

19272

鐵路隧道工程

藏館本



人民鐵道出版社

鐵 路 隧 道 工 程

人 民 鐵 道 出 版 社

一 九 五 五 年 · 北 京

再 版 的 話

本書係根據蘇聯交通部所編『鐵路員工技術手冊』第四卷；但杜洛夫所著『隧道』及伏爾柯夫所著『公路隧道』等書以及我國新建鐵路隧道施工經驗、施工總結等編寫而成。可供鐵路中等專業學校學生學習和鐵路隧道勘測、設計、施工工程師、技術員、領工員等參考之用。

自初版發行以來，蒙讀者的關懷與愛護曾提出一些寶貴的意見並指出其中的缺點和錯誤，經編著者加以修正補充；第四章炸藥與雷管一節重新改寫，如尚有欠妥處，希讀者指正。

鐵 路 隧 道 工 程

徐 愈 徐定華 徐在席編著

人民鐵道出版社出版

（北京市霞公府十七號）

北京市書刊出版營業許可證出字第零壹零號

新 華 書 店 發 行

人民鐵道出版社印刷廠印

（北京市建國門外七聖廟）

一九五四年二月初版

一九五五年二月第二版第一次印刷平裝印 3,581—5,100冊

書號：172 開本：787×1092 1/32 印張：7 1/2 出版頁：220 千字 定價：1元1角5分

前 言

本書的主要內容摘譯自下列各書：

- (1) 蘇聯國家鐵路運輸出版社1951年出版之『鐵路員工技術手冊』第四卷 (Технический справочник железнодорожника, Том 4) 「隧道」篇；
- (2) 1952年出版之『隧道』 (М.И. Дандуров: Тоннели)；
- (3) 蘇聯公路出版社1950年出版之『公路隧道』 (В.П. Волков: Тоннели на автомобильных дорогах)；

此外，還參考鐵道部工程總局所編之『鐵路施工經驗』第一輯、第二輯，以及天蘭、寶成等綫的隧道工程施工總結報告編寫而成。

爲了保全資料來源的真實性，除了某些必要的刪減，我們盡可能照原文整節譯出；並爲了使全書保持其統一性和適合中國目前的情況起見，曾有部分予以補充編寫。內容不免有錯誤和欠缺之處，希望讀者指正。

本書是由徐愈、徐定華、徐在庸等的苦譯合編而成。在編寫的過程中，承胡達新和富文權兩同志及鐵道部工程總局提供了不少寶貴的意見並供給材料，謹在此表示謝意。

本書可供鐵路專修科的學生學習，和鐵路隧道勘測、設計、施工的參考之用。關於隧道施工組織設計方面請參考「施工組織及預算」；施工安全方面，可參考「鐵路隧道施工技術安全規則」。此兩書均已於1953年先後由人民鐵道出版社出版。

編 者

目 錄

一、地質對隧道的影響	1
選綫問題——1. 爲什麼要挖隧道；2. 在什麼情況下才應該挖隧道；	
隧道地質和隧道位置——1. 土石分類和一般現象；2. 地質構造和隧道工程；	
3. 地質構造和直井工程；4. 怎樣確定隧道的位置	
地質勘探和隧道工程	
二、地下壓力和隧道設計	13
土石壓力——1. 土壓理論；2. 土石堅實係數。	
隧道設計——1. 隧道建築限界標準；2. 隧道挖掘斷面及襯砌的設計；	
3. 其他。	
三、隧道測量	23
隧道定綫——1. 中綫的選擇；2. 坡度的採用；3. 隧道的長度；4. 如何測	
定隧道的地上中心綫。	
地上中綫引伸入洞——1. 由隧道兩端引伸中綫入洞；2. 由直井測定隧道	
中綫；3. 隧道中綫延長的方法。	
隧道斷面測量——1. 校正隧道斷面；2. 紀錄隧道斷面。	
隧道在曲綫上的測量法——1. 曲綫上隧道測量法；2. 各種曲綫隧道的測	
定法。	
四、炸藥和爆炸	32
炸藥和雷管——1. 炸藥的種類；2. 雷管和引綫。	
人工打眼爆破法——1. 人工爆破岩石的經驗；2. 打炮眼的工作方法。	
機械鑽眼爆破法——1. 蘇聯爆炸開挖法的理論；2. 機械鑽眼的工具和設備	
五、開挖及裝運土石	56
人工開挖和運輸方法——1. 人力運土的佈置；2. 裝運和卸土方法的改進；	
3. 裝運料石方法的改進。	
機動器具開挖土石方法——1. 風鎚；2. 風鎬；3. 電鎬；4. 空氣壓縮機。	
機械挖掘及裝載土石方法——1. 掘進車開挖機；2. 轉載機；3. 刮斗；	
4. 裝載機。	
隧道機械運輸——1. 鋼軌；2. 斗車；3. 電瓶機車；4. 絞車；5. 傳送設備。	

