

ERJI JIANZAOSHI ZHIYE ZIGE
KAOSHI PEIXUN JIAOCAI

二级建造师执业资格考试培训教材

公路工程 管理与实务

GONGLU GONGCHENG
GUANLI YU SHIWU

本书编委会 编写

GONGLU GONGCHENG
GUANLI YU SHIWU

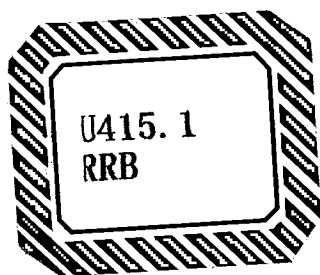


中国环境科学出版社

二级建造师执业资格考试培训教材

公路工程管理与实务

本书编委会 编写



中国环境科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

公路工程管理与实务/任瑞波主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2005.6

二级建造师执业资格考试培训教材

ISBN 7-80209-142-X

I. 公... II. 任... III. 道路工程-工程施工-建筑师-资格考核-自学参考资料 IV. U415.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 057606 号

出版发行 中国环境科学出版社建筑图书出版中心
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)

网 址: <http://www.cesp.cn>

电子信箱: bianji3@cesp.cn

电 话: 010—67112739

印 刷 北京中科印刷有限公司

经 销 各地新华书店

版 次 2005 年 7 月第一版

印 次 2005 年 7 月第一次印刷

印 数 1—3000

开 本 787×1092 1/16

印 张 12.75

字 数 294 千字

定 价 25.00 元

【版权所有, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

《公路工程管理与实务》

编 委 会

主 编：任瑞波

主 审：唐 勇

副 主 任：范 伟 董 立

参编人员：李美玲

序

二级建造师是从事中型施工管理的主体，是以专业技术为依托、以工程项目管理为主的执业注册人士。二级建造师考试是面向中专及以上学历的施工管理人员。二级建造师注册受聘后，可以担任建设工程总承包或施工管理的项目经理，从事其他施工活动管理，从事法律、行政法规或国务院建设行政主管部门规定的其他业务。实行建造师执业资格制度后，我国大中型项目的建筑业企业项目经理将逐步由取得注册建造师资格的人士担任，以提高项目经理素质，保证工程质量。

本书编委会依据全国二级建造师执业资格考试大纲和国家人事部与建设部颁布的《建造师执业资格制度暂行规定》（人发〔2002〕111号）编写了《二级建造师执业资格考试培训教材》。二级建造师执业资格考试大纲由综合科目考试大纲和专业科目考试大纲两个部分组成，其中综合科目考试大纲包括二个科目，即：《建设工程施工管理》和《建设工程法规及相关知识》。专业科目考试大纲为《专业工程管理与实务》。

本套培训教材包括《建设工程施工管理》、《建设工程法规及相关知识》、《房屋建筑工程管理与实务》、《公路工程管理与实务》、《市政工程管理与实务》、《装饰装修工程管理与实务》、《机电安装工程管理与实务》、《水利水电工程管理与实务》、《电力工程管理与实务》、《矿山工程管理与实务》共10册。本套培训教材既可作为全国二级建造师执业资格考试学习用书，也可供其他从事工程管理人员使用，以及大中专院校专业师生教学参考。

本套培训教材在编写过程中，得到了山东省建设厅执业资格注册中心的大力支持和指导；同时也得到了其他高等院校、同行专家的关心和帮助，在此一并致谢。

本套培训教材虽经过反复审核和修改，但仍难免存在不足之处，希望读者提出宝贵意见，以便进一步完善。

本书编委会

2005年6月

前 言

本书依据《二级建造师执业资格考试大纲（公路工程专业）》，组织公路工程行业具有丰富实践经验的专家教授编写。

公路工程涵盖了路基工程、路面工程、桥梁工程、隧道工程及交通工程等，其施工活动从原材料准备开始，到现场施工、竣工验收各个阶段。

本书是在《二级建造师执业资格考试大纲（公路工程专业）》范围内，阐述了从事公路工程项目施工应具备的相关知识点，内容包括公路工程施工技术；公路工程施工组织设计及项目管理专业知识和检验应试者解决公路工程实际问题能力的相关内容；有关公路工程建设法规及相关知识等。本书重点突出了对公路工程施工技术的掌握和运用，侧重理论知识的理解和应用，体现了对公路工程二级建造师的能力考核要求。为便于考生的学习和查阅，本书依据《二级建造师执业资格考试大纲（公路工程专业）》编写。内容丰富、知识点突出、紧扣现行标准和规范，是考生必备的考试学习用书。本书可以作为公路工程项目总承包的项目经理和管理人员的培训教材，也可以作为从事工程管理工作专业人员及大专院校相关专业的教学参考用书。

