

171364

高等学校教学用书

道路设计范例

O. B. 安得烈也夫等著



高等教育出版社

531

5/3021.2

k6

高等学校教学用书



道路设计范例

O. B. 安得烈也夫等著
同济大学道路教研组译

高等教育出版社

本書系根据苏联汽車運輸科技書籍出版社(АВТОТРАНСИЗДАТ)出版的安得烈也夫(О. В. Андреев),巴勃可夫(В. Ф. Бабков),葛尔布鲁特-葛伊包維奇(А. В. Гербурт-гейбович),扎馬哈叶夫(М. С. Замахев),克魯节茨基(Е. В. Крутецкий),奧尔那斯基(Н. П. Орнатский),謝捷尔尼科夫(Н. И. Седелников),斯米尔諾夫(А. С. Смирнов)合著的“道路設計范例”(Примеры проектирования автомобильных дорог) 1955年第二版修訂版譯出。原書經苏联高等教育部采矿冶金与土建高等学校主管司审定为公路專業的教学参考書。

本書为安得烈也夫等所著“道路設計練習”(Упражнения по курсу проектирования автомобильных дорог)卷一与卷二 1952年版的重寫本。

本書共六章二十五個范例,主要是对道路網的规划,汽車路的設計,路面厚度的計算,复杂地区的道路設計,道路改建設計,跨越水道时的水文与水力計算等举出典型例题。本書可作为道路專業学生作課程設計与畢業設計时的参考讀物,亦能作为工程师与技术人员在設計道路时作参考之用。

参加本書翻譯工作的为上海同济大学道路教研組罗孝登、赵驊、龔雨雷、朱照宏四同志。

道 路 設 計 范 例

О. В. 安得烈也夫等著

同济大学道路教研組譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第051号)

商务印書館上海厂印刷 新华書店發行

統一書号 15010·660 开本 787×1092 1/16 印張 16 3/8 插頁 1 字數 357,000 印數 1—1,200
1958年5月第1版 1958年5月上海第1次印刷 定价(10) 2.10

序

公路学院的“道路勘测与设计”教研组在领导课程设计当中,曾经发现学生们在实际运用他们已经获得的理论知识时遇到很多困难。因此,为使学生们易于掌握解决各种计算题的原则,分析若干典型例题,是很好好处的,当他们熟悉了这些例题后就掌握了设计方法以及在设计方案中考虑当地自然条件的原则。分析这些设计例题,会使学生已有的那些道路建筑物设计经验更加丰富起来。

通过具体的范例研究设计方法,可使学生能够独立工作并自觉地来对待所分析的问题。在运用范例做课程设计时,为避免学生们机械地将已知原始数据代入现成的公式中去,故在每一范例解题之前有教学法指示。但在这种指示中并不重复理论课程中的内容,而仅说明应如何进行计算,并作了若干有关解题方法上的实用指示。

在范例中,道路平面和断面各要素的技术标准,虽有国家标准,但一般仍由计算决定之。这是从高等学校中专业课程教学的基本前提出发的,即:并不是教学生们盲目地遵从现行标准,而是要教会他们在必要时能根据对当地条件的分析来修正现行标准。

这本设计范例集的内容包括公路学院与系的“公路”专业三、四和五年级,以及“桥梁与隧道”专业四年级课程设计中产生的问题。因此在本书中仅限于叙述较为简单的典型例题。但其中个别的例题亦可在毕业设计时用之。

“道路设计范例”这本书是以前曾在1949和1952年出版过两次的教学参考书“道路设计练习”的修订本。

这些练习曾获得各公路学院师生们和设计机关的工作人员们的好评。

在这次准备重版之际,各设计例题的内容均经过重新审阅。在旧版中,为了补充部定教科书的不足,曾加了很多说明材料和参考材料,但在这次重版时已将这些内容加以精简。其中的必要部份已经被编入 A. K. 比露利雅教授所著“公路设计”的1954年重订本中,以及 B. Ф. 巴勃可夫, A. Я. 伏尔科夫, A. B. 葛尔布鲁特-葛伊包维奇和 M. C. 扎马哈叶夫合著的“公路”一书中,在这两本书中详尽地叙述了在复杂自然条件下道路设计的综合问题。为了缩减篇幅起见,凡是在上述二书中已列出的各种计算系数图表,本书中不再重复。

参加这本范例修订工作的有莫斯科公路学院的技术科学副博士 O. B. 安得烈也夫副教授(范例 18, 23, 24 和 25), 技术科学博士 B. Ф. 巴勃可夫教授(范例 10, 12, 19), 技术科学副博士 A. B. 葛尔布鲁特-葛伊包维奇副教授(范例 2, 16 和 22), 技术科学副博士 M. C. 扎马哈叶夫副教授(范例 1, 4, 5, 13, 17, 21), E. B. 克鲁节茨基副教授(范例 8, 6, 7, 8, 9, 11), H. П. 奥尔那斯基工程师(范例 14 和 20), П. П. 谢捷尔尼科夫工程师(范例 17 中的题 1 和 2), 技术科学副博士 A. C. 斯米尔诺夫(范例 15)。

