

建设工程施工方法 选用指南

萧绍统 主编



中国计划出版社

TU74

X-4

建设工程施工方法选用指南

萧绍统 主 编



中国计划出版社

1997 北 京

图书在版编目(CIP)数据

建设工程施工方法选用指南/萧绍统主编. —北京: 中国计划出版社, 1997.6

ISBN 7-80058-540-9

I. 建… II. 萧… III. 建筑工程-工程施工-技术-指南
IV. TU74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 00503-号

D1130/25

建设工程施工方法选用指南

萧绍统 主编

☆

中国计划出版社出版

(地址: 北京市西城区月坛北小街2号3号楼)

(邮政编码: 100837 电话: 68580048)

新华书店北京发行所发行

北京华星计算机公司排版

河北永清印刷厂印刷

787×1092毫米 1/16 10印张 250千字

1997年6月第一版 1997年6月第一次印刷

印数 1—10100册

☆

ISBN 7-80058-540-9/TU·30

定价: 15.00元

编写人员名单

第一篇	钱 成	章力行		
第一篇	王 滨	陈天宇		
第三篇	萧绍统	沈默君	吴 捷	
第四篇	杨更生	马 华	袁 敏	

内 容 提 要

本书就建设工程中的重点分项工程：土石方施工、地基与基础、混凝土施工、吊装施工，分为四篇九章加以叙述。主要内容包括：大型土石方施工、石质洞库施工、城市地下工程土方施工、地基加固施工、深基础施工、机械化模板、现浇混凝土施工、建筑结构吊装、工业设备的吊装和安装等。内容上着重研究施工方法的选用，同时也详细分析了施工技术的具体应用。对建设工程施工方法的选用有一定的指导作用。本书供工程建设部门的施工人员、管理人员以及工程监理和质量监督人员阅读，也可供建筑专业高等院校作为教学参考书。

前 言

在建筑工程施工时，为了达到工期短、质量好、工效高、成本低的目的，必须编制一个施工组织设计，有计划地对全部施工活动作针对性的具体指导，这已成为一项尽人皆知的常识了。

施工组织设计包括很多内容，如工程性质、特点和技术要求，工作量和工程量，施工方法，进度计划，劳动力、机械、材料等用量及其供应计划，施工临时设施的安排以及开工前的各项准备工作等一大堆课题，其中施工方法则是其核心内容。施工方法的好坏不但影响整个施工的效果，而且施工方法一变，施工组织设计的其他内容也要跟着改变。所以选择好施工方法是施工人员必须特别重视的一项工作内容。

由于施工方法的重要性，选择一项正确的施工方法就成为一件不容忽视的课题了。加之近年来施工对象越趋多样，施工条件千变万化，新材料、新技术、新机具层出不穷，所以施工方法的选择也就变得异常复杂了。

怎样选择一个正确的施工方法呢？根据编者多年的工程实践，有以下三点浅见：一要掌握选择施工方法的一些基本规律；二要重视过去的经验教训；三要端正从实际出发的态度。现分述如下。

一、选择施工方法的一些基本规律

我们从几百项工程实例中分析得出以下几条基本规律：

（一）施工方法必须切合施工条件

施工条件不同，选用的施工方法也就不一样，施工条件因工程结构、地质、水文、气候、环境不同而变化。以最常见的土方工程来说，建设基地的平场土方和深基础的土方开挖就完全不同。就深基础的开挖而言，也要视基础的深浅程度、面积大小和土质情况不同而采用不同的施工机械和施工方法。只要条件合适，选用的施工方法对头，机械就能充分发挥效能。

（二）符合工业化生产原则

从长远来看，建筑工程采用工业化生产方式仍是发展方向。建筑工业化指的是发展工业化体系建筑，建筑材料和建筑制品的集中、大批量、标准化生产。选择施工方法时，一定要与工业化生产的条件密切结合，不管选用什么施工方法，都要使选用的施工方法符合工业化生产与供应的要求。

