

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別： 考 察)

德國柏林軌道運輸專業展及瑞士參訪

服務機關：中山科學研究院

出國人職稱：簡聘技正、技正、技士

姓名：張欽宗、鍾崇海、周亞屏

出國地區：德國柏林、瑞士蘇黎世

出國期間：9/10-9/19(89年)

報告日期：12/12(89年)

H4 / 008906900

分類號/目

關鍵詞：

輕軌電車、軌道工業、轉向架、儀控系統

內容摘要：(二百至三百字)

中山科學研究院第二研究所接受經濟部技術處委託，執行「機械業關鍵系統研發」軍民通用科技專案，其中一項子計畫為「軌道車輛系統整合」，主要研究產品為我國第一輛自製輕軌電車。目前進度為原型車設計階段（89年度）預計90年度可以製造完成，91年度進行各種測試及驗證工作。為了降低在設計階段的風險，選派工程師赴德國，參加二千年德國大眾交通運輸專業展（Innotrans-International Trade Fair for Transport Technology）、及赴瑞士PROSE軌道工程顧問公司，與國外專家共同研討儀電設備、轉向架等領域最新發展動態，藉以瞭解最新設備、技術、市場狀況，並蒐集、觀摩相關資訊，作為八九年度輕軌車設計參考及九十年輕軌車製造之關鍵另組件商源開拓。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：德國柏林軌道運輸專業展及瑞士參訪

頁數 107 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

張欽宗、鍾崇海、周亞屏 / 中科院二所 / 技正、技正、技士
(03)4712201-356536、356693、356539

出國類別： 1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：

89.9.10-89.9.19

出國地區：

德國柏林

瑞士蘇黎士

報告日期：

89.12.12

壹、出國目的與緣由

二所工程發展組於 89 年度參與經濟部科技研究發展專案計畫機械業關鍵系統技研究發展第二期三年計畫，執行"輕軌電車研製"，由本院主導，結合國內多家鋼鐵、機械、電機、航空等相關之零組件製造廠，共同完成先期輕軌展示車全車系統，包括鋁合金車體、儀電、控制、推進系統及轉向架系統之設計及製作。

軌道車輛涵蓋之技術非常廣泛，在本次輕軌展示車研製計畫之前，國內軌道車輛技術只限於對商業運轉之客、貨車及工程車修護及保養，尚未有任何機構或學術單位從事整體系統方面之研究，國內可運用於軌道車輛工業的產業技術也未能整合並充分之運用。

此次前往德國柏林參觀 Innotrans 2000 軌道車輛運輸交通技術商展，主要是希望實際參與系統規劃、儀電控制及轉向架機械設計之系統負責人，能藉此機會參觀柏林展示場展出之現今商業運轉中的輕軌電車、長途列車與先進高速列車以及未來概念車，並與系統與零組件製造廠工程人員直接討論研製輕軌電車零件選用上之關鍵技術與細部問題。

另外實地乘坐歐洲大城市中非常普遍且技術極為成熟之輕軌電車，亦為本次參訪重要主題，可瞭解輕軌電車之運轉標準並感受舒適度要求，作為下階段原型車設計參考。

位於瑞士 Flurlingen 距離蘇黎世市中心約 40 公里的 PROSE 公司，為專業的軌道車輛工程顧問公司，對各式軌道車輛、信號與行車控制和靜態、動態輪重量測具有專業技術。本計畫自執行以來已多次聘請該公司前來指導，對輕軌車研發階段設計觀念之建立與方向之掌握裨益良多，本次利用參觀柏林軌道車輛展的機會順道前往該公司，就設計上的問題與相關專業工程師討論，同時也討論下年度技術引進的初步構想。

本次公差任務分配詳表一，而主要目標可歸納為下列二項：

一、參觀與研討

1. 瞭解世界各國最新研發動態及設備輕量化技術之發展，並學習直流電源保護系統領域之專題知識技術。

2. 觀摩、蒐集世界各國新材料、新技術、新產品及市場趨勢、動態瞭解。
3. 研討轉向架專業儀具、裝備及其測試、分析技術。

二． 資料蒐集

1. 輕軌車低底盤設計技術專業研討會及相關專題資料。
2. 世界各國參展最新輕軌儀電設備、新技術、新產品之相關目錄資料。
3. PROSE 軌道專業顧問公司之參訪、系統設計、測試技術相關資料。

預期可獲得下列效益：藉由專題研討學習、展示參觀、專業參訪等，與國外專家、學者交流資訊，可獲得第一手之輕軌車研發動態、市場狀況及最新設備、技術資料，以奠定相關技術知識，作為爾後科技專案建案之目標方向及執行計畫之有利工具。

表一

中山科學研究院出國人員任務分配表					
單位	職級	職姓	名任	務分	配備
第二研究所 工程發展組	簡聘技正	張欽宗	一、參加2000年德國大眾運輸專業展，觀摩並蒐集輕軌車輛發展現況及技術發展趨勢。 二、參訪瑞士PROSE軌道車輛專業顧問公司，研討先進輕軌車輛系統發展與關鍵技術引進。		領隊
第二研究所 工程發展組	簡聘技正	鍾崇海	一、參加2000年德國大眾運輸專業展，觀摩並蒐集輕軌車輛儀電設備市場現況及技術發展趨勢。 二、參訪瑞士PROSE軌道車輛專業顧問公司，研討儀電控制邏輯。		
第二研究所 工程發展組	簡聘技正	周亞屏	一、參加2000年德國大眾運輸專業展，觀摩並蒐集輕軌車輛轉向架發展現況及技術發展趨勢。 二、參訪瑞士PROSE軌道車輛專業顧問公司，研討轉向架系統評估及測試技術。		
					考

貳：公差心得

本次公差係三人依照行前賦與任務分頭進行技術研討及資訊收集工作，因此公差心得依輕軌系統轉向架總成及儀電總成三部份說明如下。

一、輕軌運輸系統(light Rail Transit)

1.1 輕軌市場概要

輕軌電車(Light Rail Vehicle)發展至今已有 120 年歷史，從早期的馬拉輕軌車 (New York, 1832)，到第一輛電力輕軌車(德國，1881)的問世，輕軌工業幾乎都是以歐洲大陸為發展重心。尤其在 1950 年代起由德國領銜大幅改良早期輕軌系統，使歐洲各大都市都利用輕軌電車組成便捷的大眾運輸網路。

系統廠	訂單	佔有率
Siemens	2491	55.6%
Bombardier	570	12.7%
Adtranz	395	8.8%
Japan	274	6.1%
Alstom	165	3.7%
Others	586	13.1%

表二、世界知名輕軌電車系統廠商市場佔有率

以市場而言，由 1998 年的調查顯示，近 15 年來約有 4500 輛輕軌電車出廠，其中近 45%為德國的訂單，可見德國對軌道運輸的鍾愛。從系統廠商的角度來看，目前前五大系統廠佔有率達 87%，尤其德國知名大廠西門子(Siemens)獨佔鰲頭，擁有 55.6%的市場佔有率，其次為加拿大航太大廠 Bombardier(12.7%)；德國廠 Adtranz(8.8%，曾供應我國台鐵自強號，已於去年被 Bombardier 併購)。日本並無世界級大廠，但集全





日本輕軌業績可排名第四(6.1%)。法國最大輕軌車製造商為 Alstom，承襲法國人浪漫的個性，所設計的車子造型前衛，但市場佔有率只有 3.7%。捷克也有輕軌工業，冷戰時期東歐共產國家的輕軌車幾乎都由捷克出口，其產品特色就是造型平實、堅固耐用。義大利的 Fiat 也是知名輕軌電車系統供應商，但無法與德、法等國抗衡。

由於近年輕軌電車市場競爭激烈，系統廠商已逐漸形成大者恆大的趨勢，如果新產品沒有特色，很可能因獲利不佳面臨被併購的命運。歸納最近幾年輕軌電車系統廠商獲利不佳的原因如下：

1. 輕軌電車服役壽命極長，以歐洲為，例皆為 30 年以上。
2. 系統廠商競爭激烈，經常低價搶標。
3. 新技術引進致使成本增加。
4. 迎合客製化(Customization)要求，無法產生規模經濟。
5. 社會福利國家的預算排擠效應。
6. 市場漸趨成熟與飽和，必需依賴新市場的刺激。

其中第 6 項既是威脅也是機會，被認為是輕軌電車工業的續命仙丹。歐洲大廠紛紛向美國及亞洲推廣，尤其是台灣及中國大陸。台灣地少人稠，都會區之大眾運輸系統已經無法滿足居民需求，再加上環保意識抬頭，理論與實務上都很適合發展輕軌運輸系統。但是值得我們深思的問題是：既然輕軌工業目前是買方市場而且台灣是個尚未開發的處女地，何不利用這個機會建立本土化的輕軌工業？這也是中山科學研究院第二研究所承接「輕軌電車」科專案的主要訴求。

除了大型系統廠商外，還有一些專業設計顧問公司及組件系統廠商等，這些公司多半為系統廠商的合作夥伴，例如 SAB WABCO 公司提供高品質的傳動系統給各大車廠。表三為輕軌電車在軌道車輛中的定位及營運特性。

主要城市 Intercity	Main line ICE, DEMU	
衛星城市 Suburban	Commuter EMU, DEMU	
都會穿梭 Urban	Metro LRRT	
聯網服務 Urban	LRT	

表三、輕軌電車在軌道車輛中的定位及營運特性

1. 2 輕軌電車本體

輕軌電車與高鐵或一般鐵路甚至捷運系統有很大的區隔，由於可在一般街道上行駛的特性，輕軌電車大多為三節車以關節連結器串聯，長度以 28m 為標準尺寸，重量約 35 公噸，轉彎半徑 25m，載客量 200 人左右。最大速度可達 70km/hr 以上，但平均營運速度約為 30km/hr。分散式動力輸出，加速度可達 1.3m/sec^2 。以上為先進輕軌電車之常見規格。一般而言，歐洲各大系統廠商近幾年都推出了夢幻車種以搶攻新訂單，這些新設計的高級車無論車體外型、儀電或內裝，都令人有耳目一新的感覺。

系統廠商	新車種	特 色
Siemens	Combino	模組化車身，100%低底盤
Adtranz	Incentro, cobra	FRP 車身，曾在新竹市展示
Alstom	Citadis 300	造型突出，極具文化特色
Bombardier	Cityrunner	七節蜈蚣式車身，100%低盤
Fiat	Cityway	外型洗鍊

表四、各大車廠最新之主力車系

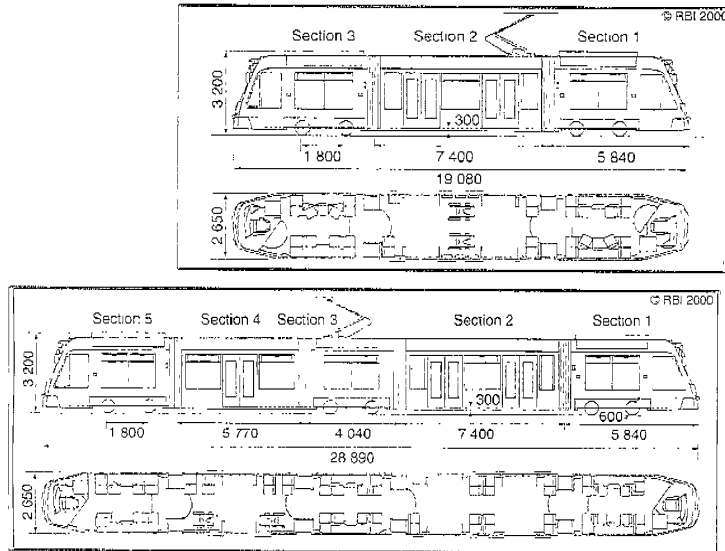
現代輕軌電車的發展從 1950 年以來不曾間斷過，近期的進化脈絡可歸納為下列七個方向。

1. **輕量化** - 車身以大型鋁擠型(Double Skin Large Extrusion)甚至 FRP 製造。大型鋁擠型車身比傳統車身輕 35%，工時縮短 40%，但需要鋁擠型另件及結合設計經驗。8000 噸壓機及特殊模具更是不小的投資。歐洲地區以瑞士商 Aluswiss 為佼佼者。
2. **安靜化** - 新隔音材、低噪音機件及彈性鋼輪(Rubber-cushioned steel wheel)的使用，以滿足日漸嚴格的車內、外噪音規格(70db 以下)
3. **親和化** - 輕軌電車為一度空間(One dimensional)的交通工具(沿固定軌道行駛)，與汽車或巴士等二度空間(Two dimensional)交通工具相較是更安全，更不具威脅性的，因此很適合在一般道路行駛，此亦稱之為 C 型路權。國外甚至有輕軌徒步區(Transit Mall)的規劃，讓輕軌車與行人共享路權，可見親和性在輕軌運用的重要性。從內裝設計的角度來看；輕軌車要能讓乘客感到方便。因為城市人口年齡層老化已經是事實而且越來越嚴重，如何讓老年人或推著嬰兒車的主婦方便上下車，是車身設計要考量的。由於輕軌車每 200-800 公尺可設招呼站，但是市區不可能設置月台，因此 100%低底盤(約 30-35 公分)的車體已經是現代輕軌的標準規格



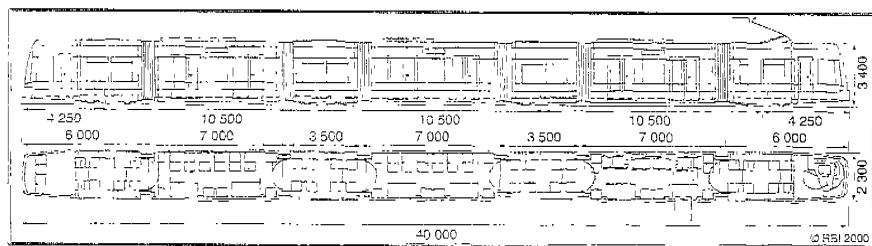
圖一、 Transit Mall

4. **彈性化** - 為了降低設計及開發成本，車體設計皆以模組化的概念，依運量需求做長短列車的組合。如果乘客多，則組合成 5~7 節車箱；反之，則以 2-3 節短列車因應。



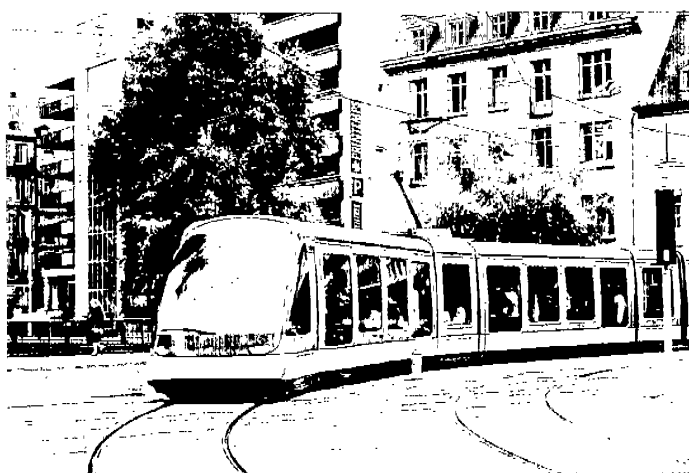
圖二、彈性化車身組合

5. **靈活化** - 輕軌電車最大的挑戰之一就是如何在現有擁擠、狹窄的道路上穿梭。例如瑞士蘇黎世的古老街道轉彎半徑只有 12.5 公尺，一般的軌道車是 200 公尺以上，近期的輕軌車利用關節聯結 (Articulation) 將短車廂串聯成蜈蚣狀，可大幅提升輕軌車在古老街道穿梭的靈活度。

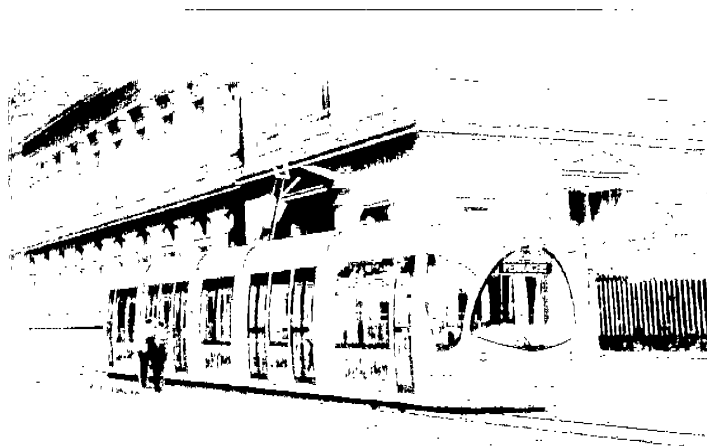


圖三、Articulation 成就了蜈蚣車型

6. 客製化 - 在軌道車輛中最能依照城市特性而賦與造型以展示獨特都會風貌的就只有輕軌電車了。高速鐵路多穿梭在無人曠野，氣動力外型限制了空間設計的自由度。通勤列車(EMU)因隨時加掛車廂，必需限制為長方型。捷運系統為 A 型路權(高架或地下化)，根本沒有造型效益。只有輕軌是在人群中穿梭，在建物間遊動，因此可以賦與都會文化，形成新的地標，進而增加都會生活的附加價值。以法國 Strasbourg 及 Lyon 為例，兩款最新的輕軌電車，讓都會的品質與文化氣息立刻浮現



圖四、Strasbourg 新輕軌電車



圖五、Lyon 新輕軌電車

7. **標準化** —標準化是各大車廠為了增加規模經濟，降低再開發成本而妥協的結果。主要是將重要系統標準化，例如傳動系統、剎車系統或儀控系統等。

1.3 軌道系統(Rail)

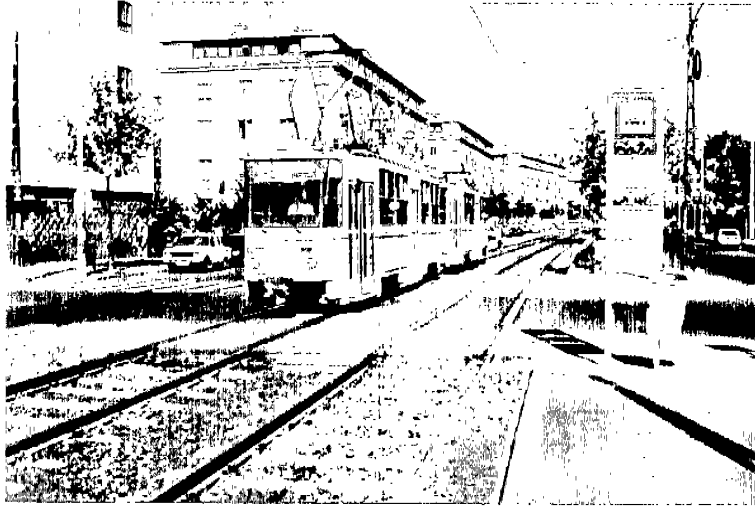
目前軌道運輸之軌距相當紛亂，從 1500mm 以上到 900mm 都有，尤其是歐洲，早在一次世界大戰之前，許多國家為了怕惡鄰利用火車長驅直入，紛紛採用不同軌距。但這種狀況日漸改善，目前歐美多為 1435mm 標準規（包括我國高鐵及捷運系統），而日本系統則為 1067mm 窄軌（包括台鐵及中科院自行研發之輕軌電車）。早期輕軌車的重量較一般鐵道車輛為輕，專用路權所使用的軌條為 37kg/m 級，但現在大都單純化，改用鐵路系統使用的 50kg/m 級。在共用路權部份，使用 60kg/m 級的槽型軌(Grooved Rail)。

1.4 路權(Right-of-way)

輕軌車可以行駛於專用鐵道，亦稱之為輕軌捷運，也可能與行人共用路權，這是其彈性的優點，歐洲國家將路權區分成三類：

- A 型路權:完全獨佔式專用路權，高架或地下化
- B 型路權:不完全獨佔式專用路權，平面隔離道路設穿越路口
- C 型路權:完全開放式共用路權，平面街道

本次公差參訪之柏林及蘇黎世幾乎全部都屬於 C 型路權，少部份是 B 型路權，A 型路權幾乎沒有。



圖六、B型路權



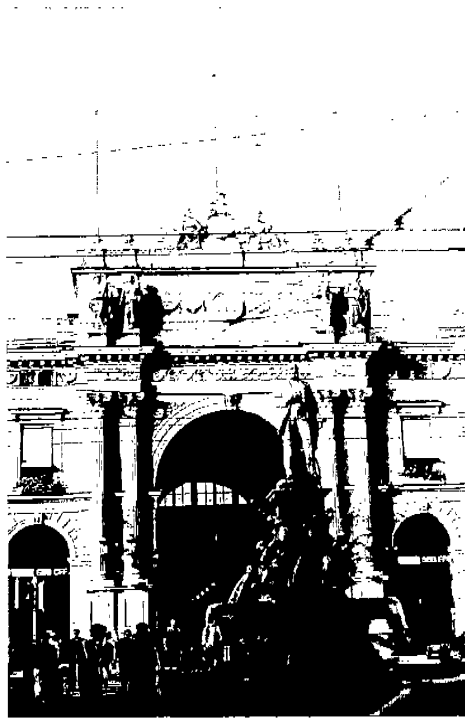
圖七、C型路權

1.5 供電系統(Power Supply)