六、支撐及各式坑井挖掘方法	78
支撐的作用、材料和結構——1. 支撐的作用；2. 支撐的材料；3. 支撐的結構；4. 支撐的檢查。	
各式坑井及開挖方法——1. 導坑斷面；2. 水平導坑；3. 豎坑與傾斜導坑；4. 直井。	
上部導坑及支撐方法的一個實例——1. 導坑支撐；2. 導坑落底支撐；	
七、隧道開挖的各種方式	(9)
開礦法修建隧道：	
1. 先襯拱圈方式——(甲) 先襯拱圈單導坑開挖法；(乙) 先襯拱圈雙導坑開挖法；	
2. 邊牆支撐方式——(甲) 基本方案；(乙) 變更方案；	
3. 斷面全部開挖方式；	
4. 向上開挖方式；	
5. 分層開挖方式；	
6. 中央導坑方式。	
明挖法修建隧道(明隧)——1. 明隧修築的場合；2. 明隧的開挖施工方法。	
洩水洞的建築法——1. 在什麼情況下築洩水洞；2. 洩水洞的斷面；3. 洩水洞的開挖方法；洩水洞的襯砌。	
八、盾構法修建隧道	107
盾構概說	
盾構掘進方法——1. 堅石中掘進法；2. 硬粘土中掘進法；3. 軟粘土中掘進法；4. 不穩定地層中掘進法；5. 整體隔膜遮斷法；6. 水力沖刷開挖法；7. 混合地層中掘進法。	
九、襯砌隧道	121
襯砌的構造和材料——1. 襯砌的構造和功用；2. 襯砌的材料。	
隧道襯砌的砌築——1. 石襯砌的砌築；2. 混凝土襯砌的灌築。	
十、排水方法、設備及防水層	133
排水方法和排水設備——1. 排水方法；2. 排水設備。	
隧道內襯砌的防水層——1. 防水層的用途及其構築方法；2. 防水層施工方法的選擇和實際應用；3. 防水層的施工方法。	
十一、通風與照明	145
通風設備	
隧道之照明	

附 錄

(1) 天蘭綫第四十一號隧道施工經過	155
(2) 寶成鐵路隧道工程漏斗開挖法施工經驗	169
(3) 蘇聯掘進小組的先進經驗	175
(4) 路塹與隧道的選擇問題	180
(5) 改進手搖機的鑽探能力	184
(6) 隧道施工方法的經驗與改進	187
隧道洞口仰坡面邊坡面交綫和地面交點的測定法	187
活動腳手架	189
隧道用臨時梯子	189
裝藥新法(下部燃燒黑藥法)	190
挖底標高控制器	191
砌石及灌築混凝土新工具	191

