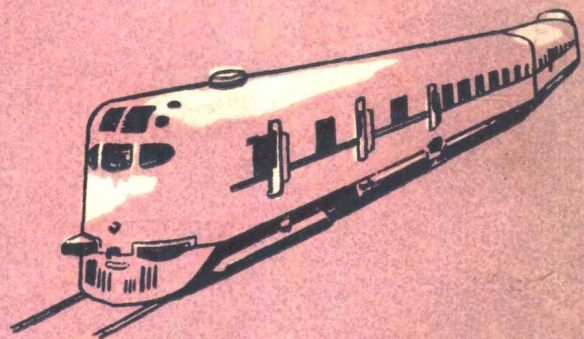


89.179 ZKJ

国外电力牵引的发展



中國科學技術情報研究所

序 論

工頻電力牽引首先是在匈牙利採用的。1929年完成了長度為 16 公里的布達佩斯-阿拉格雙綫區段的電氣化。1928年匈牙利鐵路管理局通過了一項在布達佩斯-海吉耶施哈勒（187公里）雙綫區段上採用工頻電氣化的決議。在 1952 年以前布達佩斯-海吉耶施哈勒鐵路就成為唯一的工頻單相電氣化的幹綫。

1936年德國在一個試驗區段上實行了工頻單相電氣化。在該區段上試驗了各種類型的電力機車。但以後這個系統在德國並沒有得到發展。僅於 1954 年才開始在魯爾斯克流域利用 6 仟伏工頻交流電氣化。

法國鐵路協會的研究推動了新電力牽引系統的採用，這個研究起初曾在德國試驗區段上進行的。以後（從 1950 年起）在法國的愛克斯-列-邊-里雅羅施秀爾福龍試驗區段上也進行了。試驗結果法國鐵路協會通過了一項廣泛地採用這個形式的電氣化的決議。1956 年不列顛運輸委員會審查了以前關於電力牽引的決議，並建議實行 25 仟伏 50 週波單相電氣化。

在土耳其，葡萄牙，日本，非洲及其他地方開始採用工頻單相交流鐵路電氣化。

工頻單相交流的電力牽引在最近 4—5 年內的廣泛推廣說明了它比其他電力牽引及可靠的單相電力機車更有其經濟優點。

該短評是對各種形式的電力牽引進行了最近的法國、英國、比利時和日本技術經驗結果的比較。扼要地闡述了不同國家鐵路電氣化的問題，引用了個別電氣化鐵路的特性曲綫圖，電站設備和機車車輛方面的基本技術材料。短評最後一部份指出了工頻交流綫路電氣化運行結果的數據。

目 錄

序論

電牽引系統技術經驗比較.....	(1)
國外工頻單相鐵路電氣化和它的遠景.....	(8)
法國電氣化綫路的簡要特性.....	(12)
供電系統的簡要特性.....	(15)
工頻單相電氣化鐵路的機車車輛.....	(20)
綜合報導.....	(20)
工頻單相電力機車和摩托車箱組的一般報導.....	(22)
工頻單相交流電氣化鐵路機車車輛的發展遠景.....	(31)
機車車輛採用鋅和硅整流器.....	(34)
工頻單相電力機車的運行經驗.....	(35)
參考文獻.....	(39)

電力牽引系統的技術經濟的比較

法國〔1, 2, 3, 22, 23, 24〕

法國電力牽引系統技術經濟的比較是以鐵路的兩個地段上機車和車站裝置的運行和建設的經驗為基礎。在進行比較時，投資費，鐵路運行的必備品以及工頻單相電氣化的地段運行最初幾個月的運行費是已知。

比較了三個電力牽引系統：3000伏直流；15仟伏， $16\frac{2}{3}$ 週波低頻單相；25仟伏，50週波工頻單相。這比較是對東北地區的鐵路進行的。鐵路綫的總長度為2890公里，其中包括90公里的斜坡。鐵路斷面除了法蘭西-季翁維勒綫以外（因為那裏有10—11.5%的坡度），都是平坦的和標準的（歐洲標準）。

運輸容量一年內每一公里的毛重為17.5兆噸公里。在電網的個別地段運輸量的分配是不均衡的。

巴黎-愛別爾耐	每141公里毛重為35兆噸公里
愛別爾耐-列羅維勒	每145公里毛重為35兆噸公里
阿姆因-阿拉斯	每66公里毛重為31兆噸公里
巴黎-倫敦	每56公里毛重為32兆噸公里
愛別爾耐-沙爾列維勒	每116公里毛重為6兆噸公里
列未依-列金格	每65公里毛重為8兆噸公里
阿姆因-卡列	每273公里毛重為7兆噸公里

當進行電力牽引系統的技術經濟比較時，要考慮下述因素：運輸的現代水平；現有的統一高壓電網；現有的人工建築物；車站現有鐵路網的發展；在進行比較的鐵路網內的自動閉塞綫路長度與機械閉塞綫路長度的比值等於法國總的鐵路網的這種比較；假設：現代化通訊裝置是不取決於電氣化，並且全部通訊綫路均採用電纜。

運輸的全部類型，除近郊運輸外，用下述電力機車：最高速度為110公里/時的四軸特別快車；最高速度為120公里/時的四軸郵政列車，旅客列車和一般載重列車；最高速度為80公里/時（單相工頻）和最高速度為100公里/時（其他的牽引系統）的六軸載貨列車。