輕軌車大部份是以集電弓從架空線引電，極少數是以類似台北捷運之第三軌引電。最主要的原因是 B.C 型路權之第三軌容易漏電，嚴重者會造成行人傷亡。架空線之電源為 750VDC 直流電，少部份為 600VDC，也

有採用低頻交流電者。

歐洲大都會的民生用電輸電線路都已地下化，唯獨電車或電巴士 (Trolley bus) 的電線在約 5 公尺的半空中四處延伸。有人認為這些架空線甚至電桿破壞市容景觀，但大多數人是不以為意的。其實只要透過悉心的規劃與設計，架空線與電桿是可以美化，甚至與景觀相容的。



圖八、瑞士蘇黎世中央車站前的架空線

1.6 輕軌車站(Stations and Stops)

一般而言，輕軌車沒有正式車站，只有類似我國公車候車亭或招呼站牌，因此其車站形式是不拘的。有些會利用人行道設置，更簡單的連人行道的高度都省了，直接設在路邊。兩站間的距離依環境而有很大的彈性，從都會區的 200 公尺到郊區的 1000 公尺都有。在蘇黎世，常可看到輕軌招呼站緊鄰露天咖啡廣場，這就是無污染的電車的好處。



圖九、人行道上設置候車亭



圖十、招呼站旁的露天咖啡廣場

1.7 票證系統(Ticketing)

一般而言大眾運輸工具的售票方式可分為三種：

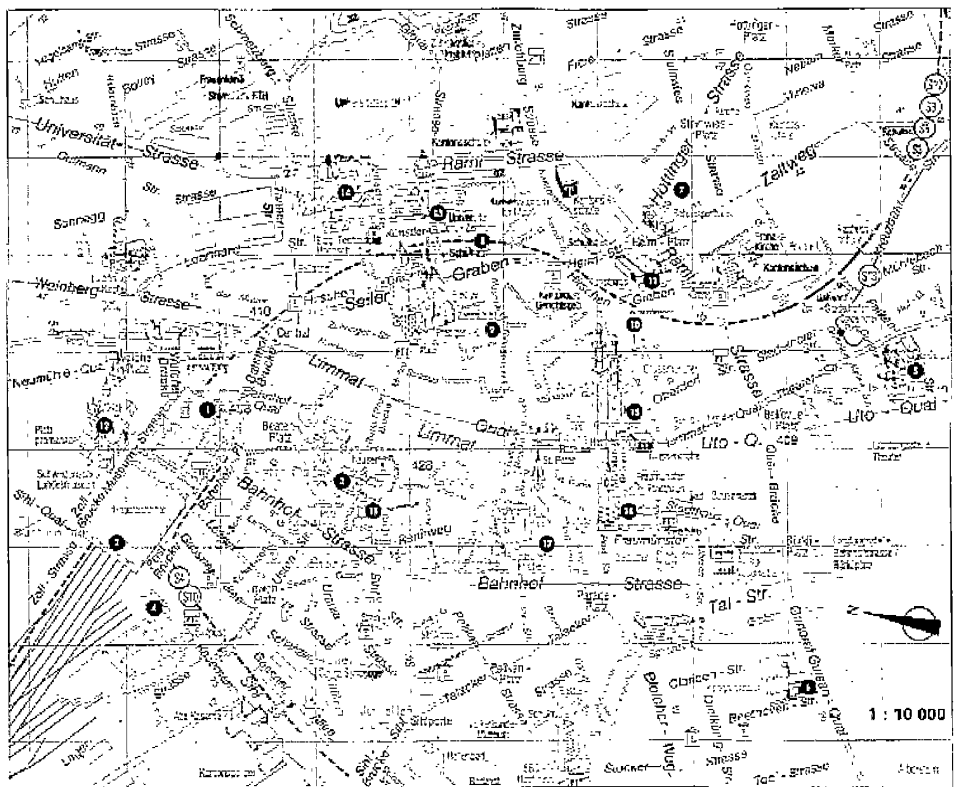
1. 上車購票 - 類似我國公車系統

2. 購票進站 - 類似我國捷運系統

3. 購票證明(Proof of Payment ,POP) - 類似榮譽制度，乘客自行購票上車，沒有人收票也幾乎沒有人查票。也有些地區設有查票員，對於無票乘車者，處以高額罰款。

歐洲地區大多採用 POP 制度以降低人事成本，減少司機負擔。為了增加便捷性，都會區內的所有大眾運輸系統包括輕軌電車、捷運、地下鐵、電巴士、甚至柴油巴士都應該一票到底、全體適用。柏林及蘇黎世就是採用這種一票到底的購票方式，而費率是依含蓋的區域大小而分段定價。例如蘇黎世 24 小時輕軌票證為 7.2 瑞士法郎，折合台幣約 130 元。

考量未來我國輕軌收費的合理性、公平性及可行性，上車購票較購票證明有更高的可行性。日本 Hiroshima 就是採用前者，為此，德國西門子公司特地開發了世界第一輛右置駕駛的輕軌電車(Combino)，駕駛兼售票員，一般為中置駕駛。



圖十一、瑞士蘇黎世市中心輕軌路線圖

GÜLTIG BIS 18.09.00 UM 10:50 UHR
ZÜRCHER VERKEHRSVERBUND

TAGESKARTE
Zürich Escher-Wess-Platz
STADTNETZ ZÜRICH
ZONE 10

S.KL.
R 02361 17091043 002034 Fr. 7.20
00799 INKL. 7.5% MWST/253049

圖十二、瑞士蘇黎世輕軌 24 小時票證



圖十三、西門子為日本開發的世界第一輛右置駕駛輕軌電車

1.7 營運管理(Management)

由歐洲的經驗可知都會地區的大眾運輸系統(Metro/LRT/BUS)必須整合聯營。一但政府決定推廣輕軌系統，必須有配套措施鼓勵民眾多加利用。

在安全管理方面，應詳細規劃交通動線，以避免動線衝突帶來的事務。有些都市在路面塗上不同的顏色來導引交通動線是很成功的範例。



圖十四、德國科隆輕軌系統共用路權之顏色管理

二． 轉向架總成(Bogie)：

轉向架總成為軌道車輛系統中介於車箱與軌道間重要轉接系統，主要功能是承載車箱重量、驅動及引導車輛前進並提供適當之乘坐舒適度，轉向架不僅決定列車運轉性能、行車安全，也關係著乘坐品質。

本次展覽會場除了室外整車展示場外，室內另組件展示分佈在六個展示館，與轉向架有關之零組件集中在一、二、三館，主要展出內容如下：

輪軸 ◎Wheel；Axle；Wheelset；Axle box；

轉向架設計 ◎ Bogie design

懸吊系統 ◎Bumper；Bushing；Rubber-Metal Elements

 ◎Coil spring；leaf spring

 ◎Air spring；

 ◎Damper

氣壓供應系統 ◎Compressor；

- ◎Air dryer ;
- ◎Condensate collector ;
- ◎Micromesh oil filter

- 煞車系統
- ◎Brake control
 - ◎Brake Discs ; Caliper ; Tread brake unit
 - ◎Electromagnetic track brakes
 - ◎Eddy-current brake

動力系統及傳動系統

- ◎ Motor
- ◎ Gear box
- ◎ Coupler

- 撒砂器 ◎ Sanding equipment

經過四天展覽會場的瀏覽與洽詢，蒐集到相當多有關轉向架的零組件產品型錄、詳細特性資料及相關參展廠商商源資料，對未來輕軌原型車及輕軌商用車設計零件之選用有極大幫助。茲將蒐集資料彙整如后：

- ◎ 轉向架零組件商源資料彙整表
- ◎ Adtranz Bogie
- ◎ 室外實車展示場
- ◎ 商業運轉中之各世代輕軌車

三． 儀電系統：

由於數位化時代來臨，現在儀電系統中的設備已經做了大幅度的改進，數位化市趨勢。儀電系統中的設備繁雜，其中最重要的莫過於行車電腦。行車電腦是車輛的神經中樞，任何環節的差錯，都會使車子無法運行順利，行車電腦就像是人的大腦，掌管全車的運作，為使乘坐的旅客安全、舒適、方便，必須使用各種儀電設備、零件達到此目的。

本次展示所包含的種類繁多，依放置於車內位置的不同，車內有駕駛艙內控制面板上的各種裝置，電路配線上所需的各種零件如接頭、電線、電纜、開關、繼電器等等，車外的有電源、變壓器、保護裝置、空調等設備。依使用性質可以分成軟體和硬體兩大類：

1 軟體部分包含

- 牽引馬達控制系統
- 行車電腦系統
- 各種測試系統
- 行車網路系統

2 硬體部分包含

- 電池系統
- 門機系統
- 駕駛艙控制面板
- 主控器
- 旅客資訊系統、
- 集電弓
- 電源保護零件
- 電源供電設備

- 保護管及套筒
- 號誌系統
- 接頭
- 軌道煞車
- 各種儀表
- 電線、電纜

每種產品都涉及專業的領域，在與廠商溝通討論的過程中，大部分德國本地廠商並未準備英文說明，故耗時頗多。談到實務、很難在現場獲得解答，必須另行安排時間討論，由於時間有限，無法一一詳談。就所蒐集各類廠商的型錄、說明資料，製成表格，此一表格對於日後設計輕軌儀電系統時，有關商源掌握、性能比對分析應有極大的助益。

表五、儀電零件、設備廠商

廠商	主要專長	主要產品	特性	位置
BAE Berliner Batteriefabrik		電池	耐震、重量輕	H6. 2b
Behr Industrietechnik	空調	冷氣	耐震、	H6. 2b
Carrier	空調	冷氣	耐震、	H6. 2a
Berghof Elektronik	軟體	行車網路	系統整合	H6. 2b
CAN in Automation	軟體	行車網路	系統整合	H6. 2b
CO. E. P. T. E. SRL.	系統組件	磁軌煞車，開關	系統軟體	H1. 2b
Confecta Verbindungstechnik	配線	配線規劃	符合軌道需求	H3. 2a

DTK	軟體	系統規劃	系統整合	3. 2b 5. 2b
EFEU-Elektronik	軟體	信號系統	系統整合	6. 2b
廠商	主要專長	主要產品	特性	位置
Holland Rail Industry	軌道工業	系統規劃	系統整合	H3. 2a
LACON Electronic	電子組裝	配線	符合軌道需求	H5. 2a
Mitron SRL	整體設計	系統規劃	系統整合	H2. 2b
Phoenix Contact	配線零件	配線零件	符合軌道需求	H3. 2b
PMA	保護管	各是套管	符合軌道需求	H2. 2a
REIKU	保護管	各是套管	符合軌道需求	H3. 2b
Scheidt & Bachmann	系統設計	各種信號	系統整合	H3. 2b
C. Schneiewindt	電子零件	電阻器	符合軌道需求	H3. 2b
SMA Regelsysteme	電子零件	電池	再生電源	H4. 2a
SPII S.P.A	系統設計	駕駛艙	系統整合	H2. 2b
VEAM	電子零件	各種接頭	符合軌道需求	H3. 2b
VEM	電機	馬達	符合軌道需求	H1. 2a

由上表所列僅為部分可以詢問之廠商，像 Siemens、ADtranz、ABB、Bombardier 等系統大廠並未列入，由於目前正在自行研發輕軌車，所遇到的問題就教於大廠時，往往得不到答案，或着敷衍了事。因為它們認為我們不需要自行發展，買他們成熟的系統會比較簡單、易行。

在會場上很難看到儀電系統全車整合系統，單獨銷售，大部份均為部分系統，以我們現在對系統的瞭解，已經超過那個層次。由於系統的這部分是根據各個車使用的地方，環境等因素而設計。所謂”TAILOR MADE”是儀電系統中最昂貴的一部分，找不到是可以預期的。系統大廠有時也會將利潤很差的小案子，外包給有能力的小公司去做，這是我們此次參訪所要尋找的目標，我們也幸運的碰到這樣的公司，由於在現場的人員都是銷售產品為主，而不是真正懂技術的人，我們運用專業知識及溝通技巧，將研發經理請出，挑戰其技術能力，並要求現場證明其設計能力，我們受邀至工廠參觀儀電設備組裝、配線及馬達控制系統整合測試的情形，收穫頗多。

參、效益分析

本次參觀軌道工業雙年展及與瑞士 PROSE 顧問公司洽談，成果豐碩，對本院二所執行輕軌電車系統之設計與製造有相當大的助益，謹說明如下：

- 一. 觀摩國外先進系統，可確認本院開發方向正確。現場與各公司工程人員討論更可釐清從書面資料或二手報導產生的偏差。這對系統規格訂定及細部工程設計是很有幫助的。張欽宗博士回國後更將最新資訊於輕軌電車研討會中簡報。
- 二. 實際搭乘國外輕軌電車及聯營之捷運、高鐵、地鐵、巴士，有助於未來輕軌本土化應用之規劃與設計。由於我國尚無四鐵聯營之經驗，也沒有輕軌營運相關法規可供參考，唯有實地感受輕軌及配套系統，方能體會各項設計參數或規格背後的意涵。
- 三. 深入了解包括高鐵、捷運、通勤電聯車及輕軌等軌道車輛轉向架設計理念。有助於提昇爾後本院新車種開發時車輛性能、安全性及乘坐品質的提昇。
- 四. 儀控系統獲得確認並掌握商源，進而建立合作研發契機。參觀國外最新輕軌車的儀控系統後，我覺得我們自行開發之第一部測試用功能車的儀控系統，是一部拼湊的系統，雖然可用但不討喜，要在市場上競爭仍需努力。瞭解到市場上，儀控設備輕、薄、短、小的趨勢，使乘客有最大舒適的使用空間，人性化上下車的設計，駕駛儀表操控容易，大量使用電腦加強安全保護設計，以減輕駕駛的負擔。尤其是在台灣，交通的複雜程度遠超過國外，此點設計下一部車時會納入重點考量，以突顯本地的特色。
- 五. 輕軌車各重要另組件商源探訪及資料收集，包括集電弓、驅動馬達、磁軌剎車、票證系統及門機系統等。本次公差所收集的書面資料超過 20 公斤重，大多數為首度獲得，對輕軌電車開發是彌足珍貴的。

肆、國外工作日程表

中山科學研究院出國人員工作計畫表										
姓 名 張欽宗、鍾崇海、周亞屏										
日期	星期	行程		國名	差地	城鎮	項目	備考		
		出發	抵達							
八九九十九	二						經阿姆斯特丹轉機返國。			
八九九十八	一	蘇黎世		瑞士	Flurlingen	Flurlingen	參訪 PROSE 公司，研討輕軌車量產車型之相關技術資料及技術移轉事宜，傍晚離境。	宿飛機上		
八九九十七	日			瑞士	Flurlingen	Flurlingen	技術資料綜整。	宿蘇黎世		
八九九十六	六	柏林		德國	柏林	柏林	搭機抵達蘇黎世，考察當地輕軌電車系統及資料收集。	宿蘇黎世		
八九九十五	五			德國	柏林	柏林	至展覽會場蒐集輕軌車轉向架系統最新設計資料、另組件商源及技術研討。	宿柏林		
八九九十四	四			德國	柏林	柏林	至展覽會場蒐集輕軌車儀電最新技術資料、另組件商源及技術研討。	宿柏林		
八九九十三	三			德國	柏林	柏林	至展覽會場蒐集輕軌車大型鋁擠型車身設計、製造資料及技術研討。	宿柏林		
八九九十二	二			德國	柏林	柏林	至展覽會場蒐集輕軌車系統整合及市場發展最新資料及技術研討。	宿柏林		
八九九十一	一		柏林	德國	柏林	柏林	抵達柏林，考察當地輕軌車運輸系統及資料收集。	宿柏林		
八九九十	日	桃園					赴歐洲途中，經由法蘭克福轉機。	宿飛機上		

伍、社交活動

本次公差非官方安排之參訪團，因此沒有正式社交活動，但也由於食宿、交通等皆自行安排接洽，因而能更深入了解德國及瑞士兩國之風土民情。德國法蘭克福機場、柏林機場及柏林火車總站前的計程車幾乎清一色是賓士（BENZ）顯示了德國對交通工具品質的執著，也無怪乎在鐵路運輸的工藝水準，德國亦是大幅的領先。東西德統一已有十年，大部份的柏林圍牆早已拆除，但搭車在大柏林地區觀光時，依然可以分辨何處為早期的西柏林，何為東柏林。一般而言，原西柏林多為新式建築，居民生活水準較高，路邊停靠的車輛以 BENZ 及 BMW 佔大多數，居民的英文程度也較好。原東柏林地區多為古典式建築（大多知名博物館及歷史古蹟幾乎都位在東柏林），居民生活水準及英文的普及率都不若西柏林。令我們感到非常震撼的是德國人對二次世界大戰時遭盟軍幾乎完全摧毀的文化古蹟，十年來一磚一瓦的修復，目前已有許多完成，並對外開放。尚未完成的部份，德國人寧願先封存。這種忠於原味實事求是的民族精神，令人敬佩。

歐洲國家是不主張禁煙的，各處都可以看到男男女女人手一支，吞雲吐霧狀似優閒。也因此，德國街道上到處是煙蒂，却没有紙屑。

瑞士，一個位於阿爾卑斯山麓的小國，風景秀麗、經濟發達，但首善之都蘇黎世給我們的感覺是有些失望。建築物與台北相差不多，乾淨的程度差不多，治安也差不多，聽說高速公路上也遍佈超速偵測雷達。例假日街上熙攘人群幾乎都是觀光客，但奇怪的是蘇黎世法定商店營業時間為 09:00~16:00，週六、日全天及週一上午是不營業的。與柏林相較，蘇黎世的物價的確是高出許多，例如一杯 300CC 鮮奶要價合 70 元台幣。

基本上瑞士人是很和善的，雖然為中立國，但因緊隣德國的關係，一種來自北方的壓力及不安全感，讓瑞士也不得不建立自己的軍隊，採徵兵制與台灣相同。德國在歷經兩次世界大戰的失敗後，大部份人民也都厭倦了因日耳曼沙文主義或民族自尊心可能為社會帶來的災難，因此百姓也都安份守己。不過從近日的報導中，不時可以聽到所謂新納粹主義或光頭黨的興起。我們的觀察是：短時間之內尚不足為西方世界帶來威脅，但它終究是曾吃過德國苦頭的鄰邦之間的夢魘。

瑞士的 70% 為德語區，因此與德國的社交文化相近。德國社交文化重視專業與職位，見面時多半以某某經理或工程師相稱，即使下班後仍然抱著職銜不放，這是與美國文化差異之處。

陸、建議事項

- 一. 大眾運輸系統輕軌電車在歐洲大都市交通網路中扮演非常重要角色，不僅減少小汽車數量，改善地區空氣品質，更因停車位需求量降低，道路上可用空間、綠地增加，市容得以美化。此外，因路線普及對發展地區觀光亦有相當大的幫助。另一方面道路可用率提高，對緊急狀況之處理時效也較能掌握，不會因塞車而耽誤，能源使用效率亦因而提升。本院為我國輕軌運輸系統工程研發首席，除了開發本土化高品質的車種為首要工作外，亦應結合產、官、學、研各界，大力推展應用層面或市場性的工作，讓輕軌工業在台灣生根茁壯。
- 二. 在蘇黎世，市區輕軌電車路線非常多，各個重要道路都有輕軌電車可搭乘，且車型新舊共存、三代同堂，有如參觀輕軌電車博物館；道路上一般城市中常見的公共汽車，在此地除了旅遊巴士外，已很少看到，輕軌電車幾乎完全取代了市區巴士。輕軌電車大部份採共用路權，車速雖然不快，但是因為交通狀況良好，可以很快的將旅客送至目的地，當地居民早已習慣人車共用道路，一切從容不迫，相安無事，這種景象在台北已不可見。理想的生活環境有賴主政者宏遠的眼光與剛毅的決斷。輕軌系統的應用是為後世子孫預約更美好的生活環境，因此，對輕軌工業政策性日子保護與鼓勵是有其必要的。例如，WTO 就將軌道工業列入保護傘下。
- 三. 在營運方面，採用機器售票，車票不分路線只限區域，分短期間票-自開票(打孔)兩小時內不限次使用，一日票 24 小時內不限次使用、多日票等多種乘客可視需要選擇最經濟方式，對觀光客非常方便，只要花約 7 元瑞士法郎即可暢遊各處景點；此外上下車均不需驗票，車上或車站有開票機，乘客自行使用，完全信任每位國民之品德與操守，這種高道德標準的營運方式在國內似乎很難採行。而購票上車會影響行車效率，購票進站在

