

研究报告

碛碛水电站土石坝坝肩强风化岩体处理

王寿根

(国家电力公司成都勘测设计研究院, 成都 610072)

[摘要] 碛碛水电站宽级配碎石土心墙堆石坝坝高 123 m, 坝肩两岸千枚岩、砂岩岩体强风化水平深度 14.6~66.4 m, 由于岩体强风化深度大, 按规范开挖工程量巨大, 故仅开挖至强风化上部(局部达强风化中部), 突破该规范要求。文章详实论述了碛碛水电站坝肩强风化岩体处理方案、灌浆试验成果及工艺要求, 论证了采用灌浆加固及防渗处理的可行性, 提出了处理措施及施工控制标准。

[关键词] 碛碛水电站; 土石坝; 坝肩处理; 强风化岩体; 固结灌浆; 帷幕灌浆

[中图分类号] TV4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2005)03-0078-06

1 概况

碛碛电站装机容量 240 MW, 于 2002 年 10 月开工, 坝址位于四川省宝兴县碛碛乡下游 1 km 的东河上, 挡水建筑物为碎石土心墙堆石坝, 坝顶高程 2 143.00 m, 坝底建基面高程 2 020.00 m, 最大坝高 123 m, 库容 $2.12 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

在可行性研究和招标阶段对坝区进行了详细勘探, 完成 5.5 m 浅井、3 700 m^3 坑槽探、钻探 3 403 m/49 孔(其中两岸坝肩 13 孔)、硐探 752 m/8 个(其中两岸坝肩 6 个硐), 以及大量压水、声波、触探、岩体大剪、岩体变模、岩石物理力学试验等。

2 坝肩基本地质条件

勘探揭示: 坝肩两岸岩体为千枚岩、变质砂岩互层, 风化、卸荷作用较强, 断层、裂隙发育(见表 1、图 1、图 2), 左岸强风化、强卸荷水平深度 14.6~42.8 m, 受断层 F_1 影响在高程 2 083.00 m 局部达 73.7 m; 右岸强风化、强卸荷水平深度 32.4~66.4 m, 受断层 f_{12} 影响在高程 2 143.00 m

局部达 113.3 m; 坝区破碎带宽度大于 1 m 的较大规模次级断层有 5 条 ($F_1, F_2, F_{3-1}, f_{12}, f_{14}$), 其中 F_{3-1} 破碎带宽度达 13.5 m; 出露长度大于 10 m 的小规模次级断层有 31 条。声波测试表明: 0~8.2 m 范围岩体声波波速 1 730 m/s, 8.2~10.2 m 范围岩体声波波速 2 674 m/s; 10.2~15 m 范围岩体声波波速 3 473 m/s。表明岩体破碎, 风化、卸荷作用强烈。压水试验表明: 挖除表面强风化层(最大达 19 m)后, 剩余岩体 0~5 m 范围透水率大于 100 Lu, 最大达 715.3 Lu, 5 m 以下范围岩体透水率 10~100 Lu。表明岩体为强透水至中等透水层。

表 1 坝区岩体风化卸荷特征统计表

Table 1 Characters table of weathering

and relaxing in dam area

/m

平硐 编号	高程	位置	强风化水 平深度	弱风化水 平深度	强卸荷水 平深度	弱卸荷水 平深度
GJ1	2 143.00		42.8	134.8	42.8	100
GJ2	2 083.00	左岸	73.7	117.5	73.7	87.5
GJ3	2 023.50		14.6	84.4	14.6	52.6
GJ4	2 143.00		113.3	186.4	113.3	157
GJ5	2 083.00	右岸	66.4	148	66.4	94.9
GJ6	2 023.50		32.4	105.2	32.4	91

