

28075

高等學校教學用書

隧 道

第 二 冊

М·И·丹都洛夫著

人民鐵道出版社

551

5/7743

T2K2

高等學校教學用書

隧 道

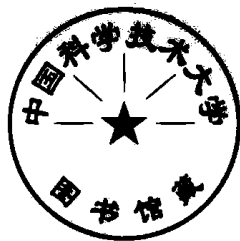
(第二冊)

М·И·丹都洛夫 著

沈智揚、麥偶曾

關寶樹、楊茂林

合 譯



人民鐵道出版社

一九五五年·北京

本書係根據蘇聯 М·И·丹都洛夫教授所著“隧道”一書譯出，原書經蘇聯高等教育部批准作為鐵路運輸高等學校的教科書。

原書分兩部分：第一部分為普通教程，第二部分為特殊教程。

譯本第二冊係原書第一部分的後半，包括：（1）隧道的建築及使用，（2）隧道的改建，（3）隧道的毀壞和修復等三篇，共計22章。

譯本第二冊的譯校工作是由唐山鐵道學院沈智揚、麥侖曾、關寶樹、楊茂林諸同志負責的，其中

麥侖曾譯第三、四等兩篇、關寶樹譯第五篇；

第12，19～21，26～33等12章由沈智揚校閱；

第13～18，22～25等10章由關寶樹校閱。

其中第12～18，22～25等11章經楊茂林做文法上的校正。

最後，全部譯文由麥侖曾閱讀了一遍，並做了一些文字上的修飾。

隧 道

（第二冊）

ТОННЕЛИ

蘇聯 М·И·丹 都 洛 夫 著

原出版者：蘇聯國家鐵路運輸出版社（1952年莫斯科俄文版）

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва 1952

沈智揚、麥侖曾、關寶樹、楊茂林合譯

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）

一九五五年八月初版第一次印刷 平裝印1--2,080冊

書號：350 開本787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張13 $\frac{1}{4}$ 378千字 定價（8）1.87元

441.9
7743

28073

• 1 •

目 錄

第 三 篇

隧道的建築及使用

第十二章 隧道坑道各別部分的開挖的支撐

§ 49 支撐的一般原則	1
§ 50 峒門仰坡的支撐	2
§ 51 導坑的開挖	3
§ 52 導坑間的孔道及漏斗口	12
§ 53 上部擴大	14

第十三章 開挖隧道的礦山法

§ 54 斷面全部開挖法	17
§ 55 拱圈支撐法	23
§ 56 拱下斷面法	29
§ 57 核心支持法	31
§ 58 中央導坑法	35

第十四章 用礦山法開挖時隧道襯砌的建築

§ 59 石襯砌的建築	37
§ 60 混凝土襯砌的建築	43

第十五章 隧道盾構

§ 61 盾構的構造	51
§ 62 盾構的設備	59
§ 63 盾構開挖時的舉重器車架	67

§ 64	小斷面的盾構	70
§ 65	半盾構	73
§ 66	隧道盾構計算的基本原理	75

第十六章 盾構施工方法。舉重器開挖

§ 67	裝配盾構的小洞	77
§ 68	裝配盾構及從小洞中引出盾構	79
§ 69	盾構開挖的一般指示	80
§ 70	在軟地層中的盾構開挖	83
§ 71	在不穩固地層中的盾構開挖	84
§ 72	使用壓縮空氣的盾構開挖	85
§ 73	在硬地層及混合地層中的盾構開挖	92
§ 74	盾構的推進	93
§ 75	盾構開挖時隧道襯砌的裝配	96
§ 76	舉重器開挖	100

第十七章 土石の開挖、裝車和運出

§ 77	炮眼在開挖面上的佈置	102
§ 78	炮眼的深度和直徑，及其在開挖面上的數量	105
§ 79	鑽炮眼	107
§ 80	壓縮設備	114
§ 81	炮眼的裝藥和爆炸	116
§ 82	土石的裝車	122
§ 83	用移動發動機運輸土石	127
§ 84	用固定發動機運輸土石	131

第十八章 隧道襯砌的防水層

§ 85	防水層的用途和防水方法	135
§ 86	向隧道襯砌背後壓注灰漿	136
§ 87	黏貼式防水層	145
§ 88	塗油、抹灰及金屬做防水層	149
§ 89	隧道襯砌的噴射灰漿	150
§ 90	金屬襯砌的接縫和螺栓孔的防水	151

