第六章 机电及金属结构

6.1 机械设备

6.1.1 工程概况

项目名称：堆龙德庆区堆龙河两岸综合治理工程（下游）【拉萨堆龙河生态修复综合治理项目】

项目地点：西藏自治区拉萨市堆龙新区境内的堆龙河干流

工程范围：自东嘎大桥（新桥）桥面中心线起上游方向约 4.23km 处

工程内容：现状堤防修复及加高工程、新建生态护岸工程、河道疏浚工程、新建蓄水闸工程、鱼道工程、穿堤工程，共 6 个子项。

在六个子项中新建蓄水闸工程、鱼道工程涉及机械设备内容。

6.1.1.1 新建蓄水闸工程

新建蓄水闸工程内容包括新建 1#坝-4#四座气盾坝，同时为提高闸坝景观效果，在 3#坝两端两个闸墩各设置一套音乐喷泉系统,在 4#坝两端闸墩各设置一套水幕电影及激光系统。

1#坝坝高 3.4m，坝长 147m，分 3 段闸室，采用单层气囊；充气时间约 60 分钟，放气坍坝时间在最短控制时间外可调，并可根据要求调节坝面板竖立角度。操作系统共 21 根充排气管，气囊工作压力约 160kpa。

2#坝坝高 4.25m，坝长 153m，分 3 段闸室，采用双层气囊；充气时间约 60 分钟，放气坍坝时间在最短控制时间外可调，并可根据要求调节坝面板竖立角度。操作系统共 21 根充排气管，气囊工作压力约 110kpa。

3#坝坝高 4.15m，坝长 188m，分 4 段闸室，采用双层气囊；充气时间约 60 分钟，放气坍坝时间在最短控制时间外可调，并可根据要求调节坝面板竖立角度。操作系统共 24 根充排气管，气囊工作压力约 105kpa。音乐喷泉设于闸墩位置，莺歌燕舞及擎天玉柱各一组，莺歌燕舞配套 5.5kW 潜水泵 6 台，擎天玉柱配套 37kW 潜水泵两台，并配套相关的 LED 灯光效果。

4#坝坝高 4.35m，坝长 188m，分 4 段闸室，采用双层气囊；充气时间约 60 分钟，放气坍坝时间在最短控制时间外可调，并可根据要求调节坝面板竖立角度。操作系统共 24 根充排气管，气囊工作压力约 120kpa。水幕电影设于闸墩位置，设置两组水幕电影，每组水幕电影包含水幕发生器（45kW 潜水泵 2 台）、激光、投影及音响设备一套。

6.1.1.2 鱼道工程

堆龙河 1#闸~堆龙河 4#闸右岸设置过鱼建筑物鱼道一座。鱼道部分采用竖缝式鱼道，部分采用仿自然鱼道；进、出口设控制闸各 1 座，配 2×1.5m 铸铁闸门各 1 扇，采用手电两用暗杆式启闭机启闭。其中进口控制闸在 4#闸坝位置附近，出口控制闸在 1#闸坝位置附近。

6.1.2 气盾坝运行方式

气盾坝运行主要原则为：非汛期拦蓄上游来水，抬高河道水位，改善水生态环境和水景观，汛期洪水时坍坝行洪。同时本气盾坝为单向挡水，依靠运行控制杜绝双向挡水运用。

气盾坝的运行需统筹考虑工程河段上下游水闸，同时满足本河段及下游的防洪安全的要求。气盾坝运行按主汛期和非主汛期运行方式进行区分：

（1）主汛期（6~9 月）运行

水闸库区库容较小，调洪能力较弱，不使用水闸库容进行洪水调节。汛期（6～9 月）洪水到来前库区蓄水必须提前放空，闸门全开，并通知主管部门、下游水利工程管理机构。在河道管理范围内，应有专人沿河道督促施工人员及其他人员提前撤离到河道外。

（2）非主汛期运行

水闸库区非主汛期对于梯级闸坝群的运行调度，要遵循“先下后上”的顺序进行蓄水和放水；各级水闸蓄水时避免形成河道断流；各级水闸放水时要合理错峰，保证不同洪水量级下洪峰流量不超过相应频率的洪峰流量，减小上下游梯级水库人造洪峰的叠加，实现平稳泄洪。同时，各级水闸运行开度方式要满足水闸自身结构安全的需要。

另外，气盾坝运行一年后，运行管理单位应及时总结当年运行经验，为来年气盾坝运行提供依据和参考。

6.1.3 泵站任务和要求

各气盾坝均在左岸设控制房一座，承担气盾坝气囊的充排气控制任务，采用压缩气体充气及直接排气方式。充气用压缩空气由控制房内储气罐系统提供；排气时气囊内的压力气体直接向环境排放。储气罐系统保证压缩空气供气流量及压力满足气囊充气时间及压力的要求。气盾坝控制采用集中控制和现地操作相结合的控制方式，以集中控制为主。

3#、4#闸墩上设置的音乐喷泉系统其控制系统也设置在控制房内，其控制系统独立于闸坝控制系统。

气盾坝充排气参数见表 6.1-1。

表 6.1-1 气盾坝充排气参数表

1#	坝高	3.4m
	坝长	147m
	闸室分段	3 段
	气囊工作压力	160kpa
	充气时间	约 60min
	排气时间	≥20min 可调
2#	坝高	4.25m
	坝长	153m
	闸室分段	3 段
	气囊工作压力	110kpa
	充气时间	约 60min
	排气时间	≥30min 可调
3#	坝高	4.15m
	坝长	188
	闸室分段	4 段
	气囊工作压力	105kpa

	充气时间	约 60min
	排气时间	≥40min 可调
4#	坝高	4.35m
	坝长	188m
	闸室分段	4 段
	气囊工作压力	120kpa
	充气时间	约 60min
	排气时间	≥30min 可调

6.1.4 充气气源

气盾坝直接采用空气作为系统气源，易取且洁净。同时，为保证压缩空气含水量达标，储气罐系统设置冷干机及过滤器去除多余的水分。

6.1.5 主要设备选择

6.1.5.1 方案概述

四个气盾坝坝高由水文、水工专业确定。1#气盾坝分 3 段闸室、2#气盾坝分 3 段闸室、3#气盾坝分 4 段闸室、4#气盾坝分 4 段闸室，每段气盾坝闸室设独立的充排气管。各充气管经带开关回信的电动蝶阀与储气罐相连；排气管与大气相连。充气时，经自动化控制系统或人工发出充气命令控制进气电动蝶阀开启，压缩空气从储气罐充入气囊而升起坝盾板；排气时，自控系统或人工发出控制命令开启排气电动蝶阀，气囊中的压缩空气排入大气而坍坝。当电源消失时可通过手动蝶阀排气完成坍坝，保证安全泄洪。

气囊、储气罐设压力变送器检测压缩空气压力信息并传送至控制系统，控制系统按设定值自动开启进气电动蝶阀或启停空压机维持气囊及储气罐内的气压。

鉴于本项目处于高原、高寒地区，气盾坝运行条件恶劣，对闸坝系统的安全稳定运行应具有足够的安全余量。气盾坝采用压缩空气作为控制介质，具有安全环保，管路不会堵塞等优点；同时，在紧急情况下可失电手动操作手动蝶阀泄气塌坝，因此对气囊及充排气管路系统不设置备用系统。而为保证起坝时压缩空气系统的可靠性，在每个闸坝均设置一套备用储气罐系统，包括储气罐、空压机、罗茨风机及配套的阀门。同时，对

