多边界条件料场开采控制爆破设计

李占彪　莫　军/(中国水利水电第十四工程局有限公司)

【摘　要】 里底水电站工程石料开采场位于左岸坝址上游12.0km的倮打塘，料场南邻人工砂石骨料加工系统，北侧洛统沟内布置有乡村道路及电站专用炸药库，西侧坡下为省道公路。料场开采爆破受到周边设施、粒径、边坡稳定和成本控制等多边界条件的限制，开采过程中爆破控制是保证工程安全、质量和控制施工成本的关键。

【关键词】 里底水电站　料场开采　控制爆破　设计

1　概述

1.1　工程概况

里底水电站工程位于云南省迪庆州维西县巴迪乡境内的澜沧江上游河段上，是澜沧江上游河段规划七个梯级电站中的第三级电站。工程规模属Ⅱ等大（2）型，电站以发电为主，装机容量为420MW（3×140MW）。

该工程石料场位于左岸坝址上游12.0km的倮打塘，是混凝土骨料料源。开采区为洛统河与倮打河之间的孤山梁，东西向最长约300m，南北向最长约180m。料场山坡地形陡峻，天然坡度一般为35°～45°，局部基岩出露部位形成陡崖（临洛统河边坡），低凹部位被坡、崩积层覆盖，平均厚度约50m，有用料层平均厚度约100m，有用料储量约为128.2万m^3。料层为二叠系下统（P1），岩性为青灰至灰白色微晶灰岩夹少量砂质板岩、微晶片岩夹层，岩体呈厚层状或块状构造。料层岩石坚硬，干抗压强度较高，一般为83～143MPa，饱和抗压强度为54～112MPa。

1.2　边界条件

（1）周围设施保护要求。料场南邻人工砂石骨料加工系统，北侧洛统沟内布置有乡村道路及电站专用炸药库，西侧坡下为德-维公路（德钦县—维西县，省道），距离倮打塘砂石加工系统500m，距离炸药库、公路及最近民房300m，紧邻洛统沟（河）及乡村机耕道。

倮打塘砂石加工系统承担里底水电站和乌弄龙水电站307.19万m^3混凝土所需要的成品骨料生产任务，是两个电站的“粮仓”；电站专用炸药库是里底水电站和乌弄龙水电站施工期炸药、雷管的暂存库，高峰期炸药存量达100t；德-维公路是连接云南省迪庆州德钦县和维西县的省道，也是滇藏旅游、生物、水电、矿产等产业的交通要道；洛统沟内乡村机耕道是上游洛统村的唯一通道，洛统河流域面积44.49km^2，汛期洪峰流量超过50m^3/s，是该区域的防洪重点。以上各设施保护要求高。

（2）爆破粒径需同时满足装运及粗碎要求，开采粒径最大块度不超过90cm。

（3）料场开采高程为2020～1865m，开挖坡比1∶0.865，开挖边坡稳定要求高。

（4）料场开采需充分考虑控制开采成本，提高爆破效率。

2　爆破设计

料场表面覆盖层平均厚度为50m，无用料剥离后，东西向最长约250m，南北向最长约140m。爆破分为三大块进行，在长边方向分块，每块开挖面积为83m×140m=11620m^2，单块开挖量为23.2万m^3。

根据料场边界条件，距离设计边坡10m范围外为主爆区，采用深孔梯段、微差挤压控制爆破；距离设计边坡10m范围内为缓冲爆破，其孔距、排距和每孔装药量较主爆破孔减少1/3～1/2；边坡结构采用预裂爆破。根据钻孔、挖装设备及工程施工经验，深孔分层分台阶爆破的梯段高度选择20m。

2.1　参数选择和装药量计算

料场开采主爆区采用垂直钻孔，大孔距、小抵抗线的毫秒微差挤压爆破，须重点设计。

（1）钻孔直径、深度。主爆孔钻孔选用履带潜孔钻造孔，孔径150mm，开挖高度20m，孔超深按1.5m设计。

（2）钻孔布置形式。所有钻孔均采用垂直造孔，平面呈矩形孔网布置。

（3）炸药单耗 、网孔参数。根据上部不规则部位采用

浅孔梯段（深5m）爆破开采的试验和经验，实际单耗及爆破效果，最终单耗选择在0.36kg/m³左右。炮孔按矩形布置，间排距均为6m×5m，共布置315个孔，见图1。