第十九章 建築隧道時土壤的人工加強及凍結

§ 91 礫化法	154
§ 92 水泥膠結法及粘土膠結法	159
§ 93 瀝青膠結法	160
§ 94 土壤的人工凍結	162

第二十章 直井開挖及直井提昇

§ 95 直井的用途及型式	174
§ 96 直井的基本構成部分及它們的計算原理	176
§ 97 用木支撐來開挖直井	180
§ 98 直井的混凝土襯砌和鋼筋混凝土襯砌的建築	182
§ 99 直井的金屬襯砌的建築	184
§ 100 用沉井法開挖直井	188
§ 101 井下副坑道	191
§ 102 直井上地面的設備	195
§ 103 直井提昇	196

第二十一章 開挖隧道時的輔助工作

§ 104 隧道坑道的通風	201
§ 105 坑道空氣的冷卻	208
§ 106 坑道排水	208
§ 107 隧道工作的照明	209
§ 108 測量工作	210

第二十二章 隧道工作的組織

§ 109 發展隧道工作面的方法	214
§ 110 隧道工作中的斯達漢諾夫式工作方法	219
§ 111 工作組織設計	221

第二十三章 隧道的使用

§ 112 隧道狀態的一般檢查	224
§ 113 隧道的通風	226

§ 114 隧道的照明	229
§ 115 隧道中的防火措施	230
§ 116 隧道內綫路工作的條件及其養護	231

第 四 篇

隧 道 的 改 建

第二十四章 將隧道破損區段開挖成明塹

§ 117 將隧道開挖成明塹的合理條件	234
§ 118 代替隧道破損區段所開挖的明塹的斷面	235
§ 119 替代隧道的明塹的開挖	236

第二十五章 於正在使用的隧道中建築襯砌。改建變形的襯砌

§ 120 於正在改建的隧道中建築襯砌	239
§ 121 襯砌個別部分的建築和更換	240
§ 122 隧道襯砌的加強	245
§ 123 用更重型的結構替代原有好襯砌	247

第二十六章 增加隧道內部輪廓的尺寸。開挖與原有隧道平行的隧道

§ 124 消除隧道的淨空不夠現象	251
§ 125 改建單綫隧道為雙綫隧道	258
§ 126 坑道未完全挖好的雙綫隧道斷面的補挖	263
§ 127 開挖與原有隧道平行的新隧道	263

第 五 篇

隧道的毀壞及修復

第二十七章 隧道毀壞的原因及形式

§ 128 在建築過程中隧道的毀壞	266
-------------------	-----

§ 129 隧道在使用過程中的毀壞	269
§ 130 隧道毀壞的性質和程度	270

第二十八章 毀壞隧道的調查及修復方案的選擇

§ 131 毀壞隧道的調查	273
§ 132 修復工作的階段	276
§ 133 修復方案的選擇	278

第二十九章 用明綫代替隧道毀壞地段

§ 134 繞過毀壞的隧道	278
§ 135 將隧道毀壞地段開挖成路塹	280

第三十章 被列車堵塞的隧道的清除。綫路的修復

§ 136 被列車堵塞的隧道的清除	284
§ 137 隧道中綫路的修復	285

第三十一章 臨時修復的隧道的建築限界及襯砌

§ 138 臨時修復的隧道建築限界	286
§ 139 臨時修復的隧道襯砌	287

第三十二章 隧道的臨時修復

§ 140 隧道通頂坍塌地區的修復	294
§ 141 在沒有坍方的情形下，隧道毀壞襯砌的修理	296
§ 142 隱蔽坍塌時隧道修復的基本方案	297
§ 143 毀壞地段的外部支撐方案	298
§ 144 毀壞地段的內部支撐方案	299
§ 145 以預先清除堵塞土石的方法修復隧道	299
§ 146 坍塌洞穴的支撐	300
§ 147 以隧道法開挖堵塞	303

