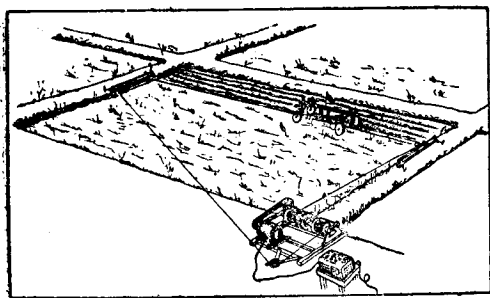


电犁和繩索牽引机

中国农业科学院农业机械化研究所編



水利电力出版社

內 容 提 要

本書汇集了农业部在北京举办的“电犁”訓練班中有关四种繩索牽引机以及江苏省常熟县深耕尺五犁的材料。本着“以虚帶实”的精神，这本书分成兩部分。第一部分是“虚”，着重講述在我国推广电犁及其他繩索牽引机的政治意义和經濟意义；第二部分是“实”，專門介紹电犁及其他各种繩索牽引机的構造、使用和特点等，并將它們的优缺点作了比較。

供农业社社員和研究农具改革的同志們閱讀。

电犁和繩索牽引机

中国农业科学院农业机械化研究所編

*

1479D417

水利电力出版社出版(北京西郊科學路二里溝)

北京市書刊出版業營業許可證出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

787×1092 1/32开本 * 2%印張 * 47千字

1958年9月北京第1版

1958年10月北京第4次印刷(260,141—360,160册)

統一書号: T15143·265 定价(第9类)0.26元

第一部分

一、推廣繩索牽引機和電犁

——在農業部電犁訓練班的講話——

劉瑞龍

各種繩索牽引機和電犁的出現，是農業大躍進中又一個有重大意義的創造，是我國農業技術革命中的一件了不起的大事，為我國農業耕作機械化電氣化開辟了一條嶄新的道路。

一九五〇年李兆森同志等人試驗繩索牽引機的時候，只是利用風力，以後由於江蘇各地人民的創造，發展到利用人力、畜力、機械動力，而北京農業機械化研究所的電犁，則是利用電力到繩索牽引機的新發展。

用深耕的辦法改良土壤，提高土壤肥力，造成更有利於作物生長的条件，這是當前農業增產措施的中心和主要方向。繩索牽引機和電犁，替深耕提供了多種有效的耕具。各種繩索牽引的犁，可以適應各種土地的深耕需要。在電源充足的地方推廣電犁，對深耕更為有利。

採用繩索牽引犁和電犁，還有比拖拉機更多的優點：絕大部分動力可以用在牽引犁頭，不必消耗很大動力去運轉機身。結構簡單，只有動力、繩索、作業機等幾個部分，可以節省鋼材。成本低廉，電犁一套只要500元，其他繩索牽引機一套只要30元。機身體積小，不會壓地。操作簡便，一般農民可以很快學會。在一般情況下，操作的人可以不必下田，可以大大減輕體力勞動，改善勞動條件。

这种結構的牽引机，特別适用于我国。我国电力资源丰富，在暫時沒有发电設備的地方，也可以利用风力、水力、人力、畜力及其他动力。而且可以利用各种繩索，可以就地取材。这种土洋結合、省料省錢的办法，能够加速我国农业的机械化电气化。

我們当前普遍推广各种繩索牽引犁以及凡有电源的地方推广电犁，首先是为了解决深耕問題。現在各种繩索牽引犁和电犁还有某些缺点，还要在耕深、耕稳、耕快等方面下功夫改进。但是，我們还是認為可以普遍推广，因为它已經是基本上成功的東西。必須在普及中才能不断的改进提高。不能設想等到十全十美的时候再去推广。

現在已經出現了一种趋势，就是这种繩索牽引的原理，不仅可以用于耕地，还可以用于耙地，播种，插秧，中耕，收穫等，这样就將引导我們比較快的走向用电紐操縱农田耕作的道路，机械化电气化的工具將迅速占領田間作业的陣地。我們打算在第二个五年計劃期間，在推广各种繩索牽引机的同时，繼續进行电犁的研究，并且完成田間各种作业电气化工具的試驗及重点示范工作，以便在第三个五年計劃期間能够在全国推广。

