

已建地下发电厂房爆破扩建工程的安全监控

张翔宇¹ 罗勇²

(贵州乌江水电开发有限责任公司东风发电厂 贵州省清镇市鸭池河 邮编: 551408)

电话1、2: 15985173468、0851-2546677 邮箱1、2: zhangxy1990@foxmail.com、dfdclly@tom.com)

【摘要】: 本文在介绍紧邻已建贵州乌江东风水电站地下发电厂房实施爆破扩建工程安全监控理念与方法的基础上,结合作者对贵州乌江东风水电站扩建工程安全的监控,进一步阐述了该扩建工程的安全监控情况及所取得的成效,同时就已建地下发电厂房近距离爆破的安全监控进行了总结和探讨,对今后在已有设备设施近距离爆破的安全监控有一定的参考价值。

【关键词】: 已建 发电厂房 爆破 扩建 工程 安全监控

1 前言

贵州乌江东风水电站(以下称“东风电站”)位于贵州省清镇市与黔西县交界的乌江干流上游鸭池河段上,属一等大(1)型工程。东风电站大坝坝高162米,水库总库容10.25亿 m^3 ;以发电为主,总装机为3*190 MW,多年平均发电量24.2亿度;三台机组于1995年全部投产发电,1998年工程通过竣工验收,是贵州重要的骨干电源之一。随着乌江干流开发的不断深入,从水能科学利用、系统整体效益,特别是贵州的经济建设发展需求等方面考虑,在原东风电站的基础上进行扩机(以下称“扩机工程”)。扩机工程装一台容量为125MW的水轮发电机组,主要由引水发电系统和地下厂房组成,其中引水管长299.6米、内径5米,尾水洞由原电站导流洞改建而成,长79.1米;地下厂房由原电站导流洞扩挖而成,厂房长宽高为47.6米*17.5米*43.8米。机组设计最大水头132米、最小水头107米、发电引用流量122.5 m^3/s 。该工程具有爆源紧邻老厂、单位KW投资少、无水库淹没等特点;中国华电集团乌江公司东风电站扩机工程建设管理部(以下简称“建管部”)一直很重视本工程的风险控制,有关领导从开工便把做好安全监控作为一项政治性任务,及时消除或降低风险因素,做到防患于未然。在参建各方的共同努力下,本工程建设全过程实现零事故,尤其是2005年的施工高峰期实现零事故、零轻伤,并于2005年12月28日正式投产发电。

2 安全监控理念与方法

2.1 工程安全监控理念与理论

安全监控理念是建管部安全监管人员对本工程安全监管的哲学思考,是建管部相关安全管理人员在工程安全监控工作中共同遵守的根本原则;为在工程建设目标既定的情况下取得最高效率和最佳效果,本工程安全监控理念以科学的理论为前提,以全面的技术支持和流程为手段,以安全文化

为共同价值尺度。结合本工程风险值大、风险控制难度大和安全基金投入情况。通过对美国、英国和日本等国内外主要风险控制理论、方法的比较，我们选择格雷尼姆-金尼法作为本工程安全监控的理论依据。该理论认为风险是发生不幸事件的概率，其包括发生的可能性和它所产生后果的大小两方面^[1]；风险控制建立在危险源辨识和风险评价基础上，将确定的风险降至可容许程度的措施。该方法用与系统风险有关的发生事故的可能性大小（L）、人员暴露于危险环境的频繁程度（E）、发生事故产生的后果（C）等三种因素指标值之积 D 来评价风险大小，即： $D=L \times E \times C$ ^[2]。该方法有利于我们及时将不幸事件发生的概率和所产生后果降至可容许程度，使工程建设在可接受风险的前提下，达到收益最大化或在收益一定的前提下，达到风险最小化。目前，该方法已在航空工业系统、部分铁路交通系统和石化系统试点使用，效果较好；但未见到电力工程建设中相关应用的报道。

2.2 工程安全监控方法

2.2.1 确定安全监控的风险底线

设立风险底线是安全监控的首要任务。所以，在立足长效管理和层层落实责任的同时；我们按照格雷尼姆-金尼法的基本原理，根据“ALARP”原则^[4]，结合工程实际情况，将风险底线定为 $D < 20$ （表 1），以确保安全基金的使用准确、费用控制合理，既避免不幸事件发生，又不致造成不必要的浪费。

表 1 风险评价 D

序号	分值	危险程度	危险等级
1	> 320	极危险，不能作业	五
2	160-320	高度危险，立即整改	四
3	70-160	显著危险，需整改	三
4	20-70	一般危险，需注意	二
5	$20 <$	稍有危险，可接受	一

