

內政部登記證警字第一〇七四號



中華民國二十四年十二月出版
國立交通大學唐山工程學院印行

交大唐院季刊

第四卷第四期目錄

贛閩鐵路線踏勘紀要	王修欽
建築川湘鐵路之討論	夏憲講
黑白交錯圖之排列法	羅河
近代鐸接工程(二續)	張維合譯 高超

雜俎

理論的材料力量及其實際的弱點

防止水浸及潮濕法

直立牆式防浪堤上之浪擊作用

護岸之柏油沉墊

鋼骨混凝土圖表

混凝土之簡易混合法

卷末贅言

贛閩鐵路線踏勘紀要

王 修 欽

(贛閩路線踏勘報告書係浙贛鐵路贛閩路線踏勘隊所編著。該隊隊長係本院第四班畢業校友王修欽君，此外尚有毛工程司厚舉，李工程司之久，經濟調查主任朱懿達先生，調查員陳佩玉先生，事務員唐先訓先生，均係該報告書之編著者。茲以該書內容豐富，贛閩鐵路且有在最近將來興築之可能，故亟為擇要發表，以廣流傳云。記者附識)

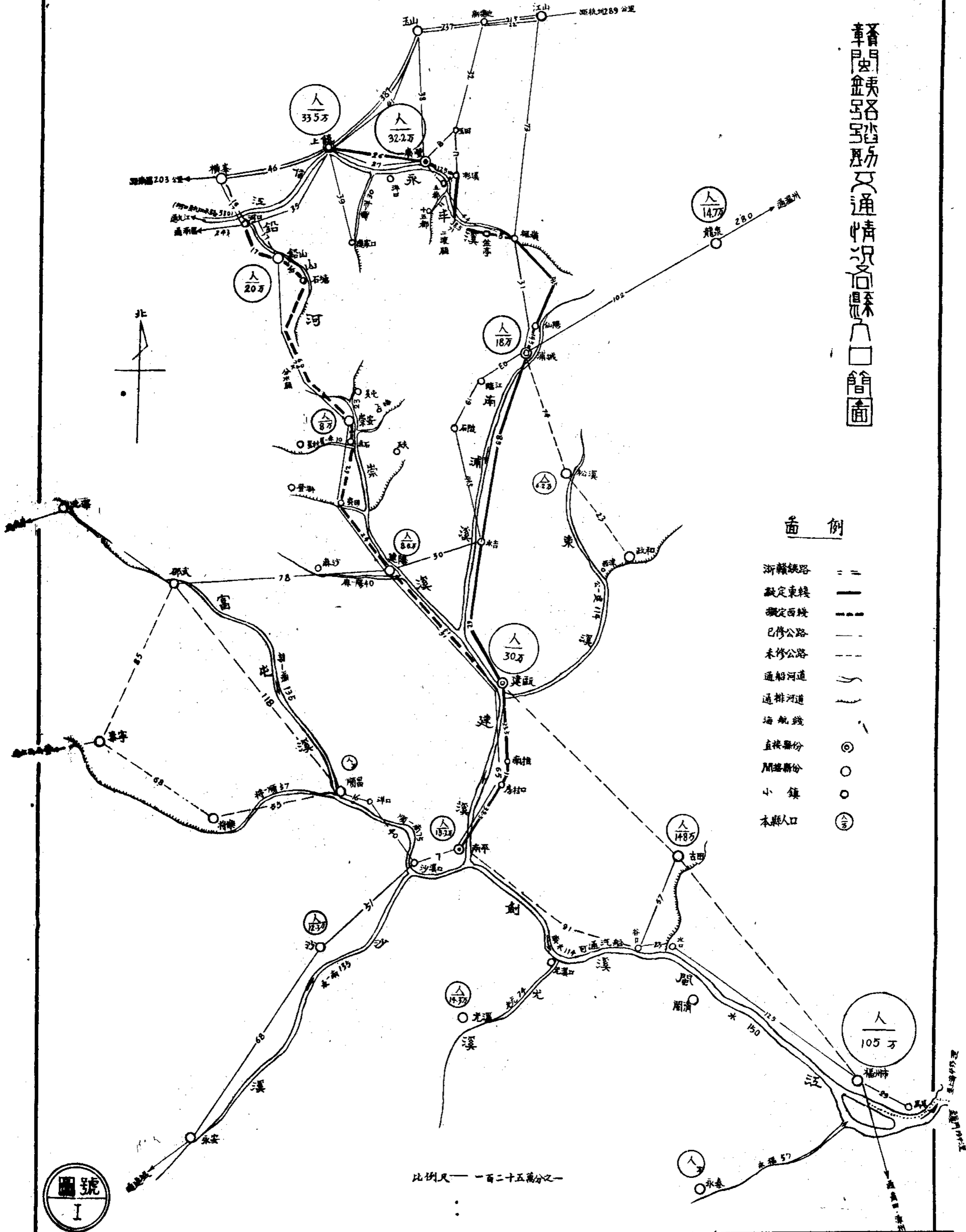
緒 言

查閩贛二省，東西毗鄰，邊境接壤，亘二千里，徒以仙霞武彝杉嶺諸山脈，橫阻其間；故雖名為鄰省，而一切反形隔閡。曩日行旅往來，貨物運輸，除少數徒步及肩挑外，大都假道長江東海及閩江，迂迴曲折，耗時費財，莫此為甚！近雖有鉛崇光邵等公路正在興築中及廣浦路（尚

浙江省各縣交通情况圖

圖例

- 浙贛鐵路 = = =
- 擬定東綫 — — —
- 擬定西綫 - - - -
- 已修公路 — — —
- 未修公路 - - - -
- 通船河道 ~ ~ ~
- 通排河道 ~ ~ ~
- 海航綫 — — —
- 直接縣份 ⊙
- 間接縣份 ○
- 小鎮 ○
- 本縣人口 (人)



待整理後通車)將來堪以通行，然僅能稍紓少數旅客跋涉之苦，難收其他效用。夫鐵路為發展經濟，溝通文化，鞏固國防，唯一之工具，而贛閩兩省間，尚無興築任何鐵路之動機，殊深慨嘆！環顧贛閩兩省，歷年飽經匪患，農村經濟已瀕破產，尤以閩北贛東為甚。最近數年水旱災荒，接踵而至，民何堪命！益以二次世界大戰，迫在睫眉，東亞和平，深慮破裂，屆期尤恐無法自衛。閩省府洞鑒及此，故毅然決然提議興築贛閩鐵路，一面電陳蔣委員長；一面咨請浙省府轉飭本路派員踏勘線路，此本路奉命組織贛閩線路踏勘隊之所由來也。復查贛省業有浙贛路正在興築，橫貫全省東西，完成在即；而閩省按中央預定計劃，原期修築幹綫二道：(一)京粵中段經浦城建甌南平等縣，直貫閩省腹部，而抵粵境，為吾國東南要道，亦即為入浙入粵必由之路。(二)福昌東段自福州經南平邵武出杉關抵南昌轉入鄂境，橫貫閩省東西，為入贛之要道。如第一第二兩綫同時舉辦，則中央及地方均無此財力。茲擬先就第一綫範圍內，逐步進行，暫以閩省南平為起點；或由建陽崇安出分水關而達贛省之上饒(或橫峯)；或經建甌浦城出二渡關繞廣豐而達贛之上饒，(或浙之新塘邊)，俾與浙贛路銜接，二者擇其工程較輕，務於短少時間內可期興築完成者，先行舉辦之，俾將中央預定閩省築路計劃，分期實現，此又此次踏勘贛閩線路所擬之東西二綫所由來也。爰本此旨，將該二綫實地踏勘，並將經過情形，暨工程計劃，以及沿綫經濟狀況，彙述於后，以資探討。尚望國中人士有以教政之。

踏勘經過及擬取綫路

奉命組織贛閩綫路踏勘隊，遵即籌備進行，旋於廿四年六月初旬一切均已就緒，惟因贛閩兩省府頒發護照，猶未寄到，故遲至六月十五日始由衢縣集中出發，全隊除隊長外，計有工程人員二，經濟調查員及主任各一，事務員一，測工小工七人，（此外另向當地僱臨時工一二人俾作嚮導）當日經由玉山轉往上饒，蓋暫以上饒為東西二綫銜接浙贛鐵路處，并便於接洽保護問題也。十六日往謁當地軍政各長官；請求派隊保護，並請指導關於東西二綫經過地點之意見，以資參考。十七日開始視察信河過河地點，緣浙贛鐵路及上饒車站均在信河北岸，故贛閩綫路非過河不可。茲以車站為中心，各信河上下各十餘里之內，勘得東綫過河處，以文筆峯山脚劉家塢為最優；西綫則以龍潭為佳。信河橋址既經勘定，乃預擬東西二綫踏勘程序，當決擬先往二渡關視察東綫，并擬到達二渡關後，折回上饒，再往分水關視察西綫，然後由分水關入閩，俾將贛境內東西二綫首次各段，先行踏勘完竣，以便注全力勘測閩境內其餘部份綫路，以期完成東西兩綫，以資比較。計劃既定，乃於次日整隊由上饒出發，向廣豐二度關（東綫）一帶前進。

東綫首段，（即上饒廣豐間）查上饒廣豐間共有三綫

：一、循舊大路，（經蔡家街）二、沿饒豐公路，（經洋口鎮北部）二綫均在廣豐溪北，三、靠廣豐溪南岸。（經洋口鎮，此綫雖為東綫，但信河橋址，須在龍潭，與上二綫不同。）茲先視察廣豐溪南岸綫，（即第三綫）因該綫與礦區接近，故有勘察之必要，（甲）廣豐溪南岸綫，該綫接上饒車站，由龍潭過信河即用一直綫抵車頭村，經象鼻山，嗣後沿饒豐公路之東，抵皂頭鎮，旋即離公路，改沿廣豐溪南岸，過港口溪，水門溪，（二溪各寬約60公尺）以達洋口鎮，車站宜設鎮西，洋口鎮又有沙溪來會，寬52公尺。鎮東山嶺環繞，倘綫路採用1%坡度，約計土石方填挖尚須在10公尺左右，殊不相宜。不得已乃改在拳頭山腳過廣豐溪，該溪此處寬約160公尺，嗣後綫路，即沿溪北，并在饒豐公路北面而行，直達廣豐縣城，尚屬平整。在縣城西門外，須另過西溪，寬約30公尺，車站宜設於大小北門間。本綫自上饒車站至廣豐車站，計程約30公里，綫路既長，橋梁亦多，（除信河外其他橋梁總長共約395公尺）雖土石方略省，終難抵橋工及護岸（因沿廣豐溪護岸工程甚大）工價，故此綫實無足取，僅資比較而已！（乙）饒豐間舊大路綫，（即第一綫）該綫亦由上饒車站出又，東行約二公里許，經小溪坑折而南入上饒城，經中心小學操場後出城，在浮橋上游過信河，經劉家塢文筆拳山腳，循左手山邊，高處半填半挖而行，以免多拆房屋，至七里壩與饒豐公路相遇，（不沿公路）經潘嶺，南十里，溪邊，夏源諸村，綫路均在舊大路之南，循小溪而行，迨至蔡家街附近，綫路改在舊大路之北，蔡家街設站，應在

其北面，由此往東，經青金山，牌坊店，十八里，界牌，王福橋而達廣豐縣。綫路均應在舊大路之北，廣豐車站應設於城北，沿綫經數處山腰，土石方填挖須在八公尺以上，方可將綫路坡度減小至1%以下也。本綫大部在山壠內，自王福橋至廣豐一帶綫路甚曲折，餘尚平整，自上饒站至廣豐站共計程26公里，就大體而言，本綫里程最短，除信江（上饒城南）西溪（廣豐城西）外，無其他大橋；且土石方亦不甚大，護岸工程幾全無之，故綫路實較他綫為優，自可選用。至穿越上饒城一節，曾一再探詢當地軍政長官意見，似亦無妨，且信江洪水位甚高，橋座土方幾與城垣同高，實係跨越城牆，而無折牆開缺之必要耳。（丙）沿饒豐公路綫，（即第二綫）該綫自上饒車站起，其穿城過河經劉家塢而達七里壠一段，與（乙）綫同，惟自七里壠至洋口鎮，中途須經三條崗，土石方工程浩大，綫路亦甚曲折，頗不相宜，自洋口至廣豐一段，則又與（甲）綫同，因該段沿廣豐溪北岸，護岸工程甚大，故本綫實難與（乙）綫比擬，亦無選用之價值。

東綫首段其他綫路，東綫首段除饒豐間，各綫應採取（乙）綫（即沿舊大路之綫路）已如前述。此外尚有浙贛路沿綫，玉山新塘邊二處，亦應測勘。此二處現已有公路通廣豐，惟察得玉山廣豐間須經大南嶺該嶺除鑽隧道外，無法通過，亦無法避免，故玉豐間綫路殊無採用之可能。而新塘邊廣豐間綫路雖可通行，然距離較長，（自新塘邊至廣豐計程約40公里較（乙）綫約長14公里）全部綫路極曲折，土石方工程浩大，雖無大橋如信河橋者，但尚有40

公尺者一座，20公尺者二座，15公尺者二座，約計全綫土石方橋梁造價，較（乙）綫為高，且新塘邊車站地點狹小，將來不易發展；而其軍事上及商業上之重要性，更難與上饒相提並論，故東綫首段綫路仍以（乙）綫為最適宜也。

○東綫次段，（廣豐二渡關間綫路）廣豐二渡關間綫路亦有二道：（一）經由五都桐家坂而達二渡關，（二）沿廣豐溪右岸經杉溪鎮直趨桐家坂，以達二渡關，查五都在廣豐溪河套之內，故第一綫須築大橋兩座，各寬約140公尺，（大小橋梁總長約300公尺）且廣豐五都間須經狹長之山壠，綫路極曲折，土石方均大，并與公路交叉極多，殊非所宜，故此綫實無足取。第二綫自廣豐站直趨釣魚台下游過小山腰，達溪邊，沿溪右岸而上，經傅家村二都東山入杉溪鎮；（綫路應在鎮後并應設站）再出至溪邊，沿長生河（即杉溪河）而上，至下周坂附近小石山腳下，過杉溪河即與第一綫交接矣，計自廣豐至下周坂計程約17.5公里，此段綫路大致平整，惟杉溪鎮附近，及長生河沿岸，約兩公里之譜，鑿石工程較大，折讓房屋亦多，（此處將來實測時，須先做詳細地形，以便定綫，）而釣魚台及長生河附近，則另需護岸砌石約二公里，以免沖刷路基，沿綫最大橋梁為長生河，（即杉溪河）寬約60公尺，此外尚有四座，寬度均在30公尺以下；自廣豐至下周坂大小橋梁總長僅約140公尺，以視第一綫之橋梁，總長300公尺，其造價已減少十餘萬元矣。故本綫（即經杉溪鎮之洛河綫）雖較第一綫（即經五都之穿河綫）略長二公里許，然綫路較優，橋梁稀少，已足取價而有餘，至將來沿綫取磧，及

運輸材料之便利，又其附帶之利益也。自下周坂往東南，即進山壠，綫路須在公路左邊，傍山坡而行，約須用 0.9% 坡度，以便減少毛整關鑿石工程，出壠口即抵砂田村，綫路宜在公路北邊，由此往東，經洪澤，山頭，乃至桐家坂。該數村歷經匪患，人烟稀少，房屋大都燬損，景狀極慘！嗣後愈近贛閩邊區，情形愈壞，散匪十數成羣，晝伏夜出，行旅視為畏途，幸本隊隨帶衛兵數十名，故尚堪通行。桐家坂宜設站在其西首，再東行，經下楊，石家嶺，比古，馬鋪嶺，安鋪嶺，乃抵靖安，再東北行，約一公里，即抵二渡關，查毛整關、馬鋪嶺、安鋪嶺等，其嶺頂約高出嶺脚三四十公尺不等，故嶺前後綫路須用最大坡度約 0.9% 或 1%，如此，則鑿石最深處，猶在十公尺以上。所幸鑿石距離尚短，（每處約長八九十公尺）故該項工程尚不致十分艱鉅，下周坂、二渡關間，計程約 23. 公里，沿途無大河，最大者為比古河，寬不過 30 公尺，餘均在 15 公尺以下，總計橋梁長度約為 160 公尺。

自上饒至二渡關（河邊）共計 67.0 公里，高度差為 77 公尺，故平均綫路坡度約為 0.12% 頗合鐵路綫路之用。

全隊員工抵二渡關後，當折回上饒，乃從事踏勘西綫，旋經實地勘察，得悉上饒分水關間，因被嵩嶺阻隔，不能通過，不得已，改由橫峯經河口、鉛山至分水關，但其中段又成問題！（中段自車盤起經分水關直至洋莊止，計程約 30 公里，）除分水關須築隧道約長五公里外，而隧道兩端綫路，平均坡度仍須在 2% 以上；他如鑿石工程之艱鉅，綫路之曲折，（分水關前後，均有小溪，水道極曲折，

坡度極大，綫路必須循小溪而行：否則更須添做隧道十數公里，）又其小馬者也。如此情形，則該段綫路非鉅大資本，兼極長時間之工作，（預計該30公里綫路，需費約七八百萬元，歷時約十年以上，始克完成，）難期完成，默察贛閩綫路需要之迫切，與夫各方面經濟之狀況，在在均成問題。故西綫首尾兩段，雖可通行，（首段自橫峯起，經河口，鉛山，石塘，而達車盤，尾段自洋莊起，經崇安，建陽，建甌，以抵南平，）而中段則殊無辦法；故西綫雖經踏勘完畢，僅資參考而已，實無比較或討論之餘地也。（西綫自橫峯起至南平止，總計里程為289公里）西綫踏勘既竣，乃溯建溪浦溪而上，經浦城仙陽，黃村橋，畢嶺，官路，廟灣，盤亭，而達二渡關，因以完成東綫，茲為敘述方便起見，本編擬將踏勘經過情形，及其記錄，改由二渡關向閩省方面推進，（假定踏勘隊由二渡關入閩，以達南平，）以資銜接，而循次序。東綫中段，東綫首次兩段（自上饒至二渡關）踏勘經過情形，已如前述，茲將中段綫路情形，詳述如左。

查廣豐溪正源出於閩省浦城縣東北境，該溪另有較小支流，出自畢嶺附近。故由畢嶺官路循溪而下，經河村，蔡村，前村，廟灣，柳家墩，楓嶺脚，盤亭，以達二渡關，可通行無阻。本段綫路，即擬由二渡關，溯此溪而上，經畢嶺隧道後，乃循浦溪而下，以至浦城，雖溪邊鑿石，及畢嶺隧道工程艱鉅，然此外並無其他較優綫路。（至如江浦公路廟灣至漁梁一段，中經五頭漁梁諸大嶺，為鐵路綫路所不能通過者，殊無比較餘地。）

二渡關係在河套中，故名，本段綫路擬沿溪右邊而行，不經開口，藉免築橋兩座，以資節省。（每座寬約75公尺）該河套外邊（即溪右岸）經此次詳細察勘後，其長度僅一公里許，鑿石工程雖鉅，仍較築橋兩座總價為低，故綫路仍應沿溪（右岸）而行。自此經界牌至分水嶺西口，（不過分水嶺仍沿溪邊而行）迨抵棠嶺附近，應築橋過溪，嗣後即循溪左邊前進，經盤亭楓嶺腳直至廟灣附近，又應築橋過溪，綫路改沿溪右岸而行，更進而至河村附近，復須築橋過溪，綫路旋即靠溪左岸而行，經官路之南，即抵畢嶺矣。自二渡關溪邊至官路計程31公里，高度差為140公尺，故綫路平均坡度約為0.45%，頗合鐵路綫路之用，此段沿綫無其他大溪，惟跨越本溪三次，但橋梁工程則不甚大，每橋平均寬度約40公尺，（河底均係石層水極淺）連同其他小橋在內，總長約150公尺，棠嶺，盤亭，廟灣，均應設站。沿綫鑿石工程甚大，而築橋過溪，忽左忽右者，亦正以避免小山洞，及急灣道耳。自官路附近，至畢嶺綫路，須用0.9%坡度，溯支流（正流由東而西，支流由南而北，）沿山邊而上，綫路應先入畢嶺西鄰山谷內盤旋而行，出而轉入其對面山坡，循山坡而上，達小山崗，（此小山崗正對隧道北口）乃以一直綫，通過畢嶺隧道，其南口即係閩江流域浦溪（即經浦城之溪）支流矣。故畢嶺實為廣豐溪與浦溪兩大溪之分水嶺，亦即東綫全部最重要之關鍵處也。該嶺高而薄，其嶺頂約高出海面850公尺，南北隧道口高度約為690公尺其與官路附近溪邊高度差約為70公尺，故綫路須自隧道北口八公里以前，即將

坡度加大至 0.9 %，以便抵隧道前，得相當之高度，俾減短隧道長度，惟據此次測勘結果，該隧道長度約在一公里以內，900 公尺以上也。至其他附近山嶺，就探問所及，實無較此嶺更薄者，故此嶺為獨一無二綫路必經之處，殆無疑義。惟該嶺前後數公里，須於實測時，做極詳細之地形，以便定線，而資慎重。

自畢嶺隧道南口起，綫路應用 0.9 % 坡度沿山坡而下，至蔭章附近，始克降至平地，由蔭章至仙陽多係平野綫路，可沿舊大路而行，由仙陽至浦城亦係平野，綫路應循江浦公路東面而行，蔭章仙陽均應設站，浦城為閩北唯一重要縣城，無論軍事及商業上均佔優越地位，故車站須設於相宜地點，以便日後發展，茲查得縣城西北兩方，均有廣大田地，堪充車站之用，而又接近江浦浦延公路各站，殊覺便利。

自官路起通過畢嶺隧道，經黃村橋以至蔭章附近，計程十一公里，綫路在隧道北者為上坡；在南者為下坡，其平均坡度約為 0.9 %。自蔭章經仙陽至浦城，計程約 29 公里，高度差為 65 公尺，其平均坡度約為 0.23 %，堪稱滿意。總計東綫中段，自二渡關河邊，經畢嶺隧道以達浦城，里程為 71 公里，由浦城再往南行，經水吉，建甌直抵南平，是為東綫尾段。茲將該段踏勘經過情形，詳述如左：

東綫尾段（自浦城起經水吉建甌以至南平）由浦城往南，綫路應沿南浦溪右岸，直趨觀前，另有臨江溪自西來會，綫路應不過臨江溪，惟在該溪之北築橋過南浦溪，寬約 130 公尺，嗣後綫路即沿南浦溪左岸，（即東岸）南下

，經水北，舊館，馬嵐，迴龍，水吉，小湖，桐窟，徐墩子等諸大村鎮，以抵建甌。自浦城至建甌，計程 145 公里，高度差為 150 公尺，故平均綫路坡度，僅為 0.1 %，殊覺滿意。惟沿溪邊，鑿石工程仍鉅，不無遺憾耳。上述各大村鎮均宜設站，而建甌站尤應在相當地點，俾得與東西二大溪水運連絡，以期日後發展，茲勘得縣城東北角田地勢較高，頗堪應用，（經路原繞縣城東北二方而行，不沿溪邊，因西南方溪邊地勢狹窄，不敷設站之用，且需拆除多量房屋也，）故建甌車站，宜設縣城東門與北門間，出車站往南，即須築橋跨越東溪，寬約 150 公尺，由此往南，綫路仍延建溪左岸，（即東岸）經路口，南雅口，房村口，硬埕等諸大村鎮，而抵南平，此為東綫尾段終點，亦即全綫之終點。其車站應設在縣城東面對岸。踏勘至此，暫告一段落矣。自建甌站至南平站計程 67 公里，高度差僅約 35 公尺，平均坡度約為 0.05 %，綫路堪稱優良，南平站地點雖不寬敞，惟該處僅係臨時終點，暫可應用，迨將來延長至閩南入粵，以期作京粵綫中段，或東行展修至福州，接通海口，屆時自宜另籌規模較大之終站站址，以資適用耳。

東綫概要 查東綫起自上饒湖廣豐溪而上，經畢嶺隧道復乃循浦溪建溪南下，終於南平，綫路總長為 350 公里，沿綫最大橋梁：為信河橋（在上饒）寬約 300 公尺；其次，為東溪橋（在建甌）寬約 150 公尺；再次。為南浦溪，（在甌前過河）寬約 130 公尺；其餘各橋寬度，均在 60 公尺以下，總計大小橋長度為一千五百餘公尺，平均每

公里抵合梁橋 4.4 公尺，尚屬不多。其最艱鉅之工程，為沿綫山邊鑿石，及畢嶺隧道二項，是在實測定綫時，隨時隨地加以注意，或能減少經費於什一耳。全綫最大之坡度，約為 1%，最急之灣道半徑，約為 300 公尺，尚稱滿意。至沿綫沙，礫，木，石，之產量，堪稱豐富。水運除中段綫路外，亦甚便利。他如人口，物產，數量均較西綫為多，惟歷年飽經匪患，農村破產，工商業不景氣，則為普遍的現象，恢復原狀，非短期間所能辦到，亦惟待本路之成，有以促進之耳。

