

土方工程机械化施工

黑龙江省国营农场总局编

人民交通出版社

T076
0075

土方工程机械化施工

黑龙江省国营农场总局 编

人 民 交 通 出 版 社

Tufang gongcheng Jixiehua Shigong

土方工程机械化施工

黑龙江省国营农场总局 编

责任编辑：石道全

封面设计：涂 浩

技术设计：王义霖

插图设计：赵跃华

责任校对：戴瑞平

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：26 字数：630千

1988年1月 第1版

1988年1月 第1版 第一次印刷

印数：0001—4,730册 定价：8.55元

02-158-158-2

统一书号：15044·1884

内 容 提 要

本书概述土（包括冻土和软土）的工程特性；提供常用土方机械的技术性能及其选择原则，着重阐述暖土、软土、冻土和石方的开挖或爆破的机械化施工方法；介绍土方压实、冲填及冻土填筑工程的施工工艺并详述大、中型土方工程机械化施工的组织与管理工作。

这是一本理论与实践相结合的专业技术书籍，可供公路、水利电力、铁路、国防以及工业与民用建筑部门的科技人员、施工管理干部及技术工人阅读，也可作为大中专院校土方施工教学参考资料。

前 言

土方工程在各种基本建设项目中占有很大的比重，如果处理得当，可以大大节省投资和缩短工期。现代化土方工程施工，要求在科学的统筹组织下，选用最适宜的施工机具及施工方法，以达到优质、高效、安全、低耗的目的。本书试图以以上目的为前提来阐述土方工程机械化施工的有关问题。

在1972~1979年间，黑龙江省相继完成的二(龙)抚(远)公路、福(利屯)前(进)铁路、北部引嫩(江)工程、三江平原别拉洪河治理等大型土方工程中，机械化施工发挥了巨大的作用。大队伍、长战线的施工组织，一系列新的施工方法，特别是难度大的沼泽地和冻土施工的新工艺的采用，都为土方工程机械化施工谱写了新的篇章。为了系统地总结这些经验，以利于今后的工作，我局王玉林、唐继宏、王金璞、刘铁南等同志组织参加上述工程的几位工程技术人员编写成《土方机械化施工》一书。徐基荣、汤恩贵、侯伯宏等同志也参加了部分工作。

本书初稿曾于1981年内部刊印征求意见。中国农业工程研究设计院刘今晞、许燮谟、罗必武；水利电力部徐世钧；交通部公路规划设计院祝心树；黑龙江省三江平原开发治理总指挥部晏祖寿；青海工农学院张中兴；东北农学院丁福库；黑龙江省国营农场总局设计院杨爱费、李重祥、郭大本、徐陞明、胡大严以及农场总局水利工程局于本德等同志提供了宝贵意见。在此一并致谢。

我们根据收集到的意见并参考国内外的许多资料，对初稿作了较大的修改和补充，并改名为《土方工程机械化施工》。现由人民交通出版社出版，公开发行，以满足广大读者的需要。

本书是在我局刘文举、朱文熹等同志的领导和支持下，由唐继宏、韩大举、李云凌、金明山、梁德生等工程师编写，全书由梁德生统稿，书中插图由王水梅工程师绘制。

由于我们水平有限，书中的不妥和错误之处在所难免，谨请读者批评指正。

编 者

1985年8月

绪 论

土方工程机械化施工，是指使用机械来完成土方工程作业的全部过程，包括施工土方、施工机械、施工技术、施工组织及施工管理等部分。它需要理论与实践紧密结合的专业知识，是一种涉及多种学科的现代技术。

土方机械化施工，主要用于铁路和公路路基的填挖方，基本建设工程的开挖与整平，港口及河道的整治，电缆和地下管道的埋设，农田水利建设中的土地整平、梯田修筑、沟渠开挖与清理、堤坝的填筑和荒原开发等各个方面。

