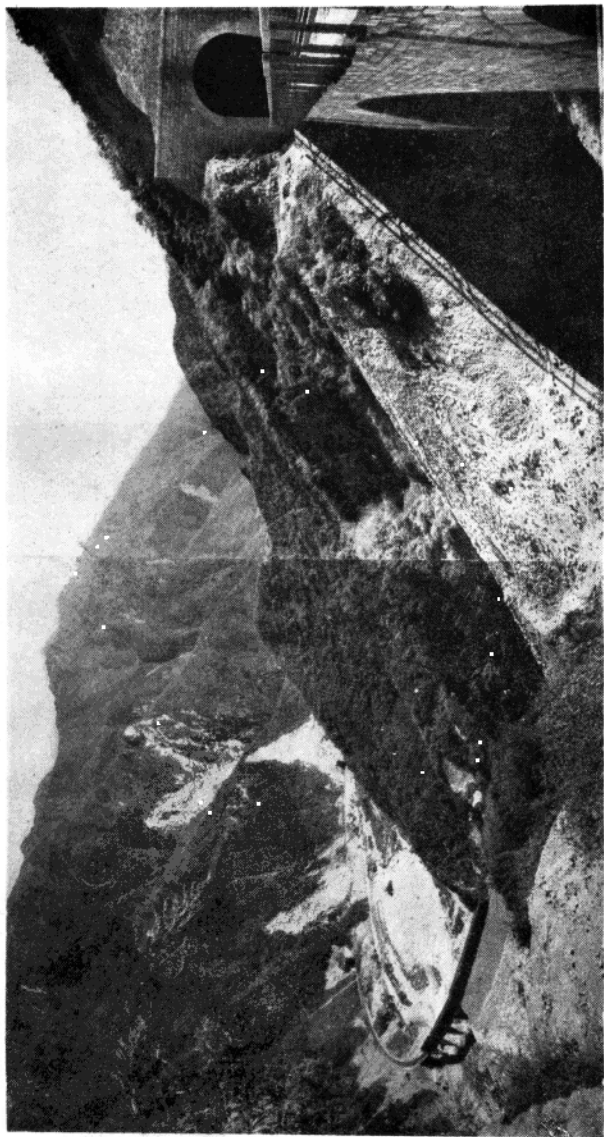


宝成铁路修建技术专题总结
线路勘测与设计

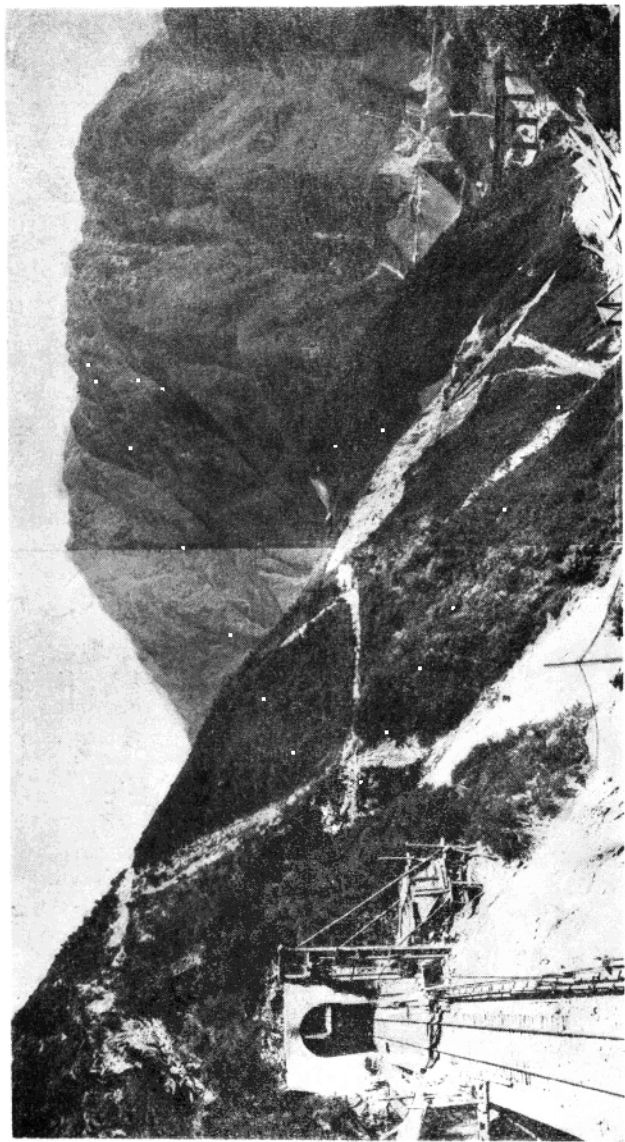
铁道部宝成铁路修建总结委员会编



人民铁道出版社



照1. 在这巍峨的深山峻岭中，线路左右通绕，上下重叠。图为自百尺标24.俯瞰208清溪河桥。



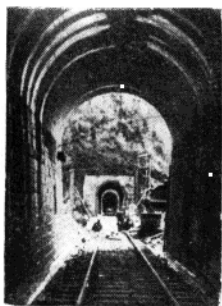
照2. 自大平溝上綫下望，三綫排列，蔚為奇觀。



照3. 山宝鶴遙望秦嶺，羣峯峙立，1、2之間為綫路穿过的隧口。



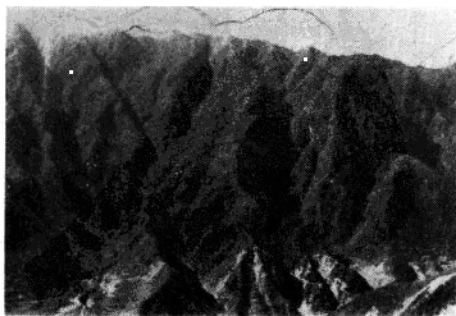
照4. ∞ 形綫路就在这座隧道上重叠交叉。



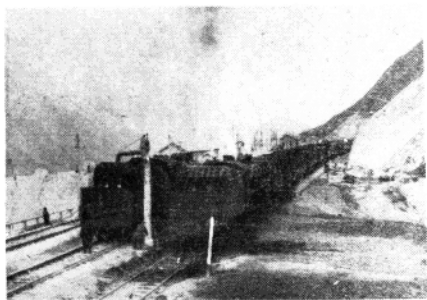
照5及照6. 楊家湾至秦嶺綫路長29.4公里，其中有56.7%为隧道，而且桥隧紧連。



照6.



照7. 在这陡峭的山坡上，观音山車站动工了。图下部的帶白色处是車站位置。



照8. 建成后的观音山車站，平整穩固，高出清姜河 80 公尺。

