

机 动 工 程 保 障 技 术 系 列 丛 书

路面器材技术与应用

LUMIAN QICAI JISHU
YU YINGYONG

主 编 李志刚



国防工业出版社

National Defense Industry Press

内 容 简 介

全书共分九章,主要对路面器材的结构技术、论证、设计与分析理论、配套器材、制造技术、试验及器材的应用进行技术了研究论述。其中主要内容包括:路面器材概述,路面器材常用材料,路面器材的总体设计,路面器材的结构设计,路面器材通道的车辆通过性分析,路面器材运输车辆,路面器材的制造,路面器材的试验,路面器材应用等。

本书可作为高等学校公路工程、城市道路工程、市政工程、桥梁与隧道工程、机场工程等专业的教材,或供从事路面器材与装备研制技术人员、公路、城市道路、市政建设、机场建设及交通行业有关人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

路面器材技术与应用 / 李志刚主编. —北京:国防工业出版社, 2012.5

(机动工程保障技术系列丛书)

ISBN 978-7-118-07986-9

I. ①路... II. ①李... III. ①路面施工机械 - 基本知识 IV. ①U415.52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 078386号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15 字数 338 千字

2012 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 38.50 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

编 审 人 员

审 定 刘亚文

主 编 李志刚

编 写 郑 峰 屠义强 樊 军 何晓晖

前言

我国北有以黄河为主、南有以长江为主的水系,大小江河星罗棋布,长江以南广大地区则以水网稻田地为主,密布的水系与水网稻田地给部队战时机动、平时抢险救灾应急机动造成直接的障碍。加之我国当前国民经济建设突飞猛进,公路及道路未到达地区的前期开发也对临时通道的构筑有着巨大的需求。

我国岛屿众多,东部沿海存在着各种不同砂质、泥砂质海滩及滩涂,低潮时滩宽数百米到数千米不等,给部队跨越岸滩的工程保障造成很大的困难。从国民经济建设的角度出发,海岸滩涂则是一笔巨大的土地资源财富,它的有效利用与开发是一项庞大的系统工程。以海岸滩涂资源最为丰富的江苏省为例,因为具有特殊的海岸及江河条件,江苏省海岸带宽度超过 50km,形成了总面积约 24000km² 的特殊沿海辐射沙洲,而且每年都在增长中。随着风电开发规模的扩大,陆上风电受土地资源、风资源、噪声与环境等因素的制约越来越明显,海岸滩涂风电场和陆上风电场比较具有明显的优势,但物料运输、基础施工、风机吊装及风电场的运行维护是滩涂风电开发面临的最为核心的四大技术难题,主要是由于施工受气象、水文、地质、冲刷等多种自然条件影响,施工环境极为恶劣。风电场区在涨潮时被水淹没,退潮时露出陆地,既不能用海上浮吊也不能使用陆上起重机械,导致常规的水陆施工设备均无法在该环境下进行施工作业。陆上风场的运输设备,行驶过程中要求地面承载力高,不能直接在滩涂区施工。所以,海岸滩涂开发中的施工通道构筑问题是首期开发中遇到的首要问题。

路面器材是部队军用应急通道保障的主要装备,一般由运输及作业车、作业机构及路面单元组成,使用时由运输作业车机动至预定地域,由作业机构将路面展开、铺设在松软泥泞地段,利用扩散车辆作用压力的原理保障各种武器装备克服水际滩头、松软泥泞地及海岸滩涂,防止履带或轮式车辆淤陷,保障车辆通行能力。几十年来,我军根据陆上机动作战及登陆作战需求,已经研制出了诸如能够工作在低潮线下浅水海域的浮式海岸滩涂承压通道器材、能够工作在承载力低于 0.02MPa 的泥泞滩涂且能够在全潮位下保障各种吨位的履带式及轮式车辆通行的滩涂通道器材,以及用于内陆水网稻田地区通道的重型及卷筒式机械化路面器材等系列化路面装备器材。总结出了一套根据从潮下带滩涂、潮间带滩涂、潮上带滩涂直至纵深地域障碍及地理条件的不同,采取相应通道器材按梯次保