近郊運輸是用內燃機車。

A. 投資費用

在估計電力牽引系統效率時，應考慮到供電裝置，信號，聯鎖閉塞，通訊裝置和機車車輛的投資。

供電系統 供電裝置投資的計算以下述要求作為基礎：

1. 牽引變電所彼此應分佈在允許的最大限度的距離內，但應考慮到國內統一電力系統的可能性和鐵路附近輸電綫的架設。在這種情況下，最遠的電力機車集電弓上的電壓不應低於：一般是不低於19仟伏，而在特殊情況下，不低於17.5仟伏（25仟伏工頻單相電壓），不

低于12仟伏，而在特殊情况下，不低于11仟伏（15仟伏低频单相电压），当用多机组变电所时，不能低于2700伏，当用单机组变电所时，不低于2000伏（3000伏直流电压）。

2. 工频和低频单相的接触网是由供主线路用的65公厘²横截面的青铜载重绳和107公厘²截面的铜接触导线，以及供次线路用的107公厘²截面的铜接触导线和截面为48公厘²的钢组成的。当直流时主线路路上悬挂二个各为107公厘²截面的接触导线和一个120公厘²截面的载重绳，在次线路上悬挂的是107公厘²截面的接触导线和截面为65及48公厘²的青铜载重绳。

3. 在工频单相牵引变电所内安装一个每一相容量为10兆伏安的变压器，即在斯科达线路时，变电所总容量是 2×10 兆伏安。当将工频单相电流分开变换为低频（ $16^{2/3}$ 週波）单相电流时，在变电所内应安装一个或几个变流机组，它们是由一个三相变压器（此变压器将外电压降低到6000伏）；同步三相电动机；低频交流发电机；将电压升高到15仟伏的单相变压器所组成。

当工频三相交流是集中地整流为单相低週波时则在中心变换电站安装变流机组，这些机组供给110仟伏 $16^{2/3}$ 週波单相电流，而在牵引变电所只有降压变压器。在多机组变电所内对直流系统，安装2—3个变流机组，每一个机组是3600瓩（其中一个备用的），在单机组变电所内不规定备用品。变电所数量确定的结果载入表1内。

表 1

	單 相 電 流 系 統			3000伏直流系統
	25仟伏50週波	15 仟 伏 16 ^{2/3} 週 波		
		分 离 变 換	集 中 变 換	
Φ19变换电站	—	—	8	—
牽引变电所	42	37	39	67
变电所之間的平均距离, 公里	67	76	72	42

为了把变电所合并在统一的高压电网中，要求建立输电线路：在25仟伏50週波单相系统时，要求428公里；具有分离变换的15仟伏， $16^{2/3}$ 週波单相系统时，要求265公里；具有集中变换的15仟伏， $16^{2/3}$ 週波单相系统时，要求2016公里；在3000伏直流系统时，要求1421公里。

变电所机组数量和额定容量列于表2。

表 2

	單 相 電 流 系 統			3000伏直流系統
	25仟伏50週波	15 仟 伏, 16 ^{2/3} 週 波		
		分 离 变 換	集 中 变 換	
机組数量	99	124	29/100	144
备用机組	24	21	21	32
机組的总容量, 兆伏安	865	483.2	435/650	481.6

註：分子是在中心变换电站内，分母是在牵引变电所内。

表2内所示为机组的额定容量。但是法国，瑞典，德国和意大利对“额定容量”的定义都不同。但这个差别可以用过载能力这个指标来消除（30分钟和10分钟的）。

在这两种情况计算了安装容量，并在 $\cos \varphi = 0.8$ 的情况下确定了有效容量。结果列举在表3内。

表 3

	过载状态, 分钟	电力牵引系统变电所的有效容量			
		单 相 电 流			3000 伏 直 流
		25千伏50週波	15千伏, 16 ² /3週波		
			具有分离变换	具有集中变换	
机组总容量, 兆伏安	30-	899	580	597	861
	10	1128	696	801	957

当25千伏50週波时，单相电流由于采用连接变压器的斯科达线路图才得到很大数值。建设变电所的投资（亿法郎）列举在表4内。接触网的投资是：当工频单相电流时，是42900；在具有分离变换低频单相电流时，是42135，具有集中变换的是42285，当直流时是49875。接触网的结构需要增大建筑物的限界。改建设备的数量和改建成本（亿法郎）列举在表5内。

表 4

	单相电流			
	25千伏50週波	15千伏，16 ² /3週波		3000伏直流
		具有分离变换	具有集中变换	
中心变换电站			7250	
全国电力系统变电所的设备	1085	1000	405	1084
输电线	1346	938	6630	4194
牵引变电所和中间站	4453	16573	5338	13928
总 共	6884	18511	19623	19206

表 5

	单相电流		
	25千伏50週波	15千伏16 ² /3週波	3000伏直流
人工建筑物数量	745	717	670
改建桥高跨线桥和其他建筑物的投资	4390.4	3786.5	2753.7
改建地道的费用	2786	2550.5	2289.0
总 共	7176.4	6337.0	5042.7