在修訂本書時，曾吸收了下列同志們的批評和教益：A. K. 比露利雅教授，A. A. 米拉寧奇金教授，П. A. 羅馬寧可教授，M. H. 古德遼夫采夫副教授，B. E. 卡岡諾維奇副教授，蘇聯交通部國家道路設計院 П. П. 莫洛茲和 E. A. 卡贊斯基同志。同時也吸取了專家鑑定委員會成員 Н. И. 伊萬諾夫教授，技術科學博士 E. B. 鮑達柯夫，地質礦產科學副博士 B. M. 別芝魯克以及技術科學副博士 B. H. 巴爾茲特，E. A. 密爾古洛夫等的意見。作者們謹在此對以上各位同志深致謝意。

在使用本書時如有何意見，請函投莫斯科公路學院勘測與設計教研組（Москва，Тверской-Ямской Пер., № 17）。

莫斯科公路學院
“道路勘測與設計”教研組主任
B. Ф. 巴勃可夫教授

目 录

序

第一章 道路網的設計	1
范例 1. 道路網的技术經濟設計	1
第二章 汽車路的設計	15
范例 2. 設計的自然条件	15
范例 3. 公路設計中技术标准的分析	23
范例 4. 緩和曲綫各要素的計算	30
范例 5. 橫断面設計	33
范例 6. 在等高綫地形圖上設計路綫	39
范例 7. 小型人工結構物孔徑的确定	46
范例 8. 縱断面設計	60
范例 9. 路綫各方案的比較	66
范例 10. 汽車路立体交叉設計	70
范例 11. 超高設計	79
范例 12. 路段全視圖的繪制	97
范例 13. 城市道路設計	100
第三章 路面厚度的計算	107
范例 14. 柔性路面結構的計算	107
范例 15. 水泥混凝土路面与基層的厚度計算	112
第四章 复杂情况下的道路設計	125
范例 16. 干旱地区的道路設計	125
范例 17. 山区道路設計	130
范例 18. 山区排水結構物的水力計算	163
范例 19. 路基穩定性的計算	176
第五章 道路改建設計	193
范例 20. 道路使用品質的鑒定	193
范例 21. 道路某些地段在平面及断面上的改建	197
范例 22. 防止翻漿措施的設計	213
第六章 跨越大水道桥渡設計中的水文与水力計算	225
范例 23. 确定跨越平原区河道的桥梁孔徑与导流堤的尺寸	225
范例 24. 受壅水影响的大型桥梁孔徑的計算	238
范例 25. 位于临时性堤壩旁的桥孔計算	251

第一章 道路網的設計

范例 1. 道路網的技术經濟設計

作業題 編制区道路網的經濟設計

根据綜合經濟調查的資料,原有的道路網情形是要不得的,計劃時等以不加考慮。土壤和气候条件是屬於第二气候区。經過調查,区内产有砂和礫石可作筑路之用。

設計区道路網時必須遵循下列原則:

1. 新設計或改建的道路網,应当考慮到工農業發展的远景,以及区内各居民点文化政治上的需要,来完全保證所有的運輸联系。
2. 区道路網要能輔助区内或省内的公路和鉄路的总網成为一个統一的整体。
3. 道路網的概貌与綫形是根据該区气候、土壤、农作物和農業發展方向而定的。这些条件表明一个区的經濟面貌(种谷、种棉、工業等等)的特点。
4. 設計道路網特別是設計田間道路時,必須顧到已有的土地使用和輪耕的制度。道路定綫要尽可能不破坏輪耕的界限,要尽量利用不宜于農業的土地。
5. 設計道路網時应当考慮到区域規劃的設計。在区的農業規劃任务中,包括有地区的合理組織,居民分布的計劃以及区内各种建設的有計劃布置,这些規劃均應适应于今后扩大集体农庄和根本改善居住、文化与生活条件的國民經濟远景計劃。設計道路網時,必須考慮新的生产企業、机器与拖拉机站(MTC)、集体农庄的發電站、倉庫、工場、谷倉和农产品的加工厂等的位置。

設計道路網時也应当照顧到受旱地区种植和培养防护林帶的实际措施。

路綫經過凹地、淺谷、山峽時,应当注意由于建筑路基有形成池塘以供灌溉、养魚和建立水力發電站之用的可能性。这些措施都可作为提高收获量和發展農業的輔助方法。至于沿路种植防护林,可并入整个田地保护林帶系統中去。

集体农庄的業務扩大,農業中广泛采用机械化以及全部農業工作都在最好的农艺时节来进行,就發生区内道路網改建的任务,在改建中应当使路綫能最短,并应考虑最便当的貨运方向和文化政治联系上不断进展的要求。这里还要考虑可能利用新的而生产效率更大的農業机器,这些机器的大小及重量常常是超过了以前所用的。省内或区内如果有筑路机械站(MIC)或是配备有基本筑路机械(平地机、推土机等)的机器拖拉机站(MTC),就可以在現代技术水平上用机械化方法来修筑区内的道路。農業使用汽車正在很快地增加,在汽車運輸上就要求有最大限度的与合理的利用,并加大汽車的周轉率,这些都与好的道路網有密切

的关系。

在农忙时节,縮短運轉時間(例如由田間運出收获品,運送甜蘿卜至制糖厂)不仅有經濟上的而且有政治上的意义。

在收获时期交通繁密的情况下,縮短運輸距离,即使縮短得不大,也是很要紧的;因此設計地方性道路網时多半不是根据年平均行車密度而是根据农業收割期中的“最高行車密度”来計算的。

