

鐵路員工技術手冊第十三卷
(八)

**鐵路綫路
改用电力和內燃牽引時
的运营計算**

苏联鐵路員工技術手冊編纂委員會編

人民鐵道出版社

这本小册子节译自苏联铁路员工技术手册第十三卷(308~310页),是Ф·П·柯赤涅夫所著,其内容全面地介绍了铁路线路由蒸汽牵引改用电力或内燃牵引时的运营计算问题。

这本小册子可供铁路运输工程技术人员,铁路运输学校师生学习和参考。



铁路员工技术手册第十三卷
(八)

铁路线路改用电力和内燃牵引时的运营计算

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ,
СВЯЗАННЫЕ С ПЕРЕВОДОМ
ЛИНИЙ НА ТЕПЛОВОЗНУЮ И
ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ТЯГУ

苏联铁路员工技术手册编委会编

苏联国家铁路运输出版社(1956年莫斯科俄文版)

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ, МОСКВА 1956

北京铁道学院运输系资料室译

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府17号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第010号

新华书店发行

人民铁道出版社印刷厂印

书号1470 开本850×1168毫米 印张16 字数15千

1959年8月第1版

1959年8月第1版第1次印刷

印数0,001—850册

统一书号:15043·1036 定价(8)0.10元

(一) 通 論

鐵路綫路由蒸汽牽引改用电量或內燃牽引時，必須：

(1) 確定貨物列車和快運貨物列車新的最有利的重量和速度，並在個別情況下還須考慮合理應用倍數牽引（其中包括補機推送）；

(2) 重新核定牽引交路及基本段和折返段的佈置；

(3) 確定運用機車台數及運用車數新的標準；

(4) 修定機車在基本段和折返段的車站上作業標準，機車服務列車的制度及機車乘务組工作的制度；

(5) 確定封閉原來為加強通過能力而開設的個別会让站或綫路所，封閉給水所、水塔、機車乘务組換班站等的可能性；

(6) 求出新的最優越的列車編組計劃方案；

(7) 確定綫路改為新式牽引時預計的運輸成本及通過能力和輸送能力的後備。

將綫路改用电量 and 內燃牽引，由於列車重量之提高，可能還需要延長站綫。

基本段和折返段應當根據機車乘务組規定的不間斷工作時間進行佈置，並應保證更充分地運用機車。

在用各種牽引形式服務的綫路所連接的區段站和編組站上，內燃機車和電力機車的整備地點應該跟蒸汽機車整備地點分開，並且在一級鐵路上內燃機車和電力機車的整備地點數至少應有兩個。

使用電力和內燃牽引時機車服務列車的主要方法是循環運轉。同時，內燃機車的整備在只隨一個方向——上行或下行方向

的列車运行时，照例應該在基本段所在的车站到发綫上进行。在到发場綫路上也应有機車檢查設備。

在苏联铁路电气化时主要采用了电压 3,000 伏的直流制度。

綫路的电气化使用直流时需要大量的投資：单綫綫路为 350—400 千卢布/公里，双綫綫路（复綫）为 500—600 千卢布/公里，并需要消耗很多有色金属：单綫綫路为 4—5 吨/公里，双綫綫路为 7—8 吨/公里。在这种制度下牵引变电所間的距离約为 25 公里，而且牵引变电所的內部装备需要許多水銀整流器或电动机，以便把交流电改为直流电。

在这些綫路上接触电綫網上的电压常随远离变电所的程度而发生降压現象，因此致使降低走行速度并往往会降低区段通过能力。

在 1956 年开始試用苏联第一个交流电区段：莫斯科—庫尔斯克—頓巴斯铁路奥热列里—巴甫列茨区段，其接触电綫網上的电压为 20 千伏，頻率为 50 週/秒。在該区段使用的电力機車带有特別的整流器，其黏着重量为 132 吨，在小时工制的情況下牵引力为 23,400 公斤，在計算上坡道上的速度为 40.5 公里/小时。

同时牵引变电所就是普通的变压站，能够最广泛和簡便地保証操縱的自动化。

使用工业頻率单相电流的电力牵引之运营經濟效率，按苏联运输建設部运输技术設計院的計算示于表 1。

直流和工业頻率单相电流的电气化綫路費用比較表 (%)