B、C 路權有其執行上的困難，在未來兩、三年內必定會面臨這些營運上的抉擇。

- 四. 本此參訪柏林、蘇黎世兩城市，對兩地結合輕軌電車系統、地下捷運系統及越區長途列車系統組成的綜合鐵道運輸網路，相當讚賞。它不僅給都市居民帶來日常交通的方便、改善環境品質，更節省了民眾寶貴的時間，對民風一向優閒自在的歐洲民族，此項優點到底是因還是果，值得我們探究。
- 五. 軌道工業有其自成一格的認證體系，掌握法定認證效力，就等於擁有本土市場的控制權。本院由工程開發切入輕軌市場，如果以公法人組織取得台灣地區認證授權，並與歐洲系統相容，則對本院未來多角化經營有實質上的幫助。

附 件

- 一· 轉向架零組件商源資料彙整表
- 二· 德國 ADTranz 公司轉向架
- 三· 張欽宗博士回國後之簡報資料
- 四· 德國柏林 Innotrans 2000 軌道專業展
 室外實車展示場照片集錦
- 五· 商業運轉中之各世代輕軌車
- 六· 儀電系統相關照片集錦

➤ 轉向架零組件商源資料彙整表

轉向架資料彙整表

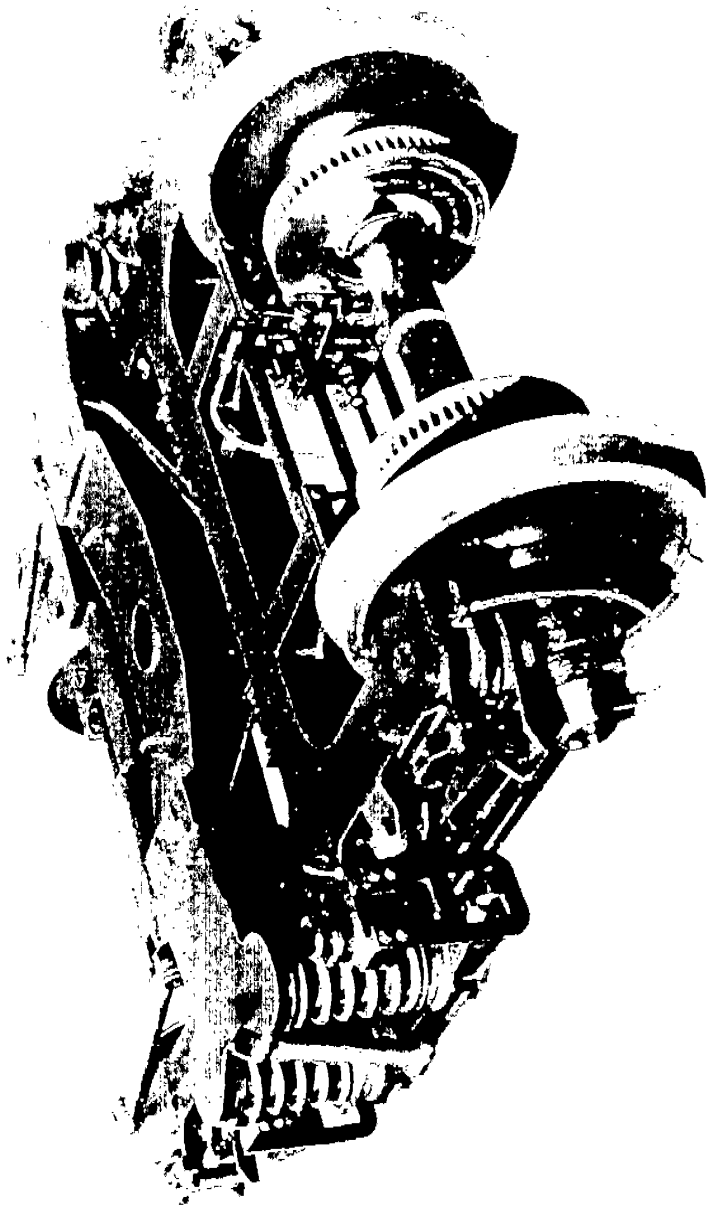
系統及元件供應商	主要專長	主要產品	特性	展出位置	備註
LugCentroKuZ	鍛造	軌道車輛輪軸	符合 AAR M-101 標準	H. 5. 2a p. 415 www. lck. com. ua	AAR 認證
LUHN& PULVERMACHER	彈簧製造	平衡桿 螺旋彈簧 扭力桿	軸徑 80mm 總長 3m 線徑 20~80mm 線長 12m 軸徑 80mm 總長 3m	H. 3. 2b p. 416	
PHOENIX METALLGUMMI	減振系統 彈性元件 聲學工程隔音系統	腳座、襯墊 MEGI 軸箱彈簧 空氣彈簧氣囊	橡膠金屬結合元件 負荷 5~100KN 橡膠硬度 40~60 Shore 彈簧係數可維持常數	H. 3. 2a p. 484 www. phoenix-ag. com	ISO9001
GUMMI-METALL-TECINI K GNT	減振系統	緩衝座 錐形腳座 多層式彈簧	吸收衝擊負荷 吸收衝擊負荷 阻尼元件	H. 2. 2b p. 291 www. gnt-gmbh . de	
SACIJS	阻尼元件製造	液壓緩衝器	活塞速度 0. 01~0. 3m/s 最大阻力 4~25KN		ISO9001
GIMON MSA	減振元件設計製造	各式緩衝器	可調式 多樣標準式	H. 2. 2a p. 434 www. gimon it	ISO9001
GEREP	減振元件設計製造	各式緩衝器	活塞速度 0. 01~0. 3m/s 最大阻力 6~25KN	H. 1. 2a p. www. gerep . com	

系統及元件供應商	主要專長	主要產品	特性	展出位置	備註
GHH Radsatz	輪軸鍛造壓製	輪軸 煞車碟片(軸裝、輪裝) 蹄式煞車 液、氣壓致動器 磁軌煞車組件 齒輪箱組 空氣彈簧組件 空氣彈簧組件 車輪組	低噪音、低振動 高性能煞車碟片用於 300km/h 以上高速列車及 200km/h 以上貨車機關車 表面煞車可能達 25MJ	H. 2b p. 492 www.polibrakes.com	DIN15074 EN29001
POLI	煞車系統設計製造	空氣彈簧 液壓彈簧 錐形彈簧 襯墊	品質可列為軌道車輛 標準設備	H1. 2b p158 www.knorr-brems e.com	
ContiTech	懸吊系統	空氣壓縮、處理設備 電磁軌煞 永久磁鐵軌 線性渦電流軌煞	整體式組件 作為輪軌煞車外之輔 助煞車	H1. 2b p387 www.contitech.d e	DIN EN ISO9001
Knorr	氣壓供應系統 煞車系統設計製造 煞車控制	轉向架 整車設計製造	為軌道車輛製造大廠 技術居世界領導地位	H1. 2b p79 www.adtranz.com	
ADtranz	轉向架設計製造 軌道系統整體技術	煞車盤 磁軌煞車 輪軸組	煞車專業廠	H1. 2a p518 www.sabwabko.com	
SAB WABCO	煞車系統設計製造 煞車控制 輪軸設計製造				