每个气囊均设置空气压力变送器监控各气囊压力状态，对闸板设置倾角仪反馈闸坝位置状态。

6.1.5.2 储气罐

四个气盾坝均采用立式储气罐。储气罐设压力传感器，其信号传送至自动控制系统自动启动空压机以保证储气罐压力均衡。同时，储气罐配置气体安全阀，保证储气罐内的气压不超过安全许可值。

6.1.6 辅助设备

（1）为保证压缩空气含水量达标，气盾坝系统设置过滤器及冷干机，去除压缩空气中多余的水分。

（2）通过设置投入式液位计量测坝前水位并将水位传送至气盾坝控制系统判断是否进行坍坝控制。同时设置水文监测系统，监测河道流域水文信息并传送至闸坝联合调度后台系统，当洪水达到设定值，根据设定的要求向气盾坝控制系统发出坍坝指令，按要求行洪。

（3）为满足气盾坝气囊检修需要，坝前基础设置检修螺栓。气囊检修时，以检修螺栓作为坝体盾板的临时拉固点，保证气囊的顺利检修或更换。

6.1.7 泵房设备布置

本工程四个水闸管理用房均位于河道左岸。管理用房包括一层的高电压配电室、柴油发电机房及气盾坝泵房，二层为办公室，控制室布置在办公室。

储气罐系统及控制柜设置于气盾坝泵房，各气罐系统一排布置，备用气罐系统排列在中间便于切换。控制柜靠墙设置。

6.1.8 泵房除湿、通风及采暖

水闸管理用房位于河边，为改善设备运行条件，为管理人员提供适宜的工作环境，控制室、高电压配电室各在后墙上设置两台轴流风机。为便于机电设备除湿去潮，在控制室、高电压配电室各设置一台工业除湿机，各办公室设置一台家用型除湿机。对电气设备房及控制室不考虑取暖，办公室采用空调取暖，各闸坝变压器用电负荷考虑空调取暖功率

6.1.9 机械设备主要工程量

表 6.1-2　1#气盾坝机械设备主要工程量表

序号	名称	型号规格	单位	数量	备注
一	充排气管道				
1	充排气管	Φ50pe	米	1860	闸室段
2	附件	Φ50pe	米	140	闸室段
二	闸门支撑系统				
1	气囊（EPDM 橡胶，一次平板硫化）	6.75m×3.7m×48mm	个	21	EPDM 橡胶
2	盾板软连接带	JBD-300-4	条	18	EPDM 橡胶
3	边墙止水带	JBD-160-4	条	6	EPDM 橡胶
4	限位带	G-1000-1	条	63	EPDM 橡胶
5	基础软连接带	DL-150-6	条	21	EPDM 橡胶
6	气囊充气软管	高压橡胶软管	根	21	
三	集成充排设备				
1	进气管路	DN150	米	20	
2	排气管路	DN150	米	20	
3	罗茨风机	45kW（含配件，带反抽装置）	件	2	一用一备
4	变频螺杆压缩机	37KW 6m³/min　800Kpa	件	2	一用一备
5	过滤器		件	4	
6	冷干机	6.8m³/min　800Kpa	件	2	
7	立式储气罐	1.0m³	件	2	
8	气体安全阀	DN25 100KPa 100-400 范围可调	个	2	
9	电动蝶阀	DN40 220V 供电带开关回信	个	23	
10	电动蝶阀	DN150 220V 供电带开关回信	个	9	
11	手动蝶阀	DN150	个	2	

12	手动阀	DN40	个	21	
13	压力变送器	0-300Kpa	个	23	
14	投入式液位计	4-20mA 0-8m	件	1	
15	倾角仪	INX360D	套	6	
16	隔音罩		套	2	
17	管路附件		套	1	
18	线缆等安装附件		套	1	
四	集成控制柜系统				
1	控制柜	2200*800*800	台	1	材质：碳钢喷塑
2	电气元件		套	1	
3	变频器	45KW	台	2	罗茨风机配套，一用一备
4	PLC 系统	S7-1500（含配套程序及软件）	个	1	
5	触摸屏	15 寸(含配套程序及软件）	套	1	
6	附件		套	1	
五	灯光设备				
1	景观灯	含灯具、电缆、控制	套	1	
六	遮挡幕布				
1	幕布及附件		套	1	
七	其他				
1	边墙平整处理材料	底层环氧砂浆，中层环氧胶泥，表层纳硅漆	m²	180	
2	锚栓支撑钢筋材料		T	15.3	
八	控制室除湿、通风				
1	工业除湿机	AC380V,1.2KW	套	4	
2	家用除湿机	AC220V,800W	套	2	
3	轴流风机	9393m3/h,0.75kW	套	8	配置导流罩

表 6.1-3　2#气盾坝机械设备主要工程量表

序号	名称	型号规格	单位	数量	备注
一	充排气管道				
1	充排气管	Φ50pe	米	2172	闸室段
2	附件	Φ50pe	米	153	闸室段
二	闸门支撑系统				
1	上气囊(EPDM 橡胶，一次平板硫化)	7.0m×4.25m×48mm	个	21	EPDM 橡胶
2	下气囊(EPDM 橡胶，一次平板硫化)	7.0m×3.75m×48mm	个	21	EPDM 橡胶
3	盾板软连接带	JBD-300-4	条	18	EPDM 橡胶
4	边墙止水带	JBD-160-4	条	6	EPDM 橡胶
5	限位带	G-1000-1	条	63	EPDM 橡胶
6	基础软连接带	DL-150-6	条	21	EPDM 橡胶
7	气囊充气软管	高压橡胶软管	根	42	
三	集成充排设备				
1	进气管路	DN125	米	25	
2	排气管路	DN125	米	25	
3	罗茨风机	37kW（含配件，带反抽装置）	件	3	两用一备
4	变频螺杆压缩机	22KW　3.7m³/min　800Kpa	件	3	两用一备
5	过滤器		件	6	
6	冷干机	3.7m³	件	3	
7	立式储气罐	0.6m³	件	3	
8	气体安全阀	DN25　100KPa　100-400 范围可调	个	3	
9	电动蝶阀	DN40　220V 供电带开关回信	个	21	
10	电动蝶阀	DN125　220V 供电带开关回信	个	12	
11	手动蝶阀	DN125	个	3	

12	手动阀	DN40	个	18	
13	压力变送器	0-300Kpa	个	21	
14	投入式液位计	4-20mA 0-8m	件	1	P+F
15	倾角仪	INX360D	套	6	
16	隔音罩		套	3	
17	管路附件		套	1	
18	线缆等安装附件		套	1	
四	集成控制柜系统				
1	控制柜	2200*1000*800	台	1	材质：碳钢喷塑
2	电气元件		套	1	
3	变频器	37KW	台	3	与罗茨风机配套，两用一备
4	PLC 系统	S7-1500（含配套程序及软件）	个	1	
5	触摸屏	15 寸(含配套程序及软件）	套	1	
6	附件		套	1	
五	灯光设备				
1	景观灯	含灯具、电缆、控制	套	1	
六	遮挡幕布				
1	幕布及附件		套	1	
七	其他				
1	边墙平整处理材料	底层环氧砂浆，中层环氧胶泥，表层纳硅漆	㎡	217.8	
2	锚栓支撑钢筋材料		T	15.9	
八	控制室除湿、通风				
1	工业除湿机	AC380V,1.2KW	套	4	
2	家用除湿机	AC220V,800W	套	2	
3	轴流风机	9393m3/h,0.75kW	套	8	配置导流罩

