垂孔爆破一次到位技术的研究与应用

胥传辉

(核工业南京建设公司,江苏 南京 210003)

摘要:运用地质弹性变形理论和爆破漏斗半径理论,为保护底板一次成型,以避免因垂直孔爆破中形成的破坏,是保证施工工期和质量、节省施工费用最有效的措施,是土岩爆破技术上的一次较大突破。结合核电秦山二期基坑负挖工程实际,从理论与实践的结合上探索了垂孔爆破一次到位新技术,获得了很高的经济效益和社会效益,为类似工程提供了成功的先例,也得到了我国工程爆破界学术权威人士的极高评价和肯定。

关键词:垂孔爆破一次到位;核电秦山三期;爆破;底板保护

中图分类号:TD235.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1000-3746(2001)S1-0261-02

1997年3月,我公司承接了秦山核电三期65万 m^3 的基坑爆破施工任务,同时开展了“大型基坑开挖爆破技术研究”。面对核电基础技术和质量的高要求,我们运用适当的爆破技术和精良的穿孔设备、精心组织、精心施工,实施了500余次爆破,完成石方爆破工作量65万 m^3 ,预裂爆破3万 m^2 ,底板处理4.5万 m^2 ,质量评定为优良。创产值1603万元、利润302万元,利润率高达18%,为我公司爆破工程施工所仅有,也得到了业主和总承包方加拿大专家的高度赞扬。冯叔瑜院士等9名爆破力学专家评价为:“该研究总体达国内领先水平,而垂孔爆破一次到位技术达国际领先水平”。

1 地质概况和工程爆破内容要求

秦山核电三期负挖工程位于浙江海盐东南11 km的螳螂山处,距已运行的一期核电站0.8 km,距二期核电站厂址建设工地1.5 km,该工程由加拿大原子能公司总承包。负挖工程施工场地东西长460 m,南北宽170 m,开挖深度距厂坪标高-10 m以下,最深处达-30 m,基坑边坡开挖坡度为90°。

工作区岩性主要为上侏罗纪中酸性火山碎屑岩系的英安质熔结凝灰岩,岩石节理裂隙发育,岩石坚固性系数 $f=12$,基坑边坡至涨潮时的海水距离小(即保留体薄),最薄处不足5 m,地表至-3 m内有不同程度的破碎。

加拿大原子能公司对于负挖的底板要求特别严格。开工时要求最大欠挖只能7 cm,不许超挖。后改为7~-20 cm,并强调不能因爆破造成底板明显

裂纹。如果超挖大于规定范围,施工单位必须用相同量的混凝土填补。原定方案是在爆至底基层前预留30 cm保护层,用风镐凿除,以确保底板不受爆破振动的破坏。按此要求,4.5万 m^2 底板约1.35万 m^3 岩石需投入100台风镐作业450天左右才能完成,这在工期上是绝对不允许的。所以我们考虑改用垂孔爆破一次到位的方法来满足工期和质量的要求,这是本文所要介绍的重点。

2 垂孔爆破一次到位技术实施的理论依据

是否预留保护层是该技术的关键。

根据国际惯例和总承包方的要求,对于核电站反应堆这种极为重要的基坑底板,在开挖过程中,一般是将爆破孔穿至设计标高以上30 cm(保护层)处进行装药爆破,同时不允许履带式机械进入现场,也不允许使用机械式铲装方式进行作业,而改用轮胎式凿岩和风镐凿岩,人工方法装药,以确保基坑底部岩石的完整性和足够的承载能力。

由此而带来如下几个问题:首先因为爆破漏斗的存在,当炮孔底部落在30 cm处时,由于岩性的不同,地层的产状与自由面位置关系的不同,所留下的根底也就不同。因此,实际留下的保护层会远远超过30 cm,极大地增加了底板处理的工作量。其次,要想达到规定的30 cm底板,往往要经过多次爆破才能实现,浪费时间,从而延误工期。第三,大量深度10~30 cm的炮孔数量增加,导致雷管和爆破网络材料剧增,引起施工成本的大增。同时底板处频繁的爆破也会引起底板的疲劳破坏,反而影响基础

收稿日期:2001-05-30

作者简介:胥传辉(1954-),男(汉族),江苏盐城人,核工业南京建设公司总工程师,研究员级高级工程师,探矿工程专业,从事科研及施工技术工作,江苏省南京市察哈尔路16号,(025)3422826-332。

