

公路机械化施工丛书

压路机选型 及压实技术



鄂俊太

韩志强

林慕义

编著

人民交通出版社

公

施工丛书

压路机选型及压实技术

YaLuJi XuanXing Ji YaShi JiShu

鄂俊太 ~~韩吉敏~~ ~~林某义~~ 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

作为《公路机械化施工》丛书之一，本书就几种主要路基和路面的压实目的、压实原理、压实技术及主要压实设备压路机的选择进行了系统的介绍，并详细地阐述了国内外各种典型压路机的压实原理与使用范围，本书还列出了各种型号压路机性能与工作参数的选择参考表，并对压实标准和检测方法也作了简要介绍

本书对从事公路、城市道路施工的有关人员正确使用压实机械，保证施工质量、提高工作效率具有一定的参考价值，也可作为有关部门从事科研、设计、教学工作的参考书。

公路机械化施工丛书 压路机选型及压实技术

鄂俊太 韩志强 林慕义 编著

插图设计：汪 萍 正文设计：周 元 责任校对：杨 杰

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

山西省图书馆印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张，11.875 字数，250千

1991年6月 第一版

1991年6月 第1版 第1次印刷

印数，0001—6000册 定价，7.90元

ISBN7-114-01120-2

U·00729

序

随着我国现代化建设事业的不断发展，我国公路建设事业也有了长足的进步，公路交通以其自身所独有的优势，在国家“大交通”体系中占有十分重要的地位。但与国民经济发展的实际需要相比，我国公路交通仍然处于落后的状态，仍是制约经济发展的重要因素。为此，下大力气尽快改变我国公路交通的落后面貌，已成为刻不容缓的重要任务。我国公路建设的近期构想是，到“八五”期末，全国公路总里程达111万km，其中高速公路为1500km，一、二级汽车专用公路为7000km，二级公路为6.2万km。可以预见，“八五”期间，我国的公路建设事业必将有一个较大的发展。

随着高等级公路建设的不断增多，当前公路建设的基本特点是工程量浩大、工程质量要求高、施工工艺复杂、建设周期要求短，且随着招投标制在我国的实行，要求施工企业注重施工的经济效益，这些要求是传统的人力施工所无法满足的。以现代化生产方式修建公路是当今公路建设的发展方向，而机械化施工则是实现公路建设向现代化大生产模式转变，尽快使我国公路建设摆脱落后面貌的重要措施。交通部已明确提出，在今后公路建设中，特别是高等级公路建设中，要求实行机械化施工，这是保证工程质量、提高经济效益的需要，是今后公路建设事业发展的必然趋势。

公路机械化施工，是指通过合理地选用施工机械，科学地组织施工以完成工程作业的全过程。机械化施工是一门既

需以理论作指导，又需具有实践经验，融机械施工使用知识与土木知识为一体的涉及多学科的实用技术。公路机械化施工主要包括土石方工程施工、路面工程施工、筑路材料与构件的生产、施工技术、施工组织与管理，以及施工机械基本结构和施工使用等内容。不可否认，公路建设从传统施工到机械化施工，确实是公路施工的一次革命，这同时也给我们带来许多新的课题，诸如：如何进行施工机械的合理选型及优化配置；如何有效地组织机械化施工；如何对施工过程进行科学管理；如何进行施工人员技术培训等等。摆在我们面前的课题是巨大的，这就促使我们去积极思考，以探求解决问题的办法。施工实践证明：进行机械化施工，仅有精良的设备是远远不够的，一定程度上讲，有一支技术过硬、业务素质好的机械化施工队伍，才能最大限度地发挥机械化施工的优越性。有鉴于此，我们尝试着编写了这套《公路机械化施工》丛书，以期对公路机械化施工的一些具体理论与实践进行初步的探讨。另一目的则是试图通过这套丛书的出版与发行，提高公路界同行对实行机械化施工必要性的认识，推动施工组织管理的改革。这套丛书是以我们所收集的大量国内外有关资料为基础，以先进性、通俗性、实用性为编写原则，几经修改而写就的。本丛书在内容安排与取舍方面，充分注意了土木知识与机械知识的相互渗透。可以说，这套丛书既是写给从事施工机械使用、管理的专业技术人员阅读的，也是写给土木工程技术人员阅读的。这样做的目的是要使学土木的多了解机械方面的知识，而学机械的多了解土木知识，以期达到在施工中相互配合与协调。