本題中所設計的道路網是在第二气候区,該区的地基土壤性質对于筑路來說是不利的。因为地势起伏,拘水和沼化的地点很多,土壤的潮湿情况又不一致。路基高度假如不够,特别是在排水条件不好的地方,就可能發生翻漿而破坏路面。

当地的主要筑路材料为第四紀岩石:質量很好的砂和礫石。此外,在火車站上还有堆弃的機車煤渣。

由于可以广泛利用当地人口的劳动力来源来筑路,其中又有固定的集体农庄的筑路队,所以这些为数不多的当地材料(如几千公尺³的礫石貯藏量,当地企業的爐渣堆等等)是具有特別重要意义的。这些当地出产的材料,可由集体农庄自己的劳动力加工和用它們自己的運輸工具作短距离的运送。

根据現有的石料,气候和土壤的条件,可采用下列的路面結構:

1. 用砂、爐渣、碎磚、礫石改善土路。

II. 礫石路;鋪在砂層上的碎石或礫石路面,塊砌圓石或在砂墊層上砌彈石。

路面的厚度按全苏道路科学研究院的路面設計原理根据規定的行車密度来确定。

編造設計时需要遵循一九五四年十一月至十二月在莫斯科举行的全苏建筑工業工程人員和工作人員會議的決議案。必須采用最經濟的路面类型,应尽量利用有足够强度并能保証全年通車便利的当地建筑材料。

小型人工結構物,建議采用标准的鋼筋混凝土圓管和梁式桥,以預制構件在工地裝配。这些零件可在区的中心基地上組織生产。

解 答

現根据上述設計区道路網的一般原則,并考虑貨物集散地点的散布与貨运的数量,我們来拟定区道路網的圖形。

圖 1 表示已經进行經濟調查的某一个区的地圖。区内有鐵路通过。在它的範圍内有一个火車站。根据經濟調查的資料,在鐵路以北的居民点与集体农庄的經濟中心点 A、B、C、D、E,它們与車站間都有主要的貨运往来。而 A 与 B, D 与 E 之間也有貨运往来。本区南部仅有 M 与 H 兩点,它們彼此之間以及和車站之間都有貨运往来。預計十年內各貨物集散点进出的運輸量有如表 1 所列。

表內的輸入量与輸出量相等,各为 108000 公吨,但不应作这样的結論,說該区有多少輸出就有多少輸入。因为在这个平衡表里包括了火車站的在內,它的輸入量就是从各居民点

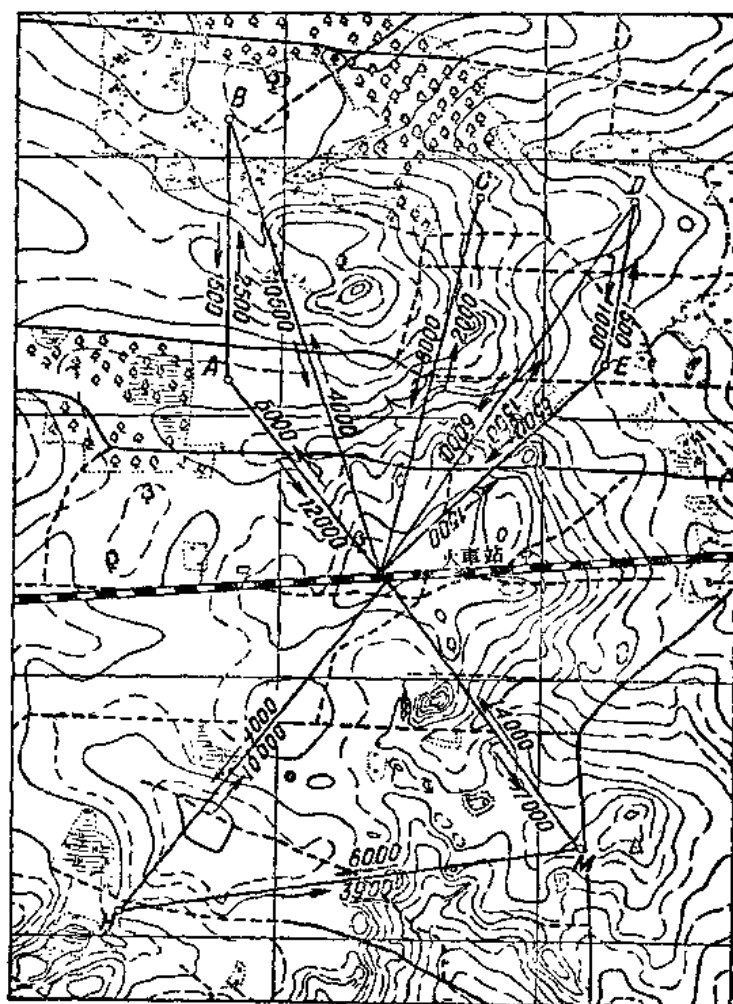


圖 1. 区的貨运联系圖。

表 1.