障的系列化保障策略,能够完成从潮下带滩涂、潮间带滩涂、潮上带滩涂直至纵深内陆水网稻田地区连续不断的通道保障。

路面器材作为工程保障装备,除了在军事应用中不可替代的地位,还具有明显军民两用属性,在国民经济建设中也有着广泛的用途。但作为军用装备,路面器材较少为地方工程技术人员所熟知,很多重大民用工程由于工程地域与地质条件特殊而面临通道工程保障难题。作者根据多年来在军用路面器材研究与运用以及在地方国民经济建设中推广应用的实践,对路面器材的设计、制造、试验、应用、配套器材以及路面器材通道的车辆通过性等进行了论述与总结,以期对军用路面器材的研制与开发有所传承,还期待能使更多的地方国民经济建设者能够了解路面器材,并将之应用于工程实践中,为国民经济建设发挥作用。

全书编写分工:樊军编写第1章;李志刚编写第3、4章;屠义强编写第5章;郑峰编写第2、7、9章;何晓晖编写第6、8章,由李志刚统稿。

编 者

2011年11月于南京

目 录

第 1 章 路面器材概述	1
1.1 路面器材历史及其发展	1
1.1.1 国外路面器材历史及其发展	1
1.1.2 我国路面器材历史及其发展	10
1.2 路面器材分类与特点	15
1.2.1 路面器材组成	15
1.2.2 路面器材分类	17
1.2.3 路面器材结构特点	18
第 2 章 路面器材常用材料	31
2.1 钢材	31
2.1.1 钢的种类	31
2.1.2 钢的标号	32
2.1.3 钢材的规格	32
2.1.4 钢材的性能	34
2.1.5 钢材的容许应力	36
2.2 铝合金	37
2.2.1 铝合金的分类	37
2.2.2 铝合金的标号	38
2.2.3 铝及铝合金加工产品状态代号	40
2.2.4 铝合金的力学特点	40
2.2.5 结构型材	42
2.3 复合材料	44
2.3.1 复合材料的分类	44
2.3.2 复合材料的特性	44
2.3.3 玻璃纤维增强材料	47
2.3.4 土工织物土工合成材料	49
第 3 章 路面器材的总体设计	51
3.1 路面器材总体设计的任务	51
3.2 路面器材设计荷载	52

3.2.1	民用荷载	52
3.2.2	军用荷载	54
3.3	路面器材战术技术论证	58
3.3.1	路面器材战术技术论证的基本内容	58
3.3.2	战术技术论证的方法与途径	59
3.4	路面器材的总体方案论证	60
3.4.1	初选方案	60
3.4.2	方案的筛选	62
3.4.3	方案的定量评估	64
第4章	路面器材的结构设计	67
4.1	路面器材模块结构设计	67
4.1.1	影响路面器材模块结构形式的因素	67
4.1.2	膜结构式路面设计	68
4.1.3	铰接板梁式路面模块结构设计	73
4.1.4	铰接箱式路面模块结构设计	78
4.1.5	可承压浮式海岸滩涂通道器材	82
4.2	路面模块连接设计	88
4.2.1	单销连接	88
4.2.2	丙丁接头的设计计算	94
4.2.3	限制铰接头	99
4.2.4	复合材料路面器材连接接头设计	100
4.3	路面器材防滑耐磨设计	103
4.3.1	防滑耐磨技术研究的现状	103
4.3.2	防滑耐磨技术的分类	104
4.3.3	路面器材防滑耐磨设计要求	108
4.3.4	钢质路面器材的防滑条防滑耐磨设计	109
4.3.5	铝合金路面器材表面防滑耐磨处理	115
4.3.6	复合材料路面防滑耐磨设计	116
4.4	路面器材的折叠运输及展开作业机构	117
4.4.1	以平折方式折叠的路面器材的运输及展开作业机构	117
4.4.2	以竖折方式折叠的路面器材的运输及展开作业机构	120
4.4.3	以卷筒方式折叠的路面器材的运输及展开作业机构	122
第5章	路面器材通道的车辆通过性分析	130
5.1	路面器材的附着系数	130
5.1.1	滑动率	130
5.1.2	附着力与附着系数	131
5.1.3	附着力的试验测试	133
5.2	车辆的行驶阻力	134
5.2.1	压实阻力	135

