

交通科技丛书
JTKJCS

填石路基施工技术

沙爱民 贾侃 等著



Construction Techniques
of Rockfill Embankment



人民交通出版社

China Communications Press

Construction Techniques of Rockfill Embankment

填石路基施工技术

沙爱民 贾 侃 等著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是为了推广应用交通部西部交通建设科技项目研究课题“大粒径碎石路基施工控制技术的研究”所取得的成果而编写的。在充分分析了国内外填石路基施工技术现状的基础上,详细介绍了碎石填料的工程特性、填石路基的变形特性;提出了填石路基压实机械的选型原则与要求,进行了专用压实机械的开发和应用;系统提出了填石路基施工技术方法和要求,并完整提出填石路基的质量检测与评定的方法和标准。

本书可供公路设计人员、施工技术人员、科研人员及相关院校师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

填石路基施工技术/沙爱民,贾侃等著. —北京:人民交通出版社, 2007.11

ISBN 978-7-114-06696-2

I.填... II.①沙...②贾... III公路路基-工程施工-施工技术 IV.U416.104

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第107416号

书 名: 填石路基施工技术

著 者: 沙爱民 贾侃 等

责任编辑: 郑蕉林

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×960 1/16

印 张: 14.25

字 数: 248千

版 次: 2007年11月 第1版

印 次: 2007年11月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06696-2

印 数: 0001-3000册

定 价: 36.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言

Foreword

随着我国公路网建设向山区纵深发展,公路路基高填深挖或以隧道穿越的现象变得较为普遍。尤其是我国西部地区多为山岭重丘区,如何处理和利用深挖路堑和隧道施工过程中所产生的大量碎石材料成为公路建设中必须要面对并解决的工程问题。现有公路路基施工控制技术多建立在细粒土基础上,填筑路堤材料的容许粒径范围小,大量路堑和隧道挖掘的石料不能用于路堤填筑,并需要及时清除或处理才能继续施工。这样一方面造成占用农田耕地、破坏沿线环境等问题;另一方面带来借土填筑路堤,造成成本增高、工期延长等经济效益问题。山区公路建设迫切需要解决填石路基施工技术问题。

本书为交通部西部交通建设科技项目“大粒径碎石路基施工控制技术的研究”成果的总结和凝练。该研究项目在大量调研国内外施工实践经验、系统分析相关文献资料的基础上,选择有代表性填料的填石路基施工路段作为试验段,通过室内和现场试验,系统研究了填石路基的施工工艺、压实机械选型技术、质量检测方法和评定标准。

全书共分七章。第一章介绍了填石路基施工中的技术问题及国内外研究现状。第二章在阐述碎石填料压实特性的基础上,提出了填料的分类方法和粒径组成要求,同时分析了碎石填料的破碎性规律。第三章介绍采用沉降观测设备对地基沉降和填石体压缩变形进行长期系统观测,研究了填石路基的变形特性。第四章在填石路基施工现场试验研究的基础上,提出了填石路基合理的压实方式,着重论述了填石路基对压路机机械参数的技术要求和冲击压实等技术问题,并系统提出填石路基压实机械的选型原则。第五章通过深入研究地基处理要求、摊铺与整平技术、压实工艺以及边坡施工等关键技术,系统提出了填石路基的施工工艺与技术要求。第六章以试验路为依托工程,具体分析了填石路基施工质量的沉降检测、弯沉检测和密度检测等多种检测方法,提出系统的施工质量检测方法及其技术要求和操作规范。第七章通过运用数理统计方法,提出了沉降差及沉降率作为填石路基质量检测标准的施工质量评定方法。

