰站(Jungfraujoch)，全歐洲海拔最高的火車站，海拔3,454公尺。由小史迪基(Kleine Scheidegg)至少女峰站，旅程約需50~60分鐘，包括停留在艾格石壁(Eigerwand)和冰海站(Eismeer)，下坡回程只需約35分鐘。
- (5) 下車處「Top of Europe」的立牌極其醒目(圖185)，吸引著每位旅客，大夥輪流在此地拍照留念。此外，少女峰鐵路先驅、偉大的Adolf Guyer-Zeller銅像也是熱門的攝影點(圖186)。隧道內掛了許多巨幅圖畫，大部分是紀念少女峰開山始祖Adolf Guyer-Zeller與工程先鋒們的彩繪畫像及一鑿一斧刻鑿隧道的歷史照。(圖187&188)

- (6) 少女峰有歐洲最長的阿雷契冰海(Great Aletsch Glacier)，已被聯合國教科文組織UNESCO登錄「世界遺產」，冰宮(Ice Palace)建於冰海下方，長長冰凍隧道內部有各式各樣的冰雕作品及供旅客拍照留念的冰雕櫃台(圖189&190)。



圖185.少女峰「Top of Europe」立牌

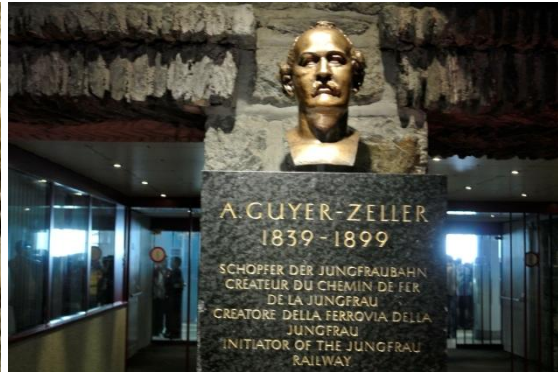


圖186.少女峰鐵路先驅Adolf銅像



圖187.少女峰隧道歷史圖畫



圖188.少女峰隧道歷史照片



圖189.冰河底下開鑿的冰宮隧道



圖190.冰宮內的冰雕櫃台

- (7) 車站內部有連接大樓與對外通道，由這些通道可以前往觀景台、餐廳、冰宮等景點；也可以搭乘史芬克斯電梯(Sphinx observation)直上海拔3,571公尺的觀景台，那是全歐洲最高的天文台，在觀景台上可以遠眺歐洲屋脊，艾格峰

(Eiger)3,970公尺、門希峰(Munch)4,099公尺和少女峰(Jungfrau)4,158公尺，三座名峰終年白頭。

(三) 特殊工法

1、高度落差

登上少女峰鐵路線，很難想像從山腳下海拔567公尺的茵特拉根車站(Interlaken Ost)開始，52公里路程，爬上最高海拔3,454公尺的少女峰車站，高度落差達2,887公尺，最陡坡度為250‰，經繪製Interlaken Ost~Jungfrauoch海拔高度落差變化(如圖191)。對照阿里山森林鐵路由海拔30公尺，72.7公里路程，最高海拔2,274公尺，落差2,244公尺，最陡坡度62.5‰，很難想像少女峰鐵路比阿里山鐵路陡4倍，究竟是如何開上去的？以此次行程走格林瓦德一線為例，52公里花2個多鐘頭路程登上山頂。原來，登山過程是經過3條私鐵接力(依序BOB、WAB和JB)，三段鐵路線共同特徵，都是採用齒軌式列車，才能克服高度落差、上得了陡坡。由於採用兩種不同型式的齒軌(Riggenbach & Strub)及軌距不同(依序1,000mm、800mm、1,000mm)，所以列車無法直達，中途必須換車兩次，一次在格林瓦德(Grindelwald)、一次在小史迪基站(Kl.Scheidegg)。