信号，联锁闭塞和通讯装置

信号，联锁闭塞和通讯装置的投资是（亿法郎）：信号装置当单相电流时是3989，直流

时是4324；通訊裝置当工頻單相电流时为3049，当低頻單相电流时为2734，直流时为2809。

機車車輛。为了比較，采用了四軸和六軸电力機車。軸上負載为20噸时，四軸电力機車在10%的坡上能牽引1400噸重的列車。对六軸电力機車列車的重量超出50%。旅客列車的重量为700噸。在計算时取工頻單相电力機車鉸合系数为0.282。当啓动时的加速度等于2.8公分/秒²。低頻單相电力機車鉸合系数取0.26，加速度为8公分/秒²（根据德國，瑞典，瑞士电力機車的工作經驗）。直流电力機車的鉸合系数为0.17—0.19，在比較計算中鉸合系数取0.2。

电力機車數量確定的結果列举在表6內，而它們的費用（億法郎）列举在表7內。

表 6

		單 相 电 流		3000伏直流
		25仟伏50週波	15仟伏16 ² /s週波	
四軸电力機車	V _{最大值} =140公里/时	67	67	67
四軸电力機車	V _{最大值} =120公里/时	301	212	234
六軸电力機車		81	230	183
总 共		449	509	484

表 7

		單 相 电 流		3000伏直流
		25仟伏50週波	15仟伏16 ² /s週波	
四軸电力機車	V _{最大值} =140公里/时	6318	6137	6137
四軸电力機車	V _{最大值} =120公里/时	26518	18677	19921
具有反蝕裝置的六軸电力機車		8815	4742	4015
沒有反蝕裝置的六軸电力機車		—	22710	17195
总 計		41651	52266	47268

表8內是全部用于2890公里鐵路电气化的資金。比較指出，低頻單相电流和3000伏直流

表 8

	25仟伏50週波	單 相 电 流		3000 伏 直 流
		15 仟 伏 16 ² /s 週 波		
		具有分离变换	具有集中变换	
輸电綫和整流变电所	6884	18511	19623	19206
接 触 网	42900	42135	42285	49879
人工建筑物的改建	7176	6337	6337	5042
机車車輛	41651	52266	52266	47268
信号，通訊和照明	9133	8818	8818	8961
总 共	107744	128067	129329	130356
%	100	119	120	121

的电气化成本实际是一样，并且超过了用于工頻單相电流电气化的費用的19—20%。

B. 运 行 費 用

在下述假定情况下確定运行費用。

1. 当整个电力牵引系統时，其牵引变电所是由6个中心控制站操縱的。
2. 具有分离变换低頻單相电流和直流电力鉄路的变电所由一个人操作，他还檢查和修理变电所。在具有集中变换的工頻和低頻單相变电所內不需要工作人員。
3. 三相輸电綫运行方面的費用包括在电能成本內；而110仟伏單相分配电网的运行成本（具有集中变换低頻單相电流系統）要考虑。照例，在2010公里內就必须有16人为一队的4个工作队的服务人員。

4. 当確定电能消耗时要考慮各种类型的电力机車的运行經驗。

5. 供电系統諸元件的效率等于：

中心变换电站換流变压器	0.985
中心变换电站变流机	0.88
25仟伏50週波或15仟伏 $16\frac{2}{3}$ 週波單相电站的变压器	0.975
电站的变流机組	0.86
110仟伏 $16\frac{2}{3}$ 週波的輸电綫	0.95
3000伏直流变电所	0.92
25仟伏50週波牵引电网	0.97
15仟伏 $16\frac{2}{3}$ 週波牵引电网	0.95
3000伏牵引电网	0.90

6. 电站高压端 $\cos\varphi$ 的平均值：当工頻單相系統时，是0.75；当直流系統时是0.88；当低頻單相系統时，是0.9—0.95（越前的）

7. 当工頻單相电流时应考慮到低 $\cos\varphi$ 的附加消耗。

运行費用確定的結果列举在表9內（億法郎）

表 9

	單 相 电 流			
	25 仟 伏 50 週 波	15仟伏 $16\frac{2}{3}$ 週波		3000伏直流
		分 离 变 換	集 中 变 換	
变电所和高压綫路	100	150	195	190
接触网	768	768	768	920
机車隊和机务段的費用	3498	3816	3816	3656
机車修理	1803	2038	2038	1932
电能成本	5730	6840	5950	6050
总 共	11899	13612	12767	12748
%	100	114	107	107

这样，电力牵引各种系统的技术经济比较（如法国铁路所进行的）指出，工频单相电力牵引是最有效的。

英 國 [4—12]

1951年不列颠运输委员会建议实行1500伏电压的直流铁路电气化。当法国铁路管理局提出关于铁路实行工频交流电气化的决议后不列颠运输委员会的建议又重新进行了审查。1956年3月提出了过渡到25千伏50週波单相电流铁路电气化新系统中去。这项决定得到了在1500伏电压直流电气化铁路找不到销路市路的电工公司的支持。在通过这项决议之前，不列颠运输委员会对伦敦-曼切斯特-里维尔普勒铁路线用直流1500伏和用交流150週，25千伏来电气化的设计进行了比较。

预计，普通旅客快车的速度应增长10%，而一般列车增长二倍。列车重量几乎不变。

比较确定，当新系统实行电气化时，需要以12个牵引变电所来代替70个，接触网的铜消耗量减小68%，钢减少17%（与直流电气化作比较）。代替400公里的38千伏输电线路总共需要26.5公里，而变电所变压器容量降低33%。接触网的有效截面（铜方面）由390—450公厘²降低到150公厘²。当全部线路采用交流时，线路的电气化是按铁路现代化的计划规定的，总节约用铜量为27000吨，钢为16000吨。