5.2.2	滑转沉陷与推土阻力	135
5.2.3	粘着阻力	136
5.2.4	行驶阻力功	136
5.3	路面器材车辆通过性的实用分析方法	137
5.3.1	铰接板梁路面器材与土壤相互作用分析	137
5.3.2	铰接板梁式路面器材车辆通过性评判方法	141
5.3.3	铰接箱式路面器材与土壤相互作用及车辆通过性研究	144
5.4	路面器材车辆通过性的数值分析	148
5.4.1	路面器材车辆通过性数值模拟中土壤的本构模型	148
5.4.2	路面器材与土相互作用接触分析参数和算法	151
5.4.3	多次荷载作用土壤响应分析	154
第6章	路面器材运输车辆	157
6.1	路面器材运输车辆概述	157
6.1.1	路面器材车辆的功能	157
6.1.2	路面器材车辆的组成	158
6.1.3	运输车辆的主要技术性能与要求	160
6.2	路面器材运输车辆现状与发展	163
6.2.1	路面器材车辆的现状	163
6.2.2	路面器材车辆的发展趋势	165
6.3	路面器材运输车辆选用及计算	166
6.3.1	车辆底盘选型	166
6.3.2	主要性能计算	167
第7章	路面器材的制造	169
7.1	路面器材制造工艺及准备工作	169
7.1.1	制造工艺设计	169
7.1.2	金属路面工装胎架的制造	172
7.1.3	复合材料路面模具的制造	173
7.2	路面器材金属零部件的加工	174
7.2.1	放样与下料	174
7.2.2	钢料的加工	174
7.2.3	零部件的热处理	175
7.3	金属路面器材的装配与焊接	176
7.3.1	路面器材的装焊特点	176
7.3.2	部件装焊	176
7.3.3	分段装焊工艺	177
7.3.4	箱形模块总装	178
7.3.5	焊接方法要点	179
7.3.6	减少焊接变形和残余应力的方法	180
7.3.7	复合材料的连接	182

7.4 金属路面器材的表面处理	186
7.4.1 除锈	186
7.4.2 涂漆	186
7.4.3 镀锌	187
7.4.4 氧化处理	187
7.4.5 涂油	188
第8章 路面器材的试验	189
8.1 路面器材的模型试验	189
8.1.1 铺设与撤收原理试验	189
8.1.2 关键零部件试验	190
8.1.3 结果与分析	191
8.2 路面器材的工厂试验	192
8.2.1 战技指标验证试验	192
8.2.2 互换性试验	194
8.2.3 路面模块静、动载试验	194
8.3 路面器材车辆通过性试验	195
8.3.1 单项试验	196
8.3.2 综合性能试验	202
8.4 路面器材部队使用试验	204
8.4.1 单车铺设和撤收试验	204
8.4.2 多车铺设和撤收试验	204
8.4.3 通载试验	205
8.4.4 配套使用试验	206
8.5 路面器材可靠性、维修性、保障性试验	206
8.5.1 试验目的	206
8.5.2 试验内容	206
8.5.3 试验方法	206
8.5.4 结果与分析	210
第9章 路面器材应用	212
9.1 路面器材作战应用	212
9.1.1 陆上机动作战	212
9.1.2 渡海登陆作战	217
9.2 路面器材在国民经济建设中的应用	220
9.2.1 陆上经济建设临时交通保障	220
9.2.2 抢险救灾应急通道保障	221
9.2.3 海岸滩涂风电场建设通道	223
参考文献	228



1.1 路面器材历史及其发展

1.1.1 国外路面器材历史及发展

早在第二次世界大战期间,由于在一些主要道路的干线上及桥渡进出口处缺乏足够的和合适的并能快速修复道路的器材,从而使很多军事行动受到阻碍或停顿,贻误了战机。为此,战后各国根据自己的条件进行了制式路面器材的研制。按路面器材铺设及撤收方法的不同,典型的路面器材有以下几种。

1. 由机械化铺设及撤收的路面器材

由机械化铺设及撤收的路面器材有英国 30t 级铝制可卷路面、德国 Krupp 可卷路面、法国的 640SPP 塑料可卷路面和钢质折叠路面、捷克金属车辙路面、苏联金属车辙路面和带式路面器材、德国铝质六角板折叠式路面等。

1) 英国 30t 级铝制可卷路面

英国 30 吨级铝制可卷路面(图 1.1)于 1963 年装备部队,它是由若干挤压成形的铝合金板,通过鱼尾销的连接形成一个表面能防滑、长为 46m、宽为 3.35m 的路面,每平方