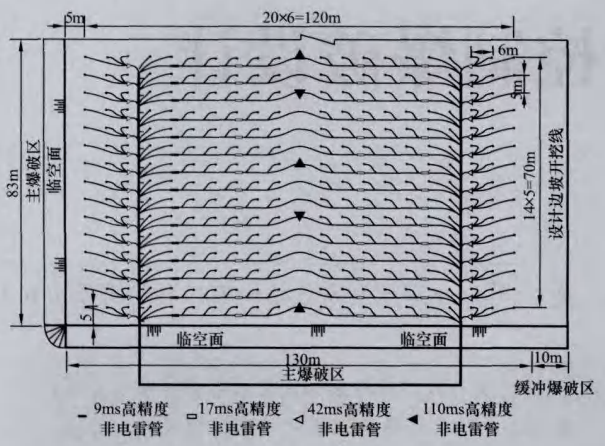


图1 主爆孔平面布置及爆破网络图

注：1. 孔内全部装MS16=1020ms高精度非电雷管。

2. 为确保爆破网路传爆及孔内起爆的可靠性，各节点间传爆雷管不少于2发，孔内起爆雷管均按双发布置。

（4）单孔装药量估算。单孔装药量Q计算公式如下

$$Q=qaWL \tag{1}$$

式中 q——单位炸药消耗量，kg/m³；

a——孔距，m；

W——最小抵抗线，m。

L——孔深，m；

按最深主爆孔计算，单孔装药量$Q=0.36\times5\times6\times21.50=232$kg。

（5）堵塞长度。为防止爆破飞石，保证爆破效果，爆破孔的堵塞长度一般取（1.0～1.2）W。此次爆破最小抵抗线$W=5$m，故堵塞长度应取为5～6m。参照该工程前期经验，为减小孔口段大块率，堵塞长度按4.5m控制。

（6）装药结构。此次爆破全部采用2号岩石乳化炸药，根据设计孔深及需要单耗，综合考虑便于装药，全部炮孔均采用ϕ120药卷连续装药。炮孔装药结构详见图2。

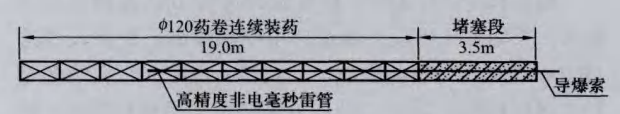


图2 主爆孔装药结构图

（7）总装药量、最大单响药量。此次爆破的总装药量为315×215=67725kg=67.725t，联网时按最多3个孔作为一段，则最大单响药量为215×3=645kg。

2.2 爆破安全设计

2.2.1 爆破震动检算

爆破引起的质点振动速度可按萨道夫斯基公式计算，即

$$v=K\left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R}\right)^{\alpha} \tag{2}$$

式中 v——质点振动速度，cm/s；

Q——同段起爆的最大单响药量，kg；

R——爆心距，即测点至爆源的距离，m，此次爆破取$R=150$；

α——地震波衰减系数，与地质条件有关，近区为1.5～2.0，远区为1.0～1.5；

K——介质性质系数，与介质性质、爆破方法等因素有关。一般$K=50\sim350$，岩土介质松软时取大值。

K、α值根据《水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范》（SL 47—1994）选取，K值取150、α值取1.5；将最大单响药量$Q=650$kg代入萨道夫斯基公式，得质点振动速度$v=2.08$cm/s。

从计算结果看，采用$Q_{max}=650$kg进行最大单响药量控制是可行的。

2.2.2 爆破飞石计算

根据爆破工程理论，飞石安全距离按式（3）计算

$$R_F=20n^2WK_F \tag{3}$$

式中 R_F——飞石安全距离，m；

n——爆破作用指数，取0.8；

W——最小抵抗线，m；

K_F——安全系数，取1.5。

由式（3）计算得$R_F=96$m，实际采用飞石安全距离为300m。

2.2.3 危险半径

根据上述计算，此次爆破危险半径为300m。

2.2.4 安全措施

由于爆破区域距离住宅区和砂石生产系统较近，且未作特殊防护，爆破时，洛统沟内乡村道路及德-维公路临时封闭，通知距爆区1000m以内的所有人员撤离，并做好隔离。

其余严格按《爆破安全法规标准选编》的相关规定执行。

3 实施效果

通过现场爆破试验及实施，爆破飞石控制效果良好，大部分飞石控制在100m以内；100～200m以内有个别飞石，一般粒径小于10cm；200m以外基本没有飞石。爆破粒径基本得到控制，大块率控制在5%以内；主爆孔炸药单耗控制在0.36kg/m³，总体单耗控制在0.40kg/m³以内（小于合同预算单耗0.44kg/m³）；实测质点振动速度小于推算值。

4 结束语

从里底水电站工程石料开采爆破设计及实施效果看，深孔梯段、毫秒微差挤压控制爆破效果良好，满足多边界条件要求；大孔距、小抵抗线的挤压爆破从造孔和炸药耗量等方面有效节约了施工成本。