推广各种繩索牽引机和电犁，只是今天农具改革的一个方面，但这是极其重要的具有方向性的一个方面。我們希望訓練班的同志們，很好地学会制造和操作的方法，回去真正地担負起播种、发苗、成長，普及达到遍地开花的目的。

1958年8月 日

二、繩索牽引機是深翻土地最有效的工具

新華日報社論

江蘇人民在偉大的技術革命中，創制成功了好幾種繩索牽引機。在泰興，有人力、畜力繩索牽引機；在鹽城、高郵，有風力繩索牽引機；在常熟和奉賢，有機器繩索牽引機；無錫縣還有電力繩索牽引機。繩索牽引機是多快好省地大搞深耕的最有效工具，它的進一步發展，將要在農業機械化和電氣化方面，引起一個翻天覆地的變化，我們應當十分重視它。

推廣繩索牽引機，對保證深翻土地、適時完成秋種，爭取明年農業生產更大躍進，具有十分重要的現實意義。在勞力、畜力不足的條件下，要保證在今年深耕深翻五千萬畝土地，單純停留在一般深耕深翻工具的改進上已顯得非常不夠了，還必須在改革深耕深翻工具的同時，進一步解決動力問題。泰興縣的繩索牽引機，正是解決深耕動力問題的重要途徑。據泰興縣深耕沙質壤土的記載，三、四個人操作一部人力繩索牽引機，一天可耕三畝到四畝，基本上達到一人一天耕一畝，而且深耕普遍達到一尺二寸到一尺五寸。從工效上來比較，一部絞關繩索牽引機，就相當於五頭耕牛同耕的工效。今年，全省秋種土地要深翻五千萬畝，如以十五個人工翻一畝計算，就需要七億五千萬個人工，以每天出勤一千萬人計算，就需要七十五天。推廣絞關繩索牽引機以後，以一個人工耕一畝計算，全省就能節省七億個人工。同樣出勤的人數，只要五天就能全部完成任務。可見，是否認真地推廣絞關繩索牽引機，已經成為今年秋季能否貫徹深耕與適時播種的關鍵。但是，推廣使用繩索牽引機的意義還不僅在於解決當前的深耕問題，它還為農業機械化、電

气化开辟了新的可能的途径。奉贤、常熟、无锡等地试制成的机器和电力绳索牵引机，初步做到每小时耕田一亩半到三亩以上。只要把绳索牵引机进一步加以改进，实行动力的综合利用和综合作业，那么农业耕作的远距离操纵，并不是什么幻想，而是不远的将来就可以实现的事情。本省农村目前已拥有二十万匹马力的戽水引擎和一千多座电力灌漑站，今后如能充分利用这些动力设备进行绳索牵引，有些地区完全有条件提早实现农业机械化和电气化。

可是尽管绳索牵引机已经显示了巨大的优越性，目前却还有不少人对它不感兴趣，他们一味坐等拖拉机。绳索牵引机力道大，能深耕，深耕可达一尺以上，最高达一尺九寸，而且绳索牵引可将90%以上的动力力量用于牵引耕作机具；本省地形复杂、水田多、雨量多，如果使用绳索牵引机，不论高田、低田、旱田、水田、水浇地和山区小块土地，也不论晴天、雨天，都可操作自如。绳索牵引机结构简单，操作简便，制造和使用都不复杂，成本也很低。今天，在拖拉机还不能大量制造的条件下，绳索牵引机能够最现实地解决当前急待解决的深耕问题。坐等拖拉机，就有可能坐失当前的生产时机；而且我们要认识到，机械化不是到处都能利用的。绳索牵引机启发了我们：我国农业的机械化和电气化，不一定按照已有的路子循序渐进，而完全可以发扬群众的创造，开辟更捷便的走向农业机械化、电气化的道路。