[收稿日期] 2004-04-15; 修回日期 2004-08-16

[作者简介] 王寿根(1966-), 男, 四川成都市人, 中国一级注册结构工程师, 国家电力公司成都勘测设计研究院教授级高级工程师

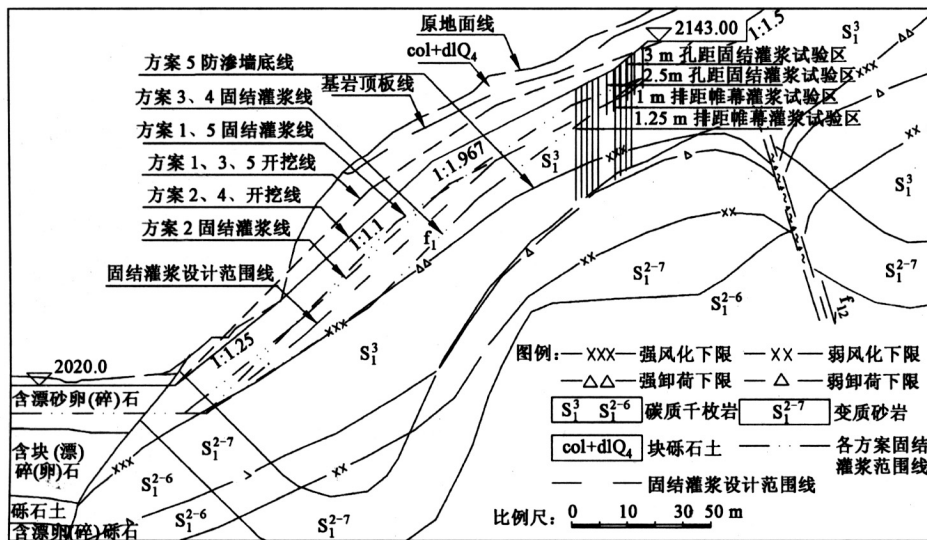


图1 坝肩处理方案及灌浆试验布置示意图

Fig.1 Scheme for Abutment Treatment and Grouting Test

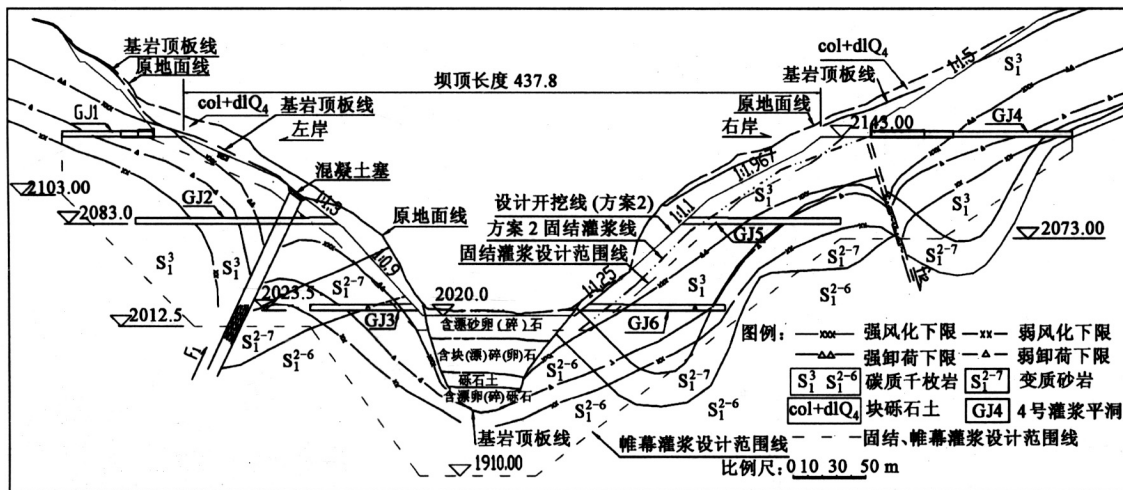


图2 坝肩处理示意图

Fig.2 Section of Abutment Treatment

3 处理方案研究

3.1 处理方案初步分析

根据国内外土石坝设计经验及《碾压式土石坝设计规范》(SL274-2001)规定(以下称《规范》):“土质防渗体和反滤层宜与坚硬、不冲蚀和可灌浆的岩石连接。若风化层较深,高坝宜开挖至弱风化层上部,中、低坝可开挖至强风化层下部,在开挖的基础上对基岩再进行灌浆等处理。……坝基岩面上宜设混凝土盖板、喷混凝土或喷水泥砂浆”^[1]。由于坝肩两岸岩体为千枚岩、砂岩互层^①,