一 地質對隧道的影響

選 綫 問 題

1. 爲什麼要挖隧道？

選擇鐵路中綫，遇到高山時就會發生下面一系列的問題：能不能設法築一條符合標準的綫路爬過山去？究竟是挖隧道呢還是修築盤旋綫呢？或者，應該挖隧道還是開明壟呢？

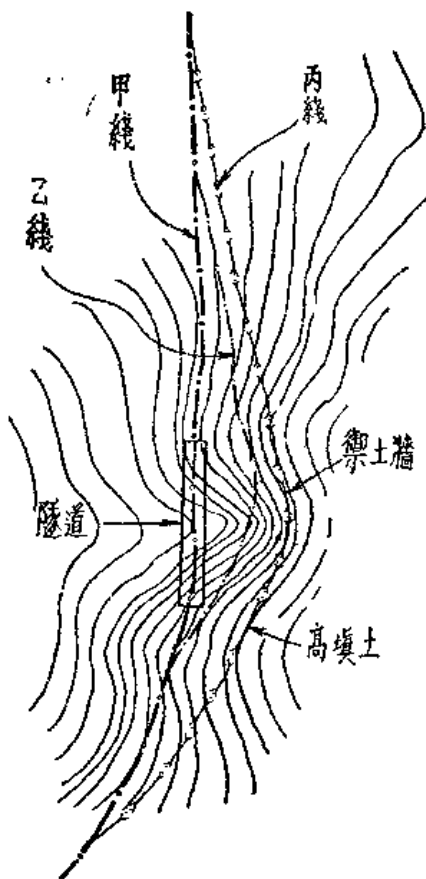


圖 1-1

舉一個例來說，譬如圖 I-1、I-2 所示，鐵路想通過一座傍河岸的山崖可以有三條綫路—甲、乙、丙綫，讓我們來考慮和選擇。

甲綫的路綫直而平坦，但須挖一座較長的隧道穿山而過；

乙綫的綫路要增加半徑很小的曲綫和較陡的坡度並且須開鑿深壟；

丙綫綫路的曲綫和坡度雖然符合標準，但卻須築一段很高的禦土牆和填一段很高的路堤，而且綫路增長好些。

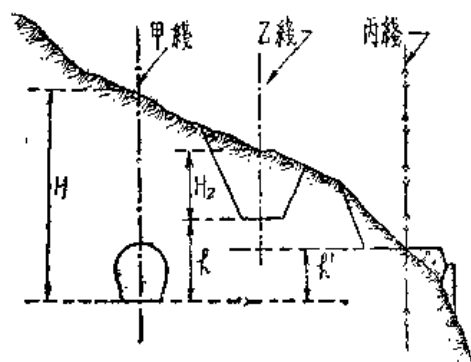


圖 1-2

由上述三綫比較，甲綫的建築費因爲有一座隧道的關係可能比乙綫稍高，但卻沒有乙綫的缺點，急彎、陡坡和深壟。甲綫和丙綫比較，工程費用和施工期限

可能有些出入，但丙綫却增加了綫路的長度。爲了長遠的利益着想，即使甲綫雖然建築費高些，施工較困難，但也是合算的。這個簡單的例子說明了爲什麼選綫遇到山嶺時要挖隧道的緣故，但必須要經過很好的比較考慮才可以作出決定。因爲，建築隧道有下面幾個優點：

(一) 可以減少綫路的長度、坡度和曲綫的彎度因而減少行車的時間、費用和機車損耗，加速車輛周轉，並提高運輸能力。

(二) 可以減少許多深塹、高架橋、涵洞和禦土牆，因而減少繁重的養路困難和費用。

(三) 有時可以消除天然的災害危險，如風雪、凍害以及路塹的坍方等，減少阻碍行車的事件發生。

2. 在什麼情況下才應該挖隧道？

研究這個問題，我們首先要將綫路作全面的考慮。隧道是要根據綫路的情形來決定的，那麼選綫經過山嶺時，爲了維持一定的坡度和曲綫的標準，勢必要挖隧道才能通過時，當然只好挖隧道了。但是這還有研究的必要，例如那綫路所經過的山並不很高，若挖明塹也不難的話，那就要看建築費比較結果如何而定了。一般的說來，挖方深在25公尺以下時，路塹較經濟，塹深在25公尺以上時隧道較經濟^①。必須指出，決擇時不應單從經濟觀點出發，地質不良的深路塹在養護上及保證運行安全上，都是非常不利的，最好能避免。根據實際情況，我們可以作如下的分析：

第一種情形：如地質係很好的堅石層^②，預料開挖時沒有測塌的危險，所以無須支撐；開挖隧道後也不須襯砌，那明塹的深度最好不要比它的平均橫斷面A和隧道橫斷面a之比，大過隧道的開挖單價P和開挖明塹石方的單價p之比，即

$$\frac{A}{a} < \frac{P}{p}$$

式中：A——明塹橫斷面面積的平均值
(平方公尺)

a——隧道的開挖斷面面積(平方公尺)

P——隧道的開挖石方單價(元/立方公尺)

p——明塹的開挖石方單價(元/立方公尺)



圖 1-3

註：①可參考附錄4〔路塹與隧道的選擇問題〕(以深路塹代替隧道的研究)。

②指土石等級在Ⅲ以上者(根據普魯特加可諾夫教授的土石堅實係數表)。

第二種情形：如地質係堅石和次堅石層①，那就要看岩層的構造如何才能够決定，如襯砌需要很厚，並且兩端洞門建築工料也很貴，那麼就須把明硯和隧道的利害詳細比較後才能作決定。一般硯深在30~24公尺以上時就應該修隧道。