（三）减少高空作业

这是结构安装施工中的一条重要原则，以往我们不论在大跨度屋盖施工还是工业设备大件吊装中，由于比较好地运用了这条原则，取得了优异的成绩。如新建的北京西客站的45m跨的钢结构大门，连同门顶上的亭子，总重量达1800t之多，也是全部先在地面拼装后再一次提升就位的。再就是北京电视塔的天线钢桅杆，其本身高度就近百米，且安装高度又在电视塔的顶端，国外采用大型塔吊甚至动用直升飞机来施工，而我国则是在塔内平台上，利用

小的千斤顶就地顶升一节、焊接一节地循序进行，就这样轻而易举地架设起来了，其条件如同在地面上操作一样，成为我国高空施工的一项创举。

（四）使干扰和污蚀最低

这对城市施工尤其是地下工程施工是非常重要的。如地铁施工时采用的盖挖法、浅埋暗挖法，市政隧道采用的盾构施工法和敷设穿越城市或江湖的大口径管道的顶管法等，都是可以选用的好方法。此外，如深基础施工开挖时护坡方法的选用也都要符合城市施工的要求。

（五）使用的机械设备最少

在所有机械化施工的方案中都应遵循这条原则。在制定施工方案时，应仔细计算机械的利用率，并以台班产量指标进行检验，尽量把机械数量、品种压缩到最低限度，以利于提高机械利用率和便于机械的维修和管理。

（六）成套机械中单机的工作能力应互相适应

在选用的成组配套机械中，各台单机的工作能力往往有大有小，工作效率也互有差异。故应周密比较各种方案，务使选用的成套机械达到总体最佳效益。

二、重视过去的经验教训

熟习过去的施工经验对选用施工方法有很多借鉴和启迪的作用，所以很有必要。下面作一简单的回顾。

（一）土石方施工

我国的土石方施工经历了一个从简单到复杂的过程。建国后大量的土石方工程是从兴修水利工程开始的。诸如河道治理、防洪工程、水库和灌溉工程等，其土石方量都很大。开始时以人力为主，后来逐步发展到大型机械化施工。再如各项基础设施的建设，如场地平整、交通道路、空港、洞库等工程，除了土石方的填挖运输量大以外，还提出了许多相应的质量要求；随着城市地下工程的大量建设，使土方工程施工技术变得更加复杂，如地铁、顶管和大面积地下工程的开发，如果不采用一些新的施工方法，便保证不了任务的完成。

（二）地基与基础

几十年来，我们积累了很多地基加固的成套机械化施工的经验，如属于挤密法的强夯、振冲法和挤密桩；属于换置法的深层搅拌、旋喷法和分层注浆，还有属于打入法的混凝土预制桩、混凝土灌注桩和钢管桩等，有效地加固了砂性土、粘性土、杂填土及湿陷性基土，并攻克了软土地基加固的难题，使在各种地质条件下的地基加固都能选到有效的施工方法。

在深基础施工方面，我们已使挡土支护方法和深基础土方开挖全面实现了机械化施工，如土层锚杆的应用，为深基础施工提供了十分有效的技术手段；地下连续墙的推广加快了地下空间的开发；对传统的沉井技术进行了大量的改进，在扩大深基础的面积和深度上创造了前所未有的成绩。

（三）混凝土施工

混凝土是目前建筑工程中用量最大的结构性材料之一。混凝土施工如何做到迅速、及时、保证质量、降低劳动强度和提高经济效益是目前大家最关心的问题，而现浇混凝土施工如何提高机械化程度又是其中的重点。

在房屋建筑施工中，我们将传统的装配式施工方法改为现浇混凝土机械化施工是一大进步，采用了混凝土集中搅拌、泵送混凝土，大大提高了施工速度和质量；采用了各种机械化模板，进一步发展了体系建筑施工的规范化操作；采用了滑模工艺，既提高了高层建筑施工