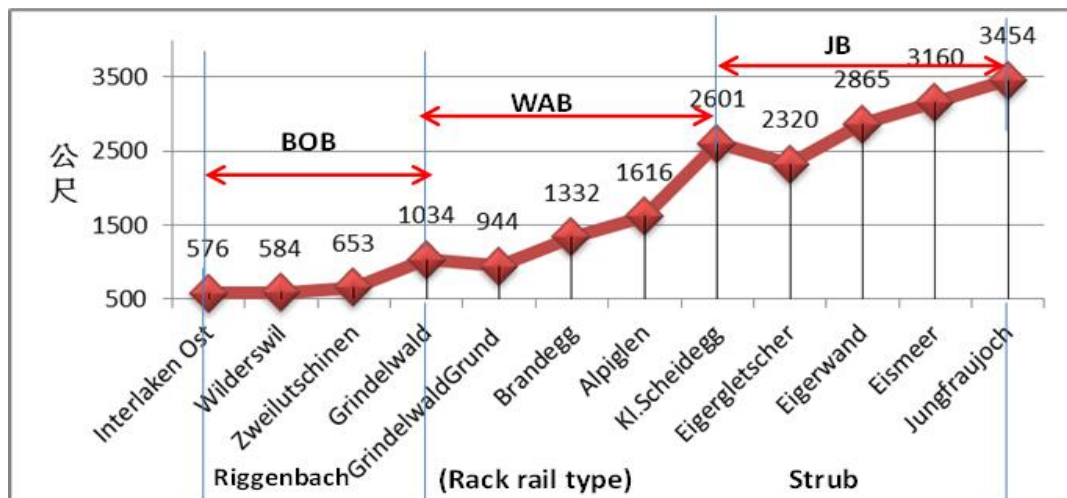


圖191. Interlaken Ost~ Jungfrauoch海拔高度落差變化

2、窄軌距(Narrow Gauge)

- (8) 鋪設成本較為經濟，車輛寬度較窄，用地、車輛結構、軌條亦較輕小，可節省成本及建設工程經費。所以JB當時採用窄軌應是基於這樣的考量。

- (9) 窄軌於銳曲線軌道之處，曲線阻力較寬軌小，曲線半徑可以很小，適用於地勢險峻的山岳地區。如森林鐵道和登山鐵道，皆以窄軌為主。
- (10) 車廂的重量減輕，牽引噸數較小，可節省機車牽引動力，能源消耗也少，適合小型機車運用。
- (11) 路線的坡度可以加大。因軌距較小地形適應性較好，如登山用索道、登山的列車與鐵道，普遍以窄軌為主。

3、特殊齒軌(Rack Rail)

齒軌鐵路是一種登山鐵路。一般鐵路可以攀爬的斜坡坡度約為40%至60%，亦可越過短的90%路段。齒軌系統是在鐵軌中間裝上齒輪軌，可增加爬坡力並減緩下坡速度。而行走齒軌鐵路的機車，配備了一個或多個齒輪，跟齒軌咬合著行走，這樣機車才能克服高陡坡、黏著力不足的問題，把列車拉上坡度高達480%以上的陡峭斜坡。經蒐集資料，齒軌鐵路的種類簡述如后：

(1) Riggerbach：

此種齒軌樣子像梯子般，齒軌由多塊鋼板組成，中間每隔固定距離由圓柱連結。這種齒軌最先被發明，缺點是這種齒軌比其他的系統複雜及昂貴。這種齒軌亦稱Marsh系統，因為美國人Sylvester Marsh 在華盛頓山的登山鐵路同時發明相同的設計。BOB在少女峰下層鐵路線茵特拉根東站(Interlaken Ost)至格林瓦德(Grindelwald)段就是採用Riggerbach齒軌(圖192)。

(2) Abt：

由瑞士人 Roman Abt 發明，是一種Riggerbach的改良系統。Abt的齒軌是垂直的鋼板，上面用機器銑割上了準確的齒坑。Abt可以比Riggerbach更平滑地與車上的齒輪嚙合，通常是兩或三條平衡使用，列車上亦配有相同數量的齒輪；這樣便能確保最少有一個齒輪是契合上的，Abt是使用得最多的齒軌。

(3) Strub：

系統與 Abt 類似，但只用一條較寬的齒軌。這種系統維修最簡單，亦越來越受歡迎。WAB公司在少女峰中層鐵路線格林瓦德(Grindelwald)至小史迪基(Kl.Scheidegg)段及JB公司在小史迪基(Kl.Scheidegg)至少女峰站(Jungfrauoch)就採用Strub齒軌(圖193)。