表 6.1-4　3#气盾坝机械设备主要工程量表

序号	名称	型号规格	单位	数量	备注
一	充排气管道				
1	充排气管	Φ50pe	米	3320	闸室段
2	附件	Φ50pe	米	188	闸室段
二	闸门支撑系统				
1	上气囊（EPDM 橡胶，一次平板硫化）	7.5m×4.15m×48mm	个	24	EPDM 橡胶
2	下气囊（EPDM 橡胶，一次平板硫化）	7.5m×3.65m×48mm	个	24	EPDM 橡胶
3	盾板软连接带	JBD-300-4	条	20	EPDM 橡胶
4	边墙止水带	JBD-160-4	条	8	EPDM 橡胶
5	限位带	G-1000-1	条	72	EPDM 橡胶
6	基础软连接带	DL-150-6	条	24	EPDM 橡胶
7	气囊充气软管	高压橡胶软管	根	48	
三	集成充排设备				
1	进气管路	DN150	米	25	
2	排气管路	DN150	米	25	
3	罗茨风机	45kW（含配件，带反抽装置）	件	3	两用一备
4	变频螺杆压缩机	30KW　5.0m³/min　800Kpa	件	3	两用一备
5	过滤器		件	6	
6	冷干机	5.0m³	件	3	
7	立式储气罐	0.6m³	件	3	
8	气体安全阀	DN25 100KPa　100-400 范围可调	个	3	
9	电动蝶阀	DN40 220V 供电带开关回信	个	27	
10	电动蝶阀	DN150 220V 供电带开关回信	个	12	
11	手动蝶阀	DN150	个	3	

12	手动阀	DN40	个	24	
13	压力变送器	0-300Kpa	个	27	
14	投入式液位计	4-20mA 0-8m	件	1	P+F
15	倾角仪	INX360D	套	8	
16	隔音罩		套	3	
17	管路附件		套	1	
18	线缆等安装附件		套	1	
四	集成控制柜系统				
1	控制柜	2200*1000*800	台	1	材质：碳钢喷塑
2	电气元件		套	1	
3	变频器	45KW	台	3	
4	PLC 系统	S7-1500（含配套程序及软件）	个	1	
5	触摸屏	15 寸(含配套程序及软件）	套	1	
6	附件		套	1	
五	灯光设备				
1	景观灯	含灯具、电缆、控制	套	1	
六	遮挡幕布				
1	幕布及附件		套	1	
七	其他				
1	边墙平整处理材料	底层环氧砂浆，中层环氧胶泥，表层纳硅漆	㎡	284	
2	锚栓支撑钢筋材料		T	19.6	
八	音乐喷泉				
1	擎天玉柱系统		套	2	
2	莺歌燕舞系统		套	1	
九	控制室除湿、通风				

1	工业除湿机	AC380V,1.2KW	套	4	
2	家用除湿机	AC220V,800W	套	2	
3	轴流风机	9393m3/h,0.75kW	套	8	配置导流罩

表 6.1-5　4#气盾坝机械设备主要工程量表

序号	名称	型号规格	单位	数量	备注
一	充排气管道				
1	充排气管	Φ50pe	米	3320	闸室段
2	附件	Φ50pe	米	188	闸室段
二	闸门支撑系统				
1	上气囊（EPDM 橡胶，一次平板硫化）	7.5m×4.35m×48mm	个	24	EPDM 橡胶
2	下气囊（EPDM 橡胶，一次平板硫化）	7.5m×3.85m×48mm	个	24	EPDM 橡胶
3	盾板软连接带	JBD-300-4	条	20	EPDM 橡胶
4	边墙止水带	JBD-160-4	条	8	EPDM 橡胶
5	限位带	G-1000-1	条	72	EPDM 橡胶
6	基础软连接带	DL-150-6	条	24	EPDM 橡胶
7	气囊充气软管	高压橡胶软管	根	48	
三	集成充排设备				
1	进气管路	DN150	米	25	
2	排气管路	DN150	米	25	
3	罗茨风机	45kW（含配件，带反抽装置）	件	3	
4	变频螺杆压缩机	30KW　5.0m³/min　800Kpa	件	3	
5	过滤器		件	6	
6	冷干机	5.0m³	件	3	
7	立式储气罐	0.6m³	件	3	
8	气体安全阀	DN25 100KPa　100-400 范围可调	个	3	

9	电动蝶阀	DN40 220V 供电带开关回信	个	27	
10	电动蝶阀	DN150 220V 供电带开关回信	个	12	
11	手动蝶阀	DN150	个	3	
12	手动阀	DN40	个	24	
13	压力变送器	0-300Kpa	个	27	
14	投入式液位计	4-20mA 0-8m	件	1	P+F
15	倾角仪	INX360D	套	8	
16	隔音罩		套	3	
17	管路附件		套	1	
18	线缆等安装附件		套	1	
四	集成控制柜系统				
1	控制柜	2200*1000*800	台	1	材质：碳钢喷塑
2	电气元件		套	1	
3	变频器	45KW	台	3	
4	PLC 系统	S7-1500（含配套程序及软件）	个	1	
5	触摸屏	15 寸(含配套程序及软件）	套	1	
6	附件		套	1	
五	灯光设备				
1	景观灯	含灯具、电缆、控制	套	1	
六	遮挡幕布				
1	幕布及附件		套	1	
七	其他				
1	边墙平整处理材料	底层环氧砂浆，中层环氧胶泥，表层纳硅漆	㎡	295	
2	锚栓支撑钢筋材料		T	19.6	
八	水幕电影				

1	水幕电影发生器及配套		套	2	
2	激光		套	2	
3	高清投影		套	2	
4	音响系统		套	2	
5	喷泉控制系统		套	2	
九	控制室除湿、通风				
1	工业除湿机	AC380V,1.2KW	套	4	
2	家用除湿机	AC220V,800W	套	2	
3	轴流风机	9393m3/h,0.75kW	套	8	配置导流罩

表 6.1-6 鱼道机械设备主要工程量表

序号	名称	型号规格	单位	数量	备注
1	手电两用暗杆式启闭机	厂家配套	套	2	

6.2 金属结构

本工程金属结构主要设计的内容为生态蓄水闸气盾坝以及附属设施等，其所涉及内容包括：气盾坝气囊及金属结构锚固部分和气盾坝挡水盾板部分等。

1#气盾坝坝高 3.4m，坝长 147m，设 3 跨，每跨长 49m，中墩厚 3.0m，边墩厚 1.5m，共 156m。

2#气盾坝坝高 4.25m，坝长 151m，设 3 跨，每跨长 51m，中墩厚 3.0m，边墩厚 1.5m，共 162m。

3#气盾坝坝高 4.15m，坝长 194m，设 4 跨，每跨长 47m，中墩厚 3.0m，边墩厚 1.5m，共 200m。

4#气盾坝坝高 4.35m，坝长 194m，设 3 跨，每跨长 47m，中墩厚 3.0m，边墩厚 1.5m，共 200m。

1#气盾坝坝高为3.4m采用单气囊双排锚固设计；2#、3#、4#气盾坝坝高分别为4.25m、4.15m、4.35m 采用双气囊双排锚固设计，另外，此三座闸坝高坝高相差不大，计算工况