电路吊架结构的简单化和接触网截面的减小大大地减轻了支架的负担。

当接触网利用（25千伏）高压交流时，绝缘子成本和改造人工建筑物的费用也增加。在伦敦-曼切斯特-里维尔普勒线路上有904个人工建筑物，而且其中的97个建筑物之改建是有很大的困难。预计，通过这些建筑物的接触网中的电压将降低到6.6千伏。这样，电压对地部份的空气间隙就能从280公厘降低到100公厘。

认为，由于减少集电弓的压力因而接触导线的寿命就增加了。

当比较机车时，曾对电力机车现有的结构进行了分析，这样就有了发展，并改善结构和降低它们成本的可能性。

不列颠运输委员会希望保存直流牵引电动机，而变流器采用静止变流器（单阴极水银整流器）。

电气化铁路采用功率为2200—2600瓩的四轴电力机车作为旅客快车用，而作为载货和旅客列车用的是1850—2200瓩的四轴电力机车。伦敦-曼切斯特-里维尔普勒线路需要150辆电力机车，根据现代化计划规定电气化的全部线路需要660辆交流电力机车代替720辆直流电力机车。直流电力机车的总成本为36.3百万英镑，而交流为38.3百万英镑，这就预料到交流电力机车比直流电力机车的成本高15%。但应注意，交流电力机车的成本在大量生产时将会降低，这样它就不会超过直流电力机车的成本。

交流电力机车具有较好的牵引性能和单位容量的小重量。因此，对线路的影响，对线路的磨损也就是铁路的运行消耗采用交流时比采用直流要少些。每年在列车的供暖和照明方面的费用将节省壹百万英镑。客车的供暖和照明由电力机车电网供给，而电动发电机的装置必须在车箱底下。

伦敦-曼切斯特-里维尔普勒线路的两个电气化系统的技术经济的比较指出，采用25千伏50週波交流能节约6.5百万英镑的投资。计算结果（百万英镑）列举在表10内。

表 10

	25仟伏50週波單相电流	1500伏直流
供电系統	29.3	38.6
电力機車和摩托机組	48.6	46.3
信号設備	25.0	24.5
列車供暖和照明	6.1	7.1
機車庫	2.7	2.7
等等	6.1	4.4
总 共	117.8	123.6

比 利 时 [3]

比利时各种电力牽引系統的技术經濟比較是在比利时剛果（非洲）的單綫鐵路电气化所得出的，由剛果卡坦革省运出的大量鈾礦石而增加了鐵路運輸量1倍以上。

札多維勒-欽凱（105公里）区段的運輸容積是 $1.52 \cdot 10^6$ 噸/年。

比較指出，22仟伏50週波單相交流供电系統投資比3000伏直流时少35%，而機車車輛比在3000伏直流时多20%。采用交流时的运行費对供电系統比直流低465%，对機車車輛則比直流高15%。

日 本 [43]

两个电力牽引系統（1500伏直流和20仟伏电压的單相交流）的技术經濟比較是对四个区段進行的，它們都有着不同的運輸容積。

在計算时不計算改建地道有关的費用，这种改建是在电压为20仟伏时在載流体之間和对接地距离由于必須增加絕緣空隙所進行的。电站裝置和機車車輛的投資費和运行費用（对直流的百分比）列举在表11內。

当双綫路交流电气化时，投資（对直流的百分比）在牽引电站方面的是23.2%，在輸电綫方面的是27.3%，在接触网方面的是87%，通訊裝置方面的是342%。

表 11

運輸容積一年每公里百万噸	电 站 裝 置	机 車 車 輛	全 部 投 資	运 行 費
25.6 双迴綫路	75.2	93.0	83.4	81.1
19.2 双迴綫路	73.0	87.0	78.5	79.5
4.4	67.5	77.2	70.3	70.5
2.9	69.2	101.4	79.1	72.3

电力牽引的比較指出，当單相交流时節約資金为投資的16.5—30%，是运行費的19—29.5%。單相电流电力牽引就是在少運輸量的綫路上也是比較有利的（日本鐵路軌道的宽度等于1067公厘），因此电力牽引采用的范围就擴大了。

电力牽引系統在許多國家所進行的比較結果，采用工頻單相电力牽引系統的好处成为法

國、英國、日本和其他國家鐵路广泛电气化的基礎。

國外工頻單相鐵路电气化及其远景

下面是許多國家工頻單相電力牽引系統發展远景和狀況。

法 國〔14—16, 28—29, 38, 42〕

隨着愛克斯-列-邊-里雅 羅什 修秀 福龍試驗區段的电气化并經過一系列研究后,法國鐵路通過了一項決議,這項決議是关于毗連區段總長度為363公里的法蘭西-契昂維勒運輸繁忙綫路的电气化問題,然后擬定了一個今后運用工頻單相電流的綱領,當法國東北鐵路电气化時。交流電壓取25仟伏,而接觸網電壓為20仟伏的电气化試驗區段已改為25仟伏。

目前法國工頻單相电气化的鐵路已超過1000公里。

工頻交流綫總長約3000公里(圖1)的电气化是根據國內東北區鐵路电气化的計劃規定的。

在同一時期內,用1500伏直流來电气化的綫路應達到總長為400公里。

1957年完成了里勒-巴節勒綫路的电气化,這條綫路是英國和意大利之間的旅客運輸綫。根據电气化的計劃,1958年巴黎-里勒和許多法蘭西地區的支綫將實現电气化。

除鐵路主綫外,長度為5.4公里的具有齒條(沙莫尼-蒙坦維爾的區段用11仟伏的工頻單相交流來實行电气化。預計,蒙勃蘭斯電車綫路(12.4公里),同時洛達林吉亞的許多綫路(242公里)也將實現工頻交流电气化。