照9. 在懸崖絕壁上
修建起來的青石崖車
站。



照10. 由秦嶺北望清姜河谷。這列客車從寶鵝出發穿
過 47 噸隧道，即將進入 2,364 公尺長的秦嶺大隧道。





照11. 冥官峡是鳳州黃沙河段內的艱險峽谷區，嘉陵江到此僅寬三、四十公尺，工程艰巨。图中为施工时架設在嘉陵江上的鋼絲索桥。



照12. 在水中進行電探工作



照13. 略南廣元間蒼元平附近修綫路。

照 14. 人力鑽機進行鑽探→



照 15. 在白雪滿布的山頂上，測量人員仍在不懈的工作。↓



目 录

一、綫路設計总的情况	1
(一)綫路概述	1
(二)綫路大方向选择	5
(三)秦嶺地区选綫	8
(四)各段局部綫路方案比較与选择	19
二、工程地質勘测	34
(一)概况	34
(二)工程地質勘探	36
(三)几点主要体会	40
三、选綫与工程地質相結合的重要性	43
(一)概况	43
(二)选綫未与地質相結合發生問題的实例	44
(三)几点体会	45
四、山岳地区河谷选綫的体会	49
(一)采用河谷綫越嶺时选綫的体会	49
(二)沿嘉陵江河谷引綫的主要体会	50
五、宝秦段采用 30% 电气双机坡度的探討	52
六、經驗教訓	59