2.2.2 全面辨识危险源

全面辨识危险源是搞好安全监控的基础。辨识范围根据现行国家标准、行业规范、操作规程、产品使用说明书及以往事故案例来确定；辨识方法根据总进度计划、施工组织设计，结合各专业、各工种的施工安装特点划分作业活动，然后按分部分项(如爆破作业、施工用电、脚手架搭设、机械设备、三宝四口等)，结合工器具、材料和作业环境、条件及其相互影响进行。危险源的辨识要深入、细化，以确定各阶段的主要危险源。

2.2.3 风险评价与确定

进行风险评价的目的是对工程建设全过程及当前危险源所带来的风险进行评价分级，搞清楚哪些危险源具有高度风险、哪些危险源具有一般风险、哪些危险源的风险可忽略，搞清楚哪些危险源需采取必要的工程技术措施、哪些危险源需安全基金投入。因此，做好风险评价与确定，是搞好本工程“安全监控”的关键。根据“ALARP”原则^[4]，通过危险源辨识，我们采用格雷尼姆-金尼法定量评价每一种危险源，识别工程建设中的重大风险并进行重点投入和监控。即：

$D=L \times E \times C$

式中：D——风险值，其评价价值见表 1^[2]；

L——发生事故的可能性大小，其估值见表 2；

E——人员或设备（设施）暴露于危险环境的频繁程度，参照风险评价表 3^[2]，结合本工程实际情况，估值见表 3；c 为发生事故产生的后果，，估值见表 3。

表 2 发生事故的可能性（L）

序号	分值	发生事故的可能性	备注
1	10	完全可能	
2	6	相当可能	
3	3	可能，但不经常	
4	1	可能性小，完全例外	
5	0.5	很不可能，可设想	
6	0.2	极不可能	
7	0.1	实际不可能	

表 3 人员或设备（设施）暴露于危险环境的频度评分值（E）
及发生事故产生的后果评分值（C）

项目 序号	人员或设备（设施） 暴露频度评分值（E）		事故产生的后果评分值（C）	
	人员或设备(设 施)暴露频度	分值	事故产生的后果	分值

1	连续暴露	10	大灾难, 11 人及以上死亡或延误工期 90 天及以上、直接经济损失大于 1000 万元、老厂三台机非计划停运并酿成特大电网事故。	100
2	每天工作时暴露	6	灾难, 5 人及以上死亡或延误工期 30 天及以上、直接经济损失小于 300 万元且 20 天内不能恢复、直接经济损失小于 1000 万元、老厂三台机非计划停运并酿成重大电网事故。	40
3	每周暴露一次	3	非常严重, 1-2 人死亡或延误工期 10 天及以上、直接经济损失小于 300 万元、老厂三台机非计划停运、与系统解列并酿成一般电网事故。	15
4	每月暴露一次	2	严重, 致残或延误工期 3 天及以上、直接经济损失小于 100 万元、老厂三台机非计划停运并造成电网一类障碍。	7
5	每年暴露几次	1	重大, 重伤或延误工期 1 天及以上、直接经济损失小于 100 万元、老厂三台机非计划停运并造成电网二类障碍。	3
6	罕见暴露	0.7	轻微, 需救治或无工期延误、直接经济损失小于 0.3 万元但性质严重、经济损失小于 5 万元、老厂两机非计划停运且另一台机失备。	2
7	不可能暴露	0.5	无人员伤害和工期延误, 且直接经济损失小于 0.3 万元、老厂单机非计划停运且另两台机失备。	1
8	极不可能暴露	0.3	无人员伤害和工期延误, 且直接经济损失小于 0.3 万元、老厂单机非计划停运但另两台机未失备。	0.5

通过计算, 对 $D < 20$ 或稍有危险的一般性风险, 我们认为可以接受。

2.2.4 危险源的安全监控策略

根据主要危险源清单, 对危险等级 > 3 的风险, 我们主要采取以下几种策略对进行全过程安全监控, 具体如下:

(1) 强化安全理念与文化的宣贯。安全监控重在预防, 其关键在于通过强化安全理念与文化的宣贯以提高人的安全意识, 并将安全理念与文化的宣贯融合、贯穿在实际工作中, 形成人人为安全、安全为人人的文化氛围。

(2) 转移, 即不消除风险, 但是将项目风险的结果连同应对的权力转移给应承担方 (该方应该知道这是风险并有承受能力)。这也是一种事前的应对策略, 可通过签定不同种类的合同或补偿性协议来进行。

(3) 弱化,即将风险事件的概率或结果降低到一个可以接受的程度。如选择更简单的流程、减少现场的易燃易爆品和减少交叉、高空作业以及完善、加强四措等。

(4) 接受,即不改变项目计划,当 $D < 20$ 时,仅需稍加留意、可不采取措施,但 $D > 20$ 且无更优策略时,一方面考虑发生后如何应对,即制定应急预案、进行应急储备和风险监控,待发生时科学应对;另一方面强化安全意识。

