

路堑爆破边坡质量控制技术的发展与分析

发布时间: 2008-02-29

冯叔瑜 顾毅成

(铁道科学研究院 北京 100081)

摘要:四十年来,通过建立爆破工程地质学,引进光面、预裂爆破技术,采用综合爆破技术等,石方路堑边坡质量控制技术有了长足的进步,为高速铁路和山区铁路建设提供了可靠的技术保证。分析了路堑爆破边坡质量控制的几个重要技术要素,主要是:要重视不耦合装药结构的作用,确保预裂爆破成缝及处理好预裂炮孔与前排药包位置的关系。为在铁路路堑施工中大面积地推广应用光面、预裂爆破技术,建议在路基设计规范中,进一步强调硬质路堑边坡应采用光面、预裂爆破,制定深孔、光面、预裂爆破施工定额,提高工程施工单位露天石方施工技术装备能力,结合《新建铁路工程边坡开挖弱扰动爆破试验研究》课题,组织有规模的光面、预裂爆破示范工程,开展智能专家设计系统和设计优化技术的研究。

关键词:路堑开挖、边坡质量控制、光面爆破、预裂爆破

1. 提高路堑边坡质量是建设现代化铁路的要求

我国铁路要想适应全面建设小康社会以及未来现代化的需要,已把“扩大路网规模、完善路网结构、提高路网质量”作为主攻方向,在今后十多年中,不仅要建设京沪高速铁路,提高京沪、京广、京哈、陇海、浙赣等主要干线运输能力,而且还要发展大能力煤运通道,加快西部铁路建设,新建上海—武汉—重庆—成都大能量通道。上述路网建设规划,不乏山区铁路,大量石方路堑必须采用爆破开挖施工,提高路堑边坡质量,保证路堑边坡的稳定,对降低工程成本,保障运营安全有着重要的意义,试想,以200~300km/h高速运行的列车,其每秒的运动距离快达56~84m,如果边坡掉落的石块砸向车厢,其后果可想而知。可以说,在山区铁路建设及技术改造,特别是高速铁路建设中,提高路堑边坡质量是建设现代化铁路的要求。

2. 路堑爆破边坡质量控制技术的进步

路堑爆破,特别是大爆破后可能引起的工程地质问题,主要是边坡稳定。在上个世纪六十年代,铁道部曾组织专业人员对十条新线的318处大爆破路堑边坡进行了调查,其路堑边坡变形情况如表1所列,调查表明,大爆破引起的边坡病害,在硬质岩体中主要产生危石和落石,在松软岩体及软硬不均岩体中则可能引起崩塌或滑坡,由于边坡病害,往往影响正常运营,并增加了养护整治成本。铁路爆破工作者对此十分重视,四十年来,爆破对路堑边坡的质量控制技术有了长足的提高。

表1 大爆破路堑边坡变形分类表

	危石	风化	坡面	工点	有变形	无变形
--	----	----	----	----	-----	-----

☑ 相关信息 [\[更多\]](#)

- [关于爆破和爆炸的世纪思索](#)
- [对毫秒延时爆破地震公式的讨](#)
- [复杂环境下高层框架楼定向爆](#)
- [铁路路堑边坡弱扰动爆破开挖](#)
- [试析我国加入WTO对工程爆](#)
- [薄层岩体中的预裂爆破](#)
- [强化爆破工程安全管理及质量](#)

热点排行



- [爆破安全规程\(GB672](#)
- [某公司招聘爆破工程师](#)
- [爆破工程技术人员](#)
- [工业炸药专用术语](#)
- [某公司急聘3名爆破专业工](#)
- [爆破工程技术人员安全技术](#)
- [爆破工程技术人员](#)
- [工业炸药的主要成分有哪些](#)
- [某公司急聘爆破专业工程技](#)
- [中爆网简介](#)
- [起爆器材专用术语](#)
- [中国典型爆破工程与技术目](#)
- [工业炸药](#)
- [工业雷管的作用原理是什么](#)

站内搜索

输入关键字

搜索

关键字

搜索

[超值商品热卖](#) [蓝天365](#)