的机械化程度，并为发展高耸建筑提供了方便。此外，我们还推广了锚喷支护、碾压混凝土和水下混凝土施工等技术，为特殊工程的混凝土施工铺平了道路。

(四) 吊装施工

关于结构吊装施工，我们也已积累了十分丰富的经验。如在单层工业厂房施工中采用了灵活方便的履带式起重机吊装法；在体系建筑中，除了大量发展现浇技术外，还有预应力板柱结构施工法、升板及升层施工法、盒子结构整间吊装法；在大跨度屋盖施工中，有整体吊装法、机械提升法、滑模提升法、积累滑移法、块体拼装法；在工业设备吊装和安装中，则有龙门桅杆吊装法、双桅杆吊装法、倾斜单桅杆提吊法、扳起吊装法、推举法、中心柱倒装法、内脚手架正装法、气顶倒装法、浮排充水正装法等。根据这些，有经验的施工人员不难按照各自的具体情况，选择到合适的施工方法，还可以经过不同的组合，演变成无数新的施工方法，以适应千变万化的施工需要。

三、重视从实际出发

选择施工方法时，一定要从实际出发，尽量根据现有设备的条件来选择最佳的施工方案。如混凝土浇筑，采用混凝土泵固然不错，但当条件未成熟时，也可能由于设备不配套、技术不熟练等原因以致不能充分发挥作用。而采用土生土长的快速提升机反而能产生更好的经济效益。再如目前种类繁多的机械化模板一类机具，一般效果都不错，选用时更要尊重当地的习惯，不要强求一致。尤其要重视一机多用和小型机械的应用，如千斤顶在大跨度结构和工业大型设备吊装中发挥的作用不应忽视。

这样说，决不是要我们因循守旧，恰恰相反，在实践中创新，永远是我们追求的目标，也是我国的机械化施工技术得以前进的动力。如我们在 70 年代初推广滑模施工确很费力，但成功之后，得以在超高层建筑中创造出“深圳速度”，最近建造的武汉国贸中心大厦，其高度及一次滑升的面积又大大超过深圳；在电视塔施工中，我们得以放手把高度增加上去，使我国电视塔的高度达到世界第三位。如果我们在时机成熟时不敢努力进取，就可能坐失良机，使我们的施工技术落在别人的后面。记得人民大会堂宴会厅的屋盖结构施工时，我们拟采用当时比较先进的顶升法施工，那时的设备条件和技术条件也都是具备的，只因由于保守思想作祟，结果还是采用了 4 台 25~60t 的桅杆式起重机，用高空散装法施工，两班作业，日夜赶工，不但增加了大量笨重的设备，而且工期用了两个月，每天吊装进度还不到 20t，并使顶升法这项先进技术的推广整整推迟了 10 年。

本书分土石方施工、地基与基础、混凝土施工和吊装施工四篇九章加以叙述。内容上着重研究施工方法的选用，同时也详细分析了施工技术的具体应用。希望能对基层的施工人员、管理人员以及工程监理和质量监督人员有所帮助。总之，虽然我国的建筑工程施工经验是极其丰富的，但由于本人水平有限，有些论点可能还有错误，除请广大同仁予以指正外，还望今后有更多的专家一起来总结、整理和发掘，使我国很多有特色的建筑工程施工方法发挥更大的作用。

目 录

第一篇 土石方施工

第一章 大型土石方施工	(1)	二、锚喷支护法	(10)
一、大型平场土方	(1)	三、洞库施工机械化方案的选择	(13)
二、大挖大填的土石方	(2)	第三章 城市地下工程土方施工	(16)
三、土石方高填筑施工	(4)	一、暗挖施工	(16)
第二章 石质洞库施工	(9)	二、盾构法施工	(19)
一、开挖方法	(9)	三、顶进法施工	(22)

第二篇 地基基础施工

第四章 地基加固施工	(26)	八、混凝土灌注桩	(35)
一、强夯法	(26)	九、钢管桩	(41)
二、振冲法	(27)	第五章 深基础施工	(45)
三、深层搅拌法	(28)	一、土层锚杆的应用	(45)
四、旋喷法	(30)	二、桩墙一体法	(49)
五、分层注浆法	(32)	三、地下连续墙	(51)
六、挤密桩	(33)	四、沉井施工	(53)
七、混凝土预制桩	(34)	五、深基础土方开挖	(55)