(5) 规避,即通过变更项目实施计划消除风险或风险的触发条件,使目标免受影响。这是一种事前的风险应对策略,可采用更可靠的方案、更熟悉的工作方法、调整施工组织、改变作业次序、增加资源和时间及减少工作范围及其交叉与影响等来实现。

(6) 分段监督,分段监督有实时监督和非实时监督两种,即根据危险源特性和主要作业方法采取不同的监督方案,在以爆破施工为主的前期,采取实时爆破作业全过程监督和动态、静态资料分析的实时监督法进行控制;以非爆破作业和机电设备、金属结构安装为主的后期,采取作业过程抽查和及时投入安全基金、超前实施必要安全防护或采取必要工程、技术措施的非实时监督法进行控制。

(7) 闭环,为及时掌握风险状况、检查监控措施的有效性并不断识别新的风险和制定对策,我们采取闭环审计、偏差分析和技术对标的方法进行闭环控制。闭环审计是检查建管部(安委办)下发的整改指令是否得到执行并及时进行危险源识别和风险评价;偏差分析是与基准比较,主要比较所采取的工程技术措施与安全防护措施能否达到有关规程规范要求;技术对标是比较实际技术指标和规定技术指标的差异,主要分析安全基金等投入成本、工程质量进度、D值等是否超预期

按照上述策略,根据风险评价确定的主要危险源,同时结合工程实际进度、危险源特性,每季制定相应的风险控制措施计划清单(如《东风扩机工程二 000 五年第四季度主要危险源预测与控制》,此略)。

3 安全监控的实施

3.1 全面辨识危险源并制定监控措施

3.1.1 扩机工程危险源特性分析

水电工程建设危险源存在设计、制造、施工安装、调试与试验、生产试运行、竣工验收等工程建设的全过程,不仅在作业场所中存在,也在可能影响到作业场所的周围区域,其形成原因可以是作业前期的准备、作业临建设施、作业过程活动以及建设作业的环境和其它客观条件等。其危险源同其他建筑工程也不同,尤其是扩机工程,不仅存在水淹基(机)坑、高处坠落、触电事故、物体打击、机械伤害、坍塌事故、围堰(堵头)透水或溃决等“七大风险”,还存在高水头渗漏、水淹厂房、电网事故等风险;人的风险行为不仅有违章指挥、违章作业及违反劳动纪律“三违”现象,还有冒险设计。上述扩机工程特有的风险和人的风险行为是构成扩机工程建设的主要危险源,它不仅存在导致作业现场及周围相邻的人员伤亡、财产损失等潜在的不安全因素,还存

在波及到上下游生命财产损失、生态环境恶化和大面积停电的风险。

3.1.2 全面危险源辨识

本文全面危险源辨识是指从设计到竣工验收全过程、从土建到机电全专业与工种、从平面到立面的危险源辨识。根据《水工隧洞设计规范（试行）》（SD 134-84）、《中华人民共和国安全生产法》、《生产过程危险和有害因素分类与代码》（GB/T1386-1992）、《重大危险源辨识》（GB/18218-2000）、《水电水利工程施工测量规范》（DL/T5173-2003）、《水轮发电机机组安装技术规范》（GB8564-2003）、《水轮发电机基本技术条件》（GB7894-2001）、《水电水利工程锚喷支护施工规范》（DLT5181-2003）、《水工混凝土施工规范》（DLT5144-2001）、《水工混凝土钢筋施工规范》（DL 5169-2002）、《水工建筑物地下开挖工程施工规范》（SL378-2007）等设计、施工安装技术规程规范。按照“横向到边、纵向到底、主次分明、不留死角”的原则和综合系数评价法、基本分析法、工作安全分析法、安全检查列表法等开展危险源辨识。以下结合作者自 1990 年起参加东风电站及其尾工项目的监督管理和在水利水电建筑工程、土木工程和电气工程及其自动化专业的学习、实践中所建立的概念与感性认识，就本工程地下厂房爆破开挖、岩锚梁悬空施工平台搭设的例子进一步阐明危险源辨识，即：（1）炸药、雷管、导爆索、钻杆等爆破作业工器具、材料未妥善放置，后果：易发生意外爆炸事故；（2）炮孔实际装药量与设计药量相比增加或网络联接错误，后果：易发生影响已建地下发电厂房设备设施安全、稳定运行的事件；（3）炮孔实际装药量与设计药量相比减少，后果：易发生炸材外流；（4）掌子面装药过程中，使用钢筋等违禁材料制成的药棒，后果：易发生意外爆炸事故；（5）爆破结束后，相关人员在未解除警戒的情况下便到达爆破作业面开始相关工作，后果：易发生危石坍塌、意外爆炸事故；（6）钻杆、榔头、模板、钢筋等施工工器具、材料未妥善放置，后果：易发生物击事故；（7）架体与岩体连接件太少或不可靠，后果：易发生平台倒塌事故；（8）平台上的石块、混凝土块、钢筋头、废焊条等杂物清理不及时，后果：易发生物击事故。以上略举了爆破施工、悬空平台搭设方面辨识到的危险源，要做到全面辨识，还需补充完善。总之，要确定对工程建设有影响的危险源，危险源辨识必须准确、全面，表 4 列出了开工初期笔者辨识到的部分主要危险源。