表 1

指 标	电 流 制 度	
	工业頻率单相电流	直 流
电气牵引永久設備的基本投資.....	100	133
一般投資，不包括改建通信設備的費用.....	100	120
运营支出.....	100	108
一般投資，包括改建交通部通信設備的費用.....	100	110
一般投資，包括改建交通部和苏联电信部通信的費用...	100	107

工业频率的单相电流制的主要缺点，就是須要把变流装置由变电所搬到电力机车上，这样在现有型号的整流器的条件下，将使电力机车的设备，电力机车的保养趋于复杂，降低电力机车运营上的可靠性，以及有必要防护通信线路以免受交流电的影响。

内燃牵引则具有极大的灵活性和完全的自动性。在苏联铁路上使用着TЭ₁型（单节的，功率1,000馬力），TЭ₂型（双节的，功率2,000馬力）内燃机车。从1955年起开始成批生产TЭ₃型双节的内燃机车（两节由一处操纵）。但是各节分组也可单独使用，因为它们各有独立的动力装置和操纵系统。每节均有功率为2,000馬力的柴油发动机，黏着重量126吨，储水量890公斤，燃料储量5,440公斤，油储量1,400公斤。TЭ₁、TЭ₂、TЭ₃型内燃机车均有电力传动装置及内燃发电装置的自动特性，内燃机车的效率可以达到28%。

TЭ₃型内燃机车如将由电动机到轮对的传动换成其他能保证构造速度120公里/小时的传动时便可以用来服务客运。

采用燃料气化内燃机车对于节省液体燃料有着巨大的意义。

在总的平衡表上这种内燃机车消耗固体燃料占89%，而液体燃料占11%。

（二）电力和内燃牵引运用上的优点

电力和内燃牵引较比蒸汽牵引的主要优点是：

- （1）显著降低运输成本；
- （2）增加线路通过能力；
- （3）改善运营工作条件；
- （4）改善机车乘务组的劳动条件。

运输成本之降低系靠以下几方面来达到的：

（1）显著减少燃料（电力）的消耗，在内燃牵引时较比蒸汽牵引减少 $\frac{6}{7} - \frac{7}{8}$ ，在电力牵引时——25—30%（在用热电站的电力时）。电力牵引时中央电站每单位运输工作量消耗的燃料较比

蒸汽牵引时的煤炭消耗要少 $\frac{3}{5} - \frac{2}{3}$;

(2) 在貨流不变的条件下减少機車需要台数和需要的运用車数, 以及列車乘务組和機車乘务組的定員;

(3) 加速貨物送達。

此外, 在单綫綫路上当貨流不变时减少列車交会停車的次数还可得到額外的經濟效果。

电力牵引时, 如采用再生制动的話, 接触網上可以回收15%以下的需要电力, 这对降低运输成本具有重大的影响。

在电力和內燃牵引时所謂機車分組并由一处按“多单位”的原則操縱機車尤其有效, 因为在整个区段內用双机和三机在列車首部牵引不需要額外的機車乘务組(內燃機車分組时目前为監察柴油发动机的工作, 每一补充分組外加一人)。

在某一具体条件下最合理的牵引种类和機車类型, 要考虑将来需要的通过能力用技术經濟計算确定之。

同时要考虑到, 綫路由蒸汽牵引改为电力牵引时的投資要比改为內燃牵引时多达10—12倍, 因此在貨物周轉量很大的綫路上或有平均的貨物周轉量但在該綫路上可用廉价的水电站的电力供应电气化綫路者(比热电站的电力便宜 $\frac{1}{2} - \frac{3}{5}$)、电力牵引要比內燃牵引有效。

使用蒸汽牵引、电力牵引和內燃牵引时不同类型機車掌握貨流的运营經濟特征, 根据中央科学研究院的資料示于表2。

如电流系由热电站供应, 在单綫綫路每年貨物周轉量为6—7百万吨(淨重)时, 电气化在經濟上是合理的; 如电流系由水电站供应, 則每年貨物周轉量为4—5百万吨(淨重)时, 电气化在經濟上是合理的, 而在双綫綫路上每年貨物周轉量相应地为13—15百万吨(淨重)和10—12百万吨(淨重)时, 就是合理的。