一、綫路設計总的情况

(一)綫路概述

1. 綫路经过地区簡述

宝成铁路由陕西省宝鸡市起，中經双石鋪、黃沙河、白水江、略陽、陽平关、广元、宝輪院、雁門壩、中壩、綿陽、广汉而达成都，全長 668.20 公里。北接瀾海、南連成渝，跨三省十九个县市。全路限制坡度为千分之十二，最小曲綫半徑为 300 公尺，根据地势不同，在北段宝鷄秦嶺間采用千分之三十的电气双机坡度，長 45 公里；在劍門山区石公壩至馬角壩一段采用 20% 的蒸汽双机坡度，長 26 公里。全路共有車站 75 处，其中宝鷄（成都在外）为联軌樞紐站；略陽、馬角壩为机务基本段，鳳州、广元及綿陽为机务折返段；其余計中間站 33 处、會議站 36 处。

本路出宝鷄到渭河南岸約 4 公里，屬渭河一級台地，地形比較寬坦；以后溯清姜河而上，至 13 公里楊家灣車站附近，仍在開闊河谷中，过此則河床逐漸狹窄，兩岸山勢陡峭，愈高而愈險，直至秦嶺壩口。在航空距离 25 公里內須上升 810 余公尺，兩岸低处已不能利用，只得沿清姜河谷盤繞于秦嶺叢山之中，左右展綫。在这里有三个馬蹄形、一个鉗形，并兩跨清姜河，用 2364 公尺的長隧道穿过秦嶺壩口。这段地形复杂，峯巒錯雜，峭壁林立，溝谷縱橫，桥隧密連，工程集中而艰巨，地質多为風化比較严重的寒武紀花崗岩、花崗片麻岩、云母片岩等，为全路引綫最困难之地段。

秦嶺以南順嘉陵江而下，直达广元，長 310 公里，依山傍水，共 16 跨嘉陵江。其中：(1) 秦嶺双石鋪間長約 60 公里，屬嘉陵江上游范围，河谷大部寬坦，台地較多，而靠近山坡处多有不良地質現象，河床縱坡較平緩，大部分为自由导綫地段，与川陕公路平行，虽有施工运料之便，但公路已佔去了有利地形，因此铁路、公路、河流三者爭道的干扰多，成了这一段的特点。为了减少改移公路及繞避不良地質地段，綫路时走江左、时走江右計跨江 7 次。(2) 双石鋪至略陽約 110 公里，多为狭谷地区，最窄处有仅 30 公尺者，河流曲折，峭壁高聳，只有少数較緩的山坡，而台地几乎絕跡；地質复杂，岩層破碎，崩坍現象很普遍，滑坡严重，因此不但引綫不易，選擇站場位置尤为困难。綫路出双石鋪車站后即入灵官峽及琵琶壩峽谷中，兩岸尽是陡坡峭壁，水流湍急，推算 300 年一遇的洪水流速有达每秒 8 公尺者。因綫路平面受地形限制，除隧道御土壩甚多外，河岸防护工程也不少。西坡至崖角里，山勢虽略为平緩，而河道蜿蜒，在三渡水、李家河兩地右岸形成馬蹄狀山脊，突入嘉陵江中，为使綫路順直及避讓地質不良地段，采用了裁弯取直的改河措

施。这一段綫路分別結合地形、地質的有利条件，跨江七次，选定在兩岸上。(3) 略陽至广元長約 140 公里，除燕子砭車站前后的急道溝至木槽溝約 7 公里一段，因河流曲折，右岸溝谷多工程大，改走左岸外，其余均走右岸。这一段傍山沿河，綫路坡度平緩，惟河流弯曲，山勢陡峭，桥梁隧道皆多，除跨越嘉陵江兩次外，并跨越乐素河、清河、安乐河、金家河、大巴口等較大支流；長隧道有荷叶坝、恩哥石、陽平关、八庙溝等，長度皆在一千公尺以上，工程艰鉅。

由广元至綿陽，長 197 公里，綫路离开嘉陵江，进入劍門山区，山勢虽亦較陡，但远不及双石舖广元間之險峻。

出广元車站，綫路上升 42 公尺过黃家壩隧道，下坡跨白水河經紫蘭壩隧道至宝輪院，乃上溯清江，沿左岸經白田坝、下寺，再改沿右岸經东坝至石公坝長 74 公里，綫路坡度平緩；过石公坝后山勢陡峻，仍沿清江右岸，采用 20% 双机坡，上升 187 公尺經雁門坝，用 700 公尺長隧道穿过会龙場分水嶺，过嶺下降 133 公尺至馬角坝計長 26 公里。会龙場是略陽至成都最高点，路基标高 786 公尺。綫路由馬角坝沿石渠河下降經菁林口、厚坝至神龙河后复上升，跨水磨河 7 次至杜家嶺路基高 657 公尺。由此經江油之三合場、彰明跨涪江至綿陽車站，該站为全綫最低之点海拔高度为 468 公尺。