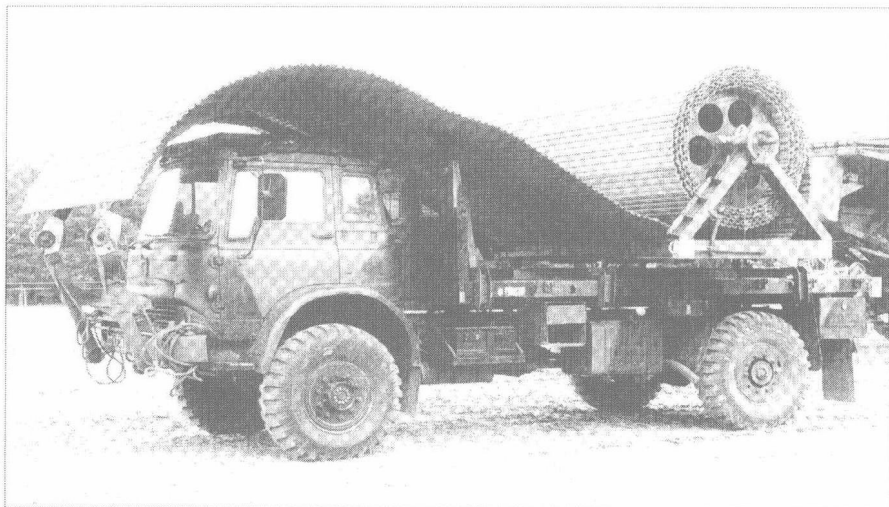


图 1.1 英国 30t 级铝制可卷路面

米质量为 18.5kg。撤收时路面沿长度方向被卷到 6×6 或 4×4 的卡车车架上。随后,车架上的转盘旋转 90°,呈运输状态。这种装车方式可使器材的外形尺寸完全在车辆的平台之内。铺设时转盘旋转 90°后即可处于铺设状态。它能从驾驶室的上方向前铺。一个 3 人的作业组在 10min 内即能完成 46m(每卷)的铺设,整卷路面的撤收由 4 人在 15min 内完成。

类似这种装备的还有德国的 Krupp 可卷路面器材(图 1.2)。



图 1.2 德国 Krupp 可卷路面

2) 法国的 640SPP 塑料可卷路面

法国的 640SPP 塑料可卷路面(图 1.3),在通行轮式载时,一卷路面结构可铺设成长 60m、宽 3.33m 的路面,通行装甲车辆时,铺设长度为 40m。它的装车方式与英国 30t 级铝制可卷路面是相似的。路面的铺设速度为 10m/min。该路面能适应最大为 30% 的纵向坡度及最大为 10% 的横向坡度。

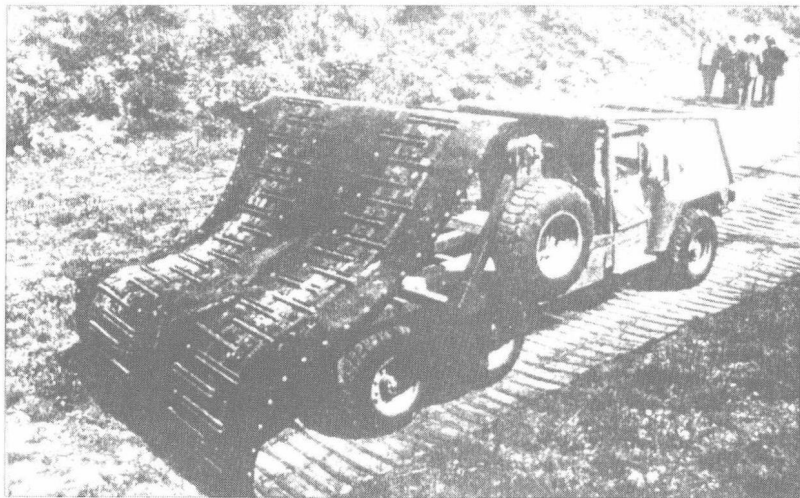


图 1.3 法国的 640SPP 塑料可卷路面

3) 捷克金属车辙路面

捷克金属车辙路面(图 1.4)是由 $1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$ 的钢质板状构件连接而成的,它是用经改装的太脱拉 813(8×8)越野车进行机械铺设。在汽车平台上有两个能装载 40 块相互连接的钢质路面板的盒式装置。铺设路面时车辆先向后倒车到指定位置,然后路面结构被展开成水平状态,而后越过滚轮滑落到地面。捷军应用这种装备器材构筑 PMP 带式桥或其他浮桥的进出口。