比利時的剛果〔17, 20〕

1952年比利時剛果的(非州)札多維勒-欽凱區段(105公里)實現了工頻交流电气化,然後,欽凱-戈勒維吉(100公里)和札多維勒-艾利札別特維勒區段也實現电气化了。根據這個系統电气化的綫路總長度是345公里。規定欽凱-魯愛那區段也要电气化(185公里)。

葡 萄 牙〔18〕

在葡萄牙25仟伏電壓的工頻單相鐵路电气化分為二個階段進行的。

1956年完成了里薩包-辛特拉和里薩包-恩特龍卡敏托-歐波爾托-愛爾麥津傑(241公里)綫路的电气化是电气化的第二個階段。這工程是由法國,瑞典和德國諸公司進行的。电气化綫路是由5個遠距離牽引變電所供給電能,變電所內裝有單相變壓器,這些變壓器按三相-二相系統變壓綫路圖連接起來。

英 國〔4,12〕

1908年英國萊卡斯捷爾-莫爾開姆勃-海舍姆長度為15公里的區段實行了低額交流电气化。在區段上有三輛三個車箱的機車組運行。由一個變流站供電。

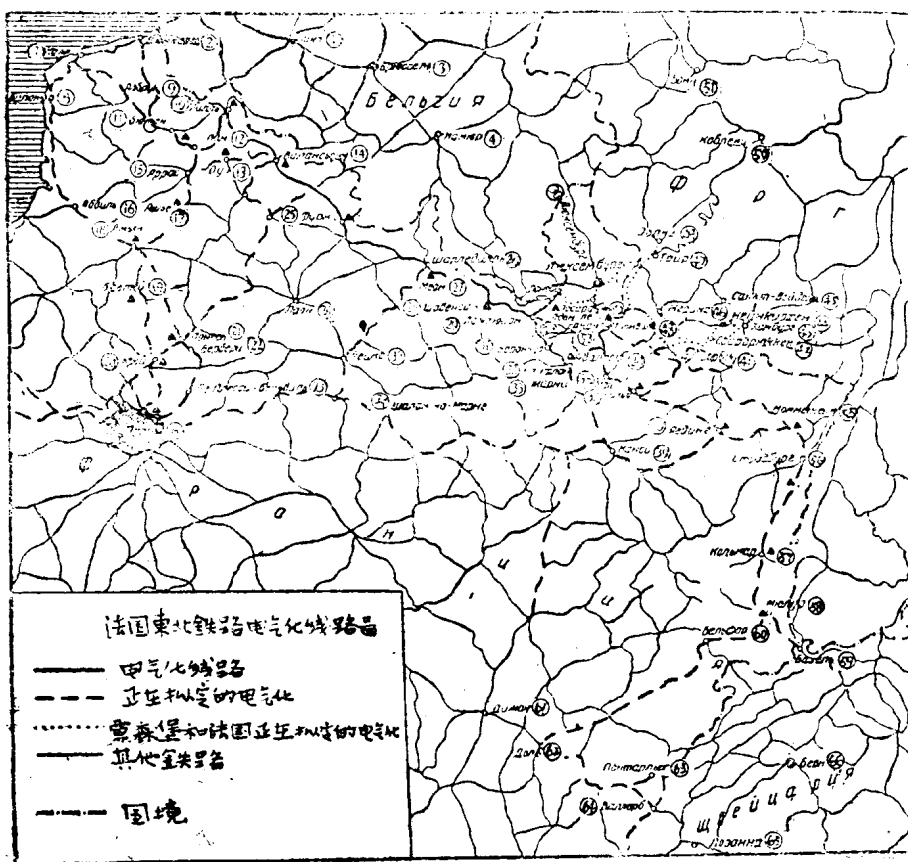


圖1. 法國東北鐵路电气化线路圖

————— 电气化线路 ———— 正在拟定的电气化
 盧森堡和法國正在拟定的电气化
 - · - · - 其他铁路 - · - · - 國境

- | | | |
|-----------|---------------|-------------|
| 1. 根特 | 23. 列普列西-貝里維利 | 45. 薩克特-維節爾 |
| 2. 敦克尔克 | 24. 雷翁 | 46. 梅村格 |
| 3. 布魯塞爾 | 25. 福尔瑪 | 47. 特利尔 |
| 4. 那慕尔 | 26. 却利維尔 | 48. 季奧克維尔 |
| 5. 亞尔倫 | 27. 蒙 | 49. 愛郎涅 |
| 6. 巴黎 | 28. 沙文斯 | 50. 科布林 |
| 7. 加來 | 29. 郎威 | 51. 保恩 |
| 8. 部罗涅 | 30. 盧堡森 | 52. 愛奧謝爾 |
| 9. 阿斯布魯格 | 31. 包龍古尔 | 53. 拉蒙 |
| 10. 里尔 | 32. 貢夫隆 | 54. 阿金-列 |
| 11. 布頓 | 33. 扎尔尼 | 55. 蒙麥寶 |
| 12. 蘭恩 | 34. 沙隆-那-米尔涅 | 56. 斯特拉斯堡 |
| 13. 杜亞 | 35. 列姆斯 | 57. 科尔馬 |
| 14. 發隆西納 | 36. 麥茨 | 58. 牟罗茲 |
| 15. 阿拉斯 | 37. 萊蒙 | 59. 巴塞尔 |
| 16. 阿貝維爾 | 38. 瓦萊爾茨 | 60. 柏尔福 |
| 17. 阿曉斯 | 39. 南錫 | 61. 第戎 |
| 18. 亞眠 | 40. 萊金列 | 62. 篤尔 |
| 19. 布魯頓 | 41. 福尔巴克 | 63. 龐达尔樓 |
| 20. 克萊 | 42. 薩尔泊留金 | 64. 瓦罗尔勃 |
| 21. 倫根 | 43. 霍布尔 | 65. 洛桑 |
| 22. 維尔比尔茲 | 44. 涅因基尔海 | 66. 伯尔尼 |