由綿陽跨安昌江，綫路逐漸上升至梅家溝，跨紋江至罗江后复急剧上升越过王家大山分水嶺，經黃許鎮、德陽、广汉、新都等富庶之区到达成都。綿陽以南，丘陵起伏，地勢開闊，进入川西平原后，路基工程簡易，但河渠交織，桥涵工程較多，主要有綿堰河、外灘河、石亭江、鴨子河、濛陽河、姚景河、青白江及昆河等。

本路北越秦嶺南穿劍門約 80% 經過山岳地区，20% 是丘陵和平原地区。地表复盖層是洪积層和堆积層，厚自几公尺至几十公尺。其基本岩層：在秦嶺間是花崗岩、片麻岩、片岩等，多折皺、断層；沿嘉陵江是頁岩、变質頁岩、礫岩、石灰岩、片岩等互相間杂，并有泥質夾層及火成岩侵入，形成新穎的崩方、滑坡地帶；劍門山一帶是沉积岩；丘陵和平原地区是冲积層。沿綫雨量犬，地層松散，地下水特別發育，且地質構造又經過多次的造山运动，扭曲折皺劇烈，岩層風化破碎，且略陽以北多为 6~7 級地震区。

2. 綫路技术标准

宝成鐵路是分段設計、分段施工的，不惟時間有先后，技术标准亦因依据不同而有差異。成略段是在 1950 年 6 月开始測量的，采用 1950 年鐵道部頒佈的“鐵路建筑規程(草案)”中的二級鐵路标准。1952 年 5 月“蒸汽機車單綫鐵路設計規程(草案)”公佈后，多与前項标准不同，但因成綿段技术設計和綿略段定測均已次第完竣，初步設計鑑定意見同意仍按原定測标准施工。但技术設計时，为了提高綫路質量，豎曲綫改按新标准采用了圓曲綫。

宝略段是在 1952 年 9 月开始初測，以“蒸汽機車單綫鐵路設計規程(草案)”为依据。嗣于 1953 年底決定宝鳳段采用电气化，改用电气機車牽引，除宝秦段采用 30%

电力双机坡和按苏联1953年頒佈的“标准軌距新建鐵路設計技术規范”第二十三表电气列車每公里往返一次所需的計算時間佈置分界点外（第二十三表和我 国 鐵 道 部 1956年4月頒佈的“标准軌距新建鐵路設計技术規范”同），余均不变。

本路采用的技术标准因各段不同，而有差異，詳見表1。

宝成铁路各段綫路技术标准表

表 1

技 术 项 目		宝鷄~鳳州	鳳州~略陽	略陽~綿陽	綿陽~成都
区間最小曲綫半徑(公尺)		300	300	300	300
站內最小曲綫半徑(公尺)		600	600	600	500
需要緩和曲綫的最大曲綫半徑(公尺)		2000	2000	650	650
緩和曲綫長度(公尺)		66.7~150	66.7~150	40,50,60	40,50,60
兩曲綫間最短直綫長度	同向(公尺)	100	100	50	50
	異向(公尺)	30	30	30	30
限制坡度	單机(‰)	12	12	12	12
	双机(‰)	30	—	20	—
站內最大坡度(‰)		2.5	2.5	2.5	2.5
豎曲綫(公尺)		圓曲綫 $R=10,000$	圓曲綫 $R=10,000$	圓曲綫 $R=10,000$	拋物綫凸20 凹40
曲綫折減率(‰)		$700 \cdot \frac{12\Sigma a}{R \cdot L}$	$700 \cdot \frac{12\Sigma a}{R \cdot L}$	$700 \cdot \frac{12\Sigma a}{R \cdot L}$	$\frac{600}{R}$
初期車站到發綫鋪設有效長度(公尺)		560	560	560	560
車站到發綫預留有效長度(公尺)		700	700	—	—

