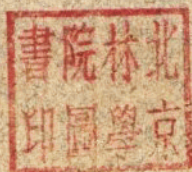


鐵路測量

朱士賓著



商務印書館發行

目次

第一章 草測	1
1. 草測之性質	1
2. 草測之重要性	1
3. 勘線	1
4. 地面之勘查	3
5. 管馭點	4
6. 測量隊之組織	4
7. 測量方法	4
8. 視距測量	5
9. 擬定之路線	5
第二章 初測	7
10. 初測之目的	7
11. 比較線之鑑定	7
12. 標準及規則	9
13. 坡度問題	9
14. 選點	11
15. 測量隊之組織	13
16. 測量方法	14
17. 大旗班	14
18. 中線班	15
19. 基點班	17
20. 對平班	18
21. 中線水平班	18
22. 地形班	20
23. 橋涵班	21
24. 測定路線	23

25. 室內工作.....	23
第三章 紙上定線	26
26. 坡度之決定.....	26
27. 定線方法.....	26
28. 海道選擇.....	27
29. 路線展開.....	27
30. 山洞.....	28
31. 橋空.....	29
32. 選定路線.....	29
第四章 定測	31
33. 定測之目的.....	31
34. 測量隊之組織.....	31
35. 交點班.....	31
36. 中線班.....	33
37. 中線水平班.....	34
38. 斷面班.....	34
39. 鑽探班.....	35
40. 地畝班.....	36
41. 調查班.....	37
42. 其他測量.....	37
43. 室內工作.....	37
44. 定測路線.....	38
第五章 單曲線	40
45. 曲度.....	40
46. 應用公式.....	40
47. 偏角法.....	41
48. 切線支距法.....	42
49. 野外測量實例.....	43

50. 曲線上之障礙	45
第六章 和緩曲線	48
51. 目的	48
52. 理論及公式	48
53. 常數	49
54. 偏角法	51
55. 切線支距法	52
56. 曲線上之障礙	53
57. 單曲線上之使用	53
58. 複曲線上之使用	54
第七章 豎曲線	61
59. 豎曲線之使用	61
60. 二次拋物線	61
61. 變率	61
62. 曲線長度	62
63. 計算方法	62
64. 實例	63
第八章 製圖	65
65. 室內工作之重要	65
66. 草測製圖	65
67. 初測製圖	66
68. 定測製圖	68
69. 總圖	69
第九章 工程估計	79
70. 估計之程度	79
71. 土石方	79
72. 製土牆	81

73. 涵管.....	81
74. 小橋.....	85
75. 大橋.....	88
76. 拱橋.....	90
76a. 剛架橋.....	98
77. 山洞.....	102
78. 其他.....	103

第十章 單價 106

79. 單價.....	106
80. 材料分析.....	106
81. 運輸情形.....	107
82. 勞工供給.....	108
83. 工作用具.....	109
84. 包商利益.....	109
85. 釐定之單價.....	109
86. 各種普通單價.....	111

第十一章 工程預算 115

87. 預算之意義.....	115
88. 預算格式.....	115
89. 草測概算.....	118
90. 初測概算.....	118
91. 紙上定線概算.....	119
92. 定測預算.....	119

第十二章 測量報告書 123

93. 報告書之重要.....	123
94. 草測報告書.....	123
95. 初測或定測報告書.....	123
96. 附錄.....	124

鐵路測量

第一章 草測

1. 草測之性質 凡擬在兩城間建築一鐵路以連絡之，必先考慮其經濟情形，是否有建築之價值；或捨去經濟情形不論，而祇就交通上或國防上言，實為必須興築之路線。則次步工作當為研究其建築費多少；苟兩城間山川形勢，工商業情形，與某某路多所近似，則該線之建築費可直接用比較方法，而得一可靠之數字。惟在地勢或地形相差過遠時，吾人便不應以比較方法而定之，最為合理之處置即將該線施以測量。鐵路測量之最大目的亦在尋求一最為經濟及合理建築費之路線而已。