强风化水平深度达14.6~66.4 m,按该规范开挖至弱风化上部,工程量巨大,有必要研究并采用既安全可靠又经济合理且便于施工的处理方案。为此,拟定了5种处理方案(见图1)进行比较:

方案1 浅挖浅固结:心墙及反滤层范围强风

① 本文主要论述坝肩2080 m高程以上深厚强风化千枚岩体处理方案及其灌浆试验和成果。变质砂岩及河床覆盖层灌浆试验分别在右坝肩2030 m高程和河床2020 m高程进行,其成果本文未论述。

化岩石挖除 12 m (最大深度), 接触面设混凝土盖板兼作压重进行浅层固结灌浆处理, 最大深度 15 m; 对开挖面以下强风化岩体布置 3 排帷幕进行帷幕灌浆, 弱风化岩体布置 2 排。

方案 2 深挖浅固结: 心墙及反滤层范围强风化岩石挖除 19 m (最大深度), 接触面设混凝土盖板兼作压重对部分强风化岩体进行固结灌浆处理, 灌浆深度平均 10 m; 对开挖面以下强风化岩体布置 3 排帷幕进行帷幕灌浆, 弱风化岩体布置 2 排。

方案 3 浅挖全固结: 心墙及反滤层范围强风化岩石挖除 12 m (最大深度), 接触面设混凝土盖板兼作压重, 对全部强风化岩体进行固结灌浆处理, 最大深度 30 m; 对开挖面以下强风化岩体布置 3 排帷幕进行帷幕灌浆, 弱风化岩体布置 2 排。

方案 4 深挖全固结: 心墙及反滤层范围强风化岩石挖除 19 m (最大深度), 接触面设混凝土盖板兼作压重, 对全部强风化岩体进行固结灌浆处理, 最大深度 24 m; 对开挖面以下强风化岩体布置 3 排帷幕进行帷幕灌浆, 弱风化岩体布置 2 排。

方案 5 浅挖浅固结加混凝土防渗墙: 心墙及反滤层范围强风化岩石挖除 12 m (最大深度), 接触面设混凝土盖板兼作压重进行固结灌浆处理, 灌浆深度平均 15 m, 混凝土防渗墙截断强风化岩体并深入弱风化岩体 1 m (最大垂直深度 37 m), 布置 2 排帷幕对防渗墙下弱风化岩体进行帷幕灌浆。

上述各方案优缺点比较见表 2。

表 2 坝肩处理各方案比较表

Table 2 Alternative schemes of the dam abutment treatment

方案	深度/m	帷幕	相对投资/万元	可靠性初步分析	
开挖	固灌	排数			
1	12	15	4/2	0	开挖至强风化层上部, 固结灌浆至强风化层中部, 可靠性相对最差, 投资最低。
2	19	10	4/2	291.3	开挖至强风化层上部 (局部开挖至中部), 固结灌浆至强风化层中部, 可靠性一般, 投资亦较低。
3	12	30	3/2	520.6	开挖至强风化层上部, 对强风化层全部进行固结灌浆, 可靠性相对较高, 投资较高。
4	19	24	3/2	744.0	开挖至强风化层上部 (局部开挖至中部), 对强风化层全部进行固结灌浆, 可靠性高, 投资也高。
5	12	15	防 渗 墙 /2	2154.3	开挖至强风化层上部, 固结灌浆至强风化层中部, 混凝土防渗墙截断强风化岩体, 可靠性相对最高, 投资太高。