点 名	A	B	C	D	E	M	H	火車站	小 計
每年輸入量(公吨).....	6500	6500	2000	3000	2500	10500	10000	67000	108000
每年輸出量(公吨).....	14500	12000	8000	7000	8000	20000	12500	25000	108000
合計.....	21000	18500	10000	10000	10500	30500	22500	92000	216000

大部份的輸出量中吸收来的。只要算出車站每年輸入与輸出量的差額，就很容易地得出該区每年經鐵路輸出的數額 42000 公吨。各个貨物集散点之間貨运量分布的情形列于表 2，該表有时称为“斜行表”或“棋盤表”。

表 2 中橫行所列为各点輸出量，縱行所列为各点輸入量。所以一点的輸出量即为他点的輸入量。橫行的总数必然等于縱行的总数。这表內的总数是 108000，也就是表 1 內所列的总数。

表 2.

居 民 点	A	B	C	D	E	M	H	火車站	小 計
A.....	+	2700	—	—	—	—	—	12000	14500
B.....	1500	—	—	—	—	—	—	10500	12000
C.....	—	—	+	—	—	—	—	8000	8000
D.....	—	—	—	+	1000	—	—	6000	7000
E.....	—	—	—	1500	+	—	—	6500	8000
M.....	—	—	—	—	—	+	6000	14000	20000
H.....	—	—	—	—	—	3500	+	10000	13500
火車站.....	5000	4000	2000	1500	1500	7000	4000	+	25000
合計.....	6500	6500	2000	3000	2500	10500	10000	67000	108000

在本作業題內沒有提到由鄰區過境而直達的貨運可能性——比如經過 B 點直到火車站。在這種情況下，直達的貨運應當加入 B 點的貨運量內計算，而表 2 中所示的是貨運的總數。因此在以後所有的設計中，都要將直達過境的貨運量計算在內。

根據上表可制成貨運聯系圖，它一目了然地表示出哪些點之間發生了貨運的交流關係，並標明了交流的貨運量。在圖上將所有彼此間有貨運聯系的各點，都用直線連起來（不管地形和當地的情況如何），在直線上注明往來的貨運量，并注明它們的運輸方向。假如居民點和貨運聯系點的數目較多，可按有一定比例的粗細綫條來分別表示往來的貨運量^①。

所謂道路網的技術經濟設計，就是根據這些區內貨運調查的資料來作區內路線布置的設計。它同時要保證行政、經濟、文化各方面的聯系，和很好的利用現有的道路網。這樣規劃的路線網，在技術勘測的過程中，必須就地形地物的特征、表土—土壤及水文等其他條件加以修正。

圖 1 上畫出了貨運聯系的情況，并注明了往來的貨運量。因為區南部與北部彼此間尚無直接的貨運聯系，故道路網設計可分開為兩部份進行。這樣南北兩部份也就可以採用不同的方法來進行設計。

區的北部

在區的北部有居民點 5 處。設計道路網的任務，是要將這些點彼此之間以及與火車站之間用最好的方式聯系起來，這個任務可以在幾個比較方案的基礎上來解決。道路網大致的形式，由上節的貨運聯系圖以及原有路線的位置，即可以定出。主要的路線，自然要順着往來貨運量最多的方向走；往來貨運較少的點，與在行政經濟上較次要的點，可用支綫與主要路線相接。在本題內，不可能像公路機關在實際上編訂道路網計劃時一樣，對於各點在行政、經濟、文化上的重要性以及旧路的布置、采石場的地点等等作那樣詳細的研究。因此，在本題中，這個道路網的方案，是根據熟知的數學方法，按照建築費用與道路經營費用最省的條件來擬定的。對於現在研究的北部區域，我們擬了三個比較方案。

① H. Ф. 克拉比文，“道路經濟調查手冊”，道路出版社，1949。

第一方案

在書刊中大家已熟知的一种設計道路網的方法,是先画出主要路綫或干路,該路所循的方向系所有貨运趋向于一个主要点所合成的方向。在干路兩旁的各点則用支綫和它联接。决定干路的方向可用下述的方法。將所有各点向一个点(在本例中即为火車站)交会的貨运联系綫,当作有同一作用点的各个别的力,这样,就把求干路的方向变为求这些力的合力方向。采用往来貨运量的公吨数^①或采用貨运的功^②(即往来貨运量与它所走居民点之間距离的乘积)作为力的大小。按貨运的功来定合成量較為正确,因为它考虑到点的分布情形与各点相互的位置。这样使往来貨运量不多而距离較远的貨物集散点,与貨多而距离目的地較近的点有相同的“权”。

这两种求合成量的方法都可用圖解法来做。在紙上先画出力多边形,力的大小即用往来的貨运量或貨运的功。照貨运联系綫画出平行的向量,在向量上按一定的比例截出力的大小。第二个力接着头一个力的末端,这样順序地將所有有关点的力繪出。力多边形的闭合綫,就是合力,也就表示着主要干路的方向。合力的作用点就是力多边形所用的起点。

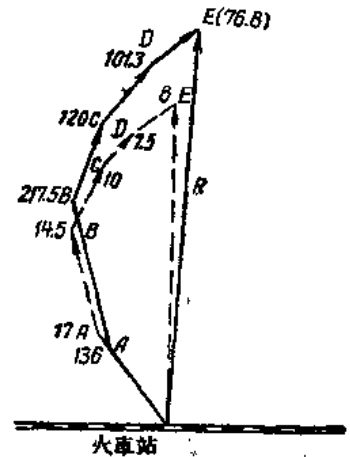


圖 2. 力多边形的繪制。

本題就是按上面所述的两种方法来求合成的量。在圖 2 上以虛綫表示用往来的貨运量画出的力多边形,就是單單計算由火車站輸入及輸出的貨物量,字母旁的数字示往来貨运量的千公吨数。实綫表示用貨运功来定出的合成量,字母旁的数字示貨运功的千公吨-公里数。各居民点离开車站的远近与貨运功的大小可由地圖上定出,現列于表 3。

表 3.