一、土方机械化施工的由来和作用

土方施工由来已久。自有人类耕种田地以来，就有原始的土方施工。早在“刀耕火种”时代，就已开始了拨土种地。公元前二十一世纪出现了我国历史上著名的大禹治水，这就是我国劳动人民最早的大规模土方工程施工。春秋战国时期有了较大的发展，周礼中有“以潴蓄水，以防止水，以沟荡水，以遂均水，以列舍水，以浍泻水”的记载。公元前六世纪，楚国人民兴建了芍陂（即安丰塘水库，在今安徽省寿县西南）；公元前三世纪，秦朝李冰父子率领人民修建了都江堰水利工程；秦始皇为防御外患，开始修筑了闻名于世的万里长城。隋朝时期修造的京杭大运河，是当时水上运输的命脉，至今盛名不衰。所有这些工程都是动员几万乃至几十万人民修建的。但那时的土方施工均为笨重的肩挑人扛，使用的工具也只有锹、镐、耙、筐等简陋工具。查古代王桢《农书》卷十二·农器图谱六，耙扒门上即有刮板图案。图中说：“刮板、划土具也，用木板一叶，阔二尺许，长则倍之，或锻铁为舌，板丁直尺二茎，高出板上，概以横柄。板之两旁，系二铁环，以环曳索。两手推按，或人或畜挽行，以划壅脚土……。”日本《农用器具发展》曾记载：“……推刮器具，雏型板平，进成瓮片，利刮壤土，集堆于前，唐人传之”。这就说明我们的祖先，早在二千多年前就已开始力图摆脱沉重的体力劳动，发明了刮土板。这种用于刮土、平土和推集土壤的刮土板，实际上正是我国最早的平土、推土铲的雏型，只不过是木制板面铁铲刀，以人或畜力推动或曳引而已。在以后漫长的岁月里，土方工程用的工具有着长足的发展，犁、耙、锹、铲、筐等破土集土工具相继出现，但没有摆脱人力操作和畜力牵引的范畴。

随着工业革命的发生和发展，出现了动力机械。人们开始研究在拖拉机后部用绳索牵引刮土板来运集土壤。由于它不能自行开路，通用性和对各种条件的适应性都很差，经过不断的生产实践和研究改进，现在已把工作部件置于拖拉机的前部，其形状也由平面刮板发展成曲面或复合曲面的推土铲，而铲刀又是用高强度合金钢做成的。同时铲刀又能调节入土角度，推土时可使土层沿铲刀翻落，既减少了推土阻力，又增加了载土量，从而大大提高了推土性能，使其结构逐渐完善，形成为现代的推土机，也是世界上普遍应用的主要土方施工机械之一。

据记载，推土机在世界上已有八十多年的发展历史。十九世纪末至二十世纪初，欧洲的一些国家就开始生产推土机，近三十年来发展很快，型号和品种也很多。据不完全统计，目

前世界上约有140多种不同种类、不同型号的推土机械，就功率来说，最小的只有 5.15kW （7马力），如英国的MG-40履带型和日本的洋马手扶式机械；最大的有 735.5kW （1000马力），如美国的卡特匹勒D₉G双履带型和D₁₀型推土机，且生产的批量都很大。仅卡特匹勒和日本的小松两大专业公司就年产不同功率和类型的推土机42,000多台。

美、英、法、日等国的跨国公司和苏联等东欧国家在生产推土机的基础上，又相继研制出铲运机、铲抛机、挖掘机和冲填、钻孔机等等。

土方机械为什么发展这样快？第一是各国工农业的发展，土方工程量的急剧增加，需要有先进的土方施工机械相适应，比如许多国家的高速公路、铁路、地下铁路和隧洞、大型厂矿及大规模的农田建设，每年都需使用大量性能良好、适用性强、效率很高的土方机械来施工。目前，一些经济发达的国家，90%以上的土方都是由机械来完成的。第二是各国为了提高经济效益而不断地研制各种多性能的土方施工机械和机具，促使土方机械化施工的范围不断扩大。第三是现代科学技术的发展，为土方机械的现代化提供了技术条件。

在国外，土方机械目前仍然处于改进和提高阶段，并有大大发展的趋势。一些发达国家的机械公司都设立了完整的土方机械研究中心，例如美国的卡特匹勒公司，就拥有一个研究中心，科技人员3000多名。这样就可以不断地研究和制造出适用于各种自然施工条件的新型机械。苏联近年研究成功的利用空气润滑、液体润滑机械装置以及振动、爆破土壤的新技术，可以大大提高土方机械（推土机、铲运机）的工作效率。美国、日本也在研究这些项目。我国也试制了气体润滑开沟犁和推土机的振动装置等。