参考国内外经验, 从经济性和可靠性两方面分析, 可以看出: 方案 1 可靠性差, 方案 5 投资太高, 均不可行。方案 2, 3, 4 均有成立的可能性, 应通过灌浆试验进一步验证和选择。

3.2 灌浆试验

3.2.1 试验目的 研究固结灌浆孔距、灌浆方法和工艺流程; 帷幕灌浆方法和工艺流程; 研究达到 3.2.2 要求标准的灌浆深度和帷幕排距, 为方案选择提供依据。

3.2.2 试验控制标准 根据《规范》要求, 并参考国内外经验^[2,3], 确定坝肩灌浆试验控制标准为:

1) 固结灌浆: 通过固结灌浆, 使强风化岩体声波波速提高至 3 000 m/s 以上, 透水率达到或接近弱透水层指标, 即达到弱风化岩体标准, 以满足《规范》高坝宜开挖至弱风化层上部的要求。

2) 帷幕灌浆: 通过帷幕灌浆, 使坝肩岩体透水率降低至 < 5 Lu, 即达到《规范》帷幕灌浆的设计标准应按灌后基岩的透水率控制, 1 级、2 级坝和高坝透水率宜为 3~5 Lu 的要求。

3.3 现场固结灌浆试验

3.3.1 试验方案 固结灌浆试验场地选择在右岸坝肩 2 120~2 143 m 高程坝轴线附近, 为大坝心墙及反滤层与坝肩岩体接触带, 面积 8 m×16 m。试验场分为 2 个试验参数单元 (见图 1): 3 m 孔距和 2.5 m 孔距试验区。各试验区布置 6 个灌浆孔 (其中 1 个兼作先导孔进行灌前声波检查), 1 个灌后声波检查孔, 1 个灌浆抬动观测孔。灌浆孔分为两序。

试验机具: 先导孔、检查孔为取芯孔, 采用金刚石回转钻, 其余采用潜孔锤冲击回转钻。

试验内容及要求:

1) 先导孔进行灌前声波检查, 一序孔做单点压水试验, 二序孔做简易压水试验, 检查孔做灌后声波检查和单点压水试验, 抬动观测孔做抬动观测 (要求抬动为零)。

2) 灌浆方式采用循环式, 灌浆方法采用孔口封闭、自上而下分段灌浆法。

3) 开展钻孔及裂隙冲洗方法试验研究

4) 灌前应开展水泥浆液及结实体性能试验、外加剂对水泥浆液及结实体性能影响试验、不同配合比下水泥浆液及结实体性能试验, 以选择合格材料, 提出材料的掺量和配合比。

3.3.2 试验成果及工艺 固结灌浆试验成果见表 3。成果表明:

1) 通过固结灌浆可将岩体声波波速平均值由 2 500 m/s 提高至 3 500 m/s, 透水率平均值由 410 Lu 降低至 18 Lu, 即将裂隙密集、结构松散的强风化岩体固结成为达到弱风化指标的岩体, 透水性由强透水带固结成为中等偏弱的透水带。固结灌浆效果明显。

2) 孔距 3 m 与 2.5 m 灌前、灌后岩体声波波速和透水率平均值相差不大, 但 2.5 m 灌区波速小于 3 000 m/s 的部位灌前占 68%, 灌后占 7%, 其中最小值为 2 756 m/s; 3 m 灌区灌前波速小于 3 000 m/s 的部位占 48%, 灌后占 28%, 其中最小值为 2 381 m/s。说明灌浆孔距采用 2.5 m 才能满足要求。

3) 孔深小于 10 m 岩体灌前指标差, 裂隙密集、结构松散, 灌后指标大幅度提高; 孔深大于 10 m 岩体灌前声波值已达到 3 000 m/s 以上, 灌后指标提高幅度不大。说明固结灌浆深度采用 10 m 可行且经济。