公路机械化施工所涉及的内容十分广泛，这次出版的四

本小册子，即：《路基施工及组织管理》、《压路机选型与压实技术》、《石料的破碎与筛分》、《平地机构造及施工使用》只反映了公路机械化施工的一小部分内容，之所以称其为丛书，目的在于抛砖引玉，希望能够看到更多的关于公路机械化施工的论著出版。我们衷心希望本书的出版发行，能在一定的程度上满足读者的需要。但是，鉴于我们水平有限，这套丛书的疏漏及不妥之处在所难免，希望广大读者不吝指正。

编著者

1990.12.25

山西·太原

目 录

第一章 压实	(1)
第一节 概述	(1)
一、压实目的.....	(1)
二、压实机械.....	(2)
第二节 路基及基层的压实	(7)
一、土壤及其分类.....	(10)
二、土壤的物理机械性能.....	(19)
三、土壤压实机理及影响因素.....	(31)
四、压实机械的施力方法与压实作用.....	(41)
第三节 沥青混合料的压实	(44)
一、柔性路面技术要求.....	(44)
二、沥青混合料的压实.....	(51)
三、影响压实度的因素.....	(68)
第四节 振碾混凝土的压实	(76)
一、混凝土路面.....	(76)
二、RCC的压实.....	(80)
第二章 压路机	(86)
第一节 国内外压路机基本类型及其特点	(86)
第二节 静态光轮压路机	(89)
一、用途及分类.....	(89)
二、滚压理论.....	(91)

三、主要参数·····	(105)
第三节 轮胎式压路机 ·····	(110)
一、轮胎力学特性·····	(112)
二、轮胎运动及动力学·····	(116)
三、充气轮胎碾压原理·····	(123)
四、主要参数·····	(128)
第四节 振动压路机 ·····	(135)
一、振动压实·····	(138)
二、振动压路机主要参数·····	(142)
三、碾压效果·····	(162)
第五节 振荡式压路机 ·····	(167)
一、结构及工作原理·····	(168)
二、压实原理·····	(174)
三、压实效果·····	(179)
第三章 压路机的选型及压实技术 ·····	(184)
第一节 压实效率 ·····	(184)
一、土壤压实生产率的计算·····	(184)
二、沥青铺装层碾压生产率计算·····	(188)
第二节 压路机选型 ·····	(193)
一、压路机选择依据·····	(193)
二、压路机工作参数选择·····	(195)
三、国产压路机·····	(204)
四、国外压路机·····	(216)
第三节 路基及基层碾压技术 ·····	(236)
一、基层碾压技术·····	(236)
二、路基碾压技术·····	(257)

第四节 沥青混合料压实技术	(267)
一、沥青混合料摊铺与碾压的基本要求.....	(270)
二、碾压模式与碾压技术.....	(283)
三、沥青混合料在碾压中易出现的问题及其原因.....	(295)
第四章 压实标准与检测试验	(298)
第一节 压实标准	(298)
一、国外压实标准概况.....	(298)
二、国内压实标准.....	(301)
第二节 压实检测技术	(306)
一、试验室检测试验.....	(306)
二、现场检测试验.....	(340)
参考文献	(366)

第一章 压 实

第一节 概 述

一、压实目的

当今由于交通运输事业不断发展，公路交通密度与负荷量的增大，铁路机车速度的提高，以及大型客机对跑道的要求等促使人们对压实工作的重要性进行重新认识。在我国的公路建设中，为了与现代化施工机械相适应，所采取的重要技术措施之一就是采用重型压实标准，这对于路面结构层材料提出了明确要求，对保证路面质量很有必要。

以往之所以采用自然沉陷和行车碾压来修建公路是由于缺乏碾压机具，交通量小，以及没有重型汽车通行。而在目前我国的各大小施工单位都具有了一定数量的各种类型与型号的压路机，在这种条件下，为加速公路建设，提高路基路面的强度，保证路面的使用质量，必须摒弃以前那种落后的、与现代化交通不相适应的施工方法，必须对路基和路面结构层进行必要的人工压实。