目前可以推广的绳索牵引机，有人力、畜力、风力、水力、机力、电力多种。在推广过程中究竟以土为主还是以洋为主？有些人在肯定了要推广绳索牵引机以后，又在这方面发生摇摆。他们对土绳索牵引机感到不够味，他们认为要么不搞绳索牵引机，要搞就得搞机动和电动的。搞机动和电动的并没有错，但

是却不應該忽視今年秋種中解決深耕問題的迫切性。徐淮雜谷地區大面積秋耕已經開始，其他地區的秋耕秋種為期也不很遠。既要深耕，又要不誤農時，那就必須堅持以土為主的方針。泰興的人力繩索牽引犁每部只需三十元成本，一部六匹馬力的機動犁却要五、六百元的成本，而一部十四匹馬力的電動犁至少需要一千五百元至二千元，特別是機動犁與電動犁結構較為複雜，原材料不易購置，要想一下子製造很多，技術和物質力量都將很難適應。而一部人力繩索牽引機只需一百五十斤左右的樹料，六個工人一夜時間就能製造起來，不分男女老少都可操作，正如羣眾所反映的“小小絞關是個寶，不吃料來不吃草，耕得快來耕得深，省錢省力出谷好。”如果不顧舍近求遠，舍易就難，目前主要的就應當大力推廣結構簡單、成本低廉、使用輕便、堅實耐用的土繩索牽引機。當然，有些工業動力條件較好的地區，也可以在以土為主的前提下，適當考慮土洋並舉，但無論如何必須切實批判輕土重洋的思想，防止脫離實際的做法。

在推廣繩索牽引機過程中有沒有困難呢？有的。如繩索供應不足等等。但是只要把繩索牽引機的好處向羣眾講清楚，把羣眾充分發動起來，任何困難都是能解決的。泰興縣缺乏鋼繩，羣眾便自動獻出苧麻，改用麻繩。麻繩不夠，羣眾又想出改用篾繩代替的辦法。最近，蘇州、寶應等地初步宣傳了繩索牽引機的意義後，羣眾發現繩索不夠，就自動討論提出利用棉絨、豬皮、棉杆皮、棕葉、玻璃絲等原料加工製成繩索。羣眾的智慧是無窮的，推廣土繩索牽引機過程中的一切困難都是難不倒羣眾的。

繩索牽引機具有十分遠大的發展前途。所以我們在解決迫切的深耕任務的同時，還必須對綜合利用問題着重進行鑽研，以便通過繩索牽引機的實踐，促使農業機械化、電氣化的時代更早地到來。

三、从繩索牽引到电犁

中國農業科学院農業机械化研究所

用繩索牽引进行田間耕作和电动犁的試驗研究在我国已发展到很高的水平，并开始在农业生产中大面积的推广使用。这是世界任何国家所不及的。国外虽有繩索牽引的研究，但使用的动力型式很少，牽引方法簡單，农具的移行、变向都用人工操作，而且沒有获得推广。我国在十多年前，江苏省以李兆森同志为首就已創制风力繩索牽引犁，以后又繼續創制了人力、畜力和机动繩索牽引犁，都获得一定数量的推广，很受农民欢迎。近年来福建和北京的研究机关又設計了电犁（又叫做电力繩索牽引机），給农业电气化指出了新的方向。关于繩索牽引的各项机构裝置已有不少的創造发明，如繩索牽引方法共創造出双动力式直綫牽引法和双綫牽引法与單动力式的三角牽引法和四角牽引法几种；此外，又設計出自动移行杆和电控制的自动变向裝置，使农具在田間往返耕作时，移行变向都达到了自动化。这些創造发明都超过了国际水平。

。江苏省农民羣众在今年創造了人畜力絞关（即直立式絞盤，用長杆推拉），用麻繩拉犁，深耕一尺五寸。各县已推广使用了100万台。省委准备在秋冬大量推广使用，并动員現有灌排机械的全部动力（包括风力、电力、水力、內燃机等）用繩索牽引耕田共达五千万亩，大大地促进了农业机械化和半机械化的发展。