圖192.格林瓦德站Riggerbach齒軌



圖193.格林瓦德站Strub齒軌

(4) Locher

系統的齒是銑割在鋼軌的兩旁邊，而不是上方。機車以兩個齒輪同時在左右兩側嚙合齒軌。這種齒軌不會出現齒輪跳出齒軌，適合攀爬特陡峭的斜坡。世界最陡峭的皮拉特斯山鐵路使用的就是這種齒軌。

世界上普通軌道鐵路的實際最陡坡度為70‰(1:14)，用在瑞士的2段1,000mm軌距的線路上。一般達到60‰及以上時，有必要採用齒軌鐵路，以防輪軌之間粘著力不夠而發生滑動。齒軌是在過陡的自然坡度地段代替展線與長隧道的一種方案。齒軌最大坡度，除一處480‰與一處250‰都在瑞士外，一般都不超過250‰。瑞士境內齒軌鐵路很多，為鐵路登山的有力工具。皮拉圖斯鐵路(Pilatusbahn)是瑞士的一條山岳鐵路，也是世界上最陡峭的齒軌鐵路，最大梯度為480‰。其次齒軌鐵路最著名的屬少女峰鐵路，1,000mm軌距，齒軌段落最大坡度250‰。綜合四種齒軌構造差異(如圖194)。有些鐵路使用齒軌與黏著組合驅動，只在陡峭的路段使用齒軌，其餘部分則跟一般鐵路一樣。純粹使用齒軌的機車，動力都在齒軌輪上，其它車輪都不帶動力。



圖194.由左至右為Riggerbach、Strub、Abt、Locher齒軌(source:wikipedia)

4、電力與車輛結構

少女峰鐵路線電車上面有兩組集電弓(two pantographs)(圖195)，兩條平行電車線(twin overhead wires)，第3相是接地的，也就是所謂「架空複線」式(圖196)，在全世界仍保留這種廿世紀初的原始電氣化鐵路，三相交流電，實在已經不多了。這種鐵路電車線，會傷及無辜飛鳥，只能架設在海拔極高處飛鳥很少的地方，在瑞士只有用在JB與GGB，兩條超過海拔3,000公尺的鐵路。



圖195.少女峰鐵路線集電弓



圖196.少女峰鐵路電車線

少女峰鐵路線供應電力系統採用 3Φ 50Hz 1,125Volt，山頂輸配電線路(圖178&179)。電車除需搭配1,000mm軌距、齒軌採特殊軌輪以應付250‰坡度，動力需搭配供電系統採用 3Φ 50Hz 1,125Volt動力車組，車輛結構(圖197~200)。



圖197.少女峰鐵路線電力輸電1



圖198.少女峰鐵路線電力輸電2

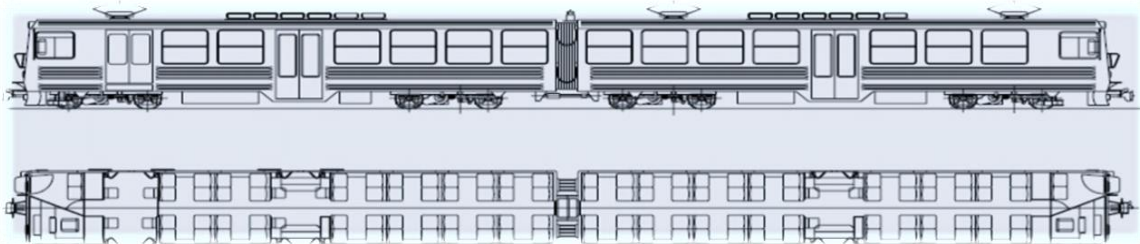


圖199.少女峰鐵路車輛結構1

Start service	2002
Route operated	Kleine Scheidegg - Jungfraujoch
Gauge	1.000 mm
Length over buffers	31.350 mm
Vehicle width	2.633 mm
Vehicle height	3.350 mm
Floor height	950 mm
Door width	1.100 mm
Seating capacity 2nd Cl.	118
Standing capacity (6 Pers./m ²)	82

圖200.少女峰鐵路車輛結構2

STADLER <small>We Track Clever Solutions</small>	
Tare weight	45 t
Max. Steigung	250 ‰
Zahnstangensystem	Strub
Speisespannung	1.125 V / 50 Hz
Max. speed Berg / Tal	27 / 14 km/h
Max. power at wheel rim	804 kW
Anfahrzugkraft	220 kN
Dauerzugkraft	178 kN