本书路基工程、路面工程施工技术与公路工程法规及相关知识由山东建筑工程学院任瑞波编写并担任主编；桥梁与隧道工程施工技术及项目管理由山东建筑工程学院范伟编写；公路工程施工组织设计和公路工程项目管理由山东交通学院董立编写；交通工程施工技术及相关内容由山东建筑工程学院李美玲编写。全书由山东交通学院唐勇主审。

本书编写过程中，得到了山东省路桥集团有限公司和山东省交通科学研究所的大力支持，在此一并表示感谢。

本书虽然经过论证、征求意见、审查和修改，但仍难免存在不足之外，希望读者提出宝贵意见，以便进一步完善。

编者
2005年6月

目 录

第一篇 公路工程施工技术与管理	1
第一章 公路路基工程	1
第一节 路基的施工技术	1
第二节 路基防护与加固	15
第三节 路基施工检测方法	16
第四节 路基施工测量方法	19
第五节 特殊路基施工技术	21
第二章 公路路面工程	25
第一节 路面基层(底基层)施工技术	25
第二节 沥青路面的施工技术	41
第三节 水泥混凝土路面的施工技术	53
第四节 路面试验检测技术	58
第三章 公路桥梁工程	65
第一节 桥梁的组成、分类及施工技术	65
第二节 桥梁施工测量方法	85
第四章 公路隧道工程及交通工程	87
第一节 隧道工程基础知识	87
第二节 交通安全设施的主要构成与功能	91
第三节 隧道施工测量技术	92
第四节 交通工程机电系统的主要构成与功能	94
第五章 公路工程施工组织设计的编制	105
第六章 公路工程施工质量管理	109
第一节 工程质量控制方法及措施	109
第二节 工程质量检验的主要内容	113
第三节 施工技术管理制度	141
第七章 公路工程施工成本管理及合同管理	145
第一节 工程施工项目成本管理的原则和方法	145
第二节 工程项目成本目标考核	146
第三节 工程合同条件	147
第八章 公路工程施工现场生产要素管理	151
第一节 施工现场工、料、机的合理配置	151
第二节 施工现场材料管理的主要内容	156
第三节 施工机械设备的使用管理	157

第九章 公路工程施工主要质量通病及防治措施	159
第一节 路基工程质量通病及防治措施	159
第二节 路面工程质量通病及防治措施	159
第三节 桥梁工程质量通病及防治措施	162
第四节 隧道工程质量通病及防治措施	163
第二篇 公路工程法规及相关知识	164
第一章 《公路法》中公路工程的相关法律规定及责任	164
第二章 公路建设管理法规	169
第一节 公路工程质量事故等级划分和报告制度	169
第二节 公路工程验收程序和条件	170
第三节 《公路工程技术标准》相关内容	173
第四节 公路建设管理法规体系	182
第五节 交通部《公路工程国内招标文件范本》	190
附录：交通部《公路工程施工招标投标管理办法》	186
参考文献	192

第一篇 公路工程施工技术与管理

第一章 公路路基工程

【基本要求】

掌握路基施工技术；掌握路基防护与加固；掌握路基施工检测方法；熟悉路基施工测量方法

第一节 路基的施工技术

1 路基类型

(1) 一般路基类型

1) 路基干湿类型划分为四类：干燥、中湿、潮湿和过湿。

2) 路基干湿类型的确定：根据路基的临界高度和路基土的分界稠度确定路基干湿类型。

3) 路基的横断面形式划分为三类：路堤、路堑和半填半挖路基。

(2) 特殊地区路基类型

特殊地区路基主要有以下 13 种类型：

1) 浸水路基：是指被设计水位浸淹的沿河路基、河滩路堤以及穿越池塘等地段的路堤。

2) 软土地区路基：以饱水的软弱粘性土沉积为主的地区，软土地区有地基软弱、含水量大、孔隙比大、压缩性高和强度低等特点，在其上修路基容易产生路堤失稳或沉降过大问题。

3) 滑坡地段路基：斜坡岩土体在重力作用下，沿一定的软弱面或软弱带整体下滑现象叫滑坡。滑坡是山区公路的主要病害之一，滑坡常使交通中断，影响公路的正常运输，大规模的滑坡，可堵塞河道，摧毁公路，对交通设施危害极大。