第三篇 混凝土施工

第六章 机械化模板	(57)	六、整体升降模板脚手架	(68)
一、滑升模板	(57)	第七章 现浇混凝土施工	(69)
二、滑框倒模	(60)	一、混凝土制备	(69)
三、爬升模板	(61)	二、垂直运输方式	(70)
四、整体爬模	(63)	三、现浇混凝土施工方法	(73)
五、无架液压爬模	(65)		

第四篇 吊 装 施 工

第八章 建筑结构吊装.....	(104)	第九章 工业设备的吊装和安装	(136)
一、履带式起重机施工法	(104)	一、大型设备的整体吊装法	(136)
二、体系建筑施工	(113)	二、大型贮罐的安装方法	(141)
三、大跨度结构吊装	(127)		

第一篇 土石方施工

第一章 大型土石方施工

土石方工程施工, 虽是我们最早采用机械化的工种工程之一, 但经过几十年的实践, 由于工程量大, 施工强度高, 施工对象复杂, 施工质量的要求越趋严格, 施工组织的难度也越来越大, 因此, 大型土石方工程仍是我们目前必须慎重对待的工种工程。对这类工程的施工, 必须先弄清是属于哪类土石方, 然后才能确定其施工方法和施工机械。以下分大型平场土方, 大挖大填的土石方和土石方高填筑施工三个分项来介绍选择施工方法的情况。

一、大型平场土方

一个工业建设基地的土方工程量都是相当可观的, 如富拉尔基重型机器厂的挖填土方量达 400 万 m^3 ; 地处丘陵地带的武钢一米七轧机基地则有挖填土方 3500 万 m^3 。基地的土方是和大规模的厂房建设结合在一起的, 土方施工做好了, 就能为全厂的施工创造良好的条件。如果考虑不周, 则将对施工全过程带来麻烦, 造成损失。

大型工业建设基地土方施工时, 最重要的是要做好全面的规划, 然后按此进行施工。这个规划的内容应包括:

1. 全场的竖向布置设计。这个设计, 要以挖方量最小、挖填土方量基本平衡为准则。如地处丘陵地带, 则应把全厂区划成几个等高平面进行布置, 以减小土方数量。设计时还应同时把全厂区的防洪、排水、道路系统一并进行规划。

2. 做好土方调配平衡工作。要分别计算出平场土方的数量和建筑物、构筑物以及设备基础的土方数量。平场土方中, 要将不能用于填方的表层腐植土作为弃土外运; 拟建厂房和管道密集地带, 只挖不填; 填土厚度太薄的地段也暂不填土。基础的土方, 有的可以用作填方, 有的则因含水量过大等原因, 不能直接用作填方的也应外运弃置或贮存起来。据此算出挖填、运输、堆存的数量并作出调配平衡的计划。尽量做到以挖作填, 减少外运的土方量。

3. 一次进行平场。其好处在于为全场的平面管理创造良好的条件, 为全厂建设的文明施工打下坚实的基础, 因此要慎重对待这项作业。富拉尔基重型机器厂工程是一个严格按照计划进行一次平场, 并取得良好效益的典型。厂房建设时, 秩序井然, 建设速度、工程质量和工程造价也堪称好的典型。长春第一汽车制造厂, 虽然建设速度不慢, 但平场工作中由于缺乏经验, 走了一些弯路。该厂场地平整挖填土方数量不足 100 万 m^3 , 数量比富拉尔基重型机器厂少得多, 但由于当时没有作一次性平场, 土方机械进场也太迟, 大部分是由各工区按车间占用场地区域自行分块分期进行平场, 零打碎敲地完成土方挖填工作。致使整个施工期内都有土方施工, 造成场内运输混乱, 有些车间多余的土方运不出去, 而有些车间又没有填土的来源, 影响了整个施工进度安排。

关于每项具体工作，要按实际情况加以确定：

挖土可以按距离远近选择机械，近距离就地取土以挖作填时，多采用推土机施工。为了加快施工速度，可采用 2~3 台并联作业。运距在 200~500m 时，以采用铲运机作业为主。由于铲运机能连续进行挖、运、填、压实的循环作业，适用于土方量大，工作场面较宽的现场，速度快，成本也比其他机械低。运距远的土方，则要采用装载机或挖土机装土，自卸汽车运输，推土机配合辅助作业。