基本相似，所以本节选用 4#闸坝设计计算过程代表其他闸坝及过程，在报告叙述中不再做详细描述。

气盾坝升降通过气囊充胀而动作，气盾坝的气囊外层材质应满足抗臭氧及紫外线等耐候要求。同时气囊间应实现高强度无缝对接，

充气气囊与支撑结构的连接采用垫板、主锚定螺栓固定在河床上，调整直线度、水平度达到要求后浇筑混凝土。安装时气囊应，固定在基础底板上，达到密封不漏气。

充气管道、阀门采用技术成熟、质量可靠的产品，为防止生锈等腐蚀破坏，采用 pe 塑料管道。

盾板间连接实现止水，盾板与闸墩之间也应实现止水。

6.2.1 气囊检修预案、汛后气盾坝设备区泥沙淤积清理设计

气盾坝的检修包含日常巡视检修、汛期前的检查及当遭遇到特大洪水、暴雨、暴风、强烈地震和重大工程事故时的特殊检查。

一、气盾坝底板段检修采用枯水期检修：

在气盾坝枯水期，坝底板上如无过水，可进行全坝段检修工作。如有少量过水，则检修 1 孔，其他闸孔过水，检修孔迎水面采用简易围堰，与两侧闸墩结合挡水，分孔顺序检修。

二、气盾坝的日常检查和维护范围为：充排设备、橡胶气囊、盾板、锚固件等。

1、充排设备的养护与维修

充排设备包括：风机、空压机、管道、闸阀、低压控制电路等组成。

1）气盾坝充排设备应定期进行检查，保证管道畅通，无渗漏现象。严寒或潮湿地区应有防冻、防潮措施；

2）罗茨风机和空压机也会因长期不用而产生故障，影响到正常使用，应定期开机空转试运行，检查动力设备运转是否正常，以保证气盾坝能够及时升、降操作；

3）低压控制系统的电器部件，也应经常进行检查和调试，增加低压线路保护装置，防止变压引起的线路短路和电机烧坏。

4）控制室内各阀门要定期保养，做到定期除锈和打油，保证阀门运转灵活；电气设备需要定期检查线路接头牢固，确保安全可靠；指示仪表是否指示正确、运转正常。

2、气盾坝气囊的养护与维修

橡胶气囊使用寿命与不同气候、使用条件、受力状况以及气囊的制造质量、厚度等因素有关。

1）在气盾坝充气前，须将盾板上的淤积泥沙清除；

2）严禁气囊超高超压运行，即充气压力不得超过设计压力；

3）在高温天气时，如坝顶不溢流，可适当降低坝高，以在坝顶形成短时间的溢流，或向坝面洒水降温，以期延缓气囊的老化速度和腐蚀程度；

3、盾板的养护与维修

定期检查盾板是否出现变形、扭曲等问题，如出现问题，可能影响到气盾坝的运行，须及时修理整改。

4、锚固件的养护与维修

锚固件的检查，主要观察有无损坏，有无松动和变形现象，若有异常，及时采取处理措施，或旋紧、或压牢、或密封、或予以更换；

气盾坝结构采用弧形盾板，坝底板采取坡降措施，塌坝过水时坝上基本不会产生淤积。如有淤积，对坝上的杂物、石块等采用人工清理，盾坝上的淤泥采用采用高压水枪清理至下游，然后采用人工或机械清淤。盾坝上下游可采用人工或机械的方法清淤。

清淤应由上游至下游顺序清理。

6.2.2 气囊充排气管道设计方案

本项目每座坝底板段设计 1 套充排气管道完全满足要求。

同时考虑堆龙河的 4 座气盾坝，高度和长度的规模较大，充气泵（罗茨风机和空压机）系统在各闸坝位置均备用一套，与主用系统可同时充气，也可单独 1 套充气泵充气。

本工程建议采用 pe 管，pe 塑料管路的性能完全能够满足气盾坝工程的使用要求，其具体性能：

1、管路采用接插式热熔连接，其连接简便，施工工期较快，工程施工中几乎不影响整个工程的工期。

2、pe 管路具有良好的热熔性能以及接插式热熔连接的可靠性，pe 管路连接只要按要求操作，可以达到 99.9%以上密封性能合格，而且操作设备简便，只需手持式热熔器

即可，其操作的简便性，操作的可靠性是其显著优点。

3、pe 管路的可塑性较高，同样的基础沉降，其管路会产生适当的弯曲，而并不断裂，对气盾坝的运行安全性有了较大的提高。

4、pe 管路为非极性材料，防腐性能优于不锈钢管路，其防腐性能在各种水环境下，表现突出，对水中的所有离子和建筑物的化学物质均不起化学作用，不会生锈和腐蚀，不渗透。

5、pe 管路属于环保形材料，在生产、施工、使用过程中对环境无污染，属于绿色建材。

6、pe 管路光滑的管道内壁使得沿程阻力比金属管道小，能耗更低。

7、pe 管路的耐压等级有 1.6MPa—2.5MPa，均能满足气盾坝的使用要求。建议选用耐压等级为 2.0MPa 的 pe 管道，本项目气盾坝充气压力为 0.14MPa 左右，安全系数可达到十倍以上。故本设计采用 pe 管道作为排气管道，排气管路系统采用两套独立系统互为备用，两套系统可以作为一套大系统进行联合使用。

6.2.3 气盾坝气囊及金属结构锚固设计

（1）1#气盾坝单气囊双排锚固设计

1）充气气囊主锚定螺栓计算：

设计荷载：按上游正常蓄水位，下游无水的工况计算。

气囊内的气压：

$P_0 = \alpha\rho gH$

式中：α——内压比，这里取1.8；

ρ——水的密度，kg/m^3；

g——重力加速度，这里取10m/s^2；

H——坝高，m。

气囊拉力：

$$T = \frac{1}{2}\int_0^H P_0 dy = \frac{1}{2}\alpha\rho gH^2 = \frac{1}{2}\times 1.8\times 10^3\times 10\times 3.4^2 = 104KN/m$$

螺栓荷载计算：

考虑栓紧力与扭转力的影响，单位长度（每米）螺栓荷载：

$T_0 = T * k_1 = 104 \times 1.75 = 182KN/\mathrm{m} = 18200kg/m$

k1——栓紧力及扭转力的影响系数。

螺栓锚固间距取0.2m（每米5支），按照3倍安全系数，每根螺栓荷载：

$$Q_0 = \frac{KT_0}{\mathrm{n}} = \frac{3 \times 18200}{5} = 10920\mathrm{kg}$$

螺栓选用8.8级钢筋，许用应力$[\sigma] = 1600kg/cm^2$，螺栓直径计算公式如下：

$$\mathrm{d} \geq \sqrt{\frac{4 * 1.3Q}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.3 \times 10920}{3.14 \times 1600}} \approx 3.36cm$$