3.1.3 危险源风险评价

对辨识到的危险源，结合危险源具有的风险因素，利用前述风险评价方法，逐一计算每个危险源的风险值 D 并据此确定风险等级。例如，根据前述公式，可对前面地下厂房爆破开挖、岩锚梁悬空平台的危险源辨识结果进行风险评价。即：

地下厂房爆破开挖风险评价：工器具、材料未妥善放置。	事故的发生相当有可能，所以 L 值取 6；
现场施工人员是在每天工作时间内暴露，所以 E 值取 6；	事故的后果可能是

表 4 主要危险源及其风险评价、监控策略清单

风险排列序号	危险源	所属专业/系统	风险值 D	风险等级	控制策略
1	引水洞设计	各专业	3000	五	规避(力争修改原设计方案)、闭环。
2	作业人员	水工	2700	五	接受：强化安全理念与文化宣贯。
3	引水隧洞开挖	水工	2300	五	实时监督（爆破开挖，笔者现场实时跟踪监督，下同）并投入专项措施费、闭环。
4	地下厂房开挖	水工	2100	五	实时监督、闭环。
5	地下厂房锚固	水工	1870	五	非实时监督、弱化（督促施工方优化施工组织，下同）；转移（督促施工方认真履行合同，下同）、闭环。
6	引水隧洞衬砌（含空间转弯段）	水工、金结	1790	五	非实时监督、弱化、转移并投入安全基金、闭环。
7	地下厂房浇筑	水工	1730	五	非实时监督、弱化、转移、闭环。
8	进厂交通洞开挖	水工	1670	五	实时监督、闭环
9	主变室开挖、锚喷。	水工	1370	五	实时监督、闭环
10	尾水交通洞开挖、锚喷。	水工	1230	五	实时监督、弱化、转移、闭环。
11	上层灌浆廊道开挖等	水工	1180	五	实时监督、弱化、转移、闭环。
12	尾水闸门室开挖等	水工	1170	五	实时监督、弱化、转移、闭环。
13	尾水闸门槽开挖等。	水工、金结	1090	五	实时监督、弱化、转移、闭环。
14	下层灌浆廊道开挖等。	水工	1090	五	实时监督、弱化、转移、闭环。
15	电缆斜井施工开挖等。	水工	1080	五	实时监督、弱化、转移、闭环。
16	发电机定子吊装。	电气	1070	五	非实时监督、弱化、转移并投入安全基金、闭环。
17	4号施工支洞开挖等。	水工	1030	五	实时监督、弱化、转移。
18	主机间引水、尾水钢管及蜗壳等的施工安装。	金属结构	990	五	非实时监督、弱化、转移并投入安全基金、闭环。
19	岩锚梁施工	水工	980	五	非实时监督、弱化、转移并投入安全基金、闭环。
20	桥机安装	机械	980	五	非实时监督、弱化、转移、闭环。
21	防渗降噪项目施工	土木工程建筑	970	五	非实时监督、弱化、转移、闭环。
22	超标洪水	电气	870	五	接受：强化防汛安全意识。
23	定子端部绝缘处理	电气	860	五	非实时监督、弱化、转移并投安全基金、闭环。

非常严重，可导致一个死亡，所以 C 值取 15；经代入公式计算：D=540。其危险程度属于：极其危险，应停工整改。

岩锚梁悬空平台风险评价：架体连墙件太少。事故的发生有可能、但不经常，所以 L 值取 3；现场施工人员是在每天工作时间内暴露，所以 E 值取 6；事故的后果可能是非常严重，导致一个死亡，所以 C 值也取 15；经代人公式计算： $D=270$ 。其危险程度属于：高度危险，应立即整改。经过逐项评价，便可得到的本工程危险源风险值 D 和风险等级，这样工程建设的风险就一目了然。下表 3.1 列出了开工初期笔者辨识到的部分风险值 D 和风险等级。

3.1.4 危险源监控策略

根据风险评价的结果，结合危险源特性，分析风险存在的原因和影响因素，按轻、重、缓、急顺序进行排列，初步确定工程建设中对危险源拟采取的监控策略。这样，工程建设中对危险源拟采取的监控策略就一目了然。表 4 列出了部分主要危险源的监控策略。