全书由沙爱民组织制定写作大纲、撰写各章内容并修改和定稿,贾侃参加撰

写了第二章、第四章、第五章的内容以及第六章的部分内容,涂圣武参加撰写了第三章、第六章的部分内容以及第七章的内容,窦光武参加撰写了第六章的部分内容。

参加本项目室内外试验研究的主要人员还有长安大学雒应,甘肃省公路局吴祥海,广西壮族自治区交通科学研究所梁军林、谭华等。

由于研究的局限性和作者的水平所致,书中不足乃至错误之处难免,敬请批评指正。

作 者

2007年11月于西安

目录

Contents

第一章 绪论	1
第一节 问题的提出.....	1
第二节 国内外研究概况.....	2
一、与公路填石路基相关的工程技术现状.....	2
二、我国填石路基施工技术现状.....	3
三、国外填石路基施工技术现状.....	9
第三节 填石路基施工中的技术问题.....	12
一、主要技术问题.....	12
二、研究内容及实施方案.....	13
三、依托工程概况.....	14
第二章 碎石填料的工程特性	16
第一节 碎石填料的分类方法.....	17
一、国内现有的粗粒土(巨粒土)分类概况.....	17
二、国外粗粒土(巨粒土)分类概况.....	24
三、现有粗粒土(巨粒土)分类方法的分析.....	26
四、石质填料分类方法.....	28
第二节 碎石填料的压实过程.....	29
一、土质填料的压实过程.....	29
二、碎石填料的压实过程.....	30
三、填石路基压实过程中应注意的问题.....	31
第三节 碎石填料的粒径组成.....	31
一、粒径组成概念.....	31
二、粒径组成影响的现场试验.....	32
三、粒径组成建议值.....	34
四、粒径组成要求的实现.....	35

第四节	碎石填料的破碎性	35
一、	碎石填料破碎现象的产生	35
二、	影响碎石填料破碎性的因素	36
三、	碎石填料破碎性对路基稳定性的影响	38
四、	填料破碎性的施工控制要求	39
小结	39
第三章	填石路基的变形特性	41
第一节	填石路基沉降观测试验	42
一、	沉降观测设备埋置要求	42
二、	沉降观测设备埋置段状况	45
三、	沉降观测精度要求	49
第二节	观测数据处理与分析	49
一、	观测数据记录情况	49
二、	观测数据处理与分析	51
第三节	填石路基的变形特性	53
一、	填石路基地基沉降变形	53
二、	填石路基的沉降变形特性	54
小结	56
第四章	填石路基压实机械选型	57
第一节	填石路基的压实方式	58
一、	路基施工压实方式	58
二、	路基施工压路机类型	58
三、	碎石填料特性对压实方式的要求	59
第二节	填石路基常规压实机械现场试验	61
一、	压路机的吨位与激振力对路基压实效果的影响	61
二、	压路机的其他相关参数对路基压实效果的影响	65
三、	填石路基压实机械选用的一般原则	68
第三节	填石路基专用压实机械现场试验	69
一、	专用压路机的特性	69
二、	专用压路机的现场试验	70
第四节	填石路基冲击压实机械现场试验	77
一、	冲击压实在填石路基上的应用现状	77
二、	冲击压实现场试验	79
三、	冲击压实效果分析	84

061	四、填石路基冲击压实工艺的技术要求	85
061	小结	86
	第五章 填石路基施工工艺	88
141	第一节 填石路基的地基处理	88
241	一、填石路基对地基承载力的要求	88
441	二、填石路基土质地基的处理要求	89
741	三、填石路基石质地基的处理要求	90
841	四、填石路基对地基的排水要求	90
941	五、填石路基对地基坡度的处理要求	90
131	第二节 填石路基的摊铺与整平	91
231	一、填石路基填料摊铺方式	91
331	二、填石路基填料的粒径和粒径组成	94
431	三、填石路基松铺厚度	97
531	四、填石路基的整平	104
631	第三节 填石路基的压实	106
731	一、碾压机械组合	107
831	二、碾压过程参数	114
931	第四节 填石路基的压实含水量	117
031	一、填石路基压实含水量问题的提出	117
131	二、填石路基含水量的影响作用现场试验	119
231	第五节 填石路基的边坡	120
331	一、填石路基边坡施工现状	120
431	二、填石路基边坡施工技术要求	121
531	第六节 填石路基的施工工序与相关说明	124
631	小结	128
	第六章 填石路基施工质量检测	131
731	第一节 填石路基施工质量检测技术现状	131
831	一、压实度法	131
931	二、试验段法	136
031	三、弹性模量法	136
131	四、沉降量法	137
231	五、压实计法	137
331	六、面波仪法	137
431	七、附加质量法	138