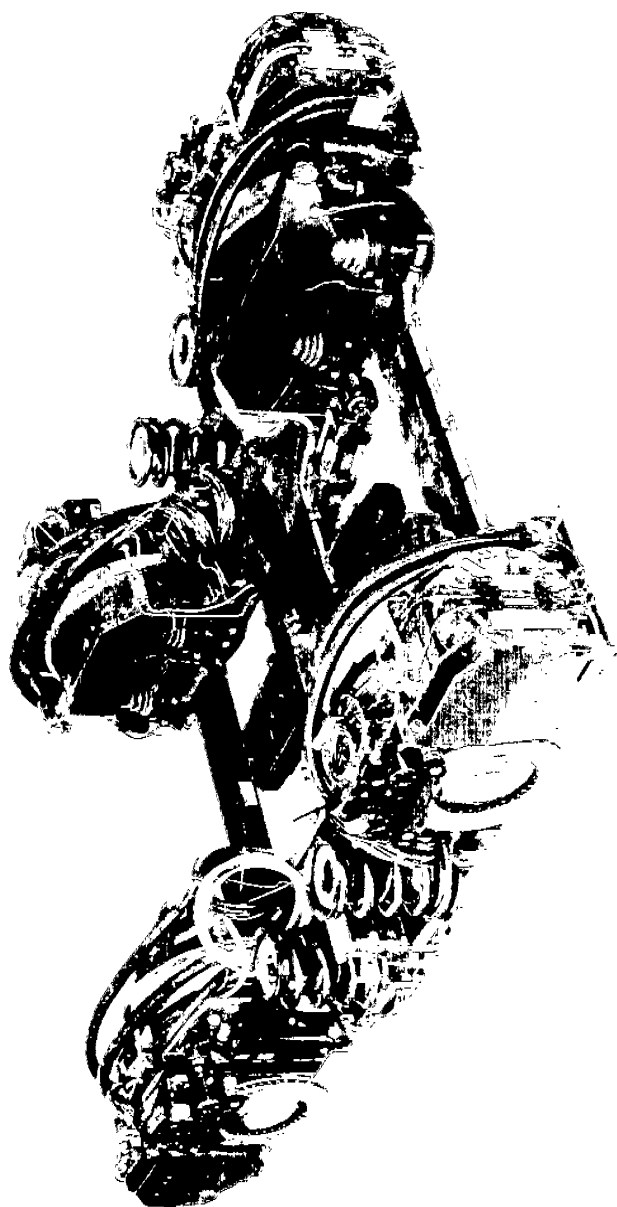
Adtranz Bogies



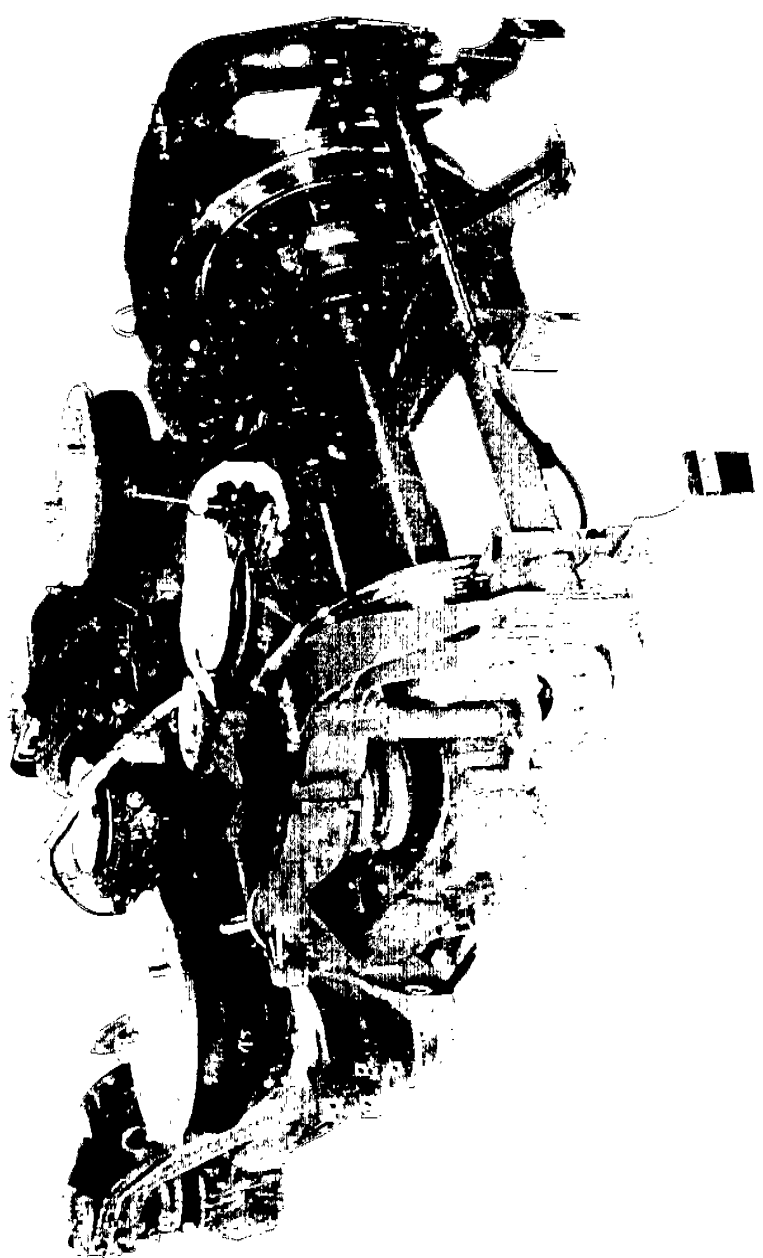
Narrow Gauge



Md

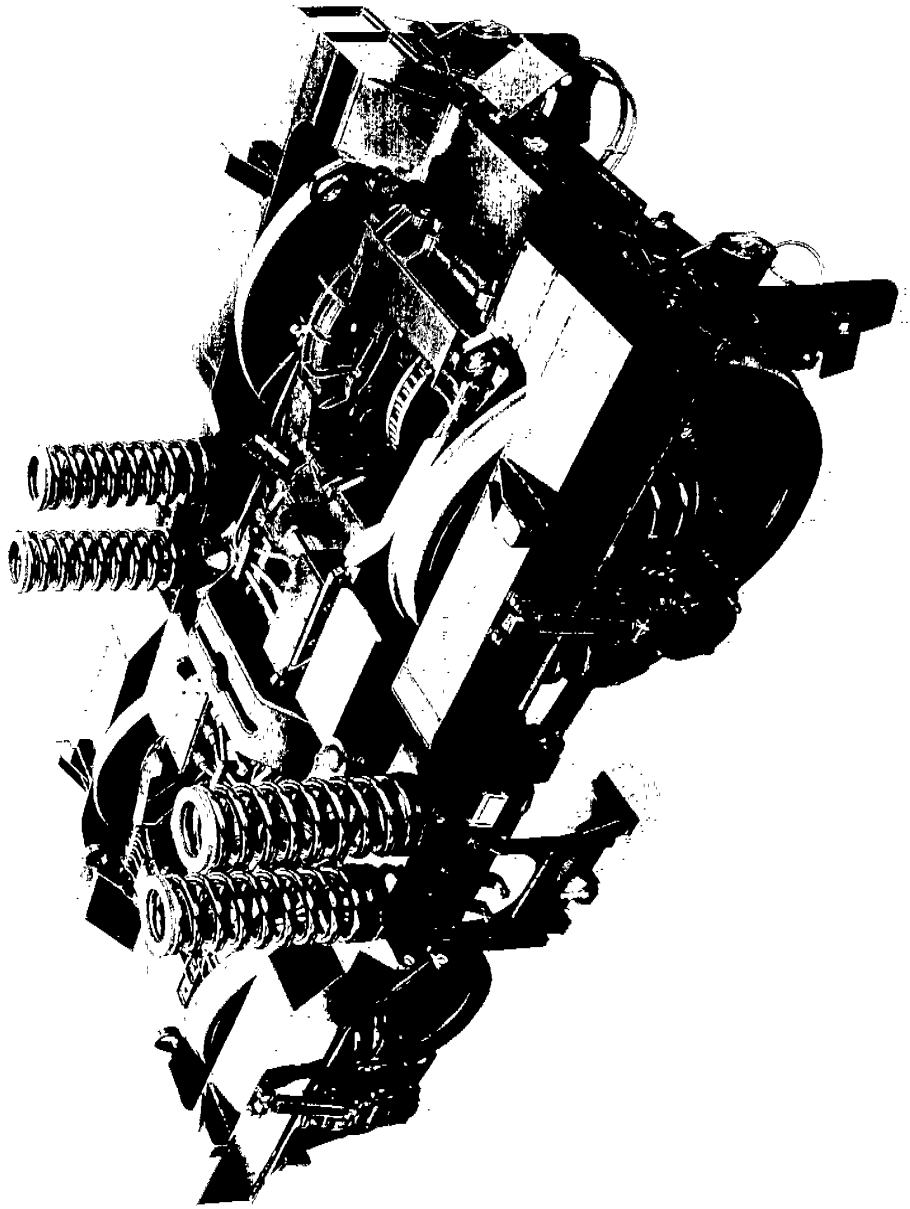


Incentro





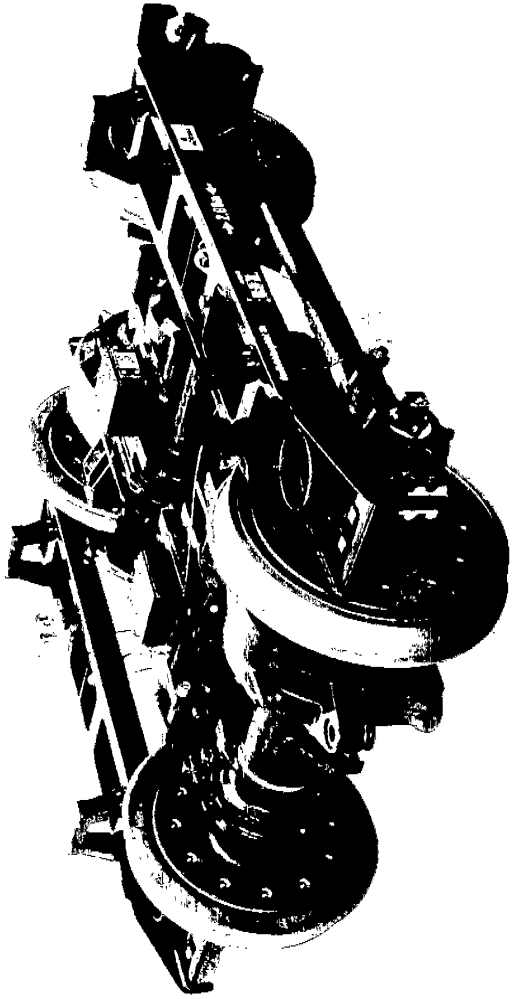
Gtw2



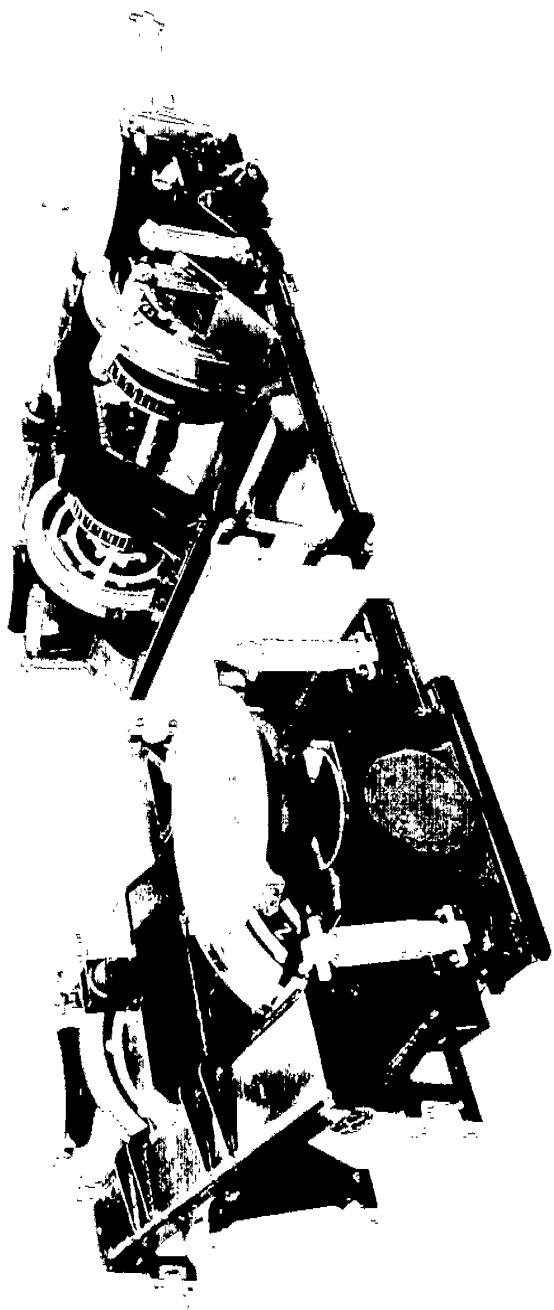
Octeon 220



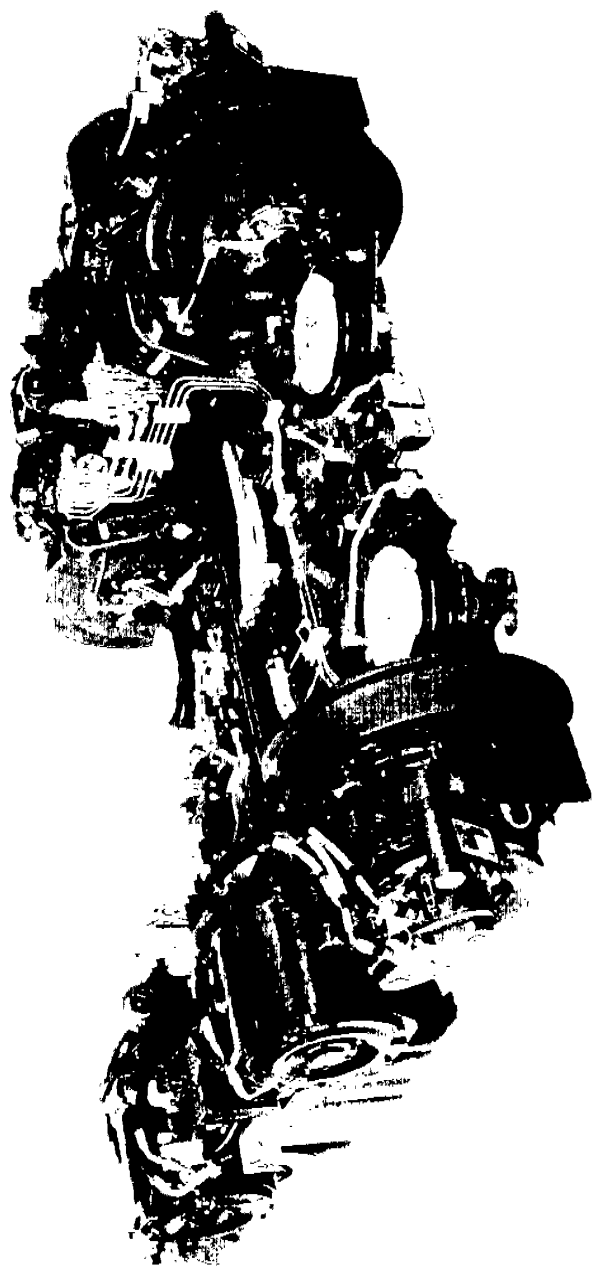
Flexiguide



Grtw



Feba



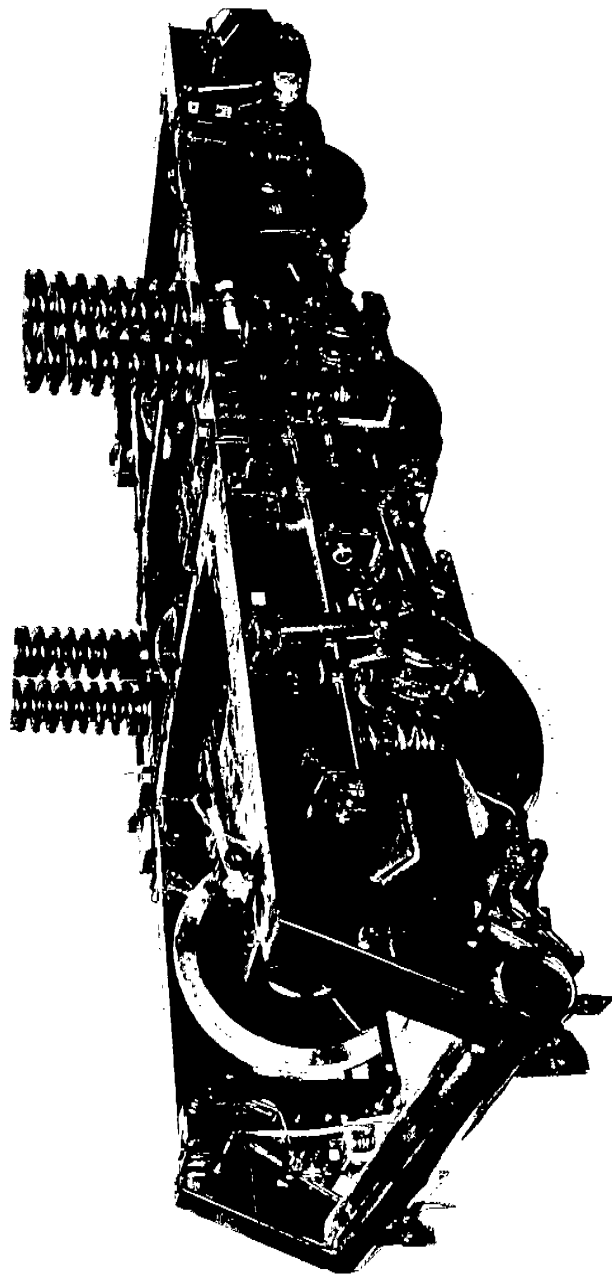
Eurotram



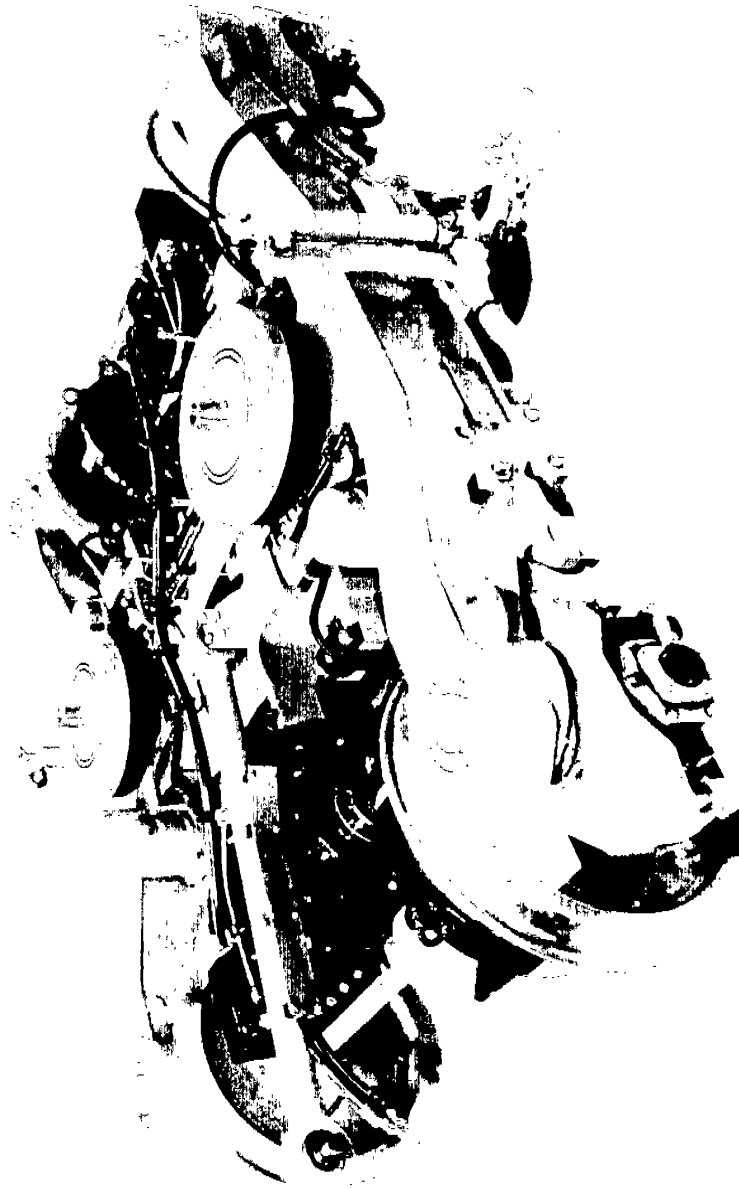
ET423-426



Electrostar

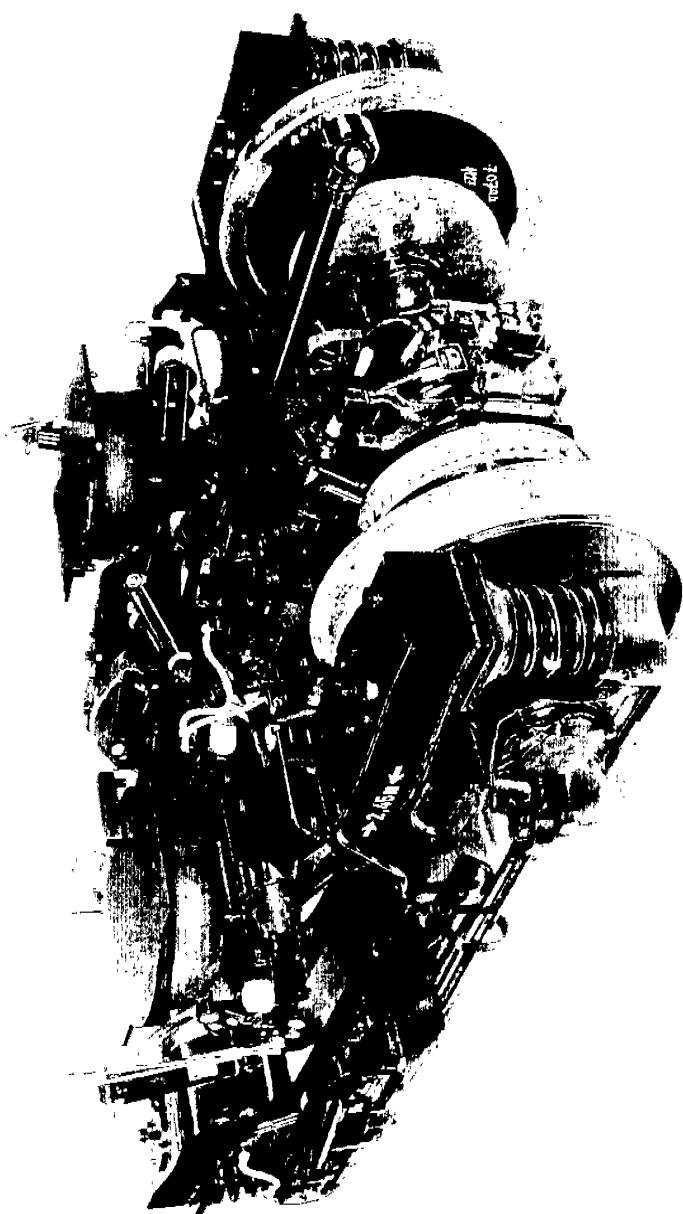


Blue Tiger

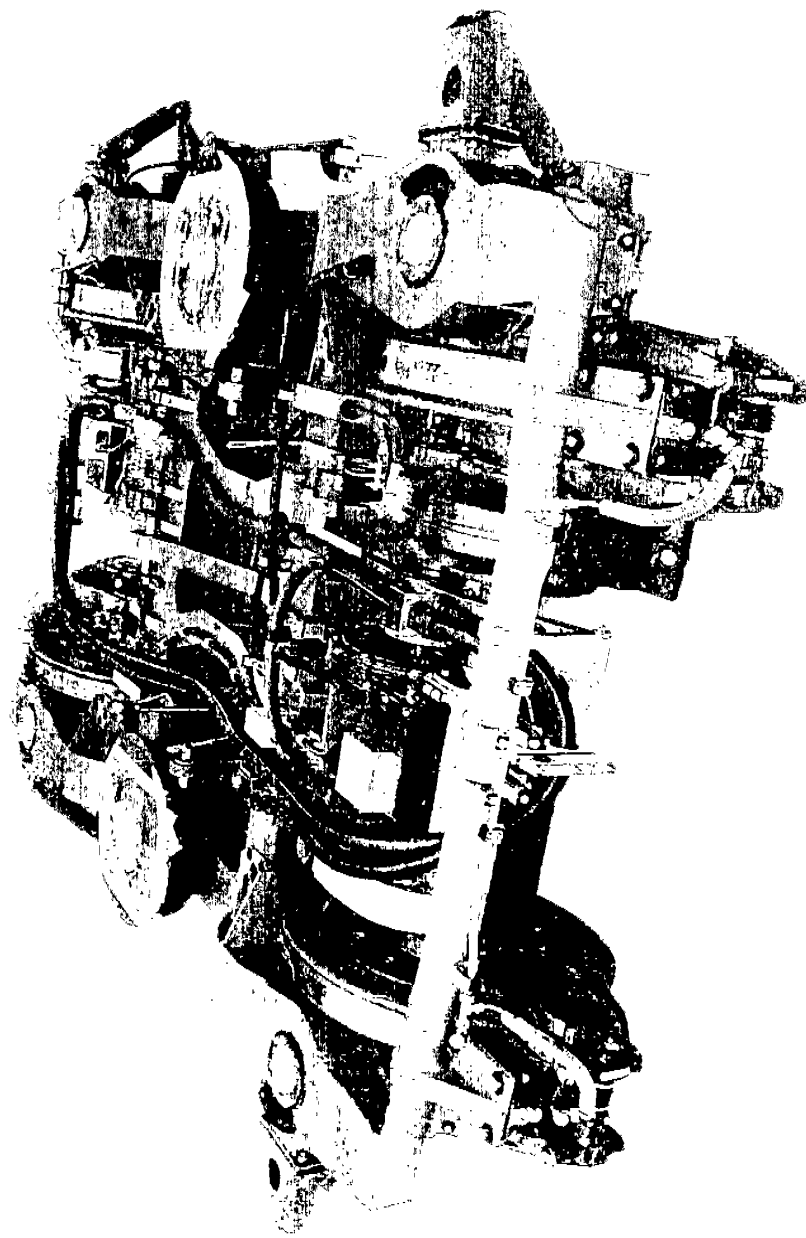




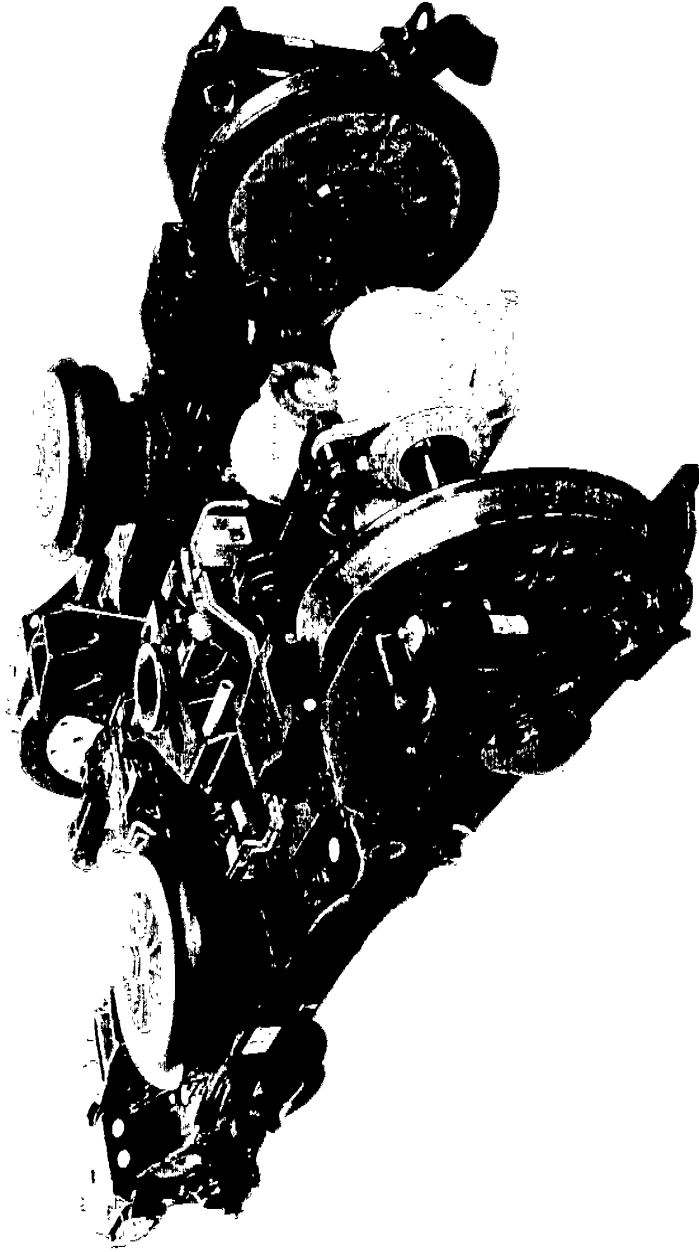
Variotram



VT611 & VT612



Regina



Turbostar

輕軌運輸系統介紹

中山科學研究院
張欽宗 博士

2000年12月12

輕軌運輸系統介紹

1

輕軌運輸系統介紹

- ✓ 定位—軌道文化與輕軌定位
- 特性—輕軌運輸特性
- 組成—輕軌運輸系統組成
- 議題—輕軌運輸議題
- 發展—現代輕軌的發展

2000年12月12

輕軌運輸系統介紹

2

軌道文化



◆前衛與復古:軌道文化的兩極化

-500km/hr的競賽

-極力保留傳統

◆從馬車到輕軌



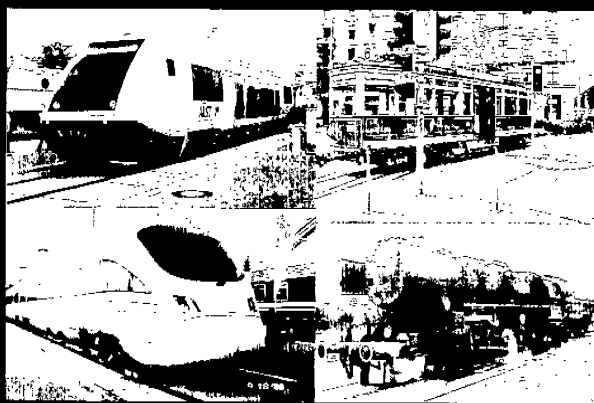
◆輕軌在世界各地的興衰

2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

3

前衛與復古-軌道文化的兩極化



2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

4

輕軌運輸演進簡史

- 1832 世界首創馬車輕軌(美國New York)
- 1881 世界首創輕軌電車(德國)
- 1886 美國首套輕軌電車
- 1895 日本首套輕軌電車(京都)
- 1903 東京輕軌電車
- 1904 香港輕軌電車
- 1908 中國首套輕軌電車(上海)
- 1950 歐洲大幅改良輕軌電車
- 1960 東京輕軌電車由43條萎縮成1條懷古線

2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

5

輕軌電車市場概要

- 1973~1998.4 共有4481列輕軌電車訂單
- 其中德國訂了1987列(44.4%)

Siemens	2491	55.6%
Bombardier	570	12.7%
Adtranz	395	8.8%
Japan	274	6.1%
Alstom	165	3.7%
Others	586	13.1%

Metro Report 1998

2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

6

輕軌定位

Passengers Rolling Stock

主要城市 Intercity	Main line ICE, DEMU	
衛星城市 Suburban	Commuter EMU, DEMU	
都會穿梭 Urban	Metro LRRT	
聯網服務 Urban	LRT	

2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

7

LRT (Light Rail Transit)

- * Tram, Tramway, Tramcar, Trammy
- * Streetcar, Straßenbahn, Citybahn
- * Trolley



休息中 - 德國柏林



Adranz Cobra

2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

8

輕軌運輸系統介紹

- ✓ 定位—軌道文化與輕軌定位
- ✓ 特性—輕軌運輸特性
- ✓ 組成—輕軌運輸系統組成
- ✓ 議題—輕軌運輸議題
- ✓ 發展—現代輕軌的發展

輕軌運輸特性

- 百年歷史, 安全可靠
- 軌道行駛, 親和性高
- 沿街鋪設, 隨等隨到
- 交通尖峰, 運載量大
- 路權優先, 準點性好
- 電力驅動, 污染極少
- 造型優美, 都會新貌
- 系統單純, 建設快速
- 造價合理, 投資較少

輕軌運輸系統介紹

定位－軌道文化與輕軌定位

特性－輕軌運輸特性

✓ 組成－輕軌運輸系統組成

議題－輕軌運輸議題

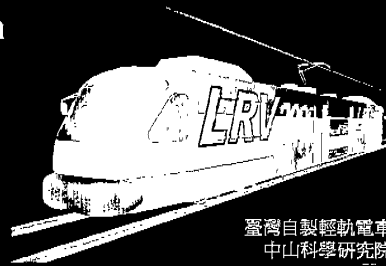
發展－現代輕軌的發展

輕軌運輸系統組成

- ✱ 輕軌電車 (Vehicle)
- ✱ 軌道 (Rail)
- ✱ 路權 (Right-of-way)
- ✱ 供電系統 (Power supply)
- ✱ 車站 (Station and stop)
- ✱ 票證系統 (Ticketing)
- ✱ 營運公司 (Operator)

輕軌電車 (Vehicle)

- 長寬高重: 28m, 2.4m, 3.8m, 35ton
- 最大/平均速度: 70/30 km/hr
- 載客量: 50座+150站
- 轉彎半徑: 25m
- 65%低底盤
- 雙向行駛



臺灣自製輕軌電車
中山科學研究院

2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

13

軌道 (Rail)

- 軌距: 1435 or 1067mm
- 專用路權: T形軌(50/37 kg/m)
- 共用路權: 槽形軌(60kg/m)



德國柏林



英國 Birmingham 輕軌鋪設

2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

14

路權 (Right-of-way)

- A型路權:完全獨佔式專用路權
高架或地下化
- B型路權:不完全獨佔式專用路權
平面隔離道路設穿越路口
- C型路權:完全開放式共用路權
平面街道

2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

15

C型路權



美國加州 Sacramento
Transit Mall

B型路權



Fiat's Cityway at Roma

2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

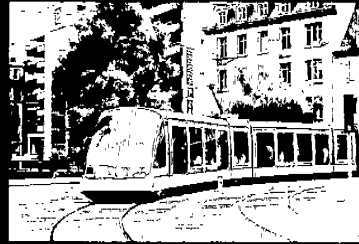
16

供電系統 (Power supply)