第三十三章 隧道的根本修復

§ 148 隧道根本修復的限界和襯砌類型	308
§ 149 從臨時修復轉到根本修復	310

§ 150 無過渡工作階段的根本修復.....	314
-------------------------	-----

中蘇術語對照表

第三篇 隧道的建築及使用

第十二章 隧道坑道各別部分的開挖及支撐

§ 49 支撐的一般原則

隧道開挖方法的選擇，主要是由隧道所穿過的山嶺的地質條件來決定，而隧道橫斷面的尺寸及隧道的長度也是選擇開挖方法的重要因素。

現有的開挖隧道的方法有很多種。但在各種不同的方法中却有許多工作是相同的，並且完成這些工作的方式也不因所採用的隧道開挖總方案的不同而有所變動。這些工作是：峒門仰坡的支撐，導坑的開挖，修築導坑間的坑道及開挖上部擴大。具有普通輔助用途的直井的開挖方法也是不因隧道開挖方法的不同而有所改變的。所有這些工作都特別分開敘述，這樣就有可能避免敘述開挖方法時的重複。至於下部斷面的開挖，由坑道一部分過渡到另一部分的次序，以及襯砌的修築，是隨所採用的總方案而按不同的方式及不同的次序來進行的，因此這一部分工作將在敘述各別方法時依次敘述。

在極稀少的情形下，即在堅實而又穩固的地層中，坑道可以不用支撐而打通。但在一般情況下，坑道是需要使用支撐的。支撐的構造及荷重能力應當按照所經過的地層的地質條件來選用。在大多數情形下，採用木料作支撐，主要是採用松木及樅木，不常用櫟木及山毛櫸。櫟木及山毛櫸的缺點是突然就折斷，而在這種時候，松木及樅木的彎曲和變形會對地層壓力的增長發出警告。金屬支撐（主要是在開挖導坑時應用的）極少使用。

木支撐的優點需要提出的是：價廉，容易加工及重量較輕，這使木材便於運輸及架立。爲了作支撐，我們祇採用圓木，而爲了做支襯，我們採用厚板及木板。

木支撐各桿件互相之間應該用能使結構很容易安裝和拆卸的最簡單的榫槽來聯結。同時考慮到地下坑道的環境狹窄，必須盡可能地限制各別桿件的長度。在聯結桿件的時候，廣泛的使用金屬扒鋸釘，而有時也用夾板螺栓聯接。

金屬支撐或用舊鋼軌（常常是窄軌距鋼軌）製造，或用型鋼（工字鋼，槽鋼等）製造。而爲了做支襯，採用像板樁之類的特殊斷面的鋼材。金屬支撐的優點有：多次使用的可能性、承受巨大壓力的能力及耐火性。

進行支撐的時候，必須遵守下列的基本規則：

- 1) 支撐應當在地層挖開後地層壓力增長之前，立刻架立起來；
- 2) 支撐應當緊密地撐在地層上，而各個桿件應當互相壓緊，爲此，廣泛地使用楔木；
- 3) 應當儘可能地使坑道支撐的時間爲最短，因此，應儘快地用永久的襯砌替代支撐。

開挖隧道的時候，將隧道全長分爲許多個別的節（環節），關於這一點在§ 41中曾敘述過。

§ 50 峒門仰坡的支撐

在開始開挖導坑之前，必須將所謂峒門仰坡（坑道入口上方的正面斜坡）支撐好。

圖 179 表示支撐峒門仰坡的最合理的構造。在隧道入口上方架立由框架結構、斜撐及橫撐構成的頂蓋。並且使頂蓋向前伸出幾公尺。在頂蓋上面鋪密的頂板上修築乾砌石護牆，由於石護牆本身的重量，使構造物更穩固，並且擋住正面斜坡的土壤，阻止這部分土壤的滑落及破壞。