填方施工则要按土质品种来选用机械。粗粒土或含卵石的填筑层，应采用重型振动碾压实；细粒土用普通振动碾或羊足碾、轮胎压路机等压实；对质量要求较高的地段，如道路，厂房，设备基础等，必须用振动碾或羊足碾，严格按设计的最佳填层厚度，最优含水率和最经济的压实遍数要求施工，禁止用拖拉机草草从事压实工作。

土方施工时，应对运输道路进行精心的维护保养，晴天应准备足够的洒水车洒水除尘，减少机械磨损，提高工作效率。雨季施工要组织专人管理全场的排水工作，做到场内无积水，雨停即能施工。严寒地区进行大型土方冬季施工是得不偿失的，我们的教训已经很多，应该避免冬季冻土层过厚时施工。我们在抗美援朝修建机场时，由于进入场地时已值东北的初冬，当时虽有军改工的八个师的大部军工参战，但由于从四面八方调集机械拖延了时间，而且机械的质量又差，工期一延再延，致使被迫在零下 32°C 的情况下施工，那时土层已冻结到 1m 以上，铲运机，推土机均发挥不了作用，只能用炸药炸碎土层，成块拖运到填方区。最后虽在机械损坏严重，施工十分困难的情况下完成了任务，但第二年开春后，所填的冻土沉陷过大，以致大量返工，并使机场的使用拖延了半年之久，造成极大的损失。在这种情况下，不如冬季停工，待来年开春再施工，则不但工期可以提前，质量也可以得到保证。

二、大挖大填的土石方

(一) 选用爆破开挖

大挖大填的土方施工，最经济的办法，要算采用大爆破的形式了。爆破方法，采用药室法，就是在山体内开挖坑道、药室，装入大量炸药，装药量随计划爆下多少土石方而定，多时可达千吨以上。1971 年在四川渡口狮子山的一次大爆破，总装药量达 10162t，爆下石方 1140 万 m^3 。近年来采用的大爆破也不少。这样的大爆破也可分为两种：一种只是将山体松动一下（称松动爆破），再用机械挖运到需要的地方填筑；另一种即定向爆破，就是利用最小抵抗线在爆破作用中定方向性的特点，施工时可利用天然地形或人工改造的地形，使最小抵抗线指向需要填筑的目标，将爆破的石方直接进入填方区。定向爆破现已广泛应用于筑坝，填筑路堤等工程。由于这种方法是通过一次爆破就能完成土石方的挖、装、运、填等多道工序，所以是一种较经济，高效的办法。

(二) 选用定向爆破方法

我国已修建了 16 座坝高在 40m 以上的定向爆破堆石坝。其中最高的是 1977 年施工的云南巴衣坝，设计坝高 90m，长 144m，总装药量达 753t，爆破石方量 147 万 m^3 ，上坝石方量 120 万 m^3 ，爆破堆平均高 84m，最低点高 74m。其次是 1973 年施工的陕西石砭峪沥青混凝土斜墙堆石坝，设计坝高 85m，点装药量 1589t，爆破石方量 236.5 万 m^3 ，上坝石方量 143.7 万 m^3 ，爆破堆高度 57.3m，最低点 51m。而规模最大，效益最好的则是 1960 年施工的广东南水水电站粘土斜墙堆石坝，坝高 81.8m，总库容 12.2 亿 m^3 ，电站装机 7.5 万 kW。

该坝于1969年建成,投产以来,经过3次千年一遇高水位的考验,工程质量良好。爆破时总装药量1394t,爆破石方量226万 m^3 ,上坝石方量100万 m^3 爆破堆高度62.5m,最低点高46.4m。

经过多年工程实践,可以看出,定向爆破筑坝虽有一定的优越性,但也有其局限性。如需要特定的地形、地质条件,要有导流、泄洪设施,还要设置防渗体等。以效果最好的南水水电站来说,虽然坝体完成的时间很快,但其上游粘土斜墙的施工就用了3年时间,并没有达到快速建成的目的。此外还有:用于小河流,尚有存不住水,失去作用的可能,而用于大河流则冒的风险更大,所以这种坝型的推广并不普遍。