第二节	填石路基施工质量的沉降差检测	139
一、	沉降差检测存在的问题	139
二、	沉降差检测方法的改进	140
第三节	填石路基施工质量的沉降率检测	141
一、	影响沉降率的施工因素	142
二、	沉降率与其他检测指标的关系	144
三、	沉降率检测方法的技术要求	167
第四节	填石路基施工质量的弯沉检测	169
一、	弯沉检测技术的发展	169
二、	填石路基现场弯沉检测试验	171
三、	施工参数对弯沉的影响	177
四、	弯沉值与其他检测指标的关系	179
五、	填石路基弯沉检测中的几个技术问题	180
六、	应用落锤式弯沉仪检测填石路基质量的意义	182
第五节	填石路基施工质量的密度检测	182
一、	用密度评价填石路基压实质量的困难	182
二、	灌水法现场密度试验	184
三、	填石路基的密度变化规律	187
四、	密度检测方法的优缺点	188
第六节	填石路基施工质量不同检测方法的应用场合	188
一、	不同检测方法的比较	189
二、	不同检测方法应用场合的建议	189
小结		190
第七章	填石路基施工质量评定	192
第一节	压实稳定状态	192
一、	压实极限状态	192
二、	沉降量及沉降率与压实稳定状态之间的关系	193
第二节	沉降差检测的标准值确定	196
一、	沉降差检测标准值的确定方法	196
二、	沉降差检测标准值的确定实例	197
第三节	沉降差的评定方法	200
一、	数学模型	201
二、	评定方法	202
第四节	沉降率检测的标准值确定	203

一、沉降率检测标准值的确定方法	203
二、沉降率检测标准值的确定实例	203
第五节 沉降率检测的评定方法	206
一、评定方法	206
二、评定步骤	207
三、其他	208
小结	209
附录 英文目录	211
参考文献	217

第一章

绪论

第一节 问题的提出

随着我国经济建设的发展和公路网建设的延伸,越来越多的公路建设面临的地形从以平原微丘区为主转向以山岭重丘区为主。尤其随着西部大开发战略的实施,公路网建设向西部地区纵深发展,而由于西部地形所决定的路基高填深挖现象变得更为普遍。

我国西部地区多为山岭重丘区,其中,西南地区各种岩性的石料资源丰富,在实际现场工程中所遇到的深挖路堑和隧道施工造成了大量的大粒径碎石材料。由于以往规范只规定了常规粒径材料填筑路基的方法和要求,并限制了填筑路堤材料的最大粒径,大量“超粒径岩块”一般不能用于路堤填筑,因此,挖方石料需要及时清除或处理才能继续施工。这样,一方面造成诸如征用场地以堆放挖方、弃方材料,大量弃方占用农田耕地,破坏沿线环境等问题;另一方面带来借土填筑路堤,增加运距和运力,造成成本增高、工期延长、甚至影响进度等问题。工程施工单位出于经济效益和社会效益的综合考虑,希望尽量利用这些大粒径材料作为路堤填筑的主要来源。事实上,在山区公路的建设中,往往将这些超粒径岩块用于填筑路基,但与以往公路路基施工技术规范所规定的填料最大粒径相比,这些填料尺寸显然过大。