經濟調查緒言

一、沿綫經濟概況

甲、路綫概述

按贛閩路綫原經擬定東西兩綫如下（參閱附圖）一：

東綫 自上饒起點，東行經廣豐，越二渡關，經浦城，建甌至南平，計長三五〇公里。

西綫 自橫峯起點，經河口，鉛山，石塘，越分水關，經崇安，建陽，建甌而至南平，計二八九公里。

乙、東西兩綫經濟概況及其比較

1. 東綫概況

上饒當永豐溪（即廣豐溪）與信江之交點，北至玉山，東達廣豐，西通河口，商業原稱旺盛。現在火車通達，

嗣後凡廣豐，河口一帶進出貨物，均將由此轉輸，不啻爲一水陸聯運碼頭，貿易前途，當更有望，物產以應家口，鄭家坊之茶；鐵山，上爐坂之紙；呂崗鼓順頭之煤爲大宗，茶、紙銷售滬杭；煤售上饒，河口轉銷沿江各地。

廣豐在永豐溪旁，西循水路通上饒、南昌，東由陸路達浦城，素爲贛東與閩北貿易之樞紐。凡由贛入閩之瓷器、棉布、夏布、花爆、石膏、石灰、藥材、畜牲，以及由閩入贛之米穀、竹筍、香菇、藥材，均在該地交易轉輸，往年盛時每逢市集，廣甬路上，肩伏販卒不下一二千人，此爲廣豐之特點。物產以廿四都之菸葉，十五都之茶葉，木材，楓嶺、排山之煤炭、石灰爲大宗。菸銷滬杭及非洲埃及，昔年并有日人親來採購，足見其依質之可貴。木料、煤炭銷售河口轉運沿江各地，石灰則銷浦城，作肥田及製紙之用。

杉溪五都在永豐溪上游，爲廣豐菸葉集中輸出之地，有汽車直達本路新塘邊站，商業均稱興旺。

浦城爲閩北門戶，東出龍泉循甌江達溫州，北出江山由本路通滬杭，西出廣豐循信河達南昌，南與松溪、政和、崇安、建陽、建甌交通，更形便捷。凡建寧府屬各縣進出貨物，均由該地轉輸，故其貿易之發達，爲閩北各縣之冠。境內沃野較多，產米甚富，銷廣豐，龍泉，建甌。木材、澤瀉、米仁、香菇、紙張亦爲出產大宗，銷滬、杭、漢、溆、閩南各地。

建甌今日不過爲一過路碼頭，如本路通車，將爲附近各地商貨集散匯轉之地，蓋以南浦溪、崇安、東溪均在該

縣境內匯往建江，凡政和、松溪、浦城、崇安、建陽、及本縣出產之米、茶、筍、木、藥材、香菇、均可順各支流南下集中甌城外運也，建江沿岸水吉、南雅、房村，均為茶、筍、木、藥材集中輸出之地，商業尚旺，礦產有梨山之煤，水吉之鐵，東游之金，惜用土法開採，所產甚微。

南平與建甌相彷彿，現在亦僅為一過路碼頭，在商業上無足可述，物產亦甚微薄，惟其地南接閩江，西通富屯溪，一旦路線完成，設立終站，則閩江下游之菓品魚鹽，食糖以及富屯溪之木材、筍、紙，均將集由該地輸出，勢為閩江貨運之尾閭矣。

2. 西綫概況（除上已述必經各地）

橫峯地勢偏溢，萬山錯結，僅為一政治區域，似無商業足述，今玉南段設站於此。

鉛山為贛東惟一出產文化用紙之區，蓮史，玉版，關三，毛鹿，素負盛名，分由陳坊、湖坊、河口、石塘外運，銷售滬、漢、平、津各地。茶葉，煤炭，亦有出產，運銷滬、杭及信江各地。

河口石塘均稱鉛山重鎮，河口為贛東與崇安貿易之樞紐，商業旺盛。石塘不啻為崇安嵐谷之出口，凡嵐谷運出之紙，運進之雜貨，均由該地轉輸，市面尚盛。

崇安為閩北產茶最著之地，茶市集中赤石、星村，輸運福州，轉銷南洋及歐美各國。此外米穀，木材出產亦富，惟該縣陷匪二載，社會經濟，全告破產，據當地人士聲述如無特殊之建設功力，恐非十載所能恢復云。

建陽面積狹溢，物產亦無足可述，惟現在為建（陽）

崇(安)、建浦(城)、建邵(武)各公路發軔之地，交通比較方便耳。

3. 東西兩綫之比較

查東西兩綫經濟狀況，已述於上，茲為明瞭兩綫優劣，以憑扶擇起見，用再分別比較述之於次。

(一) 就物產方面比較 就物產比較，東綫較西綫富足，東綫如上饒之煤、紙、茶、夏布、雜糧、植物油；廣豐之茶、茶、煤、木、石灰；浦城及建甌之米、木、茶、筍、紙、香菇、藥材，均極豐饒，統計全綫輸出年達六十餘萬公噸，總值一千四百萬元(附表四直及表五東)。西綫橫峯本鮮出產，惟鉛山、崇安二縣較富，鉛山之紙、茶，崇安之茶、木、紙、筍，向稱大宗，惟邇來迭遭匪患，產量已減，至建陽略產米、木外，他無足述，統計全綫輸出年約五十萬噸，值洋約一千六百萬元(其中茶葉價值，故總值較東綫為鉅。)計較東綫少十萬噸(附表四及表五西)，此東綫較勝於西綫者一也。

(二) 就人口方面比較 就人口比較，東綫稠密甚多，如上廣兩縣，各在三十萬人以上，浦城亦達十八萬人，總計全綫約一百二十九萬人。西綫除鉛山有二十萬人外，其餘橫峯、崇安、建陽，各不滿十萬人，總計全綫僅八十五萬人，較東綫少四十四萬人，此東綫較優於西綫者又一也。

(三) 就進出口貿易比較 查東綫物產既富，人口又多，其進出口貿易，自較西綫為鉅，加以浦城、廣豐，素為閩北贛東間貿易中心，統計東綫全年進出口貨物總計六

十五萬公噸，總值約二千六百萬元（附表五東及表六東），西綫僅五十二萬噸，總值二千四百萬元（附表五西及表六西），計較東綫少十五萬噸，此東綫優於西綫者三也。

（四）就交通狀況比較 查東綫由上饒廣豐越二渡關經浦城入閩，及西綫由河口、鉛山、車盤，越分水關經崇安入閩，二路均為贛閩間二大驛道。惟東綫浦城通江山、廣豐、龍泉、松溪、政和、建陽各縣，廣豐通江山、玉山、上饒，各縣，交通所及，範圍甚廣。至西綫建陽雖通浦城（城）、崇安、邵武各縣，但無甚貿易可述，崇安因地勢關係，僅通鉛山較便，鉛山、橫峯雖通上饒、崇安，商業亦微，故就沿綫交通狀況言，東綫亦較西綫為優也。（附圖一）

（五）就估計營業收入比較 就估計營業收入比較，東綫因人口較多，貿易較鉅，客貨運收入年可二百二十五萬元，西綫經濟狀況較差，收入年僅一百六七十萬元（附表十一客及表十一貨），此東綫較佳，甚為明顯也。

（六）結論 總上所述，東西兩綫，無論就物產、人口、貿易、交通、營業收入各方面比較，均以東綫為優，是本路應取東綫，已無疑義。東綫既成，西綫崇安、建陽之出產，仍可循崇溪水路南下建甌外運，仍不出本路範圍，所棄者，僅鉛山一縣，但鉛山、河口一帶貨物，必取道信江至上饒，要亦不出浙贛綫範圍也。

至於兩綫里程，東綫（三五〇公里）雖較西綫（二八九公里）長六十一公里，但東綫工程較易，建築經費較西綫為省，亦足彌補焉。

二、贛閩鐵路修築後之功效

贛閩綫經濟狀況，既如上述，茲再就查勘所得一述該路之功效。查浙、贛、閩三省邊境為仙霞山脈所綿亘，交通素極艱難，彼此客貨往來，均須繞道東海及長江，迂迴轉折，不便殊甚，致使閩省固有天產，不克盡量發展，與浙贛間之貿易，未能趨於繁榮，馴至社會文化，異常落伍，凡此諸端，要非鐵路貫通，所能補救，爰將本路修築後對於閩省經濟方面之功效，分別節述於後。此外與政治軍事之關係，早為有識者所共喻，因不在本文範圍，不具論列。

I. 解決閩北運輸困難 查閩北萬山錯結，交通阻梗，商貨運輸，端賴閩江支流，惟該江河床如梯，水如瀑瀉，加以礁岩星佈，航行之險，世稱蜀江第二，運價奇昂，時間極費，計自浦城至福州四百三十七公里，船價每百公斤三元七角，需時七八日，上水倍之，而觸礁覆沒之險，尤難勝計。加以沿江盜匪嘯聚，捐稅重疊，更使輸運困難。其往滬、漢各埠，除崇浦兩縣可由內地直達外，其餘各地，必須道出福州繞由海道而行，川資時日，更屬糜費。例如筍乾一百公斤，由建甌至漢口，川脚祇少八元（捐稅不計在內），沿途納稅轉儀，非半月不能達，致使閩北特產，不易外銷，進口貨物，成本陡昂，社會經濟，因以衰頹。一旦本路築成，東出杭玉，而達京滬，西接玉萍而通漢潯，凡閩北、閩南、與滬、杭、潯、漢間往來客貨，均可改由車運直達，閩北運輸，得以通暢，此本路之貢獻一也。

2. 振興閩省固有特產

(一) 林產 福建為我國有名林區，閩北產林尤富，由閩江支流下運福州出口，銷售天津、營口、寧波、長江、台灣、閩南各地，昔年曾達二三千萬元，邇來一落千丈，跌至三四百萬元，（見福建對外貿易統計第十四頁），蓋以木材下運，沿途盜匪勒索，運伙刁難，捐稅盤剝，致成本陡昂，無法銷售，加以洋木侵銷，使本木銷路益蹙，遂成今日衰落之局，此有待於本路完成，使之暢銷無阻，方足有濟。

(二) 礦產 查贛東上饒、廣豐之煤礦，閩北崇安之鐵礦，建甌之鐵礦、金礦、煤礦，以及南平、邵武之銅礦，藏量均富，祇因交通不便，多未攢採，此亦待本路完成，方能促進開發。

(三) 菓產及海產 閩南濱海之地，鮮菓、魚類，出產甚富，菓品如桔子、桂元、荔枝、橄欖、香蕉、梨、棗子、及其他菓品，每年輸出約一百餘萬元，海產每年亦有七八十萬元（見福建對外貿易統計第十六頁），祇以輪船裝運，時間迂緩，設備欠周（如缺冷藏庫以資保藏），苦於無法遠運，致產量難期增進。如本路通車，則因運輸便捷，設備較善，使此項鮮菓鮮魚，得盡量輸銷內地，轉足以促進生產，此又本路開發閩南產業之貢獻也。

(四) 此外茶、筍、紙、香菇、藥材等亦為閩南大宗出產，因鐵道運輸之便利，必可增進產銷數量，裨益經濟，自非淺鮮。

3. 促進閩北內地國貨之推銷 查閩省濱海，航運較便

，更以密通台灣，受日本經濟勢力之侵略，所有輸入貨品，幾於全屬日貨，而國貨則因閩北內地交通不便，反無由輸入推銷，致使閩省各地，形成日貨市場。此後本路通車，則閩省所需之大宗進口貨品如米糧、布疋、棉紗、瓷器、藥材、及各種工藝品，均可由贛浙兩省盡量輸入，不致再須仰給外買，此固不僅促進二省間之貿易已也。

工 程 計 劃

贛閩綫路（東綫）之在閩省境內者，為先總理實業計劃中南京嘉應綫之一部份，亦即最近中央豫定京粵綫之一部份，茲將該段綫路展入贛境，與浙贛鐵路（在上饒）銜接，此即本路經過之概要，而亟擬計劃估計興築者也。查該綫將來必須展修至閩南，或閩東，成為吾國疆東南海國防要綫，殆無疑義，一切工程設施，自應採取浙贛鐵路玉萍段最近之計劃為標準，以期一勞永逸，並期一致。惟為適合目前各方面經濟狀況起見，則不妨審時度勢，力圖節省初期資本，以不礙及工程之安全，並為將來預留改善地步為原則，爰本此旨，臚列計劃如左：

- （一）鋼軌及配件 鋼軌採擬用玉南段標準，每公尺重 31.16 公斤，外接板重 12.16 公斤，內接板重 12.29 公斤，螺釘每個重 0.70 公斤，道釘每個重 0.29 公斤。

- (二) 枕木 每根尺寸為 $6'' \times 8'' \times 8'-0''$ ，正綫每節十二公尺長軌條，計用枕木十八根，側綫則用十六根，此項枕木，擬盡量採用就地松木，以期推銷國貨，餘數仍擬採用外洋材料，以補不足。
- (三) 軌距 採用標準軌距 $4'-8\frac{1}{2}''$
- (四) 道渣 正綫每公里 1370 公方，側綫 970 公方。
- (五) 路基土石方寬度及邊坡等 填土邊坡擬用 $1\frac{1}{2}:1$ ，挖土邊坡 $1:1$ 軟石邊坡 $1:\frac{1}{2}$ 硬石邊坡 $1:\frac{1}{4}$ ，路基填土高在六公尺以下者寬為五公尺，高在六公尺以上者寬為六公尺，挖方路基寬度一律為四公尺半，旁溝寬度，視地質而異，由 45 公分至 110 公分，馬道一律為三公尺。
- (六) 橋梁 遵部定國有鐵路標準載重計劃，參酌本路經濟情形，下部建築物，如橋墩橋座等，用古柏氏 E50 荷重量，上部建築物暫用古柏氏 E35 荷重量，以備將來運輸繁重時，僅更換其上部，而不必改造下部也。
- (七) 綫路 最小灣道半徑，定為 300 公尺，最急坡度連同灣道上坡折減率在內定為 1%。

贛閩鐵路（東綫）建築資本

支出概算說明

- 一、本路採用東綫，故一切建築資本概算，均依據東綫踏勘結果編製。
- 二、本路工程標準採用玉萍段（玉南、南萍二段）前例，故概算一切單價數量，亦多依照玉萍段所用，參酌本路情形，予以估計。
- 三、本概算所列項目，係依據鐵道部頒會計則例編製，俾將來建築資本支出會計賬目，有所遵循。
- 四、本路建築資本來源，及國外購料地點，均未確定，故19一資之建築時利息，及20一資之匯兌兩項暫從略不計。
- 五、本路工程建築期間，預計必不甚久，（畢嶺隧道完成需期約一年半）故工程列車距全路正式營業期間為時亦暫，因之工程列車附帶之營業收入為數想亦不多，僅抵煤水及其他開銷之用，故21一資之建築賬收入，亦略而不計。

贛閩鐵路建築資本支出概算總表

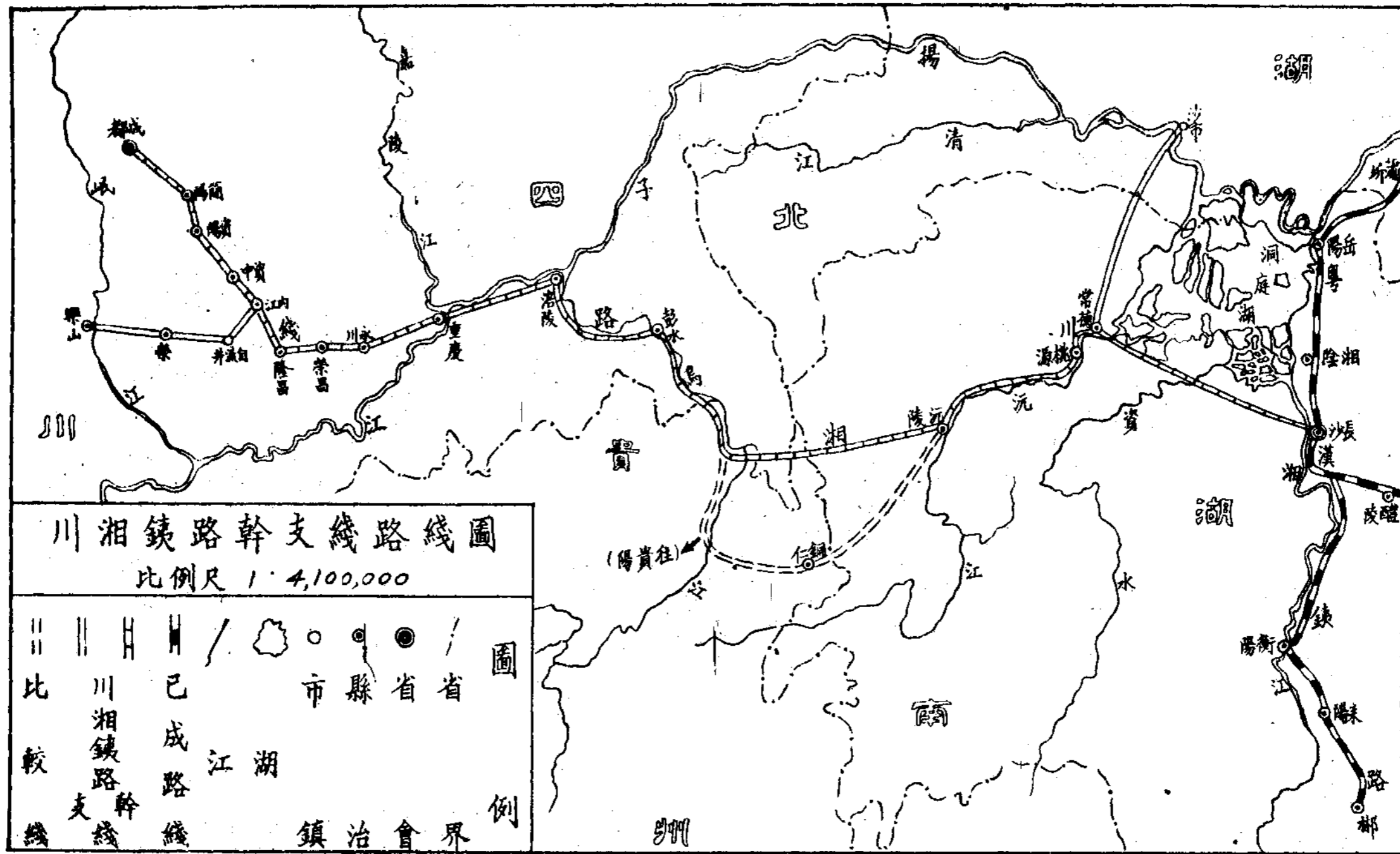
項 別	名 稱	概 算 數	備 註
第一項	總 務 費	一、一九一、四〇〇〇〇	
第二項	籌 備 費	一四八、五〇〇〇〇	
第三項	購 地	六二七、九〇〇〇〇	
第四項	路 基 築 造	二、九五七、〇九〇〇〇	
第五項	隧 道	九一六、八〇〇〇〇	
第六項	橋 上	二、五五三、二〇〇〇〇	
第七項	路 線 保 衛	八六、九〇一〇〇	
第八項	電 報 及 電 話	三五〇、〇〇〇〇〇	
第九項	軌 道	六、七一二、七〇〇〇〇	
第十項	號 誌 及 轉 轍 器	七一八、六五〇〇〇	
第十一項	車 站 及 房 屋	九七四、二〇〇〇〇	
第十二項	總 機 器 廠	三〇〇、〇〇〇〇〇	
第十三項	特 別 機 廠		本路暫不需此項設備
第十四項	機 件 之 設 備	三四一、五六〇〇〇	
第十五項	車 輛	四、三二〇、〇〇〇〇〇	
第十六項	維 持 費	二三九、八四八〇〇	
第十七項	船 塢 船 港 船 埠		本路暫不需此項設備
第十八項	淨 水 設 備 品		本路暫不需此項設備
總計貳千貳佰肆拾叁萬捌千柒佰肆拾玖元			

建築川湘鐵路之討論

夏憲謀

緒 言

民國十八年著者奉鐵道部派赴滇黔桂川湘勘路線，於十九年夏由貴陽溯至重慶，途經險惡之婁山山脈。因該山脈橫斷路線，預計非用極大坡度及長距離隧道，不能越過，因發生感想，重慶通湘黔沿海路線，豈必須經此山脈，何不沿揚子江至涪陵，右轉烏江而下，東趨長沙，接粵漢及浙湘鐵路，西經貴州之遵義貴陽而趨廣西雲南，如此四川及西南各省，可與東南各省打成一片。嗣後由重慶搭舟返京，舟過巫峽，見其沿江兩岸，盡係削壁，更感沿巫峽與築川漢鐵路之困難。蓋長江在宜昌重慶之間，多屬山嶺，其中重慶萬縣間，稍近平寬，而萬縣宜昌間，則皆係連山大嶺，險峻異常，鑿山開道工作之艱難，固不必言，且因山山相屬，將來隧道工程，能否依照計劃築成，尚多問題，而鐵路完成後，維持修養之困難，以及營養費之重大，在在予計劃者嚴重之考慮。據民國九年美籍工程師克勞爾氏之估計，宜昌至成都間，每公里平均建築費已需十五萬元以上，超過當時平原區域鐵路建築費一倍有奇。以現時價值估計之，恐宜昌至成都段，平均每公里建築費將在二十萬元以上。該綫雖與長江平行，而坡度仍不能減低，最大坡度達百分之一、二，因此論者均謂溝通四川之鐵路



，有另選路線之必要。著者當時曾將以往所計劃接通四川之鐵路線，逐一研究，繼復與軍事專家商討，研究之結果，以爲溝通四川之鐵路，當改由長沙經重慶至成都。往時國都在北平，且粵漢及浙湘二鐵路尚未完成，故該綫未被計劃者所注意，現時形勢大變，從軍事政治經濟工程多方面着想，該綫均較其他溝通四川之鐵路線爲重要，（參看交通雜誌第二卷第六期拙作入川鐵路線之研究）現時該綫已蒙當局採取，一俟工款有着即有提前分段興築之希望。

路 綫

川湘鐵路之最大目的，在聯絡成都重慶及長沙三處。成都重慶間，及重慶長沙間，路綫應經過之城市，完全視經濟及工程情形爲斷，現時尚未有詳細研究，故僅能作初步之討論。成渝之間，工程方面無重大問題，故計劃路綫僅須注重經濟一點，其原則無他，在不多增加路綫長度範圍內，儘量經過重要城市及上商業區域是也。此項原則爲對於鐵路定綫稍具智識者所悉知，一般意見，成渝段仍以經過成渝公路所經過之城市爲適宜，蓋成渝公路所通達城市，如成都簡陽資陽資中內江隆昌榮昌永川重慶等均爲四川重要城市，簡陽資陽資中內江爲產糖區域，隆昌榮昌爲產煤區域，除幹綫外爲發展川西富饒區域，及打通自流井鹽區之出路，由內江應作一枝綫經自流井榮縣等產鹽區域而達樂山，該枝綫之完成，不但可發展沿綫之經濟屬區，且對於川湘幹綫業務發生重大營養之效力。此外嘉陵江一

帶產煤甚多，而綦江一帶又為重要產煤兼產鐵區域，將來均有添築枝綫之需要。至於重慶長沙之間，路綫之選擇大部份將受工程方面之限制。重慶涪州之間，路綫必須在揚子江之旁，由涪州至彭水路綫，則又須沿烏江之旁，由彭水至長沙，除沅陵常德二處為必須經過之重要城市外，其他城市應否經過，全視工程方面之難易以及建築費及行車維持費之高低為斷。幹綫東端所應興築之枝綫，為由常德至沙市枝綫，此綫之目的，在縮短陸路運程，而與水路運輸聯絡。築成後由重慶運往上海一帶之貨物，預計大部份可被鐵路所吸收。以上共計幹綫約一千五百至六百公里，枝綫約四百四十公里，計幹綫成都至重慶約長五〇〇公里，重慶至長沙約長一〇〇〇至一一〇〇公里，其中長沙至常德約長二三〇公里，常德至沅陵約長一九〇公里，沅陵至彭水，約長三六〇至四六〇公里，（此段工程艱難，路綫或有延長之需要，）彭水至重慶約長二二〇公里，枝綫內江至樂山約長二五〇公里常德至沙市約長一九〇公里。

營業收入估計

在決定任何鐵路工程標準之前，對於將來營業之收入，應有相當之估計。蓋營業繁盛鐵路所用之標準，自當與營業缺乏者不同。川湘鐵路擬經過之區域，現未經詳細研究，雖不能完全決定，然大致當與前節所述相差不遠，現時成都重慶間，雖有水運競爭，惟因各水道灘險水急，上水運費固甚昂貴，即下水運費亦不低廉，且水運遲緩而不