当綫路电气化的成本每一公里为400—600千卢布, 电力价格每一瓩小时为4—7戈比时, 在每年貨物周轉量为8—12百万吨(淨重)以上的条件下, 在困难断面上电力牵引較比內燃牵引

各种牵引时采用不同类型机车的运营经济特征

表 2

指 标	蒸汽機車	電力機車		內燃機車	
	J	$BJ22M$	$H8$	$T9_2$	$T9_3$ (兩組)
列車總重·····	100	158—164	208—218	115	190
平均行走速度·····	100	96—120	128—152	81	100
通過能力·····	100	96—114	121—143	84	100
輸送能力·····	100	150—187	250—310	97	190
年度總支出:					
a) 單綫, 重車方向貨運密度為 10百萬噸公里/公里					
電力價格 4戈比/瓩小時··	100	85—56	84—55	82—70	75—58
電力價格10.5戈比/瓩小時··	100	91—62	90—61	—	—
6) 雙綫, 重車方向貨運密度為 30百萬噸公里/公里					
電力價格 4戈比/瓩小時··	100	79—64	78—60	84—80	79—70
電力價格10.5戈比/瓩小時··	100	85—72	84—62	—	—

[附注] 電力和內燃牽引資料的第一數字系對較易斷面 ($i_p=4-6\%$) 的綫路, 第二數字——系對較難斷面 ($i_p=10-12\%$) 的綫路而言。年度總支出之確定不包括延長站綫的支出。

(在柴油燃料平均價格的條件下) 有效; 在每年貨物周轉量為16—17百萬噸(淨重)以上時、在較易斷面上電力牽引較比內燃牽引有利。

電力牽引的最主要的優點就是, 能夠製造功率大的機車, 以及在限制坡道上可以達到較高的速度, 在下坡道上當用再生制動時可使運行達到較大的穩定性。

同時在選擇貨物列車的重量和速度時必須考慮到變電所的能力, 接觸電綫網的截面, 它們不僅對經濟合理的重量與速度有影響, 而且也影響最有利的行車組織條件之選擇。

在峻陡上坡道上(困難斷面), 由於牽引發動機功率之增加, 電力機車(連同牽引的列車)的速度較比內燃機車和蒸汽機車高得多。在圖1上表示出速度與ΦД型蒸汽機車, Т9₂型內燃機車, BJ₂₂和H8型電力機車每一噸黏着重量所攤的牽引力的關係曲

錢。

內燃和電力牽引的技術經濟尤越性也表現在修建新綫時建築費用的減低上。例如，在用 $T\Theta_3$ 型內燃機車時新綫最大的合理坡度為 16—17%，而用 ΠB 型蒸汽機車時——只為 12—13%，電力牽引時增加限制坡度的陡度必然使與行車有關的運營支出較比蒸汽牽引時增加者要少些。例如，限制坡道的計算陡度由 5% 增至 9%，蒸汽牽引時的運營支出增加 36—84%（依照斷面的性質而不同），而內燃牽引時只增加 29—54%。

內燃機車和電力機車對綫路的作用較比蒸汽機車好些，因此內燃機車和電力機車可以保證比蒸汽機車提高軸載重，及以更高的速度牽引列車。電力機車和內燃機車較比蒸汽機車有着較高的平均日車公里和檢修間走行公里的标准。

修理方面困難的減少也是內燃和電力牽引與蒸汽牽引相比主要優點之一。例如，根據改用內燃或電力牽引的鐵路工作分析資料可知，每 100 內燃機車公里修理時約消耗 0.37 車床一小時，而不是每 100 蒸汽機車公里的 0.94 車床小時。每 100 電力機車公里需要的車床裝備要比蒸汽牽引時少 75%。