3.1.5 危险源制定控制措施

根据开工初期制定的主要危险源及其风险评价、监控策略清单（表 4），每季度结合当时施工情况制定更详细、更具可操作性的控制措施计划清单（如《贵州乌江流域东风水电站扩建工程二 000 五年第四季度主要危险源预测与控制》，此略）。

3.2 接受—强化安全理念与文化的宣贯

根据前述监控策略，当 $D < 20$ 时或 $D > 20$ 且无更优策略时，我们选择接受的策略；当 $D < 20$ 时，仅需稍加留意、可不采取措施，但 $D > 20$ 且无更优策略时，按照上级公司“四位一体”的工程建设理念，强化安全理念与文化的宣贯。如由于成本等多方原因，水电工程建设普遍存在部分工作人员安全意识淡薄、防范技能低下、安全检查制度未严格执行、对检查发现的问题不作整改跟踪、安全投入不足、劳动防护用品使用不符合国家法律、法规要求等问题，这些问题主要由于人的因素导致，但对于人的因素，我们只能接受并按合同进行管理，同时安全监控重在预防，其关键在于提高人的安全意识。所以，在抓规章制度、安全监控措施落实决不手软的同时，将安全理念与文化的宣贯融合、贯穿在实际工作中，在工作中以宣讲、引导为主，以惩罚为辅，做到了宣传在前，惩罚在后，杜绝了以罚代管、以惩代教的现象；在设立安全文明施工曝光台，将不安全行为、违章现象曝光；将批评与教育相结合；将奖励与惩罚相结合的同时，作者通过组织各参建单位专项学习、会议传达和现场宣讲等方式，加强对《安全生产法》、《道路交通安全法》、《危险化学品安全管理条例》、《安全生产许可证条例》、《爆破安全作业规程》、《贵州乌江东风水电站扩机工程建设安全文明施工管理办法》、《电力建设安全健康与环境管理工作规定》（国电电源[2002]49 号）及《贵州乌江东风水电站扩机工程建设安全文明施工管理委员会工作章程》等相关安全工作的法律法规的学习、宣传和贯彻力度，普及安全生产法律知识和常识，尤其是加大对各单位主要负责人、安全管理人员和施工人员理念与文化的宣贯。又如超设计标准洪水的

防汛，一方面督促各参建单位制定相关应急预案、进行应急储备和风险监控，待发生时科学应对，另一方面强化强化防汛安全意识。为充分发挥安委会、安委办及各参建单位安全机构的作用，努力营造全工地共同“关注安全，关爱生命”的良好氛围，作者利用每次例会，对上述有关安全工作的法律法规进行宣讲，必要时组织学习。

3.3 实时监督、闭环

按照上述安全监控策略，在以爆破为主的施工前期，采取实时爆破作业全过程监督和动态、静态资料分析法进行控制。为此，笔者在每轮爆破试验开始前，均深入爆破掌子面测量每个炮孔的孔深、孔间距、孔斜及孔向，并仔细观察掌子面的形状及地质情况；装药过程中，仔细记录每个炮孔的实际装药量及炮孔堵塞、联网情况；当每轮炮爆破响解除警戒后，笔者又深入爆破掌子面测量残孔深度、残孔数和仔细观察掌子面的形状及地质情况，为下一步推算爆破传播规律积累了准确、丰富的第一手资料。在爆破施工过程中，每轮爆破开始前，笔者均深入爆破掌子面抽查炮孔孔深、孔间距、孔斜及孔向，并仔细观察掌子面的形状及地质情况；装药过程中，仔细记录每个炮孔的实际装药量及炮孔堵塞、联网情况，根据爆破传播规律进行爆破地震波预测，若安全则允许施工单位进一步开展爆破作业，同时将拟爆破信息通知东风发电厂各相关部门；当每轮炮响后，利用在中控室等待解警的时间，了解和询问上一轮爆破的设备运行情况，待解除警戒后，笔者又深入爆破掌子面观察掌子面的形状及危石分布情况，为下一步危石的清除监控收集资料。此外，为确保已建地下发电厂房、大坝、右坝肩下游边坡等设备设施的正常运行，除进行上述动态监控外，笔者还及时对前述相关区域的静态安全监测资料进行分析。

3.4 弱化、转移、非实时监督和闭环

在以非爆破作业和机电设备、金属结构安装为主的后期，采取作业过程弱化、转移、非实时监督、闭环和及时投入安全基金、超前实施必要安全防护措施的方法。为此，笔者根据开工初期制定的《主要危险源及其风险评价、监控策略清单》，每季度结合当时施工情况制定更详细、更具可操作性的控制措施计划清单（如《东风扩机工程二 000 五年第四季度主要危险源预测与控制》，此略）及时组织项目风险控制措施的实施并制成一号图纸张贴、公布在主要施工安装通道，尽可能让所有参建人员知道自己所处环境、作业存在的风险和防范措施，进一步增强参建人员的风险意识和提高参建人员的风险防范能力，同时合理地投入和使用安全基金。如在岩锚梁施工和厂房防尘防渗降噪施工中，由于变更，导致安全隐患处于高度危险状态（D 值均大于 960），承建方也认识到了这些风险，曾一度强烈要求相应的安全防护由建管部另行实施，但作者一方面坚持承建方按合同要求实施、避免交叉作业、完善施工组织，产生费用按合同等相关规定进行处理；另一方面合理地投入和使用安全基金，同时加强业主方的监督、检查和闭环管理。如 2005 年 11 月，为做好机坑内定子的防火、防尘、防潮和防止