圖201.少女峰鐵路車輛結構3

(四) 路線資料

經整理少女峰鐵路全線(按下層、中層、下層)相關路線資料(表1)。上少女峰，因3段鐵路建造期程不一，出自不同開發公司，採用的技術也不盡相同，且又分由3家鐵路公司經營(BOB、WAB和JB)，各自發展出不同的特色，全線走一回發現包括軌道、轉轍器、車輛、內裝、景觀等皆有所差異。雖然旅途中需換乘3次車，但對旅客來說，並不覺麻煩，反而是體驗與樂趣。

表1.少女峰鐵路路線資料

	下層鐵路(23.69km) Built in 1890	中層鐵路 (19.11km) Completed in 1893	上層鐵路(9.3km) Completed in 1912
<i>Operators</i>	BOB(Berner Oberland-Bahnen)	WAB (Wengernalpbahn)	JB(Jungfraubahn)
<i>Operational area</i>	Interlaken~ Grindelwald	Grindelwald~Kleine Scheidegg	KleineScheidegg ~Jungfraujoch
<i>Gauge</i>	1,000 mm	800 mm	1,000 mm
<i>Rack rail type</i>	Riggenbach	Strub	Strub
<i>Operational Speed</i>	100km/h	12.5 ~25 km/h	12.5 ~25 km/h
<i>Steepest gradient</i>	120‰	250‰	250‰
<i>Smallest curve radius</i>		100 m	100 m
<i>Power system</i>	DC1050Volt	3Φ50Hz 1500Volt	3Φ50Hz 1125Volt

BOB在少女峰下層鐵路線茵特拉根車站至格林瓦德採用Riggenbach齒軌與WAB公司在少女峰中層鐵路線格林瓦德至小史迪基採用Strub齒軌，格林瓦德

(Grindelwald)是兩段路線的交接站，所以看得到兩種齒軌在此分合(圖202&203)。而少女峰的轉轍器(圖00&00)採用很早期的錘柄式轉轍器(圖204&205)。



圖202.格林瓦德的Rigenbach齒軌



圖203.格林瓦德的Strub齒軌



圖204.少女峰鐵路轉轍器1



圖205.少女峰鐵路轉轍器2

(五) 時刻表與運轉管理

1、時刻表(Timetable)

少女峰鐵路時刻表分去程(Journey to, 往少女峰方向)與回程(Journey back, 回茵特拉根方向)兩大部分, 各再細分早(Mornings)、中(At midday)、晚(Evenings)三個時段。以茵特拉根東站(Interlaken Ost)經格林瓦德站(Grindelwald)往少女峰站(Jungfrauoch)、去程、午間時段的時刻表為例(表2)。在午間時段, 自茵特拉根東站(Interlaken Ost)開往格林瓦德站(Grindelwald)的BOB列車, 計12班次。同時由時刻表顯示, 格林瓦德站(Grindelwald)每隔30分鐘開一個班次往少女峰方向, 該時段計13班次; 其中除4班次開到格林瓦德-格朗德站(Grindelwald Grund)外, 其餘9班次在格林瓦德站(Grindelwald)轉乘WAB列車開到小史迪基站(Kl.Scheidegg), 再由小史迪基站(Kl.Scheidegg)轉乘JB列車開到少女峰有5班次。

表2.少女峰鐵路時刻表(去程、午間)