边坡变形类型	崩塌	落石	剥落	滑坡	冲刷	总数	工点数	工点数
工点外数	28	94	62	7	7	318	198	120
占变形工点百分数	14.1	47.5	31.4	3.5	3.5		100	
占总工点百分数	8.8	29.6	19.5	2.2	2.2	100	62.3	37.7

2.1 重视爆破工程地质条件，提高了大爆破路堑边坡稳定性

铁道部1963年组织的对10条新线大爆破路堑边坡稳定情况调查的主要成果^[1]，是以丰富的资料，论证了自然营力作用，地形、地貌、地质条件对边坡稳定的影响，提出了路堑大爆破选点、设计与地质条件密切结合的原则，并提出了有利于或不利于大爆破路堑边坡稳定的地质条件，初步建立了爆破工程地质学。

此后在成昆铁路建设中，据不完全统计，在1965年至1966年，有记录的大爆破工点有128个，使用炸药2436吨，爆破石方397万 m^3 。为了了解运营期间大爆破路堑边坡稳定情况，在1977年，认真调查了52个路堑大爆破工点的边坡情况，并按照与1963年路堑边坡调查相一致的标准，将边坡稳定程度按稳定、基本稳定、不稳定分类^[2]，图1将成昆线与1963年以前10条新线的路堑边坡稳定情况作了对比，表明重视爆破工程地质条件，显著地提高了大爆破路堑边坡稳定性。在此后的新线建设中，大爆破路堑边坡的稳定情况也是比较好的



图1 大爆破路堑边坡稳定情况

a—爆破后；b—调查时

2.2 推广深孔石方机械化施工，路堑边坡实施光面、预裂爆破

深孔爆破配合机械进行石方施工的特点是：与大爆破相比，它使炸药相对地分散，并实现钻、爆、挖、装、运的综合机械化施工，从而使野外的石方施工走向工业化循环生产的作业工序，在上个世纪七十年代，铁道部组织铁道部科学研究院和各工程局相继在东戌、张家船、狄家河、前坪、马颈坳、古丈、麻阳、下湾、大庸等工点开展深孔爆破石方机械化施工的科学试验，一些工点的边坡还进行了光面、预裂爆破试验^[3]。试验表明，路堑边坡采用光面爆破后，边坡坡顶的岩石裂隙区范围，由原6~8m减少到0.3~0.5m以内，例如西延线张家船工点，全长近200m的2000 m^2 路堑边坡，全部采用光面爆破后，边坡平整稳定，残留的半个孔壁清晰可见（图2）。光面、预裂爆破可使路堑边坡工程量减少10%~20%，其形成的光滑平整的边坡无需作任何支护处理，同时减少了线路运营过程中的边坡事故和维修工程量，技术经济效益显而易见，遗憾的是，张家船工点由于采用光面爆破，改变了原设计边坡坡度，在峻工验收时还遭到波折。由于光面、预裂爆破技术未能列入路堑边坡设计要求和其它一些因素，这一技术未能在铁道部门广泛推广。但铁路爆破科技人员，1994年在柳桂高速公路罗山段复杂多变的石灰岩地质条件下，完成了5000 m^2 以上高梯段光面爆破^[4]，（见图3）并在1995年完成了《路堑边坡光面、预裂爆破设计与施工标准的研究》。



2.3 采用综合爆破技术，高边坡取得稳定、平整效果

我们提倡在铁路路堑爆破中，综合运用先进的成熟技术，所谓“综合”的意思，就是把我们已经掌握的爆破技术，根据每处施工工点的特点，将峒室、深孔、光面、预裂、甚至药壶法爆破有机地结合起来，按设计要求用微差爆破技术，一次起爆，在几秒钟的时间内就能完成设计要求铁路路堑的爆破任务。近几年来，采用综合爆破技术，对复杂地质条件及高边坡的质量控制取得了新的突破^{[5][6]}。采用峒室加预裂一次爆破成型技术，在贵新焦晋高速公路相继完成了一些难度较大的工点，其边坡达到稳定、平整、光滑、美观和一次成型的目标。图4为焦晋高速公路K5+840~K6+010段，在170m长的路堑中边坡最高达92m。在三峡水电枢纽工程永久船闸闸室开挖中，水电武警施工队伍采用了直立边坡成型、闸槽底部保护层开挖，合理的施工管理综合爆破技术，安全、高质量地完成全长1621m、宽37m的窄、长、深槽开挖工程，爆破开挖方量达1300万 m^3 ，永久船闸高达68m的直立深槽开挖成型质量好，边坡光爆孔清晰可见^[7]（图5）。这些，表明我国在路堑爆破边坡质量控制技术上已达到了国际先进水平。