經過国内的試驗測定和生产实践，証实了繩索牽引比拖拉機或畜力直接在田間拉农具耕作有很大的优越性：

（1）能保証农业丰产技术措施的要求：拖拉机每年在田間

进行耕、耙、播、收、田间管理等项作业，在土地上运行多次，将土壤镇压结实，降低了深耕深翻的效率，不利于农作物的生长发育，因而影响产量；绳索牵引的动力是固定在田外不压土壤，能经常保持土壤耕作层的松软状态，作物根系能充分利用下层的水肥而获得丰产，用绳索牵引插秧机，要比牛拉或拖拉机拉的插秧质量好，因为牛蹄践踏或拖拉机轮子压陷的部分秧不易插下。

(2)减轻体力劳动、改善工作条件：扶犁耕田，尤其是在泥脚深的漚水田中是很繁重辛苦的体力劳动，驾驶拖拉机耕地也是很紧张的工作，而绳索牵引，只需一二人坐在地头上作轻便的操作，在设有自动控制设备的电犁上，只要按一下电钮，电犁就可以在田间自动地往返耕作。

(3)机械效率高，并适合深耕：根据南京和北京农业机械化研究所的试验结果，绳索牵引的发动机马力利用率无论在旱地或水田中都可达90~95%，而轮式拖拉机在普通旱地上作业，马力利用率仅有50~60%，在水田中更低（有时低到20~30%），在漚水田中甚至下陷不能行走。因为拖拉机耕地，很大一部分动力都消耗在本身的运转中，在松软土地或水田中这种损耗更大，而绳索牵引除了钢丝绳与滑轮间的摩擦外，几乎没有其它的动力消耗。用畜力在田间拉犁深耕一尺五寸，阻力太大（平均在300公斤以上），套两三四牲口都拉不动，江苏省改用人工畜力绞关牵引，借杠杆的机械利益只要四人推或一匹牲口拉，就能转动拉犁深耕，经常工作而不疲乏。

(4)构造简单，制造成本、作业费用都低：机力或电力绳索牵引的全部机件，除发动机和钢丝绳外，其余部件如传动机构、移行杆和农具等各地都可以用生铁、木材和少量的钢材自行制造。全套装置的重量在100公斤左右，每套成本约五六百

元，只相当一头骡子的价钱。南京农业机械化研究所試驗煤油机繩索牵引，每牵引馬力小时耗油500~520克，而一般煤油拖拉机每牵引馬力小时耗油700克。根据北京农业机械化研究所的試驗和估計，电犁耕地每亩总成本（包括折旧費）只要五角，而拖拉机耕地的总成本要在一元五角以上。

（5）适应性大，操作便利，維護簡單：繩索牵引不受土地和气候条件的限制，在旱地、水田都能耕作，下雨天也能照常工作，特别是在沼泽地、漚水田、山区小块土地上耕作，比拖拉机更为适合。操作維護也很便利，修理簡單，管理人員經過短期訓練就能掌握。

綜合以上优点可以肯定說明，根据我国具体情况，繩索牵引的作业方式在很大部分土地上可以代替拖拉机。由于它的制造比拖拉机簡單、容易、成本又低，能很迅速的普遍推广，因而大大地促进了我国农业机械化电气化的发展。

党中央对繩索牵引和电犁十分重视，指示农业部在八月底制造数十台分发各省市試驗示范，同时在北京开办了电犁訓練班，將国内各地試驗研究成功的繩索牵引和电犁的样品运到北京作实物表演。参加耕作表演的共有四种：（1）江苏奉贤县繩索牵引犁；（2）福建南平化工厂的电犁；（3）南京农业机械化研究所的繩索牵引犁；（4）北京农业机械化研究所的电犁。經過座談，对这四种繩索牵引犁的評價如下：

（1）奉贤犁为單內燃机，采用四角牵引的方法，用單向犁耕地，变向、移行及扶犁均需人工操作，傳动机构比較笨重，但犁的曲面适于深耕，在表演时耕深能达一尺二寸（40公分）。