4) 固结灌浆方式、方法、使用材料、外加剂、配合比及灌浆工艺合理、可行。

5) 固结灌浆可将岩体由强透水带固结成为中等偏弱透水带, 但仍未达到相对不透水带 (<5 Lu) 要求。因此还需进行帷幕灌浆。

表 3 固结灌浆试验成果表

Table 3 Consolidation grouting test results table

试验区	孔深 /m	声波测试		透水率测试				
		段长 /m	灌前 /m·s ⁻¹	灌后 /m·s ⁻¹	孔深 /m	段长 /m	灌前 /Lu	灌后 /Lu
3 m 孔距灌浆区	0.8~1.4	0.6	2 566	4 703				
	1.6~2.4	0.8	1 163	3 216				
	2.6~3.8	1.2	2 922	3 405				
	4~4.8	0.8	2 271	3 219	0.4~15	14.6	413.9	17.4
	5~10	5	3 095	3 479				
	10.2~12	1.8	1 345	3 238				
2.5 m 孔距灌浆区	12.2~13.6	1.4	2 298	3 362				
	10~15	5	3 218	3 961				
	平均		2 594	3 550				
	0.8~1.4	0.6	1 186	3 300				
	1.6~2	0.4	1 912	3 465				
	2.2~3	0.8	2 280	3 274				
2.5 m 孔距灌浆区	3.2~5.2	2	2 501	3 185	0.4~15	14.6	414.6	18.6
	5.4~8.2	2.8	1 127	3 439				
	8.4~10.2	1.8	2 674	3 312				
	10.4~15	4.6	3 473	3 849				
平均		2 503	3 501					

3.4 现场帷幕灌浆试验

3.4.1 试验方案 帷幕灌浆试验场地选择在右岸坝肩 2 120~2 143 m 高程坝轴线附近, 为大坝心墙及反滤层与坝肩岩体接触带。试验场分为 2 个试验参数单元 (见图 1): 排距 1 m 帷幕区和排距 1.25 m 帷幕区。

1.25 m 帷幕区远离固结灌浆区, 面积为 5.5 m×11 m, 布置 14 个灌浆孔 (其中 1 个兼作先导孔进行灌前透水率检查)、2 个灌后透水率检查孔、1 个灌浆抬动观测孔。灌浆孔排距 1.25 m, 间距 2 m, 分为三序。

1 m 帷幕区布置在两个固结灌浆区之间的帷幕灌浆线上, 面积为 6 m×9 m, 布置 14 个灌浆孔 (其中 1 个兼作先导孔进行灌前透水率检查)、2 个灌后透水率检查孔、1 个灌浆抬动观测孔。灌浆孔排距 1 m, 间距 2 m, 分为三序。

试验机具: 先导孔、检查孔为取芯孔, 采用金刚石回转钻, 其余采用潜孔锤冲击回转钻。

试验内容及要求:

1) 先导孔 (灌前)、一序孔、检查孔 (灌后) 做单点压水试验, 二、三序孔做简易压水试验, 抬动观测孔做抬动观测 (要求抬动为零)。

2) 灌浆方式采用循环式, 灌浆方法采用孔口封闭、自上而下分段灌浆。

3) 开展钻孔及裂隙冲洗方法试验研究

4) 灌前应开展水泥浆液及结实体性能试验、外加剂对水泥浆液及结实体性能影响试验、不同配合比下水泥浆液及结实体性能试验, 以选择合格材料, 提出材料的掺量和配合比。

3.4.2 试验成果及工艺 帷幕灌浆试验成果见表 4、表 5。成果表明:

1) 通过帷幕灌浆可将岩体透水率平均值降低至 3.88 Lu (1 m 帷幕区) 和 7.62 Lu (1.25 m 帷幕区), 即将裂隙密集、结构松散的强风化、强透水岩体固结成为不透水—弱透水岩体。帷幕灌浆效果明显。