鐵路測量可分成三種次序，即草測，初測，及定測是也。三種測量之目的皆不相同，而紙上之線又為輔助定測之一種方法。

草測係一種最為快捷之測量，以最簡便之方法尋求出連絡兩城間最好之路線。此種路線或有三五條之多，各有其優點及劣點，且同一地帶常因測量者經驗深淺之不同，而所得之路線亦大異。雖然，草測在表面上似為一種簡陋之測量，實則一路之建築費以及將來之維持費，均在其嚴重影響之中，故草測實佔鐵路測量最重要之位置也。

2. 草測之重要性 在研究某路建築費時，吾人之目標當在如何減低其資金，惟能否低減或建築費究竟巨大至若何程度，則可由草測結果尋得之。以平常建築慣例言，初次資金愈大則以後維持費愈輕，反言之初次資金愈小，則將來維持費必增。從理論言最為合理之成本則務以此兩數之和為最低，在實際建築上鮮能達到者，鐵路建築自不能例外也。在草測結果中每一路線之優點或劣點，大約可得一概念，在決定路線之前，將來路線發展之情勢亦不能不顧及。綜合數線草測之結果吾人便可得一種比較，從此可決定路線係應依據某一線建築，而能達到最為經濟及合理之建築費也。

3. 勘線 草測之工作亦即為勘線之工作。平常聯絡兩城間必有多條

可通，除在特殊之地勢以及地形時則屬例外矣。鐵路之路線與其他之路線性質多有不同。例如以公路言之，試就吾人之觀察：則公路路線多高低不平，彎曲異常，開山填堤不巨，涵洞橋樑不多；惟鐵路之路線適成相反，路基平順，路線和緩，填挖巨大，橋涵衆多。再就公路所行駛之車輛與鐵路列車相較，則立覺其載重之懸殊，實無可比擬。普通載貨汽車約從 2 噸以至 10 噸，而鐵路上一載貨之悶車亦達 40 噸，一列車常有達一二千公噸者，吾人由此可知鐵路載重之巨大，故公路能以較小資金完成，而鐵路有所不能者，亦以載重懸殊之過甚也。

吾人既知鐵道載重之巨大，則機車之牽引力如何偉大亦可知矣。機車在行動時，常須抵拒種種之阻力，如機車上坡必費較大較多之力量，下坡適相反。在灣道中行動較難，他如風力，列車礙力，氣流壓力等，均對於機車之牽引力有減。而牽引力之產生至爲昂貴，蓋機車係一行動之動力廠，工作效率至低。如何減輕各種阻力以增加有效之牽引力，實爲自然之願望。風力，氣流壓力，及列車阻力等在機車或車輛設計中，可將其局部解決，惟最嚴重之影響實爲坡度阻力，灣道等尙居次要而已。試思列車每公噸重量，每經 1 % 之坡度，即產生約 10 公斤之阻力，可知坡度阻力之如何巨大矣。勘線主要之目標亦在尋出某一路線，能產生良好之坡度與灣道等而已。

草測結果之優劣多繫於測量者之經驗，在踏勘時經過之地帶，多無可靠之紀錄，要在如何探查詢問而已。普通踏勘時係以陸軍測量局之地圖，或土著口述之山嶺形勢以爲根據，從此決定路線大概之方向，再前往勘測。在勘線時一切地形之變遷，山川之形勢，地面之緩急，均須記憶明確，此在有經驗之測量員實輕而易舉也。再就此地帶往復行走數次，便可尋出三數路線，從此等路線中決定一線，便可開始作較爲詳細之測量，或在此等路線施以同等之測量以爲比較。

勘線時常因地勢地形變遷過巨，而所用之坡度不同，故同爲某一段地帶，結果有相差甚遠者。例如湘黔路，藍田至陳家山一段，約合五十餘公里，地勢地形變化殊甚，在開始勘線時共得三線，均須開鑿 2 公里以上之隧道，惟在最後一次勘線時，已另得一線全無山洞矣，而所用之最大坡度 (1 %) 相同。粵漢路馬田墟至郴州一段，早有狄氏路線 (Dee's Line) 之測定，該線共有二三處 1 % 之長坡，迨至最後一次測量時 (民國二十四年)