路肩設計高度的标准略陽南北也不相同。成都略陽段是按調查的历史最高洪水位外加50公分設計的，宝鷄略陽段是按計算的300年洪水位外加波浪高和加50公分設計的。在這兩段接头的地方，由于設計的技术标准不同，同是一样的沿河护坡，宝略段較成略段就高出2.5公尺左右。宝略段內有个別工点因受地形地質困难限制，在变更設計時采用了比表1較低的数字，属于例外。如：青石崖會議站站內縱坡改用4.5%，規定不办理調車作業；又如油房溝及談家庄兩會議站站內曲綫半徑改用500公尺。

3. 分界点分佈及綫路通过能力

宝鳳段为了适应將來貨運量的增長、地形的复杂以及工程的艰巨困难，采用电气化，使用电气機車牽引，是按苏联1953年設計規范第23表电气牽引部分佈置的分界点；鳳州以南直至成都，系按1952年設計規程第16表佈置的分界点。其站間

往返行車時分不超過36分鐘，給水站及區段站前後兩個區間往返行車時分不超過60分鐘，必要時可以增加2分鐘。

寶略段有分界點23處（略陽區段站在外），其中有樞紐及區段站各1、中間站5（秦嶺站為補機折返站）、會讓站16，初期有5站緩開；成略段共有分界點52處（不包括成都），計區段站4、中間站28（石公壩為補機折返站）、會讓站20，初期有14站緩開。

全綫分成6個機車交路區段，綫路最小通過能力為33對。在分界點分佈中尚存在一些問題，摘要說明於后：

（1）全綫實際區間數較理論最少區間數多

用機務段間最少區間數的理論公式檢查，得出最少區間數和實際區間數對比，如表2，可以看出實際數較理論數多了16個區間。

寶成鐵路理論區間與實際區間對照表

表 2

區 段 別	總往返走行時分 (分鐘)	技術作業站數	理論最少區間數	實際區間數
寶 雞~鳳 州	205	3	7	9
鳳 州~略 陽	319	5	11	14
略 陽~廣 元	325	4	12	15
廣 元~馬角壩	264	4	10	12
馬角壩~綿 陽	259	4	9	12
綿 陽~成 都	276	3	10	13
小 計			59	75

實際區間數增多的原因，一方面由於地形限制，站場佈置困難，而事先又系分段勘測，前後標準不一，有的未經總體考慮或研究不夠，有的或受大據點的控制，佈置的不均勻，也有些因沿江不良地質地段改長隧道而縮短了區間距離。再者，1952年設計規程草案第16表或1956年設計規範內第23表，均沒有考慮到因限制坡度的不同而對行車時分所產生的影響。按表內行車時分分佈分界點，也會因綫路縱斷面不同，而影響區間通過能力的均衡性。這樣佈置分界點的辦法，是需要改進的。設計時應當總體規劃，盡量切合需要，並照顧到區間通過能力的均勻，同時要防止機械地執行36分鐘的規定而脫離實際。

（2）分界點佈置不均、對居民點照顧不夠

由於分界點佈置不盡恰當，通過能力不均勻，最小的是33對，而最大的為51對（樞紐站周圍的衛星站除外）。綿陽至馬角壩間有些分界點的佈置及設站地點對主要居民點未加照顧，如彰明縣城在龍鳳場站與彰明站之間，三合場在彰明站與三合場站之間，而中壩為川甘兩省貿易的聚集地，人口有5萬左右，綫路却走在涪江對岸，本已不盡合適，又將中壩站佈置在離中壩約7~8公里之處，不惟路遠而且阻隔涪江，極為不便，地方上意見很多。這四個站都是沒有結合着居民和經濟據點

的实际情况作全面的考虑而設置的，只要把車站稍为移动即可改善。

(3) 略陽南北站場股道長度不一致

宝路段設計時間較成路略晚，对远期运量增加作过考虑，預留了股道有效長 700 公尺的位置。成路設計時未考虑到远期發展，股道有效長为 560 公尺，未預留發展長度，將來运量增長而需要提高牽引定数时，尚須进行改建。