除此之外，一些国家生产了一批一机多用机械（“推土铲-铲运斗-装载头-抓土夹”），即把四个部件设计成一个整体的工作装置，称做“四合一”通用铲斗。

我国自1957年生产出第一台拖拉机后，到五十年代末才制造出推土机，并开始应用在工农业生产上。六十年代初期生产了一批仿苏的铧式开沟犁和筑埂机，中期开始自行设计平地机、开沟机、铲运机等。七十年代中期制造出旋转开沟机、装载机、凿岩机，打眼破冻土及冲填、碾压等机械。随着工农业生产的发展，土方机具的研制和生产取得了很大的进展，品种和数量都有较大的增长。现在我国已经开始生产大功率的推土机、铲运机和挖掘机。陕西省黄河工程机械厂装配的D-80型 132.4kW （180马力）及 161.8kW （220马力）的推土机还带有松土器；黑龙江省嫩江地区的农业机械研究所，制造出与东方红-75配套的铲运机，斗容量达 5m^3 ；我国自行设计、自己制造的最大的挖掘机已在辽宁省批量生产。这种挖掘机的斗容量为 12m^3 ，爬坡能力强，牵引力大，操纵灵活、效率高。

随着土方施工机械的出现和发展，我国使用机械进行铁路、公路、矿山、码头、工业与民用建筑、水利建设等方面的施工也蓬勃地发展起来。

二、土方工程机械化施工的特点和要求

土方工程的机械化施工是减轻劳动强度、提高工效、加快基本建设速度、保证工程质量、节约资金和降低成本的重要手段，和人力施工相比有如下一些特点：

（一）能完成独特的施工任务。在大型工程中，有些工序或项目（如水下工程）是人力劳动做不到的，必须借助于机械才能完成。

（二）能改善劳动条件。使用操纵灵活、威力巨大的机械，可代替千百人的体力劳动，并能在一定的工期和有限的工作面上完成大量的土方作业。

（三）大幅度提高劳动生产率。一台斗容量为 0.5m^3 的挖掘机可代替80~90人劳动；一台

中型推土机约等于100~200人的工作量；斗容量 5m^3 的铲运机可代替300人的工作。由此可见，机械施工和人力劳动相比较，其效率可提高几十倍或百倍以上。

(四) 调转灵活。对于施工战线长的工程，机械调转比起大批人员转移要灵活方便得多，适用于流动性大的工程。

但是，机械化施工也有其特殊的要求：

(一) 需要严密的科学施工组织与管理。需要有充足的燃料能源、附属设施和维修设备、零配件供应及相适应的运输条件，更需要具有一定业务专长的技术干部和技术工人。

(二) 需要配备相适应的足够数量的机械设备。对于不同的条件、不同的工程和不同的规模，需要选配不同类型和相应规格的机械。

三、我国土方机械化施工的现状和发展方向

目前，我国大规模的机械化施工，仅集中在国家投资的一些大型工程和机械化水平较高的大型国营企业。据1979年的不完全统计，全国已拥有东方红-75型推土机三万多台，一半以上集中在国营企业中（见下表）。

几处大型水利工程拥有的机械设备表

工程名称 机械项目	葛洲坝	乌江渡	白山	引 嫩	别拉洪河
主要施工机械设备数量 (台)	2665	609	514	506	803
机床修理数量(台)	650	143	123	76	107

从表中可以看出，这些大型工程主要是依靠机械来施工，而且机械拥有量都很大。葛洲坝水利枢纽工程基本上做到了全部机械化施工，成为我国目前最大的一个机械化施工项目。

我国机械化水平较高的黑龙江垦区，近年来使用机械进行土方施工尤为突出。该垦区1958年仅有推土机、铲运机18台，1972年有433台，1977年增加到949台，1979年就达到1275台（不包括由农用拖拉机改装的部分），1981年达1340台，其他土方机械773台，而目前又从美国、日本等国引进一些大型机械，年完成土方量都在 $20\sim 30\text{Mm}^3$ ，即 $20000\sim 30000\text{km}^3$ 。特别是在1972~1974年的黑龙江省北部引嫩工程和1977~1978年三江平原别拉洪河工程、福前铁路和二抚公路工程的施工中，机械化程度更高。引嫩工程 23Mm^3 即 23000km^3 土石方，机械化作业完成70%；别拉洪河工程 16.57Mm^3 ，即 16570km^3 土方、福前铁路及二抚公路土石方的开挖与填筑，几乎全部是用机械完成的，并做到了常年机械化施工。