筑路材料的压实过程是向被压材料加载，克服原来松散多相材料中固体颗粒间的摩擦力、粘着力；排除气体或液体；使各颗粒发生位移并相互靠近，使粒料的孔隙率和基础的渗透性下降；材料的密实度增加。通过压实可使路基及路面各结构层材料具有足够密实度，这对于公路路基路面的使用性能及寿命的提高极为有利。因为密实度的提高可增加

路基和路面材料的强度，减少路基路面由于行车荷载而产生的形变，并使筑路材料的不透水性和强度稳定性得以提高。实践证明：从前几年铺筑的路面所存在的过早破坏的现象来看，技术方面的原因主要是不重视路基路面的压实，特别是不重视路基的分层压实，而只是依靠自然沉陷，其次是不重视压实机具的合理选择使用，使工程施工质量及工作效率下降，这些原因往往造成公路路面的过早破坏。

对路基进行必要的碾压使之达到要求的密实度后，路基强度就有了保证，这种路基上修筑的路面都不会因路基问题而破坏。另外，对于柔性路面而言，提高基层及面层的压实度还将增强其承载能力，使其具有更大的抵抗力来抵抗交通负荷所引起的道路变形。研究表明，通过改进压实技术，使压实度略有提高就可以使路面的寿命明显延长。此外，良好的道路平整度除了能改善道路行车性能外，还能减少路面所受的冲击荷载，从而提高道路的使用寿命。而路面平整度及粗糙度同样也是道路施工的内容，它可以通过压实过程来控制。综上所述，人工压实具有极为重要的意义和作用，必须加以重视。

二、压实机械

筑路工程中人工压实方法主要由压实机械压实。压实机械与其它施工机械相比有其特点，首先其作业效果的重要衡量指标是压实质量，而压实机械的作业对象是压实材料，由于压实材料的组成各异，表现出的性质也极其复杂，加之其温度、湿度及工程施工工艺的不同，必将涉及到采用何种压实机械最有效、最合理的问题，其次是压实机械的工作使用率低，使用寿命长。因此就现有的压实机械进行合理的选型与使

用，改进施工技术，提高工作效率是非常必要的。如果压实机械选择不当，不仅影响工程质量，而且限制了其它配套设施能力的发挥，特别是近几年由于高速公路的发展，沥青混凝土与水泥混凝土铺装层的摊铺与压实，均引起世界各国的普遍重视，这对压实设备的选择、使用及施工技术提出了更高的要求。自1862年世界上出现第一台自行式蒸汽压路机以来，至今已有一百多年的历史，在此期间压实机械和其它施工机械一样也根据各种实际工程建设发展的需要而不断发展。特别是自二次世界大战结束以来，由于各国经济的恢复，交通运输量不断增大，从而加速了对机场、公路、高速公路工程的修建，在客观上促进了压实机械的迅速发展，这种发展既有量的变化也有质的变化，也就是为了满足越来越高的压实质量要求而不断推出结构性能优越的新产品。

压实机械类型基本上是沿静态光轮压路机→轮胎压路机→振动压路机→振动平板→蛙式夯→快速冲击夯这样一个顺序发展的，而每种类型系统中又发展了各种各样的机型品种。如果按其压实原理的不同，可分为静压式、冲击式、振动式三种类型。如图1-1所示。