第三種情形：如地質係軟質地層②，情形惡劣的在16公尺以上就須挖隧道，恐明硯被雨浸後容易坍塌，否則須修築明洞，以避免坍方堵塞綫路阻碍行車。

上面所說的是就已選定的中綫和路基標高來討論，實際中綫並非不可移動，路基標高也不是固定的，如圖 I—4 所示，中綫由甲處向外移至乙處，明硯的深度自可減少 ($H_1 < H$)，那就無須築隧道，但有時不免要增添一些別的工程如禦土牆等，或者因為山坡多係浮積土層，容易發生滑坡的情況，故必須改築明硯(洞)，反而不經濟。因此，最好採用甲綫，挖一個隧道穿過出去。

雖然路綫經過一座大山，是可以在山腰盤旋而過以避免修隧道，但事實告訴我們盤旋綫常常是鐵路的一個包袱。所以除了有些地方因分水嶺兩邊的地勢不同時，須將路基引到相當高的地方才能開始鑿隧道外，其餘能修築隧道的地方對盤旋路綫的選擇應慎重考慮。不過，若是遇到地質特殊情形的時候又當別論，因為挖鑿隧道和地質有密切的關係，隧道全部工作都與地質情形有關，若選一條路綫只求適合標準而不考查或勘探地質情形就作決定並施工，很可能碰壁。因此，讓我們在後面介紹一些隧道地質的常識以供讀者研究參考。

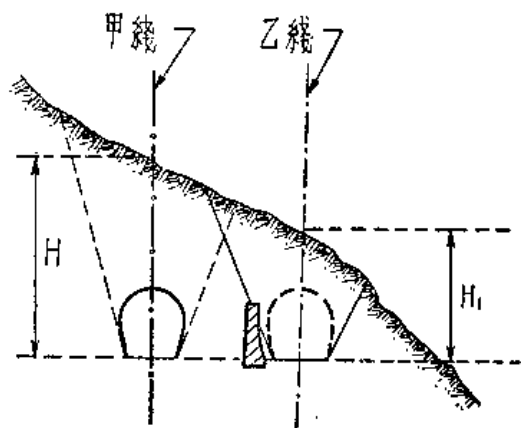


圖 I—4

隧道地質和隧道位置

1. 土石分類和一般現象③

土石種類可以根據隧道工程的性質約分為如下四大類：

(一) 非常堅硬的岩石——如石英岩、玄武岩、花崗岩及最堅實的砂岩石灰

[註]①指土石等級在Ⅲ—Ⅴ者(根據普魯特加可諾夫教授的土石堅硬係數表)

②指土石等級在Ⅵ—Ⅷ者(根據普魯特加可諾夫教授的土石堅硬係數表)

③此節可參閱普魯特加可諾夫教授的土石堅硬係數表和蘇哈諾夫氏各種土石及臨時鑽穿度等表。

岩等。這類的岩石堅實係數大約在15以上；其岩石等級在Ⅱ以上的堅實地層。

這類地質的一般現象是沒有異常的岩石壓力，地下水很少。但有時在深山下，因岩石的導熱能力低使洞中溫度很高。

挖鑿隧道遇到這種岩石很少特別的困難，支撐大都用做支托因爆破而震碎的石塊，有時可以完全不用支撐、襯砌；但必須注意檢查該地曾否受過地震，或其他地質變化的影響，如其在有縱橫裂縫（節理）的岩層時，更須特別小心它的崩塌，而加以支撐和襯砌。

（二）堅岩和中等堅實的岩石——這類岩石的等級在Ⅳ以上Ⅲ以下，堅實係數在2以上，如石灰岩、砂岩、頁岩、粘板岩、礫岩、泥灰岩、膠結卵石及砂礫等。

這類地質的一般現象是：地下壓力和地下水多半不可避免，導熱能力高，有時可能遇到某種碳酸氣和其他氣體。

挖隧道遇到這一類岩石，它的堅實度和黏性差別很大，而岩層的變化也很多，間或有一層堅石連接一層軟石或砂土。至於地層和地平面所成的角度有時可以估計得到。地下水多少要看地層的情形而定，多半地層垂直時，水要多些，地層水平時要乾燥些（參看下一節地質構造和隧道工程）。