从全国来看，近几年来国家发展和开发的大型工程项目很多，土方机械化施工将会出现新的发展趋势。

我国大功率土方工程机械化的出现和大批量的生产，以及专用机械（湿地、沼泽地用的低比压推土机、水陆两栖挖泥机），一机多用的综合机械，新技术、新结构、新工艺、新机型等高度通用化、系列化、标准化的研制，将改变我国目前土方机械化施工的现状。特别是近些年来，我国相继从苏联、法国、意大利、英国、联邦德国、日本、美国引进了一批先进的重型土方机械，对加速我国大型工程施工及机具的制造提供了有利条件。但是，应该看到，我们的机械化水平特别是综合机械化水平还不高；施工人员机械装备率偏低；管理水平

较差；设备利用率、完好率还不高。

冻土和软土机械化施工的特殊性

冻土和软土（沼泽）的机械化施工，对土方工程施工影响很大。据统计，我国多年冻土（超过二年不融化）的面积为206.8万平方公里，占全国总面积的21.5%；季节冻土（超过一个月以上）的面积为513.7万平方公里，占全国总面积的53.5%。可见，如何解决冻土施工对全国基本建设来说，有着重要的意义。特别是我国西北、华北和东北地区，冬季结冻期很长（多者半年以上），且冻土层很深（如东北北部地区，冻深达2m以上），冻土坚硬，施工条件恶劣，工作效率低，大大影响了冬季施工的进度，并增加了成本。如何解决这些地区冬季施工的机械化是一个重要问题。

黑龙江省冻土施工发展很快，机具品种不断增加。特别是近十多年来，黑龙江垦区各国营农场的冻土施工机具和施工方法都有很大的发展，其中红兴隆管理局、友谊农场等单位专门研制了一些小型冻土机械。在黑龙江省北部引嫩工程施工中，发展了过去的冻土施工方法，采用机械“切豆腐块”、“拣豆腐渣”、“地道战”掏暖土、“推槽炸埂”、“机械撬块搬运”等一套冬季“撵冻层”，春季“抢化层”的施工方法。1977年在三江平原的别拉洪河施工中，又比较系统地进行了机械化冻土施工，取得了比较成熟的经验。

我国沼泽地（软土类）总面积为11万平方公里，黑龙江省三江平原是我国沼泽地的主要分布区之一，据统计约有3万平方公里。这些轻重沼泽地，已经成为我国现阶段开发商品粮基地的主要荒源。在沼泽地进行土方施工，一直是个难题，尤其是利用现有的一般土方机械来施工难度更大。然而，在别拉洪河主河道开挖工程中，针对各时期的冻土、软土的不同特点，采用上述一些方法，借助于通用土方机械并辅之以小型机具完成了轻重沼泽地的施工，积累了不少经验，将在本书的有关章节中分别予以介绍。

五、本书的基本内容

本书以总结黑龙江省大型土方工程机械化施工的实际经验为基础，搜集全国有关铁路、公路、水利枢纽工程和省内国营农场土方机械化施工的先进方法，并参考国内外土方施工的理论及先进技术编写而成。全书共分八篇三十章。第一篇论述土（包括冻土、软土）的工程特性及对施工的影响；第二篇介绍目前（主要是国内）常用的土石方施工机械，包括推土机、铲运机、挖掘机、铲抛机、清淤机、压实机、平土机、凿岩机、钻孔机、挖泥船和各种起重运输机械，还介绍了冻土犁、冻土劈、冻土铲、冻土锯、冻土钻等小型施工机具；第三篇介绍暖土开挖工程机械施工，其中着重介绍推土机、铲运机等的高工效施工方法；第四篇详细介绍软土（沼泽地）机械化施工的特殊方法，主要阐述在三江平原沼泽地区利用现有机械（主要是推土机）的一系列施工方法；第五篇专门介绍北方地区的冻土施工，采用科学的方法将天寒地冻的不利条件，转化成适宜于机械化施工的有利因素，以及采取的一系列特殊的施工机具及方法；第六篇专门介绍土方压实、冲填及冻土填筑工程的施工方法；第七篇介绍石方爆破工程的施工方法；本书最后一篇详述大型基本建设土方工程搞好机械化施工的组织管理问题。