修理方面困難的減少也是內燃和電力牽引與蒸汽牽引相比主要優點之一。例如，根據改用內燃或電力牽引的鐵路工作分析資料可知，每 100 內燃機車公里修理時約消耗 0.37 車床一小時，而不是每 100 蒸汽機車公里的 0.94 車床小時。每 100 電力機車公里需要的車床裝備要比蒸汽牽引時少 75%。

（三）貨物列車機車類型的选择

對改用內燃或電力牽引的綫路而言，機車類型及最有利的列車重量和運行速度之選擇系根據以下條件來進行：

（1）使綫路通過能力達到最大及最大限度的利用機車功率；

（2）最大限度地減少運輸支出及稀有材料（主要是有色金屬），燃料或電力的消耗。

同時，電力機車類型，最有利的重量和運行速度，或可根據

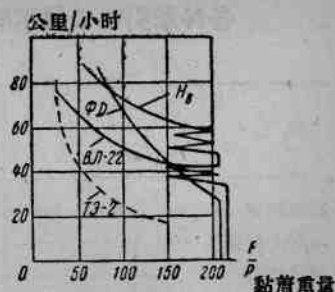


圖 1 速度与機車每一吨黏着重量所應的牽引力大小的关系曲綫

綫路的現有技术装备（改建牵引設備除外），或者考虑到現有綫路改建以增加列車重量和运行速度而建立补充的潜力（延長站綫，減緩綫路断面，加强綫路上部建筑的强度等）来規定。

最有利的列車重量应根据各方案的比較进行計算，各方案規定列車由单一內燃機車或电力機車牵引，双机牵引，不延長站綫和延長站綫。在選擇最有利的列車重量时，貨流量、綫路延長公里，現有通过能力和需要通过能力的比值，而在电气化綫路上——与列車重量和运行速度有关的供电消耗，均有着决定性的意义。

（四）牵引交路长度之規定

在电力和內燃牵引的綫路上，牵引交路的长度由于以下几种原因应比使用蒸汽牵引时要长些：

（1）在內燃牵引的綫路上的旅行速度較比蒸汽牵引的綫路上的旅行速度为高，此系因为沒有上水和清炉的停站，而在电力牵引时还因为大大提高了列車技术速度；

（2）機車乘务組在基本段和折返段的工作時間远比蒸汽牵引时为少，此系因为在內燃和电力牵引时沒有了一系列占用很長時間的整備作业（上水、上煤、清炉、機車轉头），并且可以在一个地点同时进行；

（3）使用电力和內燃牵引时組織循环运转最为簡單，并且列車在基本段所在的车站上的停站時間較比蒸汽牵引要少，这也縮短了機車乘务組的工作時間；

（4）可以改用成組运转和在某一中間地点采用換班乘务組。

因此在綫路改用新式牵引时，应当研究用合并相邻交路及改用乘务組在折返站休息来服务機車的方法来延長現有牵引交路的可能性的問題。

在循环运转和乘务組在折返站无休息来服务機車时，牵引交路的长度可按下式确定：

$$L_{\text{max}}^{\text{до}} \leq \frac{(T_{\text{max}} - t_{\text{ос}} - 2t_{\text{очн}}) v_k}{2} \text{公里} \quad (1)$$

乘务組在折返段有休息來服務機車時，牽引交路的長度等於：

$$L_{\text{max}}^{\text{до}} \leq (T_{\text{max}} - t'_{\text{ос}} - t_{\text{очн}}) v_k \text{公里} \quad (2)$$

式中 T_{max} ——乘务組不間斷工作的延續時間；

$t_{\text{ос}}, t'_{\text{ос}}$ ——在休息和不休息時乘务組每一個行程在折返站的工作停留時間；

$t_{\text{очн}}$ ——乘务組在基本段的工作時間（每一行程所攤的）；

v_k ——列車旅行速度。

在電力和內燃牽引及循環運轉時乘务組在基本段所消耗的時間，如果內燃機車不進行整備的話，則為20—25分鐘，當內燃機車直接在到發綫上整備時則為30分鐘。

在電力和內燃牽引時（循環運轉）乘务組在折返站消耗的時間示於表3中。

電力和內燃牽引時機車在折返站所消耗的時間標準

表 3

作 業 名 稱	電 力 牽 引	內 燃 牽 引
列車機車回折返段.....	5	5
機車在折返段內整備.....	15—20	20—25**
列車機車出庫.....	5	5
挂機車及試風.....	10	10
等待對開列車.....	*	*

