

静力爆破在文物保护工程中的应用

董小卫*

辽宁省有色地质一〇一队有限责任公司, 辽宁 113000

摘要: 北京人遗址管理处第1地点(猿人洞)保护建筑工程石方开挖过程中部分地段为坚硬岩石, 由于距离文物本体较近、周围环境受限且普通破碎方法振动较大, 经过方案对比采用了静力爆破施工工艺, 采取综合性技术措施, 取得了较好的效果, 在文物安全、环境保护、工期和成本等方面得到了保证。

关键词: 文物保护; 环境污染; 振动

一、前言

现阶段, 工程上的岩石破碎方法众多, 其中使用频率比较高的有以下几种: 人工破除法、静力爆破法、爆破法等, 这些方法有着各自的优缺点。在文物保护单位进行石方开挖是非常复杂繁琐的工程, 操作难度大, 如果使用传统的人工破碎不仅需要投入大量的人力资源, 且开挖效率也比较低, 甚至可能延误工期。机械破碎法是目前工程建设中应用较为广泛的一种方法, 适用于大块石头的二次破碎; 然而此类方法有着较大的局限性, 比如噪声大, 粉尘多, 不利于环保, 因此, 并不适用于坚硬石灰岩的开凿^[1]。与以上两种方法相比, 爆破法施工最为经济快速, 但根据《文物保护法的》规定不允许使用此方法。综合考虑只能选择适宜在复杂环境条件下的静力爆破法。该方法无震动、无噪音、无有毒物产生, 容易使用操作, 具有经济和高效的特点。

二、工程概况

工程位于北京市西南房山区周口店镇龙骨山北部, 周口店遗址是旧石器时代早期的人类遗址, 为全国重点文物保护单位。周口店遗址第一地点(猿人洞)保护建筑为一单层钢结构网壳罩棚, 网壳长轴向跨度为83.0 m, 横向最大宽为50.0 m, 保护区域约2878 m², 工程总建筑面积约3487 m², 空间网壳由圆钢管相贯焊接而成, 钢管材质Q345C, 通过山顶和山脚两排支座进行支撑, 基础高差约35 m。网壳结构罩棚基础分山顶和山脚两部分, 基础型式为抗推条形基础。

山脚基础总体均呈长条弧线形。山脚为宽6.0 m, 长度约30 m, 深度6~7 m和宽度6.0 m, 长度约8 m, 深度为7~8 m的两个长条弧线形基础。山顶基础为宽4 m, 长度约20 m, 深度4~5 m的长条弧线形基础^[2]。

三、静力爆破的原理

静力爆破是一种新型的爆破手段, 其核心思想是: 首先在岩石上钻孔, 之后在其中灌注静力爆破剂, 爆破剂会在短时间内迅速膨胀, 由此促使岩石产生裂缝。对于无法使用机械破碎或爆破手段的山体, 静力爆破法无疑是一种非常理想的选择。静力爆破剂又叫无声破碎剂, 它是一种经过特殊工艺制备的无机化合物, 其主要成分是氧化钙, 当该物质与其他添加剂、水混合时, 能够在较短时间内逐渐膨胀, 其物理形态为粉状。静力爆破剂不属于危险品, 在购买、运输、保管时无需办理相关的许可证, 因此使用起来非常方便。静力爆破剂的主要成分为氧化钙, 另外还包含有铝、镁、铁等物质。在使用时, 只需要在其中添加适当的水, 然后灌注至孔道内, 在水的作用下, 该化合物温度逐渐升高, 并伴随着膨胀力的产生, 在该力的作用下, 孔壁介质产生轴向应力, 当拉应力超过孔壁介质抗拉强度时, 孔道之间开始产生裂隙, 当缝隙扩大到一定程度时, 会进一步引起岩体破裂。一般在0.5 h后开始出现裂缝, 需要指出的是, 在采用这种方法时, 孔径、孔距应平行于临空面, 这样才能够在最大程度上破碎山体^[3]。

四、静力爆破施工工艺和技术要求

(一) 钻孔施工

在岩石钻孔主要采用空压机和凿岩机(见图1)。

*通讯作者: 董小卫, 1988年3月, 男, 汉族, 吉林九台人, 现任辽宁省有色地质一〇一队有限责任公司技术人员, 中级工程师, 本科。研究方向: 岩土工程。



图1 凿岩机钻孔

(二) 搅拌方法

膨胀剂每袋为40 kg，加入1.6 kg左右的干净水。当环境温度较高时，水的重量可适当增加，另外，不同规格的无声膨胀剂，加入的水量也不同。水的重量不能过多也不能过少，否则都会影响破碎效果。在实际操作中，可以采用机器搅拌，也可采用手动搅拌；如果采用前一种方式，则先倒入水后放入无声膨胀剂，持续搅拌50 s左右直至其充分混匀。小型场合用人工搅拌，叫吧时间相应的延长，确保混合物为“粥”状浆料。当桶底出现结块时，要采取措施及时处理。结块放置时间越长，其性能越弱，则不能达到爆破效果。当环境温度较低时，要加入热水搅拌，如此才能缩短其水化时间^[4]。

(三) 灌孔

制备好浆体后，应在十分钟内用完。放置的时间越久，其流动性能越差，灌孔难度也就越大，

1. 对于垂直孔，倒入后要使用铁丝插捣。此举有两个目的：(1) 防止填的太满，造成资源浪费^[5]。(2) 确保填充密实，提高其爆破力。在这一操作过程中，孔口预留空隙应为8 mm。