(二) 綫路大方向选择

宝成铁路綫路方向的选择，以北段怎样越过秦嶺，南段怎样跨越劍門山为关键，均曾作了很多比較方案才决定的。其平面位置如图 2。

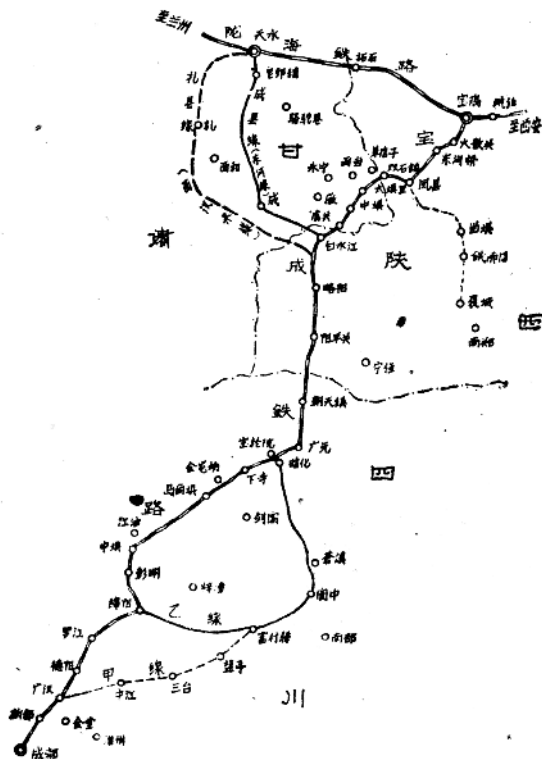


图 2 宝成铁路宝路段与大路、会龙場綫与圖中綫下面示意图

1. 宝略段与天路段

解放前，宝略段线路曾作多次尝试。1915年进行过勘察，它是大同至成都线的一部分，大致方向是由宝鹞沿清姜河上坡越秦岭顺嘉陵江而下，经双石铺、两河口转两当县、徽县到白水江，复沿嘉陵江而达略阳，最大坡度为26%，最长隧道达7公里。1936年用飞机航测选线，共测了五条：①宝成线与1915年所勘察的方向相同，②宝鹞、天水、成县、略阳线（东河线），③宝鹞、天水、礼县、略阳西线（西汉水线），④西安、商县、山阳、安康线，⑤愁屋（越岭走子午谷）、西乡线；除①②两线情况较好，有研究比较价值外，其余均以越岭处过高、河谷较窄工程浩大，且地质情况不良而放棄。①线曾由宝鹞定测至东河桥，最大坡度采用15%，最小曲线半径230公尺，因工程过于艰巨、地质情况不良、工程上、技术上存在着难以克服的困难而放棄。1939年宝天铁路兴修后，曾进行天路段永宁河线的初测及定测，最大坡度采用15%，仍因工程艰巨而放棄。1947年在永宁河至洮河之间的大面积以内成县线、西和线及礼县线为主，再进行了勘测比较，礼县线因工程最小，坡度易克服，并按15%的限制坡度进行了定测。

解放后，1950年根据解放前所选定的礼县线进行定测，将限制坡度改为12%，双机坡20%，最小曲线半径亦改为300公尺。1952年4月苏联地质专家勘察后，认为该线沿西汉水有40公里地质不良，建议改走成县线，并与宝略段进行技术经济及运营的全面比较。

1953年春宝略段及天路段初步设计完成，就其工程数量与投资、工程地质情况和在全国铁路网中的作用等比较如下：

(1) 工程数量与投资比较

宝略段及天路段主要工程数量比较表

表 3

	工 程 项 目	单 位	宝 略 段	天 路 段	宝略段比天路段	
					多	少
1	线路正线长度	公 里	242	235.32	4.68	—
	其中限制坡度 12‰	公 里	181.20	176.78	4.50	—
	单机牵引地段	公 里	60.80	工段共60.62	0.18	—
	其中最大坡度 20‰	公 里	30,642,000	24,299,700	6,343,300	—
2	土石方	公 方	22,962	69,372	—	46,410
3	桥梁	座-公尺	163-47,217	120-32,675	43-14,542	—
4	隧道	座-公尺	81-6,472	118-5,484	988公尺	37座
5	其中大高中小	座-公尺	13-2,319	20-3,044	—	7-275
	桥	座-公尺	22-2,749	—	22-2,749	—
	桥	座-公尺	25-1,213	31-1,875	—	6-662
	桥	座-公尺	21-191	67-565	—	46-374
6	涵渠水管	座-公尺	570-12,333	602-10,529	1,804公尺	32座