（2）南平犁为双电动机直綫牵引式，用双向犁耕田，不用移行杆，机架外側裝有能調節的田埂附着板，以防止机身傾复。

架下有輪子，可用人推动移行，用高速拉双向犁耕地。整个机架极为輕便，一、二人即能抬运、搬运，比较适合山区小块土地耕作。

(3) 南京所犁为單柴油机四角牽引，設有自动移行杆，用手操縱离合器变向。移行結構比較簡單可靠。

(4) 北京所犁为單电动机四角牽引式，备有自动离合器和电气控制自动变向裝置，能自动移行轉向，自动移行杆的跳行尚不十分可靠。

农业部首長參觀以上四种繩索牽引犁的耕地表演后，即指示各地研究人員吸取各种犁的优点，集中在北京設計試制深耕能达一尺五寸的电犁，并草拟出电力繩索牽引的綜合利用进行多項作业和全国农业电气化規劃的初步方案。

繩索牽引和电犁虽然还存在一些問題，如农具的側向位移对行还未自动化，耕地时有或多或少漏耕重耕的現象，全套动力和傳动移行机构固定在土地上，遇有强大的拉力时，还不十分穩固等，但已制訂出改进的設計方案，在很短的时间即可解决。

从以上的事实看来，繩索牽引田間耕作和电犁，是我国实行农业机械化电气化技术大革命的开端，是在党的領導和支持下，在总路綫的光輝照耀下，解放了思想、破除迷信、敢想敢作、發揮了各地羣众的智慧和創造性、总结了以李兆森同志为首創造的繩索牽引犁的多年經驗所获得的偉大成果。在这一基础上，以跃进的精神改进提高，研究試驗电力繩索牽引的远距离控制，自动化操作，短时期內在人民公社中推广使用，达到坐在屋子里的沙发上按电鈕进行田間耕作，使农业完全达到工厂化，从而消除了腦力劳动与体力劳动的差別，城市与乡村的差別，很快地过渡到共产主义社会，这已不是空想而即將变为现实了。

四、農業部电犁訓練班工作报告

电犁訓練班于8月23日在北京開課，到30日結束。参加的學員共有148人，以广东、河北为最多，各在15人以上，青海、貴州較少，仅2、3人。其他一般平均在6人左右。参加学习的大多是省、專署、县农业部門和工业部門的技术干部和工人，党团员占多数。

在8天内共参观了四种繩索牽引犁的表演(北京农业机械化研究所，南京农业机械化研究所，江苏奉贤，福建南平)，还邀請李兆森等三位同志作了三个專題报告，在学习过程中，实习占32小时(实物拆裝和田間操作各占16小时)，講課12小时。每天晚上进行討論和輔導。學員們始終是精神飽滿，学习积极。

有些學員在未来之前，对电犁抱有神秘观点，認為电和电犁是高不可攀的，不好学的东西；另外，有少数同志觉得只要有图紙、实物和資料，照样仿制就算完成任务。对电犁在我国农业机械化电气化中的重大意义和訓練班的作用認識不足。听了刘部長的报告后，經過座談辯論，一致認識到电犁是在我国农业技术革命后实行农业机械化电气化的新方向；目前电犁的試驗示范工作是大面积开展田間作业电气化的开端，必須在現有的基础上走羣众路綫，大胆地改进和創造，并且認為电犁并不神秘，只要刻苦鑽研完全可以掌握。因此，同志們解放了思想，掀起了高漲的学习热潮，一夜工夫貼出了30余張大字报，紛紛表示学习的决心，保証回去后广泛宣傳示范，傳授技术，边試驗，边推广，边改进，使电犁在很短的时期內普遍使用起

来，每个人都能起电犁的播种作用。

同志們經過了七天的实习和听课，做到了人人动手，互教互学并在正規学习時間外，自由結合成小組，由熟悉电气机械的同志，反复指导講解，以图解和实物分析的方法，摸清了电磁开关的电流和自动移行滑車的機構，在兩天的時間內，就攻破了这两个技术难关。到結束时絕大多数的同志都掌握了电犁各部分的構造原理、調整方法和田間操作技术，每个人能独立的进行安裝、試驗和技术傳授工作，因此增强了他們的信心，如河南省全体同志在大字报上表示：“我們經過学习已經掌握了电犁的基本知識，信心百倍的使电犁在全省开花結果，提出保証在国庆节以前仿制电犁一百部，試制深耕犁十部，并举办一百人的訓練班。