指 标	到 居 民 点 的 距 离				
	A	B	C	D	E
距离火車站, 公里.....	8	15	12	18.5	9.6
往来的貨运量, 千公吨.....	17	14.5	10	7.5	8
貨运功, 千公吨-公里.....	136	217.5	120	101.3	76.8

兩法定出的合成量在方向上極为相近。現在我們用由貨运功定出的合成量的方向作为干路的方向。

各支綫可根据 B. H. 奥勃拉卓夫院士的公式^③規定之。該公式系根据最小運費的原

① A. Ф. 哥尔宁也哥及 E. H. 保保夫:“国营农場及集体农庄公路網规划法”。以莫洛托夫命名的莫斯科汽車与道路学院論文选集 № 2, 1935。

② Л. М. 格拉其林“集体农庄道路網設計法”;莫斯科汽車与道路学院論文选集, № 3, 1936。

③ B. H. 奥勃拉卓夫,“地方运输經濟学”,莫斯科运输学院論文选集,第一期, 1929。

則导出。

这公式的缺点是未計及道路的建筑費用,也未考虑到貨运有改变的可能,但对于比較方案的設計,这些缺点还不是很严重的。

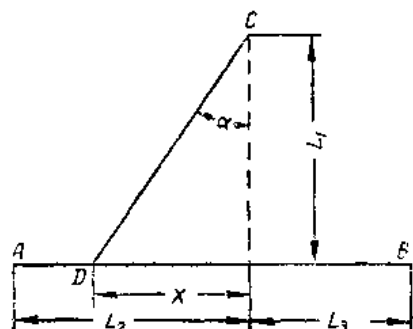


圖3. 支綫的连接。

設干路通过 A 与 B 点而在居民点 C 的一旁(圖3),居民点 C 与 A 間有 Q_1 公吨的往来貨运量,与 B 間有 Q_2 公吨的往来貨运量,而 $Q_1 > Q_2$, 那末支綫接到干綫上时,須偏向于貨运較多的一个点而形成角 α 。A 或 B 到支綫交接点 D 的距离随 x 的長度而异,而这个 x 可由 C 在干路上的投影点量到 D 点的距离測定之。 L_1 , L_2 与 L_3 可在地圖上定出。設干路上每公吨-公里的

運費定为 s 盧布,而支路上每公吨-公里的運費定为 e 盧布。

由 C 点到 A 与 B 兩点总的貨運費 P 等于:

$$P = (Q_1 + Q_2)CDe + Q_1 ADs + Q_2 DBs = \\ = [(Q_1 + Q_2)\sqrt{L_1^2 + x^2}]e + Q_1(L_2 - x)s + Q_2(L_3 + x)s。$$

最有利的支綫交点当在 P 为最小时。为此,將上式微分并使等于零:

$$\frac{dP}{dx} = \frac{2x}{\sqrt{L_1^2 + x^2}}(Q_1 + Q_2)e - Q_1s + Q_2s = 0。$$

或

$$\frac{x}{\sqrt{L_1^2 + x^2}}(Q_1 + Q_2)e = s(Q_1 - Q_2);$$

又因

$$\frac{x}{\sqrt{L_1^2 + x^2}} = \sin \alpha, \text{ 故 } \sin \alpha = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1 + Q_2} \cdot \frac{s}{e}。$$

由所得的正弦求得 α 角,再由于路的垂直綫向运量多的方向量出这个角,画一直綫即可定出支綫的交点。如果 $Q_1 = Q_2$, 則 $\sin \alpha = 0$, 和 $\alpha = 0$; 如果 $Q_2 = 0$, α 角即可由下式求之:

$$\sin \alpha = \frac{s}{e}。$$

求 α 角时必须先知運費。但是这时行車密度还没有定出,而且这一段干路上的路面类型也未确定,所以我們不可能准确地得出運費 s 与 e 的数值。不过考虑到这条支綫的交点将来还要跟着地形与地物情况而有所修改,因它可能落在不利的地点(如沼澤地),所以在計算时,可以根据大致推定的将来路面的种类,来估定運費。

为便于道路網各方案的比較,我們采用下面假定的 1 公吨-公里的運費:在改善的土路上 $e = 1.00$ 盧布,而在干路上 $s = 0.70$ 盧布。

在第一方案中,路綫从車站沿着合成量的方向到 K 点(圖4)。再由此分为两个方向以达 B 点与 D 点。由 E 点至 O 点的支綫,其交角由下列公式求得:

$$\sin \alpha = \frac{6500 - 1500}{6500 + 1500} \times \frac{0.70}{1.00} = 0.44, \alpha = 26^\circ。$$