长期以来公路部门对填料的压实特性、检测标准的试验研究,都是建立在细粒土基础上,如何针对填石(包括岩块、块石、碎石等)路基进行机械化施工组织与控制以及如何对填石路基的质量进行检测与评定,目前还没有比较完善的技术手段和统一的技术要求。如果对这一问题控制不当,如摊铺不均匀、压实功能不够、压实机械组合不当或采用不合适的质量检测标准和方法等,将会造成较大的工后沉降和不均匀沉降,影响路面的平整度,甚至产生纵、横向裂缝,从整体上影响路基路面的稳定性和耐久性。因此,西部地区,尤其是西南地区的公路建设迫切需要解决块石、碎石以及碎石土填筑路基质量的现场

检测评价方法。

填石路基技术的研究,有利于进一步完善和提高我国公路路基施工技术,提高公路修筑技术水平,可以满足西部山岭区公路建设过程中对填石路基施工控制方法和标准的迫切需求,而且可以为全国山岭区公路建设中的填石路基施工控制提供依据和指导,应用范围广阔。

填石路基填筑技术的应用,可充分利用公路挖方材料,从而能够大量节约公路建设资金,并保护沿线环境,这符合经济建设有效、健康的发展目标,有着十分重大的经济和社会意义。

第二节 国内外研究概况

一、与公路填石路基相关的工程技术现状

我国古代就已大量采用石料修筑堤坝,但由于生产力水平低下、缺乏施工机械,石料堤修筑主要采用人工码砌和自然堆码的方法,工程经验很少,也没有形成一定的理论。20世纪50年代后,水利工程中与填石路基相似的结构工程“堆石坝”在我国的修筑,促进了我国对大粒径材料填筑的研究。随着面板堆石坝的迅速推广,研究工作的深度和广度有明显扩展。20世纪50年代在国外出现的振动碾压使堆石坝的修筑产生质的飞跃;20世纪70年代以来又完成了从抛填堆石到碾压堆石的过渡,开始采用薄层振动碾压技术修筑堆石坝,从而获得了许多工程实践经验,形成了一些理论。这标志着堆石坝的修筑进入了应用现代技术的阶段。我国自20世纪80年代中期开始研究和应用堆石坝,曾作为“七五”国家科技攻关项目,目前已成功修建了30多座混凝土面板堆石坝。特别是建成了亚洲第一、世界第二的高堆石坝——位于广西与贵州交界处高178m的天生桥一级水电站大坝,并在堆石料与垫料的动、静力特性,级配优化结构形式,堆石坝非线性有限元模型及二维和三维静、动力分析与动力模型试验,填料控制爆破开采,施工振动碾压等方面取得了丰硕成果。我国水利部门对堆石料规划、采、运、级配、运铺以及碾压等工艺作出了全面的总结,建立了完善的填筑质量控制、检验与监测方法,编制了相应的设计和施工规范。

与堆石坝工程相比,公路填石路基施工具有自身的工程特点。

(1)堆石坝工程的坝址一般选在地基条件良好,甚至是基本不产生压缩变形的基岩上。而作为线状的公路工程,线路所经过的地质条件较为复杂,很多是不良地质和地基承载力不足的地区。

(2)堆石坝工程的坝址固定,而且堆石料场固定、来源单一,其颗粒级配相对

稳定也较易控制,施工现场的碾压参数也容易监控。而公路上填石路基的石料多来自沿线,石料的开采、爆破以及破碎工艺相对难以控制,从而导致填料的粒径组成变化较大,路基施工的碾压参数变化较大,致使填石路基的质量控制相对比较困难。

堆石坝的施工工艺、施工参数以及检验标准,都不能直接用于填石路基的施工,但是在填筑材料控制、碾压控制等许多方面上的经验与理论都可以借鉴。

另外,在铁路行业,如秦沈客运专线,株六复线建设中,都曾大量应用碎石作为路基的填筑材料,提出了针对具体工程的施工技术与管理控制细则,其中对填石路堤作出了明确规定,提出应用平面荷载地基系数 K_{30} 作为压实控制标准。但同样,铁路填石路基由于上部结构属级配碎石,具有较高的沉降调节性,与公路填石路基还是有很大区别。