可靠，現時普通貨物由重慶用水道運至成都，每担約需洋三四元，下水較廉，每担約需洋一元。倘用鐵路運輸，即依照津浦路三等貨品運價，每担運價亦僅需一元弱。故將來鐵路築成後，成渝段沿綫之貨物，十之八九將由鐵路運輸，可預卜也。內江至樂山間，並無水運競爭，預計該段貨運，可被鐵路所獨佔。重慶以東則不然，該方面因有揚子江水運競爭，倘不築常德沙市間枝綫，則由外洋運來或運往外洋之貨物，無論由漢口轉口，或由廣州進口出口，鐵路運程均甚遙遠，由上海一帶運來或運往之貨物，其情形亦相等，此二類貨物大部份仍將歸水道輸送。至於由四川運往東南各省，及由東南各省運往四川之貨物，則大部份將由鐵路裝運。然此部份貿易遠不及由上海轉口之國外貿易為重要，倘由常德築一枝綫接通沙市，運輸情形立即變更，無論運往上海或出洋貨物，或由上海運來之貨物，預計大部份將歸鐵路裝運。蓋渝宜之間，揚子江灘險水急，夜間不能行駛，白日尚需引港，且保險費奇昂，故水道運價並不如平坦區域水運之低廉。茲將川江航業公會章程所規定之各種運價，與津浦鐵路各等貨物運經一千一百公里（由重慶經常德達沙市鐵路綫約長九六〇至一〇六〇公里）運價之比較列第一表。

第一表
重慶至沙市水運與鐵路運價比較表

等 級	貨 品	運輸方法 段別 運費	輪 船			鐵 路
			渝 至 宜	宜 至 沙	合 計	渝 至 沙
			每担(元)	每担(元)	每担(元)	每担(元)
1	生 漆	1.7	0.65	2.35	2.04	
2	頭 髮	2.5	2.05	4.55	1.70	
”	老 鹿 角	2.0	1.47	3.47		
3	牛 油	1.7	1.11	2.81	1.30	
”	黑 猪 棕	2.1	0.85	2.95		
”	白 猪 棕	3.0	0.85	3.85		
”	細 夏 布	2.5	1.95	4.45		
”	川 糖	1.7	0.59	2.26		
”	葉 烟	2.2	1.01	3.21		
”	羊 毛	2.5	1.04	3.54		
”	桶子桐油	2.0	1.56	3.56		
4	黑 木 耳	4.0	1.46	5.46		0.85
”	粗 夏 布	2.5	1.30	3.80		
”	青 蔴	1.7	0.65	2.35		
”	猪 腸 子	3.0	1.14	4.14		
”	金 針 菜	1.9	0.78	2.68		
”	大 黃 渣	1.7	0.78	2.48		
5	雞 骨	1.7	0.65	2.35	0.74	
”	鴨 毛	3.0	1.01	4.01		
”	水 牛 骨	1.8	0.55	2.45		

附註：

- (1) 宜沙段規定之價格以銀兩計，假定以每兩折合國幣一元三角。
- (2) 洪水時川江運價減低照章八折。
枯水時川江運價增高照章加五。
- (3) 鐵路運價根據津浦鐵路。

以第一表為根據鐵路運價遠在水運之下。惟實際情形水運價格常不照章辦理，競爭激烈時，隨意跌價，惟無論如何，鐵路運輸遠較水運敏捷而可靠，倘添築常沙段枝綫，預計川江水運業務，大部份將被鐵路所奪。

將來川湘鐵路所輸送貨物，可分為二部份，一部份為四川與湘贛粵浙等省所交換之貨物，一部份為四川與國外及上海一帶所交換之貨物，現未有詳細研究，對於該路將來貨運之開展，殊難估計，倘以現在四川對外貿易情形為依據，則大致由沙市經常德運往成渝沿綫之貨物，當以煤油棉布棉紗棉花鋼鐵材料製造品紙煙海味為大宗。由成渝沿綫運往沙市再轉水運輸出者，大致當以桐油絲類夏布牛羊皮羊毛豬鬃藥材等為大宗。由東南各省經長沙輸至成渝沿綫貨物，因現時尚無直達交通綫，估計較前為難，大致由廣東運往者，或為海產糖草蓆蒲蓆爆竹綢緞鮮菓等物品，由江西湖南運往者或為芝蔴茶棉花磁器等物品，由四川運往長沙者，除藥材或為大宗外，其他貨物不易估計。至以四川一省而言，則成渝段及內江樂山枝綫倘能提前完成，本省交通即大感便利，例如自流井之鹽，及資中簡陽之糖，及隆昌榮昌之煤，均可輸送沿綫各城市，四川煤礦雖

甚豐富，然湖南亦有重大煤礦，將來川煤能否向外推銷，殊難預測。惟在四川本省內，將來工業逐漸發達，都市人口增加，鐵路煤運必有相當之開展。

考我國營業發達之鐵路如北甯平漢膠濟等，其收入所以較其他各路為豐裕者，主要因素有三，一為大宗貨物運輸發達，按我國工業尚極幼稚，故最重要之大宗貨物，厥為煤斤，凡煤運發達之路，其貨運收入必豐。二為客運繁忙，蓋客運收入在我國鐵路收入中佔重要地位，京滬廣九杭江等路營業收入幾全依賴客運。三為全綫營業平均發達，此點甚關重要，蓋一路之業務，倘僅局部發達，營業收入仍不能豐裕，例如津浦路煤運及旅客運輸均甚發達，惟因北段中段所有貨運均為運河所奪，致該路每公里收入遠不及平漢北甯膠濟等路。川湘鐵路之客運預計尚不致十分稀少，幹枝綫各段貨運亦尚平衡。該路惟一之缺點，恐為煤斤及大宗貨物運輸之缺乏。現時四川由重慶萬縣兩處運出貨物，每日平均不過四百噸左右，輸入貨物不過三百噸左右，將來政治安定，交通改良，國外貿易情形轉好，輸出輸入貨物雖必較前增加，惟大量之增加，須待川省工業發展而後可。茲假定成渝間平均每日運經全段貨物約二千噸，渝長段因受水運競爭，預計貨運或不及成渝段繁盛，假定平均每日運經全綫貨物一千五百噸，內江至樂山枝綫，假定為一千五百噸，常德至沙市枝綫為一千噸，再假定川湘鐵路幹枝綫將來所運貨物大多數為三四等貨物，樂山內江間並無水運競爭，運費可以略高，假定平均每噸以十元計，（每噸每公里運價約為四分）平均每日收入為一萬

五千元。成渝之間略受水運競爭，惟並不重要，故運費仍不必甚低，假定平均每噸以十五元計，（每噸每公里運價約為三分）平均每日收入為三萬元，渝長段及常沙枝綫，因有水運競爭，運價不得不略為減低，假定渝長間平均每噸為二十元，常沙間平均每噸為四元，（每噸每公里運價約為二分）平均渝長段每日收入為三萬元，常沙段每日收入為四千元，共計七萬九千元，全年收入共計二八，八三五，〇〇〇元。

每日貨運收入

成都 重慶 $2000T \times 15\$ = 30.000$

重慶 長沙 $1500T \times 20\$ = 30.000$

內江 樂山 $1500T \times 10\$ = 15.000$

常德 沙市 $1000T \times 4\$ = 4.000$

共計 \$ 79.000

全年貨運收入

$\$79.000 \times 365 = \$28.835.000$

至於客運收入，該路所經多為主要商埠，將來客運必不致清淡，預計雖不能及京滬北甯津浦等路，然未必在平漢膠濟之下。茲假定每年每公里客運收入為六千元，則全綫收入為一二，二四〇，〇〇〇元，全年客貨運合計為四一，〇七五，〇〇〇元。

建 築 費 估 計

川湘鐵路尚未經詳細測量，故該路之建築費僅能參考已成鐵路大約估計，現時可供參考之資料為粵漢鐵路株韶段及抗江鐵路，蓋一則完工不久，一則尚未完工，所有價值與時價相差不遠。株韶段所用工程標準，悉依照鐵道部所規定，鋼軌為每公尺四十三公斤，橋樑荷重為古柏氏 E50，該路所經多係山地，且因建築時期延長，總務費甚高，平均每公里建築費達十五萬元有奇（現時該段全部工程費尚未公佈）茲將該路株州至樂昌段四百零一公里之預算列第二表。

第二表 粵漢鐵路株州樂昌段建築費預算表

（長四〇一公里）

會計科目	工程項目	款 額			合 計	平 均 每公里 \$
		國內工款 \$	外 洋 材 料 款 英 鎊 £	折 合 國 幣 168150		
C 1	總 務 費	3,000,000			3,000,000	7,481
C 2	籌辦費 測量費 測量器	215,250	5,000	75,000	215,250 75,000	537 187
C 3	購地 及 遷 墳	1,135,000			1,135,000	2,840
C 4	路基 土 工 石 工 堤 堰 道 路 及 小 河	3,850,600 6,908,500 2,132,100			3,850,600 6,908,500 2,132,100	9,353 17,228 5,317
C 5	隧 道	2,398,300			2,398,300	5,981
C 6	橋工 混凝土工程 鋼 材 安 裝 及 鋼 筋 涵 洞	4,985,500 780,000 1,853,900	170,000	2,550,000	4,895,500 3,330,000 1,853,900	12,208 8,304 4,623

C 7	路 綫 保 衛	35,850			35,850	89
C 8	電 報 及 電 話 行 車 信 號	298,700 119,500	10,000	150,000	448,700 119,500	1,119 298
C 9	軌 道 軌 枕 鋪 軌 器 具 之 運 費	3,824,900 173,200	329,120	4,936,800	3,824,900 5,110,000	9,538 12,743
C 9	配 鋪 軌 器 具 基 礎 鋪 路 基 (連 石 渣)	20,000 956,000	87,500 1,000	1,312,500 15,000	1,312,500 35,000 956,000	3,273 87 2,384
C 10	軌 尖 及 軌 岔 及 號 誌 激 器	20,000	28,000	420,000	420,000 20,000	1,047 50
C 11	車 站 及 房 屋 工 程 局 車 站 房 屋 台 及 及 小 工 廠 及 所 材 料 司 住 宅 房 員 道 櫃 房 及 及 水 吸 水 器 台 煤 轉 車 盤	50,000 900,000 38,900 478,000 150,000 75,000 18,000	3,000	45,000	50,000 900,000 83,900 478,000 337,500 75,000 78,000	124 2,244 209 1,192 842 187 194
C 11	秤 量 機	8,000	4,000	60,000	86,000	169
C 12	機 車 廠 機 器 等 車 房 機 器 具	125,000	120,000	1,800,000	1,925,000	4,800
C 13	特 別 機 廠 機 器					
C 15	車 輛 機 車 車 客 車 車 貨 車 車 起 重 車		240,800 192,500 300,000 10,000	3,612,000 2,887,500 4,500,000 150,000	3,612,000 2,887,500 4,500,000 150,000	9,007 7,201 11,222 374
C 16	維 持 費 路 工 及 各 種 建 設 費 意 外 費	90,000 981,000	127,580	1,913,700	2,003,700 961,000	4,997 2,396
	總 數	35,511,200	1,645,000	24,675,000	60,186,200	150,090

根據第二表，該段共需國幣三五，五一一，二〇〇元，英幣一，六四五，〇〇〇金鎊。惟聞實際上國內工款尚超過預算二百餘萬元，假定以每金鎊折合國幣十五元計，

該段每公里條需十五萬餘元。杭江路為輕軌鐵路，所有設備均非常簡單，大多數為臨時性質，路線所經多係平坦區域，且建築時期甚短，組織簡單，故建築費極低。江蘭段平均每公里約三萬六千元，與株韶段相較，僅及四分之一。茲將該路金玉段建築經費之預算，列第三表。

第三表 杭江鐵路金玉段建築經費預算表

(長一六四公里)

會計科目	工程項目	款 額			每公里平均 \$
		國內工款 \$	外洋材料款 \$	合 計 \$	
C 1	總務費	380,780,00		380,780 00	2,321
C 2	籌備費	7,260,00		7,260,00	44
C 3	購地	19,800,00		19,800,00	121
	用地	10,600,00		10,600,00	65
	遷地墳	8,400,00		8,400,00	51
	事務費	800,00		800,00	5
C 4	路基築造	885,240,00		885,240,00	5,397
	土墾	644,890,00		644,890,00	3,932
	石垣	190,340,00		190,350,00	1,161
	堤溝	35,000,00		35,000,00	213
	渠道	3,000,00		3,000,00	18
	路道	12,000,00		12,000,00	73
C 5	隧道				
C 6	橋工	1,502,620,00	14,617,42	1,517,237,42	9,251
	大小橋	1,059,300,00		1,059,300,00	6,459
	水管涵洞	343,920,00	14,617,42	358,537,42	2,186
		99,400,00		99,400,00	606
C 7	路線保衛	30,554,00		30,554,00	186
	界址與標誌	5,634,00		5,634,00	34
	道岔	24,920,00		24,920,00	152
C 8	電報及電話	39,356,60	68,661,00	108,017,60	658
C 9	軌道	624,595,00	1,053,806,56	1,678,401,56	10,234
	枕木	431,400,00		431,400,00	2,630
	鋼軌及配件	36,100,00	1,053,806,56	1,089,906,56	6,646
	鋪路	31,320,00		31,320,00	191
	鋪路	125,775,00		125,775,00	767

C 10	號誌及轉轍器	10,740,00	31,054,00	41,794,00	255
	軌尖及軌岔 號誌及互鎖 電籤器具	10,740,00	31,054,00	41,794,00	255
C 11	車站及房屋	28,640,00	26,862,00	55,502,00	338
	總局房屋	18,120,00		18,120,00	110
	車站房屋	500,00		500,00	3
	小工廠及材料				
	員司住房	10,020,00	26,862,00	36,882,00	225
C 12	總機器廠				
C 13	特別機廠				
C 14	機件之設備	1,290,00	32,649,00	33,939,00	207
	建築用件	1,290,00	23,687,00	24,977,00	152
	通車用件		8,962,00	8,962,00	55
C 15	車輛	139,600,00	073,642,00	1,113,242,00	6,788
	機車		454,272,00	454,272,00	2,770
	客車	120,600,00	195,840,00	315,840,00	1,926
	貨車	19,600,00	323,530,00	343,130,00	2,092
C 16	維持費	188,409,00		188,409,00	1,149
	路用及各種設備	188,409,00		188,409,00	1,149
C 17	船塢船港船埠				
C 18	浮水設備品				
	國內建築費之 意外預備費	50,000,00		50,000,00	305
	總計	3,908,884,60	2,201,291,98	6,110,176,58	37,254

附註：

外洋材料係按英金一鎊折合國幣十六元，美金一元折合國幣四元五角計算。

川湘鐵路為將來貫通西南各省之幹綫，且須與粵漢浙湘二鐵路聯運，其工程標準決不能如杭江路之簡單。鄙意該路工程標準大部份仍以依照鐵道部所規定者為適宜，惟為減少建築費起見，若干部份工程標準，應加修改，同時

對於總務費應極力減低，以輕鐵路將來負擔。

(一) 鋼軌與橋樑 幹線鋼軌仍應採用每公尺四十三公斤之標準鋼軌，枝線則可用較輕鋼軌，約每公尺三十公斤。蓋幹線所經多為山地，而列車速度及運輸密度又較枝線為高，且與幹線接軌之鐵路，均用標準鋼軌，為聯運及軍隊集中方面着想，均以採用標準鋼軌為適宜。至於內江至樂山及常德至沙市兩枝線，所經既多屬平坦區域，而業務又較輕，故可採用較輕鋼軌。

幹線橋樑除川湘邊境路線超越分水嶺段外，其餘各段橋樑，上部建築採用 E35 荷重已足夠，下部建築則宜採用 E50 荷重，以便將來營業增加時，橋樑荷重能力易於提高。預計該路最初數年因缺乏大宗貨物如煤斤等之運輸，貨運未必十分繁重，用 E35 載重機車，已綽乎有餘，況現時與川湘路銜接之各鐵路，所採用機車亦未有超過 E35 者，假使川湘採用較大機車對於過軌反感不便。惟川湘邊境路線超越分水嶺之一段，將來坡度必較其他各段為大，倘仍採用 E35 載重之機車，除非另用機車推送，否則每列車之拉量必須減低，而該段列車次數必須增加，每一列車駛至該段，必須改組或減噸，或分為若干列車，如此列車中途延誤必大為增加，倘另用一輛機車推送，則此兩輛機車之拉量均不能用足，機力運用極不經濟。假使該段坡度超過隣段坡度甚大，如平綏路之關溝段，則雖加同等機車一輛推送，仍不能勝任，故該段橋樑以採用 E50 或 E50 以上者（視坡度情形為斷）為適宜，俾較大機車可在該段行駛，而列車經過該處可免去分為若干列車或減噸之手續。至於

枝綫之橋樑，無論上部或下部建築，亦不宜過輕，應一律採用 E35 荷重，俾 F35 載重之機車，可通行無阻。

查美國鮑爾溫機車公司規定鋼軌與機車重量之比率，為每機車輪重三十磅，每碼軌重約需十磅，惟每三十英尺至少須有枕木十四根。根據此公式，鐵道部所規定之每公尺四十三公斤標準鋼軌可荷 E50 載重之機車，每公尺三十公斤之鋼軌可荷 E35 載重之機車。然據萬國鐵路協會一九三三年報告結論，則謂軸重增加一公噸，每公尺軌重須增加二，五公斤，如此則應付 E50 載重之機車，須用每公尺重五六，七公斤之鋼軌，而每公尺四十三公斤之標準鋼軌，僅能荷 E40 載重之機車。（聞鐵道部技術標準委員會擬將標準鋼軌重量增至五十公斤）考萬國鐵路協會結論所規定軌重，所以較鮑爾溫公司所規定為高者，其原因有二，第一為近代列車速度較前增高，故鋼軌須有較大之荷重能力，第二為據近年來使用之經驗，用較重之鋼軌，因維持費減少，常較用較輕者為經濟。職是之故，川湘鐵路幹枝綫雖均擬採用 E35 載重之機車，幹綫之鋼軌似宜採用標準鋼軌，而枝綫則採用每公尺三十公斤之鋼軌已可。至於超越分水嶺之一段，因坡度較大，須採用 E50 或 E50 以上載重之機車，則宜如平綫路開溝段之採用品質較佳之鋼軌，並須將枕木排列加密，道渣加厚。自杭江路採用極輕鋼軌以來，論者對於新建鐵路常有主張採用輕軌者，此對於營業稀少偏於一隅無關輕重之鐵路線，或甚適宜，而對於較重要之鐵路，則甚誤矣。鐵路權威衛靈頓氏曾謂，採用極輕鋼軌，未必經濟，蓋鋼軌重量加倍，其荷重能力增

加四倍，例如八十磅鋼軌之荷重能力，等於四十磅鋼軌之四倍。查浙贛路之杭江段營業稀少，且路線所經均屬平坦區域，倘僅就應付本段業務着想，則為節省建築費起見，採用極輕鋼軌，用極輕機車車輛，實不能厚非。惟該綫延長至南昌與南潯路接軌後將來再延長至萍鄉與株萍路接軌，聯運方面即發生困難。聞現已決定更換每公尺三十一，二公斤鋼軌。川湘鐵路為貫通四川之幹綫，將來營業當較發達，且該綫所經均屬山地，坡度較大，非用較重機車，不足以應付，故幹綫鋼軌，非不得已，似應採用鐵道部之標準鋼軌。

(二) 坡度及彎度。川湘鐵路所經多為山地，倘欲將坡度極力減低，彎度極力減輕，則建築費必致非常昂貴。故為節省建築費起見，不妨用較大坡度，較銳彎度，鄙意川湘路十年內營業未必十分繁重，假定每日往返貨物最多達四千噸，則用百分之一坡度及 E35 載重機車，每列車約六百噸，每日對開貨車三四列已甚足夠，再加旅客及混合列車共三對，每日列車亦不過十餘次，並不擁擠。故除川湘邊境超越分水嶺段外，最大坡度儘可採用百分之一至百分之一·二。在超越分水嶺段，因改用 E50 載重機車，最大坡度可增至百分之一·八至百分之二，然除必不得已，不宜超過百分之二。蓋坡度超過百分之二，列車拉量減低太多，列車次數必須增加，將來營業發達時，恐發生擁擠。據著者研究所得，假定每日貨列車次數在十次左右，用 E50 載重機車及設備，倘採用百分之一坡度所需每公里建築費，超過採用百分之一·五坡度所需建築費一萬五千元左右

，則以採用百分之一·五坡度為經濟。（關於此點將另文討論）

路線上彎度太銳，對於行車之不適宜，夫人所知。按照現時我國所用機車之輪距，在半徑一百五十公尺以下曲線上行駛，幾不可能，即將曲線之半徑增至二百公尺左右，對於列車之行駛仍嫌過銳，蓋彎度銳急，一方面既增加行車之危險，他方面復增加設備維持費。然而在山陵崎嶇地段，倘將彎度極力減輕必致增加建築費甚多，故為節省建築費起見，寧願增加維持費，而採用較銳之彎度，同時為增加旅客舒適及減少行車危險起見，不妨將列車速度減低，蓋行車速度在我國尚不及在歐美之重要也。粵漢路株韶段所採用之最大彎度以公度計為四度四十五分，半徑為二四一公尺，川湘路不妨亦以二四〇公尺為最銳曲線之半徑，然萬不得已時，尚可將半徑減至二百公尺或一百八十公尺。

茲根據各項材料之時價並以株韶及杭江二線為參考，所得川湘幹枝綫建築費列第四第五等表。

根據第四第五表幹枝綫建築費合計約需二六〇，〇〇〇，〇〇〇元，惟建築時利息尚未包括在內，倘再加該項支出恐至少需二八〇，〇〇〇，〇〇〇元。

第四表(甲) 川湘鐵路幹綫建築費每公里估計表

(固定部份)

項 目	每 公 里 估 計 價 (元)	估 計 根 據
C1 總務費	4,500	株樂段估計為七,四七〇元金玉段估計為二,三二〇元此種費用大可節省故取此二數之平均值約為四,五〇〇元
C2 籌備費	700	株樂段估計為七二四元金玉段估計為四四元株樂段包括測量器及測量費用而金玉段則不明故此處仍採取株樂段之數值
C3 購地及運墳	500	株樂段估計為二,八三〇元金玉段估計為一二一元相差二十餘倍又據樂昌至大石門之記錄每公里亦不過三六八元故株樂段之實屬不過高茲採取高出樂昌至大石門 $\frac{1}{7}$ 之數值五〇〇元為準
C7 路線保衛	150	株樂段估計為九〇元金玉段估計為一八六元因此種費用不可過少亦不能不略加節省故採取一五〇元
C8 電報及電話	1,400 (1,100 + 300)	株樂段估計為一,四一七元內電報電話一,一二〇元行車號電報電話九七元金玉段估計僅有電報電話洋六五八元此種經費絕不可少不能不妨略遲裝設故第一次電報電話費採用一,一〇〇元

C9 軌道		
1. 軌枕	23,590 4,000	<p>株樂段估計為九，五三〇元金至 玉段估計為二，六二〇元相〇，三〇 巨按枕木每根美金幣一，二二五元依枕木 七元每根約值國幣二，二〇〇元用三三 株詔規每公軌長用枕木一，〇〇〇元再 十根約需國幣及備用高公里不過三，〇〇〇元 道里之枕木為每公里四，〇〇〇元 茲假</p>
2. 鋼軌及件	17,200	<p>株樂段估計為一六，〇〇〇元因金 金玉段估計為六，六四〇元〇金 五段採用輕軌故相甚巨按鋼軌 每噸約值一〇，配件每噸約值 尾一四，每公里需鋼軌八噸鈎頭 道釘約一，五六噸螺檢及螺帽約 〇，七一噸共計六，九四噸以每 磅折合國幣一元再加之二〇〇元 五七，四元則每公里約為一七， 二〇〇元</p>
3. 鋪路器具	90	<p>此係採用株樂段之估計每公里 為九〇元</p>
4. 鋪路基	2,300 { 1,300 800	<p>株樂段估計為二，三八〇元金 玉段估計為七，六五元假每公 石礮值一，五元則根據部領公 截面每公里需石礮一，二〇〇元 方需款一，八九〇元再加公 需及備用百分之二，三〇〇元 一次為一，五〇〇元而第 八〇〇元</p>