(三) 采用松动爆破方法

采用松动爆破的实例则更多了,值得一提的是目前正在施工的贵州龙洞堡机场移山填场的工程。这个机场,横跨几个山峰,初步估计土石方有2000万 m^3 ,1995年9月进行了一次700t装药量的大爆破,松动土石方80.8万 m^3 ,是迄今国内机场建筑中最大的一次爆破工程。这个机场的填方深达30~40m,由于设计要求分层强夯夯实,并要求石方的粒径不能超过设计规定,填筑时还要进行级配,所以如何加快进度目前还是一个很大的难题。

(四) 大型机械的使用

葛洲坝水利枢纽是我国目前规模最大的水利水电工程,整个工程土石方挖填量高达1亿 m^3 。年土石方挖填总量高达2150.95万 m^3 ,其机械化程度之高也属首位。

该工程土石方施工具有以下特点:

1. 工程量大,施工强度高。
2. 开挖对象复杂,有岩有土;既有陆上,又有水下;有定向投抛,还有单块重量在15t以上的特大块石开采。
3. 开挖贯穿于整个施工过程,组织工作非常复杂。
4. 基础岩性软弱,夹层多,岩层倾角平缓,开挖爆破中必须采取基础保护措施。
5. 因开挖强度高,必须选用大型开挖机械。
6. 必须搞好土石方平衡,尽量以挖作填,缩短运距,减少弃渣。

大江截流及围堰属难度最大的工程,也是采用机械化施工的功绩所在。

1981年1月4日,大江截流工地仅用36h23min,在龙口流量4720 m^3/s ,落差3.23m和流速高达7m/s的条件下,一举截断滔滔长江。

截流时,共抛填各种石料和混凝土四面体10.26万 m^3 ,创日投抛7.2万 m^3 的高产纪录。就截流难度和投抛强度看,在世界大江大河截流史上,仅次于伊太普工程,居世界第二。

由于施工场地布置得当,准备充分,组织指挥得力,使截流全过程有条不紊,不但龙口进展快,而且安全无事故。

大江截流以后,开始进行围堰填筑。围堰全长894m,最大堰高41m,顶宽26.5m,总土石方量280多万 m^3 ,仅用短短15d时间就将大江上游横向围堰填筑到63m高程。共填筑土石方282.6万 m^3 ,日最高填筑达11万 m^3 ,月最高达105.6万 m^3 。为确保堰体质量并加强了现场质量控制。经取样677个,实测成果表明,堰体干容重达2.11~2.26 t/m^3 ,满足了设计要求,以上成绩的取得,采用大型机械施工是一个主要因素,现将该工程土石方挖运的主要施工机械数量及配套情况列在下面以供参考。

挖掘机	WK-4 型, 斗容量为 4m ³	28 台
装载机	Terex 72-81 型, 斗容量 6.9m ³	6 台
推土机	Cat D9H	410HP 5 台
	D80-12 和 D80-15	180HP 40 台
自卸汽车	T20-C203	20t 185 辆
	威布克 50 型	45t 30 辆
	HD325-2	32t 30 辆

(五) 保护石方边坡的措施

在大开挖的石方工程中, 经常会遇到工程地质条件复杂, 开挖强度高的情况。为了提高开挖工效和开挖质量, 减少超欠挖方, 确保建筑物基础和保留岩体的完整性, 就需要采用预裂爆破的方法。如葛洲坝工程中, 曾采用了 25 万 m² 的预裂壁面, 最大预裂孔深度达 26m, 一次最大预裂面积达 6800m²。预裂面平整, 一般超、欠挖不超过 15cm, 不但大大减少了开挖后的基础整修工作量, 而且省去了因超挖而需要多填的混凝土。据计算, 与常规爆破相比, 不但加快了开挖进度, 而且节约保护层开挖费用 69%, 共节省开挖投资 2500 万元。