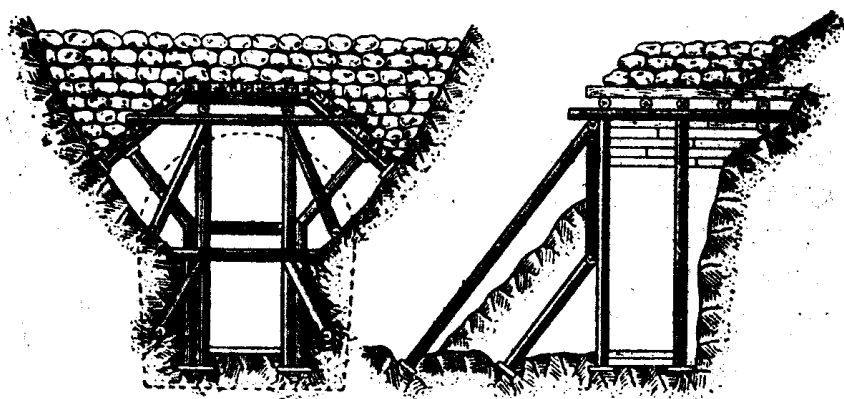


圖 179

也可以使用圓木製的護牆系來支持架在正面斜坡上的框架。但是正面斜坡的形狀會使這種方法不能使用。

在導坑位於不穩固地層內的情形下，例如位於坍方地區中，應該推荐在導坑入口處及導坑內部，沿坑道方向在立柱平面內架立斜撐來加強框架。

§ 51 導坑的開挖

1. 導坑的用途及尺寸

預定使用支撐來打通的隧道，其開挖是從導坑開始的。

導坑首先挖穿山嶺，因此是進行斷面擴大的出發空間，而也起勘探坑道的作用，當開挖這種坑道時，能對工程地質研究的資料加以補充和修正。

當開挖指向導坑時，根據挖開的地質的性質及狀態，在許多場合中，將導坑的橫斷面及沿隧道個別地段的襯砌型式加以最後的規定。

在導坑中進行包括將隧道中軸移入坑道內及定出建築物縱剖面的全部測量工作。

將導坑準確地沿着隧道的設計路線引導過去，直到與由他端引過來的導坑相遇，導坑定出整個坑道的方向，並且確定出測量工作的精確度。最後，指向導坑還起排水作用，它在頗大的程度內將挖穿的山嶺弄乾，因此使以後的坑道擴大工作容易進行。

因此，導坑的作用是非常大的，而且開挖導坑的成功在頗大程度上確定了整個隧道修建的順利。

導坑最常用的是下部導坑（或叫底設導坑），比較少用上部導坑（或叫頂設導坑），而很少用中央導坑及側導坑。

許多長隧道的修建指出沿坑道斷面底部設置導坑的全部優點。上部導坑僅在短隧道及無水隧道中使用。中央導坑僅在用環式鑽眼開挖方法時使用，而側導坑是在核心支持法中使用。

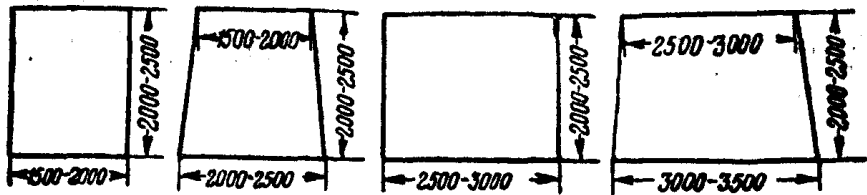


圖 180

導坑的橫斷面或做成長方形，或做成梯形；有垂直邊牆和有拱形頂部的導坑非常少見。梯形斷面的導坑在側壓力下具有很大的穩固性，此外，在這種導坑的下角適於敷設輔助設備的導管和電綫，同時還不會妨碍為運輸列車運行所需的基本限界。

規定其尺寸時需要注意到，導坑的斷面寬大會保證沿導坑運行的便利，但同時却減低了開挖的速度，並提高了工作的總費用，因為在導坑中開挖地層比在斷面其他部分開挖要費錢。但無論如何，導坑的尺寸都應當能保證所採用的運輸列車車輛的自由運行，保證所有導管及設備的佈置，而也要保證行人沿綫路兩側通過的安全。

導坑的寬度按單綫運行或雙綫運行來規定。爲了在單綫導坑中使兩相迎的方向錯開，將此種地點的坑道適當地展寬，並鋪設錯車綫。極少採用升降機式或吊車式的特殊設備，應用這些設備可以將空車向上提起，將綫路讓給重車通過。但這種錯車的方法限制了導坑的通過能力，還需要附加的升降機設備，因此不推荐此種方法。

圖 180 爲具有實際上最常用尺寸的不同形狀的導坑標準淨斷面。

爲了排水，沿導坑兩側或沿導坑中央建築水溝。應當採用位置在中央的水溝，因為當水溝位置於兩側時會破壞導坑框架立柱尺寸的統一，因此使架立立柱的工作複雜。用木板將溝頂蓋住，以防止水溝被土石堵塞，並供人們通行使用。在鬆軟地層中，水溝的兩側壁也要用木板掩護。根據地下水的流量，水溝的寬度採用30~50公分，深度採用30~80公分。

2. 用木支撐的導坑開挖

僅在堅實而穩固的地層中，導坑才可以不用支撐來打通。在其餘的場合中，都必須使用支撐。支撐的構造和強度，一方面由坑道的地質條件來決定（主要是由地層壓力的數值來決定），而另一方面，由坑道斷面的尺寸來決定。