C10 軌尖及 軌岔 附號誌及 轉轍器	1,000 50	株樂段估計為一，〇四七元金 玉段估計為二五五元因金玉段為 輕軌料價自低故仍採用株樂段之 估計約為一，〇〇〇元 此係採用株樂段之估計每公里 為五〇元
C11 車站及 房屋	4,000 { 2,000 2,000	株樂段估計為五，一六三元金 玉段估計為三三八元金玉段因多 種建築均付缺如故估價極低實則 車站房屋雖可簡陋但設備決不可 少故採用每公里為四，〇〇〇元 假定分兩期完成一二兩次均二， 〇〇〇元
C12 車房機 器及器 具	4,000	株樂段估計為四，八〇〇元金 玉段則付缺如茲採用每公里為四 ，〇〇〇元
C15 車輛 1. 機車 2. 貨車 3. 客車	30,300 { 15,300 15,000 13,500 12,000 4,800	株樂段估計為九，〇〇〇元金 玉段估計為二，七七〇元茲假定機 每一，〇〇〇公里之路線應有九， 〇〇〇以每磅折合國幣一五元計 每輛價一三五，〇〇〇元則每公 里應為一三，五〇〇元 株樂段估計為一一，二三〇元 金玉段估計為二，〇九五元茲假 定每一，〇〇〇公里之路線應有 貨車一，五〇〇輛每輛平均價值 約為五百餘金鎊以每鎊折合國幣 一五元計約為八，〇〇〇元則每 公里應為一二，〇〇〇元 株樂段估計為七，二〇〇元金 玉段估計為一，九二五元茲假定 每一，〇〇〇公里之路線應有客 車一六〇輛每輛三〇，〇〇〇元 則每公里應為四，八〇〇元

C16維持費	4,000	株樂段估計為五,〇〇〇元金 玉段估計為一,一五〇元因維持 費係包括各種設備難以節省故以 株樂段估計為準而減少其 $\frac{1}{5}$ 採用 每公里四,〇〇〇元
C17意外費	1,500	株樂段估計為二,四〇〇元金 玉段估計為三〇五元茲取二數之 平均值約為一,五〇〇元
共 計	75,690	(為便利計算起見假定為76,000元)

第四表(乙) 川湘鐵路幹綫建築費每公里估計表
(變動部份)

項 目	每 公 里 估 計 價 (元)			估 計 根 據
	長沙至沅陵	沅陵至涪州	涪州至成都	
C4 路基	15,000	70,000	30,000	該三項工款隨 路綫經過區域 而增減在山陵 崎嶇區域該類 工款較在平原 區域超過若干 倍列各數係參 照株樂段情形 估計
C5 隧道	無	15,000	5,000	
C6 橋工	20,000	20,000	20,000	
合 計	35,000	105,000	55,000	

第四表(丙) 川湘鐵路幹綫各段建築費估計表

項 目	長沙至沅陵	沅陵至涪州	涪州至成都
長 度 (公 里)	420	560	620
固定部份合計 \$	76,000	76,000	76,000
變動部分合計 \$	35,000	105,000	55,000
	111,000	181,000	131,000
全 段 共 計 \$	46,620,000	101,260,000	81,220,000
全 綫 合 計 \$	229,200,000		

第五表 甲) 川湘鐵路枝綫建築費每公里估計表
(固定部份)

項 目	每 公 里 估 計 價 (元)	估 計 根 據
C1 總務費	3,000	枝綫各項費用應較幹綫節省 茲假定 C1C2C3C7 四項約為 幹綫三分之二 C8 約為幹綫二 分之一
C2 籌備費	470	
C3 購地及 遷墳	340	
C7 路綫保 衛	100	
C8 電報及 電話	700	
C9 軌 道	16,750	枝綫每根鋼軌改用枕木十三 根故每公里枕木價值約等於幹 綫十六分之十三 枝綫鋼軌改用每公尺三十公 斤故每公里鋼軌及配件價值約 等於幹綫四十三分之三十 枝綫鋪軌器具假定為幹綫九 分之五 枝綫可用較薄道渣茲假定每 公里鋪路基費為一,五〇〇元
1. 軌枕	3,200	
2 鋼軌 及配 件	12,000	
3. 鋪軌 器具	50	
4 鋪路 基	1,500	
C10 軌尖及 軌岔	600	枝綫軌尖及軌岔假定等於幹 綫十分之六
C11 車站及 房屋	2,000	枝綫車站及房屋較簡單假定 等於幹綫二分之一
C12 車站機 器及器 具	1,000	枝綫重要修理可由幹綫機廠 辦理故無須重機務設備假定所 需僅及幹綫四分之一
C15 車 輛	15,000	假定枝綫所需機車車輛僅及 幹綫之一半
C16 維持費	2,000	假定枝綫維持費僅及幹綫之 一半
C17 意外費	500	假定枝綫之意外費僅及幹綫 三分之一
共 計	42,460	(為便利計算起見假定為43,000元)

第五表(乙) 川湘鐵路枝綫建築費每公里估計
(變動部份)

項 目	每公里估計價(元)		估 計 根 據
	常德至沙市	內江至樂山	
04 路 基	8,000	15,000	常沙段較內樂段 平原故預計路基 所需工款較少
05 隧 道	無	無	
06 橋 工	15,000	15,000	
合 計	23,000	30,000	

第五表(丙) 川湘鐵路各枝綫建築費估計表

項 目	常德至沙市	內江至樂山
長 度 (公 里)	190	250
每公里固定部份合計	43,000元	43,000元
每公里變動部份合計	23,000元	30,000元
	66,000	73,000
全 段 共 計	12,540,000	18,250,000
全 綫 合 計	30,790,000元	

結 論

川湘鐵路幹枝綫合計營業收入，倘僅能達前節所估計每年四一，〇七五，〇〇〇元，則非極力節省開支不能償還建築費之本息。假定利息為週息八厘，本息合計分四十年平均還清，則每年應付本息為二三，四九〇，〇〇〇元，故每年營業支出不得超過一七，五八五，〇〇〇元。營業百分率不得超過百分之四三。查我國國有名鐵路每公里每年營業支出，低者約在七八千元之間，（杭江路僅四千

餘元)高者超過二萬餘元，按照前節所估計之營業狀況，倘能極力節省，每年每公里營業用款，減至七八千元，非不可能。假定每年每公里營業用款可減至八千元，則全綫以二千零四十公里計，僅一六，三二〇，〇〇〇元，如此該路對於建築費本息，不難按期償還矣。倘因建築費措籌困難，且恐營業收入不能達所估計之數，營業支出不能減至所估計之數，則為節省建築費及謀鐵路財政穩固起見，應採取下列方法。

- (一) 將幹綫鋼軌及枕木，除川湘邊境超越分水嶺段約二百公里外，一律改用枝綫之標準，鋼軌用每公尺三十公斤，枕木排列為每軌十三根，如此可省建築費八，四〇〇，〇〇〇元。超越分水嶺段，因須用較重機車，故仍應採用標準軌道。
- (二) 開始數年營業尚未發達，可將幹綫電信裝置，暫用簡單設備，道渣厚度暫不鋪足，車站設備力求簡單，機車車標先購一半，不足者向他路借用，則幹綫建築費可省二八，九六〇，〇〇〇元。
- (一)(二)兩項合計共省三七，三六〇，〇〇〇元。
- (三) 將營業收入較有把握及建築費較少之段，如成都至重慶段及內江至樂山枝綫，提前建築，然後再築長渝及常沙段，如此將來長渝及常沙段之貨運，因有成渝段為其營養綫，不致十分清淡。
- (四) 採用臨時建築如木橋等，極力縮短建築時間，如此一方面既可暫時減少建築經費，他方面復可提前營業，以減少在建築時之利息。

黑白交錯圖之排列法

羅 河

(1) 小引

今春本院數同人因一時興之所至，偶一聚會，即共同研究黑白交錯圖排列法。當時參考之資料為學藝雜誌第十二卷第十號中趙繚所著黑白交錯圖研究。參加研究者有孫院長，朱教授，黃教授，王教授，而筆者亦與焉。因趙氏之文僅舉例多種而未及其通法，故研究之目標為一簡單之公式可適合於任何情形。但迄未求得。惟筆者則由趙氏排列諸例歸納而得規則數條；雖可包括各種情形，簡單一層尚未能達。當時參加研究諸君子均不認為滿意，但亦不克再有進展。研究興趣，因亦消散，而不復再以此為消遣之資料。筆者所得規則數條，亦置之抽屜中半載于茲。茶餘飯後消遣之結果，原不足登大雅之堂；但至理存在，不容否認；而規則複雜；尚待改良，亦為明顯之事實。爰披露於此，以待明教。

民國二十四年十一月羅河識於唐山交大

(2) 問題之性質

所謂黑白交錯圖者，即先以若干個黑子接連排為一橫行，隨後以同數白子接連排成橫行。故開始時形狀如下：

(47)

.....

現欲每次移接連二子依原來次序至橫行左端，右端，或其中任何空隙而與原有子比肩排列，使行中黑白子相間排列且無空隙，而成下列形狀

.....

惟移動次數以等於黑子（或白子）數目為限。

現在之問題即如何移動二子以使行中各子黑白相間，且無空隙。此種移動方法，與黑子數目有直接關係。茲先論之。

一切整數可以四除而依其餘數分類。凡能以四除盡者，屬於一類；以四除而餘一者為一類；以四除而餘二者另為一類；以四除而餘三者則又為一類。故以四為指類，所有整數，可分為此四類。凡黑子之數目屬於一類者，則其移動方法，可依一共同規則行之。此四類數目，雖各有其移動方法，但各法中亦有共同之手續。

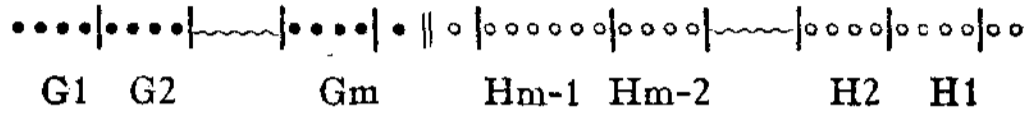
(3) 移動之通則

A. 無論黑子數目屬於何類，黑子由橫行左端起分為每四顆為一組，而白子則由橫行右端第三子（包括第三子）起分為每四顆為一組。最末一組得為三子，或六子；但一子或二子不得單獨成組。設 n 為黑子數目，則當

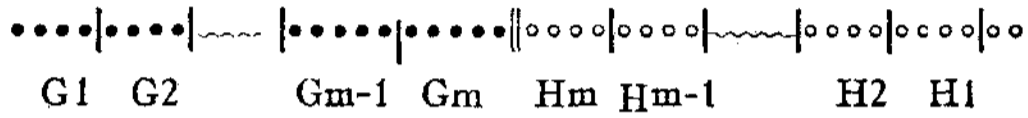
$$n = 4m \text{ (即能以四除盡者)}$$



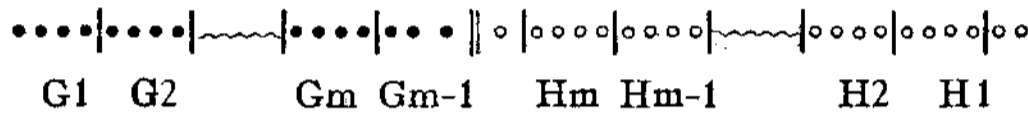
$n = 4m + 1$ (即以四除而餘一者)



$n = 4m + 2$ (以四除而餘二者)



$n = 4m + 3$ (即以四除而餘三者)

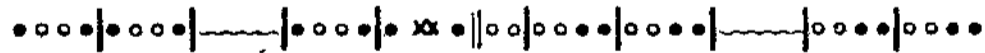


- B. 由左邊算，黑子組之第四子恆不移動；由右邊起算，白子組之第四子亦不移動。
- C. 黑子第一組之中二子恆須移動。
- D. 由右邊起算白子第二子永不移動。

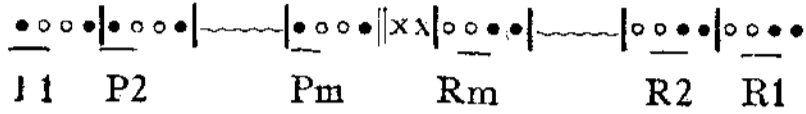
(4) 移動細則

$n = 4m$

- A. 移黑子組之中二子至橫行右端，而移白子組中之右二子以填黑子組中之空隙；更移黑子組之中二子以填白子組中之空隙。如此交相移換至黑子組中之中二子均移至中點之右，而白子組中之右二子均移至中點之左，而成下列形狀，其中兩十字叉處為未填之空隙。



- B. 次移中點旁二白子以填黑子組中之空隙，而成下列形狀：

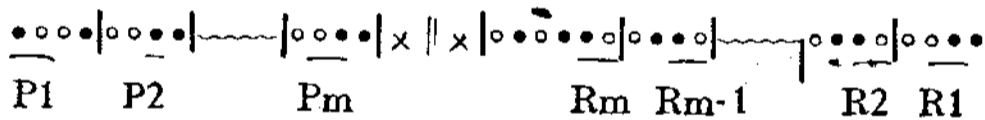


在上排列中，下面畫有橫綫之二子仍須移動，為便於說明計以 P1, P2, P3, ~~~~, Pm 及 R1, R2, R3, —— Rm 記之。然後移 Rm 以填中點旁之空隙，並以

Pm 代 Rm; Rm-1 代 Pm, Pm-1 代 Rm-1; Rm-2 代 Pm-1, Pm-2 代 Rm-2; ~~~~~; Rm-(r+1) 代 Pm, Pm-(r+1); ~~~~~; R2 代 P3, P2 代 R2; R1 代 P2, P1 代 R1。

$$n = 4m + 1$$

A. 在此類中，白子最後一組共有六子，而所餘一白子則不屬任何組。除通則 C 外更移其他黑子組之首二子至右邊，同時移白子組之中二子以補之。由最後白子組中則移二三兩子及四五兩子至左邊。然後移中點左右之黑白二子以代最後白子組中之四五兩子。由此移動之結果遂得下列形狀。



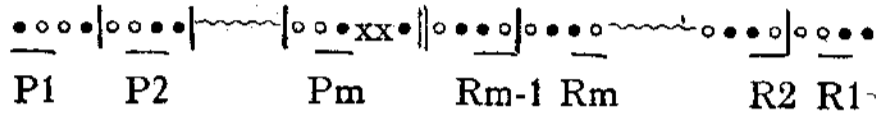
B. 移 Pm 以補中點兩旁之空隙；並以

Rm 代 Pm; Pm-1 代 Rm, Rm-1 代 Pm-1; Pm-2 代 Rm-1, Rm-2 代 Pm-2; ~~~~~; Pm-(r+1) 代 Rm-r, Rm-(r+1) 代 Pm-(r+1); ~~~~~; P2 代 R3, R2 代 P2; R1 代 R2, 代 P1 代 R1。

$$n = 4m + 2$$

A. 除通則 C 外，更移其他各黑子組之首二子及末一組之四五兩子至右邊；同時移白子組之中二子以補之。因此乃

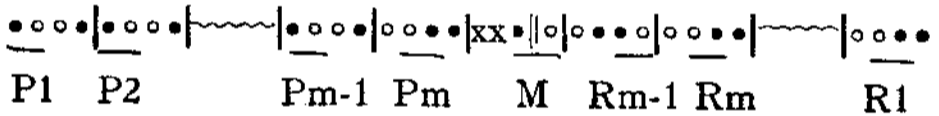
得下列形狀：



- B. 移 R_{m+1} 以補最後黑子組之空隙；並以
 P_m 代 R_{m+1} ， R_m 代 P_m ； P_{m-1} 代 R_m ， R_{m-1} 代 P_{m-1} ；
 ； P_{m-r} 代 $R_{m(r-1)}$ ， R_{m-r} 代 P_{m-r} ；
 P_2 代 R_3 ， R_2 代 P_2 ； R_1 代 R_2 ， P_1 代 R_1 。

$$n = 4m + 3$$

- A. 移任兩黑子組之首二子(為便於說明計，用最後二組)
 ，及其他各組之中二子至右邊；同時移任一白子組(為便
 於說明計，用最後一組)之中二子及其他組之首二子以補
 之。由此遂得下列形狀：



- B. 移 P_m 以補最後黑子組之空隙；並以
 R_{m-1} 代 P_m ， R_m 代 R_{m+1} ； M 代 R_m ， R_{m-1} 代 M ， P_{m-1}
 代 R_{m-1} ； R_{m-2} 代 P_{m-1} ， P_{m-2} 代 R_{m-2} ；
 $R_{m-(r+1)}$ 代 P_{m-r} ， $P_{m-(r+1)}$ 代 $R_{m-(r+1)}$ ；
 R_2 代 P_3 ， P_2 代 R_2 ； R_1 代 P_2 ， P_1 代 R_1 。

(5) 結 論

由以上各種移動手續，可得所需要之結果，甚為明顯，不待證明。今欲證明者，為移動之次數均等於 n 。茲就最後一類證之，其他可由此類推。

在 $n=4m+3$ 之排列中，黑子組數為 $(m+1)$ ，而白子

組之組數則為 m 。由黑子組移兩子共移動 $(m+1)$ 次。由白子組移兩子以補之，共移動 m 次。故在A部共移動 $(2m+1)$ 次。P1, P2, P3, ~~~~~, P m , R1, R2, R3, ~~~~~, R $m+1$ 及M均須移動，而此移動之總數為 $(m+1+m+1)$ 即 $(2m+2)$ 。故在B部共移動 $(2m+2)$ 次。A, B, 兩部共移動 $(4m+3)$ 次，即等於 n 次。

此稿曾經本院土木工程學會會員譚蔭洪君校對特此誌謝

按黑白棋子相間搬法，不知起於何時何地。俞曲園春在堂隨筆載云「長洲褚稼軒堅瓠集有移棋相間，以黑白各三子三移而黑白相間，自三子至十子皆然，多一子則多一移耳。余試之良然。而內子李蘭復推廣之，自十子以至二十子。余恐其久而忘。因筆之於此。」五年前記者服務於鎮江時，曾與葛天回君談及此種搬法。葛君云此不難，可搬至千萬而不爽。渠蓋得之於關外，有「黑白搬過去，白黑搬過來」之歌訣。乃相與試搬，半日之後，遂得一總歌訣約十餘韻。猶憶起首二句云：「黑白分左右，排法認單雙。」分析之細，當遠不及此篇也。

朱皆平附識

近代鐸接工程 (二續)

巴德克教授原著

張維 合譯
高超

鋼之鐸接

鐵與炭質組成之合金，其最主要成份為炭質。其所含之炭質倘有微量變更，於其性質即有極大之影響。鐵之含有 0.05-1.7% 炭量者名之曰鋼，其含炭量自 2-5% 者名之曰鑄鐵。若加以熱量，鋼乃自固體逐漸軟化，而入於液體狀態。鑄鐵因其所含炭質之量較豐，立即成為液體狀態，低炭成份之鋼其性較軟，易於鍛鍊。含炭量愈高，鋼之應力亦愈增加，但當鐸接時不免較為困難。因此，鐸匠必須熟悉對於各種含炭量不同之鋼在高溫時之性質，方可便於工作。此種性質均表現於第 122 圖之炭鐵成份圖中，此圖乃由德國製鋼工業聯合會所繪。今略加以解說。

122 圖中，以橫坐標代表含炭量或炭化鐵 (Iron Carbide)，立坐標代表溫度。因成份之不同，鐵之融解點自 F 點 完全純鐵的凝固點 2795°F (1535°C)——順 FGEH 折曲線而行，此線即所謂液體線，而 FDEK 線則為固體鐵

自其固體狀態入於軟體狀態之界限。由圖中可看出軟體狀態之持久性隨含炭量之增加逐漸減小；直至E點，含炭量為4.29%時，軟體狀態即形消滅，換言之，鐵自固體狀態立刻變為流體狀態。

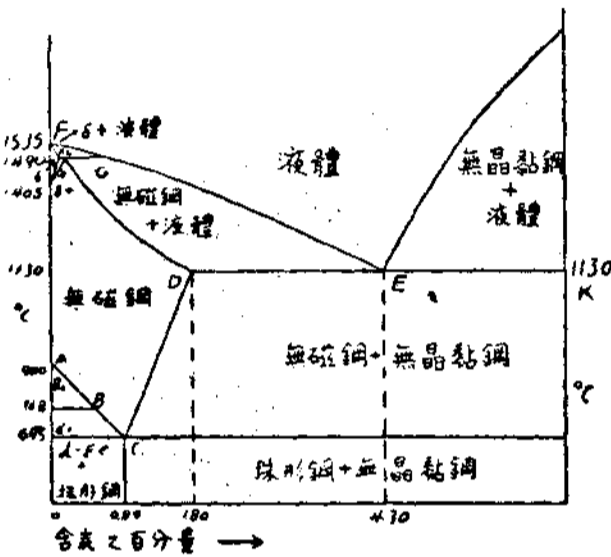
除此而外，溫度達 2555°F (1405°C)， 1660°F (900°C)， 1410°F (768°C) 及 1283°F (695°C) 各點時，鐵清 (Ferrite) 之結晶構造發生之變化頗值注意。所謂在 695°C 至 768°C 之 α 變化及在 1405°C 至 900°C 之 γ 變化尤為重要。 γ 變化狀態下含有鐵清及炭化鐵 (Fe_3C) 之混合結晶，但在 α 變化狀態下，鐵清及炭化鐵可以彼此分離。最重要之點為僅 α 變化狀態下之合金具有磁性，至於在上述兩變化間之 β 變化狀態下之合金則毫無磁性。 δ 變化於實際上無關重要。

圖中之D點，為鋼與鑄鐵之分界點，具有重要之性質。此乃表示含炭量最高之成份能使該合金受熱時包含各種應有之結晶之最高限度。超越此項限度之外，意即含炭成份更較高，則殘餘之鐵清必極有限，乃有炭質飽和現象，直至含炭量提高至4.3%時，幾完全不融解而有永處固體之現象。

任何兩物質，倘彼此均互可溶解，其間必有一最高溶和點。當溶和點達於峯頂情形時，吾人乃得易融之合金，換言之，最高溶和點之合金其融解點必為最低。在液體溶和時圖中E點即稱易融合金，在固體溶和時C點即稱亞易融合金。較C點之炭成份再少時，則鐵清過多，倘含炭成份更較增多則無晶之黏鋼有過剩之現象。合金屬前者稱附

亞易融鋼，屬於後者稱超亞易融鋼。

下列敘述鋼之銲接，所關至屬重要，採用迅速適宜之冷卻，或使用適宜錳或鉻之溶和，能使受熱之鋼曾經



第172圖

化情形者保持其結構，冷至正常空氣室內溫度 (Room Temperature) 而不變，因此其延性增強便利工作。同時，此項情形有使該合金不受磁化之影響。如此之鋼稱之曰無磁鋼。此鋼特易於銲接。利用冷卻之速度，使受熱之鋼曾經

臨界點而冷卻者，如此形成之新結構乃名之曰針脆鋼，針脆鋼甚為脆弱。迅速冷卻之鋼，可阻止鋼結構分解為原始結構之鐵素和珠形鋼，或珠形鋼和無晶黏鋼。其結構作針狀。

以上各種程序，對於銲接工程有相當之重要，已如前節之敘述。錳，錳，鉻和鎢之溶和可以組成合金鋼，夫錳和錳作成合金要素正與炭相同，鉻與鎢有使珠形鋼變成針脆鋼及無磁鋼之用*。採用上項合金，則鋼之應力一方面固有增益，另一方面製造不銹之鋼亦多依賴之。後者之應用幾為化學工業所獨佔，前者應用之範圍已推廣於橋梁

* 芮拔志，"合金鋼之銲接"，Technisches Zentralblatt, 39 卷 (1929), 430 頁。

房屋之結構方面。鐸接工程師對於鐸接此種鋼極為注意。尚有一種需要即無磁鋼應盡量採用。若對於不銹鋼中之針脆鋼，以採用熔氣鐸較為合宜，蓋熔氣鐸之冷卻稍遲故也。無磁鋼以採用電弧鐸為妥當，因其冷卻時，延性依然可以保持。在臨界範圍內之溫度約在 1100° 至 1309°F (600 至 700°C)之間，時時發現硬點，此應設法避免；可熱之使達高溫度而後使之驟冷或漸冷，至於冷卻之速度完全視合金之需要以為定。

鐸接時之情形因有其他金屬如錳，矽，硫，及磷等摻雜合金之內，更形複雜。因摻加金屬種類之多少，又可別為二原質，三原質，四原質及複原質合金。除上列金屬外，尚有鎳，鉻，鈮，鎢，鉬等，或單獨，或同時加入鋼內，以改進其原質。此法可使鋼之應力滿足吾人之需要。且因此種原質之加入，鋼之鐸接性亦較前確定。錫，鋁，砷，鈦等在鋼之成分內，若超過一定數量，於其鐸接性極為不利。硫及磷應歸入鐵之不良成份中。其單獨成份不得超過 0.04% ，其兩種成份之總和不得多於 0.06% 。在此種限制內，磷對於鋼之鐸接性影響不大，但易促成冷脆現象(Cold Shortness)。鑄鐵內亦有時須要加入少量之磷，以增加其流動性。硫之影響與磷恰正相反，對於承受應力之處有異常之危險。並且有熱脆現象，並正在紅熱狀態時，極易吸收氧氣。如欲鐸接處品質良好，在任何狀態均不應吸收氣體。因之，氧氣及氮氣之影響均須極力避免，因彼等將助長鋼之脆性，而使之易於斷裂。氧氣過多，易致鋼生疲憊裂痕；若氮氣成份過多，又不免因銹蝕而脆裂；