二、我国填石路基施工技术现状

从 20 世纪 80 年代至 90 年代中期,我国公路部门开始修筑填石路基。近几年来,国内许多公路设计、施工、监理单位在填石路基的施工、检测方面做了大量的工作,通过工程实践与试验研究总结出了一些经验,取得了一定的成果。例如,在京珠高速公路粤北段、晋焦高速公路、江西昌厦一级公路、贵州贵黄一级公路、福建福泉高速公路等工程中,进行现场试验,开展专题研究,积累了一定经验,推动了填石路基修筑技术的发展。施工技术主要分为施工工艺与施工质量检测两大部分。

1. 填石路基施工组织与工艺

1994 年,在哈尔滨至绥芬河公路的绥芬河—绥阳段采用大粒径碎石填筑路基过程中,根据碎石的结构类型不同,进行了大粒径碎石填筑路基施工组织与工艺控制方法的研究。提出空隙型和密实型两种结构类型,压实厚度为 40cm,层位在路槽底 80cm 以下的土基工作区,采用振动碾压和静压结合的方法。

1999 年,宁宿徐高速公路施工中研究了碎石土填筑路基的施工工艺及其质量控制检测。提出每层松铺厚度不宜超过 30cm,最大粒径不宜超过压实厚度的 $2/3$,全幅填筑,在最佳含水量下采用静压、弱振、强振结合的方法碾压,压实度检测主要采用轮迹法、灌砂法,并以弯沉法辅助配合作为混合料填筑路基与土质路基进行对比。

国道 309 线武涉段改建工程进行了填石路基压实试验研究。通过对压实厚、压实遍数、密实度等影响压实效果因素的分析,提出了控制压实质量的控制标准。

京珠高速公路某子项目二级公路 K24+120~K24+200 进行填石路基试验,现场质量采用压实计测定法控制,得出压实遍数与压实度之间的关系。

国道 312 线蓝田至小商塬段填石路基研究,提出对石料强度不能小于 15MPa,对强度质量较差的填石料,则要求做 CBR 试验。质量评定中采用控制沉降量极限值的方法。

国道 309 线武安至山西省界段填石路基施工中,采用控制粒径和压实度,选择最佳压实机具,配合控制压实遍数的方法,以无轮迹时判为密实状态。

四川广元民用机场场道高密度石方填筑压实试验与施工研究,提出了以石质或以石方为主的土石混合料为填料时,采用重型振动碾压法施工的工艺和主要技术参数。质量控制的方法主要采用灌水法为主,辅以核子密度仪。其铺筑厚度达到 70cm。

陕西勉宁线采用粉砂岩和页岩填料进行路基填筑,层厚控制在 40cm,最大粒径控制在 15cm,用 16t 拖式凸块振动压路机碾压 4 遍,再用 16t 光轮压路机碾压 4 遍,在碾压过程中不需进行洒水工作。施工质量检测采用沉降差方法,沉降差值控制在 2mm 以内(图 1-1 和图 1-2)。



图 1-1 勉宁路路基填料



图 1-2 勉宁路施工现场

104 国道余杭段改建工程西连接线路基,采用凝灰岩类宕渣进行填筑。宕渣填料的粒径不得大于 15cm,上路床(0~30cm)范围内的宕渣粒径控制在 10cm 以下,松铺厚度不大于 40cm。当块石含量较大时,块石间隙用土或石屑铺撒填充。大型推土机摊铺平整后,用 18t 自行式振动压路机进行分层碾压:先是静压 1 遍,再用振动碾压 4 遍,最后再静压 1 遍收面。在碾压过程中不需进行洒水工作。宕渣路基填筑质量的检测采用压实度检测。压实度的检测视颗粒组成而定:当粒径大于 40mm 的碎石含量占 30% 以上时,采用测定固体体积率方法检测压实度;当粒径大于 40mm 的碎石含量占 30% 以下时,采用重型击实试验法求得的最大干密度作为控制指标(图 1-3 和图 1-4)。