在上式計算中假定在 K—D 一段上将来为石料路面,而支綫上則为改善的土路。

C 点的貨运是全部运向車站的，本来可以用直綫来联接 C 和 K 兩点，不过这样做，須另筑一条路而使建筑費用增加。由 C 用支綫接到 O 点，虽然也增加了車站与 C 点之間的运距，但是縮短了道路網的总長，也就減低了它的建筑費用。

匯合处的 K 点是考虑了实际的地形而定出的(見圖 1)，目的在于減少土方数量。由 A 点来的支綫与 BK 綫的方向相交成 α 角。

在所設計的道路網上，画上以每年淨公吨計的貨运强度圖。圖的比例視貨运强度的大小与綫網的密度而定。有同等貨运强度的路段，称为經濟段。在每一經濟段的路綫兩旁，再分別注上以千公吨計的貨运强度(見圖 4)。

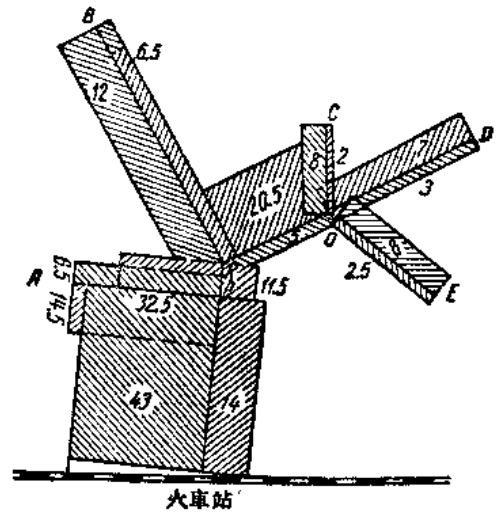


圖 4. 第一方案的貨运强度圖。

如有关于貨物种类的資料，在圖上可用各种顏色或細綫条分別表出工業、农产、木材、建筑、商品各类的貨物，并分別繪出客运量。作圖由最远的一点开始，循序地画向火車站。所得的数字，可根据已有的斜行表內的数字核对。圖作梯阶形狀，而到火車站增至最大值，其輸入量为 43000 公吨，輸出量为 14000 公吨。总的貨运强度为 57000 公吨。

为确定道路等級、技术标准与路面类型，必須將淨公吨計的年貨运强度变换为一晝夜的行車密度。

每一經濟段的汽車行車密度由下式决定^①：

$$N = \frac{100 Q f}{360 m n (A p_1 + B p_2 + C p_3)} \text{ 汽車/晝夜,}$$

式中： Q—双方向的年貨运强度；

f—季节系数，計及各別月份运输量的不均衡性；

n—載貨吨数的利用系数，平均为 0.85—0.95；

m—行駛里程的利用系数，即有貨的行駛里程对行駛总里程的比值，其平均值为 0.6—0.8；

A, B 及 C—該区内所有各类汽車的載貨量；

p_1 , p_2 及 p_3 —貨运汽車庫中各种不同类型汽車的分配百分率。

計算在农業运输最忙季节时的平均晝夜行車密度时，可取：

季节性系数 $f=3$ ；

行駛里程的利用系数 $m=0.6$ ；

載貨吨数的利用系数 $n=0.9$ ；

型 TAZ-51 汽車載貨量 2.5 公吨 $p_1=40\%$

① 計算年平均的每晝夜行車密度时，季节系数采用等于 1。

型 3HC-5 汽車載貨量 3 公噸 $p_2 = 50\%$

型 3HC-150 汽車載貨量 4 公噸 $p_3 = 10\%$

如果對於所有各經濟段，一律採用上面所示的數值，那末，汽車行車密度的計算就可以簡化為：

$$N = \frac{100 \cdot Q \cdot 3}{360 \times 0.9 \times 0.6 (2.5 \times 40 + 3.0 \times 50 + 5.0 \times 10)} = 0.0053 Q \text{ 汽車/晝夜。}$$

計算行車密度時， Q 常以千公噸為單位，如此則行車密度等於：

$$N = 5.3 Q \text{ 汽車/晝夜，}$$

式中： Q 為一年中以淨千公噸數計的貨運強度。

第一方案各經濟路段上算得的行車密度值如表 4 所列。路的等級是按照建築標準與規程的指示定出的。

表 4.

路段 №	路段名稱	長度 (公里)	貨運強度 (年淨千公噸)	行車密度 (汽車/晝夜)	路的 等級	所採用的路面型式
1	D—O	5.0	10.0	53	V	礫石改善的土路
2	O—E	3.0	10.5	56	V	礫石改善的土路
3	O—C	2.8	10.0	53	V	礫石改善的土路
4	O—K	3.8	25.5	135	V	礫石路
5	B—K	8.5	18.5	98	V	礫石改善的土路
6	K—P	1.0	44.0	233	IV	礫石路
7	A—P	4.6	21.0	111	V	礫石改善的土路
8	P—車站	5.8	57.0	302	1V	黑色礫石路
小 計		34.5	—	—	—	—

選擇路面型式時，必須計及當地所有的建築材料，以及分期逐漸建築高級路面的可能性。

由於該區內產有礫石和砂，所以採用下列各種路面型式。

路線網 № 1, 2, 3, 5, 7 各段上的行車密度都在 100 汽車/晝夜以內，採用鐮刀式斷面而經礫石改善的土路，行車部份寬度為 6.0 公尺，路基寬度 10.0 公尺。