2) 孔间距 2 m、排距 1.25 m 的帷幕, 约 55% 的压水试验段透水率大于 5 Lu, 最大值 15 Lu, 不满足《规范》要求; 孔距 2 m, 排距 1 m 的帷幕, 仅有 6% 的压水试验段 (即 1 段) 透水率大于 5 Lu, 最大值 5.8 Lu, 满足《规范》要求。说明采用排距 1 m 帷幕合理可行。

3) 帷幕灌浆方式、方法、使用材料、外加剂、

表4 帷幕灌浆试验成果表
Table 4 Curtain grouting test results table

试验区	孔深 /m	段长 /m	透水率/Lu			试验区	孔深 /m	段长 /m	透水率/Lu		
			灌前	灌后1	灌后2				灌前	灌后1	灌后2
排距 1.25 m	0.4~2	1.6	216.3	7.8	6.1	排距 1 m	0.4~2	1.6	64.5	5.8	4.6
	2~5	3	715.3	2.9	13		2~5	3	69.4	4.3	4.8
	5~10	5	27.2	11.5	6.7		5~10	5	15.7	4.7	3.9
	9.6~15	5.4	11.0	18.18	3.8		9.6~15	5.4	6.4	3.2	4.1
	15~20	5	11.0	10.47	4.3		15~20	5	12.9	3.7	3.5
	20~25	5	10.1	4.5	3.7		20~25	5	71.3	4.1	2.9
	25~30	5	10.0	3.1	4.7		25~30	5	13.4	3.9	3.5
	30~35	5	51.2	10.96	4.9		30~35	5	10.7	4.5	2.9
35~40	5	41.4	15	5.2	35~40	5	22.3	2.7	2.8		
平均			384.45	7.62		平均		31	3.88		

配合比及灌浆工艺合理、可行。

表5 帷幕灌浆试验成果表

Table 5 Curtain grouting test results table

试验区	孔序	压水段数	透水率发生频率/%							平均透水率 /Lu
			<1 /Lu	1~3 /Lu	3~5 /Lu	5~10 /Lu	10~50 /Lu	50~100 /Lu	>100 /Lu	
排距 1.25 m	—	54	—	—	—	30	39	7	24	384.5
	二	36	—	3	53	36	8	—	—	56.29
	三	36	—	6	53	38	3	—	—	22.55
	检查孔	18	—	6	39	33	22	—	—	7.62
排距 1 m	—	36	—	3	28	53	13	3	—	31
	二	36	—	11	53	33	3	—	—	14
	三	54	—	26	54	20	—	—	—	9
	检查孔	—	22	72	6	—	—	—	—	3.88

4 结论

4.1 处理方案

根据以上分析,并通过固结灌浆、帷幕灌浆试验验证,坝肩强风化岩体处理采用深挖浅固结方案(方案2),即“将岩体开挖至强风化层上部,对未挖除的强风化岩体进行固结灌浆使其达到弱风化岩体标准,对未挖除的强风化岩体及其下部的弱风化岩体进行帷幕灌浆使其达到相对不透水层标准”的处理方案是可行的、经济的。处理方案布置见图2,主要处理措施为:

1) 将心墙及反滤层范围强风化岩体开挖至强风化层上部(局部开挖至中部),最大开挖深度为19 m。

2) 在坝肩心墙及反滤层与强风化岩体接触面范围设置混凝土盖板作压重,

3) 对部分强风化岩体进行固结灌浆处理:灌浆孔距2.5 m。其中,右岸2 083.00m高程以上灌浆深度10 m,2 083.00 m高程以下灌浆深度15 m(鉴于水头大于60 m);左岸灌浆深度10 m;