Interlaken Ost		13:05		14:05	14:35	15:05	15:35	16:05	16:35	17:05	17:35	18:05	18:35	19:05
Wilderswil		13:10		14:10	14:40	15:10	15:40	16:10	16:40	17:10	17:40	18:10	18:40	19:10
Zweilütschinen		13:16		14:16	14:46	15:16	15:46	16:16	16:46	17:16	17:46	18:16	18:46	19:16
Zweilütschinen		13:17		14:17	14:47	15:17	15:47	16:17	16:47	17:17	17:47	18:17	18:47	19:17
Lütschental		13:23		14:23	14:53	15:23	15:53	16:23	16:53	17:23	17:53	18:23	18:53	19:23
Burglauenen		13:28		14:28	14:58	15:28	15:58	16:28	16:58	17:28	17:58	18:28	18:58	19:28
Schwendi		13:31		14:31	15:01	15:31	16:01	16:31	17:01	17:31	18:01	18:31	19:01	19:31
Grindelwald		13:39		14:39	15:09	15:39	16:09	16:39	17:09	17:39	18:09	18:39	19:09	19:39
Grindelwald	13:17	13:47	14:17	14:47	15:17	15:47	16:17	16:47	17:17	17:47	18:17	18:47	19:17	
Grindelwald Grund	13:25	13:55	14:25	14:55	15:25	15:55	16:25	16:55	17:25	17:55	18:22	18:52	19:22	
Brandegg	13:33	14:03	14:33	15:03	15:33	16:03	16:33	17:03		18:03				
Alpiglen	13:38	14:08	14:38	15:08	15:38	16:08	16:38	17:08		18:08				
Kleine Scheidegg	13:50	14:20	14:50	15:20	15:50	16:20	16:50	17:20		18:20				
Kleine Scheidegg	14:00	14:30	15:00	15:30		16:30								
Eigergletscher	14:10	14:40	15:10	15:40		16:40								
Eigergletscher	14:10	14:40	15:10	15:40		16:40								
Jungfrauoch	14:52	15:22	15:52	16:22		17:16								

同在午間時段(At midday)，對向回程(Journey back)由少女峰站(Jungfrauoch)開到小史迪基站(Kl.Scheidegg)則有13班次，再由小史迪基站轉乘WAB列車到格林瓦德站(Grindelwald)亦有13班次、由格林瓦德站轉乘BOB列車往茵特拉根車站(Interlaken Ost)有12班次。經統計少女峰鐵路全日列車班次統計(表3)，茵特拉根車站(Interlaken Ost)去程30班次/日、回程31班次/日；格林瓦德站(Grindelwald)去程31班次/日、回程32班次/日；小史迪基站(Kl.Scheidegg)去程21班次/日、回程21班次/日；少女峰站(Jungfrauoch)去程17班次/日、回程17班次/日。

表3.少女峰鐵路全日列車班次統計

number of trains stations	↓ Journey to / ↑ Journey back			
	Mornings	Midday	Evenings	sum
Interlaken Ost	↓ 13 / ↑ 13	↓ 12 / ↑ 12	↓ 5 / ↑ 6	↓ 30 / ↑ 31
Grindelwald	↓ 13 / ↑ 13	↓ 13 / ↑ 13	↓ 5 / ↑ 6	↓ 31 / ↑ 32
Kleine Scheidegg	↓ 12 / ↑ 6	↓ 9 / ↑ 13	/ ↑ 2	↓ 21 / ↑ 21
Jungfrauoch	↓ 12 / ↑ 2	↓ 5 / ↑ 13	/ ↑ 2	↓ 17 / ↑ 17

2、運轉管理

據了解，瑞士少女峰鐵路線的行車制度是採用隔時法(Time Interval)，將時刻表運轉方式(Timetable operations)與行車命令(Train orders)運轉方式併用。常態時以固定時刻表運轉，非常態時再以行車命令運轉。兩種運轉方式分述如后：

(1) 時刻表運轉(Timetable operations)

時刻表運轉方式，是根據計劃的時刻表來辦理行車運轉，運作方式最為簡單。其作法是制定一個固定的列車時刻表，指定交會地點並公佈。這時刻表，是每一位列車乘務員與站務員必須熟悉並嚴格遵守按表操作。而同一期間已被“佔用”的區段，沒有其它列車會被允許使用相同的區段。當列車運行在相反方向指定的單軌鐵路交會站(passing loop)或交會點(meeting points)，按照計劃，每列車必須等待其它列車通過交會點(如圖206&208)。