4) 崩塌地段路基：崩塌是岩崩、坍塌、落石、碎落、危岩等现象的统称，是指在比较陡峻的斜坡上，岩体或土体在自重作用下，脱离母岩，突然而猛烈地由高处崩落、坍塌、翻滚或者散落下来的一类斜坡动力地质现象。

5) 泥石流地区路基：泥石流是产生在沟谷中或坡地上的一种含大量泥砂石块的特殊洪流。泥石流广泛分布于山区，主要发生在地质不良、地形陡峻的山区及山前区。

6) 岩溶地区路基：岩溶是岩溶作用和岩溶现象的统称。岩溶作用是流动的地表水、地下水对可溶性岩石的化学溶蚀和机械侵蚀作用，包括了石灰岩等可溶性岩石被水溶蚀、迁移、沉积的全过程。岩溶现象是岩溶作用过程中所产生的特殊地貌形态和水文地质现象。

7) 多年冻土地区路基：凡是土温等于或低于 0°C ，且含有冰的土（石）称为冻土，

这种状态保持两年及三年以上者，称为多年冻土。

8) 黄土地区路基：黄土是一种以粉粒为主，具有大孔隙，天然含水量小，呈黄红色，富含碳酸钙成分的粘质土，具有湿陷性和易溶蚀、易冲刷、各向异性等工程特性。

9) 膨胀土地区路基：膨胀土系指土中含有较多的黏粒及其亲水性较强的蒙脱石或伊利石等黏土矿物成分，且有遇水膨胀，失水收缩，是一种特殊膨胀结构的黏质土。

10) 盐渍土地区路基：公路工程中泛指地表1米内易溶盐含量超过0.3%的土属盐渍土。盐渍土的工程性质随易溶盐的种类和含盐量的大小而变化，也随水温条件的改变而变化。盐渍土路基的主要病害为溶蚀、岩胀、冻胀、翻浆。

11) 风沙地区路基：沙漠系指荒漠地区地表为风积的疏松沙所覆盖的地区，沙地系指草原地区地表为风积的疏松沙所覆盖的地区，这两种地区在工程上统称为风沙地区。风沙地区对公路路基的危害主要是沙埋与风蚀。

12) 雪害地段路基：公路雪害有积雪和雪崩两种主要形式。

13) 涎流冰地段路基：在寒冷气候条件下，地下水或地面水漫溢到地面或冰面上，从下而上逐层冻结，形成涎流冰。涎流冰覆盖道路，会造成行车道光滑、不平或形成冰坎、冰槽等，轻则阻塞交通，重则容易出现翻车事故。

2 原地基处理的原则和要求

(1) 原地基处理原则

1) 原地基处理应结合当地土质和道路等级等具体情况，按照路基设计要求精心施工，在确保工程质量的原则下，因地制宜，合理利用当地材料和工业废料。

2) 原地基处理除执行施工技术规范的规定外，还应符合国家及部颁有关标准、规范规定。遵守国家有关法规。

3) 原地基处理应节约用地，保护耕地和农田水利设施，保护生态环境。

(2) 原地基处理要求

1) 施工前应按设计要求进行公路用地放样，由业主办证征用土地手续。

2) 路基用地范围内的既有房屋、道路、河沟、通讯、电力设施、上下水道、坟墓及其它建筑物，均应协助有关部门事先拆迁或改造；对于路基附近的危险建筑应予以适当加固；对文物古迹应妥善保护。

3) 路基用地范围内的树木、灌木丛等均应在施工前砍伐或移植清理，砍伐的树木应移置于路基用地之外，进行妥善处理。

4) 在填方和借方地段的原地面应进行表面清理，清理深度应根据种植土厚度决定，清出的种植土应集中堆放。填方地段在清理完地表面后，应整平压实到规定要求，才可进行填方作业。

5) 路堤的压实：

①路堤修筑范围内，原地面的坑、洞、墓穴等应用原地土或砂性土回填，并按规定进行压实。

②路基基底为耕地或松土时，应先清除有机土、种植土等，平整后按规定要求压实。

③路堤基底原状土的强度不符合要求时，应进行换填，换填深度，应不小于30cm。并予以分层压实到规定压实度要求。

④路堤基底应在填筑前进行压实。高速公路、一级公路和二级公路路堤基底的压实度不应小于规范要求，当路堤填土高度小于路床厚度 80cm 时，基底的压实度不宜小于路床的压实度标准。

⑤山坡路堤，当地面横坡陡于 1:5 时，原地面应挖成台阶，台阶宽度不小于 1m，并用小型夯实机加以夯实。填筑应由最低一层台阶填起，并分层夯实，然后逐台向上填筑，分层夯实，所有台阶填完之后，即可按一般填土进行。