已能另尋一新線，全將此種坡度避免矣。可見草測工作愈多愈好，不過有時為時間及經費所限，未能將同一地帶，施以多次之勘測而已。

作者之意以為今日築路多係向外國借款，自應以盡量減輕建築費為第一原則。為達到此種目的計，路線(Alignment)可儘量犧牲，并在可能範圍內集中使用較大之坡度，以達避免一切嚴重巨大之工程；橋樑在 35 公尺跨度以下者，應盡量採用上承鋼板樑，涵洞在較大跨度時，可採用剛架式。在此種條件下：所成之路線，自與理論不符，惟工程費之減輕，自能同日而語矣。

4. 地面之勘查 草測之工作雖為一種勘線之工作，但具體言之：殊非一點一線之勘測而已，實為某一地帶全面之勘查。在指定兩終點間，地面全部之起伏，山川之形勢，最低之基面(Datum)，均應勘查清楚。

今假設連絡某兩點間之路線，從地圖上計算約為 50 公里，吾人可以為依從某山麓而行便可達終點，或以為必須經過某一小市鎮以達終點，或以為不應在山地，而應傍某一河而行，從此種點或線之觀察，而定出之路線，殊有失草測之本意，蓋點線之選擇，實為一種工作，而非其最重要之性質。在所述情形中，吾人應將此兩點間全部地面勘查，明瞭其山川趨向，地形簡雜，地勢緩急，基面高下之比較，以及各管取點之影響。表面上似係繁難而不能舉行之工作，但實際上係有經驗之草測工程司必經之階段也。

在山嶺重疊之區雖登高遠望，有時亦以為山脈相連無法可通，實則谷口多有橫斜不順，迨至臨近以觀，反覺豁然開朗。有時實為整個地面地形或地勢所困，則多有依河岸而行，得較佳之坡度者。蓋山脊線與山谷線孰優孰劣，實無一定之章則可言，要皆在以地形地勢為決定之因素，而能達到產生優良之坡度為主。從河流之起落，亦可得知某一地帶之自然坡度。譬如：河流每百公尺降落 1.5 公尺，則地面急陡情形，一望已可概見，如仍欲在此附近求得 0.7% 之線，豈非白費時日乎？

山嶺之區，未必無優良之路線，而平坦之地，往往反無路可通，此實非有賴於地面勘查不能明瞭者也。蓋山嶺地帶，有時地勢上升不急，而多零亂之山嶺，常致令測量者迷惑；平坦之地多漸漸上升，為人所不察，及至一經測量，始覺上升之嚴重，竟至無路可通。此在湘桂路桂柳段之草測，實與吾人以最好之例證也。桂柳段草測時，係由桂林出發，經六塘，陽朔，荔浦，以達修仁，榴江新縣，而至鹿寨，約二百餘公里。草測時多依公路行走，頗

覺地勢之平坦，坡度之不大，乃決定依前述之路線而行。及至初測時，桂林以至荔浦坡度確非巨大，惟在荔浦以後，地勢緩緩漸升，以達修仁附近八里塘山最高點。當時兩邊如以 1% 線上下，仍須修築 1,400 公尺長山洞，如將路線展開（閱 29 節），則須有 20 公里長之 1% 迂迴線，且須建築 50 公尺高，760 公尺長之橋，以爲路線穿過山谷之用。建築費自然異常巨大，故卒放棄此線。而另由桂林經兩江，永福，矮嶺，波寨，黃冕以達鹿寨，路線反短 90 公里，最大坡度亦不過 1%，山洞祇長 70 公尺。惟此線經過之地，係零亂高山，須在谷內轉折而行，且沿線均係貧苦村鄉，較小市鎮，平常多以爲無施測之價值。及至一經測量，反成一優美之路線，建築費之減省，又奚止倍蓰哉！故在草測時地面之勘查實爲至要，而搜查最低基面以定路線之方向，又非此不爲功矣！