此兩點均應深加注意。吸收氮氣可使鋼之結構具有多孔性質。斷痕，含渣，及空穴均為鐵質合金之弱點，故應免除之。過熱，燃燒與疲憊現象，對於鋼質亦有不良之影響。應力及疲憊之效應可煉之以緩冷法，以限制之或減低之。

試一深究鐸接鋼之性質及選擇正確相關連之鐸接程序即知使用適當之填鐸物，最為重要。祇有使用適當之填鐸物始能使鐸接物及填鐸物有密切之結合；並確定鐸接處之結構，從其化學成份及物理性質而言，在可能範圍內，均與原鐸接物之結構相似。自此點立論，電弧鐸之鐸接程序，不如熔氣鐸易於收效。在鐸接工程之初期，一般人對於適當填鐸物之重要性未能充分認識，其時各種鋼條均可做為填鐸物之用，甚且有使用鋼彈簧墊及圍牆上之鋼質籬條以為鐸條者，此為極明顯之錯誤，尤以初期之電弧鐸為最甚。即在數年前，尚有人主張填鐸物方面僅其化學成份最為重要，以為同樣之鐸條均可適用於熔氣鐸或電弧鐸。除此外，電弧鐸方面尚有應用裸鐸條及塗料鐸條二者優劣之爭。在今日，則多年錯誤之觀點已完全覺悟，而填鐸物亦有重大之進步，因欲鐸接高度合金性質之鋼，乃迫使吾人隨鐸接方法之異同及適應其鐸接物之性質和種類而製造多種特製鐸條。因高度合金性質之鋼有極廣泛之結構，其適當填鐸物之成份殊難厘定其規律，故煉鋼廠於其各種出品均備有經過試驗適合之鐸條，以適應各該種鋼之鐸接需要。

購買鐸條於驗收貨品時應親自作一鐸接實驗，以窺實

效，藉可知其品質是否合用。其次鐸條之優劣亦須由其外表頻加觀察，以為憑斷其高下焉。

鐸條之外部應無銹垢，油垢，及灰垢，在儲藏時為避免其生銹計，可於其外部塗以銅質。其外部應具有平滑而無縫之表面，其剖面更應為正圓形。煉之使緩冷或未煉之鐸條，設其化學成份無何區別，於行人工鐸接法時，性質完全相同。在行自動鐸接法時，則經煉之鐸條不甚適宜，因在送哺時，鐸條易於軋阻。使用溶氣之鐸匠均樂於採用較軟之鐸條，即經煉之鐸條；而使用電弧之鐸匠則屬意於能折斷之未煉鐸條。尚有所謂木炭鐸條，實際上並無特別重要，因其仍為一普通鐸條，不過曾煉於木炭中經緩冷之程序而已。

鐸條之化學成份更應經過試驗。其成份應視鐸接方法及使用目的而異。前節述稱同一鐸條不得兼用於溶氣鐸及電弧鐸。有許多情形，廉價之鐸條已甚適用，但如鐸接物須要承受高度應力時，則其品質即甚重要，故於鐸條所限定之條件亦較為嚴格。有時鐸接物設須具備交變應力 (Alternating Stresses)，則應使用特種鐸條，使其鐸積處能忍受錘鍛而益強。此外，修補鐸或各層需要硬度不同之多層疊鐸的縫口，其被鐸材料之成份為低炭或高炭等，其所用鐸條之化學成份均各不同。

下列諸端即為裸鐸條之化學成份。使用溶氣鐸欲其拉力為被鐸接物80%之軟鐸縫，其鐸條應有之成份，含C不得過0.12%，Mn0.3-0.6%，Si0.08-0.25%，P及S各不得超過0.03%。若欲得拉力為原鐸接物100%之較硬鐸縫時，則鐸條

之成份應為：C.15-25%，Mn 0.6-1.0%，Si 約 0.25%，P 及 S 如上。

至於用電弧銲者，其成份應為：C 不得超過 0.12%，Mn 0.3 至 0.6%，Si 0.1%，P 及 S 最多合共 0.03%；較高品質之銲條其成份為：C 不得超過 0.12%，Mn 0.5%，Si 0.1%，P 及 S 同上。

若使用熔氣銲法，採取軟性銲條，以行修補銲接則可用與簡單之接頭銲相同之銲條。欲得較硬之表面者，則銲條之成份應為 C.5-7%，Mn 0.5-0.8%，Si 不得超過 0.15%。若採用電弧銲法，可用上段所述之高品質銲條。如銲縫須較軟，即可用熔氣銲之高品質銲條；如須較硬銲縫，尤其須抵抗磨擦之硬銲縫，以採用 C.9-1.1% Mn 0.15-0.5%，Si 最多不過 0.25% 之銲條為合宜。

銲條之鋼，其砂之成份不能超過其應有之成份，因此普通鋼，其內部之組織呈不規律之形態者，不宜製造銲條，銲條之製造大都採用優良西門子—馬丁 (Siemens-Martin) 出品之鋼或電爐煉出之鋼。

如銲條之化學成份已被認為滿意，則除上述之分析外，尚應作一銲接程序之進行試驗。實際經驗指示吾人，雖兩銲條之成份完全相同，但時常顯現不同之結果。在進行銲接程序試驗時應決定流動性及因燃燒之損失；填銲物須有正常之流動，向四週之濺射極少。用於熔氣銲時，更須冒泡極少，祇可形成微量之渣滓。填銲物對於高架或立縫銲接且須有「附着能力」。試驗此種「附着能力」之法，可熔銲條使其點滴之物積聚由下向上作一大於 2½ 吋的直徑之圓

形，懸附於一直立平面之上。

鐸條本身內若含有氣體之孔洞，決不適用於電弧鐸法，因其噴射損失甚大，但若用於熔氣鐸法，反可得滿意之成績。反之，產生多量渣滓之鐸條不適用於熔氣鐸法，而有時竟為電弧鐸之所需。

若能再作一鐸縫樣之機械試驗，以證其品質，更為佳妙。鐸縫之拉力試驗與尋常之拉力試驗相同，其伸長度可用彎曲試驗測之，其詳細情形當於後章再論。為試驗鐸縫之鍛煉性，可將樣品熱至 1700°F (930°C) 以上之鍛鍊溫度，自鐸口鎚鍛使其向外延展，至其厚度為原樣品之半為止，如此，鐸縫約居於樣品之中部。此曾鎚鍛之部份在 680°F (360°C) 之鍛煉溫度時，須能承受扭轉，而無裂痕。

事經鐸接試驗，雖化學成份絕對相同之兩種鐸條，其性質之表現儘多不同，此或係由於鐸條之表面情形及鐸條製造之程序不同之故。在電弧鐸中，鋼之成份中常有許多少量不能由分析決定之原質影響於其性質，在討論“電弧”一節時吾人已加以理論之討論。除此理論之分析外，實地經驗亦供給不少證明。

因鑑於鍛鐵——在先曾經採用，現已因其性質不均勻，而行廢棄——具有優異之鐸接性，伯萊工廠經研究後得到一結論，即鋼之鐸接性可同樣因非金屬之摻入而增進，猶之鍛鐵可因非金屬成份之摻入所收相當之效果* 伯萊工廠出有一種鐸條，其所含此種非金屬成份能均勻分配，其數量亦可如試驗所期。此種鐸條名為“摻心鐸條”(Seelendr-

* 拉伯斯“熔鐸之冶金觀”Stahl und Eisen 51卷,(1931),245頁。

aht)。

由此種鐸條可得到品質極高——高度之延展性及鍛鍊性——之鐸縫。此種鐸條對於熔氣鐸並不適宜。此種非金屬物能溶解並氣化於電弧內，而後一部份散落於鐸接物上。如將其塗包於鐸條外部，亦可得到上述之良好結果。在電弧鐸接法中，使用塗料鐸條以代替前述之裸鐸條，業經多時，但其開始被採用時之目的則與現在之目的不同。

塗料鐸條可別為二種：輕塗料或浸料鐸條，及重塗料或裹料鐸條。浸料鐸條之製造乃將須塗之料刷於鐸條之上，或以鐸條浸入一種有一定成份與水玻璃相類似之黏稠物質中。此種漿狀物之成份為製造廠家之秘密，外界人士不得而知。所知者僅塗料之主要成份為矽酸鹽類矽鐵，及含有硼砂之物質等。近來更加入各種合金之細粒，據云此可運塞於鐸縫之中。

重塗料鐸條或纏裹以厚約 $\frac{1}{16}$ 吋之藍石棉繩，其中放一鋁條(Quasi-arc公司出品之鐸條)，或纏以白石棉或纏以加有合金之塗料金屬條。(Murex Welding Processes, Ltd 出品之鐸條。

在今日，關於塗料鐸條是否適用，有各種不同之意見。在英國，瑞士，比國，荷蘭，及澳大利亞幾全採用塗料鐸條，而美德兩國則喜用裹鐸條，僅於特別情形始間用塗料鐸條。以此，下面將詳述塗料鐸條之利弊。

一 大家應公認塗料在電弧內氣化後，形成一層氣圍，環繞電弧，有下列數項優點：

1. 電弧之維持較易。使用不穩之交流電弧，幾乎必須

採用塗料鉚條始能鉚接。

2. 塗料物可阻止空氣中之氧氣及熔氣進入電弧之內，以與弧內點滴之物發生作用。

3. 塗料物在鉚縫上成爲渣滓，有保護鉚縫之流體不受空氣中氣體之影響。

4. 塗料物在氣化時，吸收一部份熱量，故熔解程序爲之延遲，而鉚接物乃有充分熔解之時間。至使用輕或重塗料鉚條以得到此種熔解之延遲究能達到何種程度可參閱第37-39圖之振盪自畫記錄。

5. 因熔解區域已爲渣滓所蓋覆，冷卻較爲遲緩，結果鉚接區域之結構，以與用裸鉚條所得之結果相較，則前者較爲優良。因此鉚縫之延展性亦有相當之提高，則其應力勢必亦較大。

6. 加入某種原質組成合金，主要者如錳，鎳及其他，鉚縫品質可因此種金屬之增加而有所改進。因此可製成適合各種需要之鉚條。

但同時，因有大量渣滓之形成，不免使塗料鉚條之優點爲之減色不少。在重塗料鉚條此種渣滓爲量極多，鉚匠須具有特別精良技術，以進行鉚接工作，因其觀察力易爲渣滓所矇混故也。同時鉚匠更須隨時逐出積渣，因此，每趟工作爲量極微。

工作趟數增加則收縮應力勢必增高，又因塗料鉚條較裸鉚條所給與鉚縫及其隣近物質之熱量爲大，此應力亦較劇烈。從振盪自畫記錄之照相，吾人可斷言所塗之料有使該鉚條熔解速度遲緩之作用。用此種鉚條每半秒僅可遷移

三滴填鐸物，在同樣時間內，若用裸鐸條，即可有十三滴填鐸物。塗料鐸條熔成之點滴較裸鐸條之體積大至三四倍。點滴遷移所費之時間佔整個鐸接程序時間之極小部份。則點滴遷移時間及前熱時間，即在兩點滴遷移到達目的地中間之時間，比在塗料鐸條約為 111.5。至若裸鐸條，其比僅為 1.24。因此，不必另加解釋，即可明瞭用塗料鐸條之鐸接物必受劇烈之巨熱。

加以，德國鐸接工程研究實驗室之研究明白指示德國鐸匠之已熟練使用裸鐸條者，在單程鐸接水平位置之平板鐸口本不易管理多量之渣滓。倘使平板有一相當坡度時，彼等尚能利用鐸渣向低處流動之理，而得到滿意之結果。因此，若以塗料鐸條鐸接立縫，鐸匠並無若何困難，但遇水平之鐸縫，位置高過吾人之頭部，即高架鐸接時，乃覺異常不便，為達到此項目的，鐸接角度至少須有 120° ，以便利鐸匠將鐸渣逐至邊外，但此於品質及工作成本均無益處。反之，鐸匠用裸鐸條，極易行高架鐸接工作。其結果雖不能與水平或直立鐸縫之品質相比，然與使用塗料鐸條所得之品質相比較，則優劣顯然易見。此點所以在此處特別提出者，蓋因昔日衆意高架鐸接必須使用塗料鐸條始能工作也。

對於使用塗料鐸條有特別訓練之鐸匠，所得結果，自較一般主要訓練使用裸鐸條之鐸匠用塗料鐸條者為良。但塗料鐸條之價格視其製造方法之不同，約為裸鐸條之二至十倍，其所超出之價格無由得其平衡；且也，更高之鐸接速度不能得到，尤以多趟鐸接時，清除前趟鐸渣之手續需

要時間較長，則使用塗料銲條所得之益處是否能與其價格相稱，頗為疑問。此處應注意者往往有訓練之銲匠應用裸銲條，維持短電弧，亦可避免吸收多量氧氣及氮氣，用以防止氧氮害及銲接物之性質，今日更有產生高度延展性及鍛鍊性之裸銲條在市場出售。

巴德克教授認為，如銲接之產品僅承受引力，壓縮力，或彎曲力時，塗料銲條之使用與否，並無關緊要。但現代銲接出品有應用於交變應力，衝擊力，或疲憊現象存在之物品時，其情形迥然不同，而銲縫乃須具有高度之衝擊值。此點在使用裸銲接或輕塗料銲條均不能得到。尋常衝擊值鮮有當原來鋼之衝擊值10%以上者，因其過小，故在計算時可以略而不計。煉之以緩冷法，非但無效，而銲縫凹口衝擊力反因此更形減低。往日因無更合宜之銲條可達到良好品質銲縫之需要——指高度之凹口衝擊值——祇可以此為滿足。

後來，利用重塗銲條或纏裹銲條已可滿足此項需要，葛錫公司電弧銲條即其一例。但此種銲條不僅價值昂貴，且於銲接運用時所費亦巨，因其銲渣為量甚多，每趟所積之填銲物極薄，而工作又須異常小心。最近德國之聘史工廠製造一種新式塗料銲條，此種新銲條頗能提高銲縫之品質，如鍋爐銲接及橋樑與房屋之銲接遂有根本變更之可能*。填銲物和塗料，及銲接物本身兩者之冶金性質均可為

* Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 76 卷 (1932), 21 號, 497 頁。

最精確之測驗。並且，以前從未知道之事後熱處置法現在可於鐸條經過碾機後加以實施。用此種方法所製造之鐸條，以行鐸接，由照像可以驗證，鐸縫之冶金性質，與原鐸接物者毫無差別。同時，鐸縫與原鐸接物金屬有相等的延展性及力量，其凹口衝擊值為 560 磅／平方吋，若為經煉之緩冷鐸縫更可增至 845 磅／平方吋。加以此種鐸條之運用，無須鐸匠具有特別手藝，故正在發展中之鐸條製造無意中得一大改進，此項發展方興未艾。改進之最終目的為使吾人能得到一完全均勻之鐸縫，即高架鐸接及立縫鐸接亦能使用此種鐸條得到美滿之結果，如此方可謂為達到最後之鵠的，但近日試驗之結果抵水平或稍傾斜之鐸縫稍遜人意外，餘均未能達到吾人之理想，故此語仍為目前一種希望，尚待努力也。

此外尚有一點應提及者，即用直流電鐸接時，鐸條應連於正極或負極一事，亦頗為重要。鐸接採用低炭質鋼鐸條時，應將鐸條與負極相連。因正負極間之溫度差使鐸接物之融解較好，填鐸物之射入因亦較深。含有非金屬物之鐸條亦須與負極相連，以求得到和緩融解及正常之射入，否則鐸條若與正極相連必生不良影響。

含有較高非鐵成份之原質之鋼——無論為炭質或其他金屬組成合金之物質——其情形與前述者迥異。設鐸條與負極相連接，則鐸條燃燒不均，填鐸物射入較淺。反之高炭質鋼或高合金之裸鐸條鋼連接於正極，其融解甚為和緩。惟其射入程度永不如彼低炭質者連於負極所得之結果。但此點無關重要，因較高炭質之鋼鐸條僅應用於修補鐸程

序之中，其射入程度之須要必不若接頭銲接者之大也。

塗料銲條之情形與此亦正相似。輕塗料銲條與負極相連較佳，重塗料銲條則應連接于正極，以求點滴射入之良好。關於此種現象之原因現尚不能完全解釋。

鑄鐵鑄鋼及鍛鑄鐵之銲接

概論——鑄鐵銲接多行於修補工作，如以之修補斷碎或裂紋之鑄鐵物，又可以之填銲孔穴或摩損處所，以及消滅物件外表之劣點。

如前所述，鑄鐵為一種富於炭質之鐵，當其加熱時，自固體狀態立刻變為液體狀態。故僅能用鎔銲法銲接之。在灰色鑄鐵中之炭質並非如鋼中所含者為化學的融合，有一部份分出為自由之純石墨。因鑄鐵本身既脆且硬，則鑄鐵之軟度及其能忍受工作之限度全視分解石墨之多少而定。石墨之分解程度可隨鐵之含砂量而增加，但大部視鑄鐵之冷卻速度而定，冷卻緩則分解亦多。故多量石墨及高砂成分為鑄鐵軟度之必須條件。

此兩種可寶貴之成份在經過銲接程序時，實因火焰或電弧焰之燃燒而消失，而尤以弧焰內之情形更較劇烈。並且，除非特別留意加以阻止外，銲縫處之融解鐵質較諸倒鑄物件時之融解鐵質，其凝固持速。因此，銲接鑄鐵物件頗易得到極硬之銲縫，大有不能為任何機械工具所工作之可能。此項銲縫雖無其他劣點，但亦不適合於應用，避免之法須用高炭成份及高砂成份之物質，且令其在沙內或灰

層中漸漸冷卻。另外，使用鐸接鎔劑亦頗有利。往往採用另一火炬專為加熱之用。

設鐸接時因加熱過甚，而冷卻亦甚迅速，此修補之鑄鐵物除承受其製造時發生之應力外，尚增負一種新應力，輒使該物發生裂痕或斷紋，此或較其原來修補處之情形尚為惡劣。避免新應力，必須施以熱處置。其法將物件在鐸接前緩和加熱達其紅熱狀態時，即實行鐸接，鐸接既成，亦應注意使之逐漸冷卻。蓋過量收縮亦為鐸接工程困難之一端。加熱鐸接之法名為“熱鐸接”；否則，名為“冷鐸接”。

熔氣鐸法及電弧法對於以上兩種冷熱程序均同樣可以採用。

鑄鐵之冷鐸——當鐸接時，因氣焰于鐸接區域之鐸接物生極大之熱效應，故熔氣鐸對於鑄鐵物之冷鐸接鮮有適宜者，對於承受高應力物件之鐸接更不適合。再應說明者，因鑄鐵內所含石墨之導熱性甚低，有使鐸縫多孔或起胞之可能。況自空氣或火焰內吸收之氧氣及氮氣，可使鐸縫生有小氣泡，故良好之融解及融解流體內之密切攪渾最為需要，以便逐出氣泡，免除孔穴。

雖然用火炬鐸接鑄鐵已有如許之理由使其不易實行，加以鐸接後之迅速冷卻更使之困難，蓋冷卻迅速可阻止足量石墨之生成，因之勢將產生硬塊，尤以鐸縫與鐸接物之交界處為最。因此在鐸接後最好將火焰在鐸接區域上盤桓少時，逐漸離火炬遠去，以遷其冷卻。

鐸接鑄鐵所用之鐸接器具與熔氣鐸接鋼所用者相同。

填鐸物則改用鑄鐵。因鑄鐵與鍛鐵不同，當加熱後並不漸入於軟體狀態，而有驟然變為流體之趨勢，是故鐸接鑄鐵必須鐸口在水平位置，否則熔流之鐵即行流走。此項因子實使工作更形困難，蓋物件之各部必須折開，設遇修補之各處不在同一平面，又時須翻轉以求適合此項鐸接情形之需要。

就工程技術及經濟立場而論，所有上述諸端均表明使用氣焰之冷鐸法僅宜於斷口，裂痕或有孔之各鑄造物體，而各鑄造物體之本身形態在鐸接時又有向上下四方自由膨脹之可能，符合上列條件之鐸接始為有益。此種鑄造物體各為槓桿，軸承架，滑輪車以及小型之齒輪。除金屬表面之潔淨外，無需其他準備工作，最多，遇有較深之斷口，僅須將鐸接區域向外割大，如鐸接鋼件然，以使鐸縫可自斷口底部淤積向上。鐸接程序之進行應使鐸縫區域完全熔解，當填鐸物衝進熔液中時，乃敏捷攪渾之。其與鐸接鋼不同之點在熔氣鐸接鑄鐵程序中，必需加入一種鐸接鎔劑，蓋可利以產生一種底溶點之渣滓，渣與氧氣化合後，昇至表面，可移去之。如此形成之氯化物其融點亦極降底，遮蓋鐸縫成為一層保護層以保護之。加入鐸接鎔劑於鐸縫之法可採用紅熱鐸條一端浸入之。或遇大鐸縫，則以之散佈於鐸口上。

電弧冷鐸程序在修補鑄造物體方面最為便利，且極價廉，故於鑄鐵鐸接方面有無上之地位。

鐸接鑄鐵與鐸接鋼件，甚為相似，蓋皆採用斯那威氏法及鋼鐸條故耳。倘能採用塗料鐸條當尤佳焉，致鐸條之

直徑及電流之強弱須視鑄鐵體積之大小而定。用直流電時，以正極與鐸條相接，蓋鐸條之融解難於鑄鐵，非此莫為功也。此處採用鋼鐸條之理由得稍加以解釋，蓋鑄鐵鐸條在鐸接鑄物融解前即先熔成大滴而下降，是故鐸接之結果勢難期其佳良，而鑄鐵作填鐸物之事乃視為不應有之情形。

採用鋼鐸條及電弧冷鐸以鐸接鑄鐵，較其他鐸接鑄鐵之法有相當之利益，且壞裂之縫口倘為鐸匠手可達到之地，則須修理之各部無需拆卸，即於其原有部位進行其鐸接，致直立縫口或高架之鐸接亦無不便之處。反言之，此亦有其弊害，蓋鋼與鑄鐵相鐸接難求密切之接合，遂有不良之連合。再者，填鐸物與鐸接物比鄰之處通常多失之於堅硬，此因鐸縫凝固迅速，而於電弧冷鐸方面又無法使其凝固程序逐漸遲延。石墨之析離既充分，乃產一種名“白硬生鐵”(White pig iron)，又因使用鋼鐸條，鐸縫竟含有非常堅硬之鋼。此數種弱點同自第 1 2 3 圖之製板照像看出。故此法對於需要密合或承受高應力之物件最不相宜。鐸縫需用機器修改之物件亦不能使用此法，尤以鐸縫之位置需受極重摩擦之消蝕者為甚，例如汽缸之內牆是也。匹斯登來回動作，因鐸縫與其他部份之硬度不同，其消損之速度亦各不同，故不久鐸縫即將突出，害及匹斯登。尤有進者，如此鐸接成功之物體，因其各部膨脹系數不同之故，不能經受溫度變化。