因此，坝高3.4米气盾坝主锚螺栓取M36螺栓即可满足要求，本项目取M42。。

2）充气气囊主锚定压板计算：

气袋达到设计压力后，盾板在力矩作用下，盾板根部受到基础软连接及夹具的限制最后而达到平衡，那么以基础软连接和夹具为研究对象，受力如图6.2-1所示。

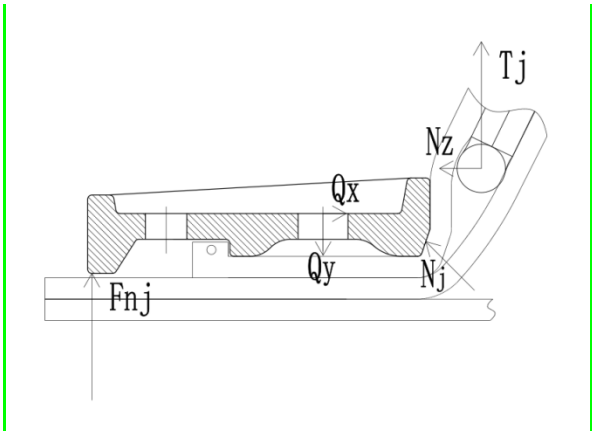


图 6.2-1　以基础软连接、夹具整体为对象做受力分析

由上图可知，夹具鼻头受到盾板根部分力对其的正压力Nz，基础软连接拉力对夹具鼻头的抬升力Nj，螺杆、螺母对夹具的限制力Ox、Oy，地面对夹具的支持力Fnj而达到平衡。

将基础软连接看成一个绳体，则基础软连接拉力对夹具鼻头的作用力可简化成如图6.2-2所示的平面力系。

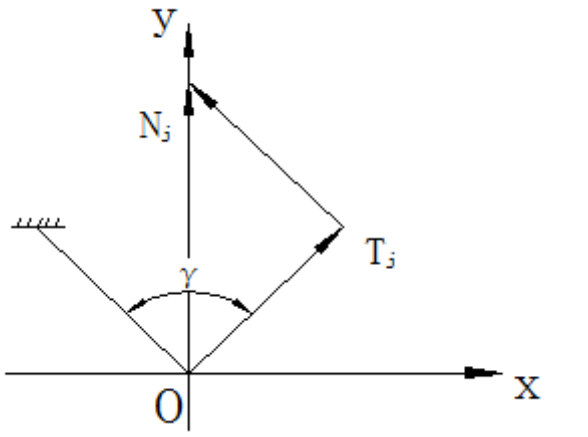


图 6.2-2 基础软连接拉力对夹具鼻头平面力系简图

则由力的三角形关系有：

$N_j = T_j/\cos（\gamma/2）$（1）

式中　Nj——基础软连接对夹具鼻头的作用力，N；

Tj——基础软连接拉力，由作图测得Tj =7.04×104N；

γ——铰链拉力与夹具水平方向的夹角，单位°，γ=87°，由作图测得。

得　$N_j = 9.70 \times 10^4 N$

以夹具为对象受力分析如图6.2-3所示。

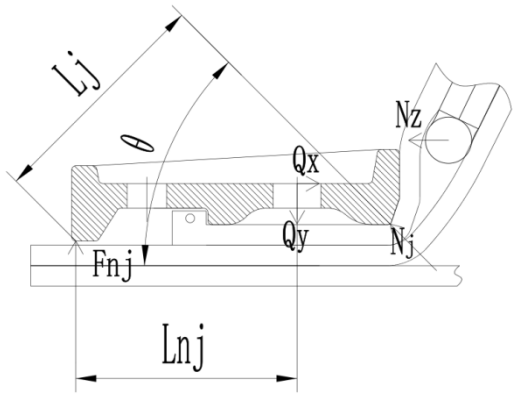


图 6.2-3　以夹具为受力对象分析

对O点取矩有 Σ（MO）=0　有：

$F_{nj}L_{nj} + N_zL_z = N_jL_j$　（2）

由力的平衡关系有：

$\sum$（y）=0，$F_{nj}+N_j\sin\theta=O_y+N_z\sin\phi$　　（3）

$\sum$（x）=0，　$O_x=N_j\cos\theta+N_z\cos\phi$　　（4）

式中　Fnj——地面或基础软连接对夹具的支持力，N；

Nz——闸门根部对夹具鼻头压力，由作图测得Nz =3.56×105N；

Ox——螺杆对夹具水平限制力，N；

Oy——螺杆对夹具竖直限制力，N；

Nj——同式（1）中；

θ——基础软连接对夹具鼻头作用力与水平夹角，°，由作图测得θ=63.5°；

ϕ——闸门根部对夹具鼻头压力与水平夹角，°，由作图测得ϕ=3°；

Lnj——地面对夹具支持力到O点的距离，m，由作图测得Lnj=0.14m；

Lz——闸门根部对夹具鼻头压力到O点的距离，m，由作图测得Lz=0.006m；

Lj——基础软连接对夹具鼻头作用力到O点的距离，m，由作图测得Lj=0.046m。

则由（2）式得 $F_{nj}=\frac{N_jL_j-N_zL_z}{L_{nj}}=1.66\times10^4\text{N}$

由（3）式得$O_y=F_{nj}+N_j\sin\theta-N_z\sin\phi=6.48\times10^4$ N

由（4）式得$O_x=4.26\times10^5$ N

根据上面的分析计算数据，对夹具做有限元分析如下图6.2-4所示。

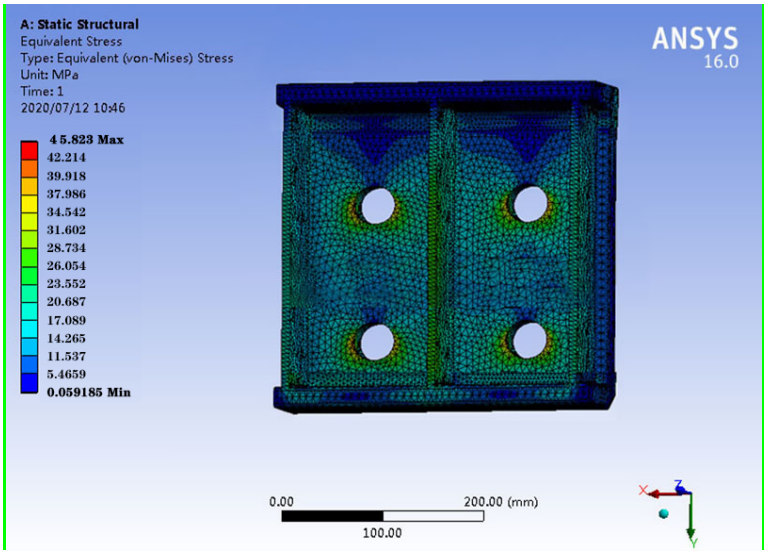


图 6.2-4　夹具有限元受力分析

由图（四）可知，夹具的应力为σ=45.8MPa，查机械手册的ZG230-450

的许用应力值为σs=170MPa，取夹具的安全系数s=2，则对夹具的校核为：

$$\sigma = 45.8\text{MPa} \leq \frac{\sigma_s}{s} = \frac{170}{2} = 85\text{MPa}$$ 安全

（2）4#气盾坝双气囊双排锚固设计（代表2#、3#、4#气盾坝）

1）充气气囊主锚定螺栓计算：

设计荷载：按上游正常蓄水位，下游无水的工况计算。

气囊内的气压：

$$P_0 = \alpha\rho gH$$

式中：α——内压比，采用双气囊，这里取 1.2；

ρ——水的密度，kg/m³；

g——重力加速度，这里取 10m/s²；

H——坝高，m。

气囊拉力：

$$T = \frac{1}{2}\int_0^H P_0 dy = \frac{1}{2}\alpha\rho gH^2 = \frac{1}{2}\times 1.2\times 10^3\times 10\times 4.35^2 = 113.54KN/m$$