5. 管駁點 在草測踏勘時，常以山脈連續，而路線又須從現在之山谷穿至隔鄰之山谷，在別無路徑可以穿過時，即須開鑿隧道。苟在此兩谷間有一比較低下之山坳，則路線自然以穿過此坳最爲經濟。此坳便成爲衆線必經之點，吾人謂之管駁點。在其他較爲平坦之地，亦常因其他之地形關係，發見管駁點存於其間。管駁點多因山嶺起落之差異而成，有時亦因跨河地點之良劣而定。如路線在未過某坳時，地勢甚爲平坦，及穿過此坳後，則急陡下降。在此種地形下，最好能另尋一線，以避開此管駁點爲宜，雖路線稍長亦所弗恤；蓋路線坡度由此減輕，更無高堤深壑，將來行車之安全，以及維持費之減輕，更可顯此種處置之適當也。

6. 測量隊之組織 草測係一種簡捷之測量，工作人員可減至最少限度。隊內組織係隊長一人，專司勘線工作，及隊內行政事宜。野外工作由二名至三名工務員分任之，室內描圖計算工作由一二名工程學生任之。此外事務員一人，會計員一人，測夫工役等約二十餘人。

7. 測量方法 某一地帶決定施測時，隊長在熟讀此段地圖之後，即前往勘查。平常使用之儀器係手水平及指南針。路途之距離可由步行之時間，或土著之口述得之。如地勢係起落不大之山崗便無困難，可即選定某一方向打下小樁向前推進。如經過之地係急陡山嶺，則不能不有相當考慮矣。普通勘查方法係先登最近之較高山嶺，俾得俯視一切，明白各山谷或山脈相連之大概形狀，再定奪路線可以經行之點，將各點之位置記憶明白，或從土人探詢其地名，俟下山時便可在此等點上釘打木樁，以爲路線

之標記。如地形過於混亂複雜則以將毗連各地，往復勘查為佳，蓋有時以為此山谷已無路可通實則相反，要皆在將地面全部之形狀記憶清楚而已。

8. 視距測量 應用視距方法以施行草測當為最可靠之方法，且時間亦不致過於增多。使用視距測量時，先將路線經過之點打一小樁，視距花尺即置於其上，測量員在鏡站上讀出其距離，仰角，及路線之磁性方位角。在鏡站與花尺間之地勢高低亦應測出，可將花尺在其間依次移動，將各點之仰角，距離，方位角讀出之。路線兩旁之地形，可用同一方法得之，每邊最小應有 100 至 150 公尺之寬度。從此種紀錄即可將剖面圖及平面圖繪出。計算時可利用表格（附表 1, 2, 及 3）以減省時間，并可免去算術上之錯誤。此種測量雖計算稍繁，惟結果最為可靠亦足以償其缺憾矣。

9. 擬定之路線 草測工作完結時，應將測定之路線製圖，繪製方法及所用之比例後再詳言之（閱第八章）。路線圖完成時，可將各線之工程數量大概算出之，如山洞幾個，大橋涵洞幾座，土石方若干方，以編成一概算。最後係將圖表及概算編好，起草測量報告書，以便呈送主管機關。

在草測報告中應注意下列各項，尤應每項作一肯定之決斷，至報告格式可參閱十二章，茲分列各項如下：

- (1) 決定在指定兩終點內有無滿意路線。
- (2) 指出在所有尋得之路線，某某線為最佳。
- (3) 指明各線內所用之最大坡度及長度以為取捨標準。
- (4) 在可能範圍內詳細載明各段地質。
- (5) 載明沿線經濟狀況以及運輸情形。

習 題

- (1) 試取江西及湖南兩省地圖觀察，可見浙贛路係經樟樹，清江，宜黃而接株萍綫，何以不直經南昌，高安，萬載，瀏陽，而達省會長沙？
- (2) 成渝路現在係經江津，隆昌，內江，資中，資陽，簡陽而達成都。此綫能否改沿江岸而行，經南溪，宜賓，樂山，眉山以達成都。試討論兩者之利弊。
- (3) 公路綫有無改成鐵路之可能？
- (4) 今用視距法測得某一段山嶺，所得之結果如後。試求出何種坡度可能通過？