的承载能力。

基于以上分析,我们设想采用一次到位法进行施工,即无保护层地将炮孔坐落在底板设计标高处。

为了证明这一设想的可靠性,我们与加拿大原子能有限公司的顾问一起进行了2次不同地段的爆破试验,铲装后严格按底板要求进行清理,然后进行标高测量,并对底板岩石的完整性进行检查,发现绝大部分地段均未达到设计标高,更无任何超爆现象。这对我们实施一次到位爆破法奠定了基础。

根据有关文献介绍,底板保护层所采用的浅眼爆破可以近似地考虑为在岩石表面爆破,根据对单个药包作用分析,压碎区半径 d_k 的范围很小,不超过药包半径的2倍。在该工程的浅眼爆破中,药包采用 $\varnothing 32$ mm,则压碎区 $d_k \leq 2r = 3.2$ cm。根据这一原理以及工程对底板标高的允许误差范围的要求(即7~20 cm)相比,不仅可以采用爆破的方法,而且钻孔还可以作适当的超深,即在可爆性差、岩石坚硬的地段可以超深0~0.3 m,在可爆性好或岩石松软地段则用欠深法,即保留0.3~0.4 m,使得尽可能多的地段通过一次爆破达到设计标高或者剩下的保护层厚度尽可能小些。其原则是反对底板产生破坏,误差严格控制在标准范围内。

用水孔压力测试法(北京理工大学研制的HB96型数字存储压力计),对深孔爆破破坏范围的估计,采用 $\varnothing 76$ mm炮孔,孔网距取 $a = 2 \sim 2.5$ m, $b = 1.8 \sim 2.0$ m;从单孔爆破范围可推知,为保证基坑周边预裂面的完整,与最后一排爆破孔的距离应为1.0~1.2 m;对孔底部应力场分析,得到凝灰岩中孔底状态分析,提出了凝灰岩中的孔底岩体保护层厚度为30 cm,为底板保护技术提供了理论依据;对波形持续时间的分析,对近场爆破振动的预报研究可以单个炮孔产生的振动预报为主。

对于爆后的残留层,也使用孔眼爆破方法爆除,其参数见表1。

表1 爆破参数

孔径/mm	保护层厚/cm	孔距/m	排距/m	填塞长度/m	药卷长度/m	药卷直径/mm
38	40~60	0.5	0.4	≥ 0.15	≤ 0.4	32
	60~80	0.7	0.5	≥ 0.25	≤ 0.5	
	80~100	0.9	0.7	≥ 0.35	≤ 0.6	
	100~120	1.2	0.8	≥ 0.45	≤ 0.7	
64	40~60	0.6	0.4	≥ 0.20	≤ 0.35	50
	60~80	0.8	0.6	≥ 0.30	≤ 0.45	
	80~100	1.0	0.8	≥ 0.40	≤ 0.55	
	100~120	1.2	1.0	≥ 0.50	≤ 0.65	

3 技术效果检测

使用该技术,工程验收中采用 $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ 的方格网,各个基坑开挖的方格网数据反映施工中对底板的控制是成功的。表2列出了2号乏燃料仓基础底板方格网的测量数据(即实际标高,设计标高为90.30 m)。除在基坑周边无法进行预裂爆破发生少量坍塌和因岩石的集块产生的“锅底”现象外,最终标高与设计标高基本吻合,总承包方和业主均表示非常满意。

表2 2号乏燃料仓SFB方格网各点的实际标高 单位:m

测量序号	测量序号							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	89.87	90.03	89.78	90.11	90.13	90.14	89.91	
2	89.94	89.88	90.18	90.19	89.97	89.95	89.98	
3	89.98	90.17	90.01	90.11	89.96	90.14	89.94	
4	90.10	90.11	90.17	89.99	90.08	89.96	90.16	
5	90.08	90.15	90.07	89.96	90.08	90.00	89.93	
6	90.05	89.89	90.10	90.01	90.11	90.18	90.19	
7	89.95	90.02	90.15	89.95	90.24	90.04	90.14	
8	89.98	90.06	89.98	89.92	89.98	90.04	90.05	
9	90.13	89.93	90.12	90.22	90.01	90.01	90.08	
10	90.02	89.91	90.08	90.22	90.22	90.16	90.03	
11	89.93	89.96	90.11	90.02	90.04	90.02	90.08	
12	89.89	89.93	89.99	90.22	90.08	90.04	90.05	90.05
13	90.19	90.15	90.19	90.23	90.18	90.10	90.14	90.06
14							90.20	90.12