全体同志听了專題报告，參觀了四种不同形式的繩索牽引犁的表演，并閱讀了有关电犁和繩索牽引的技术資料后，进行几次技术交流座談，对各种繩索牽引犁作了分析比較，認為北京和南京农机化所設的机組适用于平原較大块的水田，北京所的移行和反向裝置已基本达到了自动化，南京所的移行器比較可靠，犁的耕地質量較好；福建的电犁輕巧，固定簡單，移行方便，适合山区小块土地；江苏奉賢的犁能够深耕；又提出只要改变犁体的曲面，加强結構和改进深浅調节器，就能达到深耕一尺五、六。此外，对于自动移行、固定方法和电犁的搬运也提出許多具体的意見，对今后电犁的改进提高和創造，將有着很大的参考作用。

大家听了李兆森同志介紹最近江苏省在太兴县大量推广人力絞关(即推磨式的繩索絞盤)，用麻索拖拉深耕犁，并利用全省現有灌排机械的动力进行繩索牽引耕地，开展大規模的秋冬耕半机械化机械化运动，都受到很大的启发，并感到兴奋，認

为在目前缺乏鋼絲繩和电力尚未普遍的情况下，有很重要的现实意义，并为将来发展电犁开辟了道路，都准备回去汇报宣传，积极地推广江苏省的经验。

由于部的领导大力支持和具体帮助，不断地抓紧思想工作，强调以虚带实，政治挂帅，坚决贯彻以实物教学为主，人人是先生，走群众路线的学习方法，同时学员及工作同志们也鼓足了干劲抱着不学好教好决不罢休的决心，日以继夜地紧张工作和刻苦钻研，因而使训练班短短的时间内获得很大的收获。

这是第一次电犁训练班，我们缺少经验，又加上准备工作不够，实物教材供应不够及时，如电犁样品和有关电犁的材料在开学后两天才准备齐全，教员、辅导员在讲课以前没有作有充分的备课，组织试讲，以致在初期教学计划时有改变，教学效果不佳。同时，没有专人做思想工作，组织不够严密，不能及时针对学员的思想情况进行纠正。致使训练班还有些松懈现象，不完全合乎大跃进的精神。

通过这次办训练班的经验，我们体会到抓紧思想工作，政治挂帅，以虚带实和贯彻实物教导为主，走群众路线，同时做好充分的准备和组织工作，制订周密的计划，是办好训练班的主要关键。

1958年8月31日

第 二 部 分

一、电 犁

1. 电犁是什么

电犁又叫做电力繩索牽引机，就是用电动机来驅動絞盤，由絞盤上的鋼絲繩拖帶各种农具进行田間耕作。电犁包括着电气控制機構、傳动機構、自动移行器和农具等四个部分（图1）。

电犁工作时，电气控制機構、傳动機構和自动移行器都固定在田埂上或地头边，用皮綫或電纜从田間架空綫上取得电力，經過电气控制機構輸入电动机。自动移行器控制农具的移行。操作时，人不必上机器，也不必下水田，只要在田埂上按一下电鈕农具就能連續往返耕作。当完成一个自动移行器的宽度后，用人工將自动移行器沿田埂移动适当的距离再繼續工作。目前电犁还需要兩個人来管理，熟練后一个人就能全部掌握。