鑄物在鐸接之先預將斷口或裂紋處刻成 V 形鐸口，如在鐸接鋼件時然。填鐸此種鐸口切忌沿縫填鐸使縫槽之全

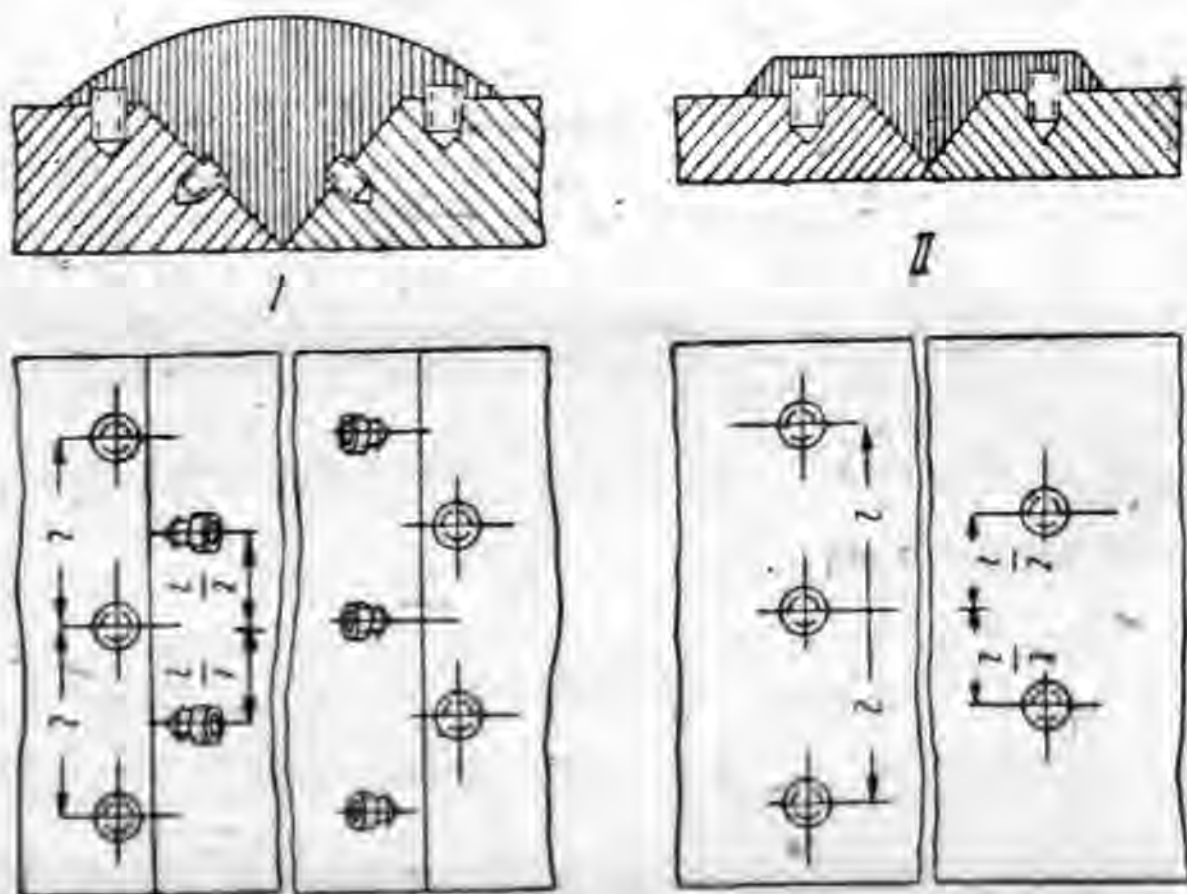
長俱被滿填。蓋如此錒填之縫口其連接之壽命短夭特甚。即使極小之應力亦足使填錒物與錒接物分離，甚以鎚擊輕輕一擊有時亦有破壞之虞。事經吾人費時考慮，僉主張斷口之兩邊必須相對相稱的插入金屬小塞子或金屬小釘子多枚。在填錒時，即直將其填埋於錒縫之內，成為填錒物與錒接物間之主要接合。經此改良之後，錒接物之剖面不



應太弱，而厚度乃成為主要因子。第124-127圖示用於厚切面及薄切面塞子之排列法。第128圖之碎斷物體示用此法錒接之物件，雖經加用塞子或小釘，為功仍微，對於錒口之壽命亦無甚大之補助。

設錒接時，塞子突出之部份更為熔解——手藝不能練達至爐火純清之錒匠往往如此——，則此種補救之方法亦完全無濟於事。

電弧冷錒接之程序與錒接鋼之程序相似。填錒物逐層填積。在每層錒接之前其前一層之表面應具金屬性之清潔，為免除鑄應力起見，每一地位錒接之時間不得過



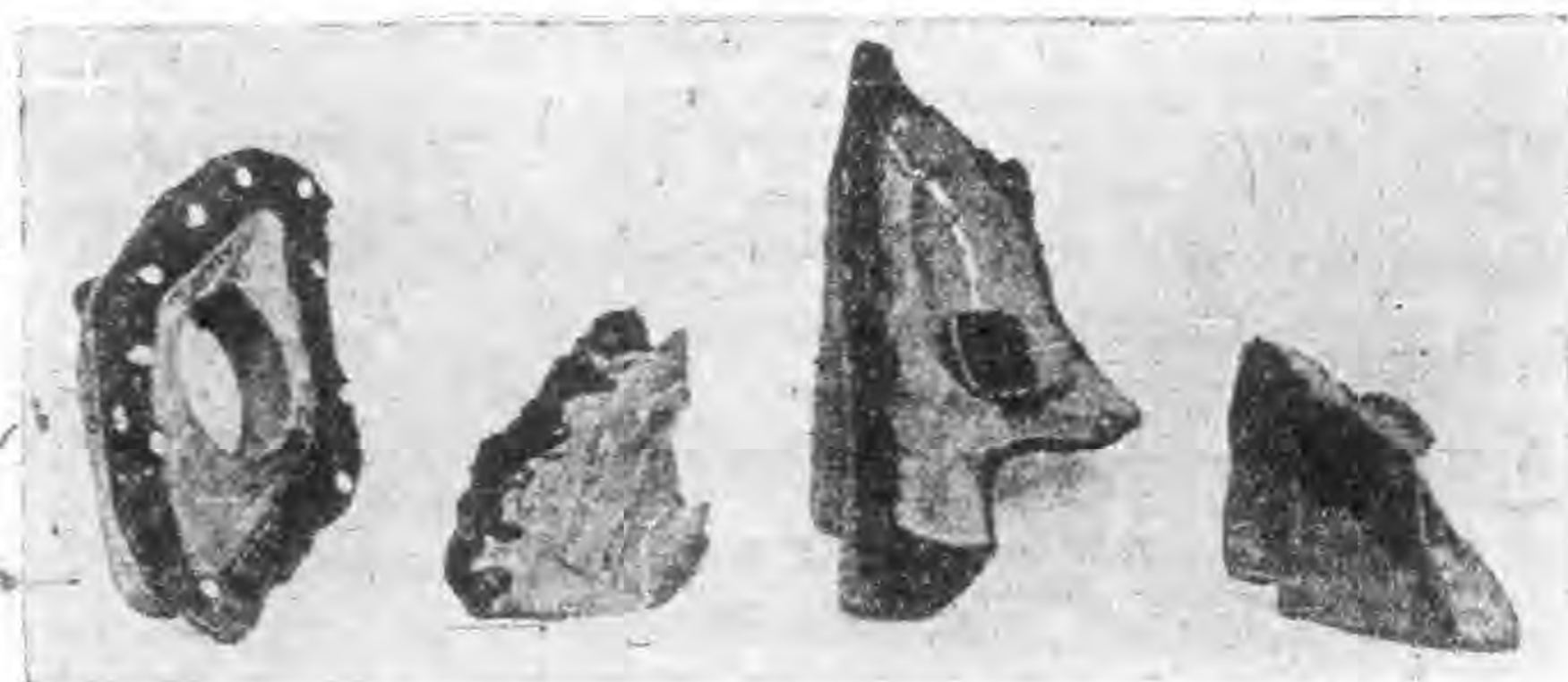
第124-127圖-鑄鐵冷電弧錒接之預備工作

長，以能使人手在其鄰近錒接區域之地接觸時感覺溫熱而不炙手為度。溫度超過此限度時，錒接工作即應停止。另

於其他地位從新開始工作，但新舊兩工作地位須有充分之距離。

鑄鐵冷鐸接並不因此種弱點而減少其用途，此乃因工作迅速而成本又極低廉之故也。

最近，在冷鐸程序中，改用‘摩涅爾金屬’(Monel-metal)以充填鐸物，所得結果頗滿人意。



鑄鐵之熱鐸接——在本節之初，即敘述修補鑄物熱鐸接之特點在鐸接工作前後施以特別之熱處置。熔氣鐸法之前熱大都在模鑄所，冶煉爐或鎔煉爐內行之，此種前熱爐之熱源或用油，或用氣或用電均無不可。

鐸接物全部平均溫度已至紅熱狀態，即可開始鐸接。因所有鑄應力均隨平均膨脹而避免，故處此狀態，鐸接物不受應力之拘束，火焰對於鐸接物亦無任何有害影響，因局部熱效應已全盤避免矣。在通常鐸接程序，鐸接物須自前熱爐中取出，因此乃遭遇冷卻效應。此效應之程度以不危害鐸接物為主。最好在鐸接過程中，停止片刻，將鐸接物體置於爐中，藉受爐熱重溫之功。為使冷卻遲緩，並避免屢行再熱工作，而使鐸接停續不定起見，事宜同時採用

兩支火焰鐸接一較大之物件，其一乃專為保持鐸接物之溫度。設遇鐸接工作需要翻面進行時，鐸接勢有間斷，是時可燃用火焰炙射已鐸未堅之縫口，以免應力之危害。

除此外，其他步驟均與冷鐸接法同。

鐸接完成後，鐸接物不可置諸空氣中。蓋在空氣中其冷卻情形定將產生新應力，而新裂紋又有形成之趨勢，故遲其冷卻以在爐內為宜。冷卻愈慢，石墨之析離愈能適宜，鑄物勢亦愈軟。如此，新應力產生之危險可以消滅。鐸縫之品質更因鐸接物在鐸接後之緩冷處置有相當之改進，緩冷處置應在鐸接後即刻實行。蓋此為最有效之方法，應廣為採用，尤有進者鑄物之各部於鐸接後受從新平均溫熱之效果，當鐸接時局部溫度較高之影響，在第二次冷卻後勢難再生應力，故曰功在斯矣。

因鑄鐵在此法中又可作為填鐸物之用，鐸接結果甚為均勻。故用氣焰之熱鐸法鐸接任何形狀之大小物件，或鐸接斷碎物件，修補裂紋或傷損均頗適宜。惟此法與冷鐸法同樣難於修補大塊斷口，或該斷口之斷裂因故不能合於一處者亦為難於修補之事。

電弧熱鐸之程序——此法與前述各法之主要區別在其預備方式之不同。鐸接物之需鐸部份並無須作成銜頭鐸口，或作成鐸槽，以便熔解，而在應鐸接處之四週作一鑄模，而後在其中填以熔解之填鐸物。換言之，即與在翻沙場中所用之模子相似，不過此模子係由導電物質做成，以便在模子之任何地位可以擊產電弧。故此程序乃為真正之鎔鑄法。

乾蒸溜之炭塊（電弧炭條或乾蒸溜之焦炭）可作此項模子之用，焦炭易於購自行商，有各種尺寸及式樣聽憑採選。例如具凸凹之炭塊即可製作此種模子之用。採用銼刀或沙石可使炭塊成爲任何需要之形狀。倘存愛物之心，留意保護，此種模子可歷用而不毀。模子可串連，其彼此之連接可藉助於釘子及金屬絲。大型鐸接物，其模子必須固着於其上，於是乃用與模箱相似之模板，以任何方法牢繫於物體之上，該項模板可圍成圓圍之形態，模圍之後應壅之以沙而後進行鐸接工作。小型物體可直接用沙爲模，模箱似不爲必須之事。

此處不能作成十分確鑿之說明書，以爲各不同情形之應用指南，因物件種類繁多，而其損壞之方法又各有不同之處，是故必須審察當地情形，始能決定各種方法之去取，鐸接程序之採取與美滿之結果攸關至切，故須多年之經驗方能行之有庶。下列諸實例應永宜明悉。

最主要之一點爲鐸縫之預備，應使鐸匠所持之鐸條能毫無困難直達鐸槽之底部。在鐸接進行時，電弧頗有跳至裂紋邊緣及於圍模板之可能，故不可使鐸條太近於模板，否則鐸條將與圍模吸連，工作有中止之虞。倘裂紋或斷口之寬度不足，須於圍模板之先鑿之或鑽之，使鐸槽上寬下窄，以爲利便工作之需。鐸接進行時，融解之金屬流體內易含氣泡，此與鎔鑄情形正相彷彿。是故預備鐸接時若忽略此項原則，不僅發生許多空穴爲可虞，且有直立孔道使鐸縫不能實用。

更須注意者，鐸接物當鐸接時不得移動，因圍模內盛

滿熔鐵，必須熔鐵逐漸冷却凝固後，待其銲接程序完成之時，移動鑄物方不致有害。設遇鑄物之裂痕延長至其各部，需設法使各處全圍於炭模內。通常寧願鑽去一部份，而代以填銲物，以達到使用一圍模之目的，此法實較先後分作數炭模為有經濟之利益。並且前後分作多模，不能同時工作，於是需有第二，甚至繼以第三之修補銲接，工作之完成勢必延期，尤以大型銲接物為然。第 129 圖示避免運用多次炭模之例。銲填裂口不採用旁邊銲接之步驟，以省填銲材料，乃將裂口

割寬，採用自上部銲填之方法，如圖所示。此損壞處所，若飛邊及裂口，得以採用一個炭模，而收同時銲接之功。

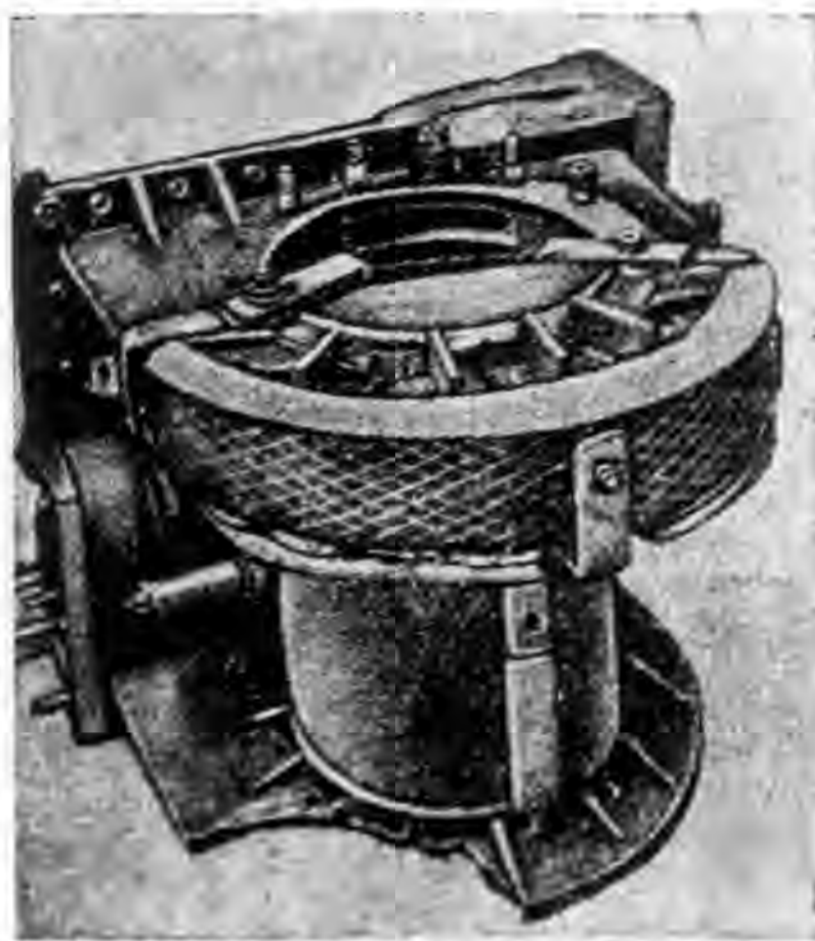
倘傷痕內裂甚深，模內須有較大面積之熔流金屬，以電弧能力及範圍之小，即使用極



強之電流及大型之銲條亦難維持其全模之內永為流體狀態。但欲銲縫之有效，維持熔流狀態乃為必須。第 130 圖示將修理機車用之汽缸之炭模已經依法裝置。此汽缸之飛邊折斷極寬。裝模後，其上分為若干間隔，每兩間隔之一與以輪次之銲接，餘各先填以沙，續後取去分隔之炭板及間隔內之沙，所餘之空隙即可照樣填銲。採用此法即傷壞最重之物件暨大塊之空穴亦可修補或填以填銲物。1917年

魏頓堡 (Wittenberg) 地方鐵路修補廠曾用此法修補給水廠內大抽水機之汽缸，共填入損壞處之填銲物重約 430 磅，可謂驚人之工作。究竟吾人能擴展工作至何種限度，實為成本貴賤及時間急緩之問題。如斷裂處破碎過甚，不可

舍棄斷裂之各碎塊而代以新填物質，應採用適當排列之方法銲接各碎塊。碎塊間應



第 130 圖



第 131 圖

有較寬之空隙。第 131 圖即示一轉盤的主要軸承之熱銲接。照此法之銲接，碎塊是否均能繼續使用，或代以新的填銲材料，因情形互異，不可一概而論。大多數情形，以用新物質填入大塊損壞處較諸設法安排破碎零塊，使合原縫再施銲接者，時間，經濟及結果均以前者為迅速為價廉且為佳良。蓋碎塊奇形怪狀，極不易使有滿意之排列，有時或需修削銲接物以適應之。

在銲接前，將鐵燒至紅熱。普通用耐火材料築成之火穴可用為前熱大件鑄物之設備。炭模上覆以石棉片，以防染污塵，鑄物之四週以木炭圍繞之，燻燃火焰，使鑄物逐漸昇至紅熱溫度。

大件鑄物之前熱手續大約需時一日可以完成。小型物

件利用木炭燃燒需時較短。建築爐條使用鼓風法幫助火勢或以價廉之焦炭代替木炭之使用，可得到較速而經濟之前熱，但經試驗頗不滿意。減少前熱時間，鑄物不能完全脫離應力，因使之發生裂紋而危險增加。況用焦炭尚有一弊，即鑄物常易熔解及吸收小粒硫黃。燃燒焦炭或濕木炭均易產生毒氣，此事需特別注意，蓋此種毒氣之發達生，實緣鑄物須要保持紅熱狀態，鐸接工作勢必火上舉行之。倘所用非最上等之乾木炭，或鐸接工場狹小，通風不良，皆足產生毒氣，故應在鐸接爐上加裝通氣設備，以策安全。

鐸接物之縫口在未工作前應使用壓縮空氣，以清潔之。鑄鐵熱鐸接法，亦照斯那威氏程序用直流電進行，較熱之正電極應與鐸接物相連接。 $\frac{3}{8}$ 至 $\frac{5}{8}$ 吋，最多不得過 $\frac{3}{4}$ 吋之鑄鐵裸鐸條可作填鐸物之用。鐸條之長度均為3呎。其適當之化學成份如下：

炭	3—3.6%
錳	0.5—0.8%
矽	3—4%
磷	0.4—0.8%
硫(最高限度)	0.1%

鐸接鎔劑或塗料鐸條對於電弧熱鐸接法並非必需之物。為使熔解之物質保持液體狀態，需要消耗大量之電能。因此，用冷鐸方面所採用之普通變壓器，處此情形，不能適用。熱鐸之鐸接電壓約在40—65伏脫之間，無負荷之電壓約自80—90伏脫。鐸接電流隨工作及所選擇鐸條之大小而異，約在400至1000安培之間。故熱鐸法應採用特別大

型之換流器 (Converter) 。但亦可平行聯接數個尋常容量之電機。

炭模上之灰塵業經仔細吹去，即將鉀條撞擊鉀接物，產生電弧，隨後斷口或裂痕之邊緣即漸漸溶解。流體之填鉀物亦逐漸充滿模內地位。工作進行之際，切忌熔流之鐵與尚未溶解之裂痕邊緣相接觸。鉀接物之溶解應與熔流之填鉀物相輔進行。

當鉀渣積浮於鐵表面為量甚多時，即需加意將其祛除。為增加鉀接速度，可時時將用廢之同樣鉀條短頭用小錘放入熔鐵之中。電弧即刻可將此種小塊溶解，但有一點應注意者，未溶解之小塊不可使之留於溶液內，否則冷後包藏禍心，實為非計。此種鉀條短頭加入炭模內可收迅速填滿之功，但成份合宜之材料乃極難尋得之事，故難確保接合之良好，因此，並未廣為採用。鉀接進行時切忌工作中途停頓，蓋所以保持熔鐵之溫度故也。

此法並不似冷鉀法需要良好技術及穩定手藝之殷切，但却需要時時注意。鉀匠對於此項工作頗感疲勞，因鉀接物在鉀接時仍需位置於木炭火焰之中，以維持其紅熱狀態故也。

從上述各點可知，不論斷裂情形如何複雜，或範圍如何廣泛，鑄物之任何損壞均可用電弧熱鉀法修補之。

如工作精心，鑄鐵熱鉀接可得到全部均勻之接合。其較原鑄物為少孔，因此視原鑄物之力量尚高一等。鉀縫本身及鉀接區域比鄰之地位尚屬柔軟，可與原鑄物同樣由車，鑽，鏜床等機器之割切，穿眼，削平而無困難，此與冷

鐸恰正相映成趣，第 132 圖示此種鐸縫之一切面。與第 123 圖冷鐸縫之銅版相較即可知兩法所得結果品質之分別。



第 132 圖。

此法之弱點在鐸接之物件需先拆開，送至鐸接工廠中，以

備熱鐸，其預備時間需要過長，成本較他法均昂。

當鑄製時所受應力過高，甚至極緩之前熱亦不能承受之鑄物，不能應用此法。同理，長期受烟囪氣或熱蒸汽之鑄鐵物件亦不能採用此法，以行其鐸接工作。蓋受此種情形之鑄物其內部構造已經分解，而有過度之衰弱現象，因此鄰近鐸接區域之地必有海綿體之生成，使不能與鐸縫密切接合。此兩種情形用他種方法亦屬不可能。故此種已壞之鑄物祇好廢棄。

極薄板之鐸接亦頗困難，但號以熱鐸接法為合用。將一大炭塊置於傷痕之下，木炭在鐸接創口之四週燃燒加熱，而後用極薄之鑄鐵鐸條進行鐸接工作。近來此法流行極廣。

鐸接小口徑之器皿時，可採用班那都氏程序進行之，炭弧炙熱鐸區直至溶解之量足使鑄鐵性質之填鐸物能與鐸接物得到密切之接合時為止。

鑄鋼之鐸接——鑄鋼之鐸接與鐸接鑄鐵相似。能用於鋼的鐸接之方法均可施之於鑄鋼。

據此觀點，為免除歪曲起見，凡不承受應力之物件最好用電弧鐸接。堅硬之鑄物應防止熱應力之產生，孔洞及

傷損處採用電弧裂補焊最為相宜。大型焊接工作應用熱法或於焊接後採用緩冷設備。能容受過量熱度之巨大鑄製物體以用熔氣焊較為相宜。

總之任何一件工作所應選擇之焊接法需以經濟原則為依歸，填焊物之品質與焊接物本身之品質愈相類似，愈所期望。

低炭質之鑄鋼物宜用軟焊條，高炭質之鑄鋼則應用硬焊條。

可鍛鑄鐵之焊接——因可鍛鑄鐵局部性質特為顯明，故焊接困難。普通以電弧冷焊法最為相宜。因鑄製方法之不同，影響於可鍛鑄鐵內部之構造，亦使焊接困難。以融解鐵質輕緩流鑄而成之材料其性質可視作生鐵，採用鑄鐵焊條。巨量流鑄而成之材料其性質似鋼，故可採用軟鋼焊條。焊接可鍛鑄鐵物體，倘於成功後有修改形狀之必要，則於焊接工作開始之初即應採用軟鋼焊條，否則割，鏷，鑽及銼等工作，勢必感受困難。焊接可鍛之鑄鐵物體又可採用電阻焊接之程序。

銅及其合金之焊接*

銅——工業中最重要之金屬除鋼和鑄鐵外，其地位莫超於銅。銅之焊接與鋼及鑄鐵之焊接同樣之簡便，但銅具有許多使焊接困難之特性，必須特別注意。茲特詳述之於後。

*齊姆氏，“銅之可焊性”Technisches Zentralblatt,39(1929),433頁

在市場中，銅可分為電解銅及碾成或拉成之冶鍊銅。由電解程序製得之銅，質地純淨，因此種電解銅價格奇昂，故冶鍊銅雖含有雜質，通常工業，均採用之，其所含之雜質如為量過多，於鐸接將有重大之影響。最關鐸接工程之金屬雜質依其重要次序排列為鋁，鈹，銻，鎳及錫。極少量之鋁足以使銅不合於鐸接。此數種雜質之總量不得超過 0.5%。除上述者外，銅且含有非金屬原質之砒，但砒對於銅之鐸接性並無影響。通常尚有懷疑者，以為銅若久慣承受應力或久用之銅一旦敗壞，有不可鐸接之疑義。

故於未鐸接銅以前，需試驗其化學成份是否相宜，因劣質之材料可使鐸縫之應力減半或結果不良故也。

市場中尚有一種鑄銅，其內部為纖維性結構。具有高度之延展性，使其經過精鍊程序，即極合工業之用。鑄銅當鎔鑄時，永遠吸收一部份氧氣，而有一部成氧化銅，積於鑄物結晶體之四週，使銅易於斷裂。倘經過碾或拉之手續後，氧化銅即平均分配於結晶內，危險性因可得相當之免除*。利用鎔鑄之理，而作銅件之鐸接，銅之力量勢必再次消失，如鐸縫及鐸接物之該部需有原金屬之力量時，必需應用與碾法相似之處置，以恢復之。例如精巧之鏈擊可得到品質較好之鐸縫，此點容復續論之。總之未經鏈擊之銅鐸縫，其品質永不能使人滿意。