6) 零填及路堑路床的压实，应符合规范规定要求。

3 路基填料的选择

(1) 填方路基应优先选用级配较好的砾类土、砂类土等粗粒土作为填料，填料最大粒径应小于 150mm。

(2) 路堤填料，不得使用淤泥、沼泽土、冻土、有机土、含草皮土、生活垃圾、树根和含有腐朽物质的土。采用盐渍土、黄土、膨胀土填筑路堤时，应遵照有关规定的要求。

(3) 冰冻地区的路床及浸水部分的路堤不应直接采用粉质土填筑。

(4) 液限大于 50、塑性指数大于 26 的土，以及含水量超过规定的土，不得直接作为路堤填料。需要应用时，必须采取满足设计要求的技术措施，经检查合格后方可使用。

(5) 钢渣、粉煤灰等材料，可用作路堤填料，其他工业废渣在使用前应进行有害物质的含量试验，避免有害物质超标，污染环境。

(6) 捣碎后的种植土，可用于路堤边坡表层。

(7) 路基填方材料，应有一定的强度。高速公路及一级公路的路基填方材料，应经野外取土试验，符合设计规定时，方可使用。路基填料的最小强度和填料的最大粒径应符合表 1-1 的规定。

路基填料最小 CBR 值和最大粒径要求

表 1-1

项目分类		路床表面以下深度 /cm	填料最小强度 (CBR) (%)		填料最大 粒径/cm
			高速公路、一级公路	其他等级公路	
填方路基	上路床	0 ~ 30	8	6	10
	下路床	30 ~ 80	5	4	10
	上路堤	80 ~ 150	4	3	15
	下路堤	150 以下	3	2	15
零填及路堑路床		0 ~ 30	8	6	10

(8) 浸水路堤应选用渗水性良好的材料填筑。当采用细砂、粉砂作填料时，应考虑振动液化的影响。

(9) 桥涵台背和挡土墙墙背应优先选用渗水性良好的填料。在渗水材料缺乏的地区，采用细粒土填筑时，宜用石灰、水泥、粉煤灰等无机结合料进行处理。

4 路基工程施工技术

(1) 路堤施工技术

1) 填土路堤施工技术：

①土方路堤应分层填筑压实，用透水性不良的土填筑路堤时，应控制其含水量在最佳压实含水量 $\pm 2\%$ 之内。

②土方路堤，必须根据设计断面，分层填筑，分层压实。采用机械压实时，分层的最大松铺厚度，高速公路和一级公路不应超过 30cm；其他公路，按土质类别、压实机具功能、碾压遍数等，经过试验确定。但最大松铺厚度，不宜超过 50cm。填筑至路床顶面最后一层的最小压实厚度，不应小于 8cm。

③路堤填土宽度每侧应宽于填层设计宽度，压实宽度不得小于设计宽度，最后削坡。

④填筑路堤宜采用水平分层填筑法施工。即按照横断面全宽分成水平层次逐层向上填筑。如原地面不平，应由最低处分层填起，每填一层，经过压实符合规定要求之后，再填上一层。

⑤原地面纵坡大于 12% 的地段，可采用纵向分层法施工，沿纵坡分层，逐层填压压实。

⑥山坡路堤，地面横坡不陡于 1:5 且基底符合规定要求时，路堤可直接修筑在天然的土基上。地面横坡陡于 1:5 时，原地面应挖成台阶（台阶宽度不小于 1m），并用小型夯实机加以夯实。填筑应由最低一层台阶填起，并分层夯实，然后逐台向上填筑，分层夯实，所有台阶填完之后，即可按一般填土进行。

⑦高速公路和一级公路，横坡陡峻地段的半填半挖路基，必须在山坡上从填方坡脚向上挖成向内倾斜的台阶，台阶宽度不应小于 1m。

⑧若填方分几个作业段施工，两段交接处，不在同一时间填筑，则先填地段，应按 1:1 坡度分层留台阶。若两个地段同时填，则应分层相互交叠衔接，其搭接长度，不得小于 2m。

⑨不同土质混合填筑路堤时，以透水性较小的土填筑于路堤下层时，应做成 4% 的双向横坡；如用于填筑上层时，除干旱地区外，不应覆盖在由透水性较好的土所填筑的路堤边坡上。不同性质的土应分别填筑，不得混填。每种填料层累计总厚不宜小于 0.5m。凡不因潮湿或冻融影响而变更其体积的优良土应填在上层，强度较小的土应填在下层。