1951年決定利用這個區段來進行6.6 仟伏電壓的工頻單相電流電氣化試驗工作，1952年末實現了這一決定。在這一區段有離子變流器的單相-直流摩托機車組運行，并用鋸整流器進行了試驗。在接觸電網現代化後電壓提高到25仟伏。

1956年3月宣佈了不列顛運輸委員會關於採用25仟伏電壓的工頻單相鐵路電氣化的決議。

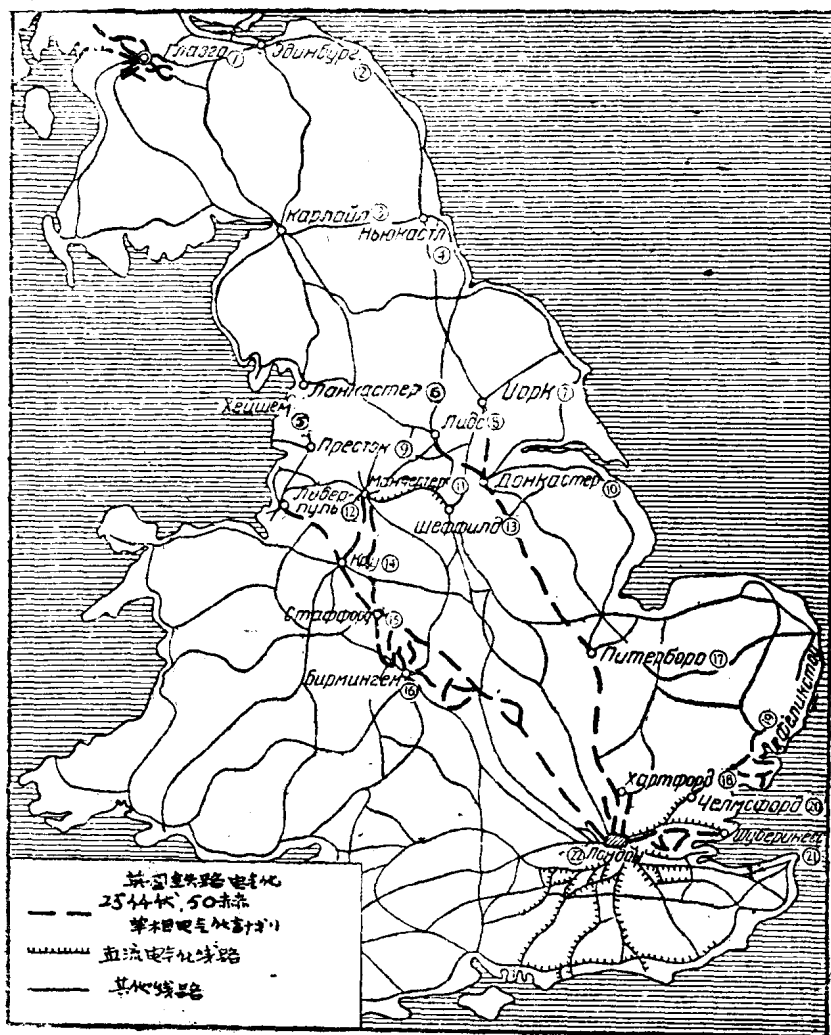


圖2：英國鐵路電氣化綫路圖。

英國鐵路電氣化

—— 25仟伏，50赫單相電氣化計劃

----- 直流電氣化綫路

..... 其他綫路

1. 格拉斯哥

2. 愛丁堡

3. 卡來爾

4. 紐卡爾斯（新堡）

5. 黑士海

6. 蘭開斯透

7. 約克

8. 里子

9. 普里斯頓

10. 頓開斯透

11. 曼徹斯特

12. 利物浦

13. 設菲爾德

14. 克里維

15. 斯丹福德

16. 伯明翰

17. 彼得波羅夫

18. 哈爾特福德

19. 費利克斯托

20. 切里莫斯福德

21. 掃斯恩德

22. 倫敦

規定在15年內按這一系統進行電氣化鐵路的長度為1940公里，其中1315公里是鐵路干綫，625公里是郊區綫路（圖2）。首先（1958年中）將實現多勒切斯捷爾-克拉克托區段的電氣化。1959年中將實現克魯-曼切斯捷爾區段的電氣化，并把倫敦郊區綫路里雅爾普勒-斯特利特-切爾姆斯福德-薩烏欽特改為交流。1960年倫敦郊區綫路（恩菲爾特-欽格福德，哈爾特福德，比紹波斯-斯托爾特福爾斯）和格拉茲科（克拉依德北河）將開始投入運行。1962年格拉茲科郊區綫路（克拉依德南河）和倫敦地區許多綫路都將實行電氣化。倫敦郊區綫路的電氣化將於1965年以前完成。1967年以前應實行電氣化的綫路有倫敦-曼切斯捷爾和克魯里維爾普勒，而1970年以前實行電氣化的是倫敦-里德斯-約克。