图4 采用综合爆破技术，92m高的
边坡稳定、平整、美观

图5 三峡工程开挖成型后正在支护施
工的闸室直立墙

3 路堑爆破边坡质量控制的技术要素

实践表明，沿路堑边坡面实施光面、预裂爆破，对降低爆破对边坡的损伤，保证边坡稳定有着重要的意义，采用预裂爆破，还可以实现路堑的一次爆破成型。我们认为，光面、预裂爆破要取得好的效果，除应重视孔间距、单位用药量等参数的选取外，还应重视以下影响边坡质量控制的技术要素。

3.1 要重视不耦合装药结构的作用

不耦合装药，是指炮孔直径大于装药直径的一种装药结构，并将炮孔直径（R）和药卷直径（r）之比值，定义为不耦合系数：

$$K_c = R/r \quad (1-1)$$

不耦合装药爆破时，爆炸产生的作用首先通过炮孔和药卷之间的空气间隙缓冲后再作用于孔壁上，因此，使波峰较高的应力变缓，故能减少对孔壁的破坏作用。从理论上讲，不耦合系数大小的选取，应使孔壁的透射压力小于岩石的动态抗压强度，而炮孔轴心面上的岩石受到的切向拉应力大于岩石的极限抗拉强度，以沿预裂孔形成裂缝面。

文献^[8]通过模型试验，提出了不耦合系数 K_c 与孔间距 b 的关系（图6），工程经验证明，一般情况下，不耦合系数的合适取值范围为2~4。对不耦合装药结构，还要注意在技术上采取措施，保证药包准爆。最近几年还生产了专门为光面、预裂爆破使用的低爆力光爆药卷，在秦岭隧道中取得了良好效果。



图6 不耦合系数Kc与孔距b的关系

3.2 确保预裂爆破成缝是关键

采用预裂爆破控制边坡质量，确保预裂爆破成缝是关键。一般认为，裂缝宽度应在1cm以上，尤其是边坡底部裂缝宽度应大于1cm，这样，预裂面才能成为张开式人造断层，大裂缝才能对爆破作用起阻断作用，减弱爆破作用对边坡面的影响。要做到这一点，应重视以下两个方面：

(1)保证预裂孔的钻孔质量和精度

一般当台阶高度为10m左右时，要求预裂孔孔口定位，偏差不得超过5cm，钻孔方向角与倾角偏差不得超过1°；当预裂孔深度超过10m以上时，钻孔精度还应进一步提高。这样才能保证预裂孔按设计要求钻凿在一个布孔面上，形成良好的预裂面。国内一些工程实践表明^[9]，应用QZ-100型三角架式潜孔钻机和自行式钻机，完全可以完成高质量的钻孔作业，如焦晋高速公路路堑高边坡工点，共钻预裂孔594个，钻孔12348延米，取得了良好的爆破效果。

(2)保证预裂孔先于主药包起爆的时间差

预裂爆破应先于主药包起爆，其时间差要保证人造断层的形成，一般应大于50ms，在保证主药包网路安全准爆的前提下，其间隔时间越大，人造断层层面形成效果越好，其边坡的成型效果也就越好。

3.3 处理好预裂炮孔与前排药包位置的关系

预裂爆破炮孔与前排药包之间的水平距离 $W_{后}$ ，是一个关键的参数。 $W_{后}$ 过大，造成预裂孔前方岩石破碎效果差，影响后期施工； $W_{后}$ 太小，预裂面易遭受主药包爆破时的损坏，影响边坡质量。