4) 对坝肩岩体进行帷幕灌浆处理:帷幕孔距2 m、排距1 m。其中,右岸强风化岩体帷幕为3排、弱风化岩体为2排,左岸均为2排。

4.2 施工控制标准

1) 坝肩心墙及反滤层与强风化岩体接触面开挖后立即喷混凝土进行保护,避免强风化岩体进一步风化、松弛。

2) 固结灌浆灌后岩体声波波速不小于3 000 m/s,透水率不大于25 Lu。固结灌浆应在坝肩混凝土盖板浇筑并达到50%强度后方可进行。

3) 帷幕灌浆灌后岩体透水率不大于5 Lu。帷幕灌浆应在固结灌浆完成后进行。

4) 固结灌浆和帷幕灌浆时必须进行抬动观测,并不得造成混凝土盖板及盖板以外岩体发生抬动。

参考文献

- [1] SL274-2001 碾压式土石坝设计规范[S]. 北京:中国水利水电出版社,2002
- [2] DL/T 5148-2001 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范[S]. 北京:中国电力出版社,2002
- [3] 林昭. 碾压式土石坝设计[M]. 郑州:黄河水利出版社,2003

Treatment of Highly Weathered Rock Mass at the Abutment of Earth-Rock Dam in Qiaoqi Hydropower Project

Wang Shougen

(*Chengdu Hydroelectric Investigation & Design Institute of State Power Corporation, Chengdu 610072, China*)

[Abstract] The abutment is the part where the by-pass seepage and contact erosion often happen to make the dam not work normally, which is the key point during design and construction, so Design Specifications for Rolled Earth-Rock Fill Dams (SL274-2001) require excavating into the slightly weathered rock mass for the core wall and the reversed filter and the abutment. The spreading gradation earth-rock fill dam with crushed-stone-earth core wall is 123m high, and the highly weathering natural depth of the phyllite and sandstone at abutments on both bank is 14.6~66.4m. According to the Specification, the excavation quantity is enormous. It is practically excavated into the highly weathering zone, which can not meet with the Specification. The treatment scheme for the highly weathering rock mass on both abutments and grouting tests and grouting technics are introduced in detail. The feasibility to adopt consolidation grouting and seepage treatment measures is argued and the treatment measures and construction control standards are proposed.

[Key words] Qiaoqi Hydropower Station; earth-rock dam; treatment of abutment; highly weathered rock mass; consolidation grouting; curtain grouting

(cont. from p. 77)

- | | |
|--|--|
| <p>[4] RSA Laboratories. PKCS # 11: Cryptographic Token Interface Standard [S/OL]. http://www.rsasecurity.com/rsalabs/node.asp?id=2133, 2001-11</p> <p>[5] Sun Microsystems. Java™ Cryptography Extension (JCE) Reference Guide [S/OL]. Sun Microsystems, http://java.sun.com/j2se/1.5.0/docs/guide/security/jce/JCERefGuide.html, 2004-01-29</p> <p>[6] RSA Laboratories. PKCS # 7: Cryptographic Message</p> | <p>Syntax Standard [S/OL]. http://www.rsasecurity.com/rsalabs/node.asp?id=2129, 1993-11-01</p> <p>[7] Sheng Liang. Java™ Native Interface: Programmer's Guide and Specification [M]. Addison-Wesley Pub Co, 1st edition, 1999-06-10</p> <p>[8] Greg Voss. Introducing Java Beans [C]. Sun Microsystems, http://java.sun.com/developer/onlineTraining/Beans/Beans1/, 1996-11</p> |
|--|--|

A Security Middleware for Web Applications Based on JavaBeans and Secure Cookie

Cai Zhun, Kong Fanyu, Li Daxing

(*Institute of Network Security, Shandong University, Jinan 250100, China*)

[Abstract] This paper discusses the secure operations in the web applications, and designs a framework of middleware. The paper implements the security middleware based on the "JavaBeans" and "Secure Cookie" technology. The middleware improves the efficiency of the web applications through hardware, and reduces the difficulty of development. In the end, the paper discusses the extension based on PMI system and RBAC to control the privilege.

[Key words] JavaBeans; Secure Cookie; middleware; PMI; RBAC