在這類地層中挖隧道，常需要適當的木料支撐，以免洞頂坍塌，兩旁土石坍塌，有些隧道全部需要襯砌，並且要有適當的排水設備和防水層。

（三）軟質土石——這類土石的等級在Ⅴ以上Ⅳ甲以下，堅實係數在0.6以上，如崩解的頁岩、堅硬粘土、沖積土、黃土和砂質粘土等。

這類土石的一般現象是地下水和土壓很難避免並且變化不定，有時可能遇到沼氣。開挖時可以不需炸藥爆破，僅用器具即可掘進，但多半需要支撐，地下土壓嚴重的情形下撐架須用鋼構組成。有的土層挖空之後可以支持到一定的時間不坍塌；有的却須隨挖隨撐，甚至先打入板樁之後才能掘進；洞底也有凸起的可能，所以有時須砌仰拱以應付這種向上的壓力。掘進方法應視地質情形而定。

（四）不穩定地層的土砂——這種地層的土石等級在Ⅲ以下，堅實係數在0.5以下，如砂、細粒石礫、卵石、含水黃土、土壤、流沙等。

這種地層的一般現象是物質流動有如液體，有很大的壓力，若襯砌有個小口就有水一般的沙土流瀉下來，挖掘這類隧道須用盾構（掘洞機）並須用鋼管的或混凝土、鋼筋混凝土的襯砌才能修好。

從上面土石分類的情況，我們可以看出第一、二類的地質是適宜於築隧道的，而在第三、四兩類的地質中築隧道就會遇到相當的困難，而且要花很大的代價。因此，在決定修築隧道之前必須要有精確的地質勘探。

同樣，地質構造也可以按照上面的原則分類來研究。

2. 地質構造和隧道工程

第一類 地質構造簡單的情形

(1) 在堅厚均一的岩石中 (圖 I—5)

上下左右幾無壓力，沒有泉水和地下水，故無須支撐和襯砌。火成岩多係這種性質，未曾被水滲浸的變質岩也有這種情形，然而仍須準備支撐以防萬一。

(2) 沿地層走向的隧道，有下列兩種情形是好的：

甲、在水平地層中 (圖 I—6)

這最合乎理想，但應注意選擇岩層，如以沙岩做洞頂，以泥板岩、頁岩 (即風化) 做底，雖有地下水，但情形較佳，可使其流入排水溝，惟襯砌支撐仍屬需要。

乙、在厚層的沙岩或石灰岩中 (圖 I—7)

如地下水自泥板岩或其他岩層滲入沙岩層，隧道就會有水浸入，支撐和襯砌均需要，洞壁須築石牆或混凝土牆。如岩層較好者，支撐可不必要，然排水設備、防水層却須修建。總之在厚沙岩中挖隧道困難較少，石灰岩也一樣。

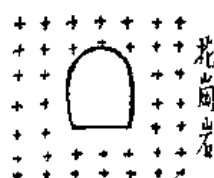


圖 I—5

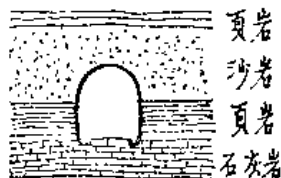


圖 I—6



圖 I—7

第二類 地質構造比較複雜的情形

(1) 沿地層走向的隧道有下列幾種情況是不大適宜築隧道的：

甲、在多種不同的傾斜地層中 (圖 I—8)

隧道建在很薄的多種不同地層中，尤其堅硬和黏附的程度差別較大的岩層，如石灰岩與泥土；沙岩與泥板岩；沙上與變質頁岩 (圖 I—9) 等，因為它們的組織構造不同，最容易發生剪力，可能引起坍塌的危險，最好能避免在這種情況

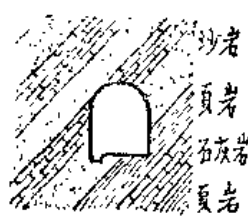


圖 I—8



圖 I—9

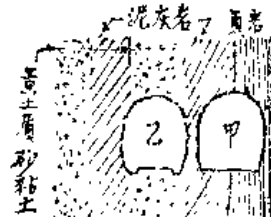


圖 I—10

下築隧道。否則它的支撐襯砌及排水設備均須妥為準備。

乙、在垂直地層中 (圖 I—10)

和前者相似，但更惡劣。最好改變隧道計劃或移動位置。

如果隧道築於垂直地層中而厚度又與隧道跨度相等時，那是一種錯誤。因為這種情形最易崩塌，尤其兩邊的岩層性質不一時更須避免，如圖10隧道「乙」的位置，若稍向右移動至「甲」的位置則較佳。