銅之導熱性約為鋼之 6 倍，此即鐸接銅之最大艱難，故鐸接銅需要較鋼所用之熱源為強。因此鐸接所用之火炬需兩倍大於鐸接鋼用者，或使用雙火焰。大火炬或雙火焰

*“氧氣——電石氣火炬尖”，1928，九月。

之使用有特別之利，茲詳論之。

電解程序製成之純銅其融解點為 1983.0°F (1083°C)，冶鍊程序製成之非純銅其融解點則稍低下，此應加以注意。

鐸接銅最困難之點在當溫度上昇時其能吸收氧氣之趨勢愈形增高，而化合成為氧化亞銅 (Cu_2O) 或氧化銅 (CuO)，使之最易斷裂。惟一避免之方法惟在工作本身之特別留意而已。尤有進者，銅於流體狀態時，熔銅吸收之可燃氣體，冷卻後，乃成為泡沫。

如何免除鐸接銅之困難，如何以極大注意力用以製造鐸縫，以期鐸縫適合各種環境之需要將為下面討論之中心。第一應知鐸接銅鮮有不採用氧氣——電石氣火焰者。為適應接合之需要，其鐸縫之品質應與原銅之力量及延性大致相等，用電弧鐸接之結果均不能佳良，且此法又不經濟。但採用電阻法鐸接銅件，則頗著相當成績，在修補鐸接且可使用電弧，惟孔之有無，力量之強弱，延性之大小非所計也。

至於使用氧氣——電石氣火焰時，鐸件之預備，火焰之引導等幾乎均與鋼之鐸接相同。鐸接成功最主要之祕訣為調節及牽引火焰兩事。此與鋼較，則施之於銅者尤應注意。最應注意者，鐸接只可在中性火焰為宜，即氧氣與電石氣均適足燃燒，各無過剩之慮。火焰內錐體部份之光端與金屬之距離應永為該錐體長度之半。如火焰中氧氣過剩，氧氣進入鋼中，將有上文所述之危險。氧氣過剩不僅在鐸接物表面上產生一層氧化銅，使鋼受過熱及燃燒之影響

，且將侵入流體銅內形成氧化亞銅。除此，火焰內所含之可燃氣體倘為熔流之銅質所吸收，於凝固時，往往又放出之，放出之氣體升至表面，起飽生孔，名為“銅泡”或“銅霜”。如凝固迅速，此種銅泡將更形成於內部，而造成海綿體之多孔鉸縫。

已遭燃燒之銅與純銅之橙紅色不同，大半其色暗紅而性脆。氧化銅占有.1%，即使銅之斷裂性驟形增加。雖對火焰之調節加以極端之注意，氧化銅之形成亦在所難免，是故，往往在流體銅內加以反氧化劑之物質，使已形成之氧化物受還原作用。例如鎂，鋁，矽，磷，鐵及銀等，然以銀為最佳。磷自身充分表現為銅之反氧化劑。磷與氧化銅化合另成磷酸，磷酸比重較輕，遂自身升至流體銅之表面，經過蒸發，自行脫離銅體。注重品質之鉸接以用德國出品之堪茲萊 (Canzler) 鉸條最為相宜。此種鉸條除磷質外尚含有1%之銀。填鉸物之含磷量應與需要還原之氧化銅之量絕對相當。過剩磷質存於銅內，增加其脆性。電解程序製成之純銅不可充作填鉸物之用。雖質極純淨，但經驗證明鉸接時以採用與鉸接物成份最相近之填鉸物，其所得之結果較用純銅充為填鉸物所得之結果尤為佳妙，但填鉸接物需至少含有99.5%之純銅。純銅內缺少避免吸收氧氣之保護鉸縫之原質。且純銅之融解點視冶煉程序製成之非純銅為高，此使鉸接更加困難。從經驗得知純銅鉸接之鉸縫，延性極低。

為消除氧氣之影響至最小限度計，除將火焰正確調節外，極應加速鉸接程序至最高可能限度，並用火焰將鉸接

區域罩護，使空氣中之氧氣失去侵入之機緣。因此所用火焰須比鉚接鋼時所用者更具強大之力。銅之導熱性甚高，鉚接時為欲在鉚縫處保持所需之熱度，強大力量之火炬實為必需之物。用兩火炬工作，以其一為鉚接之用，其他用為保持鉚區之熱度，即罩護已成之鉚縫，已經試驗證明極滿人意。剖面較厚之鉚接工作，採用X形鉚槽，使鉚匠工作在同一時間內，可同在其兩面充分利用火炬。如此，可以不必懼長鉚槽底部有融解不足之危險。蓋此項危險每當兩面鉚接時間不同之時發生之。

通常認為銅之鉚接似不可無鉚接鎔劑，惟上述之例證並不絕對需要。不過對於剖面較厚之銅體仍以使用鉚接鎔劑為佳。因剖面較厚之銅鉚縫，其鄰近部位熱度強烈，有自空氣中吸收氧氣之可能。為避免鄰近部位之脆弱，故應以鉚接鎔劑保護之，鉚接鎔劑遇熱而融解，即將鉚區附近罩以一層無孔，易流動之膚皮，同時鉚縫又可不包含雜質。鉚接鎔劑主要成份為硼沙。鉚接鎔劑之融解點需較銅低下。

應用強大力量之火炬，加速鉚接工作，可使鄰近鉚接區域之各部，所有昇熱程度均可達其極小限制之望。熱度增加，全部極端膨脹——因其高度導熱性——在冷卻時，因在高溫下受長久之鉚接工作，遂有危險之應力發生，鋼鉚縫乃時常發生收縮裂縫。鉚接進行愈快，應力可以愈低。此種應力為永不可避免之事，可以“鏈擊鉚縫法”剋抵之。前曾申論鏈擊功效能使鉚縫之鑄性結構變成纖維性結構，及使鉚縫具與鉚接物之同樣力量，故為鉚接鋼不可少之

手續。即使用合金鉚條，一未經鎚擊之鉚縫所具之力量多僅及鉚接板之 50—60 %，此種力量自屬過低，不合實用。未鎚擊鉚縫之硬度亦特低，因其結構粗糙，不免包藏孔穴，故鎚擊為銅鉚接工作中重要程序之一部。

鎚擊需有優良之技術，及靈敏之手工，方足期望鉚縫堅固，及改進其內部結構。

為免除種種困難計，鎚擊工作應於鉚接工作將成之際施行，鉚縫既成，立即施以鎚擊。當鎚擊開始時，最先鉚接之鉚縫仍應居於紅熱狀態，不然，即需應用火炬施以再熱之工作。因火焰再度經過未曾鎚擊之鉚縫極易產生應力，故應避免之。普通，鉚縫之長既達 6 吋即鎚擊之。

鉚縫之終點宜施以輕微之鎚擊，使之些微堅固。而後即回至鉚縫之起點沿縫施行鎚擊工作。鉚區物質較軟，因鎚擊之延伸，其終點處將產生裂痕，故此應與以注意，以求避免之。然鉚縫與夾縫之金屬間有所謂縫畔區域者應施行鎚擊。蓋如此可極易得到平滑而均勻之縫畔區域，若遇鉚口外填鉚物沿縫均勻凸出之部份即加強鉚縫之部份，其鎚擊方法，應於鉚縫之兩畔均經鎚擊後，再於加強鉚縫之部份上自首至尾加意鎚擊。如先在鉚縫之中部開始其鎚擊工作，一大部加強之填鉚材料將迫擠至兩畔，遂使縫畔區域之金屬不能得平滑之結構。當鉚縫溫度依然甚高，起始施行鎚擊須輕輕然，雍容然，庶幾乎其有亨也。俟逐漸冷卻，尤以當鉚縫經過第一遍鎚擊後，鎚擊可逐漸加強，以使鉚縫各處之鑄性構造確實變更。較長之鉚縫最好以兩工匠前後相繼鎚擊。

銲接火箱所用之鎚約重 $2\frac{1}{2}$ 磅或用壓縮空氣鎚。重鎚可將內部構造破壞，不可使用。如兩面同時進行銲接，鎚擊亦應自兩面同時工作。

最後，鎚擊之銲縫可用一壓縮空氣鎚平鎚之，尤以對於有突出部份之銲接物件最為有益，其突出之部份有受氣體或其他物質侵蝕可能。

除此種用鎚擊改進方法外，有許多情形可煉之以緩冷程序使之經過 750°F (400°C) 之溫度達半小時至一小時之久，如此可得一種勻和之結構。細玩上述之指南，工精之銲匠極易得到具有為原銲物金屬力量之 90% 之良好銲縫。銲匠技術最好用銲縫試驗考績之，曲撓至 180° 之試驗為法定之標準試驗。

黃銅*——黃銅為銅與銻之合金，在銲接時其性質與銅相類，故可施以同樣之注意。除此外，黃銅另有一種性質使銲接更為困難，即銻之低融解點是也。銻較黃銅之融解點 1710°F (930°C) 為低，約在 785°F (419°C) 之譜，視銅之 1980°F (1083°C) 更形見拙。因此在銲接時，銻易蒸發，而使銲縫多孔，呈海綿狀。

因此之故，銲接進行愈速愈妙。蓋銻之損失量並不按照流體金屬溫度之增減而有損益，銻之散失視銲接時間之久暫而增減。迅速溶解可使銻之消失極少。剖面較厚之銲接物鮮有滿意之結果，即因其溫度昇高需要時間極長故也。

* 堪茲萊及荷萊二氏“黃銅及青銅之可銲性” *Technisches Zentralblatt*, 39 卷, (1929), 438 頁。

因銅錒之合金易於氧化，故需採用良好之鐸接鎔劑。通常均用硼砂或硼酸與磷酸鈉之混合物。為粉為漿，形狀不一，均可放於金屬上。鐸條上亦應沾潤鐸接鎔劑，以保護之，藉免氧化。雖然黃銅之各成份易於氧化，但使火焰內含少許過量之氧，其危險性確不若鐸接銅之嚴重，因新成之氧化物浮於熔流金屬表面，形成一種保護層故也。

火焰內錐體部份之尖端去鐸縫之距離應較鐸接銅時略遠。如過近於金屬，將使熔流之金屬發生泡沫，而竟加速錒之蒸發率，使鐸縫呈多孔狀。剖面較厚之鐸接物宜採用數個火炬，以進行其鐸接程序，平均加熱可免除鐸物之局部過熱。

填鐸物需適合被鐸物之收求，前者之物理性質並不完全依據化學成份而不變，蓋冷熱兩種處置對之均有影響。鐸條應為一種合金。

雖然，黃銅之鐸縫不能與其原鐸接物之顏色相同，故用包裹黃銅法補助之。包裹黃銅所生之困難則不若鐸接工作之甚。

碾製黃銅限在冷卻狀態時，及鑄製黃限在熱狀態時，可以施行鏈擊，均為應用鏈擊之規例。致處置熱黃銅以驟冷之步驟，有使黃銅愈形脆弱之危險。

青銅及紅銅——此均為銅及錫之合金。所應注意之點略與銅錒合金相同。有一最困難之處為當熱處置時，青銅之應力有暫時全失之危，即使極輕微之震動，即可使鐸物裂碎。大件鐸物加熱至其相當程度，其本身之重量已足使之如此。故在鐸接時，鐸接物必需支架穩固，不得移動絲

毫。

因各種組成青銅之成份相差至巨，在鉚縫與鉚接物之間甚易生有電壓差，故填鉚物之選擇較青銅更為困難。

用電弧行紅銅之積疊鉚接頗為滿意。炭弧之電壓在45—65伏脫間，進行鉚接工作，並可應用鑄鐵之熱鉚接所用之重大器具。

除此，將來討論防止意外危險一章內將更有闡明，不過在此將提及最應注意之事，即在鉚接銅合金所生氣體狀態之錫及鉍甚為毒害，故正式規定作此種鉚接之鉚匠需備有面罩，以防意外。

鋁及其合金之鉚接*

鋁在工業中之用途逐漸推廣，故在鉚接工程中，鋁已視為重要金屬之一。其所以能臻今日之地位，蓋比重輕而

* 波得曼氏，“關於鋁及輕金屬合金之鉚接”，Autogenschneisser-1928。

侯萊爾氏，“鋁之鉚接程序之要點及其在技術之重要性” Autogene Metallbearbeitung, 21卷(1928), 46頁。

羅斯都斯開氏，“鋁之鉚鑲及鉚接”，Metallkunde, 15卷(1923)，196頁。

羅斯都斯開氏，“輕金屬之鉚鑲及鉚接”，Metallwirtschaft, 9卷，(1930)499頁。

侯爾萊氏，“鋁及其可鉚性”Technisches Zentralblatt, 39卷,(1929), 47頁。

應力強大，對於化學的作用亦有甚大之阻力。但因鋁與氧氣之愛力頗大，即使在空氣中，其表面亦常蒙有一層極薄之氧化物，頗為美中不足。氧化鋁融解點特高，約在 3600° 至 4500° F (2000° — 2500° C) 之間，純鋁之融解點則僅達 1200° F (650° C)。此種性質在化學工業中雖有重大價值，但却使鐸接工作受極大之困難。用火焔之力量不能使此層氧化物溶解。因此直至一種能使此層氧化物化學分解之鐸接鎔劑發明後，鋁之鐸接及相伴之硬鐸鐵程序方始見諸實用之途。此種鐸接鎔劑各為“鐸塗膏”(Autogal)已由發明者取得專利，其主要成份為鹼性之氯及氟之化合物。

由於此種鐸接鎔劑甚易消失其流動性，而無溶氧之能力，故應與空氣隔絕，使用時在小碟內調合，以足敷一次工作使用之量為度。施於薄板者，用水或酒精與之混合形成漿狀物體，用小刷塗在鐸口之上。用於大型物體，將鐸塗膏之粉末散灑於鐸縫上，並將鐸條不時侵入鐸塗膏之粉末中。鐸塗膏能使流體之鋁具有輕輕流動之影響，及使熔鐸程序進行較易之效應，從上兩點觀之實無儉用之理由。其所以儉用者蓋剩餘之鐸塗膏存於鐸縫之內，實使工作有極留心之必要。鐸接既成，存留鐸接上之剩餘痕跡更須用水洗淨，否則鋁將因鐸接鎔劑之存留而有生銹之可能。用做填鐸物之純鋁多製作條形或即採取純鋁板上鐸下之小片。

熔鐸範圍內，惟一鐸接鋁之程序惟氧鐸而已。鐸接薄板以用細火焔為適宜，若用強烈之火焔將感洞穿之苦。因此吾人時常採用氫氣—氧氣火焔或煤氣 壓縮空氣火焔。

若剖面較厚之鐸接，則以用氧氣—電石氣火焰為佳，因電石氣可使鐸縫較軟。但所用之電石氣需極端不含有硫及磷之化合物，否則鐸縫勢將失去其應有之力量。

鐸接薄板前，可先將其疊合或作成飛邊，鐸接時可免用填鐸物。厚板則用對口鐸接，通常不必做成鐸槽。

金屬表面之清潔手續不可省去。

因鋁自固體狀態轉入液體狀態所須之時間極為短促，事前並無任何象徵，故鐸匠需有極好之技術及豐富之經驗。因燃燒而洞穿之危險極大，尤以薄板為甚。另一方面，鋁之導熱性僅為銅之半，在溶解開始以前仍可有較長之暇時，但鐸匠均喜用強烈之火炬。俟鐸縫之前熱已成，溶解程序極快，鐸匠於此時施加填鐸物為時所限，多有措手不及，遂致將板燃燒。故此點須加注意。如鐸熱之鐸滴過於寬大，鐸匠即應加以留意。於此時彼應急速換用小火炬，通常所請鐸滴之寬度規定應為板厚之三倍，若用之於剖面較厚之鐸接，照此限度所定之鐸滴似有過寬之議。當工作剛開始時，應將鐸物施以前熱，以便鐸接工作得以從速開始。鐸匠需牢記常以鐸條在溶流物體中輕輕攪拌，以助鐸渣之分離。

因鋁在鐸接溫度時自身頗易生坍塌而潰頽之現象，故預備鐸接時，應設法將鐸接物妥為維護。以銅板置於鐸接物之下部充其支架維護之銅板亦易為之事也。隨後鍛煉鐸縫亦為必須，如煉之以緩冷程序，或鍛之以鏈擊程序，均可增加鐸縫之力量。已熱之鋁施以驟冷之處置可以增進溶解之結構，但或因收縮而生裂痕，是為可慮耳。壓力鐸接

法——又名鉗鉚——亦常用於鋁之鉚接，俟於第三章內將再詳加解說。電點鉚接程序(Electrical Spot Welding Process)亦曾試用於鋁；直至今日，仍無顯著之進展，故尚無實際重要之地位。另一方面，電弧鉚接法在近代鉚接工程中反頗引人注意。

特爲此法，新出有多種鉚條，條之外表塗以溶解氧化物之狀物。鉚條與正極相連。此種新鉚條並不需用新工具，而可採用普通鉚接工具，即可將其溶解。在熔流鋁之表面上浮有一種玻璃狀之渣滓，可保護熔流之鋁，不致氧化。工作開始前，最好先自鉚縫開始之端加以前熱，約自 $200-300^{\circ}\text{F}$ ($100-150^{\circ}\text{C}$)以便鉚接進行有迅速之進展，否則耗時過內，非所望也。鉚縫完成後，應即刻將漿狀殘餘之痕跡，施以沖洗，刷淨等工作，使漿狀物之任何痕跡均無存留。

有一點頗爲可喜，用電弧鉚接時，因電弧熱度之集中，熔液形成之迅速，所得之接合可料原鉚接物相媲美；並且，在每單位時間內所熔滴下之填鉚物較任何方法均多。故此法於力量及經濟兩方面均有利益。但電弧大量之熱將產生牽引應力。故此法對於複雜物件之鉚接不如用於鉚接平板較爲適合。

至若鋁之合金，可分爲兩類，鑄製合金及鍛製合金是也。

最重要之鑄製合金爲美國之鋁，鋼合金，德國之鋁，鋼，鋅之合金，及一種名爲“矽鋁餅”(Silumin)之鋁矽合金。最重要之鍛製合金則爲都瑞拉明(Duralumin)合金其成份

含有銅，錳及鎂，因其性質特佳，尤以其力量約為31.7噸／平方吋，故在工業上用途極廣。除此外尚有多種合金如Aladur, Lautal及最近之Teleclal, aldrey, montegal及Constructal。

所有鋁之合金均可如純鋁一般之銲接，最重要者為填銲物之成份必需盡力使之與原銲接物成份相同。鑄製合金在660°F (350°C)時將其在製造時所得到有價值之物理性質盡行失去。與純鋁相較，無復表現其優點矣。因此種合金之功用全靠其精鍊時所得之優良物理性，故至今日銲接仍能保持其對此種金屬之相當地位。在銲接失去之力量可事後另法處置之，以求有所恢復，其方法與製造合金時所用之熱處置相似，如此使該鋁合金之力量可恢復至25.5噸／平方吋。欲達到此項目的，銲成之物必須在爐內熱至900°F (480°C)，再浸入冷水或油中，但此法對於大件銲物多不可能。據云美國費城之冶金試驗室曾造一自動電氣爐，飛機之翼身及尾舵可整個的照上法處置之。

反之，鋁之鑄製合金除與銲接鋁時所遭遇之困難相同者外，別無其他。其銲縫及溶流金屬面上形成軟層有延性之氧化物。故尋常均需使用銲接鎔劑中之銲塗膏，但銲物若為易於銲接之矽鋁鎂，則在小薄板之銲接時可不用銲接鎔劑。從另一方面觀之，鋁矽合金亦較鋁銅及鋁錳合金易於銲接。各種合金對於在銲接時因熱所生應力，及因應力而產生裂痕之反應極為不同。矽鋁鎂得以有較好之銲接性乃因其結晶之構造及其凝固曲線*與他種合金有所不同。

* 舍爾氏，“鋁合金之可銲性與合金成份之關係” Schmelzschweissung, 9卷(1930), 178頁。

銲接時在銲物內所存留之內應力可用事後處置法消滅之。在木炭火爐中用適宜之溫度熱之，然後逐漸冷卻較上法更好。

鎳及其合金之銲接*

鎳可照電阻銲接程序以銜頭或點銲接法銲接之，又可照熔氣銲接程序電弧或氧氣—電石氣火焰為之。

至於銲接方法之選擇，通行之習慣在 $\frac{1}{16}$ 吋以上之厚板可採用電弧之銲接，因其所得結果實較佳焉，較此更薄之板，則以採用氧氣—電石氣銲接較為適宜。

無論使用上述兩法中之任何一法時，應知鎳在其他性質方面雖與銅之程度相同，但在溶流狀態時，其吸收氣體較銅更甚，故欲得到美滿之結果，必須特別注意免除洞孔及泡沫。即至今日，因忽略此點，鎳之銲接發展仍極有限。

再者，鎳含有多量雜質，如炭，硫，鐵，鈷，錳及矽等。硫於銲接工作極為有害，蓋硫可減低銲縫力量故也。施以適當之銲接鎔劑，可使硫在鎳中成為不溶解之化合物。

電弧銲接法中，所採用之銲條係純鎳銲條外包一層反氧化作用之護皮，其主要成份為鐵，鈦。直流電絕對的較交流電為合用。

* 魏萊爾斯“關於鎳之銲接”*Technisches Zentral blrtt*(1929) 447頁。

步台，*Reuevd ela Soudure Autogene*, 21卷，(1929)，1710頁。

最好一趟將全個鉚縫鉚完。積疊而成之鉚縫其品質往往不佳，此由於每層上所成之氣物將逐層壓積鉚縫之內故也。

氧氣—電石氣鉚接法中，中性之火焰為必需之物，意即燃燒之氣體配合均勻各無過剩現象，若能稍帶還原性則更佳。過量之氧氣有使鉚縫性脆之可能。採用後退式鉚接法所得之結果較佳，因後退式之火焰可罩護剛鉚之鉚縫，免其自空氣中吸收氧氣。倘將火焰在鉚縫表面上作迅速之來往迴動，可使鉚縫緩冷，並消滅其應力，故頗有益。無論如何，鉚接程序不可中斷，同時逐層積疊而成之鉚縫亦應避免。此外，火炬與鉚縫間應有 45° 之銳角，故斜持火炬亦頗重要。

洋銀或德意志銀——因洋銀或德意志銀為銅鉍鎳三種金屬之合金，以前關於黃銅者均可應用於此。欲鉍之蒸發量保持在一定限度內，鉚接程序必須愈速愈妙。鉚接時加入鋁或鎂可免除氧化。在 1300°F (700°C)時，煉之以緩冷及鍛之以鎚擊，均為必需處置之法。

摩涅爾合金 (monel metal)*——此為鎳之合金可用電弧鉚接又可應用氧氣—電石氣火焰鉚接之。所需注意者，無論所用何法，摩涅爾合金易於吸收炭及氧而成為性脆之結構。

在電弧鉚法內，採用摩涅爾合金作成之鉚條外塗以應塗之保護物品，乃為鉚接之必須條件，否則用保護罩避免

* 尼斯氏“摩涅爾 (monel) 之鉚接”，Technisches Zentralt 39卷，(1929), 435頁。

空氣作用，亦可進行鐸接鎂，錳及矽，或鈦及鈣之合金均可為塗料。

在熔氣鐸法中，後退鐸接比前進鐸接所得結果為好，因前者可保護剛鐸之鐸縫，使之不受空氣中氧氣之作用也。無論如何，火焰中不得有過量氧氣。因此，電石氣供給所必須能供給充分之氣體。為反氧化作用起見，可採用溶於酒精中之硼酸液作為鐸接鎔劑，使電石氣經過之。此種鐸接鎔劑之應用較用粉末或漸狀者所獲之效果尚稱勻善。

其他金屬及合金之鐸接

鉛——鉛之溶解實際即為久著於世之鉛燒 (Lead-burning) ()，鉛之表面極易形成薄層之氧化鉛。氧化鉛較鉛之融解點為高，遂使鐸接更為困難。故於鐸接前，應將此層氧化物括去，於鐸接時，應使鐸條急速在溶流金屬液內擾動均為當辦之事。鐸接時，採用氫氣火焰最易得到良好之結果。氣體鉛為害最毒，應加防避。

鋅* ——鐸接鋅時，應於鐸口加入純鋅及使用普通液體鐸鐵或硼砂，(即銦氯之化合物)溶液，此於鋅之鐸接雖稍有幫助，然未能得到滿意之結果。採用美國人專利之
* 萊曼氏“鋅之熔氣鐸”Schwelsstechnische Rundschau des Technisches Zentralblatt 二卷(1930)，211頁。