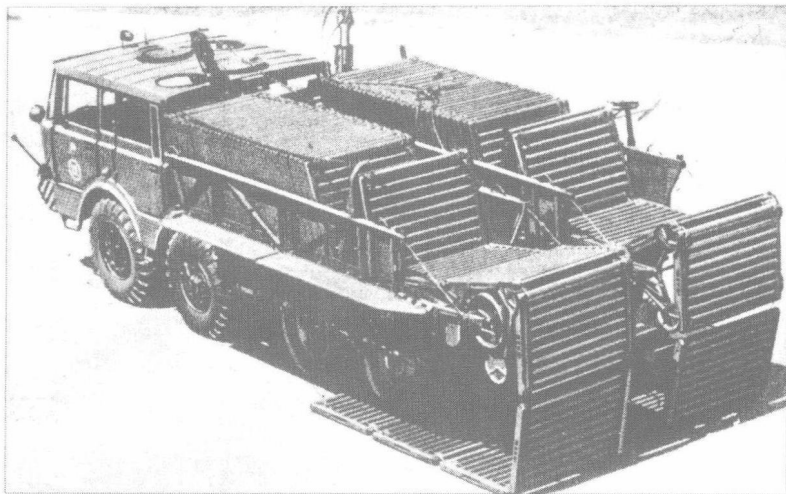


图 1.4 捷克金属车辙路面

4) 德国铝质六角板折叠式路面

德国铝质六角板折叠式路面(图 1.5)是在其装备器材钢质六角板路面的基础上进行改进的,主要是路面板的材料由钢质改成铝质,从而使其每块六角板的质量由 23kg 降低到 10kg,铺设方法为机械化铺设作业。



图 1.5 德国铝质六角板折叠式路面

5) 苏联带式路面器材

带式路面器材车为苏联 ПМП 带式舟桥的配套器材,用于加固土质松软的浮桥渡口进出路。该车由路面作业车和制式路面两大部分组成。带式路面由许多块冲压成形钢板相互铰接,形成一块 11.7m 长,近 3m 宽的带状结构。路面作业车主要设备包括:平台、导索器、制式绞盘、平台机构及可取下的装备索具等。路面是通过作业车上的绞盘及其上的钢索等设备进行装卸车,主要用于加固土质松软的浮桥进出口。它的铺设作业首先是路面器材车倒驶开往预定点,并从车上卸下长钢索,与岸边节套舟的方舟螺杆式承压座连接起来,然后,器材车以一挡车速前进,此时制式路面从车上被钢索拉下,撤收时将器材牵引钢索套环上的索具卸扣与接合板接合,然后收紧绞盘钢索,制式路面离开地面折叠为两层,装上路面器材车然后在平台上固定。它可供履带载 600kN 通过。

6) 法国钢质折叠式路面器材

法国也研制了一种钢质折叠式路面器材(图 1.6),为了提高附着力,在钢板上涂一层含有粒状物的合成树脂。这两种折叠式路面都可由经过改装的 100kN 军用越野车进行铺设和撤收,用德国 MAN10 吨军用越野车,可运载铝质六角板的折叠式路面约 50m。上述两种折叠式路面是在 1982 年秋按照联邦德国与法国的共同发展计划两国各自研制的。对折叠式路面器材的试验样品在难以通行地段上进行了铺设、撤收和通载试验,试验表明工兵部队使用该器材能提高作战部队在难以通行地带的机动能力。

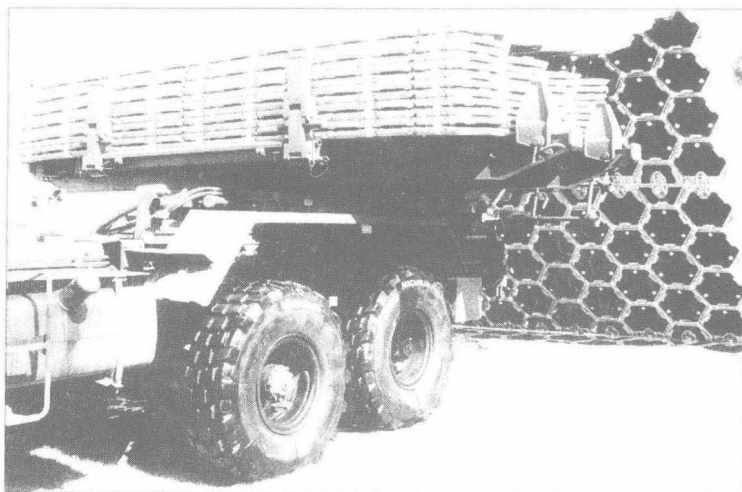


图 1.6 法国钢质折叠式路面器材

7) 印度重型路面器材

印度重型路面器材适用于岸边及沙漠地带使用。它由铝合金板条构成,器材长 50m、宽 3.35m,成卷筒状固定在卷筒支架上,由轮式车辆运输。在沙地或沼泽地带可承受军用车载 30t 级。该器材由士兵将其起始端沿驾驶室上方拉至路面,再由运输车向前碾压进行铺设。铺设速度为 1000m/h。该系统可由具有 4m×2m 承载平台、载重量 50kN 以下的车辆运输和铺设。