* 必需的時間按列車運行圖確定。

** 內燃機車的整備應尽可能直接在基本段所在的車站到發綫上進行（如果內燃機車無其他需要進庫時）。

乘务組在基本段和折返段及折返站上工作所消耗的总時間大致为：

1) 电力牵引及乘务組休息運轉时

$$t_{ocH} + t_o = 60 \text{ 分鐘。}$$

电力牵引及乘务組不休息運轉时

$$2t_{ocH} + t_{o5} = 100 - 120 \text{ 分鐘。}$$

2) 內燃牵引及乘务組有休息運轉时

$$t_{ocH} + t_{o5} = 70 \text{ 分鐘。}$$

內燃牵引及乘务組不休息運轉时

$$2t_{ocH} + t_{o5} = 100 - 120 \text{ 分鐘。}$$

〔附注〕第一数字是属于双綫的，第二数字是属于单綫的。

旅行速度的数值應該考虑到由于機車功率之增加和最大容許速度之提高而使技术速度提高，以及在行車量增加的单綫上列車交会和越行的停留時間有所增加（致使旅行速度降低）等因素来确定。

因此在确定单綫綫路上牵引交路的长度时，必須規定两种旅行速度值：（1）在运行图全部饱和技术速度同时增长的条件下远景的旅行速度；及（2）在技术速度較低且列車交会和越行停留時間較少条件下最初运用时期的旅行速度。必須由两种速度中取其速度值較少者进行計算。

为了概略計算起見，旅行速度值可取：

在单綫电力牵引时 35—45公里/小时

在单綫內燃牵引时 28—32公里/小时

在双綫电力牵引时 50—55公里/小时

在双綫內燃牵引时 38—42公里/小时

在此前提下，电力和內燃牵引时依照单綫和双綫綫路上服务機車的方法和運轉制度的不同，牵引交路的可能长度示于表4。

根据基本乘务組和換班乘务組服务機車的条件所計算的牵引交路，乃是技术經濟方面最合理的。

在个别情况下，內燃機車和电力機車的循环運轉可以不在折

在改用电力和內燃牽引綫路上牽引交路的可能长度

表 4

機車服務的方法和運轉制度	牽 引 交 路 長 度			
	電力牽引		內燃牽引	
	單 綫	雙 綫	單 綫	雙 綫
由固定乘務組服務并在折返站不休息:				
不間斷工作時間為 8 小時.....	100—135	160—175	80—100	120—135
不間斷工作時間為10小時.....	140—180	210—230	110—130	160—175
成組服務或由固定乘務組服務并在折返站休息:				
不間斷工作時間為 8 小時.....	245—315	350—385	200—225	270—300
不間斷工作時間為10小時.....	315—400	450—500	250—290	340—380
由固定和換班乘務組服務, 而換班乘務組不間斷工作時間為 8 小時, 固定乘務組工作時間為:				
8 小時.....	350—450	510—560	280—320	385—425
10 小時.....	420—540	610—670	335—385	460—510

返段或折返站之間來組織, 而在機車配屬機務段的相隣基本段之間組織之。

按交通部機務總局的資料、延長牽引交路的經濟效果示于表 5。

在綫路由蒸汽牽引改用电力牽引時延長牽引交路的經濟效果

表 5

指 標	計量單位	改用电力牽引的方案		經濟效果
		長 交 路	短 交 路 (即現有交路)	
機務、車輛及車務部門的定員.....	人	471	734	263
機務設備的建築成本.....	千盧布	13,700	16,232	2,532
運營支出.....	千盧布	5,220	7,187	1,967