预裂爆破是指在爆破区的大规模爆破开始之前, 就运用单排深孔爆破的方法, 预先沿爆破区的设计轮廓线爆破出一条将爆破区与保留区隔离开来的贯穿裂缝的爆破。所要求的预裂壁面, 无论是垂直的, 倾斜的 (60°~80°), 还是弧形的或是扭曲的, 都可以得到较整齐的壁面, 有效地防止岩体的破坏, 减少超、欠挖现象的发生, 特别是减少人工清理撬挖清理边坡的工作量, 保证施工质量和安全, 可以节省大量劳力, 加快施工进度。

预裂爆破施工前, 应将钻孔地点的覆盖层或已爆疏松的石碴清除干净, 如有突出的岩块, 应施小爆炸除, 然后用推土机或人工将地面整平, 使钻孔作业线上形成一条比较平坦的操作场地。根据设计要求放出预裂轮廓线, 按照爆破设计的孔距放出孔位, 并予以编号, 逐孔标明孔深, 倾斜角度和孔径大小。

钻孔是预裂爆破的关键工序, 钻孔质量的好坏将决定预裂壁面的优劣。钻孔时必须严格按孔位进行钻孔, 钻孔机宜选用 KQ100 或 KQ80 型。对钻孔的质量要求为: ①眼孔开口的平面位置不得超过孔径的 2/3, 且不得大于 10cm; ②边坡倾角在 75°~90°范围内时, 每米孔深的钻进偏差不得超过 2cm, 孔眼深度误差不得超过 ±15cm; ③钻进过程中应经常测量钻孔倾斜度以及岩层变化等情况, 由专人做好记录; ④成孔后即用草团堵住孔口防止堵塞孔眼。

深孔预裂爆破药包采用, “药串”式结构, 就是将直径 φ32mm 药卷的 2# 岩石硝铵炸药切成重量符合设计要求的药段 (一般为 75g、100g、125g、和 150g 四种规格), 然后用塑料袋进行防水处理, 再按照设计的线装药密度均匀地绑扎在导爆索上。装药时将已加工好的“药串”捆绑在竹片上, 起固定“药串”的作用。然后顺次装入炮孔。竹片要靠在岩石区保留一侧, 以减弱爆破对保留孔壁的影响。炮孔堵塞长度, 一般为距口部 1m 左右。

预裂爆破系由导爆索引爆所有药包的。网路连接时, 注意主线导爆索和各孔内的支线导爆索的搭接长度不少于 20cm。在主线导爆索的起始端捆扎雷管起爆。如果一次起爆的孔数很多, 药量又很大时, 可以采用毫秒雷管分段一次起爆, 毫秒雷管的延期时间为 30~50ms。

三、土石方高填筑施工

近年来, 规模较大的土石方填筑施工, 正朝着高标准的趋势发展。如重载铁路路基填筑

施工、高速公路路基填筑施工、特级机场道路土石方工程、港口码头场地基础回填以及大坝土石方填筑施工等，其质量要求越来越高。因此在施工中也作了相应的改进。

(一) 确定调查提纲

施工前加强调查、试验与分析，作为指导施工设计、取土地地、土石方调配、机械配置以及工艺参数确定的依据。

土质调查试验项目见表 1-1。

土质调查试验项目

表 1-1

土的性质		试验及鉴定项目		符号及试验指标	
自然状态	工地试验	含水量试验		W—土的含水量； W_n —天然含水量； S_r —饱和度	
		容重试验		γ —土的湿密度； γ_d —土的干密度； γ_{ds} —土的天然干密度	
		相对密度试验			
	野外鉴定	摇震反应		定性指标	
		韧性试验			
		干强度试验			
		光泽反应			
		开挖特性			
物理性	比重试验			G_s —比重	
颗粒性	颗粒大小分析			级配曲线 C_u —不均匀系数； C_c —曲率系数	
可塑性	界限含水量试验			W—液限； I_p —塑性指数； W_p —塑限； I_L —液性指数； W_s 缩限	
压实性	击实试验			W_{opt} —最优含水量； γ_{amax} —最大干密度	
化学性	有机物试验			SO_3 （%）—三氧化硫含量	
	可溶盐试验				
	硫化物试验				
力学性	荷载板试验			一般不做，仅当需要验算与评价土体的强度、稳定性和承载力时进行试验	
	触探或贯入试验				
	压缩试验				
	剪切试验				
	无侧限抗压强度试验				
	渗透试验				