最簡單的情形是在坑道頂部支固個別的、有墜落危險的石塊，這些石塊是因自然裂縫，或因在爆炸工作中所形成的裂縫而與整體脫離的（圖 181）。水平地插入坑道兩側



橫斷面

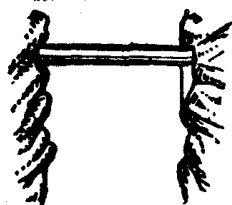


圖 181

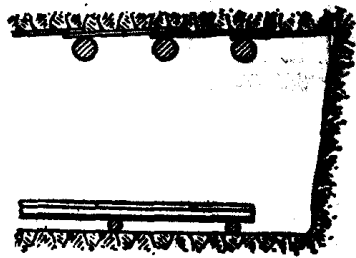
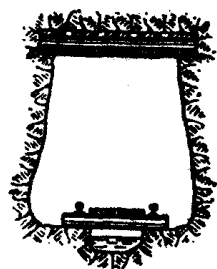


圖 182

邊牆中的圓木叫做橫梁；橫梁的直徑普通採用20—26公分。

在必須全面地支固頂部的情形下（即使是個別地段也罷），將厚4~6公分的木板塞入地層與橫梁之間（圖182）。有時在同樣的情形下使用由方木製成的分節式支撐（圖183）。

地層的傾斜成層可能需要支撐導坑一側邊牆，這種支撐用許多支在橫梁下的立柱及塞在這些立柱外面的木板來進行（圖184）。

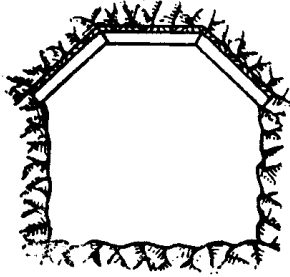


圖 183

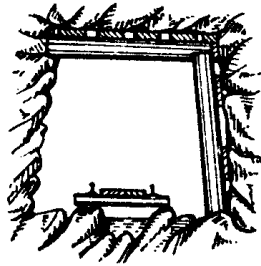


圖 184

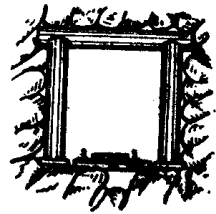


圖 185

在兩側邊牆的地層都不够穩固時，採用由兩個立柱及一根橫梁所構成的頂架結構。立柱支在天然地層上，或在立柱下墊一段厚木板（圖185）。圖186表示用鋸好的木材製成的同樣的支撐結構。

在坑道底面鬆軟或側壓力巨大的場合中，將立柱支在所謂坎木或底梁上，這是削平兩面的圓木或方木（這種場合極少見）。這樣，構成了隧道框架①——這是能支持巨大壓力的閉合構造物（圖187）。坎木起着雙重作用：做立柱間的撐木，及將壓力由立柱分佈到坑底較大的面積上去。坎木或者簡單地鋪在坑道底面