羅斯都斯開氏“輕金屬之鐸接及應用之鐸鐵”metallwirtschaft, (1930), 499頁。

赫恩氏“鐸縫內之侵入物”Schmelzschweissung 9卷(1930)，135頁。

鐸接鎔劑，或用填心鐸條，即鐸條內部充以一種特別鐸接鎔劑，均可得到良好之結果，後者已為 Griesheim-Elektron 工業社專利矣。

錫——錫之氣氛鐸與著名之鐸鐵鐸接程序相同。

Elektron —Elektron 有可鐸接及不可鐸接之合金多種。因 Elektron 最主要成份之鎂對於化學作用及空氣之感觸較鋁更為敏銳，氧化物層之祛除及鐸接鎔劑之採用較以前任何金屬均為重要。含有氟化物之鐸接鎔劑對於鎂之傷害最力，故需避免之。填鐸材料應採與原鐸物相同之合金，鐸接之方法與鐸接鋁相同。

3 金屬之鐸鐵接合及金屬之青，黃銅接合。

鐸鐵接合為與鎔鐸法極有關連之一程序，在鉛燒及鋁之硬鐸鐵接合時與鎔鐸法極為近似，幾難於分別。德國金屬科學協會，鐸接合專門委員會對於鐸鐵接合之定義如下：“鐸鐵接合或包黃銅為熔熱之金屬及合金用一種熔解之金屬作接合媒介而相接合之方法，其被鐸之金屬則仍處固體狀態”。

在鎔鐸法中，原鐸物及填鐸物之成份應力求相似，熱量需繼續施用，使兩者全成為流體狀態，乃為互相溶合之要點；在鐸鐵接合，兩接合物僅熱至鐸鐵之融解點，此項融解點較原鐸物者為低下，故使鐸鐵熔解，原鐸物仍滯留於固體狀態。

如此，鐸鐵與鐸接物之接合並非僅相粘連一起如所想像然，乃係鐸鐵需多少侵入鐸接物之內部，在鐸口膚皮之上產生混合金屬，此混合金屬之產生乃由鐸接物表面受災

熱之分子相互移位得到之結果。即在最良好情形下，所得接合之力量亦不過與鐸鐵之力量相當。擴散性，粘滯性，及表面應力乃決定接合品質之因子，鐸鐵之融解點與鐸接物者愈相近，及鐸接時形成之鐸鐵層愈薄，則接合之鐸縫愈稱上選。

鐸鐵接合可分為硬鐸鐵接合及軟鐸鐵接合兩種。

用軟鐸鐵接合，欲接合之部份不必加熱，將鐸鐵接合應用之烙鐵塊（簡稱鐸接鐵）將一極易溶解之金屬（軟鐵或錫），烙熔一薄層於欲接合之乾淨金屬表面上；欲鐸接之金屬表面事先要用侵蝕之媒介物泡過，以令其清淨無垢，鐸接用之烙鐵可熱之以煤火，或燃燒氣體，或電流。如鐸接物較大，可改用鐸燈或鐸槍，用以代替烙鐵。

用硬鐸鐵接合，欲接合之部份先熱於木炭火中，或用軟好較清潔之氣體經火炬所生之火焰，或用爐火熱之，然後將填鐸物即硬鐸鐵經溶解程序加入鐸口。電石氣，氫氣，煤氣，油氣，（Blau Gas）及炔屬均可與氧氣混合燃燒，且有時使用煤氣及壓縮空氣或電石氣及壓縮空氣之混合氣體。此種氣體之火焰溫度不似“點火焰”（Point flame）之高，故可不用面罩而可用肉眼注意接合之程序，若用“點火焰”之鐸接則必需加戴玻璃面罩以護人目，因之不如前者所看之清晰，為使用此種火焰之優點。

在硬鐸鐵接合，金屬表面需要純淨極為重要。否則脂肪，油及金屬氧化物寄居於鐸鐵及金屬之間，或當接合時蒸發而阻止接合工作。

鐸鐵接合需要手藝及經驗。鐸匠第一需能斷定何時鐸

鑲之流動性最宜於接合，於是立刻接合之。手術愈快，兩金屬間積留之鑲鑲層愈薄。

銅與鈷，黃銅及銅，鐵及銅，鐵及黃銅，鋼及銅均可用鑲鑲接合。用約六成銅四成鑲所做成之硬鑲鑲可用為上述各金屬間之填鑲物。

· 鑲鑲結合對於鋁及其合金在工程之用途極為重要。^{*}以下將詳加論列。軟硬鑲鑲接合均可用於鋁。鋁之接合，第一條件為鑲口表皮所有難於熔解之氧化物層在接合前必需先行祛除。在軟鑲鑲接合，可用人工祛除之。將欲接合之金屬先行加熱，加鑲鑲少許，直至鑲鑲熔解為止，然後用銅絲刷清之，此層氧化物如此乃可括去。鑲鑲即可將欲接合之部份護罩，使不致再生氧化物。所用軟鑲鑲均不含鋁或僅有鋁之痕跡少許。用此種鑲鑲所得之接合力量極弱，接合縫口使用時間過久，有逐漸消失其力量之虞，此乃因氧氣，水汽，即在空氣中之存在使接合處因電解程序而實行分解。並且顏色逐漸更暗，非所望也。

鋁之軟鑲鑲接合之優點為工匠無需經驗，不須應用鑲鑲劑，接合工作可在低溫度時進行，使鑄物可以避免應力及裂紋等，但軟鑲鑲接合僅能應用於無需應力之接合或接合處用油，漆或洋漆保護以免氧氣影響之部份。設有軟鑲鑲接合之物品雖為無銹之物品，陳列市場中，待價而沽

* 羅斯都斯開“輕金屬之鑲鑲接合及鑲鑲”Metallwirtschaft, 第9卷(1930)499頁。

† 羅斯都斯開及呂得“鋁之鑲鑲接合之可能性”，Technisches Zentralblatt 第39卷(1929)450頁。

，絕不可購買，否則定將大失所望。

硬鉍鐵接合與鉍接頗為相似，鉍鐵中含鉍之成份愈多，其溶解點愈高，其相似性愈大。

硬鉍鉍鐵又名為精製鉍鐵，含有70—75%之鉍，其餘成份為銅，鎳，銀，錳，鋅，鎘，矽，銻，鈦及其他。工作之溫度在1000—1165°F(540°—630°C)，因此有時與鉍鉍接極為相似。若將溶解點降低，其抗誘力即將大減，而此抗誘力即硬鉍鐵接合與軟鉍鐵接合不同之特點。如鉍接鉍然，以鉍接鎔劑消毀氧化層，此種鉍接鎔劑含有鹽基性的氫原質化合物，鹽基性之礆土，及礆土，Grisheim並未獲得此項專利之權。硬鉍鐵接合之接合處顏色仍可持久不變。

祇以鉍為範圍，硬鉍鐵接合與接合互為勝臂。硬鉍鐵接合因其工作溫度低下，對於覆蓋交接及薄板特別相宜，因板不致因燃燒而洞穿，手續亦較簡，接合處之外觀較為潔淨，但對於鑄製合金如Duraumin, Lautal, Aludur等合金，硬鉍鐵接合應注意之點與鉍接應注意之點則相同。在鉍鐵溶解點時，此等合金可貴之性質均形消失，因此種合金之力量永為經煉之純鉍之二倍，又因軟弱之範圍僅限於接合處，故尋常對於熱處置之合金使用硬鉍鐵接合實無可反對之理由。

最後，鑄鐵之鉍鐵接合亦應提及，僅有許多種可用於鑄鐵之鉍鐵為大眾所贊許，據聞其力量或可與原鉍接物並駕齊驅，或且過之。但德國國家鐵路在威丁堡地方之鉍接研究部試驗證明其中大部全不合用。

用特別之青銅或黃銅以產生適當之接合實為最近之事

。此種接合多為人誤稱為青銅鉚縫。在討論鑄鐵鉚接時，曾道及炭自鑄鐵中析出成為長斜狀之石墨，青黃銅接合之所以成功即因此種析出之單獨石墨在接合區域中燃燒消失，於是以鉚接火炬所溶解之青，黃銅因微管作用而將此種空地填滿。如此青，黃銅乃與鑄鐵部份合為一體，因此接合處力量可以增加。為幫助此法之成功，先將鐵屑及硼酸之漿狀混合物置於接合物之邊緣。當鉚接物加熱，此漿狀物放出氧氣，即將石墨氧化成二氧化碳氣而飛散。

用此法，青，黃銅接合之部份可具有所須之力量，其性軟，可承受應力。將其熱至 $1300-1480^{\circ}\text{F}$ ($700-800^{\circ}\text{C}$) 加以相當之處置，其力量更可增加。蓋鑄鐵與銅鉚合金之混合結晶在溫度可以產生，混合結晶可使接合處置力量增加。如精誠注意工作，此法可勝過冷鉚接法而代替之。

尚有一種接合鑄鐵之新法，採用鑄鐵條及青，黃銅之接合溶液再加用漿狀物所得之結果可與青銅之優等接合得有同樣之結果。

但此法之應用亦有其限度，即在普通接合之溫度不能成功，因在此溫度將發生孔洞及泡沫，吾人須將溫度升高至與普通鉚接溫度相當，而後方能得到可工作之金屬接合。以鑄鐵之青，黃銅接合與熱鉚接法相較，前者之優點為欲修補之部份無需拆開，亦無需於其四週築成圍模。

且因其品質之優劣多視臨時情形而定，鑄鐵之青，黃銅接合如精誠接合，結果可勝過冷鉚接法，但永不能及熱鉚接法之品質。

但有一例外，即極舊鑄鐵之青，黃銅接合。前節討論

銲接程序時，曾指陳極舊鑄鐵之銲接直為不可能之事，即勉成其事，亦有重大之危機。在青，黃銅接合法中，青，黃銅極易流入鑄鐵之大空管及小細孔，而與之作極密切之接合。則極舊鑄鐵腐蝕之處除非能與青，黃銅接合材料兩相關連，殊無他法可以補救。要之，無論如何，青，黃銅接合為修補極舊鑄鐵之惟一方法，可使極舊之鑄鐵再有相當之功用。

(第三章完，全書未完)

混凝土 (Concrete) 之美化問題

American Architect. Aug. 1935. P.P. 70-82.

By Arthur Mck. Stires.

關於混凝土之製造，設計理論，均有專書討論，而對於混凝土之美觀方面，均少談及。此篇所述，乃為混凝土美觀之造法，共分為三部份，第一關於混凝土模型 (Form) 之材料如木板 (Form Board) 各板夾裏 (Plywood lining) 瓦楞鐵夾裏，灰泥模型 (Plaster mould)，等及模型對於凝固後混凝土外觀之影響，均有說明，並附有詳圖及照片多幅，以供參考。第二述及混凝土外面之條紋 (Texture)，關於各種條紋之做法，如用模型夾裏，機械磨擦，化學方法，錘鑿法等，敘述頗詳盡，并附有照片十餘幅，以示做成後之樣式。第三即述混凝土之着色。關於顏色，大致分為兩類，一為利用帶顏色之石子，而將混凝土外面之水泥去掉，以露石子之色。一為在混凝土外塗以顏色油類。關於水泥油漆及普通油漆以及塗油漆應注意之事件，亦有所說明。最末談及工作時之手藝及人造石塊 (Cast Stone)。此篇對於建築者較為有用云。

(李汶)

雜 俎

理論的材料力量及其實際的弱點

(Theoretical Strength of materials and their Practical weakness.)

此篇係 Sir William Bragg 在 Royal Institution of Great Britain 之講演稿，見 Scientific Monthly, August, 1935.

文長十頁，茲為摘要如下：

甲。研究材料之力量須先明瞭其組織 (Composition) 及其構造 (Structure)

(一) 氣體及液體之行爲 (Behavior) 較易檢討。

(二) 最近二十年，X 光線能使吾人辨別作結晶體排列之固體之原子及分子。吾人現已發現結晶體之構造及原子之排列。

例證：

一。Cyanuric triazide

二。Benzoquinone

(三) Lord Kelvin 之原子凝集 (Cohesion) 論——由於
· 引力。

(四) 原子凝集係由於電之吸引 (Electrical Attraction)

一。例證：岩鹽 (Rock Salt) 實驗。

根據上述假設所計算膨脹岩鹽結晶所需之
工作與實驗結果頗相符合。

二· Debye之計算

乙· 材料實際之力量較理論者大為微弱。

(一) 根據「原子凝集由于電之吸引」之假設，岩鹽應
受 200 Kg/sq.mm. 之拉力始行破裂 (Rupture)，但
實驗則小於 1 Kg/sq.mm.

(二) 微弱之原因：

一· Dr. A.A. Griffith 之假設——由於裂紋。

1. 此種裂紋不能用顯微鏡或 X 光綫看出，
因對前者太小對後者太大故也。

2. 此種裂紋之存在甚難解釋。

3. 裂紋之大小須視結晶體以前之歷史及形
成時所受之待遇 (Treatment) 而定。但結
晶體之構造並不變。

二· Griffith 之假設實基於普通經驗。

(三) 裂紋之起源——數種假設：

一· 結晶體之重疊構造 (Superstructure)

二· 結晶體生作樹木形 (Dendric form)

三· 原子欲脫離形變 (Strain)

(王謙)

防止「水浸」及「潮濕」法

原文見「美國建築雜誌」一九三五年四月號作者羅哥氏

防止「水浸」法——橋墩，屋基，水閘，等物，當水壓大於其內部之抵抗時，水即浸入。如欲設法防止：第一須測水壓之大小，然後再計算應用之材料及建築物之大小。大抵水深一呎，則建築物之厚須加五吋。

材料及方法：

(甲)用不透水之混凝土——此法無須再用其他之防水材料，祇用適當配合之混凝土作建築材料即可。如欲獲得此種混凝土，其法如次：

(一)設計：使建築物之厚度及其凝固強度適合於抵抗所有之外力。

(二)配合物：所用與荷蘭士敏土之配合物須清潔並堅密。

(三)水：須用飲水。

(四)士敏土：標準的，經美國材料實驗會實驗結果(C9-30)之士敏土最合格。

(五)配合物之比例：細粒之配合物不得超過二分之一，亦不得少於三分之一之全量配合物。

(六)混合之時間：至少須在標準之混合器內混合兩分鐘。

(七)混凝土之塗抹：須繼續工作，絕對禁止其成集團，如欲免除此弊，可用高次之振動器以塗抹之。

(八) 須用適當之水量，以防止其變為疏松之白色粉粒。

(九) 一切之修整法均須用於此。

(乙) 用特種之士敏土及配合物：—

(一) 高速強固之士敏土：此種士敏土與普通之荷蘭士敏土之最大強度相同，惟其強固之中間步驟需時較短。

(二) 全部之不透水物：凡化學實驗室中所獲得之不透水物，均可用作防水之配合物。

(三) 金屬肥皂：上等之鈣性及鋇性金屬肥皂均可用作不透水之配合物。

(四) 錄化鈣：加於混凝土內。

(五) 遲鈍化性之充塞物：某種細微之泥土，可用以充塞混凝土內之孔穴，惟此法不甚可靠。

(丙) 另用薄層之不透水材料——此法包括所有之地下建築物，其外罩以此種不透水之材料者。

(一) 材料：「被塗門」之帶瀝青性及柏油性為最普通用者，二者可單用，亦可兼用；惟均須趁熱塗於一種氈狀或編織物上其阻水之効力大著。最近有用薄銅片以代替編織物者，或銅片織物二者疊用。但銅片之重量須在一平方呎一盞司至半盞司之間。

(二) 方法：所用材料之厚度，及設置方法無一定標準，須視建築物之條件而定。(詳見該雜誌第七十二頁)

(三) 注意點：在此種防水層上禁止任何鑽孔，不得使此種防水層轉極尖銳之角度。

(丁) 用士敏土牆粉——用荷蘭士敏土一份和以兩份之砂，

塗於建築物牆壁之內面可以防止水浸。牆壁之本體須清潔而粗糙，所用之牆粉須配合均勻成爲一種濃厚之略狀物。配成後須於三十分鐘內用之。

塗法：先塗八分之三吋厚之牆粉，待稍乾，復使其面粗糙，然後再塗八分之三吋，一切修整法均須用於此處。如欲避免此種麻縈，可用高速強固士敏土與砂配合。

(戊)鐵屑法——加鐵屑於混凝土中，則鐵屑與土中之水作用而成養化鐵纖。如其體積膨脹充塞各孔穴中而防止水浸。如用此法，則其外須另塗一普通之混凝土以掩蔽有礙美觀之鐵銹。 (劉寶善)

直立牆式防浪堤上之浪擊作用

“Wave Action on Vertical Wall Break waters”

by Dr. Brysson Cunningham.

“Nature” Aug. 24, 1935. p.p. 283—286.

此篇係英國河海工程專家坎寧甘姆氏敘述意大利河海工程學家加格里教授(Prof. E. Coen Cagli)對於浪擊問題之新研究結果，是極值得注新的文字。

防浪堤之建築，以上層爲「直立牆」及下層爲「亂石堆」式最爲普遍，尤其是在地中海一帶海港，極見功效。但自一九三三年三月西西里之加丹里亞海港防浪堤及一九三四年二月北非洲之亞爾吉斯海港防浪堤，相繼被毀於風浪以後，世人對此種式樣，不免發生疑問。但據加格里教授於本年七月九日在英國土木工程師學會所發表之意見，

謂此種「直立牆式防浪堤」之効力，不可否認，惟關於舊日之浪擊作用理論，須加修正。據渠與斯特基教授（Prof. A. Stuky）在洛桑大學水力試驗室所作模型試驗之結果，頗與幾內亞海港之實際測量浪擊力相吻合，關於上述之兩防浪堤，均曾作成模型，試其所受由浪擊而生出之壓力，均示出此項壓力，較大於根據於「聳立波浪」理論（Standing Wave）所算出者。良以此種波浪擊於直立牆上者，仍係輪轉式（Trochoidal Characteristics）也。至於防浪堤之基礎，在海底下之深度，倘等於該處最大浪頭之兩倍，直立牆脚之深度，倘能在等於該浪頭之一倍半者，則受「整個浪擊」之危險，亦可免去云。

從上述兩防浪堤之被毀，可以測知「混一式海牆」（Monolithic Wall）較之「乾砌大塊式」者為可靠。又（亂石堆）式基礎建築於軟性海底者，倘在浪頭高至二十五呎至三十呎，波長達五六百呎之處，則昔時在水面下四十呎深度之標準，必須從新考量。因為如亞爾吉斯防浪堤失敗之原因所示，防浪沖蝕之影響，實及於水面下七八十呎云！（平）

護岸之「柏油沉墊」

“The Development of the Asphalt Mattress”

by Walter G. Carey. —

“The Military Engineer” Nov.—Dec. 1935.

pp. 430-436.

護岸工程，舊時多用柳枝及石子。惟以柳枝易朽，乃有改用混凝土塊者。但混凝土塊之沉墊，仍不能耐久，因

其穿聯之鐵絲，亦易銹蝕也。最近在美國密西西比河下游乃有試以「柏油沉墊」作為防護堤岸基脚之用者，結果非常美滿。如工程師哈芝 (John N. Hodge) 於一九三二年所宣稱，謂柏油沉墊在經濟上或其他方面，均較他種沉墊為有利也。柏油沉墊之試驗已於一九三三年告成，一九三四年即作大規模之應用。在密西西比河下游護岸工程，曾做有寬六百三十尺（自河岸向河中心量）之柏油沉墊，放在深一百六十尺之河底，其時流速為每小時四英里半，並未發生困難云。此種沉墊係以十二號鐵絲，鉚作網狀，作為加強之用，再加柏油與就地材料（細砂）之混合物，使成厚約二英吋之墊褥，每方英尺在空氣中重二十一磅，在水中重十二磅。此種沉墊既較輕於混凝土塊者，又十分富於彈性，易於吻合河底地勢，兼之鐵絲完全藏於柏油及沙混合物內，無銹蝕之虞，故極耐久。因有此種種優點，柏油沉墊可謂為最合於理想之沉墊矣。如現在密西西比河下游所造者，每一百方英尺，約費十四元美金云。（平）

鋼骨混凝土圖表

(Reinforcee Concrete Design Chart).

American Archltcet. Aug. 1935 p. p. 84—89.

該圖表共計三種，為板，樑，及柱之設計。每種均有詳細舉例說明用法，頗為簡單，對於計算時間頗能節省，各圖表所設之應力等如下：

(一) 板： 鋼鐵應力(f_s)=18,000 混凝土(f_c)=650 $n=15$.

(二) 標： 鋼鐵應力(f_s)=18,000 混凝土(f_c)=650 $n=15$.
鋼鐵僅用於伸引面或伸引及壓縮面均可。

(三) 柱： 鋼鐵應力(f_s)=18,000 混凝土(f_c)=400—1,000
 $n=10—15$.

柱樣方元八角均可，一切設計，均按美國紐約建築規律製成。 (李汶)

混凝土之簡易混合法

“Simplified Concrete Mix Design”

By. H. N. Walsign”

“Journal of the American Concrete Institute”

1. 普通原理：

A. 密度 (Density)：強度(Strength)與密度成正比。密度愈大，強度愈增。

B. 工作性 (Workability)：用極細之沙 (Sand) 及石塊 (Aggregate) 混合可得工作性最佳之混凝土，但密度亦因之減少；故在一種混凝土中極細或半粗細 (Medium Size) 之沙及石塊均宜有定比。

C. 強度：混合時以少用水而得相當之堅結狀態 (Consistency) 為佳。

2. 混合法：

A. 先用著者所附圖表找出一種沙石混合物 (Mix Aggregate)。
此種混合物在已定之土敏土與沙石比 (Proportion of cement to Mix Aggregate) 下與土敏土混合可得極佳之混凝土。

B. 士敏土與沙石混合物之比例： 有三法可用。

a. 任意指定法(Arbitrary assignment).

普通所有之法

原著者發明之法

1:1½:3

1:3.8

1:2:4

1:5.9

1:2½:5

1 6 0

1:3:6

1 7.4

b. 博路美法(Bolomey's Method).

$$\text{Strength} = K \left(\frac{c}{w} - 0.5 \right)$$

K=強度數因(Strength Factor), $\frac{c}{w}$ =士敏土水比(Cement Water Ratio).

c. 士敏土之重法 (Weight of Cement)：先決定每立方碼(=27立方呎)中士敏土之重量，再由作者特製之曲線上即可找出所應用之比例。

(譯蔭洪)

卷 末 贅 言

第四卷四期，雖然祇出了三本，究竟比第三卷進步多了！記着第三卷首尾完全，共需兩年，這一次却祇要一年，雖然華北政局並未和緩，本院的處境並未脫危險的時期。我的贅言，還是舊年的舊話，

「膽怯者在他的死前，

也不知道要死了多少次！

可是勇敢的人，

要死，祇有一次。」——莎士比亞

這一卷雖說祇有三本，但以內容及頁數計算起，平均每期有九十頁的正文，也不能算太貧乏了。本卷第一期裏第一篇是詹文琮邱鼎汾兩君合著的川漢路復興工程之估計，即刻暗示出本刊本卷之使命，在宣傳國防鐵路之建設，所以在這第四期裏，我們特選王修欽君的贛閩鐵路線踏記來壓卷。其餘關於鐵路工程的文章，少有多篇，尤以楊瑜黃治明兩君合著的膠濟鐵路換軌工程紀要最為有趣，也最足代表本院所發展的「唐山精神」。我們原不僅以工程技術自足的，我們要應用工程技術到人事管理上，而得到最大的效率。如膠濟鐵路換軌工程不過是一例而已。

其次，我們在上一卷末所希望的要自本卷起刊載長篇譯著，作為唐山叢書之起首，也總算實現了。善始善終，我們在這裏並不是要自己恭維自己。張高兩助教所譯的近代鐸接工程，是代表一支最近代化的工程學術，同時又是最合於實用的。他們的用心之專，用工之勤，凡是讀過這長篇譯文的，當都能感覺到，不用我特別介紹了。此外如朱皆平教授所著的城市規劃原理，雖然第一篇剛刊出，即刻暗示出其內容，非如坊間一般談市政的書籍。

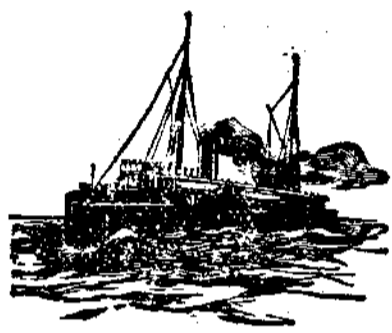
本刊五卷一期，大概可以在今年五月內出版，其內容預告如下：—

廣西賀梧鐵路踏勘紀要	葛 天 回
初等共線圖解法	李 汶 譯
適於計算溝管內流量之「文求銳水槽」.....	彭榮閣譯述
專著——	
城市規劃之社會學的基础.....	朱 皆 平 著
近代鐸接工程（三續完）.....	張 維 合 譯
雜俎	高 超

「記者附識。民國廿五年一月九日，唐山」。

本期稿原交天津新民學會代印，乃值該會改組，稿歷擱一月之久，原封寄回，以致出版延期，至為抱歉。

記者：二月十三日



4
100

100

7
100