丙、在背斜層中

地殼有時受地心不平衡壓力的影響使得地層褶曲而造成背斜層及向斜層兩種

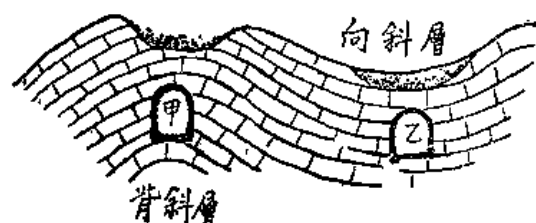


圖 I—11

地質構造情況 (圖 I—11)。背斜層的岩層因伸張而發生很多裂縫，對於隧道施工很是不利，岩石容易墜落和有大量的地下水，並需要很多木料支撐和襯砌才能完成，完工後也難保無問題。因此，隧道不宜築在背斜層中 (如圖 I—11甲)。

丁、在向斜層中

隧道的位置如圖 I—11乙，比前面一種更惡劣，因石塊上小下大，自易墜落，或嚴重地壓在襯砌上可使其破裂；地下水湧出排水更為困難，應盡力設法避免在向斜層中築隧道。

(2) 橫穿地層的隧道

甲、與地層斜交，有兩種情形：

(參閱圖 I—12)

經過岩層性質類似——築隧道是可以的，但須注意地下水和墜石，並準備支撐襯砌。

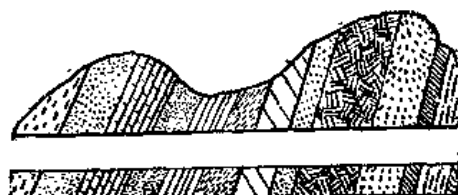


圖 I—12

經過岩層性質不一——須注意隧道的洞頂和洞壁的岩石常不一律，因此襯砌的設計也不能不隨着實際情況有所變更，挖鑿進行也須格外小心以免崩塌。

乙、經過褶曲地層

隧道經過褶曲地層所遇到的岩層性質極不一律，常有大量地下水和有岩石由頂陷落的可能，如經過岩層很薄必須全部襯砌，如在堅厚的岩層中可無須襯砌，然排水設備則不可少。其情況可分為下列兩種：

在向斜層中穿過——裂縫很多，地下水也大，最好避免修隧道（圖 I—13 乙）。

在背斜層中穿過——較向斜層略好，然必須支撐和襯砌（圖 I—13 甲）。

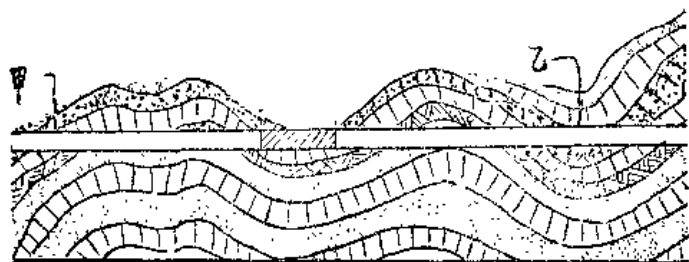


圖 I—13

第三類 地質構造特殊惡劣的情況

(1) 沿斷層或穿過斷層

地層因塌陷或地震等原因使地殼發生裂痕，又受雨水冲刷風化等作用使岩石碎裂淤積在那裂縫裡，遂成斷層。斷層多係泥沙、碎石或孤石的堆積，所以情形非常惡劣，最不宜於築隧道。

甲、沿斷層的隧道（圖 I—14）

斷層中岩石多零亂不整且雜泥沙碎石，無結合力，容易墜落，地面水及地下水沿兩旁不同的岩層侵入，故隧道極宜避免和其接觸。

乙、穿過斷層的隧道（圖 I—15）

雖然穿過斷層的隧道僅限於局部，但最好也避免，否則坍塌情形厲害時可能影響整個隧道的施工進度，故此必須有完善的施工組織設計，先修迂迴導坑向前推進工作，最後再着手處理那斷層的一段隧道，且須有妥當的挖掘程序施工方法才能免於失敗或延誤工期打亂計劃。