- ✱ 架空線+集電弓
- ✱ 750/600 VDC



Adtranz Incentro (FRP 車身, 曾於新竹市展示)



法國 Strasbourg

2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

17

車站 (Station and stop)

- ✱ 形式:不拘(站牌~專用月台)
- ✱ 高度:不拘(街道~人行道)
- ✱ 站距:400~1000m



法國 Strasbourg



德國 Nürnberg



瑞士蘇黎世輕軌招呼站

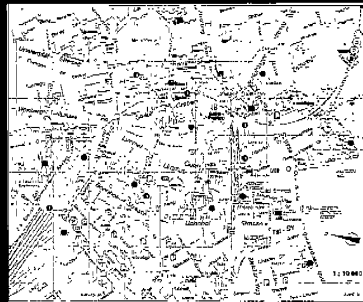
2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

18

票證系統 (Ticketing)

- Proof Of Payment (POP), 人工收費
- 須有轉乘設計或區域通用票證



GÜLTIG BIS 18.09.00 UM 10:50 UHR
ZÜRCHER VERKEHRSEBUND
TAGESKARTE
Zürich, Escher-Wass-Platz
STADTNETZ ZÜRICH
ZONE 10
22PKL
A 12761 17091047 002004 Fr. 7.20
00799 TRMIL 7.32 195T/253049

瑞士蘇黎世輕軌24h票證

瑞士蘇黎世市中心輕軌路線圖

- 人工收費實例:輕軌車駕駛兼售票員
- 世界第一輛右置駕駛輕軌電車



Siemens Combino at Hiroshima, Japan

營運公司 (Operator)

- Metro/LRT/Bus 整合
- 須有政府配套措施
- BOT, BOO...
- 車軌分離
- 租賃車隊



票價過高, 馬尼拉輕軌乘客極少

輕軌運輸系統介紹

定位—軌道文化與輕軌定位

特性—輕軌運輸特性

組成—輕軌運輸系統組成

✓ 議題—輕軌運輸議題

發展—現代輕軌的發展

輕軌運輸議題

- 景觀衝擊?
電力架空線桿可利用美學設計改善市容景觀
- 安全顧慮?
降低行人及車輛與輕軌動線之衝突
- 成本考量?
興建成本約為一般捷運系統的1/5
維修成本約為其1/3

2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

23

- 景觀衝擊?
電力架空線桿可利用
美學設計改善市
容景觀



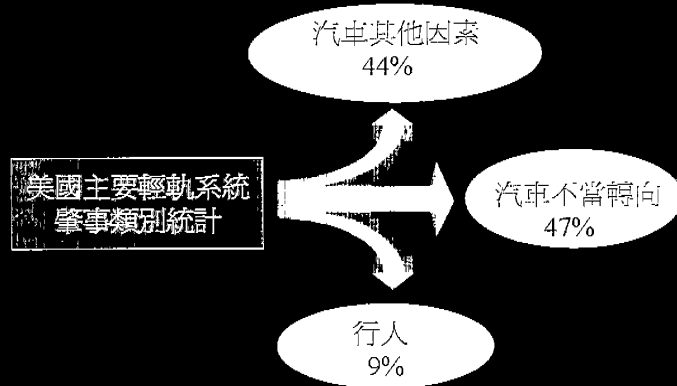
瑞士蘇黎世中央車站

2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

24

輕軌運輸系統衍生之交通衝擊



2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

25

輕軌運輸共同路權之顏色管理



德國科隆 Kap 輕軌車站

2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

26

美國主要輕軌運輸系統之建設投資成本

城市/系統	隧道段 %	高架段 %	平面段 %	每公里造價(億台幣)
Portland	0 %	36 %	64 %	2.64
Sacramento	0 %	32 %	68 %	1.80
San Diego	0 %	0 %	100 %	1.68
San Jose	0 %	49 %	51 %	4.59
San Francisco	26 %	0 %	74 %	2.97

1995年

輕軌運輸系統介紹

定位—軌道文化與輕軌定位

特性—輕軌運輸特性

組成—輕軌運輸系統組成

議題—輕軌運輸議題

✓ 發展—現代輕軌的發展

現代輕軌的發展

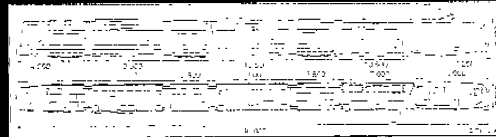
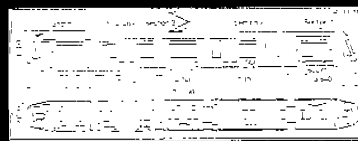
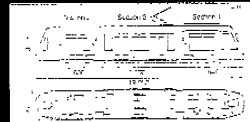
- 減重—鋁擠型及FRP車體
- 安靜—彈性鋼輪的使用
- 親和—100%低底盤
- 彈性—模組化車廂增加營運彈性
- 靈活—聯結關節(Articulation)串聯
- 獨特—客製化設計展現都會特色
- 標準—重要系統標準化以降低成本

2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

29

- 鋁擠型車體
- 彈性鋼輪
- 100%低底盤
- 模組化車廂
- 聯結關節
- 客製化
- 標準化



2000年12月12日

輕軌運輸系統介紹

30

客製化設計展現都會特色



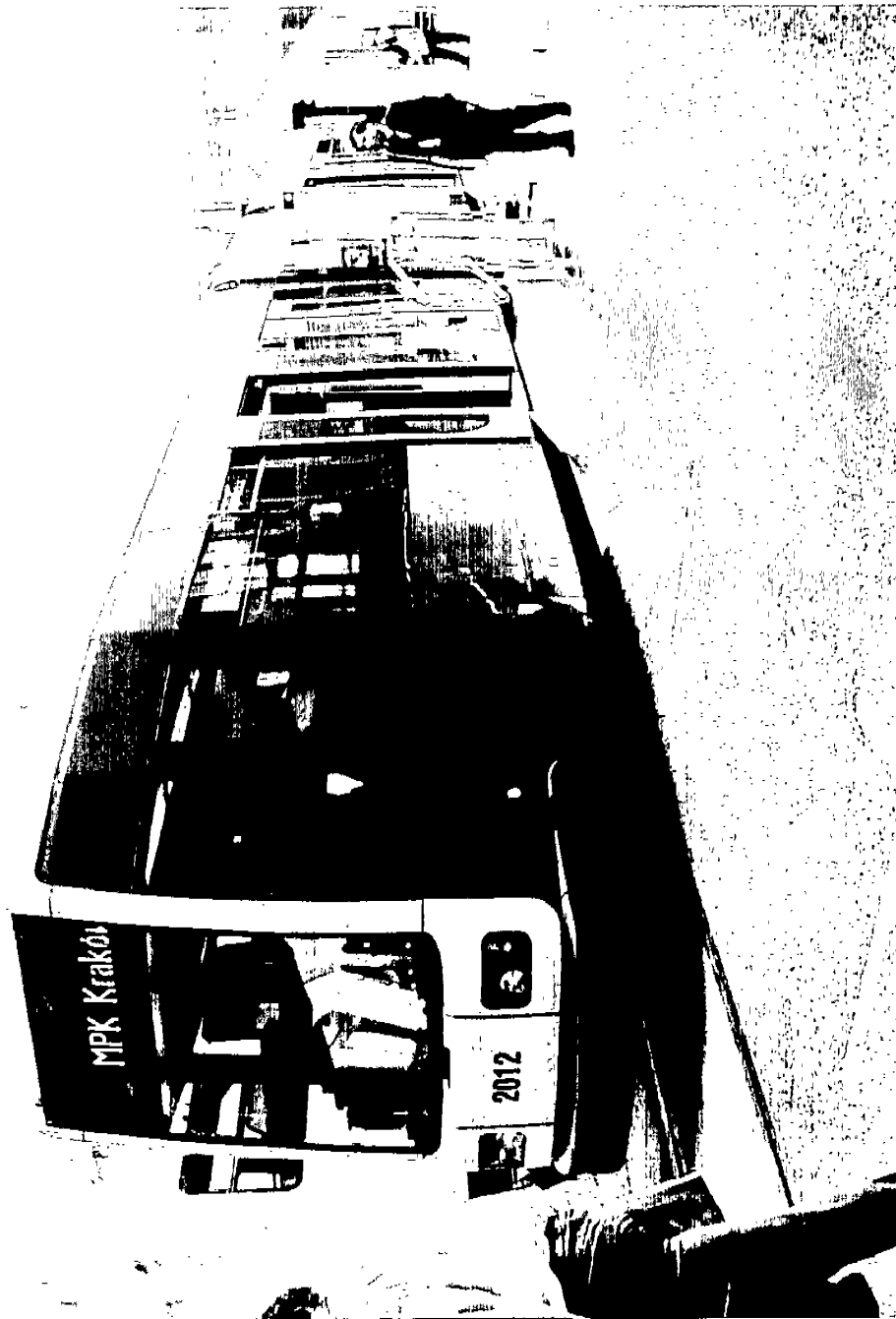
Alstom Citadis 300 at Lyon, 2000

結語

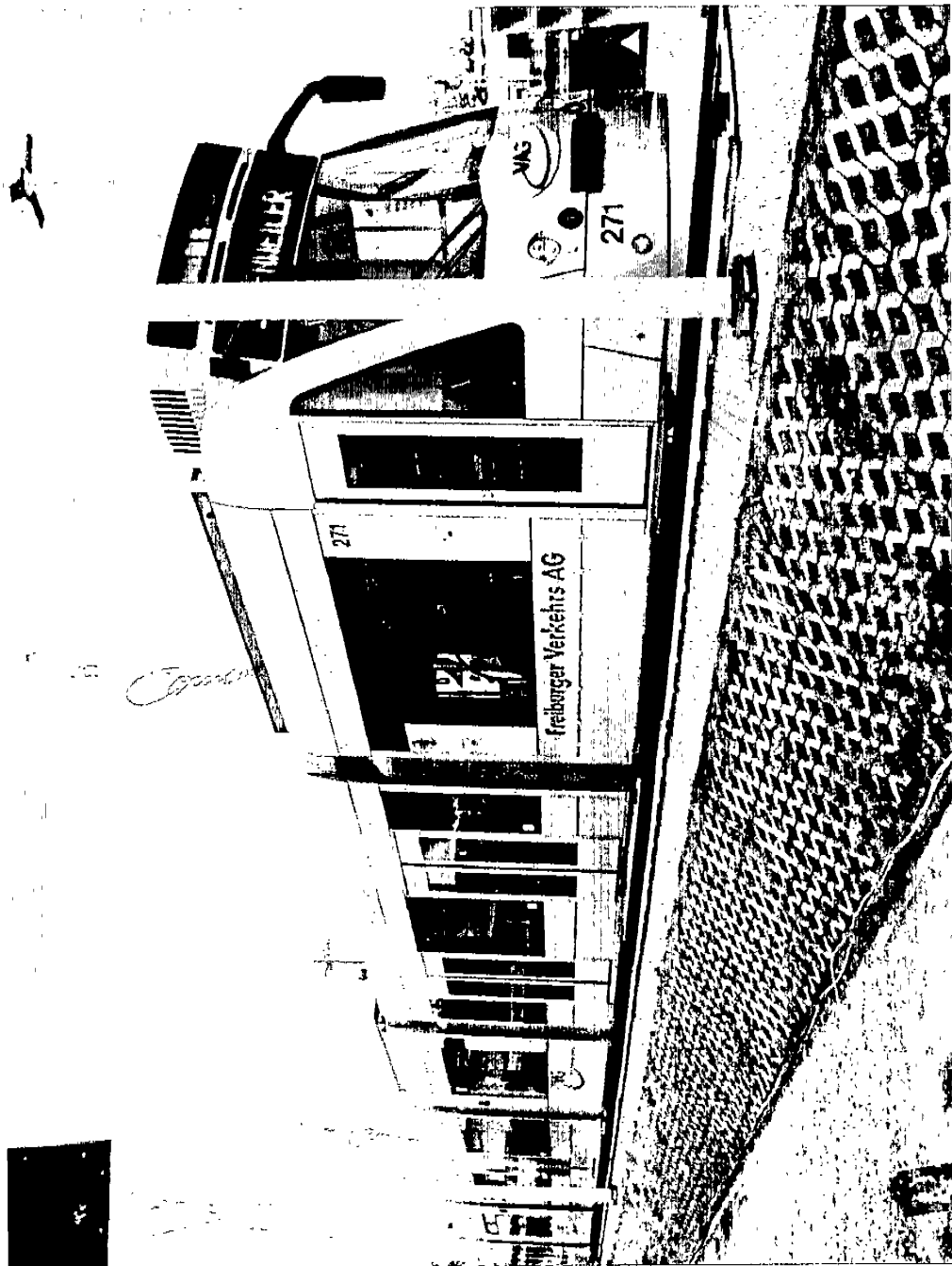
- Light rail, but heavy duty
 - Key to quality of life
 - Transportation
 - Image bearing
 - Value adding
 - Environment protection
- Simple, but reliable
- We deserve an LRT!