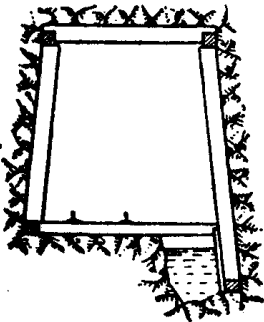


圖 186

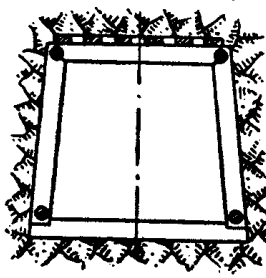


圖 187

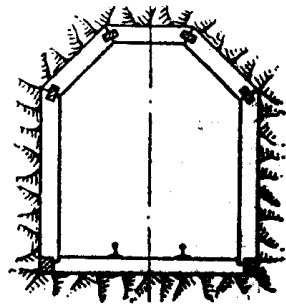


圖 188

①有時橫梁（Верхняя）亦稱Переклад，而隧道框架（Тоннельная рама）亦稱Дверной оклад，這兩種叫法都是在礦山工作中採用的。

上，或者埋入土中，爲此，須挖出特殊的橫溝。第二種鋪設方法較好，因爲用這種方法時，對導坑的斷面妨碍較少，並且使沿導坑的通行便利。

圖188表示在某些場合使用的，用鋸好的木材製成的分節式支撐方法。

各個框架間的距離取決於地層的狀態及地層壓力的大小，在一般情形下，爲0.6至1.5公尺，而最常用的距離爲1公尺。如果時間長久以後，由於壓力的增長，支撐開始變形，就要增設中間框架。在地層壓力特別強大的情形下，應將框架連續設置——即令一個框架緊貼着另一框架。如果導坑的連續支撐或分離架立的導坑框架開始變形，則用所謂支頂架來輔助。支頂架（圖189）是由兩對（上部的及下部的）長圓木（縱梁），立柱及在上部縱梁間的橫撐組成的。立柱和橫撐或者與導坑基本框架設在同一地點，或者設在基本框架之間。支頂架的構造有圖即可以瞭解。

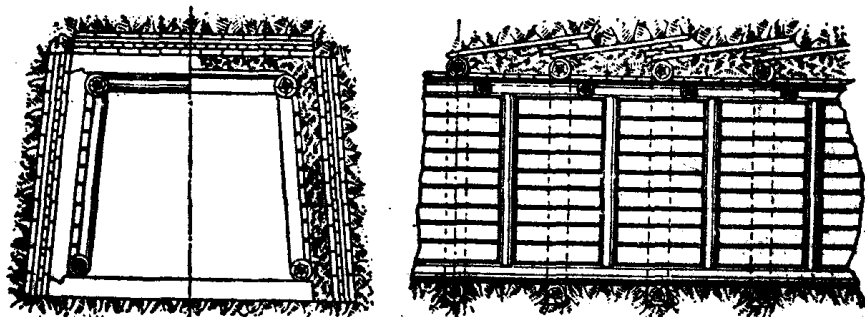


圖 189

在某些場合中使用的橫撐式支頂架（圖190），特別是斜撐式支頂架不能被推荐，因爲使用這些頂架時（特別是使用斜撐式支頂架時），大大地妨碍了導坑的斷面。

沿隧道在框架之間架立用 $d=18\sim 20$ 公分的短木製的撐木，這些撐木將框架聯成一個結構，因此增加了框架在縱方向的穩固性。撐木可以設立一對（僅在頂部設立）或兩對（一對在頂部，而第二對或設在高度一半處，或設於底部）。用分節式支撐時，撐木用方木或厚木板製成，設在所有的角頂上（圖188）。

在有大壓力的軟地層中，爲了開挖導坑，廣泛地使用所謂插板支撐。插板支撐是由許多如上述構造的框架和連續的支襯板構成的，支

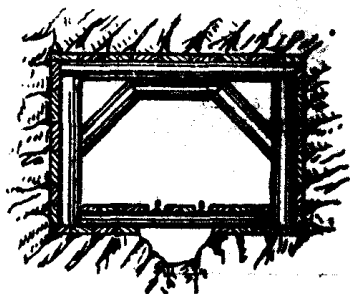


圖 190

襯板或僅設於坑道頂部，或在坑道頂部及兩側都設置。在架立支撐時，遵守如下的次序（圖191）。鋪設第一框架的坎木1，之後將立柱2架立在坎木上，而在立柱上架立（頂木）3。將插板（楔入木板）4放在頂木上，並逐塊用大鎚打入土壤中，這樣形成了連續的頂蓋。插板的厚度採用5—7公分；其長度應當比框架軸間距大40—45公分；插板的前端略微削尖。木板楔入時，要與水平方向成略向上的仰角，這樣，在第二框架的頂木與插板之間就留有空隙。在插板做成的頂蓋的保護下，進行開挖地層，並架立第二框架。在插板的下面，第二框架頂木的上方，垂直於導坑方向放入稱為分配板的木板5。在分配板與頂木之間打入臨時楔木6，藉楔木的作用，分配板將插板擠貼到地層上。楔木的厚度應該足夠使在分配板及頂木之間形成一個下一排插板能通過的空間。設立第二組稱為外廓（Посад）的插板，之後在第二組插板的保護下繼續開挖地層，並架立第三框架。在第二組插板推進到指定的長度時，在分配板及位於其下的第二組插板之間打入永久楔木7。繼續在第三框架的頂木上打入第三組插板，之後所有的操作都按同樣的次序進行。