螺栓荷载计算：

考虑栓紧力与扭转力的影响，单位长度（每米）螺栓荷载：

$$T_0 = T * k_1 = 113.54\times 1.75 = 198.695KN/\text{m} = 19869.5kg/m$$

k_1——栓紧力及扭转力的影响系数。

螺栓锚固间距取 0.2m（每米 5 支），按照 3 倍安全系数，每根螺栓荷载：

$$Q_0 = \frac{KT_0}{n} = \frac{3\times 19869.5}{5} = 11921.7\text{kg}$$

螺栓选用 8.8 级钢筋，许用应力$[\sigma] = 1600kg/cm^2$，螺栓直径计算公式如下：

$$d \geq \sqrt{\frac{4*1.3Q}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4\times 1.3\times 11921.7}{3.14\times 1600}} \approx 3.51cm$$

因此，坝高 4.35 米气盾坝主锚螺栓取 M36 螺栓即可，本项目取 M48。

2）充气气囊主锚定压板计算：

气袋达到设计压力后，盾板在力矩作用下，盾板根部受到基础软连接及夹具的限制最后而达到平衡，那么以基础软连接和夹具为研究对象，受力如图 6.2-5 所示。

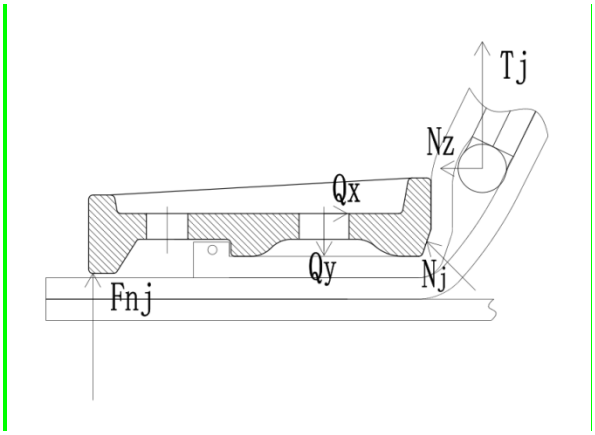


图 6.2-5　以基础软连接、夹具整体为对象做受力分析

由上图可知，夹具鼻头受到盾板根部分力对其的正压力 Nz，基础软连接拉力对夹具鼻头的抬升力 Nj，螺杆、螺母对夹具的限制力 Ox、Oy，地面对夹具的支持力 Fnj 而达到平衡。