➤ 室外實車展示場

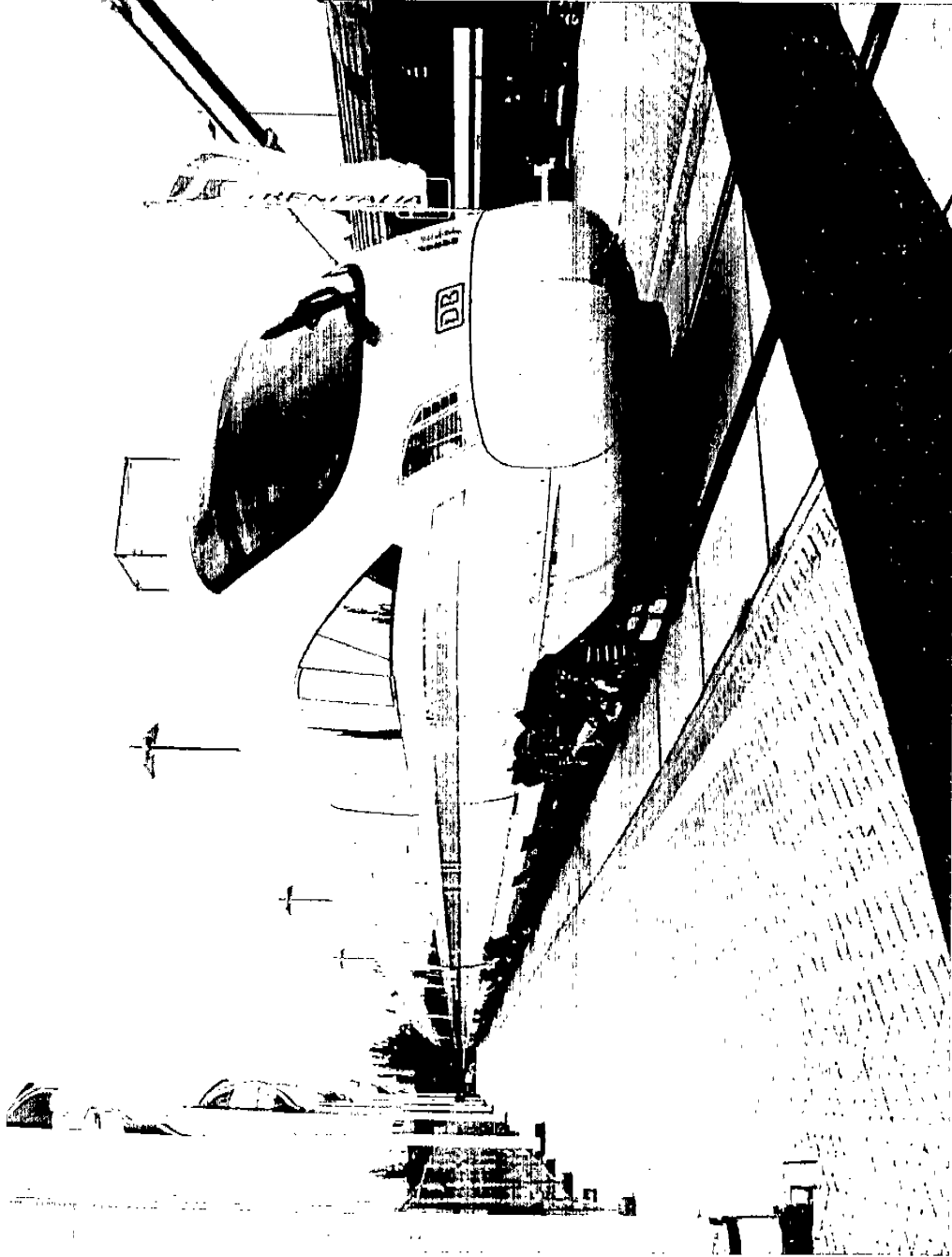
Innotrans 2000 柏林展示場



Innotrans 2000 柏林展示場



德鐵長途客車



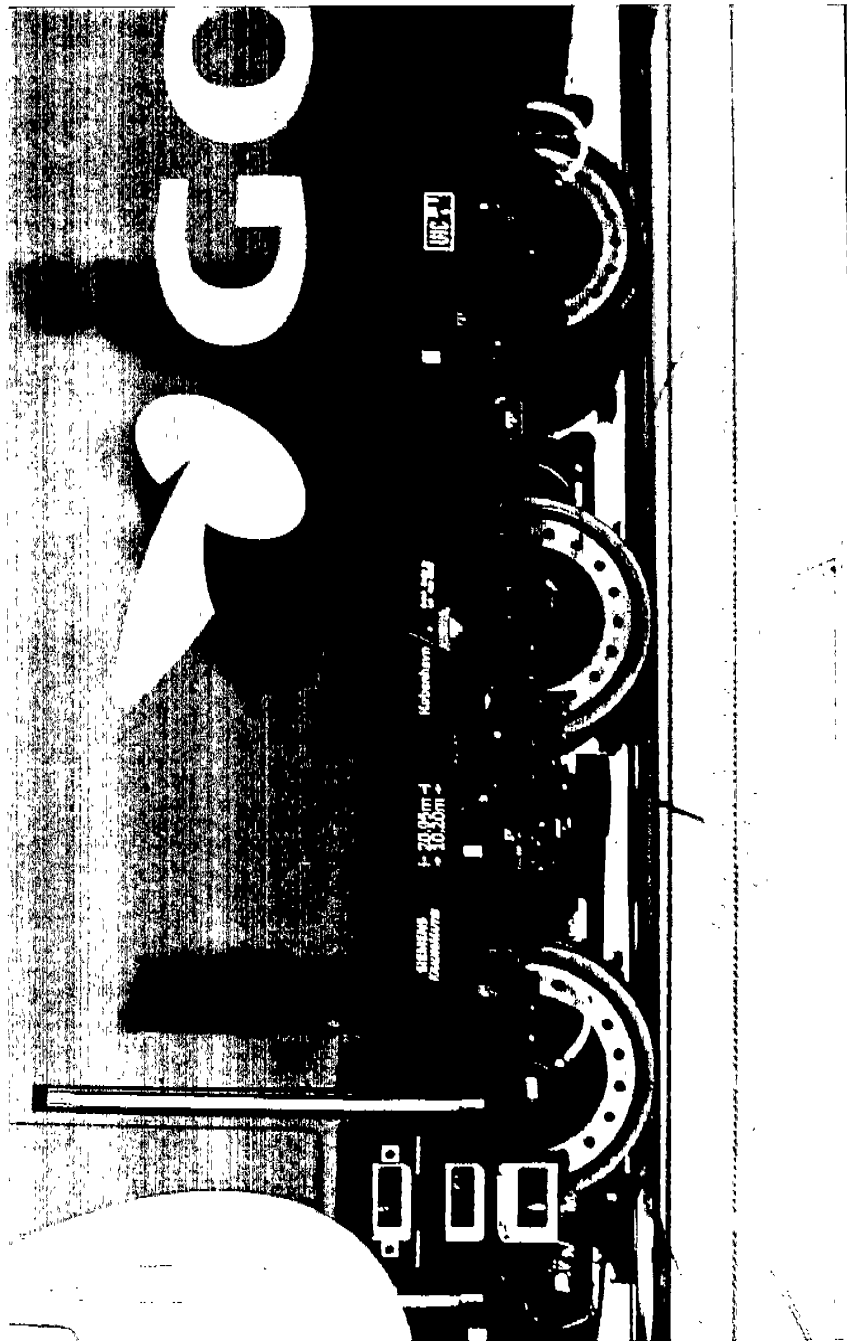
輕軌車車頭設計



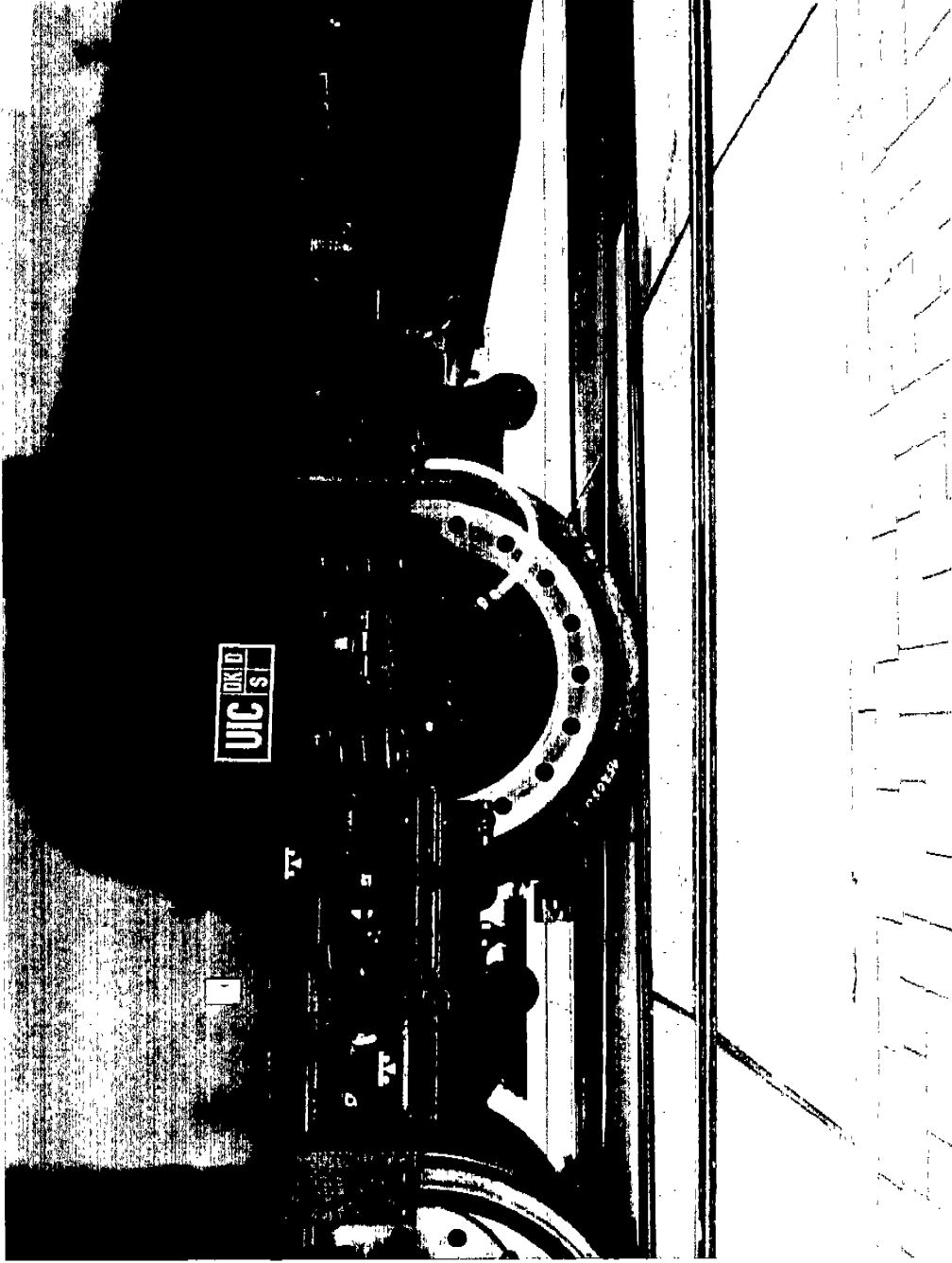
輕軌車車頭設計



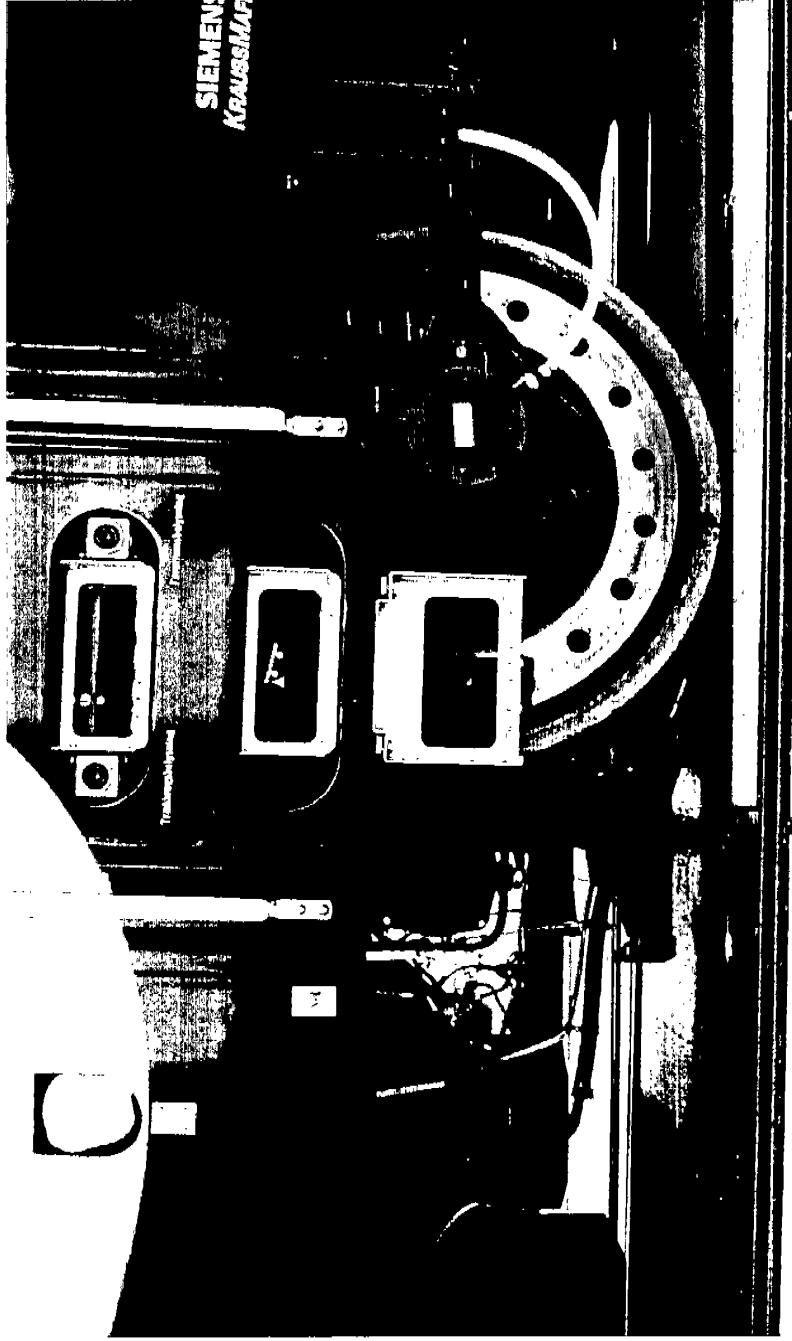
轉向架設計——多軸式轉向架設計



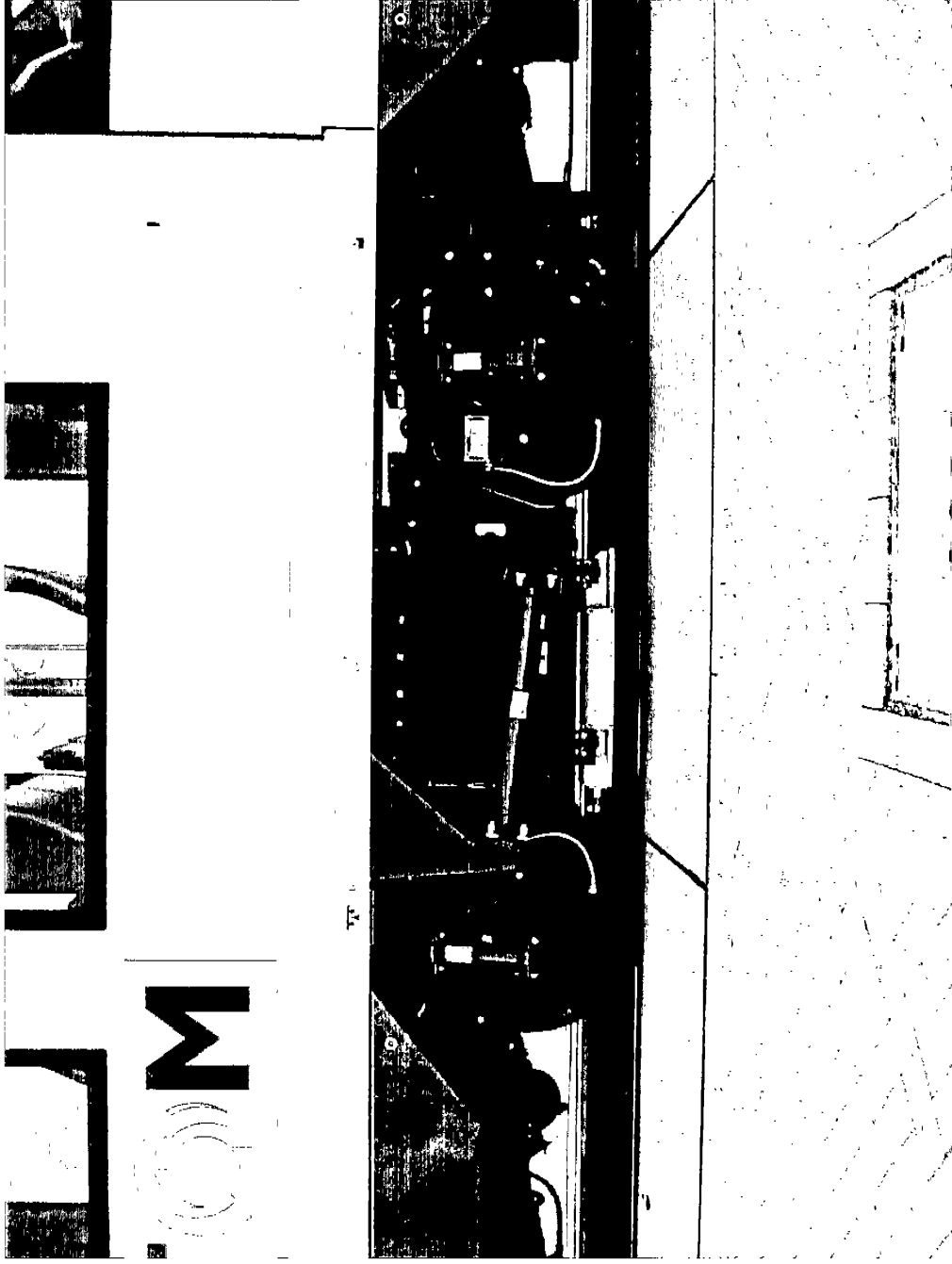
轉向架設計--多軸式轉向架設計(continuous)



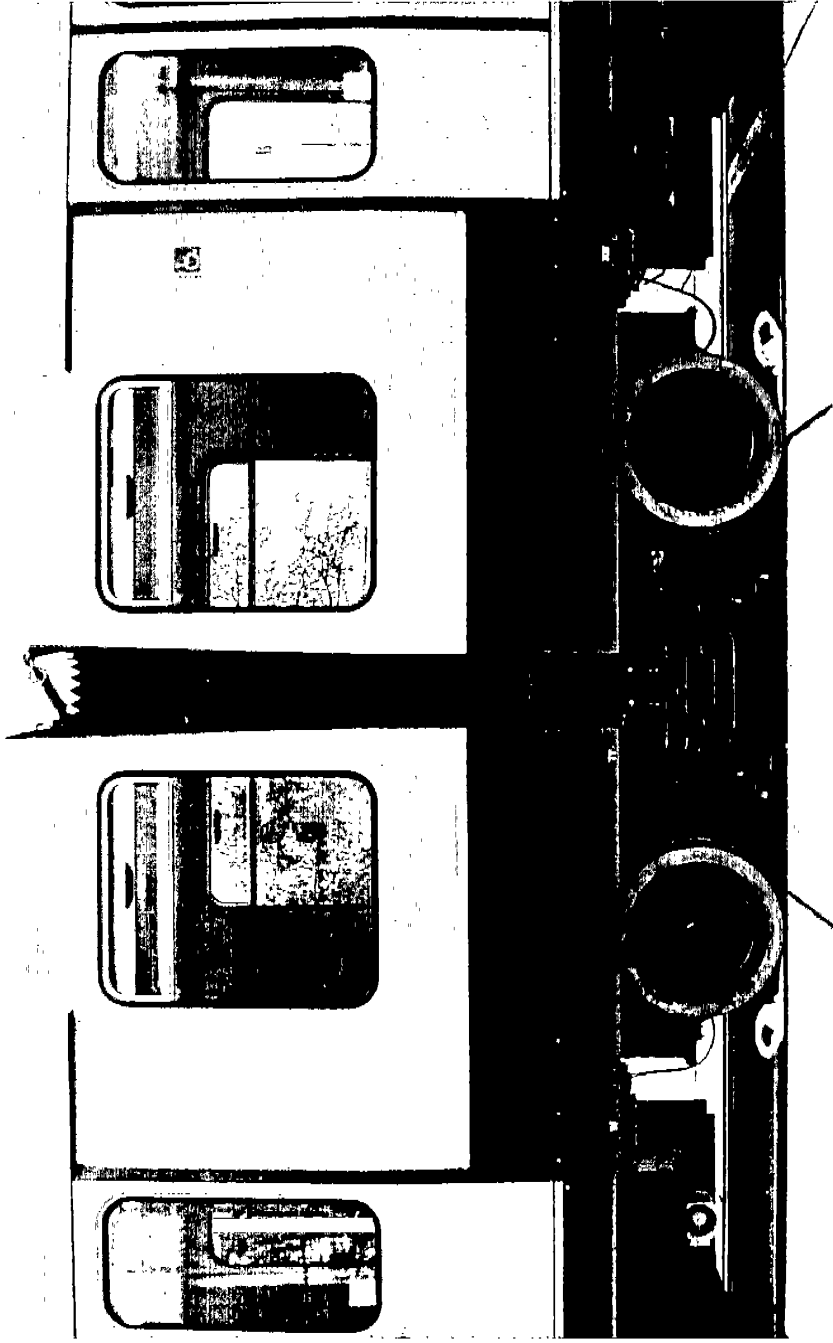
轉向架設計——多軸式轉向架設計(continuous)