8) 巴基斯坦 30t 及 60t 冲击型路面器材

巴基斯坦 30t 级冲击型路面器材(图 1.7)是由高拉力挤压成形铝合金板构成,铝合

金板长 3.352m、宽 0.257m,铝合金板用簧片与槽相连,形成一个宽 3.352m、长 50m 的防滑路面。该路面用于轮式车辆和带有橡胶垫的履带式车辆。当地面情况适宜时,重型车辆也能使用此路面。



图 1.7 巴基斯坦 30t 级冲击型路面器材

30t 级路面由它的输送车辆来完成铺设和撤收。一个带有 50m 长路面的卷筒安装在 50kN 卡车上。整个架设机构包括一个可旋转的转台,上面装有一个带有三个法兰盘的轴和卷筒。路面板卷在卷筒上,通过转台转到恰当的位置以便铺设。卷筒以机械方式可向前后两个方向移动,以便进行铺设和撤收路面板。在铺设和撤收路面板时使用了一个牵引力为 70kN 的绞盘,该绞盘的动力由汽车的传动装置的分动箱提供。卷筒转动时,由一侧的手刹控制转动速度。

铺设机构还包括一个钢结构支架,在铺设时以保障路面板从驾驶室上通过,车辆正常行驶时,该支架可拆下,需要时只需几分钟便可重新安装上。

30t 级路面板的前端首先通过车辆驾驶室的上部铺在地面上,再把它置于前轮的下面,车辆向前行驶,路面板便展开并在卡车的车轮下通过,撤收时在车辆的后部进行。准备和铺设过程大约 3 人一组在 10min 内完成,撤收大约需要 10min ~ 15min。

60t 级坦克路面器材是为轮式和履带式车辆设计,也能支持 60t 级主战坦克通过松软地面,每块路面板长 4.572m,宽 0.228m,结构类似于 30t 级路面器材。每块板的质量为 32.12kg。由运输车进行铺设和撤收。一套长 45m 的路面器材由二辆 Yasoob 6 × 6 卡车来装载,每辆装载 22.5m。这种路面的铺设方式与 30t 级不同,是从车辆后面铺设的。

2. 由机械与人工相结合进行铺设和撤收的路面器材

由机械与人工相结合进行铺设和撤收的路面器材有苏联移动式路面器材、瑞典哥伦布路面器材、英国铝质 60t 级可卷路面、希腊 EBEX 铝质可卷路面、德国钢质六角板路面、美国 MO - MAT 路面、德国铝质路面等。

1) 苏联 SRDP 轻型移动式路面器材

苏联型号为 SRDP 的轻型移动式路面器材(图 1.8),其器材的基本构件是尺寸为

2.5m × 1m × 0.07m 的胶合板(图 1.9),每块重量在 1kN ~ 1.2kN 之间,该路面板上、下表面是 10mm 厚的浸透了塑料的防水胶合板,在中间夹有 50mm 厚的木板,板上有人字形防滑条。车辙板间用销钉相互连接,由人工进行铺设,通常被铺设成两条车辙道,但根据需要也可铺设成较宽的路面。