总之，本书涉及面广，内容丰富，既有实践经验，又有理论阐述，并列出了计算方法与数据，对于参加土方工程机械化施工的读者将会有一定的帮助，并可供有关专业院校作为教学参考书。

目 录

绪 论	I
-----	---

第一篇 土的工程特性

第一章 土的基本特性	1
第一节 土的组成	1
第二节 土的物理特性	7
第三节 土的力学特性	12
第四节 土、石的工程分类	19
第二章 冻土	24
第一节 概述	24
第二节 冻土的构造	28
第三节 土的冻结过程的特性	29
第四节 冻土的物理特性	31
第五节 冻土的力学特性	32
第六节 冻土解冻过程的特性	36
第三章 软土	37
第一节 概述	37
第二节 软土的物理特性	37
第三节 软土的力学特性	38
第四节 沼泽地的工程特性	41
第五节 软土的工程分类	44

第二篇 土石方机械

第四章 铲运机械	47
第一节 推土机	47
第二节 铲运机	54
第三节 松土器	57
第五章 挖掘机械	61
第一节 单斗挖掘机	61
第二节 多斗挖掘机	67
第三节 开沟机 铲抛机 清淤机	68
第四节 挖泥船	72

第五节 鼠道犁	77
第六节 铺管机	79
第六章 平地机 压实机械	86
第一节 平地机的分类及主要技术性能	86
第二节 压实机械的分类及主要技术性能	89
第七章 冻土和石方机械	103
第一节 冻土机械	103
第二节 钻孔机	110
第三节 凿岩穿孔机械	112
第四节 破碎机	130
第五节 筛分机	139
第八章 运输与装载机械	140
第一节 汽车	141
第二节 拖拉机	149
第三节 轨道运输机	152
第四节 带式运输机	156
第五节 索道运输	157
第六节 装载机	157

第三篇 暖土开挖工程施工

第九章 推土机施工	162
第一节 推土机的生产效率	162
第二节 推土机的作业方法	165
第三节 推土机的均衡开挖	169
第十章 铲运机施工	172
第一节 铲运机的生产效率	173
第二节 铲运机的作业方法	177
第三节 铲运机的行驶路线	178
第四节 特殊土料的铲运	179
第十一章 推土机和铲运机的联合作业	179
第一节 推土机和铲运机适用范围的比较	180
第二节 联合作业	180
第十二章 挖掘机施工	183
第一节 单斗挖掘机施工	183
第二节 多斗挖掘机施工	193
第十三章 土方工程整型	195
第一节 平面整型	195
第二节 坡面整型	197
第三节 平地机生产效率的计算	198

第四篇 软土开挖工程施工

第十四章	抢化层施工	200
第一节	北方早春施工.....	200
第二节	早春防冻促融措施.....	201
第三节	抢化层作业.....	203
第十五章	淤泥施工	205
第一节	常规推土机作业.....	205
第二节	常规挖掘机作业.....	209
第三节	陷车的预防与处理.....	210
第十六章	水下施工	212
第一节	常规推土机作业.....	212
第二节	雨季作业.....	214
第三节	水陆两用挖掘机作业.....	215
第四节	挖泥船作业.....	217

第五篇 冻土开挖工程施工

第十七章	北方冬季施工条件的利用	228
第一节	冬季施工的特点及组织原则.....	228
第二节	冬季施工排水.....	230
第三节	防冻与促冻.....	233
第十八章	冬季暖土施工	237
第一节	连续作业.....	238
第二节	切暖土撵冻层作业.....	238
第三节	松暖土撵冻层作业.....	240
第十九章	单种机械破冻土施工	241
第一节	松土式破冻作业.....	241
第二节	冲击式破冻作业.....	242
第三节	切割式破冻作业.....	243
第二十章	多种机械联合破冻施工	244
第一节	冻土犁和冻土劈平行穿插作业.....	244
第二节	冻土犁和冻土劈上下分层作业.....	245
第三节	冻土犁和冻土锯联合作业.....	246
第四节	冻土劈和冻土铲联合作业.....	247