在工期上,若按国际惯例留出30 cm保护层用风镐凿除,100台风镐须450天,而采用一次到位爆破法只用了2个月,确保了施工工期。

原计划用于底板处理的费用250万元,而采用一次到位法施工,实际消耗约150万元,取得了显著的经济效益。

4 几点体会

垂孔爆破一次到位法的使用是我们一次成功的尝试,我们在实施中有如下几点体会:

(1)创新的勇气是成功的关键。面对国家重点工程项目,又是以爆破技术举世闻名的加拿大原子能公司作为总承包商,在确保工期方面关系到我们的声誉,在确保质量方面又是经济效益的关键。若该方案失败,我们用素混凝土回填超挖区和基坑龟裂处,那将是数十万乃至百万元的赔偿。我们敢于采用垂孔爆破一次到位技术,即无保护层爆破法,这是向传统方法和国际惯例的挑战,需要有极大的创新勇气。

(下转第265页)

表 2 实测岩石移动平均速度

c/mm	试验代号	V _y /(m·s ⁻¹)				
		第 1 段		第 2 段	第 3 段	第 4 段
		单计	平均			
50	RS1213	22.2		19.9	12.8	15.1
100	RS1208	10.7	15.8	11.0		9.8
	RS1213	20.8		13.0		
200	RS1208	10.9	13.8			
	RS1213	16.6				
300	RS1208	10.5				

表 3 实测岩石裂隙发展速度

试验代号	编号	h	l'	V _L
		/mm	/ms	/(m·s ⁻¹)
RS1208	1	300	0.93	323
	2	300	1.40	214
RS1213	1	300	0.70	429 *
	2	400	1.71	234
RS1216	1	250	20.36	12 *
	2	350	1.24	282
RS1221	1	400	1.69	237
	2	500	2.23	224

注: V_{Lmax} = 323 m/s, V_{Lmin} = 214 m/s, V_{L平均} = 252 m/s; * 为异常数据, 不计。

4 微差间隔时间的测定结果与讨论

实验结果, 实测岩石移动速度 V_y = 13.8 m/s, 这是测试中岩石移动最初 200 mm 有效数据的平均值。实测岩石裂隙发展速度 V_L = 252 m/s, 此为测

(上接第 262 页)

(2)充分的技术论证是成功的基础。在这项技术实施过程中, 我们对该地段地层条件作过详尽的调查分析, 对岩石的弹性变形理论和药包爆破半径进行过研究和试验, 用水孔法压力量测和模拟爆破方法确定了该方案的可行性, 并取得了孔网距、装药量及超深控制在 -0.4 ~ -0.3 m 的科学依据, 为这项技术的使用奠定了可靠的基础。

(3)严格的施工措施是成功的保证。保证该技术的成功, 需要一套完整的技术措施, 我们从地表测量开始, 给定每孔超深极限, 穿孔中钻具级配确保炮

试所获有效数据的平均值, 该结果与岩石裂隙发展速度是纵波的 0.05 倍理论接近。通过前面的介绍不难看出, 实测结果处于以往研究给出数据范围偏低的水平, 由于井下爆破自由面小、夹制性大, 因此我们认为井下实测岩石破坏速度较过去露天测试结果偏低是合乎实际情况的。

由于研究条件所限, 测试的数据还不够丰富, 测试环境与采场的实际情况仍有出入, 相信这些问题的解决, 会使该方法获得更好的实验效果。

通过上面的工作我们最终得到了乳山金矿微差控制爆破间隔时间的计算公式如下:

$$\Delta t \geq l/D + (1/V_L + 1/V_y) W \quad (2)$$

实测 D = 3200 m/s, V_L = 252 m/s, V_y = 13.8 m/s。

本试验采场, l = 5 m, W = 0.6 m。代入(2)式求得 Δt ≥ 47 ms。现场采用 50 ms 及 75 ms 的微差爆破时间间隔, 获得了较理想的爆破效果。

参考文献:

[1] 刘京平, 等. 窄矿脉天井爬罐采矿方法探讨[J]. 探矿工程, 2000, (5).
 [2] 胡峰. 井巷快速光爆的初步研究成果报告[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1971.
 [3] 四川水泥研究所. 微差爆破技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1979.

孔不偏斜, 装药量严格控制在规定范围内, 清渣后及时测量和检测底板情况等, 将严格的技术管理贯穿施工全过程。

(4)保持与业主和总承包方的密切联系, 得到他们的理解与支持, 这也是该技术获得成功的基本条件和保证。

致谢: 感谢核电秦山有限责任公司和加拿大原子能公司的爆破专家, 感谢解放军南京工程兵学院地爆教研室给予的大力支持。

参考文献:

[1] 龙维祺. 爆破工程[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1992.