點	視 距	仰 角	方 位 角
T. P. 0	—公尺	—	—
T. P. 1	500	+0°30'	N20°10'30"W
T. P. 2	420	+1°30'	N20°30'00"W

T. P. 3	400	+1°25'	N28°41'00''W
T. P. 4	340	-0°20'	S10°21'20''W
T. P. 5	400	-0°45'	S15°35'20''W
T. P. 6	500	-1°25'	S3°20'10''W
T. P. 7	700	+0°30'	S4°50'20''W
T. P. 8	650	+1°30'	S25°30'10''W
T. P. 9	650	+1°15'	S30°20'30''W
T. P. 10	540	+0°45'	S33°21'20''W
T. P. 11	440	+0°30'	S40°22'20''W

T. P. 0 點之標高等於 138.795 公尺。

第二章 初 測

10. 初測之目的 初測之目的係在根據草測之結果，選出某某線作較為詳細之測量。草測時期之測量係一種較為簡陋之測量，其最大之價值，在於決定路線必經之方向，及所用最大之坡度，與大概之建築費而已。至於路線確應依據何點而行，初非所及也。例如今有一小溪南北向斜穿某一山谷，而路線亦必須經行此谷，蓋在草測時已確定之矣，惟路線應在小溪東岸而行，抑在西岸，或東向越河而行，均非草測時期所能及，此種較為精細之測量，均屬初測之範圍也。

從草測所得之結果，可決定某線之最大坡度，而在初測工作進行中，一切選點均應以此為根據。吾人所設之導線應與將來定測時之路線大約吻合，不應使之過於分離，否則初測時之結果便失其功用。初測工作實有雙重之意義：其一，係將草測時所設之點線，作一較為詳細研究；其二，係務使所設立之導線與將來之路線大約吻合。在較為歷練工程司之手，此種工作實非繁難。路線最大坡度，在草測時雖已大約決定，惟是否合宜，仍須在初測時為一肯定之決斷。例如某兩終站在草測時，最大坡度係 1.5%，在初測時，因路線已有詳細之推敲，故或以土石方工程過巨，必須增至 2.0%，或路線可向某一方向移動，致開挖平易，可減輕至 1.0%，此皆為初測時一種可貴之工作也。

由前所述吾人可明悉初測最少有下列數種作用：

- (1) 決定在某兩終點間最大之坡度，或限制坡度，為定測時之根據。
- (2) 將草測時所尋得之比較線鑑定之。
- (3) 測定路線地形圖，以作紙上定線之研究，及將來定測時投射路線之根據。
- (4) 從測量結果作一較精細之建築概算。
- (5) 製成詳細圖表，及繕寫報告書，呈送主管機關。

11. 比較線之鑑定 草測時期在某兩終點間，每有三四路線可通，而此種路線各有其特異之點，建築費或大約相等，或相差甚大。故在決定其取捨之前，必先決定三數問題以為準繩。在鐵路建築上，工程費之多寡，當然有決定之作用。惟祇就此一因素以為取捨之指針，則未免過於寡斷。某

一路線之良劣就技術方面言之，應以路線之坡度，距離，彎曲等項為鑑別。而坡度一項較其餘尤為重要，將來營業之影響，以及建築費多寡，均直接與坡度發生關係，故比較線之鑑定，亦以坡度為先決問題。

吾人捨去坡度之外，其餘若距離，彎曲等，乃係間接或直接受坡度之影響而成；是故在同一地帶中，而有數條比較線，則自然以具有最小之限制坡度者為宜。惟在此段地帶中，以何種坡度為適合，往往可成為爭論之中心。苟無適宜之斷定，則比較線簡直無可比較，因各線所採用最大之坡度不同，而限制坡度亦因之相差過遠也。例如甲乙兩終點共長 150 公里，係在亂山地帶，最大坡度定為 1% 抑或 1.5%？雖然，在草測時期已有相當結果，可為參考。但在未決定適宜坡度之前，各線從何取捨？故先決之問題當為釐定適當之坡度，在目前鐵路建築情形，及部定規章，在幹線上均以 1%（曲線折減率在內）為最大限度。苟以此為根據，再就草測結果概算，互為比較，則不難尋得一適宜之最大坡度，以為取捨之標準。