2. 对于水平孔，首先要将其拌成胶泥，然后搓成条塞入孔，这样可以避免出现浆体倒流的情况，填满孔洞后，用木棍捣压密实。

3. 多排孔。主要用于大体积岩石的破碎。采用此种方式时，由于周边的孔不受约束，而中间的孔受限制较大，故而灌入膨胀剂时要循序渐进，不能同时灌孔。先灌边沿一、二排孔，经10~12 h以后，再灌三、四排孔，具体情况如下图2所示。



图2 灌孔

4. 养护

在春秋、夏季，灌入填充剂后通常不覆盖，对于出现裂纹的情况，可用水灌缝，以最大程度地缩短膨胀时间。如果是在冬季，则用热水搅拌，如果环境温度过低，那么可以加入适量的CaCl₂，即当水的体积为1500 mL时，CaCl₂的重量应为80 g左右，之后倒入膨胀剂，为了使其温度维持在一个比较恒定的状态，应进行覆盖^[6]。

五、无声膨胀剂的喷出

引起该现象的因素众多，总的来说有以下几方面的原因：

- (一) 选择的膨胀剂规格不适宜，这样会容易出现膨胀剂喷出。
- (二) 环境温度过高，比如夏季在中午灌孔。

(三) 孔径尺寸不符合要求。

(四) 无声膨胀剂质量不达标。

该现象的产生机制是：无声膨胀剂水化时产生大量的热，而由于受到周围物体的制约，使得温度在较短的时间内快速上升，当超过100℃时，未水化的水便沸腾，由此形成的蒸汽压发展到一定程度时就会形成喷出。

六、施工注意事项

在施工过程中，需注意以下几方面的问题：

(一) 药剂反应时间的控制

反应时间会受到外部环境温度的影响，两者呈显著的正相关关系。在具体施工时，可采用两种手段来控制反应时间：首先在拌合水中加入适当的抑制剂，这样会在一定程度上延迟反应时间。其次是控制拌和水、和岩石的温度，这样也能达到比较好的控制效果。夏季气温较高，破碎前要对施工地点和药剂进行覆盖处理，防止其温度过高。拌合水温度应当不超过15℃。在实际操作过程中，通常会出现因药剂反应时间过快而引起的冲孔现象，这会威胁到操作者的生命安全，因此可用延缓反应时间的抑制剂。冬季为了缩短药剂反应时间，提高施工效率，可加入促发剂和提高拌和水温度。水温应在50℃以内。通常反应时间不低于30 min，不超过60 min，在某些情况下可适当缩短反应时间，以提高施工效率。

(二) 质量控制

主要包括如下几个方面：

1. 静力爆破剂的质量控制

对于施工材料应严格按照相关标准进行审核，如果材料的质量不达标则不予使用。

2. 打孔质量控制

在施工过程中，要结合工程实际情况，编写实施性施工方案，在此基础上来确定出孔的位置，孔的相关参数要符合规定。孔直径应不小于38 mm，不超过42 mm。

3. 装药的质量控制

结合实际需要并经过对比分析，选用无声破碎剂型号SCA-I。在具体的施工过程中，严防边打孔边装药，打孔、装药均要一气呵成。此处还需要注意的是，禁止打孔完成后立即装药。孔的温度降低并进行清洗后才能装药。在操作的过程中，如果药剂已经发生化学反应，那么不宜继续使用。

4. 药剂反应时间控制

时间应当不低于0.5 h时，不超过1 h，并结合场地实际情况控制相关参数。

(三) 安全措施

施工时，由于材料具有一定的危害性，因此作业人员要做好防护措施，戴防护手套和防护眼镜。破碎过程中，操作者要距离现场一段距离，以防止出现安全事故。另外还需要注意的是，严禁钻孔与注入破碎剂同步施工。如果在破碎过程中出现异常，那么要彻底解决问题后才能继续施工。灌入药剂时面部不能与孔过近。出现裂隙时要与现场保持适当的距离。在实践中，通常会出现药剂溅入眼内和皮肤上的情况，这会对人体健康带来危害，因此在施工前要准备清水，用水冲洗药剂。特殊情况下要将伤者送医院清洗治疗^[7]。各类添加剂的量应当严格按照标准配备，同时避免擅自加入其他任何化学物品。药剂与水混合后不能放入容量过小的容器中。孔钻好后，要进行清洗并进行降温处理才能倒入药剂。药剂在存放和运输过程中要避免受潮，使用时尽量一次性用完。另外还要注意，药剂应单独存放。作业员应当熟悉作业流程，充分掌握药剂使用方法^[8]。

七、结语

由于施工环境的影响，结合本工程实际情况并通过对比分析，确定了静力爆破的施工工艺。

这种方式不仅安全可靠，而且能提高施工效率。施工成本得到了降低，且爆破效果良好，因此是文物保护施工中的理想选择。

文物是今天社会物质环境和文化精神环境的重要组成部分。对文物的保护是对历史、文化的保护，是对社会共同记忆和利益的保护，也是对优秀传统文化的传承。文物保护是一项公共事业，每个人都应积极承担其保护文物的责任。

参考文献:

- [1]周口店北京人遗址管理处.周口店遗址保护工程报告[M].文物出版社,2013.
- [2]中国文化遗产研究院.中国文物保护与修复技术[M].科学出版社,2009.
- [3]文君.岩土工程施工对环境的污染与可持续发展[J].工程勘察,2010(S1):818-821.
- [4]宗维君.静力爆破施工工法的探讨[J].产业与科技论坛,2012(6).
- [5]潘小龙.简述工程爆破新技术——静力爆破[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2009(07).
- [6]宗维君.静力爆破施工工法的探讨[J].产业与科技论坛,2012(06).
- [7]杨晟钊,林盛,李慧.复杂环境中深基坑的爆破开挖[J].青岛理工大学学报,2008(06).
- [8]刘武.周口店人类化石与中国古人类连续进化学说的形成和发展[J].化石,2019(04).