将基础软连接看成一个绳体，则基础软连接拉力对夹具鼻头的作用力可简化成如下图 6.2-6 所示的平面力系。

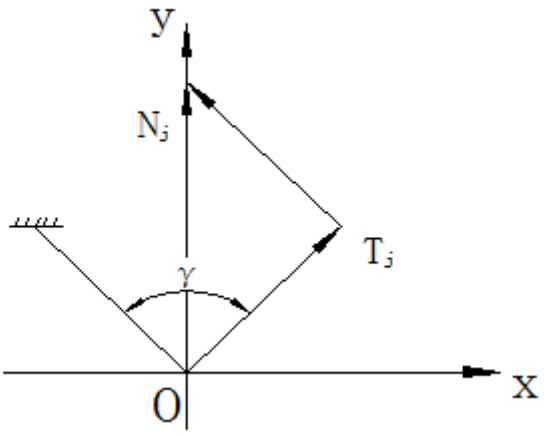


图 6.2-6　基础软连接拉力对夹具鼻头平面力系简图

则由力的三角形关系有：

$N_j = T_j/\cos\ (\gamma/2)$　（1）

式中　Nj——基础软连接对夹具鼻头的作用力，N；

Tj——基础软连接拉力，由作图测得 Tj =7.04×104N；

γ——铰链拉力与夹具水平方向的夹角，单位°，γ=87°，由作图测得。

得　$N_j = 9.70 \times 10^4 N$

以夹具为对象受力分析如图 6.2-7 所示。

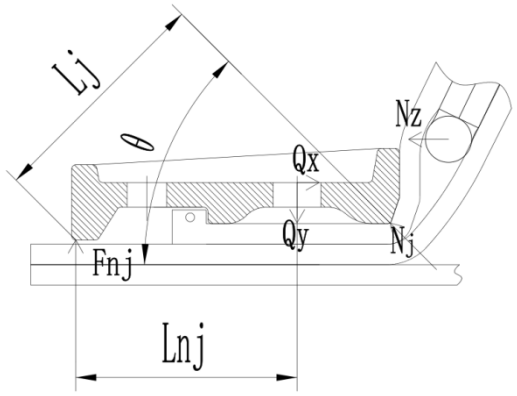


图 6.2-7　以夹具为受力对象分析

对 O 点取矩有 Σ（MO）=0　有：

$$F_{nj}L_{nj} + N_zL_z = N_jL_j \qquad (2)$$

由力的平衡关系有：

$$\sum(y)=0,\ F_{nj} + N_j\sin\theta = O_y + N_z\sin\phi \qquad (3)$$

$$\sum(x)=0,\ O_x = N_j\cos\theta + N_z\cos\phi \qquad (4)$$

式中　Fnj——地面或基础软连接对夹具的支持力，N；

Nz——闸门根部对夹具鼻头压力，由作图测得 Nz =3.56×105N；

Ox——螺杆对夹具水平限制力，N；

Oy——螺杆对夹具竖直限制力，N；

Nj——同式（1）中；

θ——基础软连接对夹具鼻头作用力与水平夹角，°，由作图测得 θ=63.5°；

φ——闸门根部对夹具鼻头压力与水平夹角，°，由作图测得 φ=3°；

Lnj——地面对夹具支持力到 O 点的距离，m，由作图测得 Lnj=0.14m；

Lz——闸门根部对夹具鼻头压力到 O 点的距离，m，由作图测得 Lz=0.006m；

Lj——基础软连接对夹具鼻头作用力到 O 点的距离，m，由作图测得

Lj=0.046m。

则由（2）式得 $F_{nj}=\frac{N_jL_j-N_zL_z}{L_{nj}}=1.66\times10^4N$

由（3）式得$O_y=F_{nj}+N_j\sin\theta-N_z\sin\phi=6.48\times10^4$ N

由（4）式得$O_x=4.26\times10^5$ N

根据上面的分析计算数据，对夹具做有限元分析如图 6.2-8 所示。

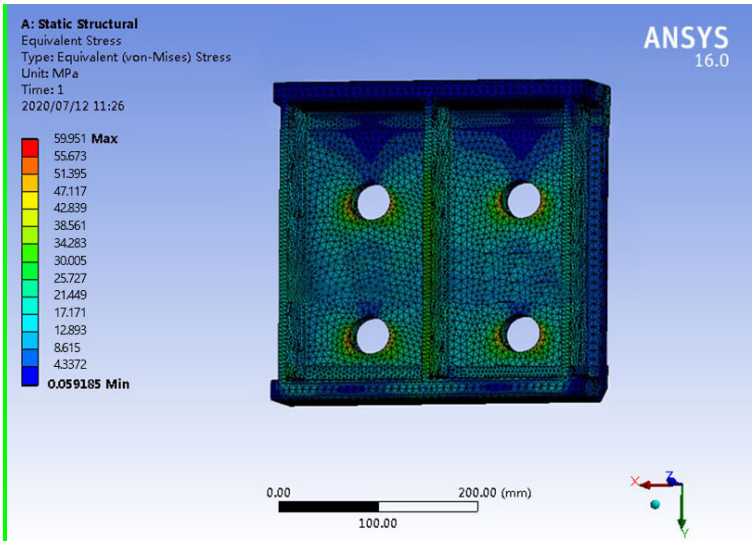


图 6.3-8　夹具有限元受力分析

由上图可知，夹具的应力为σ=60MPa，查机械手册的 ZG230-450 的许用应力值为σs=170MPa，取夹具的安全系数 s=2，则对夹具的校核为：

$\sigma=60MPa\leq\frac{\sigma_s}{s}=\frac{170}{2}=85MPa$ 安全。

2#和 3#坝亦安全。

6.2.4 气盾坝挡水盾板设计

6.2.4.1 基本资料

（1）概述

盾板为碳钢构件,闸门靠自重和上游水压倒伏，倒伏后盾板覆盖气囊，盾板靠气囊顶升，全升起时与水平面夹角 65°左右。为防止下游侧水位较高时闸门向上游侧倾倒，盾板设有强化型可折叠式安全限位带进行固定。

1#闸坝盾板厚度选用22mm，面板上设置加强肋，提高盾板强度，盾板采用热喷锌加封闭漆防腐措施。闸门单元宽度：标准宽度为 6.95m /套。

2#、3#、4#盾板厚度选用 25mm，面板上设置加强肋，提高盾板强度，盾板采用热喷锌加封闭漆防腐措施。闸门单元宽度：标准宽度为 7.23m /套和 7.78m /套。

（2）水文与气象

1）气候特性

堆龙德庆区属高原寒温带湿润季风气候，冬长夏短，四季不甚分明；干湿季分明，降水集中于6—9月，干季多大风，湿季多夜雨；气候垂直分布特征明显，不同海拔高度的气候各不相同。根据地形地势的显著差异，堆龙德庆区全境总体分为两个气候区。西北部高原山地为高山寒温带半干旱季风气候，年平均气温4℃，1月平均气温-10.6℃，7月平均气温16℃；年均无霜期100天；年平均降水量420毫米，其中90%集中于5月下旬至8月中旬，年均相对湿度59%；年均日照2839小时，年均蒸发量1422毫米；最大风力12级，风向多为东南风。东南部河谷农耕区为高原温带季风气候，气温较高，太阳辐射强烈；年平均气温7.5℃，1月平均气温-3.0℃，7月平均气温16.1℃；年均无霜期226天；日平均日照13小时，年均降水量389.05mm，多集中于夏末秋初，春末夏初多干旱；年均蒸发量2283.5毫米；年均相对湿度44%。

2）泥沙

堆龙德庆堆龙河综合整治工程（下游）工程河段设计断面处悬移质多年平均输沙量为22.67万吨，推移质多年平均输沙量为4.53万吨，泥沙总量为27.20万吨。

3）冰清

拉萨河一级支流堆龙河流域每年11月中旬开始结冰，次年3月底解冻，每年1～2月份在河道两岸有岸冰存在，最大冰厚50cm左右。

6.2.4.2 工作闸门设计

闸门门高选择：考虑气盾坝在正常蓄水位坝顶溢流 0.3m，确定门高 1#闸坝为 3.4m，2#、3#、4#闸坝门高本别为 4.25m、4.15m、4.35m。

根据当地水文与气象条件，工作闸门采用弧形面板作为挡水盾板，材料为 Q355B，材料厚度考虑腐蚀情况下增加3~4mm磨损量，1#坝板厚度22mm，2#、3#、4#坝板厚25mm。

（1）气囊

① 材质：由内、中、外三层组合而成。骨架层：1#坝采用 6 层尼龙纤维/芳纶并用，2#、3#、4#坝采用 8 层尼龙纤维/芳纶并用；胶料：外胶为 EPDM 及其并用胶（EPDM≥

70%）；内胶（气密层）：溴化丁基橡胶；中胶：氯丁胶为主的并用胶。

外层为抗臭氧及紫外线的三元乙丙橡胶，拉伸强度高及耐磨性能优、抗氧化和抗紫外线性能强。

② 制造工艺：一次缠绕成型、整体高压硫化，高强度无缝对接。

③ 性能：拉伸强度≥16MPa；扯断伸长率≥550%；撕裂强度≥55KN/m；磨耗（阿克隆）≤0.6cm^3/1.61km；脆性温度：小于-65°C；防热耐老化大于 100°C；

④ 气密性指标：压力降 K≤5%；

⑤ 正常工况使用年限不低于 50 年。

（2）基础软连接

材质：骨架层：4 层尼龙/芳纶纤维并用、钢丝绳加固防脱。

覆盖胶：EPDM 或其并用胶（EPDM≥70%）；中胶：氯丁胶为主的并用胶。

（3）侧止水

侧止水：L 型橡胶弹性止水，靠水压形成密封，摩擦系数：f≤0.08；

材质：骨架层：4 层尼龙/芳纶纤维并用、钢丝绳加固防脱。

覆盖胶：EPDM 或其并用胶（EPDM≥70%）；中胶：氯丁胶为主的并用胶。

（4）盾板间止封

材质：骨架层：4 层尼龙/芳纶纤维并用材料。

覆盖胶：EPDM 或其并用胶（EPDM≥70%）；中胶:氯丁胶为主的并用胶。

（5）限位带

材质：骨架层：尼龙防撕裂层与钢丝绳并用。

覆盖胶：EPDM 或其并用胶（EPDM≥70%）；中胶:氯丁胶为主的并用胶。

6.2.4.3 埋件设计

预埋螺栓采用 45#钢，强度等级 8.8 级，L 型螺栓，与基础混凝土一期预埋。布置结构采用双排锚固结构，单气囊气盾坝，气囊盾板锚固在双排螺栓上；双气囊气盾坝，盾板通过基础软连接和气囊分层锚固在双排螺栓上，使结构受力更稳定。

下垫板采用 Q235B 钢板，表面热镀锌防腐。

6.2.4.4 闸门防冰冻

根据水文调查，堆龙河下游河段很少出现流冰，仅在特殊年份 1 月、2 月在

两岸有少量的岸冰，呈零散带状分布，厚度只有 2~3 厘米。而气盾坝的柔性支撑结构，少量浮冰对闸门运行不会产生影响。因此不需设置除冰设施。

河道有浮冰的气盾坝运行实况：



6.2.4.5 防腐设计

（1）盾板防腐：

盾板防腐采用热喷锌加封闭漆防腐方式,将表面除锈后再进行热喷锌，再依次喷涂环氧富锌漆，环氧云铁漆，最外层采用耐候性材料进行覆盖。各类材料用量与厚度详见《SL 105 2007 水工金属结构防腐蚀规范》。

（2）锚固件防腐：

锚固上压板、下垫板、预埋螺栓采用热镀锌防腐，热镀锌厚度≥70μm。

（3）盾板连接螺栓采用不锈钢螺栓。

6.2.5 金属结构工程量表

金属结构工程量表如下表：

表 6.2-1　1#闸坝高 3.4 米坝长 147 米气盾坝工程量

序号	名称	规格型号	单位	数量	
一	充排气管道				
1	充排气管	Φ50pe	米	1860	
2	附件	Φ50pe	米	140	
二	闸门支撑系统				
1	气囊（EPDM 橡胶，一次平板硫化）	6.75m×3.7m×48mm	个	21	EPDM 橡胶
2	盾板软连接带	JBD-300-4	条	18	EPDM 橡胶
3	边墙止水带	JBD-160-4	条	6	EPDM 橡胶