(2) 工程地质情况比较

这两线的工程地质情况，在初步比较报告中的结论是：天路、宝略两线均横越

宝略段与天略段总概算比較表

表 4

投資类别	單位	宝略段	天略段	說 明
第一类	萬元	25,613.58	20,007.46	宝略段比天略段多投資 7,110.69萬元
第二类	萬元	46.93	53.21	
第三类	萬元	3,169.16	1,658.31	
共 計	萬元	28,829.67	21,718.98	

峰巒叢峻之秦嶺，沿途地形險峻，地質复杂，不仅工程艰巨，并有各种不良地質現象存在，造成工程困难。由于兩綫地質地形类似，因此对兩綫的优劣，不易作出絕对的結論，比較如下：

①由于天略段土質地層分佈較广，而宝略段不但在分水嶺地区（秦嶺），花崗岩造成崇峻的山嶺，而且塊狀岩層如灵官峽之礫岩及中坝、長峰一帶的石灰岩，均較天略段分佈为广，形成若干陡峻之峽谷，因此也大大增加了宝略段大型建筑物的工程数量。

②天略段在分水嶺地帶主要为大片土質地層分佈区域，地形平緩，給予綫路跨越分水嶺有利的条件，但若干地段有小規模的滑坡現象，并在个别地点有比較严重的坍方問題，此外在接近分水嶺地区，地表水和地下水十分發達，因此通过粘土層的隧道，在施工时可能發生困难，特別在个别隧道發現有石筍層的存在，值得予以慎重考虑。

宝略段自渭河以南，由于地質影响，在地形上發生急剧变化，以致分水嶺地区，山嶺崇峻，地形复杂，最低垭口高出渭河达八百公尺以上，造成工程上的繁重与困难，局部地帶并有严重的不良地質情况，特別在比較綫（公路北綫）地区，个别地段有極严重的坍方現象。

③天略、宝略兩綫，除在塊狀岩層（主要是石灰岩及东河礫岩）地区，均有类同的崩塌現象以外，在板岩、千枚岩地区，則普遍有坍方現象存在，但天略段在板岩地区（共約 60 公里）之坍方現象，由于前述种种地質上的原因，不但較宝略段（共約 48 公里）更为普遍，而且在性質上或坍方規模上也比較更为严重。

④宝略段沿綫均有石料产地，但天略段因板岩及土質地層分佈較广，石料比較缺乏。

（3）就铁路網的整体意义比較

宝成或天成铁路皆是將物产富饒的西南地区与全国铁路網联接起来的主要干綫。它的主要运输任务，是把四川及其他西南各省的丰富物资运到隴海綫向东西方向运送，以及將經隴海綫而来的物资运入。但从貨物流向看，到达隴海綫后向东运送及由东运入的运量，要比向西运送及由西运入的运量大得多，約为二与一之比。从以上这一点来看，宝成铁路在宝鷄与隴海铁路相銜接，將可以节省大量貨物的运

距，而且，宝天段是隴海铁路咽喉地段，全部位在渭河的峡谷内，复綫工程过于艰巨，本身标准又低，坍方情况严重，虽经过几年来的补强整治，大见成效，但担负东来西往的运量，已感非常吃力，需要改建加强，若西南与全国各地之间的运量也要经过宝天段，宝天段是负担不了的。

結合上述情况，采用宝略綫路方向是完全正确的。天略段工程数量虽較宝略段为少，工程价值可省 7,000 万元，天略沿綫地質情况也不比宝略差的很多，但由西南通向中央是主要货物流向，距离短，以及从政治意义上来考虑，宝略是肯定的优于天略的，俟将来西北运量增加很大时再研究修天略。

2. 会龙場綫与閬中比較綫

南段由宝輪院至广汉也曾草測了閬中比較綫。比較綫由宝輪院經昭化至閬中皆沿嘉陵江南行，由閬中經富村驛附近之麻市桥后，复分为甲乙兩綫。甲綫由麻市桥經鹽亭、三台、中江至广汉，乙綫由麻市桥經綿陽、罗江、德陽至广汉。乙綫較甲綫長 19.22 公里，甲比較綫全長 434.16 公里，比較現在采用的会龙場綫長約 160 公里，綫路迂远，工程較大，且会龙場綫在下司街及雁門壩附近有鉄矿，江油附近有油矿，故决定放棄比較綫。