在路線選擇中，坡度雖有決定取捨之作用，但就其他一般情形而論，亦至屬重要。例如以洪水位置言之；苟路線係靠河而行，則路基必須在洪水位置最少半公尺以上，防護工程自必巨大，橋涵水管自必衆多。蓋就地形言，靠河之路線為一集中匯水之線，橋涵工程以及防護工程，豈能避免！假設路線不依河而行，轉趨山地而走，或離河岸八九公里，另尋一線，則所經地段，或為有條理之山脈，或係較小之亂山，或係上升略急之地帶，在此種地形中，如仍用相同之最大坡度，則深壑高堤自所不免，惟涵洞小橋自可減低。苟山脈與路線斜交，則開鑿隧道更所難免。就此兩線評論之，則坡度大約相等，建築費亦約略相同，則何捨何取，究應以何為標準乎？吾人苟以將來養路工作，或維持費略為估計，則立覺洪水之可畏；蓋洪水對於鐵路之嚴重損害，為路界週知之事實。故鑑定某一路線，除坡度以外，仍須考慮沿線洪水之變化，地質之難易，開挖之多寡，山洞之長短，橋空之高下；以及將來大舉開工時，運料能否舒暢；路線完成以後，工商農業之可能發展。有時路線在兩終點間，是否應經過某一小市鎮，亦常為爭論之中心。小市鎮在未有鐵路時，一切自然落後，苟一旦修通鐵路，則常有成為某業之中心，此亦為常見之事實也。故某市某鎮之是否經過，往往亦成為選擇之中心；惟有時亦因經行此種市鎮，反致建築費奇昂，則此種路線已無研究之價值，應即捨棄矣。

12. 標準及規則 舊交通部以近年積極築路，而已往規章有不適宜於目前情形者，故於民國廿六年由新路委員會補充之，并公佈鐵道建築標準及規則。其間關於坡度，彎道，直線最小長度之規定如下：

坡度之限制 路線最陡之坡度，包括曲線折減率（每度折減 0.03%）在內，在平坦之地不得超過 1%，在崎嶇之地不得超過 1.5%，在非常崎嶇之地不得超過 2%。此項規定之最陡坡度祇可於不得已時，用於一段或小數段內；順運輸方向之較長上坡，應儘量避免之。

彎道之限制 最銳曲線在平坦之地不得大於 2°（半徑約為 573 公尺）；在崎嶇之地不得大於 4°（半徑約 286 公尺）；在非常崎嶇之地不得大於 6°（半徑約 191 公尺）。上項規定最銳曲線祇可於不得已時採用之。

直線之最小長度 兩同向曲線間，除留出為準備超高之長度外，至少應有 100 公尺淨長之直線；兩異向曲線間，除留出準備超高之長度外，至少應有 50 公尺淨長直線。無論何項路線上，不得用反向曲線。但在路線必經之地，遇兩同向曲線之直線長度不足時，得用複曲線。

例停地點，重要橋樑及隧道之減少坡度如下：凡列車例停之地點，如車站，車場，岔道，煤水站，及重要橋樑等處之最陡坡度，應較路線上所採用者減小 0.6%。如遇曲線，仍須依照坡度折減率折減之，但未經折減之坡度，無論如何不得超過 0.7%。隧道內，坡度之減少，得由工程司擇定之，但亦不得超過 0.7% 為原則。

在上列規程中，吾人可見坡度仍為一重要之因素，蓋路線之所以彎曲，所以不平直，無非為坡度所限制，不能不將路線彎曲，以減輕土石方工程，或減短橋長及橋空，或更將路線移動或提高，以避免山洞也。故坡度實為鐵路測量一主要之因素，吾人應詳細討論之。

13. 坡度問題 路線在兩終點間，自然以平直為最好之線。但以山川形勢之關係，鮮有能達到此境界者。故坡度之產生，實因地形關係，欲使路線之建築費，不致過於昂貴，而使令適合於地形者也。