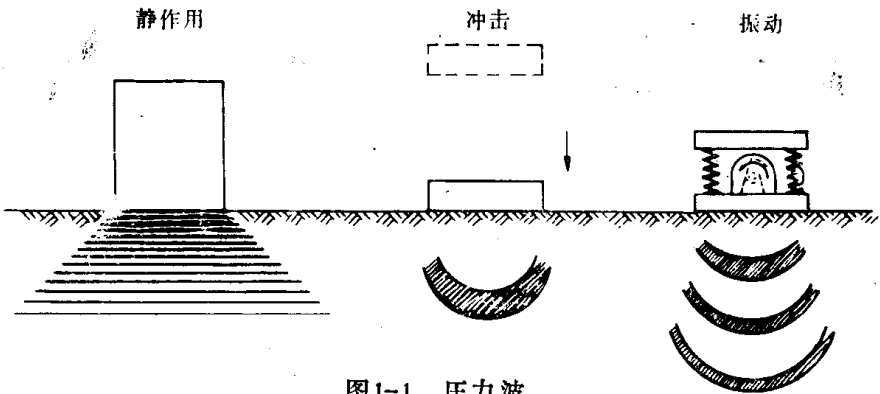


图1-1 压力波

上述三种类型压实机械中，冲击式夯实机虽然压实深度大，压实效果好，但由于生产率低，施工成本高，所以只能作为小型机具在工作范围狭窄地方使用，或作为大型压实机械的辅助设备使用。

静压式是依靠机械的自重作用于土壤的静压力来进行压实的机械。由于土壤存在着内摩擦力，并随着静载增加而增加，因此压实效果和深度受到了限制。属静压作用原理的压实机械又有光轮压路机和轮胎压路机之分。

振动式压实机械是借某一质量为 M 的物体作往复振动，并将振动能量传给所要压实的材料进行压实工作的机械，它具有在静载和动载组合作用下压实的特点，又因为振动力能大大减少土壤和沥青混合料中的内摩擦力，所以具有压实能力大、效果好、生产率高的优点，因而被普遍使用，成为当前压实机械中发展较突出的机种。目前世界市场所提供的各式品种振动式压实机械销售量约占压实机械总销售量的50~80%。在欧洲振动式压实机械生产量大约占总产量的75%或更高，在美国约占总生产量的65%以上，即使是在压实机械方面发展较晚的日本，从目前各种压路机保有量的统计数字来看，也几乎是每两台压路机就有一台为振动式压路机。压实机械除振动平板夯和冲击夯外主要是压路机。近代压路机品种规格较多，因此有了较大的选择余地，可适应不同使用场合的要求。

如前所述压路机按其压实机理主要可分为静力式和振动式两大类。主要有：

①静态光轮压路机：用光轮压路机碾压一定铺层厚度的填土及路面结构层可获得好的密实结果，得到平整表面，此外

它还可以通过灌水、加砂来增加静载的线压力来满足不同要求。静态光轮压路机从机理上虽然已经落后，但它的结构简单，使用维修方便；施工工艺成熟，因此在国内外使用还极为普遍。

②轮胎式压路机：充气轮胎对土壤的压实作用是从轮胎式运输车辆的使用中发现的。对轮胎式压路机的应用始于50年代，但直到60年代才有了较为完善的技术。轮胎压路机的压实原理与光面压路机类似，它可以通过增减配重，改变轮胎充气压力来改变轮胎的接地比压。由于它接地面积大，轮胎与地面相互作用时间长，对压实材料具有一定的揉搓作用，所以有效压实深度较大，压实时不破坏被压材料原有的粘度或压碎骨料，使各结构层之间、骨料之间具有良好的结合性能，从而提高其封闭性。轮胎压路机除了最适宜沥青铺装层的平整压实之外，还能完成很多压实工作。自行式轮胎压路机机动性能好，运输与转移工地方便，现在仍得到各国的重视。

③捣实压路机：捣实压路机最早出现的是拖式羊足碾，羊足碾的特点是单位面积压力大，压实效果、压实深度均比同质量的光面、轮胎压路机高。由于近代铰接式轮胎驱动振动压路机的出现，从而结合产生了较完备的铰接式轮胎驱动振动捣实压路机。带有凸块的捣实轮具有静压、冲击、揉搓及拌和等多种因素的综合作用，尤其是在压实粘性土壤时，捣实压路机几乎成了唯一有效的压实机械。此外在对碎石、砾石土壤混合料进行压实时，易于各种粒度的颗粒掺合，从而得到比较密实的结构。自行式振动捣实压路机对路基及堤坝进行压实作业，可以增大铺层厚度，既有显著的压

实效果，又具有很高的生产效率，但其碾压后表层6~10cm仍是松的，故还需其它压路机碾压。

④振动压路机：目前振动压路机产品可分为拖式和自行式两类，而自行式又可分为手扶式和驾驶式两类。手扶式可分为单轮式和双轮式，驾驶式可分为铰接式轮胎振动压路机、串联式压路机、双轮振动压路机以及组合式压路机等。