(三)秦嶺地区选綫

1. 宝鷄东河桥間选綫经过

(1)秦嶺垭口之选择

宝成鉄路决定以宝鷄为起点之后，下一个主要問題就是如何在宝鷄附近宝鷄鳳州之間选定跨越秦嶺的垭口。这首先在五万分之一的軍用地形圖上进行研究，并实地踏勘了左右 80 公里范围内的四处垭口（參閱圖 3 及 4）：①綫路从隴海鉄路的宝鷄站，向西南跨过渭河，沿清姜河河谷盤繞上昇，在东峪口东河桥之間穿过秦嶺，再沿嘉陵江南下。此綫北段是秦汉以来的陈倉故道，为历代南北交通的咽喉，是宝鷄附近最低的垭口。垭口地面标高为 1576 公尺，綫路坡頂設計标高为 1399 公尺。②自隴海鉄路宝天段顏家河附近的小节碼頭順溝上秦嶺通至嶺南三岔河。从渭河边到达嶺頂直綫距离約 7 公里，而高差达 800 公尺，盤繞上嶺十分困难，且过嶺后的河床自然坡度、河谷宽度与地势均远不如嘉陵江上游平緩寬坦，故放棄不用。③自宝鷄东 20 公里的虢嶺过渭河，向南順潘溪河上行过秦嶺至庙溝河轉沿太白河入 褒河直达陝南褒城附近。这是西安宝鷄一带古来通往汉中的第二条大道，但嶺北的溝谷不如清姜河谷寬平，嶺南之太白河、褒河則又远不如嘉陵江河谷之寬坦平緩，并且过嶺的最低垭口比东峪口至东河桥之垭口也高約 200 公尺。④自宝天段林家村附近过渭河沿太寅溝或晁峪溝而上，越嶺后順麦尖溝而下，到达东河桥附近，仍沿嘉陵江南行。惟过嶺垭口标高約 1800 公尺，須开鑿 4000 公尺以上之隧道方能通过，且地質条件恶劣。

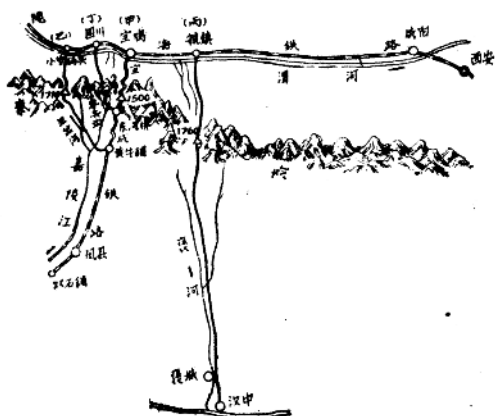


圖 3 宝成鐵路跨越秦嶺壩口附近綫路方案示意圖

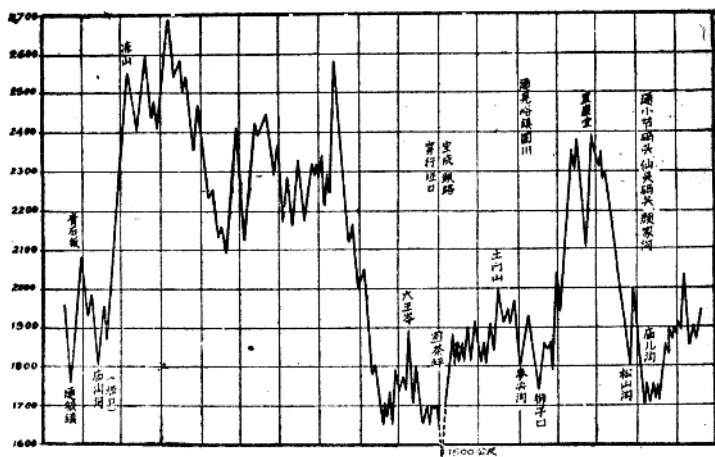


圖 4 宝成铁路穿行的秦嶺壩口兩側共80公里內山脊綫断面圖

縮尺 1:500000

縮 1:10000