在圖 2 上作為一例, 表示契利亞賓斯克—英斯克方向在由蒸汽牽引改用电力牽引時牽引交路及機務段佈置的可能方案, 而在

契利亚賓斯克—英斯克方向牽引交路方案比較的运营經濟資料

表 6

指 标	計 量 單 位	牽 引 交 路					
		乘 務 組 在 折 返 段 不 休 息		合 併 兩 個 牽 引 區 段 及 乘 務 組 在 折 返 段 有 休 息		合 併 三 個 牽 引 區 段 并 組 織 換 班 地 點	
		I	II	III	IV	V	VI
貨運機車运用台数.....	%	100.0	101.0	102.0	111.1	94.9	88.5
貨車运用車数.....	%	100.0	82.0	82.0	82.0	82.0	84.8
機車平均日車公里.....	公里	710	682	695	638	747	802
列車直达速度.....	公里/小时	39.3	47.8	47.8	47.8	47.8	46.4
有机务段的车站数.....	个数	11	6	6	6	5	5
乘務組換班地点数.....	个数	—	—	—	—	2	3
機車乘務組—往復工作延續時間.....	小时	8.2—8.5	6.5—7.7	6.5—7.7	6.7—8.5	6.0—8.3	6.2—8.6
必需的定員.....	人	11,486	9,027	9,024	10,242	9,659	10,015
其中机务定員.....	人	5,509	4,918	4,922	5,167	4,798	4,691
劳动生产率提高.....	%	—	7.6	7.7	6.1	9.0	7.3
年度运营支出.....	百万盧布	239.7	210.8	210.7	216.1	204.8	209.2
其中机务設備維修費.....	“ “ “ “	115.5	106.0	106.0	110.3	103.2	101.0
投資.....	“ “ “ “	849.5	829.4	802.8	830.3	783.1	757.7
其中車輛.....	“ “ “ “	422.0	346.0	346.0	346.0	346.0	358.0
機車.....	“ “ “ “	409.0	422.0	416.0	448.0	383.0	356.0
住宅建筑及固定設備.....	“ “ “ “	17.5	61.4	40.8	36.3	49.1	43.7

v_x ——列車在限制區間內平均走行速度（公里/小時）。

而

$$t + t'' = \frac{1440}{N} - (\sum t_{cm} + t_{ps}) \quad (4)$$

式中 $\sum t_{cm}$ ——一對列車的車站間隔時間總和（分鐘）；

t_{ps} ——一對列車的加速和減速時分（分鐘）。

由此限制區間的最大容許長度為

$$\begin{aligned} l_{\text{容許}} &= \frac{(t + t'')v_x}{120} = \frac{\left[\frac{1440}{N} - (\sum t_{cm} + t_{ps}) \right] v_x}{120} \\ &= \left(\frac{12}{N} - \frac{\sum t_{cm} + t_{ps}}{120} \right) v_x \quad \text{公里} \end{aligned} \quad (5)$$

利用上列公式，便可就不同的走行速度值來確定限制區間的最大容許長度，並將其與區間的實際長度相比較就可確定封閉多余的分界點的可能性。

計算證明，在電力牽引時為掌握規定的運輸量大致比蒸汽牽引時需要減少50%的分界點。但當綫路由蒸汽牽引改用電力牽引時只有在各該分界點與商務作業無關的地点才可封閉多余的分界點。

減少單綫綫路上的分界點數目可以提高旅行速度，因為減少了列車交會停車次數。

同理也可確定封閉雙綫綫路上多余的分界點的可能性。但是進行此項計算時必須考慮到，其餘分界點的配綫是否足夠保證快速列車越行貨物列車（尤其在追蹤運行時）及其他作業。

正如图3所示，在蒸汽牽引時旅客列車在分界點 δ 越行兩列貨物列車，為此就需有兩條越行綫。當 $\alpha - \delta$ 區間很長時在分界點 δ 被越行的列車數即將很多，因此也就需要大量的越行綫。電力牽引時貨物列車和旅客列車的速度的差較小，因而越行次數及在各分界點上被越行的貨物列車數也減少。例如，由图4可見，在同樣情況下，在分界點 δ 被越行的貨物列車僅有一列，因而也只需要一條越行綫。