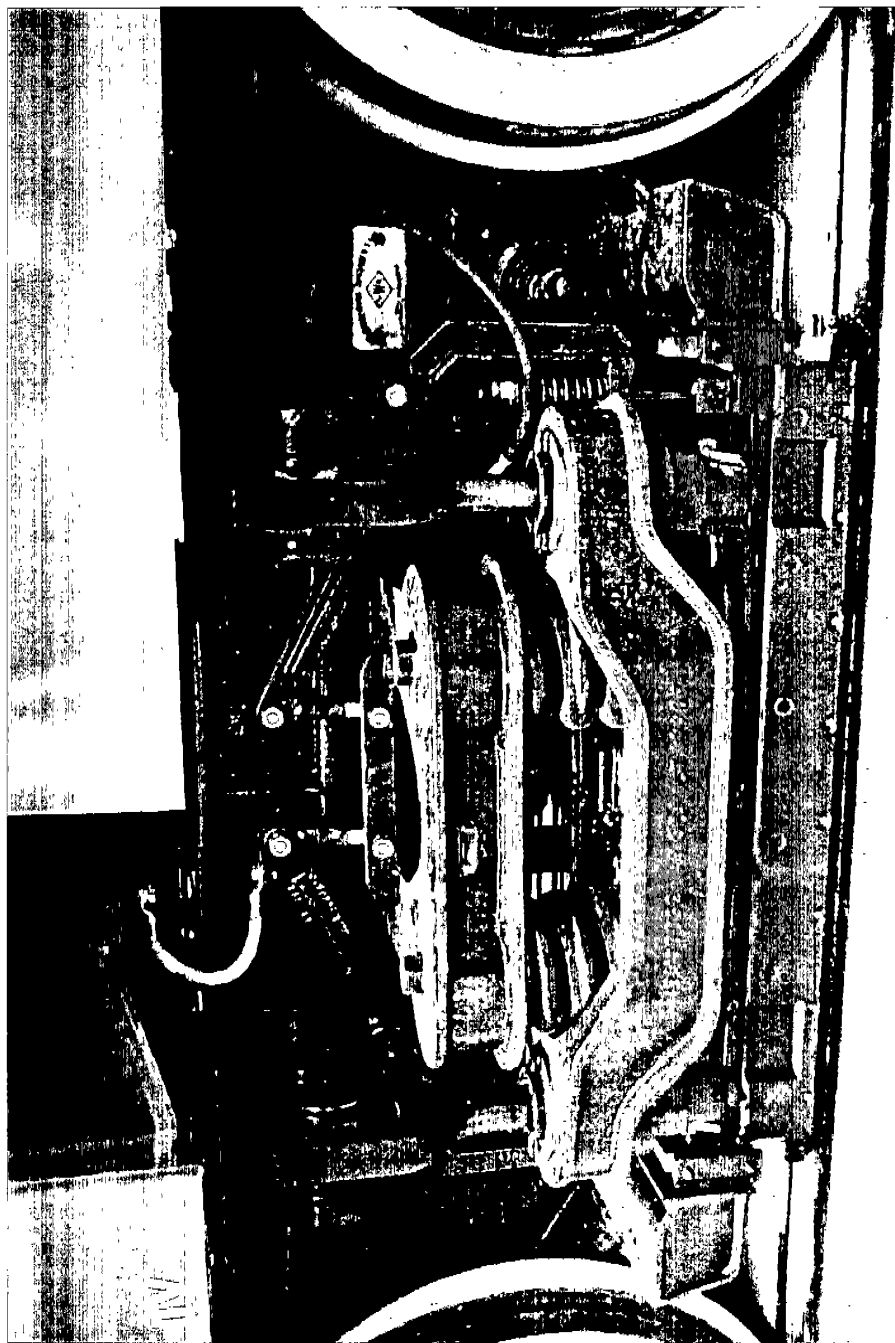
轉向架設計--轉向架機構



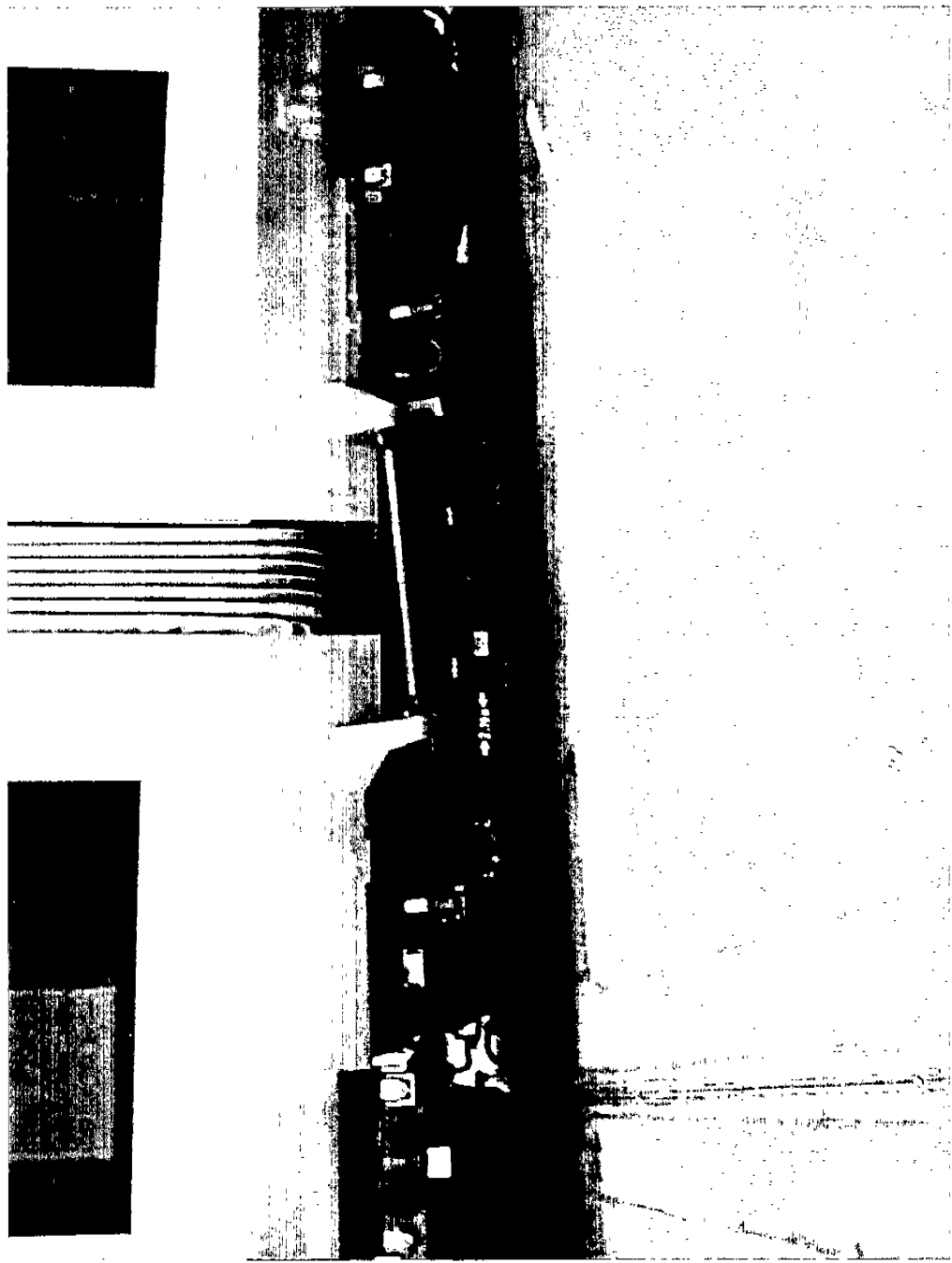
轉向架設計——二車箱跨接在單一轉向架上



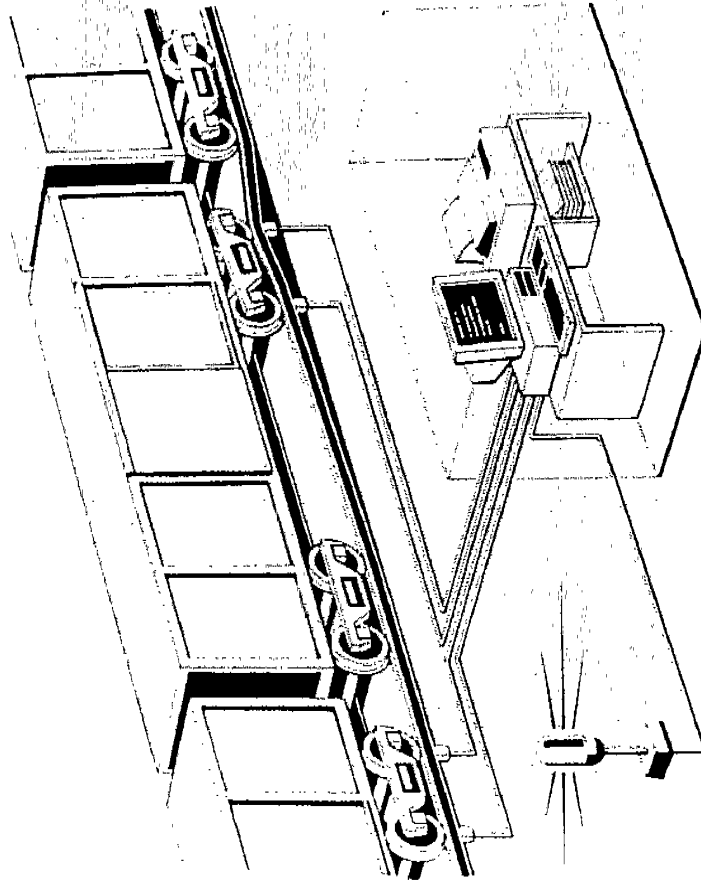
轉向架設計--二次懸吊及磁軌煞車機構



轉向架設計--轉向架跨接兩車箱設計



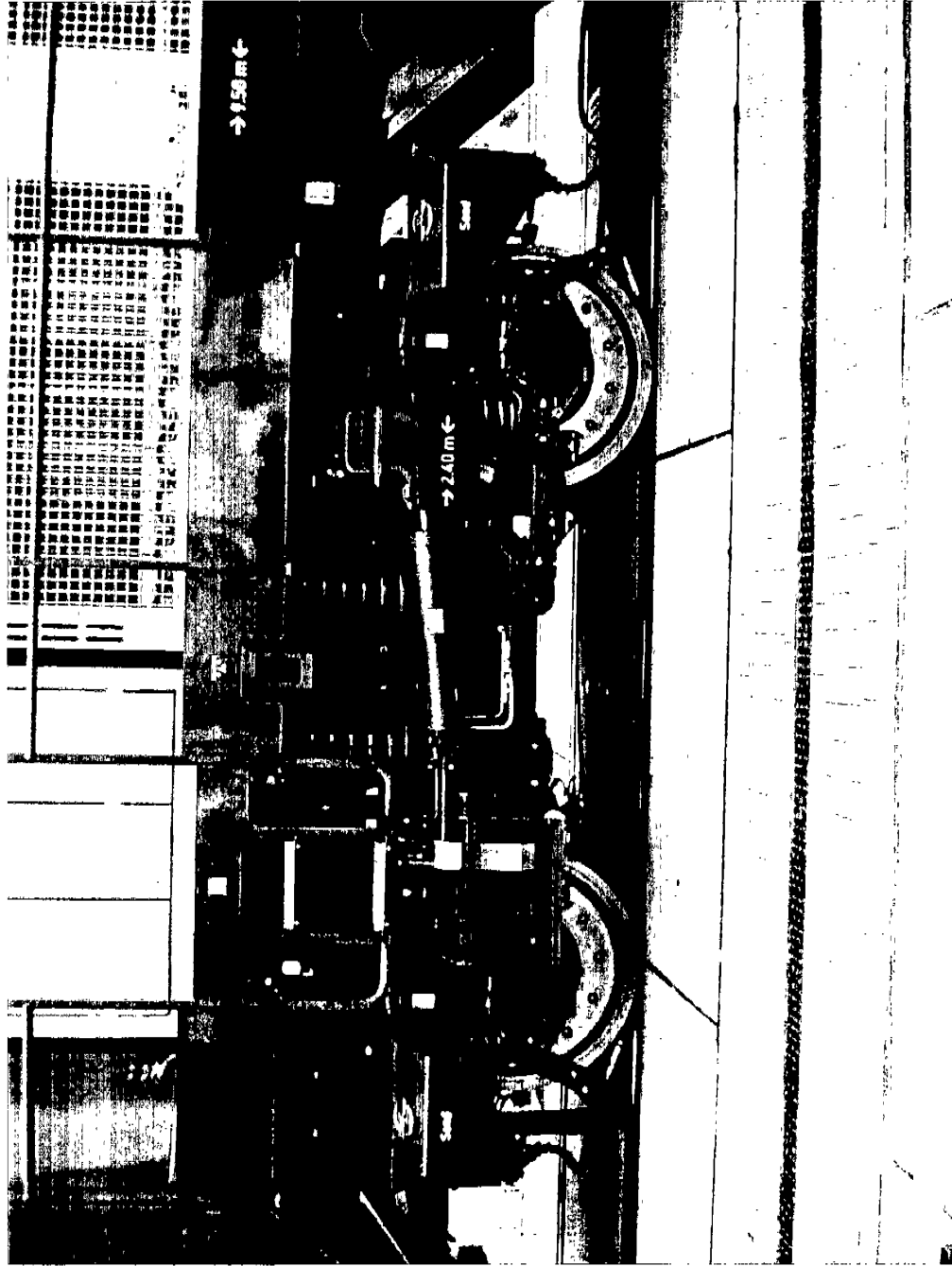
Test equipment



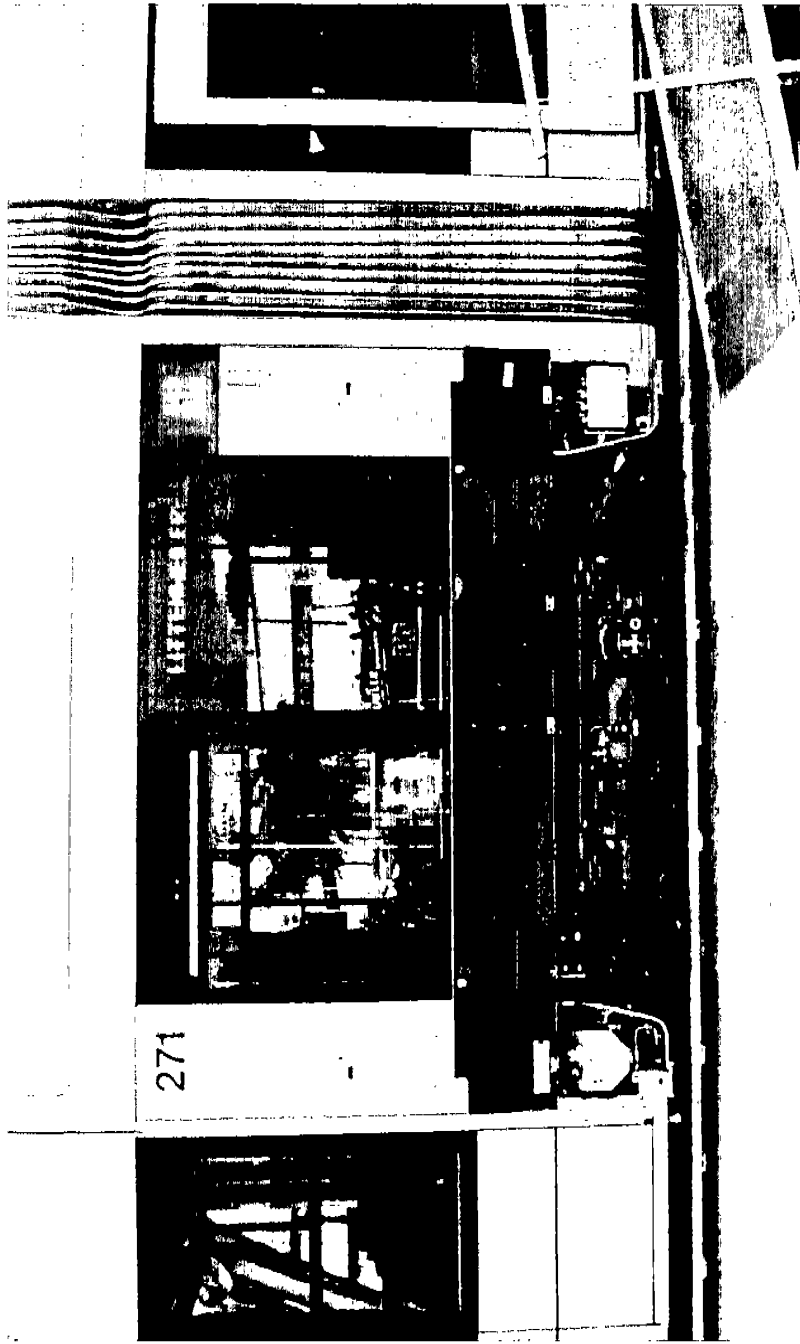
achung der Entgleisungssicherheit

ber. Simulationsverfahren für die Auslegung von Schienenfahrzeugen

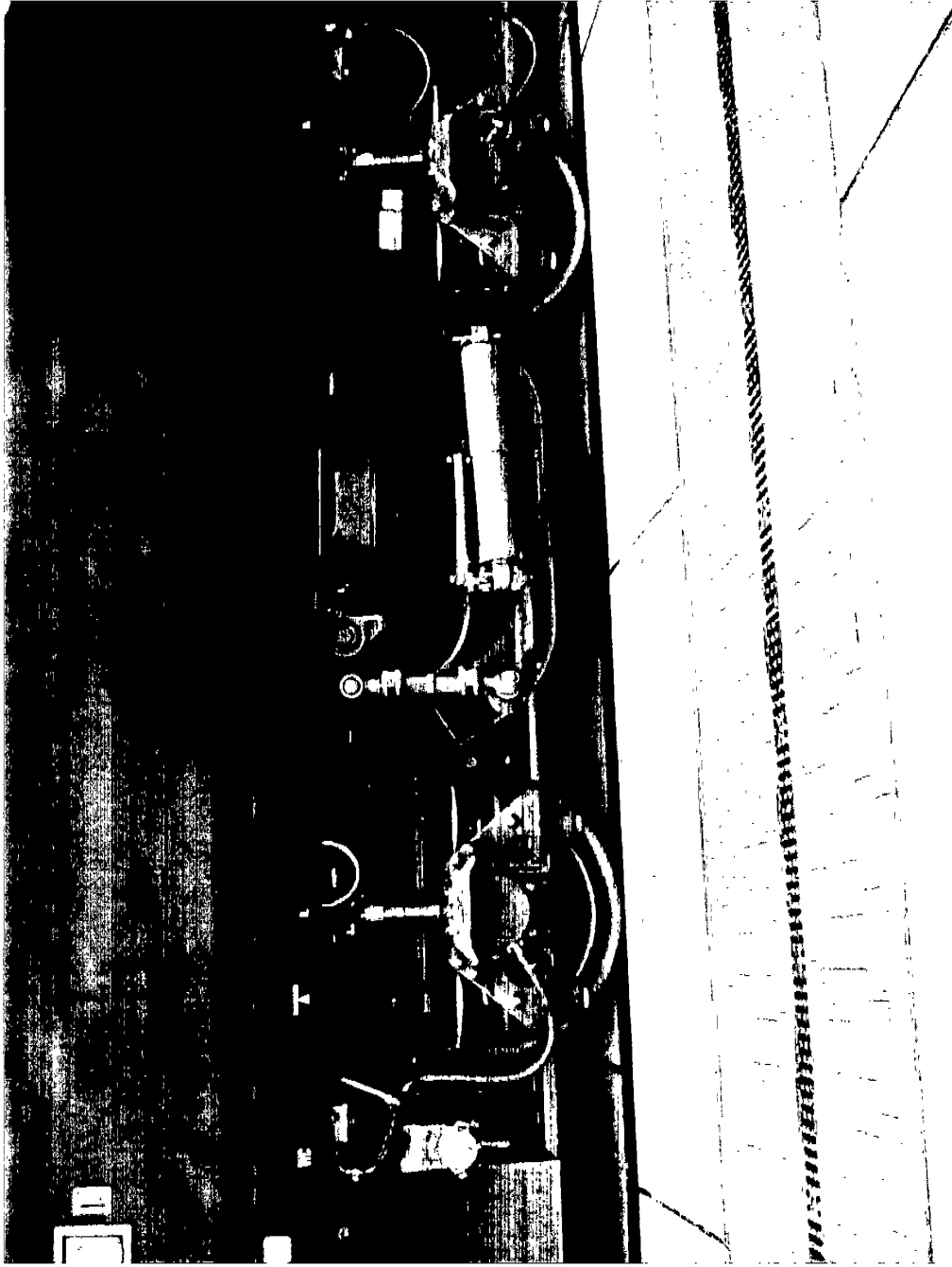
轉向架設計--貨車轉向架機構



轉向架設計--縱向配置100 低地板動力輪組