應該指出，英國鐵路已停止用1500仟伏電壓的直流電氣化。在660伏的直流系統的地區內只有400公里的鐵路是用該系統電氣化。

土 耳 其 [20]

在土耳其，西爾凱德瑞-索古克蘇（沿姆拉莫爾海的郊區長為27公里的綫路實行了工頻交流電氣化。從斯達姆布勒到希臘邊境長度為260公里的綫路也實行了電氣化。這工程是法國公司進行的。

日 本 [17,43]

日本用20仟伏50週波交流實行電氣化的是先載-薩庫那米長度為29公里的試驗區段。

按鐵路現代化的十年計劃，擬定了使用20仟伏50週波和60週波單相電流電力牽引的綱領。現在在日本約有2000公里的鐵路是用1500伏直流電氣化。在10年內還有3300公里將實行電氣化。其中2600多公里是單相電流。

電氣化第一階段的計劃（第一個5年計劃）包括下述綫路：盛岡-仙台-水戶-讚岐；仙台-福島-岡山-臼島-大宮；臼島-日光；大板-神戶-岡山-廣島-下關-島木西；米原町-駿河-武生盆地-富山。

在第二階段將實現電氣化的是下述綫路：青森-秋田-各護河-名州-富山；青森-盛岡；能州-長門市-十緒；長門市-木公本；木公本-名古屋-大阪；木公本-神岐。

預計，將來單相交流方面的電氣化還加5000公里。

目前在長為46公里的米原町-駿河區段進行電氣化工作。長度為4.6公里的區段有19%坡度。區段的供電將由2個容量為3000和4000仟伏安變電所（在曼巴拉和楚羅加）供給。在曼巴拉交流變電所和直流變電所相配合，而在楚羅加交流變電所和電力系統的降壓變電所相結合。兩個電力牽引系統的銜接是借助於向曼巴拉電站相應綫路的接觸網內直流或交流饋電實現的。

西德、盧森堡、薩爾 [7,17]

在羅斯克煤礦區內以6仟伏電壓工頻交流來實現80公里運煤鐵路的電氣化。

在盧森堡由盧森堡-法國國境綫又從法國國境綫到季翁維勒綫路實行25仟伏50週波單

*編譯者註：此處的日文名字是根據原俄文併音而查出來的日文地名。

相电气化。

1956年5月週期刊物報導到，比利时，法國，德國，盧森堡和薩爾召开的鐵路管理委員會通过了一項关于許多綫路实行电压为25千伏工頻單相电气化的決議，这些綫路和利勒-季翁諾維勒-列吉恩格-巴節勒綫路連接。

在第一个階段研究了从愛蘭格（德國）調車站到季翁諾維勒，沿兩個方向，經過別達姆布尔格，羅丹日（在盧森堡）到蒙-先-馬爾琴（隆格維附近）和經過阿巴赫的电气化。第二階段电气化在薩爾包括下述綫路：麥爾齊格-薩爾勃留坎-哈尔加尔欽（法國），山克斯-維傑勒-薩爾勃留坎-福尔巴克（法國），涅因基尔海-薩爾勃留坎。

关于愛蘭格-科勃連茨綫路的电气化的協議沒有达成。

阿 根 廷 [21]

在阿根廷拟定了在明多薩省总長度为200公里，电压为27千伏工頻單相鉄路的电气化。綫路經過安迪。預計，电气化在1958年完成。

哥 倫 比 亞 [21]

按工頻單相系統实行38公里区段的电气化。

法國电气化綫路的簡要特性

雅 罗 施 秀 尔 福 龍-阿 姆 馬 斯 和 先-热 尔 維⁽²⁵⁾ 地段

第一地段（18公里）的电气化在1954年末完成的，第二地段在1955年10月完成。这两个地段是爱克斯-列-別-雅罗施 秀尔 福龍綫路的繼續。1950—51年已实行电气化。

該地区的供电是由变电所供給，变电所位于雅 罗施距离先-日尔維不远，其容量为6000和3000千伏安。变电所內安裝了單相变压器，它將电压由45降低到25千伏。接触网由截面为65公厘²的青銅載重繩和截面为107公厘²的銅接触綫組成。

機車車輛是9个CC25000單相整流子牽引电动机組电力機車。电力機車也能在直流电压为1500伏地段上工作。

沙 莫 尼 - 蒙 坦 維 尔 地段

除标准軌距外（1435公厘），在法國曼-勃拉那斜坡上具有齒条的窄軌鉄路地段也实行工頻交流电气化（窄軌寬度1000公厘，長度5.4公里）。在区段的兩端海拔高为1046公尺（沙莫尼）和1913公尺（蒙坦維尔）。最大的坡度219%。接触网电压为11千伏。