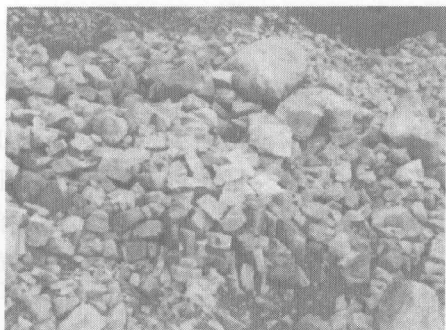


图 1-3 余杭段改建工程路基填料



图 1-4 余杭段改建工程施工现场

甘肃省兰州到白银高速公路进行填石路基施工时,先将大块石料摊铺平整平在底部,每层厚度控制在 50cm,再在摊铺好的面上撒上大约 10cm 的嵌缝料,洒水后进行碾压,碾压后大约有 5cm 的嵌缝料进入大石料间的空隙;对于边坡,用大块石料进行干码,以保证边坡的稳定性。

国内虽对填石路基施工技术进行了大量的试验与施工实践,但还存在以下一些问题:在公路工程技术标准与施工规范中,对于碎石路基的结构类型尚无定论;不同粒径和不同级配范围碎石的强度指标和物理力学指标的标准值与试验方法无统一的技术要求;不同压实机具、不同压实机具组合及不同压实厚度之间的施工组织与工艺控制有待于进一步研究。

2. 填石路基的质量检测

1) 压实度检测法

压实度检测法采用大粒径碎石的最大干密度作为压实标准,以通过实测的干密度与最大干密度的比值,即现场压实度与设计压实度比较来检测施工质量。

(1) 最大干密度确定

目前实际工程中大粒径碎石材料最大干密度的确定多采用近似或经验的方法,其中主要有室内试验与现场试验段两大类。前者是对原级配用等量代替法、相似级配法或剔除法等缩小粒径后形成模型级配料,然后利用模型级配料按粗粒土的方法测定其最大干密度。后者则是凭借现场压实好的试验路段的填筑层密实度作为检查压实度的标准密度。

① 室内试验法

由于大粒径碎石的最大粒径普遍超过了目前测定粗粒土最大干密度仪器的允许粒径范围,因此在使用现有仪器的条件下,如何将大粒径碎石材料原级配调整为模型级配料成为解决问题的关键。目前对原级配进行调整的方法主要有相似级配系列延伸法、剔除超粒径系列延伸法、等量代替系列延伸法以及渐近线辅

助拟合法。

②现场试验段经验确定法

鉴于以上室内试验的诸多困难,可采用现场试验段经验确定法,即先铺筑一段试验路,借用压实好的填层密实度作为检查压实度的标准密度。具体步骤如下:在施工现场经过控制碾压遍数,充分压实后的填层,先用轮迹法初步判断压实度是否已达到基本要求,然后用灌水法计算出填料的密度。同时对挖出的填料用5mm筛过筛,计算出大于5mm的石料占总重的百分率。选取不同的试坑位置,求出不同石料含量时的压实密度,绘制现场检测用的标准曲线,以备查用。这种方法的关键是必须保证试验路段的施工情形(包括填料性质与粒径组成、施工工艺、施工机械等)与正式施工时的一致。

室内试验法和现场试验段经验法这两种最大干密度的确定方法,目前都存在一些问題:第一种方法的合理性主要依赖于模型理论的建立,而当前众多的模型理论均不尽成熟,无法准确估计缩尺效应的影响,因此还有待进一步完善;同时,由于填料的来源复杂性与料场开采的不准确性,现场施工中的填料粒径组成相差较大,简单地用一个室内试验所确定的最大干密度来衡量实际现场中千差万别的填料,也不尽合理;第二种经验方法,由于缺少定量标准和理论依据,在实际施工中可能会出现盲目性。