对于主药包为条形峒室药包，一些工程^[6]提出的经验公式为：

$$W_{后} = (2.0 \sim 2.5) R_Y = (0.32 \sim 0.40) W \quad (1-2)$$

式中： R_Y ——压缩圈半径；

W ——峒室药包的最小抵抗线，大抵抗线取小值。

对于主药包为深孔爆破，其经验数据^[10]如表2。

表2 预裂孔、主炮孔间距与主炮孔药径药量关系表

主炮孔药包直径 (mm)	<32	<55	<70	<100	<130
主炮孔单段起爆药量 (kg)	<20	<50	<100	<300	<1000
	0.8	0.8~0.2	1.2~1.5	1.5~3.5	3.5~3.6
预裂孔与主炮孔间距 (m)					

应当指出，关于参数 $W_{后}$ ，及其影响因素的研究，还是不够的。需要通过现场和模型试验，以及理论工作，进一步深入研究，以指导工程实际。

4 结论和建议

(1)四十年来，通过建立爆破工程地质学，引进光面、预裂爆破技术，采用综合爆破技术等，石方路堑边坡质量控制技术有了长足的进步^[11]。路内外的工程实践表明，对复杂条件，乃至超高边坡路堑，只要技术措施得当，采用爆破开挖石方路堑（包括应用峒室爆破法），可以保证边坡的平整、稳定。路堑爆破边坡质量控制技术，为高速铁路和山区铁路建设提供了可靠的技术保证。

(2)在铁路路堑施工中未能成规模地推广应用边坡质量控制技术，特别是光面、预裂爆破技术。为了推动

先进、成熟的科技成果向生产力的转化，建议：在铁路路基设计规范^[12]中进一步强调，在有条件区段的硬质路堑应积极采用边坡光面、预裂爆破；制定深孔、光面、预裂爆破施工定额，并列入工程预算中；提高工程施工单位露天石方施工技术装备能力；结合《新建铁路工程边坡开挖弱扰动爆破试验研究》课题，组织有规模的光面、预裂爆破示范工程。

(3)为进一步完善路堑爆破边坡质量控制技术，建议围绕光面、预裂爆破关键设计参数，针对不同地质地形条件，进行智能专家设计系统和设计优化技术的研究。为在路堑边坡中大面积推广应用边坡质量控制技术提供先进、科学的设计依据和方法。

参 考 文 献

- [1]铁道部大爆破路堑边坡调查组，铁路新线大爆破路堑边坡稳定性调查报告 [R] 1963
- [2]朱忠节、杨杰昌、顾毅成等，成昆线大爆破路堑边坡稳定情况调查报告[J] 铁道兵科技通讯，1979，(8)
- [3]冯叔瑜、顾毅成，爆破技术在铁道露天石方施工中的作用[A] 铁道部科学研究院论文集[C]，1980
- [4]冯叔瑜、王中黔，顾毅成，铁路爆破事业的发展与展望[A] 铁道工程爆破文集[C]中国铁道出版社，2000
- [5]中铁十七局集团第五工程有限公司，高边坡多台阶石方路堑条形洞室加预裂一次成型爆破技术[R] 2002.12
- [6]肖以杰、张林、刘宏刚，洞室加预裂一次爆破成型技术[J] 工程爆破，2003（1）：43-47
- [7]王青屏、陈太为，三峡工程永久船闸立墙深槽开挖综合爆破技术[J] 工程爆破，2003（1）：9-15
- [8]马鞍山矿山研究院，预裂爆破的应用与讨论，土岩爆破文集，冶金工业出版社，1980.11
- [9]李俊、刘宏刚、刘睿、汤茂宁，光面和预裂爆破的钻孔技术，工程爆破文集（第七辑）2001.9
- [10]张志毅、王中黔主编，交通土建工程爆破工程师手册[M]，人民交通出版社，2002.10
- [11]冯叔瑜，创新是铁道爆破技术发展不竭的动力——兼议路堑爆破一次成型经验的推广[A]，铁道工程爆破文集[C] 中国铁道出版社，2002.8
- [12]铁路路基设计规范（TB10001-99）[S]，中国铁道出版社，1999.5



责任编辑：段雅兰



评论本文：

姓名：

邮箱：

主页：

内容:



本站文章内容未经授权严禁转载、摘编、复制或建立镜像。如有违反，追究法律责任
版权所有 中国爆破网 CBSW.cn