在牽引变电所內安裝兩個变压器，每一个变压器的容量是1050千伏安，从42.5千伏降低电压。

接触綫的截面为84公厘²，（为补偿的直接懸掛型）。接触綫的正常高度为5.75公尺，最大的为6.3公尺。地段有4个摩托車輛組。

利勒-列金格綫路〔26〕

利勒-列金格綫路現已完成电气化，它和其支綫的总長为703公里。法蘭西-季奧維勒地段上的运貨週轉量一年毛重为72.5億噸公里和負載强度一年为20兆噸·公里/公里；季奧維勒-列金格地段的負載强度一年为15兆噸·公里/公里。

全部綫路的供电由11个牽引变电所供給，其中5个变电所和全國电力系統的降壓变电所相結合。

变电所的分佈是这样选择的，为了牽引变电所和全國电力系統連接就需要总共長为86公里的高压輸电綫。变电所的特性列举在表12內。

表12

变 电 所	初 級 电 压 仟 伏	变电所容量（无后备变 压器）仟伏安	变 压 器 連 結
利勒 ¹	45	1×5000	單相变压器
法蘭西 ¹	45	2×10000	斯科达綫路圖
福尔米	60	2×10000	斯科达綫路圖
莫翁 ¹	60	2×10000	斯科达綫路圖
紹溫西	60	2×10000	斯科达綫路圖
愛爾謝蘭日 ¹	60	1×5000	單相变压器
茹德列維勒	60	2×10000	斯科达綫路圖
季翁維勒 ¹	60	2×10000	斯科达綫路圖
廖米依	150	2×10000	斯科达綫路圖
卡尔林格	60	2×7500	斯科达綫路圖
廖金格	60	1×5000	單相变压器

1 同全國电系統の降壓变电所連接。

除法蘭西和列金格的变电所外，所有的变电所都安裝了后备用变压器。

接触网中銅的等效截面是150公厘²（青銅載重繩截面为65公厘²和銅接触綫截面为107公厘²）。接触网的長度为2317公里。

电气化綫路有23个隧道和166座桥，架空桥和其他的建筑物。当改建隧道时为了保証截流部份之間和对地之間必要的空气間隙，綫路降低200公厘（兩個地道是400公厘），72座桥和架空桥增高，而15个重新修建，

通訊綫路是用电纜。利勒-列金格綫路定購了102輛帶有旋转变流机的單相直流电力機車，20輛帶有旋转变流机的單相-三相制的电力機車，28輛帶有單相整流牽引电动机的电力機車和14輛离子变流机电力機車。在这条綫路將以164輛电力機車代替495輛蒸汽機車

电气化总成本以600億英磅計算，并按下述分配（百分数）。

变电所	4.1
接触网	23.6
保护装置	12.8
綫路的通信电纜	10.4
改建电站	10.3
改建人工建筑物	3.7

機車車輛

32.5

其 他

2.6

电能一年需要280兆瓩-小时。

巴黎-謝維爾路線〔15—16, 27, 31〕

在这路綫上將有 535 公里双綫和12公里單綫实行电气化。巴黎-利勒地段的負載强度比法蘭西-季翁維勒地段高，它一年是 216兆噸公里/公里。电气化允許增加載貨列車的重量，从 2000噸增加到2400噸，并且倫敦和列-布尔热之間的运行時間从 6 小时50分減少到 5 时10分鐘，而重量为700噸的旅客列車的运行時間从 2 小时54分減少到 2 小时25分。巴黎-利勒綫路的断面是不平坦的，鋸齒形的，其坡度为 4—6 ‰。

地段的供电將由10个牽引变电所供給，8 个变电所的特性列举在表13內。

表 13

变 电 所	变电所容重(无后备变压器)，仟伏安	变 压 器 連 接
謝-傑 尼	2× 7500	斯科达綫路圖
克 列	2× 7500	同上
勃 萊 欽	2× 7500	同上
阿 姆 因	2×10000	同上
隆 盖	2× 7500	同上
阿 施 耶	2× 7500	同上
杜 愛	2×10000	同上
馬津加尔勃	1×10000	單相变压器

註：利勒和法蘭西綫路的变电所，分佈在利勒-列金格綫路上，变电所也为該綫路供电。

除勃列欽和隆盖的变电所外，全部变电所都有后备变压器。先——傑尼，克列，阿姆因和杜愛变电所和区域降压变电所联合。勃列欽和隆盖变电所由60仟伏的輸电綫供电，而阿施耶变电所由90仟伏輸电綫供电。

虽然在巴黎-維爾別利-阿姆因只建筑一个牽引变电所，但它將供給全部电力機車之电能。在此地將有 $\cos \varphi = 1$ 的旋轉变流机电力機車运行。为了减小賽-季尼-列-波列西-別勒維勒地段的电压降，將安裝一个容量为2500仟乏的可动补偿器。

該綫路的地段上有239座人工建筑物，其中有205个在实行电气化时在尺寸上不能滿足要求，應該改建（1个隧道，4个过道口，31座桥和169个天桥）。通訊綫路用电纜。

現在地段上有346輛蒸汽機車和5 輛鐵路汽車在运行。它們將代替105輛电力機車。定購了最高速度为160公里/时的24輛四軸引燃管电力機車（供旅客快車用），61輛四軸最高速度为120公里/小时引燃管电力機車（用來牽引旅客列車和載重列車的）和六軸电力機車（用來牽引重型載重列車）。

电气化的总成本（不包括稅）是38542兆法郎，該資金是按下述方式分配：