在較為平坦之區，坡度以愈小愈佳。蓋在此種地帶中，路線之高下，常以洪水位為定；或因過某一山坳而提高，或因過某河而減低，要皆非常巨大之坡度也。致若在亂山地帶，則因山嶺起落之不同，而所用之坡度亦大。但就一般地形論，此種地帶多成起伏相似之短坡。在山嶺重重之地，則路線之坡度與前大異。最為顯著者，吾人應使用巨大

能減輕建築工程。由是以觀，吾人可知有三類不相同之坡，而各有其互異之性質。就第一類言之：係一種最爲理想之坡度；第二類係起落相等之短坡，此兩種坡度對於機車之行動，尙無巨大之影響，反成爲最經濟之坡度。惟機車在第三類坡度行走時，則速度與牽引力立即下降，有時更因坡度過長過大，列車必須分成兩部，分別牽過之。此種坡度，便成爲限制列車載重之坡，吾人名之曰限制坡度。

最大坡度，有時并非限制坡度，因坡度之長短及大小，兩者非至嚴重之數值時，不能成爲限制坡度。在草測時，已可概見某兩終點間之最大坡度；及初測時，則更可明白其限制坡度矣。平常在兩終點間，祇應有一個限制坡度，如有數個，則將來行車之不便，維持費之巨大，營業之損失，真無法估計之矣。故一段之內，最多祇有一個限制坡度，而坡度本身，更應盡可能之方法，以減輕減短之。

除限制坡度外，吾人有兩種方法使用坡度：一曰連續坡，一曰斷續坡。在經過某高山或從此山下降，吾人可用連續較小之坡上下其間。惟在同一情形下，吾人亦可先用較小之坡上升，至相當距離時，留出一段之平坡，再從此以略急之坡度繼續上升，依如此之方法，即可將同一高山穿過。此種坡度各有其特異之點，在使用連續坡時，則路線較與地形吻合，由是橋空可以放低，填挖較少，或山洞可以減短，惟機車絕無舒息之地，上下其間，絕無緩衝之點。在使用斷續坡中，則一切相反。雖有時建築費稍昂，但機車之舒暢，與行車之安全，均以此種坡爲佳。故作者以爲在可能之地區，應以儘量採用此等斷續坡爲宜。

有時爲減輕限制坡度之阻礙，吾人可將列車以二輛機車牽引或推送之。在使用此種方法時，坡度更可增大，以期達到低減建築資金，而成一種牽引坡度。此種牽引坡度，行車既屬不安全，而機車之給養亦大，故交通部規定在幹線上不得使用。有時在一上升長坡之前，每有一小而下降之坡。在此種地形中，則長坡所生之阻力，每可爲此小坡在機車下降時之動能所減輕，吾人常謂之動能坡。此種坡最爲有利，而亦常爲地勢所許，正可廣爲使用也。

在決定坡度時，有時亦應考慮運輸方向。在可能情形下，順運輸方向，應以使用較小之坡度爲宜；在相反方向，則可使用較大者。雖然如此使用，時實爲地形所不許，但爲將來行車給養減輕計，則在建築期間，略爲多

費資金亦為合理之處置。

普通路基建築中，填堤較開墾之費用為省，致令吾人在定坡時，每易將路線提高，或用較大坡度，以冀減輕開挖，致每有甚高之填堤。殊不知高堤每方之單價，實較開山之單價為大，且工程之困難，遠較開挖尤甚。高堤填土常以土質不良，每生滑走現象。高堤而生滑走，則防護工程更屬奇昂。故在定坡時，寧可多挖不可多填，以免將來不能得一穩定之路基，致令維持費異常增加。在開挖中，亦常生陷落滑走等現象，惟此等現象乃由開挖處，蓄水飽和所致；而填堤之滑走，顯然為填堤過高，下壓力量過大而生；故兩者發生之原因不同，未可混為一談，而以挖方亦產生同一現象，為採用高堤之辯護也。

14. 選點 初測時導線之設立，係依據隊長所定之點而成，路線之良劣，亦繫於此等選點中。在平坦地域地勢和順者，選點並無困難。在此種地帶中，常須注意者，係洪水位置。苟洪水位置已調查明確，則所設立之點，自應以使導線至較高之地勢為宜。反之，則隨處均有高堤，防護工程更所難免。