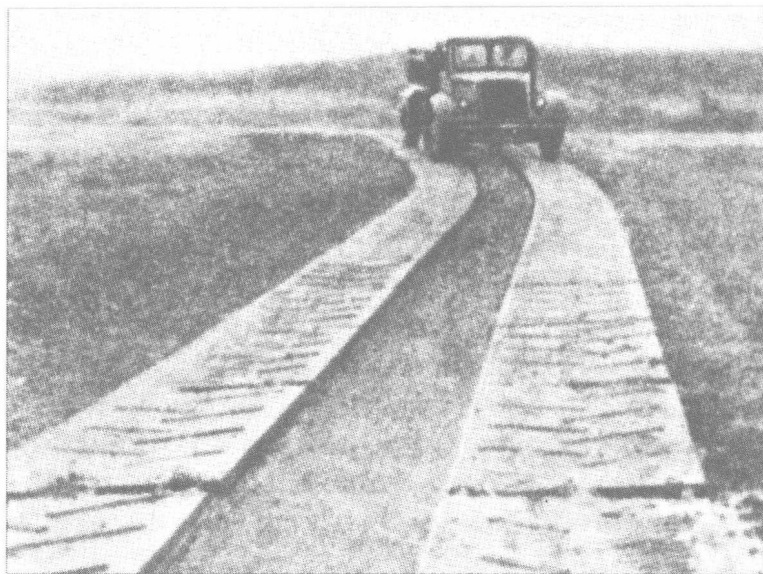


图 1.8 苏联 SRDP 移动式路面器材

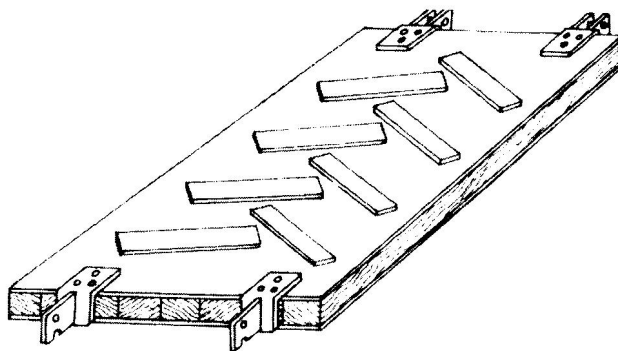


图 1.9 胶合板

2) 苏联的重型移动式路面

苏联的重型移动式路面有 3 种基本形式,其中两种是木质路面,每块木质板构件的重量大致为 1.6kN ~ 2.2kN;第三种形式的路面是由波纹钢板制成的,每块路面板的尺寸为 2m × 1.05m × 0.08m,重量为 1kN ~ 1.1kN,这 3 种形式的路面用机械吊装与人工相结合的方法进行铺设。

3) 瑞典哥伦布路面

瑞典哥伦布路面(图 1.10)是由若干根 $\phi 6.5\text{cm}$ 的聚乙烯管用钢索连接而成,每卷能组成 5m × 4.5m 的路面,在较松软的地基上能通行轮式车辆或轻型的履带车辆,还可用作飞机临时跑道,器材由普通卡车运输。

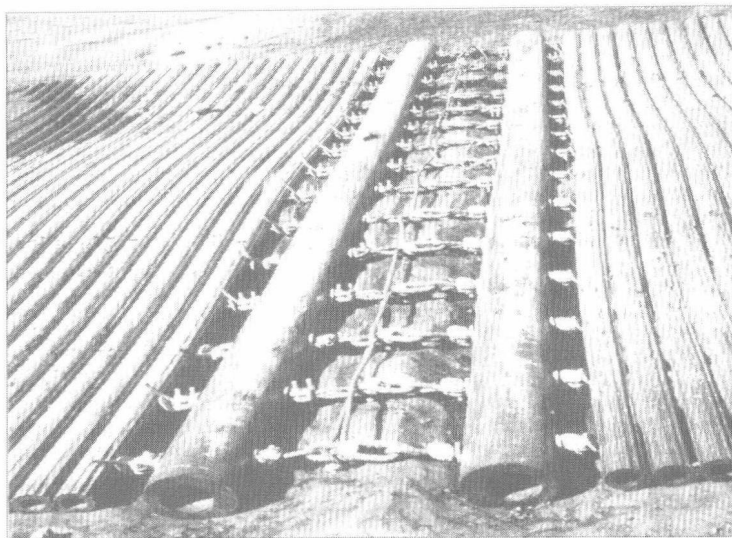


图 1.10 瑞典哥伦布路面

为适合重型车辆在渡口的使用要求,瑞典研制了一种称为 MT 的通载路面,整个器材包含 4 块路面及钢锚梁、链条、地锚架、提升架等辅助设备。整套器材重量 56kN。铺设的方法是将路面和提升架在河岸的一侧进行人工装配作业,然后利用对岸的绞盘将它们拖入水中,一旦路面处于预定状态后即由立柱固定。

4) 英国铝质 60t 级可卷路面

英国铝质 60t 级可卷路面(图 1.11)于 1967 年装备部队,它是由若干挤压成形的铝合金板组成,但每平方米重量为 340N(为 30t 级的 1.84 倍)。它能组装成 18.3m × 11.6m 的飞机跑道及 7.6m × 4.6m 的 60t 级车辙路面。它由人工铺设作业,一个 10 人的作业组在 4h 内能组装一块 18.3m × 11.6m 的飞机跑道。它的运输方式主要为散装,两辆 40kN 卡车能运输装配 18.3m × 11.6m 的飞机跑道所需的全部物件,一辆 30kN 卡车即能运送