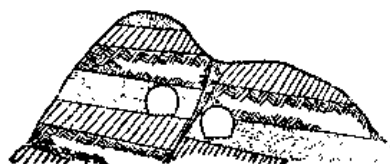


圖 I—14

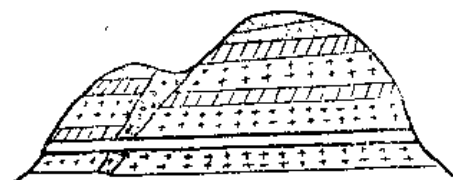


圖 I—15

(2) 山坡浮積土 (圖 I—16)

在一般的山坡上常覆蓋着浮土碎石，有的很厚，一旦挖掘或易崩塌，泥土被水浸透也生變動，崩陷後常無法收拾，因此隧道極宜避免修在這種山坡之上。

(3) 岩石風化地層中 (圖 I—17)

岩石風化的現象常發生在石灰岩層中，岩石被地下水沖刷或風化後變為碎石和泥沙的混合體，也有孤石，一經挖鑿即易鬆散崩落，即使支撐也不易施工。且極端危險，故此這種地層中最好不要築隧道。

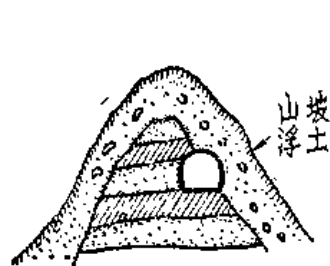


圖 I—16

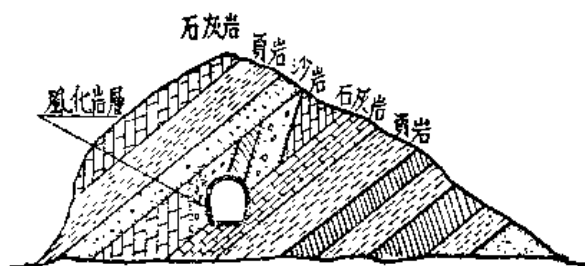


圖 I—17

3. 地質構造和直井 (豎坑) 工程

挖鑿隧道為了施工和通風等關係常常在相當地點加築豎坑，通常這種豎坑就叫做直井或豎井，即垂直於隧道的井筒工程。直井工程進行的快慢直接影響隧道的完工期限，故此它和地質的關係也須加以注意，因為它是隧道的輔助工程（有時也佔很重要的地位），所以最好根據隧道的地質情況來加以研究和處理。

(1) 隧道在堅厚均一的岩層中——直井工程可能遇到下面兩種情形：

甲、均一岩層直達地面，那麼它所遇到的情形就和隧道一樣。

乙、如果那次成岩上覆蓋了別的岩層，如土成岩、表面浮積土等，那麼挖鑿直井就須小心上面浮土和鬆石的崩陷及地下水的浸入，因此撐架和排水設備就不可少 (圖 I—18)



圖 I—18

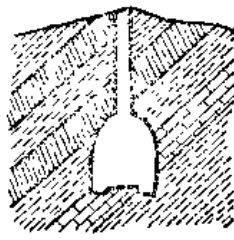


圖 I—19

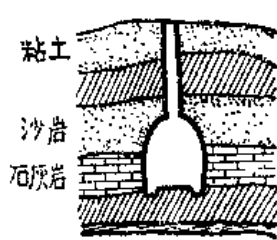


圖 I—20

(2) 隧道沿地層走向時——直井工程可能有這幾種情形：

甲、直井經過傾斜地層——如圖 I—19 所示，情形和上面的 (乙) 類似。

乙、直井在垂直地層中——它所經過的岩層一律，工程難易就看那岩石性質及其厚薄如何而定了。

丙、直井經過水平地層——它所過的岩層雖不一律，但却有利於施工，除經過較厚的沖積地層如泥砂卵石，有時易於崩塌外，否則不需要支撐和襯砌，然排水設備却不可不準備 (圖 I—20)。