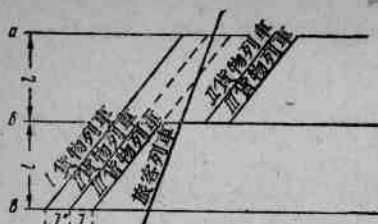


图3 在貨物列車和旅客列車运行速度之差很大时(蒸汽牵引)旅客列車越行貨物列車的图解

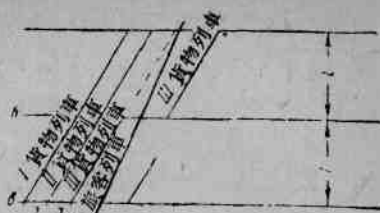


图4 在貨物列車和旅客列車运行速度之差不大时(电力牵引)旅客列車越行貨物列車的图解

在此情况下, 可以将 $a - \delta$ 区間額外延長如下的数值:

$$\Delta l_1 = \frac{\Delta t v_{nacc}}{60} \quad \text{公里}$$

式中 Δt ——旅客列車和貨物列車通过区間的时間之差(小时);

v_{nacc} ——旅客列車的走行速度(公里/小时)。

如果仍然在分界点上越行两列貨物列車时(在有两条越行綫的条件下), 則 $a - \delta$ 区間可以延長如下的数值:

$$\Delta l_2 = \frac{(I + \Delta t) v_{nacc}}{60} \quad (6)$$

式中 I ——追踪列車間隔时間(分鐘)。

在一般情况下, 双綫綫路上考虑到区間的不均等性, 其区間数目可以減少如下数值:

$$\Delta \Pi = \frac{1}{j} \left(\frac{L}{l_{o.p}} - \frac{L}{l_{o.p} + \Delta l} \right) = \frac{L \Delta l}{j(l_{o.p}^2 + l_{o.p} \Delta l)} \quad (7)$$

局分界点数可減少:

$$\begin{aligned} \Pi_{рас} &= \Pi - \Delta \Pi - 1 = \frac{L}{j l_{o.p}} - \frac{L \Delta l}{j(l_{o.p}^2 + l_{o.p} \Delta l)} - 1 = \\ &= \frac{L}{j l_{o.p}} \left(1 - \frac{\Delta l}{l_{o.p} \Delta l} \right) - 1 \end{aligned} \quad (8)$$

式中 L ——区段长度(公里)。

电力牵引时的旅行速度, 正如图3和图4所示, 由于減少了越行次数和越行的列車数而增加了。

在封閉分界点的情况下, 运输成本因以下几种关系将有所降

低：

(1) 減少了分界点的維持費(車務、電務、工務、車輛各部門定員的工資、每一部門定員工資的附加費，照明及其他)；

(2) 增加了旅行速度，減少了機車車輛、列車乘務組和機車乘務組的需要量；

(3) 降低了運行的電力費，在這方面首先是由于減少了列車的停車和加速而使電力消耗減少了；

(4) 減少了建築投資支出總額的折舊提成。

(六) 分局貨運工作組織的特點

當路線由蒸汽牽引改用电量或內燃牽引時，必須解決有關完成管內工作的牽引工具之選擇問題。

在此情形下可能有以下幾個方案：

(1) 用摘挂列車服務管內工作，并在各中間站上由摘挂列車的內燃機車或電力機車完成調車工作。這個方案的合理性可用相應的計算予以確定，並且在電力牽引時此項方案勢必要有架設站綫接觸網的巨額投資；

(2) 用摘挂列車服務管內工作，而調車工作則由蒸汽機車或摩托車，在電力牽引時由內燃機車完成之；

(3) 對個別中間站或中間站組撥出專用的調車機車(蒸汽機車、摩托車、內燃機車、蓄電式電力機車)；

(4) 用調度機車代替摘挂列車(在電力牽引時用內燃機車代替之)。

對於管內車輛調車工作的牽引工具應當提出以下要求：

(1) 牽引工具——要有足夠的能力和黏着重量以保證對車組的調車；

(2) 動力設備——要在調車工作過程中有更高的效率，停留時損失最小，在緩解和制動時損失最少，需要低廉的動力或價格很低的燃料；

(3) 運營設備——要在最小的準備和輔助作業延續時間的