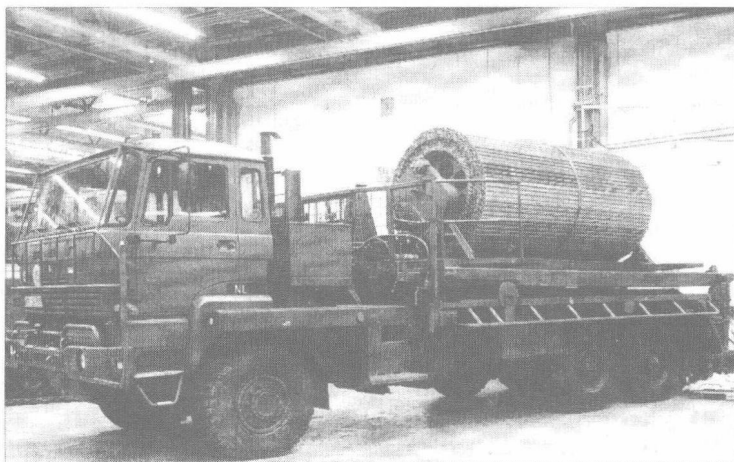


图 1.11 英国 60t 级铝制可卷路面

15.3m×4.6m 的车辙路面。它也可以单个预先组装好可卷路面由装甲工程车或其他运输车输送。

5) 德国钢质六角板路面

德国钢质六角板路面(图 1.12)是德国部队的装备器材,它由带钩和圈环的六角形金属板(铸钢)构成。在铺设时以铰接形式相互钩住,组合成一个相互连接的板状整体。每块六角板重 230N,用 9 块六角板就能形成宽为 4.2m 的车辙道,每平方米约重 900N。这种路面器材由人工铺设,当作业手为 8 名时,每分钟可铺设 1 纵长米的路面。另外,它在铺设时可在掩蔽的条件下进行装配,然后再用绞盘拖曳离开组装点到达指定位置。它可供 600kN 履带载通过。

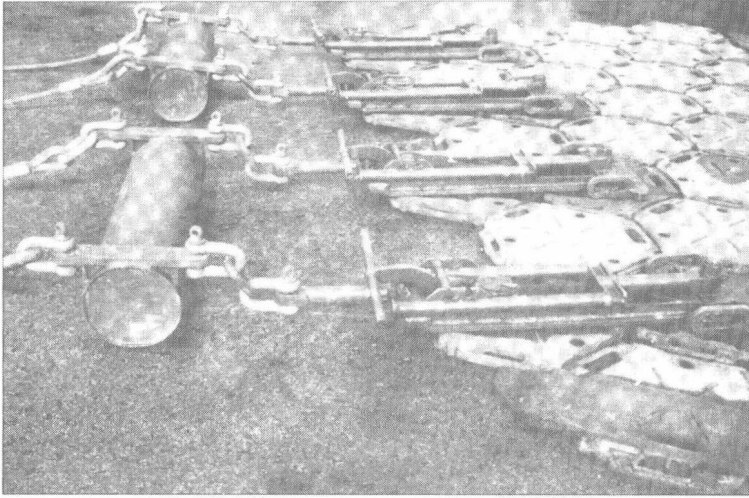


图 1.12 德国钢质六角板路面

6) 希腊 EBEX60t 级可卷路面

希腊 EBEX60 吨级可卷路面是由若干经热处理的挤压成形的铝合金板块及附件所组成。它能组装成 11.7m×18.4m 的机场跑道及 40.4m×4.6m 的 60t 级车辙路面,它的铺设方法与英国铝质可卷路面相似,都是由人工进行组装,用普通卡车运输。

7) 美国 MO-MAT 路面

美国 MO-MAT 路面(图 1.13)主要用于淤泥、沙地和雪地等地区保障轮式车辆的通过,此外还可用于直升飞机的停机坪。它是用高强度弹性玻璃纤维增强塑料制成的,在成形时被压制成类似于华夫饼干的格式横断面结构,其总厚度为 16mm,有效厚度有 2.2mm 和 3.3mm 两种,且上表面粘结有耐磨的防滑层,在使用时当出现由频繁的通车所引起的路面过度上拱时,可通过铺设双层 MO-MAT 路面增加路面的宽度,同时按交通类型方式通车的办法予以解决。MO-MAT 路面能卷紧固定在托板上以便于运输,同时在不需要特殊工具或设备的条件下能进行人工铺设和撤收作业。

8) 德国铝质路面

德国铝质路面可以用于所有不平整地面铺设车辙道。使用极限在黏土上硬度为 0.5,即很松软土壤。它是模铸的,为方形,相邻板间用“T”字形钢质连接件互相连接。可