丁、直井經過褶曲地層——這種情形比較惡劣，施工須準備支撐和襯砌以阻止其崩塌，排水設備亦不可少 (圖 I—21)。

(3) 隧道穿過斷層或沿斷層——直井可能有這樣的情形：

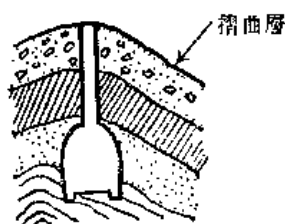


圖 I—21

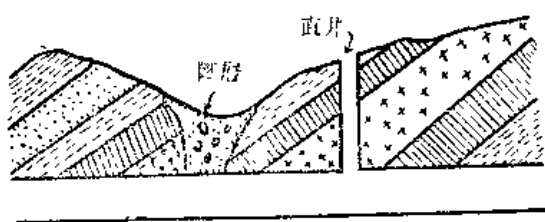


圖 I—22

甲、隧道穿過斷層——直井可使其不經過斷層，如圖 I—22 所示，若經過精確的地質探測是可以辦到的；不幸必須穿過斷層 (圖 I—23)，就應準備支撐、襯砌和排水。

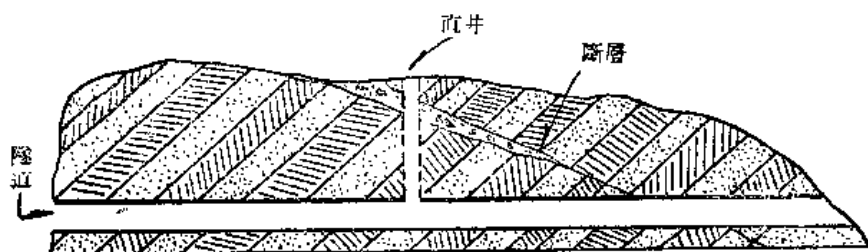


圖 I—23

乙、隧道沿斷層走向——這種情形挖直井可能遇到斷層，工程必很困難，所以若能改用迂迴導坑或將豎坑折曲以避免它穿過斷層才好，否則施工非常困難。

照圖 I—24 所示，隧道沿斷層走向雖本身未接觸斷層，但若挖直井就必穿過斷層，若採用折曲型的豎坑或斜井就可避免經過斷層，雖工程較麻煩，然却可免除一些預期的困難和危險。

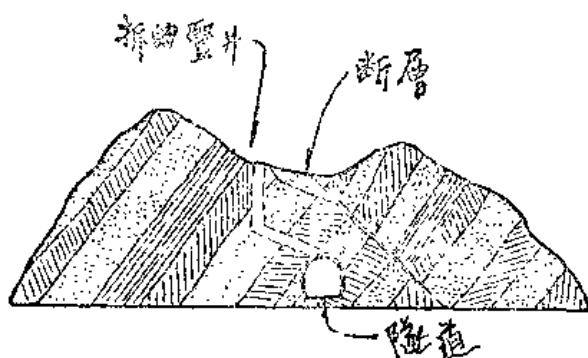


圖 1—24

4. 怎樣確定隧道的位置？

從上面的討論，我們知道隧道工程與地質有密切的關係，所以隧道定綫自然也要根據地質情況來決定，當然同時還有許多問題我們也同樣需要考慮，可是在一定範圍之內，如決定修隧道，那隧道的位置就得研究一下那兒最適合。若地層構造不宜於築隧道，那最好另行選綫。因為如果一個隧道定綫不妥當，非但耗費時間、人力、物力，甚至于不容易完工或弄得無法收場，影響全綫通車，不可不慎重。若決擇得當，本身工程費可以減少許多而且路綫也合乎要求。天蘭綫第11號隧道，因舊綫所穿過的隧道滲水甚方被迫放棄，經幾番選綫和地質勘探，遂獲今日這個安全的位置，而才能迅速完成並較其他比較綫路合乎理想和標準①。

經驗告訴我們，隧道穿過一個山頭時，應先研究那兒是否是斷層或軟岩和堅石接觸的部份，或係山表浮積土，若有其中之一的情形時，隧道的位置最好向左或右移動，而這種移動常常不遠幾十公尺就可以得到滿意的結果。最好不要單計較隧道的長度。如圖 1—25 所示，隧道甲雖較隧道乙長些，但它的位置却安全得多，其他的例子很多。有經驗的工程師對於一些簡單的地質情況可根據現場的材料（如岩石露頭等）加以判斷來決定隧道的適當位置而獲得良好的結果，但最重要的根據，還是地質勘探所獲取的資料，



圖 1—25

因此隧道定綫時應考慮到它位置的安危，支撐襯砌的需要與否，倘能找到較好的地位，就盡量設法將路綫通過那最合理的岩層，自然也要不妨害綫路的標準才好。

反之，若地質情形複雜而又無法避免，或地質情況在未勘探前一時無從確

〔註〕①參考附錄（1）「天蘭綫第四十一號隧道施工經過」