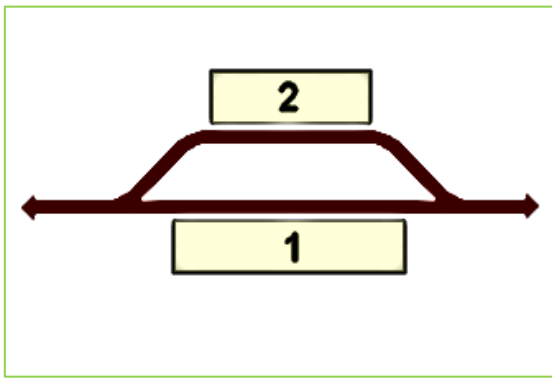


圖206.鐵路交會站-main & loop

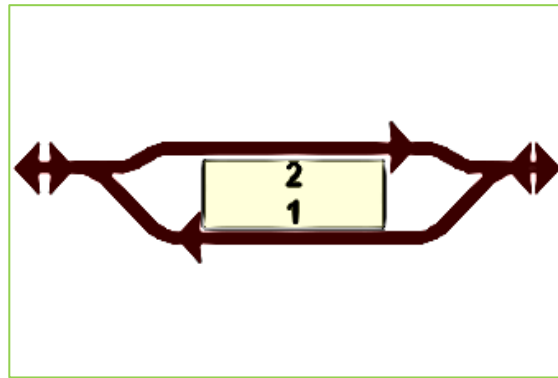


圖207.鐵路交會站-up & down working

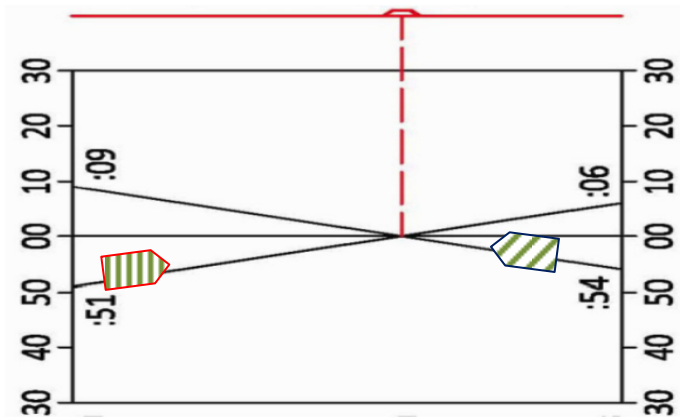


圖208.列車交會計劃(source:EURO- ZEL 2012)

(2) 行車命令(train order)

時刻表運轉方式雖然必須按表操作，但有兩個例外情況會被破例介入，一

是列車故障或惡劣天氣致列車無法運轉在預定的時間，另一是特殊情況超出固定的時刻表允許的狀況，授權乘務員運行一個額外的列車(不在計劃時刻表所列)，此時即須採用行車命令運轉方式。

一個行車命令的傳達，授權列車乘務員可以不依計劃的時刻表進行運轉。所以行車命令可用於增開加班列車、取消表訂列車或改變原定的時間，但必須安排及指定反方向列車與列車之間的交會點，以保持同方向的列車與列車之間至少有一個區間的間隔。也就是說，如果每班列車均按表訂的時刻表運轉，沒有發生不尋常狀況，則行車命令是不必要的，但為了應付臨時狀況發生，乘務員得以靈活應對當時情況，以維持平穩運轉，所以行車命令還是必備的。

2011年9月13日下午考察成員搭乘15時17分由格林瓦德站(Grindelwald)出發的WAB列車往少女峰方向，第一站是格林瓦德-格朗德站(Grindelwald Grund)，第二站是布蘭德基(Brandegg)(圖209)，適時上山的列車與下山的列車被安排在本站交會。經拍攝到一名WAB鐵路公司的站務員手持應該是時刻表或運轉手冊之類的，在操作轉轍器後並執行列車監視的畫面(圖210)。



圖209.列車交會站(Brandegg)



圖210.站務員攜帶時刻表、行列車監視

(六) 營運現況

少女峰鐵路控股公司(JB-Jungfrauahn Holding)持股多間附屬公司，包括最重要的是少女峰(Jungfrau)和溫格納普(Wengernalp)鐵路，營運800mm和1,000mm軌距的鐵路。公司主要業務是艾格峰、門希峰和少女峰(Eiger Mönch & Jungfrau)地區鐵路旅遊和冬季體育設施的運作，營銷“Jungfrauoch-Top of EuroPE”的經驗，在海拔3,454公尺的少女峰之旅。控股公司成立於1994年。總股分為5,835,000，

股本CHF875萬，分為記名股份CHF1.5，註冊在蘇黎世的瑞士證券交易所，有約12,000股東。

3、JB Holding 成員組成：

- (1) JB-Jungfraubahn。
- (2) WAB-Wengernalpbahn。
- (3) BLM-Bergbahn Lauterbrunnen-Mürren。