⑩河滩路堤填土，应连同护道在内，一同分层填筑。可能受水浸淹部分，填料应选用水稳性好的土料。

⑪机械作业时，应根据工地地形、路基横断面形状和土方调配图等，合理地规定机械运行路线。

⑫两侧取土，填高在 3m 以内的路堤，可用推土机从两侧分层推填，并配合平地机分层整平。土的含水量不够时，用洒水车洒水，并用压路机分层碾压。

2) 填石路堤的施工要领：

①高速公路、一级公路和铺设高级路面的其他等级公路的填石路堤均应分层填筑，分层压实。

②分层松铺厚度：高速公路及一级公路不宜大于 0.5m；其他公路不宜大于 1.0m。

③填石路堤在压实之前，应用大型推土机摊铺平整，个别不平处，应用人工配合以细石屑找平。

3) 土石路堤的施工要领：

①土石路堤不得采用倾填方法，均应分层填筑，分层压实。每层铺填厚度应根据压实

机械类型和规格确定，不宜超过 40cm。

②压实后渗水性差异较大的土石混合填料应分层或分段填筑，不宜纵向分幅填筑。如确需纵向分幅填筑，应将压实后渗水良好的土石混合料填筑于路堤两侧。

③当含石量超过 70% 时，整平应采用大型推土机辅以人工按填石路堤的方法进行，当含石量小于 70% 时，土石混合直接铺筑。

④高速公路及一级公路土石路堤的路床顶面以下 30 ~ 50cm 范围内应填筑符合路床要求的土并分层压实。

(2) 土质路堑的开挖技术

土方路堑开挖，根据路堑深度和纵向长度，可按下列方式进行：

1) 横挖法：以路堑整个横断面的宽度和深度，从一端或两端逐渐向前开挖的方式称为横挖法，如图 1-1 所示。本法适用于短而深的路堑。

2) 纵挖法：沿路堑全宽以深度不大的纵向分层挖掘前进时称为分层纵挖法，如图 1-2。本法适用于较长的路堑开挖。

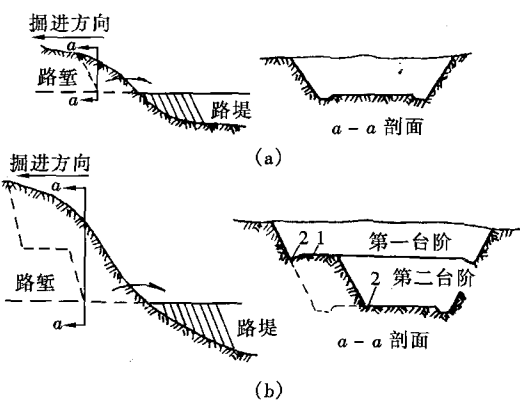


图 1-1 横挖法示意图

(a) 一层横向全宽挖掘法；(b) 多层横向全宽挖掘法
1—第一台阶运土道；2—临时排水沟

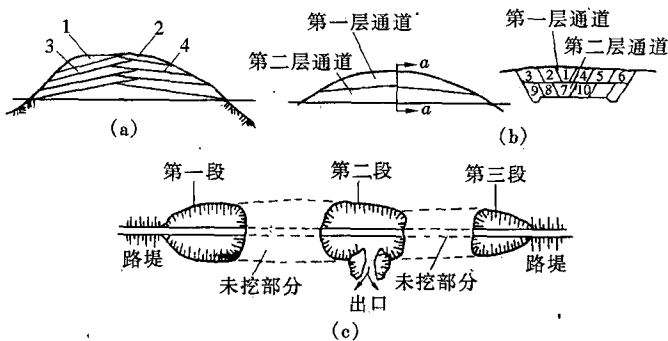


图 1-2 纵挖法示意图

(a) 分层纵挖法 (图中数字为挖掘顺序)；(b) 通道纵挖法
(图中数字为拓宽顺序)；(c) 分段纵挖法

3) 混合挖掘法：当路线纵向长度和挖深都很大时，宜采用混合式开挖法，即将横挖法与通道纵挖法混合使用。先沿路堑纵向挖通道，然后沿横向向坡面挖掘，以增加开挖坡面，如图 1-3。