轉向架設計--轉向架機構

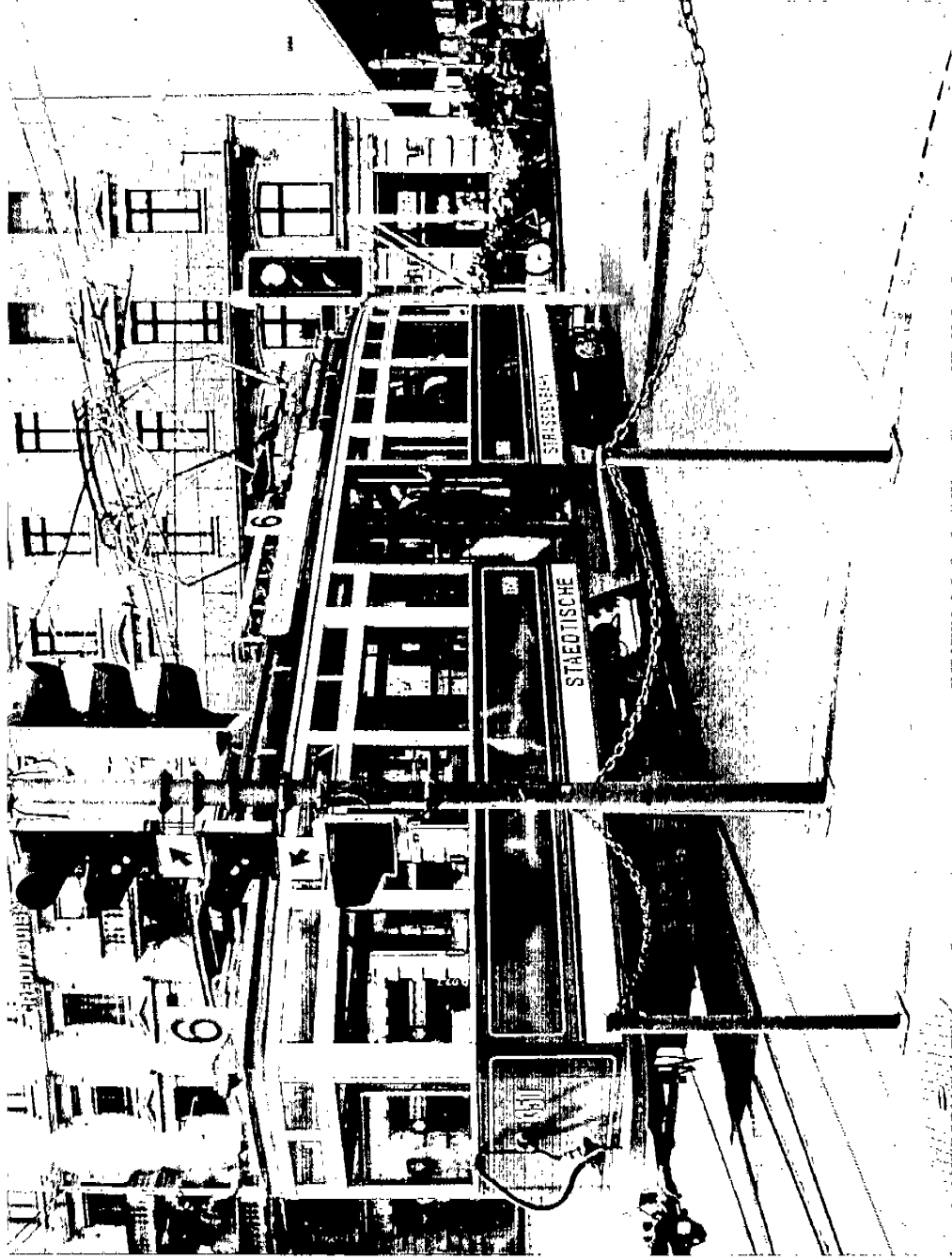


➤ 商業運轉中之各世代輕軌車

柏林市區輕軌車

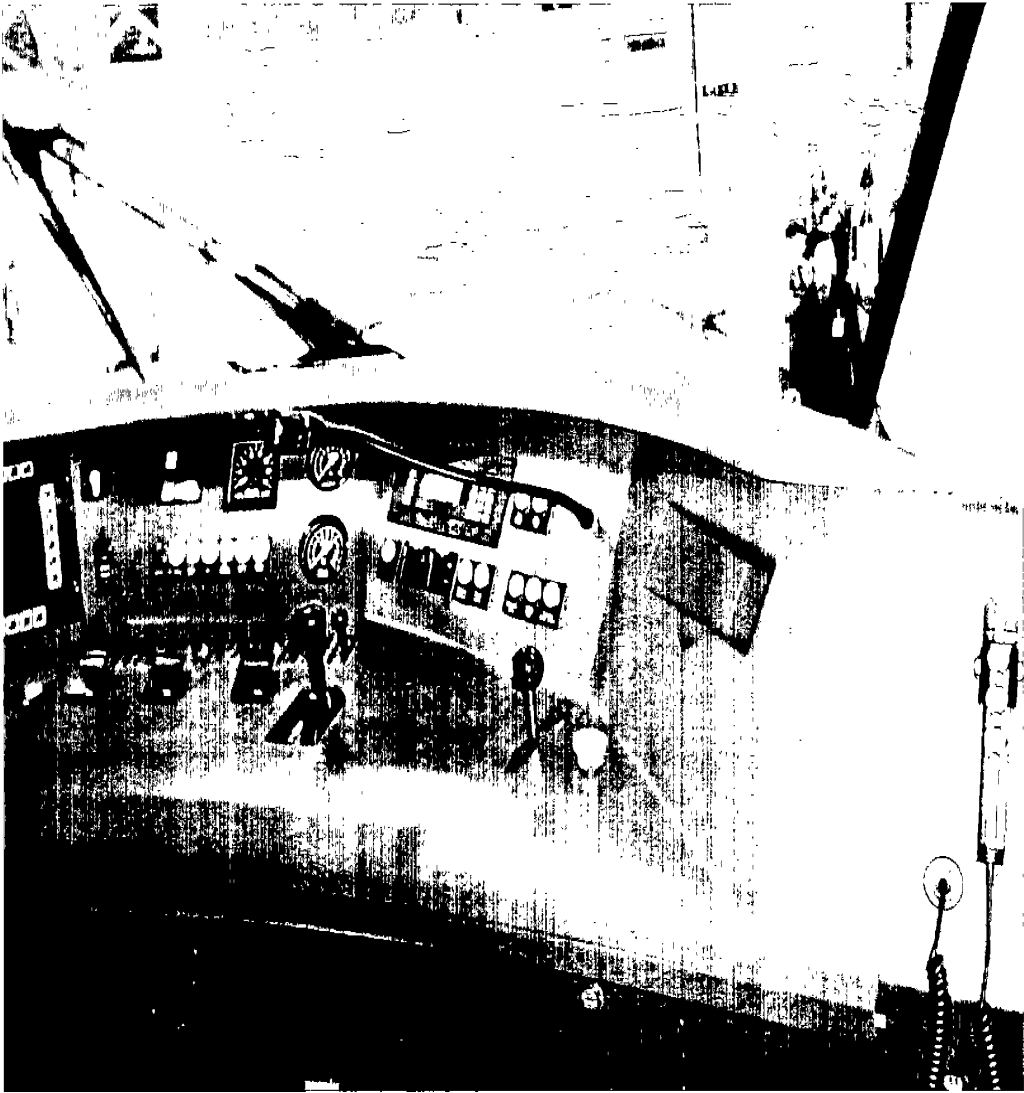


蘇黎世觀光景點(動物園線)輕軌車

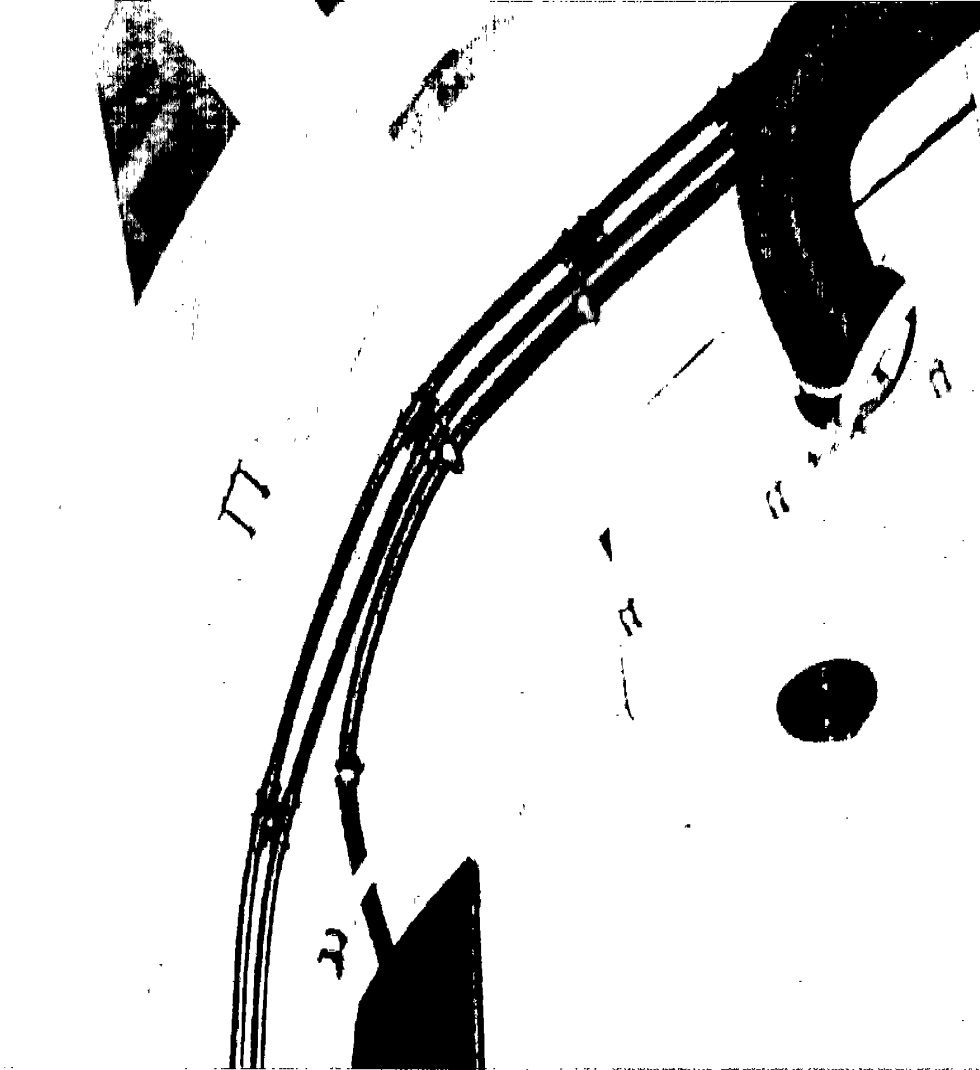


儀電系統相關照片集錦

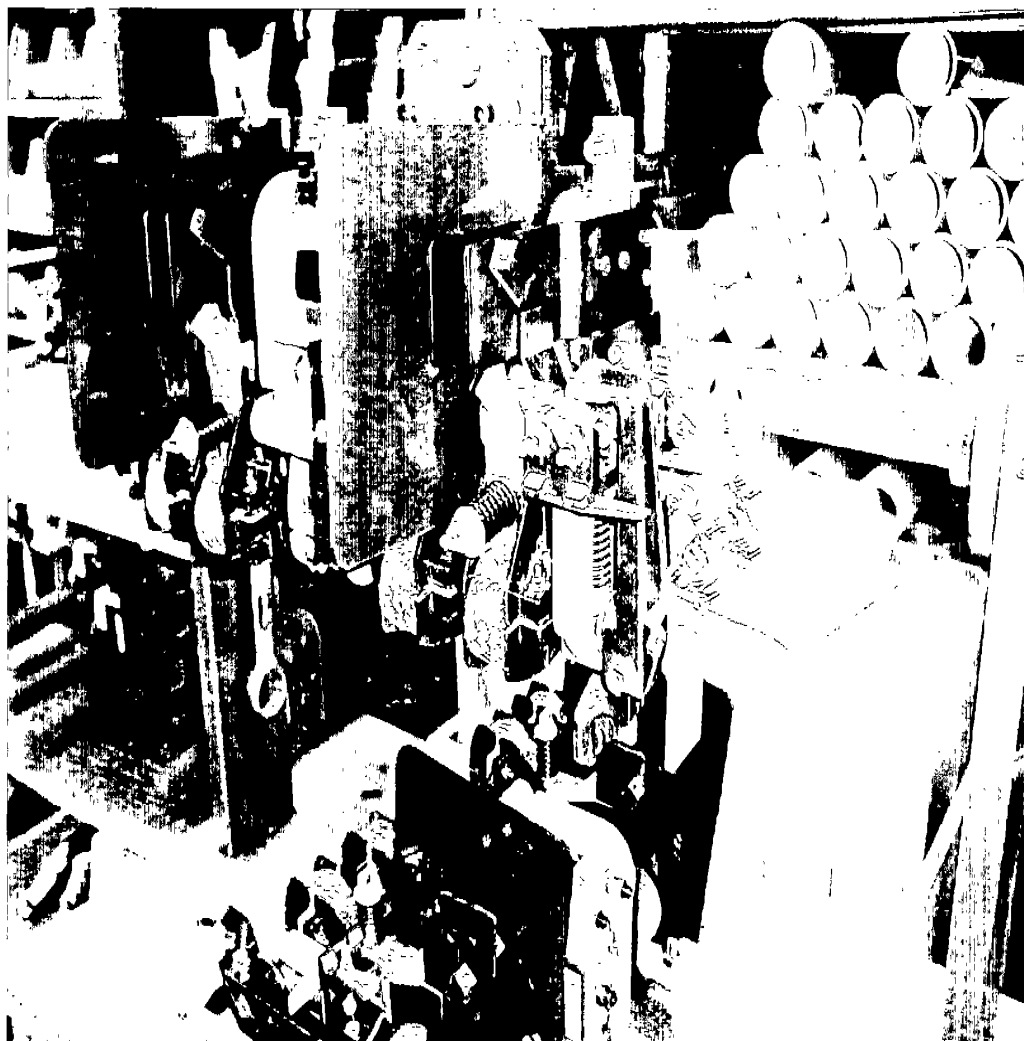
儀表板〔右〕



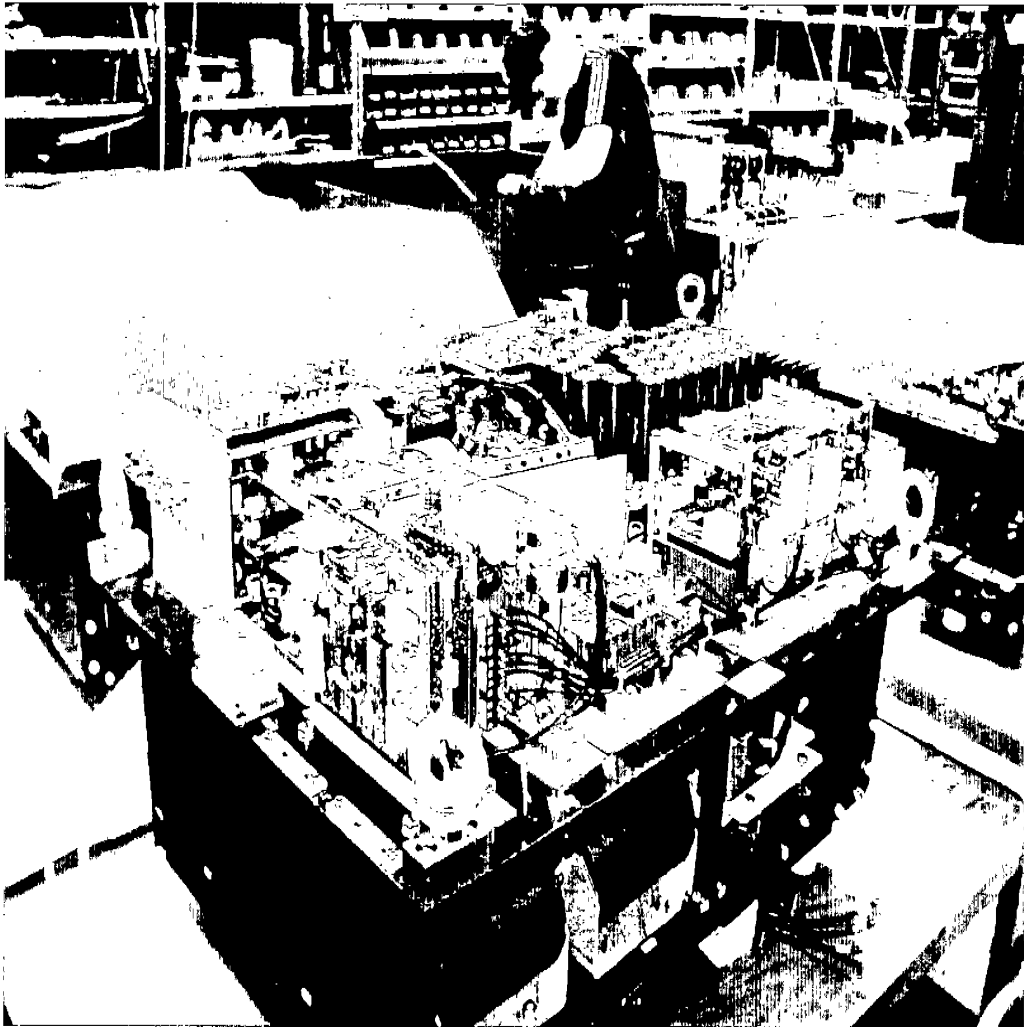
駕駛艙冷氣及配線



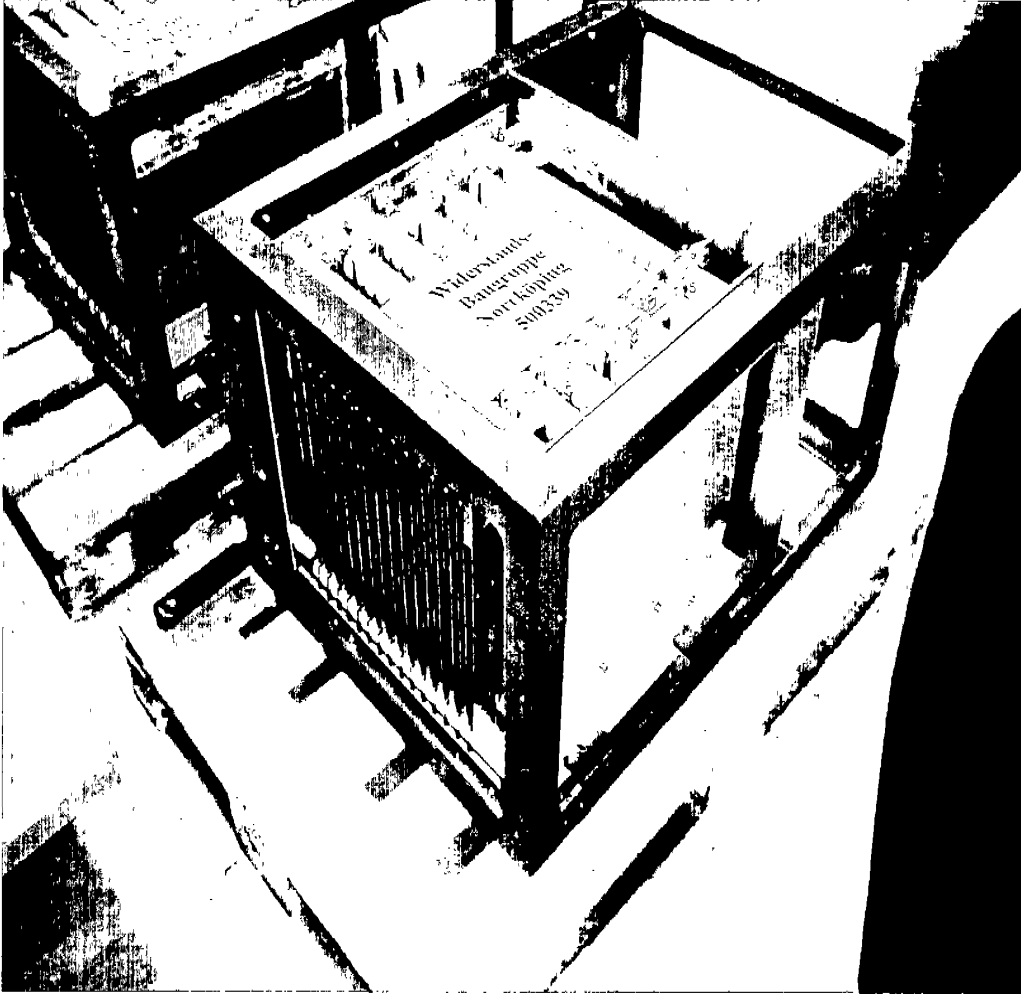
斷電器



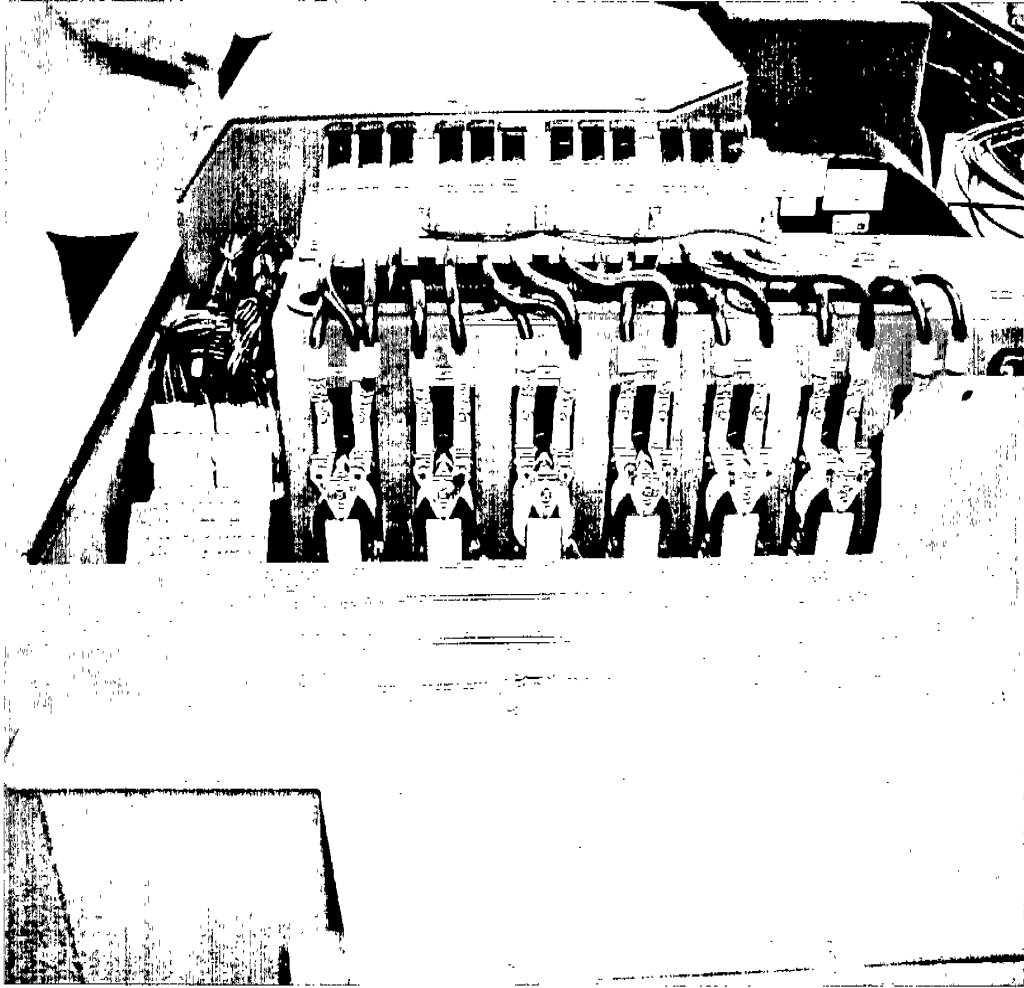
電源變壓設備



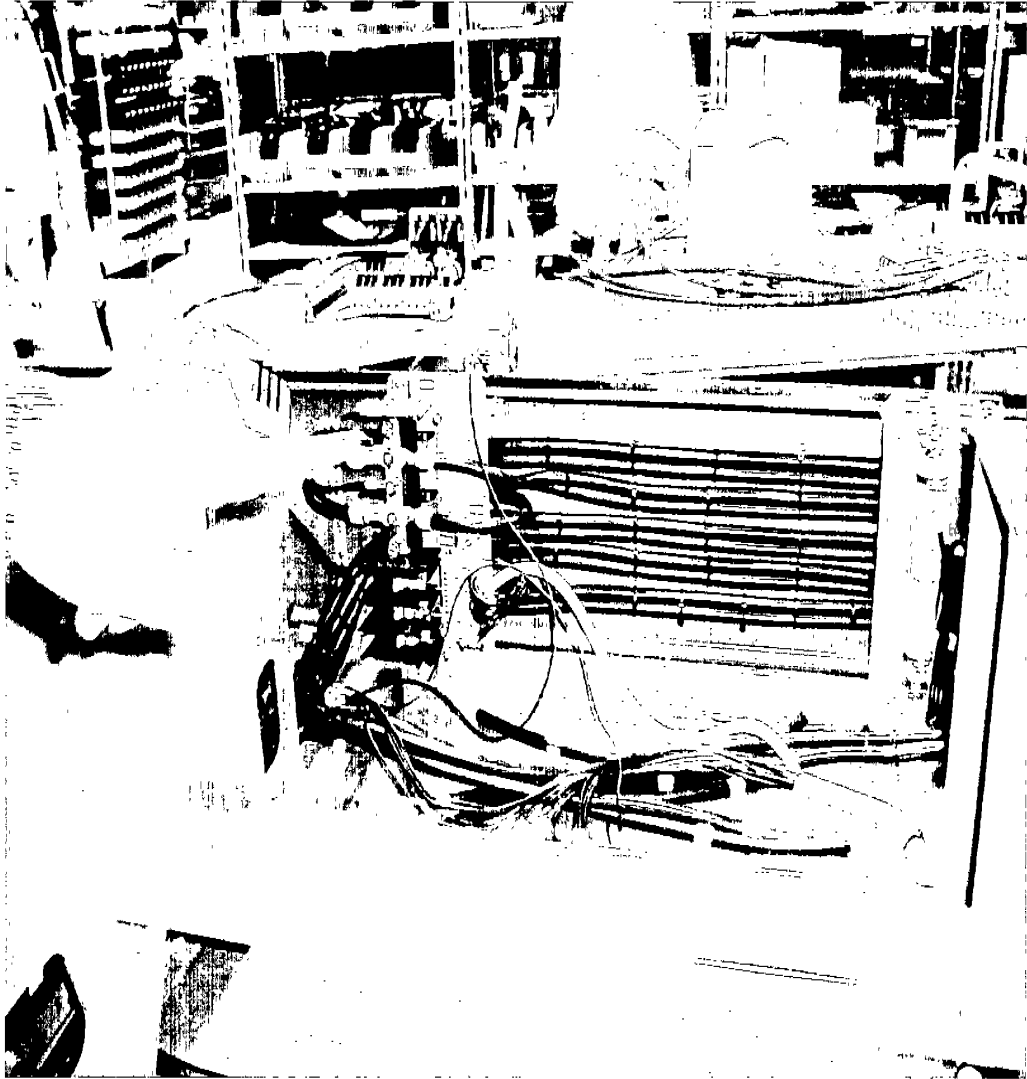
煞車電阻



高壓接線



高壓電纜配線



散熱風扇