用电力繩索牽引机来牽引各种农具进行田間耕作，經濟效果是很显著的。我現在所設計的电犁經過多次田間試驗，測定結果如下：

耕深15~22公分	耕寬18公分
消耗电力1.7度/亩	电力成本0.102元/亩
农具速度1.2公尺/秒	工作效率1.2亩/时

根据測定結果和各方面的分析，說明电犁还有下列几个优点：

1) 構造簡單、成本低廉。电犁的全部机件，除电动机、

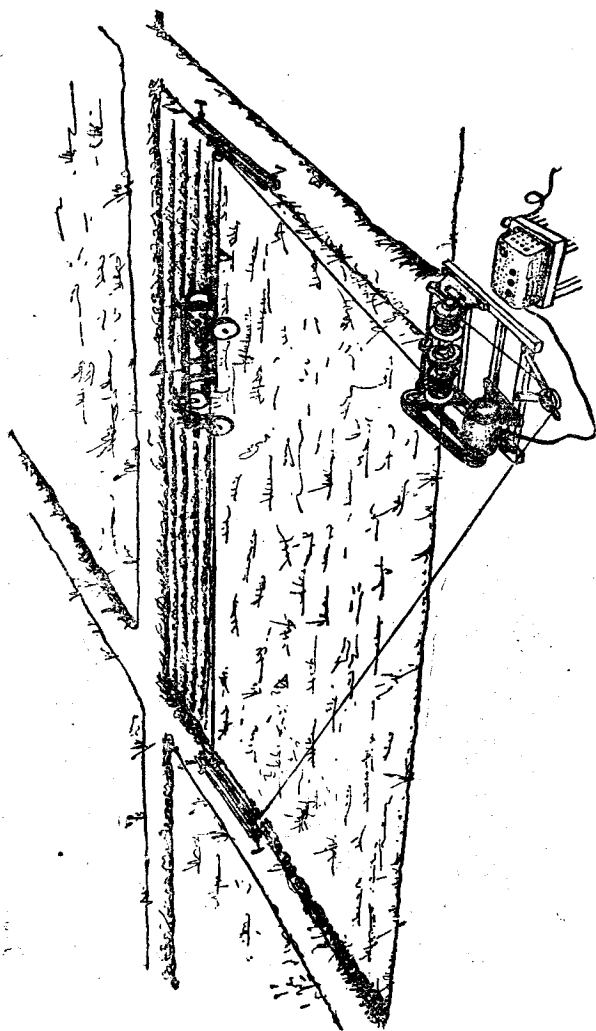


图1 电犁耕作示意图

电磁开关和鋼絲繩外，其余部件如傳动機構、移行器和农具各地都可以用生鉄、木材和少量鋼材自行制造。电犁的全部重量約 100 公斤，每部成本在 600 元左右，只相当于一头騾子的價錢。一般拖拉机每馬力重量是 70~100 公斤，而且需要高級鋼材制造；电犁每馬力重量只有 25~35 公斤。因此，电犁可以大大節約鋼材，对国民經济有着重要的經济意义。

2) 效率高、費用低。电犁工作时只有农具在田間往返行駛，所以阻力很小，牽引效率可达 70~80%，有时甚至更高；采用拖拉机耕作时，很大一部分动力都消耗在本身的運轉中，在雨季和稻田里这种損耗更大，牽引效率只有 30~40%。我們根据現有的資料分析計算得出，在費用方面，电犁要比拖拉机低兩倍多：用拖拉机耕作每亩地的直接和間接費用共約 1.5 元，而用电犁每亩費用只需 0.5 元。

3) 应用性广、操作便利、維護簡單。电犁在旱田、水田都可以耕作，而且不受气候条件的影响。特別是在沼泽地、溫田、山区等小块田地耕作显得更为优越。由于操作和維護簡單，管理人員經過短期訓練就能掌握。

除以上优点外，电犁在沒有电力的地方还可以用人力、畜力、风力、內燃机等來帶動。电犁本身的电动机，除了在田間耕作外，还可以在其它地方使用。

2. 电犁的构造和工作过程

电犁由傳动機構、电气控制機構、自动移行器和农具四部分组成。

开始工作时，按下电鈕，电动机就开始旋轉，經過傳动機構減速后，驅動一个絞盤卷繞拉紧鋼絲繩，鋼絲繩通过移行器上的滑輪牽引农具，进行田間耕作。到达地头后，由于电气控