机械损伤等，我们利用安措费，投入 4300.00 元购置无尘石棉布，对机坑内的定子进行全面封闭和保护。

3.5 规避

规避是一种事前控制策略，经过参建各方的共同努力，可以达到事半功倍的效果，笔者于 2004 年 6 月利用综合系数评价法辨识出扩机工程引水隧洞存在的风险并提出了优化建议，尤其是该隧洞与东风电站尾水洞空间交叉区域，风险值 D 达到 3000，经作者反复强烈要求，设计单位对引水隧洞与东风电站尾水洞交叉影响区域的洞轴线进行了复核与调整，从而规避掉本工程最大的风险；又如，笔者于 2004 年 4 月发现扩机工程进厂交通洞进口方向轴线错误后，承建单位及时对进厂交通洞进口方向轴线进行的复核与调整，从而避免了返工、节省成本和工期；再如 2004 年 11 月，笔者建议设计监理单位等对扩机工程引水隧洞开挖有效洞径进行复核，为及时进行欠挖处理赢得了时间，避免了返工、节省了工期。

3.6 闭环

从上述可知，闭环监控的目的有三个：一是监视风险的状况，例如风险是否已经发生、仍然存在还是已经消失；二是检查风险的预控对策是否有效，是否适合处于动态中的风险状况，整改指令是否落实到位；三是不断识别新的风险并制定对策。为此，我们及时复查建管部（安委办）下发的整改指令是否得到执行，并及时进行危险源识别和风险评价，例如在大节点重新进行危险源识别和风险评价，对没有预计到的风险制定新的应对措施；及时分析上采取的工程技术措施与安全防护措施能同有关规程规范要求的偏差；及时复核安全基金等投入成本、工程进度、D 值是否超预期等。所以，安全监控措施在实施后，我们利用闭环监控，通过现场跟踪和必要的检测来确保控制措施得以维持和按时完成，确保风险处于可接受状态；并在风险与严重事件后果相关的场合，进行进一步的跟踪辨识与评价，以更准确地确定该事件后果发生的可能性和是否需要或增加相应的措施，当风险涉及正在进行中的工作时，就立即采取应急措施或配给必须资源。据不完全统计，从本工程开工至工程达标投产，由建管部（安委办）下发到各实施单位的书面整改通知（如鸭建安字[2004]8 号、东电扩建[2005]30 号、东扩安字[2005]19 号等）月平均达 3.1 份，占本工程各监管单位发到实施单位整改通知总数的 93.1%，这尚不包括约十倍于书面通知的口头指令；尤其是 2005 年、2004 年，该比例分别高达 96.7%、97.8%，涉及相关危险源整改项目共计 1389 项次，整改危险源共计 557 项、屏蔽干扰本工程建设顺利进行的疑似风险共计 8 项次。