5 路堑爆破施工技术

(1) 路堑爆破施工技术

1) 恢复路基中线，放出边线，钉牢边桩。

2) 开挖石方应根据岩石的类别、风化程度和节理发育程度等确定开挖方式。对于软石和强风化岩石，能用机械直接开挖的均应采用机械开挖，也可人工开挖。凡不能使用机

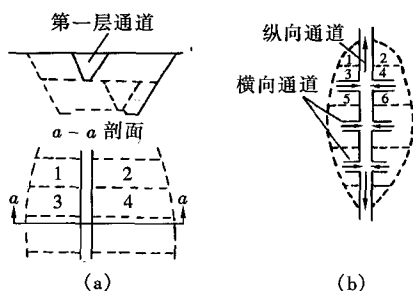


图 1-3 混合挖掘法

(a) 横面和平面；(b) 平面纵横通道示意图中：
箭头表示运土与排水方向，数字表示工作面号数

械或人工直接开挖的石方，则应采用爆破法开挖。

3) 石方需用爆破法开挖的路段，如空中有缆线，应查明其平面位置和高度；还应调查地下有无管线，如果有管线，应查明其平面位置和埋设深度；同时应调查开挖边界线外的建筑物结构类型、完好程度、距开挖界距离，然后制定爆破方案。任何爆破方案的制定，必须确保空中缆线、地下管线和施工区边界处建筑物的安全。

4) 进行爆破作业时必须由经过专业培训并取得爆破证书的专业人员施爆。

5) 根据确定的爆破方案，进行炮位、炮孔深度和用药量设计，其设计图纸和资料应报送有关部门审批。

6) 根据设计的炮位和孔深打眼，当工程量小，工期允许时，可采用人工打眼；当工程量较大时，应采用机械钻孔。钻孔机械可采用风钻或潜孔钻。

7) 爆破法开挖石方应按以下程序进行：施爆区管线调查→炮位设计与设计审批→配备专业施爆人员→用机械或人工清除施爆区覆盖层和强风化岩石→钻孔→爆破器材检查与试验→炮孔（或坑道、药室）检查与废渣清除→装药并安装引爆器材→布置安全岗和施爆区安全员→炮孔堵塞→撤离施爆区和飞石、强地震波影响区内的人、畜→起爆→清除瞎炮→解除警戒→测定爆破效果（包括飞石、地震波对施爆区内外构造物造成的损伤及造成的损失）。

8) 公路石方开挖，应充分重视挖方边坡稳定，宜选用中小炮爆破；开挖风化较严重、节理发育或岩层产状对边坡稳定不利的石方，宜用小型排炮微差爆破，小型排炮药室距设计边坡线的水平距离，不应小于炮孔间距的 $1/2$ 。

9) 当岩层走向与路线走向基本一致，倾角大于 15° ，且倾向公路或者开挖边界线外有建筑物，施爆可能对建筑物地基造成影响时，应在开挖层边界，沿设计坡面打预裂孔，孔深同炮孔深度，孔内不装炸药和其他爆破材料，孔的距离不宜大于炮孔纵向间距的 $1/2$ 。

10) 开挖层靠边坡的两列炮孔，特别是靠顺层边坡的一列炮孔，宜采用减弱松动爆破。

11) 开挖边坡外有必须保证安全的重要建筑物，即使采用减弱松动爆破都无法保证建筑物安全时，可采用人工开凿、化学爆破或控制爆破。

12) 在石方开挖区应注意施工排水，在纵向和横向形成坡面开挖面，其坡度应满足排水要求，以确保爆破出的石料不受积水浸泡。

13) 炮眼位置选择应注意以下几点：

①炮位设计应充分考虑岩石的产状、类别、节理发育程度、溶蚀情况等，炮孔药室宜避开溶洞和大的裂隙。

②避免在两种岩石硬度相关很大的交界面处设置炮孔药室。

③非群炮的单炮或数炮施爆，炮孔宜选在抵抗线最小、临空面较多，且与各临空面大致距离相等的位置，同时应为下次布设炮孔创造更多的临空面。

④群炮炮眼间距宜根据地形、岩石类别、炮型等确定，并根据炮眼间距、岩石类别、

地形、炮眼深度计算确定每个炮眼的装药量和炸药种类。对于群炮，宜分排或分段采用微差爆破。

⑤非群炮的单炮或数炮施爆，炮眼方向宜与岩石临空面大致平行，一般按岩石外形、节理、裂隙等情况，分别选择正炮眼、斜炮眼、平炮眼或吊眼等。

(2) 常用爆破方法施工的特点及优点

1) 综合爆破：综合爆破是根据石方的集中程度，地质、地形条件，公路路基断面的形状，结合各种爆破方法的最佳使用特性，因地制宜，综合配套使用的一种比较先进的爆破方法。一般包括小炮和洞室炮两大类。小炮主要包括钢钎炮、深孔爆破等钻孔爆破；洞室炮主要包括药壶炮和猫洞炮，洞室炮则随药包性质、断面形状和微地形的变化而不同。用药量 1t 以上为大炮，1t 以下为中小炮。