(二) 选用工艺参数和施工方法

确定工艺参数和施工方法的内容包括：

1. 最适宜的压实机械型的选定；
2. 最佳填层厚度的选定；
3. 最经济压实遍数的选定；
4. 最佳含水量控制范围和方法的选定；
5. 合理的工艺流程和施工方法的选定。

为了对以上数据有一个概念，现将大秦线重载路基使用的工艺参数附在下面（见表 1-2～1-4），以便参考。

岩块、碎石路堤压实参数

表 1-2

路基部位	填层厚度 (cm)	压 实 遍 数	
		自重 13.5t 振动碾， 激振力 290kN	自重 15t 振动碾，激振力 400kN
基床底层	80~100	4~5	3~4
路 堤	100~120	3~4	2~3

砂卵石路堤压实参数

表 1-3

地基系数 K_{30} (N/cm)	填层厚度 (cm)	压实遍数	
		自重 13.5t 振动碾，激振力 290kN	自重 15t 振动碾，激振力 400 kN
>150	65~70	8~10	7~8
>120	70~80	6~7	5~6
>100	70~80	4~5	3~4
>80	70~80	2~4	1~3

细粒土路堤压实参数

表 1-4

压实系数 K	填层厚度 (cm)	压 实 遍 数		
		T200 自行式 627B 铲 运机 (满载)	自重 13.5t 振动碾， 激振力 290kN	自重 15t 振动碾， 激振力 400kN
1.0	40~45	—	9~11	8~10
0.97	40~45	—	6~9	6~7
0.95	40~45	6~8	5~7	5~6
0.90	40~45	3~4	2~4	2~3

(三) 选择施工机械

高密度大量土石方的填筑，施工机械以大功率，超重型和重型机械为主。如远距离挖装地段，可使用 $0.7 \sim 2.3\text{m}^3$ 的液压挖掘机或大型装载机， $15 \sim 40\text{t}$ 自卸载重汽车；铲运施工作业，可使用红旗 100 型铲运机或相应规格的铲运机；推土、平整作业，可使用 D80、D85 推土机、平地机；碾压作业，可使用自重 $15 \sim 40\text{t}$ 的振动压路机，配备 $10 \sim 20\text{m}^3$ 的洒水车。现将大秦线施工时配备的主要施工机械与检测设备见表 1-5，以供参考。

主要施工机械与检测设备

表 1-5

机械名称	型号及规格	茶坞车站	延庆车站	区 间
推土机	D80—18	6	1	2
	D85—18	4	3	10
	D155A—1			3
铲运机	627B	10		
	CTY—9			20
	红旗 100			14
	WS165—2			10
挖掘机	KU1206		4	
	UH171		4	
平地机	GD605R—1	1	2	2
振动碾	CA—51	1	2	2
	YZT—14G	1	2	2
自卸汽车	FV313 (15t)		10	4
	CK121—27 (15t)		30	
洒水车	(5t)	2	2	2
核子密度仪	MC—2	1	1	2
K30 试验车	自制	1	1	2

(四) 填筑施工

1. 分层填筑。不同种类的填料，按不同规定厚度进行填筑，同一层次应采用同类填料，以利施工和质量控制。不同层次的填筑如变换填料时，应遵循层间土质渗透、反滤、排水的原则进行。

2. 摊铺整平。用推土机或平地机摊铺料层，纵横方向应保持平顺均匀，保证压实效果。

3. 洒水或晾晒。应按规定的最佳含水量控制填料的湿度。

4. 机械碾压。粗粒土或岩块碎石填筑层，用重型振动碾压实；细粒土用普通振动碾或羊足碾、轮胎压路机压实。高密度大量土石方填筑施工时，禁止使用拖拉机压实。机械碾压