№ 4, 6 兩段採用礫石路，行車部份寬度 6.0 公尺，路基寬度 10.0 公尺。

頭上一段，即與火車站相接的第 8 段，因為行車頻繁，擬用黑色礫石路面。其行車部份與路基的寬度同 № 4, 6 兩段。

礫石改善的土路全長 23.9 公里；礫石路的全長 4.8 公里；黑色礫石路的全長 5.8 公里。

假定建築每公里的主要工程費用如下：

礫石改善的土路 每公里 50000 盧布

礫石路 每公里 130000 盧布

黑色礫石路 每公里 160000 盧布

根據這些資料，第一方案的建築總費用 A_1 將為：

$$A_1 = 50000 \times 23.9 + 130000 \times 4.8 + 160000 \times 5.8 = \\ = 1195000 + 624000 + 928000 = 2747000 \text{ 盧布。}$$

本道路網方案所定出的每年道路經營費用之中，不僅應計及它在全部使用年限中所需建築、修理以及路面保養等費用勻攤于一年中的數目，並且還須計及汽車運輸費用。

要確定道路經營費用 Θ ，就要計算道路的建築、保養、修理與貨物運輸的全部開支。汽車運輸的費用，可按 H. Ф. 克拉比文所著一書中^①所述的方法來估定。1 公噸-公里運輸的全部費用是運輸費用與道路費用相加的總數。運輸(汽車的)費用包括固定的與變動的兩種開支，可由汽車運輸企業的資料來確定。1 公噸-公里運輸的道路費用，是由道路建築的折舊扣額與道路上各種結構物的養護費用所組成，這些可由省與區的道路機關所有的資料來估定。這樣，1 公噸-公里汽車運輸的全部費用，可根據區的道路與運輸設計機關所收集的資料加以分析而算得。本例題所使用的為求道路經營費用的一種簡化公式，未曾計及所有一切的費用(路基、人工結構物等的折舊)，但是對於做道路網各方案的比較，仍可得出足夠正確的結果。在經濟設計的階段中，應用這公式估算道路經營費用，來評定各方案的道路網圖形，可以免除複雜的計算。至於在技術設計階段，或在路線較長與運輸量較多的公路網的經濟設計階段，各方案的比較，要應用教科書中所述的其他方法。

每年中道路的經營費用可用下式計算：

$$T = [K(a+p) + \vartheta + sQ]L \text{ 盧布。}$$

式中：T—每一年的道路經營費用；

K——公里路面的建築費；

a—每年折舊的成數，等於 $\frac{1}{t}$ (t 為路面使用年限)；

p—在路面使用年限內平均每年的修理費，以路面建築費的成數表示之；

ϑ ——公里路的每年經常養護費用；

s—1 公噸-公里的運輸費；

Q—在某一經濟段上的貨運強度，以每年淨噸數計；

L—經濟段的長度。

關於建築費，使用年限，修理次數與費用以及運輸費等資料，可根據道路建築現有的資料與預算手冊中的資料確定之。表 5 所列的假定數據在一定條件下可供各道路網方案比較之用。

表中的數據雖然不夠準確並受一定條件的限制，但對於各方案的比較並無決定性的作用。因為對於所有方案都用同一的指數。重要的只是各種路面的費用，其相互間必須有正確的比率，要考慮到當地的建築材料與採用的施工方法。

各方案中的道路經營費用要按各別的經濟段來計算，因為即使路面型式是一樣的，各段

Θ 原文中 Дорожноэксплуатационные расходы 與 дорожнотранспортные расходы 含義相同，故均譯為道路經營費用——譯者。

^① H. Ф. 克拉比文，“道路—經濟調查手冊”，道路出版社，1949。

表 5.

項次	路面型式	K (盧布)	t	α	p	θ (盧布)	s (盧布)	附 注
1	級配改善的土路	25000—40000	6	0.16	0.10	5000	1.00	所有數據
2	礫石改善的土路	45000—65000	9	0.11	0.10	5000	0.90	按行車部
3	塊石鋪砌路面	100000—130000	20	0.05	0.05	5000	0.70	份寬度
4	碎石与礫石路面	130000—170000	16	0.06	0.06	10000	0.60	6.0 公尺
5	黑色碎石与礫石路面	160000—200000	20	0.05	0.05	10000	0.50	計算
6	瀝青混凝土路面	250000—300000	25	0.04	0.05	10000	0.50	

所運輸的貨量亦有不同。計算時用表格的方式來進行比較方便，這樣可以一段一段地比較道路經營的各項費用，並且可以分析費用增加的原因。計算費用可準確到千盧布。

第一方案的道路經營費用列於表 6 中。

表 6.