第六篇 土方填筑工程施工

第二十一章	填筑工程	248
第一节	填筑工程种类与分级.....	248

第二节	填筑工程的特点和要求	249
第三节	土料场的调查复核	250
第二十二章	土方压实工程施工	252
第一节	压实原理及其主要参数	252
第二节	土料的运输及处理	263
第三节	填筑工程基础的处理	266
第四节	土料的填筑及压实	268
第五节	砂石路面的填筑与压实	272
第六节	冬季土方填筑	276
第二十三章	土方冲填工程施工	280
第一节	概述	280
第二节	水力冲填施工	282
第三节	水中填土施工	288
第四节	土中灌水施工	293

第七篇 石方爆破工程施工

第二十四章	爆破的基本概念	295
第一节	爆破的基本原理	295
第二节	爆破器材	299
第三节	钻眼爆破	302
第二十五章	爆破方法与爆破技术安全	306
第一节	爆破的基本方法	306
第二节	控制爆破	308
第三节	特殊爆破	312
第四节	爆破技术安全	317

第八篇 施工组织与管理

第二十六章	施工组织设计	321
第一节	土方工程基本建设程序	321
第二节	施工组织设计的作用和内容	323
第三节	施工组织设计的基本资料	325
第四节	编制施工组织设计的依据	326
第五节	施工方案的拟定	327
第六节	施工总体布置	331
第二十七章	施工机械的选择	345
第一节	施工机械的工作参数	345
第二节	选择施工机械的基本原则	346
第三节	施工机械的选择方法	348

第二十八章 工程概(预)算	352
第一节 工程概(预)算的作用和编制原则.....	352
第二节 工程概(预)算文件的内容及项目划分.....	352
第三节 工程概(预)算的编制.....	354
第二十九章 施工劳动组织	360
第一节 施工组织机构和施工队伍的组建.....	360
第二节 劳动力和机械的组合形式.....	362
第三节 任务承包及其责任制.....	363
第三十章 施工管理	365
第一节 工程技术管理.....	365
第二节 机务管理.....	383
第三节 财务管理.....	388
第四节 物资管理.....	393
第五节 安全管理.....	397
主要参考文献	399

第一篇 土的工程特性

土是人类赖以生存的主要资源。人类在生产实践的各个领域，为了生产的需要，从不同角度对土进行了大量的研究，如农业上将土地做为生产资料；工程上则将土做为地基和材料等。

然而，在土方施工中，无论是土方的开挖还是填筑，土只是做为施工的环境和材料而存在。因此，可以把土看成是土方施工的对象和载体。

本篇仅就与土方施工有关的土的基本特性加以简述。

第一章 土的基本特性

土是岩石经受风化、搬运、沉积等过程后的产物。是由各种矿物颗粒（土粒）所组成，土粒间具有大量孔隙。在这些孔隙中，有时充满着水，形成饱和土，其性质柔软；有时充满空气，形成干土，干土有的坚硬，有的松散；如果孔隙中既有液态水，又有气态的空气，则成为湿土，其性质介于饱和土和干土之间。在自然界中湿土是最常见的。

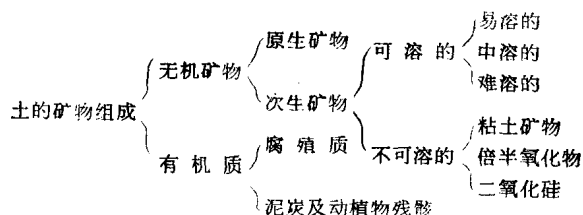
显而易见，土的基本特性，是受土中各相组成物的特性、相互间的作用和相对含量的影响。