4 安全监控成效

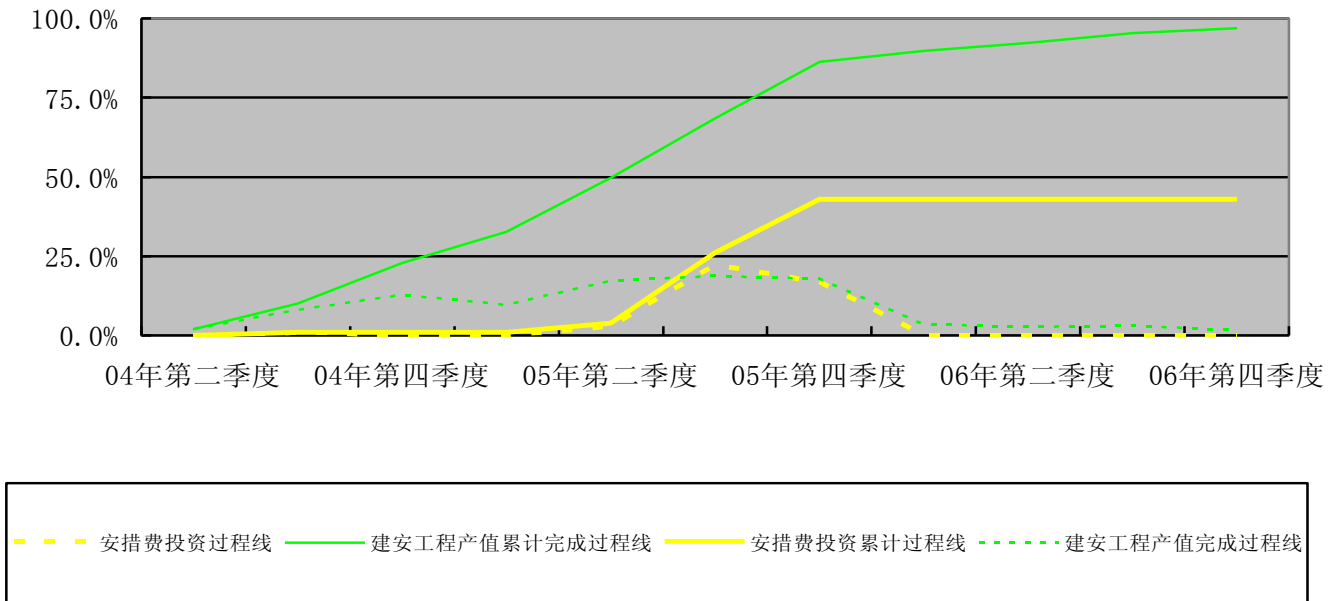
4.1 消除重大风险，提高了设备设施的可靠性

由前可知,东风电站扩建工程规模虽然不大,但由于爆源距大坝及老厂房非常近,需保护的设备、设施最近者仅 1.9 米,因此,其爆破施工对东风的安全影响极大。为作好爆破施工的安全控制工作,保证东风水电站安全运行和扩建工程进度,在每轮炮开始前,均与东风发电厂各相关部门及参建单位进行协调、联系,据不完全统计,从开工至 2005 年 12 月 6 日,经笔者进行协调、联系的共有 137 轮次,约占整个爆破工作的 87%,且向东风发电厂各相关部门及参建单位发布的爆破信息共约 1700 余次,无一出差错,也未引起任何不安全现象。且较好地解决了 557 项危险源的整改和 8 项干扰本工程建设顺利进行的疑似风险的屏蔽。从开工到 2006 年厂房防尘防渗降噪尾工结束,本工程除 040609 和 051206 两项风险虽已制定风险控制措施但因多方原因未达预期效果外,其余未发生任何考核事故、工程建设顺利进行、连续两年(2005 年、2006 年)取得双零(各类考核事故和人身轻伤均为零,下同)佳绩、连续安全生产达 1073 天,同时该引水隧洞与老厂东风电站尾水洞交叉区域的洞间岩体厚度,在作者强烈要求下(多次在工程协调会上提出)经设计单位复核后调增至 14.3 米,基本满足水工隧洞设计规范要求;至此,已发现和识别到的本工程最大的投资风险,即引水洞与东风电站尾水洞交叉间岩体实际厚度仅 1.78 米已消除,发电机定子铁芯下部槽契通风口开口错误的问题已及时得到纠正。因此,安全监控理念及监控方法的实践,不仅为安全管理提供了科学基础,而且在施工等参建单位的共同努力下,消除了建设期和运行期间的重大风险,提高了设备设施的可靠性。

4.2 节省建设投资

引水洞与东风电站尾水洞交叉区域洞轴线的调整,不仅根除了相邻洞室极其单薄存在的特大风险,而且可节省理论投资约 55 万元(具体技术经济分析与计算另载,下同);同时,从下图的产值-投资过程线不难看出:该工程从开工至 2006 年第四季度,建安工程产值已完成计划的 96.96%,但安措费的投入金额(除两项变更外)仅为计划投资的 42.88%,节约安措费约 57%。安全监控使有限的资金取得了最大化效益,共节资近壹百万元。