2) 钢钎炮（眼炮）：钢钎炮通常指炮眼直径和深度分别小于 7cm 和 5m 的爆破方法。

①特点。炮眼浅，用药量少，每次爆破的方数不多，并全靠人工清除，所以工效较低，不利于爆破能量的利用。由于眼浅，爆破时爆炸气体很容易冲出，变成不做功的声波，以致响声大而炸下的石方不多。

②优点。它比较灵活因而又是一种不可缺少的炮型，在地形艰险及爆破量较小地段（如打水沟、开挖便道、基坑等）仍属必需，在综合爆破中是一种改造地形，为其他炮型服务的辅助炮型。

3) 深孔爆破：深孔爆破就是孔径大于 75mm、深度 5m 以上，采用延长药包的一种爆破方法。

①特点。炮孔需用大型的潜孔凿岩机或穿孔机钻机，如用挖运机械清方可以实现石方施工全面机械化，是大量石方（万方以上）快速施工的发展方向之一。由于需要用大型机械，故转移工地、开辟场地、修筑便道等准备工作都较复杂，且爆破后仍有 10% ~ 25% 的大石块需经第二次爆破改小

②优点。劳动生产率高，一次爆落的方量多，施工进度快，爆破时对路基边坡的影响比大炮小。若配合预裂或光面爆破，则边坡平整稳定，爆破效果容易控制，爆破时比较安全。

4) 微差爆破：微差爆破，亦称毫秒爆破，是指两相邻药包或前后排药包以毫秒的时间间隔（一般为 15 ~ 75ms）依次起爆。

特点和优点：当装药量相等时可减震 1/3 ~ 2/3 左右；前发药包为后发药包开创了临空面，从而加强了岩石的破碎效果；降低了多排孔一次爆破的堆积高度，有利于挖掘机作业；由于逐发或逐排依次爆破，减少了岩石夹制力，可节省炸药 20%，并可增大孔距，提高每米钻孔的炸落方量。多排微差爆破是浅孔深孔爆破发展的方向。

5) 光面爆破和预裂爆破：特点和优点：

①光面爆破是在开挖限界的周边，适当排列一定间隔的炮孔，在有侧向临空面的情况下，用控制抵抗线和药量的方法进行爆破，使之形成一个光滑平整的边坡。

②预裂爆破是在开挖限界处按适当间隔排列炮孔，在没有侧向临空面和最小抵抗线的情况下，用控制药量的方法，预先炸出一条裂缝，使拟爆体与山体分开，作为隔震减震带，起保护和减弱开挖限界以外山体或建筑物的地震破坏作用。

6) 药壶炮：药壶炮是指在深 2.5 ~ 3.0m 以上的炮眼底部用小量炸药经一次或多次烘

膛，使眼底成葫芦形，将炸药集中装入药壶中进行爆破。

①特点。主要用于露天爆破，其使用条件是：岩石应在Ⅺ级以下，不含水分，阶梯高度（ H ）小于10~20m，自然地面坡度在70°左右。如果自然地面坡度较缓，一般先用钢钎炮切脚，炸出台阶后再使用。经验证明，药壶炮最好用于Ⅸ~Ⅺ级岩石，中心挖深4~6m，阶梯高度在7m以下。

②优点。装药量可根据药壶体积而定，一般介于10~60kg之间，最多可达100kg。每次可炸岩石数十方至数百方，是小炮中最省工、省药的一种方法。

5) 猫洞炮（蛇穴炮）：猫洞炮系指炮洞直径为0.2~0.5m，洞穴成水平或略有倾斜（台眼），深度小于5m，用集中药包在炮洞中进行爆破的一种方法。

①特点。充分利用岩体本身的崩塌作用，能用较浅的炮眼爆破较高的岩体，一般爆破可炸松15~150m³。其最佳使用条件是：岩石等级一般为Ⅸ级以下，最好是Ⅴ~Ⅶ级；阶梯高度最小应大于眼深的两倍，自然地面坡度不小于50°，最好在70°左右。由于炮眼直径较大，爆能利用率较差，所以炮眼深度应大于1.5~2.0m，不能放孤炮。猫洞炮的工效，一般可达4~10m³，单位耗药量在0.13~0.3kg/m³之间。

②优点。在有裂缝的软石坚石中，阶梯高度大于4m，药壶炮药壶不易形成时，采用这种爆破方法，可以获得较好的爆破效果。

6) 洞室炮：为使爆破设计断面内的岩体大量抛掷（抛坍）出路基，减少爆破后的清方工作量，保证路基的稳定性，可根据地形和路基断面型式，采用不同性质的洞室炮爆破法。洞室炮爆破法主要包括抛掷爆破、斜坡地形半路堑的抛坍爆破、多面临空地地形爆破、定向爆破和松动爆破。