(2)现场干密度确定

由于碎石填料具有石料坚硬、形状各异等特点,现场试验时难于将试坑坑壁处理光滑,且填筑体中存在着较大空隙,因此那些用于填土路基现场干密度检测的方法如灌砂法、核子密度仪法等不适于填石路基。目前较为适于填石路基的现场干密度测定方法是灌水法,其检测公式如下:

$$V = w_1 = w_0 - w_2 \quad (1-1)$$

$$\rho_w = \frac{m}{V} \quad (1-2)$$

式中:V——试坑体积(cm^3);

w_0 ——灌水前水的质量(g);

w_1 ——灌入试坑中水的质量(g);

w_2 ——剩余水的质量(g);

ρ_w ——压实后测得的湿密度(g/cm^3);

m ——试坑中取出的全部材料质量(g)。

虽然压实度检测方法的原理简单、表达直接,其思想较易被人们所接受,但目前尚未有完善的理论模型和统一的技术规范。一方面,难以用室内试验所确定的工程性质来准确反映大粒径碎石填料的强度和变形特性,同时,填石路基填

料的来源极为复杂,在实际施工中填料的粒径组成变化较大,最大干密度的代表性也有限。另一方面,由于碎石的粒径尺寸过大,进行现场测试时,灌水试验的试坑尺寸较大,开挖石料多,工作量较大,费力费时,而且如果没有对试验过程中的众多影响因素(如试坑直径、薄膜厚度等)提出具体的技术要求,其试验结果也会有很大的偏差。对于这些问题,目前还没有较为系统的研究和成果以供指导。

2) 试验段法

试验段法是指对路基的施工过程进行质量管理监测,它通过修筑试验路段来确定填筑厚度、压实机械和碾压遍数等若干关键施工参数,然后在随后的大面积正式施工中,依据这些参数来控制施工质量,从而替代质量检测。这种方法将施工质量控制施工过程中,可以及时地发现问题,具有一定的可行性和实时性。但是由于填石路基的施工方量较大,填料变化复杂,简单地用固定的碾压参数来控制,难免有些差异。同时,这种方法缺少必要的定量指标,主观性较大,在实际操作中,会因人而异,还应辅以必要的质量检测试验,用客观的数据来加以评价。

3) 弹性模量法

路基压实是为了提高填料的强度,增加其稳定性和抵抗变形的能力,填石路基施工中填料的变形极为关键。弹性模量检测方法以变形控制为依据,认为路基在压实作用下,强度得以提高,弹性模量增到某一值时,其塑性变形越来越小,剩余沉降量趋于稳定,即认为路基已密实。具体方法一般是采用荷载试验测定弹性模量,但此方法需标准荷载车辆和专用检测设备,费时费力,且测点在大粒径填料上的测定结果和在小粒径颗粒上的结果不同,离散性较大。

4) 压实计法

用压实计来控制路基的压实质量,是20世纪80年代初在国际上出现并得以发展的一种新方法。它具有方便、迅速和随机控制压实质量的特点,并可减少繁重的现场取样试验。压实计由加速度计、数据处理装置和指示表组成,加速度计装在振动碾轴上,数据处理装置和指示表装在驾驶室,由于波形畸变的程度与土体压实程度之间有一定关系,故可由此了解压实程度。根据压实标准要求,将预置开关设置到某一数值,当压实计读数等于或大于此数值时,指示灯亮提醒驾驶员压实已达到要求,否则应继续碾压。另外,也可根据压实计读数和密度关系,获得压实密度,以判别压实质量是否满足要求,因此压实计适用于施工人员在碾压过程中,对路基压实状况进行实时监控和控制压实遍数,从而对整个碾压作业面进行全面实时的质量检测。但是由于压实计发展较晚,还存在着一些缺点,例如压实仪表上的读数并不表示路基的技术指标,只表示被检测面的密实程