路線經過山谷時，常為前方之山坳所困。此時之選點，應預早將導線抬高，例如將各點望山脇推移，或放在較高田野上。如是，在過山坳時，可得一較為平易之坡；下山坳時其理正相同。

在犬牙交錯之小山嶺中，選點便不應以此種小山嶺為懷，應在此種參差處，尋出一平均之導線，便可直往向前，而成一美麗之直道。有時開挖稍大，但同時填方亦多，故正可盡量利用挖方以抵填堤，工程建築帳上，未必有若何增加也。

山脈與路線如成斜交時，往往成為一苦悶之問題，有時捨建築山洞外，別無他法。山洞之長短，與建築費成正比例。而建築所須之時間，又因工作之歷練與否而大異。故能避免開挖山洞當為上策，苟至不得已時，亦應以短小之山洞為原則。在此類山嶺中，選點更應盡可能使導線吻合地形，方可減低山洞之長度。山洞前後之路線，因此常致彎曲，但為減輕建築費計，正可儘量犧牲。●

在非常崎嶇之地，有時雖使用較大之坡，深墜仍所不免。選點自應以配合山嶺之歪曲至適當程度為宜，惟不應過於遷就。過於遷就，則成一異常彎曲之路線，雖曰建築費可以減輕，實非所宜也。蓋路線之維持費，以及

安全之程度，實與路線之彎曲長度成正比例，苟過於彎曲，雖建築資金可以減輕，惟此後永久之維持費，必劇增，故非合宜之處置也。在此種地帶中，如開挖在 10 公尺以下者，選點仍以令導線順直為宜，在 10 公尺以上者，則不能不以山勢為定矣。

在測量進行中，常發見較小山崗，為導線所必經者。此類山崗，不高亦不厚，大約厚度在十餘公尺以至七八十公尺。此時，選點應使導線直穿過之，而成一直道，務以兩邊導線交點，在羣崗之外。苟交點在山中，則行車時視線有礙。如在山外，或墳塋上，則視線無阻，將來行車之安全，更覺可貴。

路線在跨越較大河流時，常為研究之中心點。過河地點，雖在草測時已有決定，但斷非詳細之決定，仍有較多微細部份，為草測時所未顧及者。在考慮過河地點時，必須顧及兩岸地質之情形，務以年代久遠而無崩陷現象者為宜。河床之地質更屬重要，苟為整塊堅固之巖層，則大橋將來可得一廉價而穩固之基礎。苟係一種汙泥或流沙，則路線根本有另改方向之必要，蓋橋墩建築在汙泥之上，實為一種異常昂貴，而又不可靠之工程也。在草測時，對於過河點之所以須費多量調查研究工作，亦正為此也。捨河岸河床之地質外，河流本身之屈曲形狀，過河地點是否兩川匯流，洪水位置及發生年月，平時流速等，均在研究考查之列。選點以能使過河導線，與河道成正交為最佳，否則斜交角應以愈少愈好。在絕對不得已時，方可使成灣道。多數測量者之選點，常以河面最狹處為目標，因河面不寬，橋身可望減短。此固為合理之處置，惟不應過於偏執，而不考慮及橋墩之高低，工程之難易，基礎之地質，均非所宜也。

過河路線既經詳細考慮及調查後，選點自以使過河導線成一直道為佳，並務須與將來之路線互相吻合。否則一切調查勘察工作，在定測時便成一種不甚可靠之資料。過河線最好能在平坡上，否則離過河點之前，應盡量留出 200 至 300 公尺之平坡，或較為和緩之下坡，而仍使過河線成平坡，在絕對地形所不許時，大橋方可在灣道及坡度之上。苟為達到良好過河條件時，兩岸之土石方工程，可盡量遷就至最大之限度，誠以大橋之建築費，至為昂貴，而路線移動所費有限。在取得優良之過河條件而犧牲土石方工程，亦為極合理之處置也。

路線每隔 100 至 150 公里，須設一機車段(Engine District)，機車之