①特点。洞室炮使用不当，则可能破坏山体平衡，造成路基后遗病害，使用时必须进行现场调查，摸清当地的工程地质条件及周围环境，通过技术经济比较来确定。

②优点。大型洞室爆破，威力大，效率高，可以缩短工期，节约劳力，技术安全可靠性也大。

6 路基雨季施工技术

(1) 雨季施工地段的选择

1) 雨季路基施工地段一般应选择丘陵和山岭地区的砂类土、碎砾土、岩石地段和路堑的弃方地段。除施工车辆外，应严格控制其他车辆在施工场地通行。

2) 重黏土、膨胀土及盐渍土地段不宜在雨季施工；平原地区排水困难，不宜安排雨季施工。

(2) 雨季施工前应做好下列准备工作

1) 对选择的雨季施工地段进行详细的现场调查研究，据实编制雨季施工组织计划。

2) 修建施工便道并保持晴雨畅通。

3) 住地、库房、车辆机具停放场地、生产设施都应设在最高洪水位以上地点或高地上，并应与泥石流沟槽冲积堆保持一定的安全距离。

4) 修建临时排水设施，保证雨季作业的场地不被洪水淹没并能及时排除地面水。

5) 储备足够的工程材料和生活物资。

(3) 雨季填筑路堤

- 1) 雨季路堤施工地段除施工车辆外,应严格控制其他车辆通行。
 - 2) 在填筑路堤前,应在填方坡脚以外挖掘排水沟,保持场地不积水,如原地面松软,应采取换填等措施。
 - 3) 选用透水性好的碎、卵石土,砂砾,石方碎渣和砂类土作为填料。利用挖方土作填方时应随挖随填及时压实。含水量过大无法晾干的土不得用作雨季施工填料。
 - 4) 路堤应分层填筑。每一层的表面应做成 $2\% \sim 4\%$ 的排水横坡。当天填筑的土层应当天完成压实。
 - 5) 雨季填筑路堤需借土时,取土坑距离填方坡脚不宜小于 3m 。平原区路基纵向取土时,取土坑深度一般不宜大于 1m 。
- (4) 雨季开挖路堑
- 1) 路堑开挖前,在路堑边坡坡顶 2m 以外开挖截水沟并接通出水口。
 - 2) 雨季开挖土质路堑宜分层开挖,每挖一层均应设置排水纵横坡。挖方边坡不宜一次挖到设计标高,应沿坡面留 30cm 厚,待雨季过后整修到设计坡度。用作回填的挖方应随挖随运随填。
 - 3) 雨季开挖路堑挖至路床设计标高以上 $30 \sim 50\text{cm}$ 时应停止开挖,并在两侧挖排水沟。待雨季过后挖到路床设计标高后再压实。
 - 4) 对于高速公路或一级公路,如土的强度低于规定值时,应超挖 50cm ,其他公路超挖 30cm ,用粒料分层回填并按路床要求压实。
 - 5) 雨季开挖岩石路堑,炮眼应尽量水平设置。边坡应按设计坡度自上而下层层刷坡,并应随时核对其坡度是否合乎设计要求,应尽量利用挖出的石渣。

7 路基冬季施工技术

(1) 冬季施工

- 1) 在反复冻融地区,昼夜平均温度在 -3°C 以下,连续 10 天以上时,进行路基施工称为路基冬季施工。
- 2) 当昼夜平均温度虽然上升到 -3°C 以上,但冻土未完全融化时,亦应按冬季施工处理。

(2) 路基冬季施工可进行的工程项目

- 1) 泥沼地带河湖冻结到一定深度后,可利用冻结后的一定承载力修筑施工便道,运输所需的机具、设备和材料。如需换土时可趁冻结期挖去原地面的软土、淤泥层换填合格的其他填料。
- 2) 含水量高的流动土质、流沙地段的路堑可利用冻结期开挖。
- 3) 河滩地段可利用冬季水位低,开挖基坑修建防护工程,但应采取加温保温措施,注意养护。
- 4) 岩石地段的路堑或半填半挖地段,可进行开挖作业。
- 5) 其他情况的二级以下公路路基可在冬季施工,但融冻后必须按规定重新整理边坡,对填方路堤应进行补充压实达到规范要求。

(3) 路基工程不宜冬季施工的项目

- 1) 高速公路、一级公路的土路堤和地质不良地区二级以下公路路堤。