第一节 土的组成

一、土的矿物组成

（一）土的矿物颗粒

1. 土的矿物组成。其组成主要决定于母岩的成分及所经受的风化作用。据此可将土中矿物归纳为以下几种基本类型：



上述矿物颗粒，以其物理-化学形式共同组成了土的固相骨架或称之母质。由于各种矿物含量不同及所具有的特性程度不同，而使土的特性显示出很大差异，这就形成了土的不同类别。例如，以原生矿物（粗粒）为主要成分组成的土类为砂性土；以次生矿物（细粒、粘粒）为主要成分、显示出次生矿物特性的土类为粘土。

2. 土粒的级配。任何一种土都是由大小不同的颗粒所组成，这些颗粒尺寸很难逐粒测

定, 为了满足工程上的需要, 可以将颗粒按其粒径大小进行分组, 且各粒组内的颗粒性质尽量一致。

这样就可以把土看成是由一些大小不同、性质各异的粒组组成的。各粒组在土中相对含量的多少, 决定了该土的性质。通常将组成土的颗粒的大小和相对含量称为土的级配。各粒组的相对含量用占干土重的百分数表示。粒组划分见本章第三节。

(二) 土的结构

土的结构是以土粒为基本单元的, 系指土粒在沉积过程中自然形成的空间排列, 它反映了土粒单元的大小、形成、相互排列及其联结关系等综合特性。其基本类型有四种(图1-1):

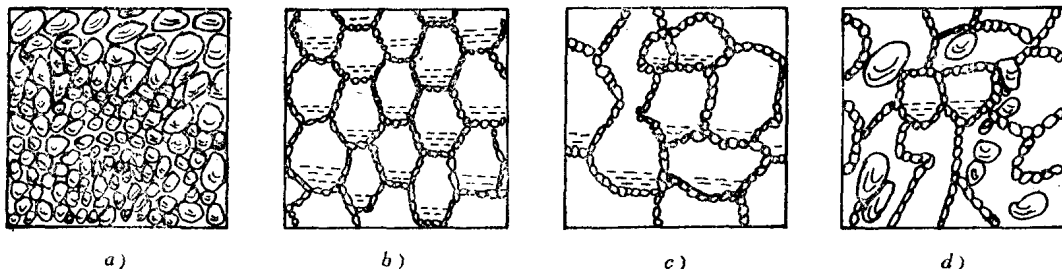


图1-1 土的结构
a) 单粒结构; b) 蜂窝状结构; c) 絮状结构; d) 混合结构

1. 单粒结构。土粒在沉积过程中, 较粗的矿物颗粒在重力作用下沉落, 每个颗粒都受到周围各个颗粒的支承, 常见于较粗的粉土、砂土以及砾石等土类中, 如图1-1a)所示。

这种结构的土开挖阻力较小, 持水力也最小, 但透水性大。随着水分的增加, 一直到饱和状态后, 机车行驶阻力增大, 以至陷车而无法作业。这种土料适于做滤水填料。

2. 蜂窝结构。较细小的土粒(粒径 $0.05 \sim 0.005\text{mm}$) 在重力作用下沉落, 当它碰到先沉下的土粒时, 由于其颗粒细、重量小, 下沉的重力小于两土粒间接触点的颗粒间分子引力, 土粒就不再下沉, 而处于较不稳定的位置。如此继续不已, 便形成了疏松的蜂窝结构, 如图1-1b)所示。

这种结构的土具有中等的持水力和渗透性。随着水分的增加, 土的凝聚力和对机具的粘着力也增大; 当水分增加到一定数量后, 由于水的分离作用而使土开始软化, 土的凝聚力和对机具的粘着力却开始减小。因此, 这种结构的土在某一特定的含水量范围内具有较大的压密性, 适于做填方土料。

3. 絮状结构。最细的土粒(粒径 $<0.005\text{mm}$) 分散在水中形成胶体溶液后, 土粒发生布朗运动, 因土粒带有同号电荷, 彼此之间不能相互碰撞, 只有加入电解质后, 悬浮土粒才会碰撞, 并凝聚成絮状物质而下沉, 形成极不稳定的复杂的絮状结构, 如图1-1c)所示。这种结构常在海相沉积层中见到。