JB Holding 公司2012年10~12月股票漲跌曲線(圖211)。

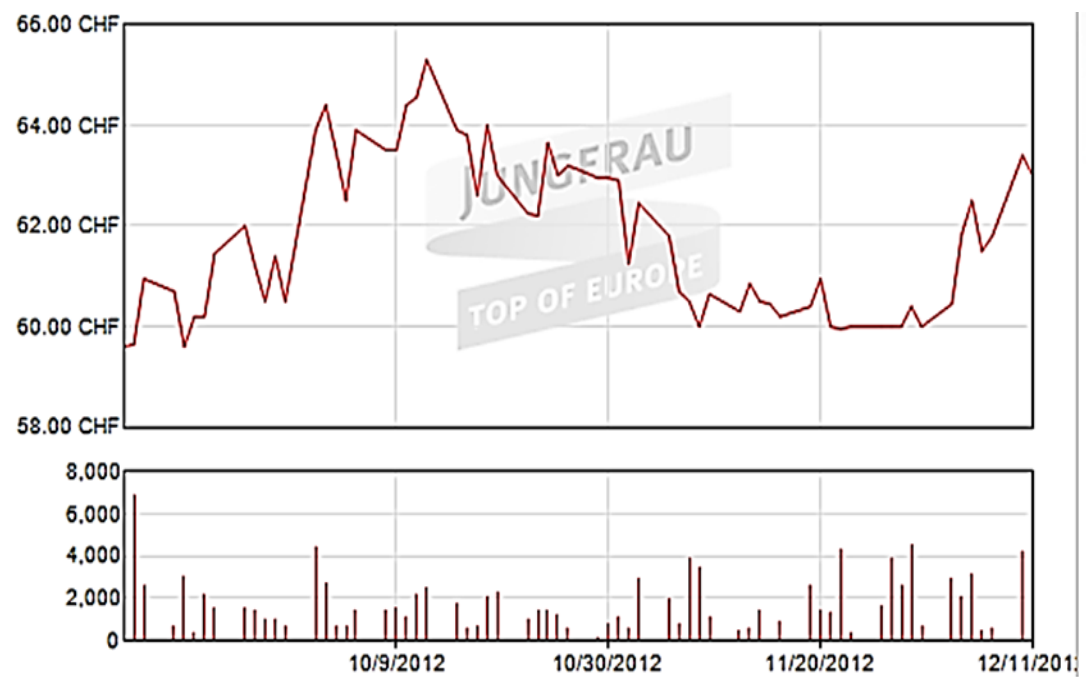


圖211.JB股票漲跌曲線(source: JB Holding)

4、JB 基本資料：

- (1) 營運區間：Kleine Scheidegg~ Jungfraujoch。
- (2) 鐵路完成：1912年。
- (3) 營運里程：9.34 km。
- (4) 軌距：Gauge 1000mm
- (5) 最大坡度(Maximum gradient)：250‰。
- (6) 牽引供電系統：1125 V rotary current。
- (7) 經營項目：
 - a. 3項冬季運動項目。

- b. 45種運輸設施。
- c. 214公里的滑雪道。
- d. 100公里的遠足路徑。
- e. 50公里長的雪橇運動。
- f. 滑雪設施500‰以上的斜坡。
- g. 45,000旅客運輸容量每小時。

5、WAB 基本資料：

- (1) 營運區間：Lauterbrunnen~Kleine Scheidegg；Grindelwald~Kleine Scheidegg。
- (2) 鐵路完成：1893年。
- (3) 營運里程：19.11 km。
- (4) 軌距：800mm。
- (5) 最大坡度：250‰。
- (6) 牽引供電系統：1500 V three-phase current。

6、BLM 基本資料：

- (1) 空中纜車(Aerial cableway)：建於2006年。
- (2) 空中纜車輸送容量：100人 / 6噸貨運量
- (3) 空中纜車營運區間：Lauterbrunnen-Grütschalp。
- (4) 鐵路軌距：1,000mm，窄軌鐵路(Narrow-gauge railway)建於1891年。
- (5) 鐵路營運里程：4.27 km
- (6) 鐵路營運區間：Lauterbrunnen-Mürren；交會點Winteregg。
- (7) 最大坡度：50‰。
- (8) 牽引供電系統：560 V three-phase current。
- (9) 旅客成長：在2010年672,000乘客到Jungfraubahn旅行，較2009年增加3.2%。
在BLM部分增加了0.9%，Wengernalpbahn增加了1.8%。