产值-投资图



4.3 节省工期

运用上述安全监控方法，在施工等参建单位的共同努力下，笔者较好地解决了扩建工程进度同东风电站安全运行的矛盾，共节省工期 73 天。如 2004 年 5 月 27 日～30 日，静态监测资料表明右坝肩下游边坡发生的位移量达-99.31 毫米～-120.50 毫米，当时该工程面临着停工的挑战，各级领导对此也高度重视，并在 2004 年 6 月 1 日的会议上作出了“孔深不能超过 2 米，停止扩挖和增大放炮时间间隔”的决定。但通过上述爆破地震传播规律，笔者算出了在最不利组合的条件下，由爆破导致的位移量最大不会超过-23 毫米，因此，在 2004 年 6 月 1 日的会议上，笔者认为“如此大的位移量，并不是扩建爆破导致的，应考虑其它因素的影响，如监测方案可靠性、环境变化等因素”。同时，作为具体负责该扩建工程的安全管理人员，笔者也未从保安全的角度提出：“降低总药量、增大放炮时间间隔和孔深不能超过 2 米”的有关建议，为大药量全断面开挖及缩短放炮时间间隔奠定了一定基础，为土建部分的爆破开挖提供了时间上的保证，从而缩短了约 35%～45%（以每天两轮炮改为六两轮炮进行估算）的洞室开挖工期近 35 天。又如在大坝安全防护中，通过上述爆破地震传播规律，笔者算出了爆破时大坝下游需保护设施（如中孔水封保压管）的安全距离，并在 2004 年 11 月 25 日的周例会上提出：“从防止爆破冲击波的角度看，现可不作安全防护；但为防止个别爆破飞石对中孔水封保压管等的危害，安全防护应移到 895 平台，作到‘一劳永逸’。这样，不仅可以省掉每轮炮前作安全防护和炮后拆卸、清除爆废防护材料的工作，每轮炮节省时间约 11 个小时，从而加快了施工进度约 8 天，且可节省安全防护费、降低工程造价。”于是会议决定：“从即日起，安全防护移到 895 平台”。此外，加上发电机定子线棒下端部绝缘制作（详见《东风科技》2006 年第 1 期）和设计引水洞与东风电站尾水洞交叉区域洞轴线的优化等共节省工期约 73 天。

5. 结语

(1) 创新是做好全过程安全监控的法宝。无数事实证明：风险失控是发生管理失控的根源。但是,要使风险可控,最有效的措施就是积极、主动地预防和控制风险,把风险控制措施首先落实在设计、施工方案及相关安全、技术之中。为此,须不断创新;同时,要找到适合电力工程建设安全监控的有效方法,还需不断探索。在本工程的安全监控中,我们在借鉴格雷尼姆-金尼法等基本原理、方法的基础上,结合电力工程建设及生产运行的风险特点,对人员暴露、事故后果等有关评价标准进行了补充、完善。如在表 2.3 中,因本工程建设风险除可能导致人身伤害、财产损失外,还可能产生工期延误、电网事故带来的社会影响;所以,在表 2.3 的 C 值评价中,我们新增了工期延误、电网事故两项评分标准,并将表 2.3 中的财产损失参照有关规定进行量化。又如在表 2.3 的 E 值中,考虑到电力工程建设中,由于机电、土建、金属结构和通风消防等交叉施工在所难免,重要设备设施时常暴露于危险环境,这种风险也可能导致人身伤害、财产损失和工期延误;所以,在表 2.3 的 E 值评价中,我们新增了设备设施暴露的评分标准。经过补充、完善的评价标准更适合电力工程建设危险源的辨识和评价。此外,本文还提出了安全监控中偏差分析、技术对标的概念。

(2) 学习、实践型人才是工程全过程安全可控的根本。为提高投资效益,安全监控的前沿关口须强化,在立项、可研和施工组织、施工方案的设计与编制等阶段严把控制关,转变常规的管理模式,做到“重点突出,兼顾全局”;同时,实施全面安全监控,不仅有利于降低投资风险、提高投资收益,也有利于提高管理水平,作好危险源的预防和控制。因此,相关工程管理人员除应具备水利水电工程、建筑工程、土木工程和电气工程及其自动化等水电行业的相关专业概念知识外,还应学习、掌握“风险控制”的方法。此外,建设工程风险的变数很多,其管理贯穿于项目建设周期的全过程,需不断学习国家、行业新的财经政策和技术标准,努力规避政策性风险;并不断积累经验和知识,努力避免造成工作量与成本增加、项目延期等后果;避免忙中出错造成更大损失。所以,学习、实践型人才是顺利实施全过程安全监控的根本,同时应重视学习、实践型人才。

(3) 本工程的安全监控理念是社会科学与自然科学的融合,正是这种融合奠定了各类危险源实现可控、在控的基石,也是理念付诸实践的体现。

参考文献:

- [1] 郭仲伟. 风险分析与决策. 北京:机械工业出版社. 1987 年。
- [2] 吴宗之等. 危险源评价方法及其应用. 北京:中国计量出版社. 2001 年 6 月。
- [3] 徐蓉. 工程造价管理. 上海:同济大学出版社. 2002 年。
- [4] 余建星. 工程项目风险管理. 天津:天津大学出版社. 2003 年 1 月。
- [5] (美) 保罗 S. 罗耶 (Pauls. Royer). 项目风险管理. 北京:机械工业出版社. 2002 年。
- [6] 中华人民共和国合同法. 北京:法律出版社, 1996 年。
- [7] 中华人民共和国价格法. 北京:法律出版社, 1998 年。

作者简介:

张翔宇, 男, 仡佬族, 1969 年 11, 本科、双学位, 高级工程师, 水工专责工程师, 从事

水电站运行、建设管理工作。

罗 勇，男，汉族，1972 年 3，专科，高级工程师，总工程师，从事水电站运行、建设管理工作。