这种结构的土持水力很大而渗透性很小。当含水量很低时土体干硬, 具有一定的“刚体”性质, 施工机具很难切入; 当含水量较高时, 呈致密的可塑状态, 土的凝聚力和对机具的粘着力都很大, 故易陷车、打滑; 当含水量增大乃至饱和时, 土体呈粥状淤泥, 具有流动性, 几乎无承载力, 故一般机车无法直接在上面作业。

4. 混合结构。由粘粒、粉粒或砂粒构成的非均粒集合体, 结构较密实, 如图1-1d)所示。

(三)土的构造

土的构造是以土粒的集合体为基本单元的,系指土体中各部分颗粒集合体的形状、大小、相互间的排列及其联结关系等。它反映了在同一成因的土中矿物成分和结构相近的各部分土之间相互关系的特征。土的构造大体可分为四种类型,如图1-2所示:

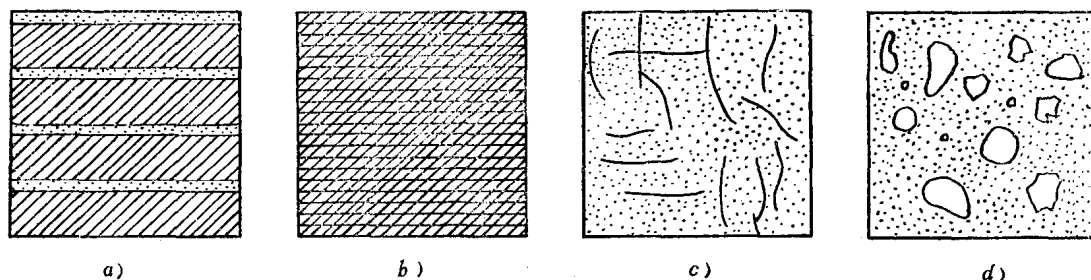


图1-2 土的构造

a) 层状构造; b) 分散构造; c) 裂隙状构造; d) 结核状构造

1. 层状构造。它是细粒土的重要外观特征之一,即土层由不同粗细程度与不同颜色的颗粒构成的呈层状交叠的土体。其厚度可由零点几毫米至几毫米,成分上有细砂与粘土交互层及粘土交互层等。这种构造特征称之为层理,如图1-2a)所示。

最常见的层理是水平层理,还有波状层理(土层呈波状,且平行于界面)及斜层理(土层倾斜,与土层界面呈交角)等。层理的存在使土在垂直层理方向与平行层理方向的性能不一,如平行于层理方向的压缩模量与渗透系数往往要大于垂直方向。

2. 分散构造。土层中各部分的土粒组合无明显差别,分布均匀,无明显层次,各部分的性质亦相似,如图1-2b)所示。

3. 裂隙状构造。土体为许多不连续的小裂隙所分割,裂隙中往往充填有盐类沉淀物,如图1-2c)所示。不少坚硬与硬塑状的粘土具有这种构造,裂隙破坏了土的整体性。裂隙面是土中的软弱结构面,沿裂隙面的抗剪强度很低而渗透性却很强,浸水以后裂隙张开,其工程性质更差。

4. 结核状构造。在细粒土中明显掺有大颗粒或聚集的铁质、钙质集合体、贝壳等杂物,如图1-2d)所示。例如,含砾石的冰碛粘土、含砂核的黄土等均属于此类构造。由于大颗粒或结核往往分散存在于土体中,不能单独起支承作用,故此类土的性质仍取决于细颗粒部分。

二、土的液相组成

(一)水分子构造及三态变化

1. 水的分子构造。一切物质都是由相互间具有间隔的分子构成的,分子是物质能独立存在的最小微粒,它保持着该物质的化学性质。这一点对水也不例外。水是由两个氢原子和一个氧原子化合而成的。水分子构造如图1-3所示。

图1-3为单水分子的构造图。这种不对称构造,决定了它的不稳定性和弥散性。

气态水主要是由这种单水分子所组成的。因此,它可以随着空气到处飘游。

2. 水的三态变化。水的三态变化可用水的相图来说明,如图1-4所示。

图1-4中O点是三相的共点,称三相点。在三相点上水、气和冰可以互相转化,共同存在。三相点的温度是 0.0099°C ,压力是 0.61kPa 。图中三条实线(相线)把水分成三个不同