段号	段名	長度 (公里)	貨運強度 (年淨千公噸)	路面型式	各項指數					道路經營費用 T (盧布)
					K (盧布)	α	p	θ (盧布)	s (盧布)	
1	D—O	5.0	10.0	礫石改善的土路	50000	0.11	0.10	5000	0.90	122500
2	O—E	3.0	10.5	礫石改善的土路	50000	0.11	0.10	5000	0.90	74850
3	O—C	2.8	10.0	礫石改善的土路	50000	0.11	0.10	5000	0.90	68600
4	O—K	3.8	25.5	礫石路	130000	0.06	0.06	10000	0.60	155120
5	B—K	8.5	18.5	礫石改善的土路	50000	0.11	0.10	5000	0.90	273275
6	K—P	1.0	44.0	碎石路	130000	0.06	0.06	10000	0.60	52000
7	A—P	4.6	21.0	礫石改善的土路	50000	0.11	0.10	5000	0.90	158240
8	P—車站	5.8	57.0	黑色礫石路	160000	0.05	0.05	10000	0.50	916100
小計		34.5	—	—	—	—	—	—	—	$\Sigma T_1 = 1220685$

第二方案

在圖 5 中用實綫繪出的是公路網的第二方案，其中主要干路是由車站沿直綫通到 B 點。在 O 點上有由 A 与 D 點來的兩條支綫与干綫相接。在 K 點上有由 C 及 E 點來的兩條支綫与 OD 路相接。各經濟段以千公噸數計的貨運強度，按貨運方向已分別在圖上注出。

第二方案的道路經營費用，是用第一方案的指數進行計算的。总的道路經營費用 $\Sigma T_2 = 1268695$ 盧布，其計算列於表 7。

第二方案的公路網較第一方案的長出 2.2 公里，而在道路經營費用方面，亦多出 48010 盧布。

第二方案的建築費用 $A_2 = 50000 \times 25.1 +$

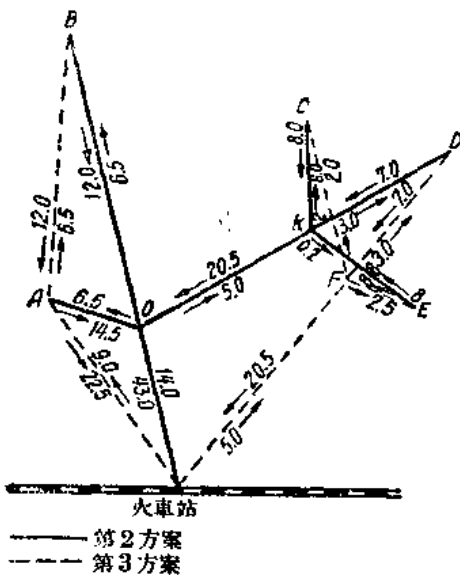


圖 5. 公路網的比較方案。

$+130000 \times 6.4 + 160000 \times 5.2 = 2919000$ 盧布, 即較第一方案多了 172000 盧布。所以, 第二方案的道路網, 从所有的指标来看, 都不如第一方案。

表 7.

段号	段名	長度 (公里)	貨运强度 (年淨千公吨)	路面型式	各項指数					道路經營費用 T (盧布)
					K (盧布)	a	p (盧布)	ϑ (盧布)	s (盧布)	
1	B—O	9.8	18.5	礫石改善的土路	50000	0.11	0.10	5000	0.90	315070
2	A—O	3.2	21.2	礫石改善的土路	50000	0.11	0.10	5000	0.90	110080
3	D—K	5.0	10.0	礫石改善的土路	50000	0.11	0.10	5000	0.90	122500
4	C—K	2.8	10.0	礫石改善的土路	50000	0.11	0.10	5000	0.90	68600
5	E—K	4.3	10.5	礫石改善的土路	50000	0.11	0.10	5000	0.90	107235
6	K—O	6.4	25.5	礫石路	130000	0.06	0.06	10000	0.60	261760
7	O—車站	5.2	57.0	黑色礫石路	160000	0.05	0.05	10000	0.50	283400
小 計		36.7	—	—	—	—	—	—	—	$\Sigma T_2 = 1268695$

第三方案

道路網的第三方案在圖 5 上系用虛綫画出的, 它与上面两个方案主要不同的地方, 在于把整个貨运分成两个方向。第一个方向是用一条独立的路綫把 A, B 兩点与車站联接起来, 即从 B 点經過 A 点而到达火車站。

在第二个方向上, 主要路綫是联接 D 点与車站, 另以支綫將 C 点及 E 点与該綫联接起来。各經濟路段的行車密度列于表 8。

表 8.

段号	段 名	長度 (公里)	貨运强度 (年淨千公吨数)	行車密度 (汽車/晝夜)	路的等級	采用的路面型式
1	B—A	8.5	18.5	101	V	礫石改善的土路
2	A—車站	7.5	31.5	167	IV	礫石路
3	D—F	5.5	10.0	53	V	礫石改善的土路
4	F—C	5.5	10.0	53	V	礫石改善的土路
5	F—E	2.5	10.5	56	V	礫石改善的土路
6	F—車站	8.6	25.5	135	V	礫石路
小 計		38.10	—	—	—	—

第三方案的道路經營总費用为 1294465 盧布, 亦即大于第一和第二方案中的費用。

第三方案的建筑費 $A_3 = 50000 \times 22.0 + 130000 \times 16.1 = 3193000$ 盧布, 亦超过前述两种方案的建筑費用頗多。

从建筑費用及道路經營費用上来进行比较, 很明显地說明了第一方案的优越性, 因而我們也就采用了这个方案。

所采用的道路網方案, 它最后在实地上的位置, 还須考虑地形与地物情况以及前述的其他条件后才能确定。从当地的地圖可以判定, 第一方案是完全有实施的可能的。