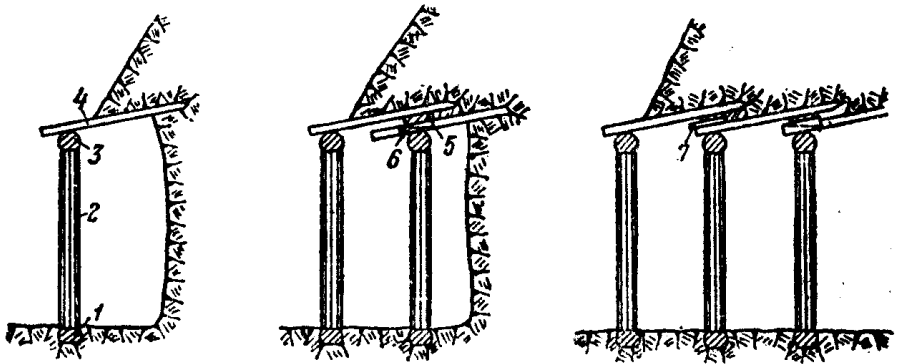


圖 191

如果按照地層的情況必須支襯導坑的邊牆，則完全按同樣方式進行。在坑底方面有壓力出現的場合（這表現為土壤的膨脹及凸出），則在框架坎木下填入木板，做成下部支襯。

在坑道的含水地段中，為了防止沖稀的土壤溢出，及防止因此在地層中有空洞形成，就要設第二層支襯。第二層支襯的設立需要設置支頂架式的第二內部框架。在頂部，將第二層支襯的木板垂直於隧道方向放在上部一對縱梁之上，而在導坑兩側，順沿着坑道，將支襯板放在兩個立柱系之間。兩層支襯板間的空間用乾草緊密地塞實，而接縫和一切孔隙都要用藏刀堵塞。可以指出，支襯板也有用槽接的場合。

但是第二層支襯板的設立是繁重的、昂貴的和耽誤時間的操作，因此在我國的隧道建築中，這種方法已被更近代的工作方法（土壤的人工加強等）所取代。

3. 用金屬支撐的導坑開挖

金屬支撐在缺乏木材的場合下，或在木材價值昂貴時使用，如果當時在就地有金屬材料（主要是舊鋼軌），或者是壓力很大，當用木支撐來開挖成為不可能時也使用之。

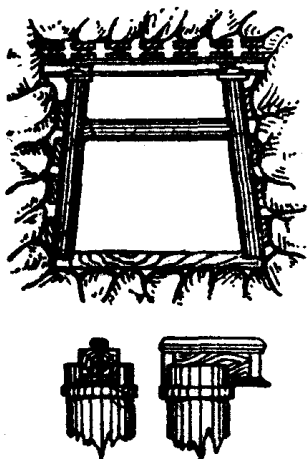


圖 192

金屬支撐是用金屬來做框架的個別桿件，或將整個框架都做成金屬的；此時，支襯可能是木製的，也可能是特殊斷面的金屬製成的。

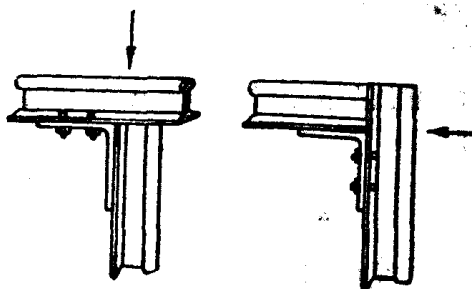


圖 193

圖192表示放在木立柱上的鋼軌橫梁，圖193表示在不同方向的壓力下，鋼軌製框架的角頂；圖194表示用彎曲的鋼軌製成的框架；圖195表示用工字梁做的框架，用這種框架曾在某一長鐵路隧道中通過有巨大壓力的地區。

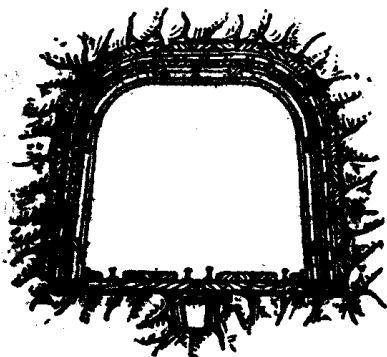


圖 194

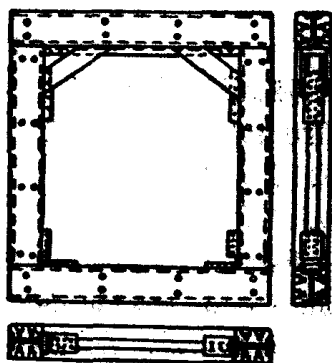


圖 195