4	限位带	G-1000-1	条	63	EPDM 橡胶
5	基础软连接带	DL-150-6	条	21	EPDM 橡胶
6	气囊充气软管	高压橡胶软管	根	21	
三	闸门金结系统				
1	盾板	6.95m×4.53m×22mm	套	21	Q355B
2	盾板两侧密封压板	厚度：12mm	套	42	Q355B
3	基础软连接压板	厚度：16mm	块	368	Q355B
4	限位带盾板用压板	厚度：24mm	块	63	Q355B
5	校正方管	厚度 8mm	支	21	Q235B
6	校正方管固定卡	Φ20	个	126	Q235B
四	锚固材料				
1	限位带锚固件	螺栓：M36，45#钢； 上压板：Q355B； 下垫板：Q235B； 表面防腐：热镀锌	套	63	
2	主锚固件	螺栓：M42，M36，45#钢； 上压板：铸钢； 下垫板：Q235B； 表面防腐：热镀锌	套	147	
五	集成充排设备				
1	进气管路	DN150	米	20	
2	排气管路	DN150	米	20	
3	罗茨风机	45kW（含配件，带反抽装置）	件	2	丰源
4	变频螺杆压缩机	37KW 6m³/min　800Kpa	件	2	捷豹
5	过滤器		件	4	
6	冷干机	6.8m³/min　800Kpa	件	2	
7	立式储气罐	1.0m³	件	2	
8	气体安全阀	DN25 100KPa 100-400 范围可调	个	2	
9	电动蝶阀	DN40 220V 供电带开关回信	个	23	
10	电动蝶阀	DN150 220V 供电带开关回信	个	9	
11	手动蝶阀	DN150	个	2	
12	手动阀	DN40	个	21	
13	压力变送器	0-300Kpa	个	23	麦克
14	投入式液位计	4-20mA 0-8m	件	1	
15	倾角仪	INX360D	套	6	P+F
16	隔音罩		套	2	
17	管路附件		套	1	
18	线缆等安装附件		套	1	
六	集成控制柜系统				
1	控制柜	2200*800*800	台	1	碳钢喷塑
2	电气元件		套	1	施耐德
3	变频器	45kW	台	2	ABB
4	PLC 系统	S7-1500(含配套程序及软件)	个	1	西门子
5	触摸屏	15 寸(含配套程序及软件)	台	1	昆仑通态
6	附件		套	1	麦克
七	灯光设备				

1	景观灯	含灯具、电缆、控制	套	1	
八	遮挡幕布				
1	幕布及附件		套	1	
九	检修竖井（2.4m×2.8m×6.3m）				
1	混凝土（C30）		m^3	26.8	
2	钢筋		kg	268	
3	开挖量		m^3	62.8	

表 6.2-2　2#闸坝高 4.25 米坝长 153 米气盾坝工程量

序号	名称	规格型号	单位	数量	
一	充排气管道				
1	充排气管	Φ50pe	米	2172	
2	附件	Φ50pe	米	153	
二	闸门支撑系统				
1	上气囊（EPDM 橡胶，一次平板硫化）	7.0m×4.25m×48mm	个	21	EPDM 橡胶
2	下气囊（EPDM 橡胶，一次平板硫化）	7.0m×3.75m×48mm	个	21	EPDM 橡胶
3	盾板软连接带	JBD-300-4	条	18	EPDM 橡胶
4	边墙止水带	JBD-160-4	条	6	EPDM 橡胶
5	限位带	G-1000-1	条	63	EPDM 橡胶
6	基础软连接带	DL-150-6	条	21	EPDM 橡胶
7	气囊充气软管	高压橡胶软管	根	42	
三	闸门金结系统				
1	盾板	7.23m×5.9m×25mm	套	21	Q355B
2	盾板两侧密封压板	厚度：12mm	套	42	Q355B
3	基础软连接压板	厚度：16mm	块	396	Q355B
4	限位带盾板用压板	厚度：24mm	块	63	Q355B
5	校正方管	厚度 8mm	支	21	Q235B
6	校正方管固定卡	Φ20	个	144	Q235B
四	锚固材料				
1	限位带锚固件	螺栓：M42，45#钢； 上压板：Q355B； 下垫板：Q235B； 表面防腐：热镀锌	套	63	
2	主锚固件	螺栓：M48，M42，45#钢； 上压板：铸钢； 下垫板：Q235B； 表面防腐：热镀锌	套	306	
五	集成充排设备				
1	进气管路	DN125	米	25	
2	排气管路	DN125	米	25	
3	罗茨风机	37kW（含配件，带反抽装置）	件	3	丰源
4	变频螺杆压缩机	22KW　3.7m^3/min　800Kpa	件	3	捷豹
5	过滤器		件	6	

6	冷干机	3.7m³	件	3	
7	立式储气罐	0.6m³	件	3	
8	气体安全阀	DN25 100KPa 100-400 范围可调	个	3	
9	电动蝶阀	DN40 220V 供电带开关回信	个	21	
10	电动蝶阀	DN125 220V 供电带开关回信	个	12	
11	手动蝶阀	DN125	个	3	
12	手动阀	DN40	个	18	
13	压力变送器	0-300Kpa	个	21	麦克
14	投入式液位计	4-20mA 0-8m	件	1	
15	倾角仪	INX360D	套	6	P+F
16	隔音罩		套	3	
17	管路附件		套	1	
18	线缆等安装附件		套	1	
六	集成控制柜系统				
1	控制柜	2200*1000*800	台	1	碳钢喷塑
2	电气元件		套	1	施耐德
3	变频器	37kW	台	3	ABB
4	PLC 系统	S7-1500(含配套程序及软件)	个	1	西门子
5	触摸屏	15 寸(含配套程序及软件)	台	1	昆仑通态
6	附件		套	1	麦克
七	灯光设备				
1	景观灯	含灯具、电缆、控制	套	1	
八	遮挡幕布				
1	幕布及附件		套	1	
九	检修竖井（2.9m×3.3m×7.3m）				
1	混凝土（C30）		m³	29.2	
2	钢筋		kg	292	
3	开挖量		m³	70	

表 6.2-3　3#闸坝高 4.15 米坝长 188 米气盾坝工程量

序号	名称	规格型号	单位	数量	
一	充排气管道				
1	充排气管	Φ50pe	米	3320	
2	附件	Φ50pe	米	188	
二	闸门支撑系统				
1	上气囊（EPDM 橡胶，一次平板硫化）	7.5m×4.15m×48mm	个	24	EPDM 橡胶
2	下气囊（EPDM 橡胶，一次平板硫化）	7.5m×3.65m×48mm	个	24	EPDM 橡胶
3	盾板软连接带	JBD-300-4	条	20	EPDM 橡胶
4	边墙止水带	JBD-160-4	条	8	EPDM 橡胶
5	限位带	G-1000-1	条	72	EPDM 橡胶
6	基础软连接带	DL-150-6	条	24	EPDM 橡胶
7	气囊充气软管	高压橡胶软管	根	48	

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

https://d.book118.com/377153143161006062