(A) 拖式振动压路机

1950年左右开始研制的拖式振动压路机主要用于压实路堤及道路基础层和底基层，也用于机场跑道、大坝和其它建筑工程。一般自重为4.0~6.0t，重型可达15t。拖式振动压路机的滚轮型式有光轮式、捣实式（羊足式和凸块式）。捣实式主要用于压实粘土和其它有较强粘聚力的土壤。由于拖式振动压路机的生产率高，用途广，能碾压各种不同类型的土，并且其购置费和使用费比自行式低，因而在大规模集中填方工程中被广泛地采用。

(B) 自行式振动压路机

目前产量最大，使用最普遍的自行式振动压路机主要有：

①轮胎驱动振动压路机：这种型式的压路机是在单轴牵引车加拖式振动压路机的基础上发展起来的。这种压路机在60年代末70年代初由瑞典Dynamac公司首先制造，随后在欧美国家迅速地发展起来，它除了具有其它类型振动压路机的基本特点外，由于振动滚轮和牵引部分是通过铰链联接，因此操作人员可以远离振动源，对解决隔振问题也比较有利。为适应多种土壤压实，它采用了可调式激振机构，也可将光轮换为捣实轮，再加上它转向灵活、机动性强等优点，几乎能胜任所有的压实工作。

②串联式振动压路机：此种机型一般为全轮驱动，全轮振动的铰接式结构，主要用于公路、街道、机场跑道的修建和维修压实工作。该机特别适用于沥青铺装层的压实，经过对比试验证明，串联式振动压路机压实不同类型的沥青混合料是效果最好的机种。此外在断开振动机构后，它也可以作为静作用压路机用于路面的平整作业，从而实现了一机多用。

此外，经过多年的测试与实践，Dynapac 公司还研制了专供道路表面处理压实用的滚轮外装橡胶套式振动压路机。这种滚轮的振动压实能使石料得到较好的排列，松散石料的数量减少，从而提高了耐磨强度。组合式压路机也是一种70年代在法国出现的新型机种，它集轮胎压路机与振动压路机的优点于一身，在路面铺装层的压实中获得最佳效果，引起了人们的注意。80年代初，瑞典又研制成功一种新型压路机——振荡式压路机(Oscillatory Roller)，并由德国的HAMM公司于1984年首先推出销售于市场，引起各国的极大反响。有关它的优点及工作原理等我们在以后的章节中详细介绍。

第二节 路基及基层的压实

一般道路结构分为路面和路基两大部分，如图1-2所示。路面是指按行车道宽度在路基上用坚硬材料铺筑成的一定厚度的结构层，其目的是为了加强路基，使公路在行车作用和各种自然因素的影响下保持足够的强度、稳定性、平整度和粗糙度，以满足车辆高速行驶的需要。路面又可分为面层、基层和垫层三个结构层，其中基层的主要作用是承受由面层传布下来的行车荷载，是主要的承重层，必须具有足够的

抗压强度和稳定性，才能保证面层的稳定性和良好的使用性能。在寒冷地区基层材料还应具有一定的抗冻性和低温抗裂性。基层一般用碎石、砾石、石灰及水泥稳定类土或各种工业废渣材料修筑。

路基是指路面下的天然土质层或路堤，它是路面结构的起点，起着承受路面传递下来的行车荷载的作用，路基的强度和稳定性直接关系到路面的强度和稳定性，因此路基必须密实、均匀、稳定。除了土壤的组成及分类特性影响之外，路基土质的含水量和压实度也直接影响路基的强度和稳定性。干燥密实土基的抗变形能力大，故强度和稳定性较高；潮湿疏松的土基则强度和稳定性较低。如果路基处于过湿状态，应采取相应的技术措施，改善其工作状态，使其回弹模量不小于20MPa。此外路基还应具有一定的密实度要求，如表1-1所示。在铺筑路面基层之前应检验路基的压实度，使其符合规定的要求。



图1-2 道路结构

人工压实的直接目的是为了提高路基强度，但实际上却没有采用强度，而是采用密实度作为控制人工压实标准的依据，其原理需通过试验说明。

将相同压实条件下的土试件，放入水中浸湿达到饱和状