

瑞安市人民医院瑞祥分院边坡 地质灾害治理工程设计

浙江省第十一地质大队

2010 年 12 月

瑞安市人民医院瑞祥分院边坡 地质灾害治理工程设计

编写单位：浙江省第十一地质大队地质环境调查院

项目负责人：

编写人：

参加人员：

校核：

审核：

审定：

总工程师：龚新法

大队长：吴宏伟

提交单位：浙江省第十一地质大队

提交时间：2010年12月

设计资质证书等级：甲 级

发证机关：中华人民共和国国土资源部

证书号：国土资地灾设资字第（2008113001）号

目 录

1 工程地质概况..... 1

2 设计依据..... 1

 2.1 现行国家设计规范、规程..... 1

 2.2 勘察报告及合同书..... 1

3 防治工程设计原则及方案 2

 3.1 防治工程设计原则..... 2

 3.2 防治工程设计方案比选..... 2

 3.3 防治工程设计方案..... 3

4 防治工程设计..... 3

 4.1 Bp1 防治设计 3

 4.2 Bp2 防治设计 5

 4.3 Bp3 防治设计 5

 4.4 截排水系统..... 6

5 防治工程施工组织设计 6

 5.1 施工条件..... 6

 5.2 天然建筑材料..... 6

 5.3 施工方法及技术要求..... 7

 5.4 施工总体布置..... 8

 5.5 施工顺序及工期..... 8

 5.6 检测与巡查观测..... 8

6 经费预算..... 9

附 图：

图名	比例尺	图号
瑞安市人民医院瑞祥分院边坡地质灾害治理工程平面布置图	1:1000	1-1
Bp1 治理工程立面布置示意图	1:1000	1-2
1-1'、2-2'剖面治理设计图	1:500	1-3
3-3'、4-4'剖面治理设计图	1:500	1-4
5-5'剖面治理设计图	1:500	1-5
Bp1 治理工程立面布置示意图	1:1000	1-6
6-6'剖面治理设计图	1:500	1-7
7-7'剖面治理设计图	1:500	1-8
8-8'剖面治理设计图	1:500	1-9
9-9'剖面治理设计图	1:500	1-10
12-12'剖面治理设计图	1:1000	1-11
16-16'剖面治理设计图	1:500	1-12
17-17'、19-19'剖面治理设计图	1:500	1-13
18-18'剖面治理设计图	1:500	1-14
预应力锚索结构图		1-15
GSS2A 主动防护网安装说明		1-16
锚索、格构梁结构及布置图		1-17
砂浆锚杆结构图		1-18
预应力锚杆大样图		1-19
浆砌块石挡墙尺寸及结构图		1-20
截、排水沟尺寸及结构图		1-21

1 工程地质概况

瑞安市人民医院瑞祥分院位于瑞安市莘塍镇瑞祥新区，场地三面环山，医院门口有瑞枫公路直达，交通便利。用地范围内共有 3 处废弃的采石边坡，从医院门口起顺时针编号为 Bp1~Bp3，每处边坡根据坡向、岩体结构又分为 3~4 段。边坡坡脚线总长近 800m，最大坡高 95m，坡脚拟建传染病房、宿舍楼、康复中心大楼等医院建筑物，工程分两期实施，一期工程主要实施医院门口至北西侧边坡（Bp2）坡脚的建筑物，二期工程主要实施北侧边坡（Bp3）坡脚建筑物，目前，一期工程即将进入施工阶段。

2010 年 5 月 14 日，瑞安市人民医院瑞祥分院后山边坡（Bp1）局部发生岩质滑坡，滑体冲毁坡脚几间道观的房屋及医院围墙，目前，医院后山边坡高陡，顺坡向节理面发育，仍存在崩塌、滑坡隐患，威胁到坡脚已有和拟建建筑物。为消除场地内地质灾害隐患，受瑞安市人民医院的委托，浙江省第十一地质大队承担了场地周边边坡的地质灾害治理勘查及设计工作。

据勘查报告，场地周边边坡（斜坡）地层岩性、3 处采石边坡的岩体结构特征及稳定性情况、边坡失稳影响范围及威胁对象总结如下：

1、勘查区地层划分为 3 个工程地质层及 3 个亚层：①碎石土、②粉质粘土含碎块石、③-1 全风化凝灰岩、③-2 强风化凝灰岩、③-3 中风化凝灰岩。区内边坡揭露压性小断裂 2 条，岩体主要发育 2 组近南北走向、近东西走向的陡倾节理和 1 组南东倾向的节理。

2、边坡 Bp1 坡长约 198m，坡高大多 25~31m，边坡以强~中风化岩体为主，岩体节理裂隙发育，主要发育顺坡向缓倾节理、斜交或垂直坡面的陡倾节理，结构体以镶嵌块状、层状为主，道观后方边坡已发生 1500m³ 的岩质滑移式崩塌。bc 段边坡的顺坡向节理面含软弱泥质夹层，发生滑移式崩塌失稳的可能性较大，坡顶发育一处较大的危岩体 W1（方量约 2300m³），该危岩体在不利工况下可能发生崩塌失稳，进而引发坡顶高压电塔失稳。

3、边坡Bp2坡长约201m，坡高达71.3m，边坡以强~中风化岩体为主，主要发育斜交或垂直坡面的陡倾节理，结构体以镶嵌块状为主，边坡因爆破开挖，坡表岩体破碎，松动块石、危岩体发育。边坡整体稳定性较好，主要是坡面局部块石崩塌坠落，即以小块体的崩塌灾害为主，方量几万~几十万。

4、边坡 Bp3 总长 395m，坡高达 95m，东西侧 ab、cd 段边坡全~强风化层较厚，强风化岩体破碎。边坡东、西两侧开挖过陡，局部形成凹腔，松散层厚一般大于 5m，强风化岩体层厚一般大于

10m，ab 段边坡强风化岩体呈镶嵌碎裂状结构，顺坡向节理发育，边坡存在滑塌失稳隐患；cd 段边坡强风化岩体呈碎裂散体状结构，坡顶土体及强风化岩体存在滑塌失稳隐患；北侧 bc 段边坡坡度较缓，坡面堆积碎石土弃渣，可能发生坡面弃渣溜塌、坡顶上方斜坡整体稳定性较好，局部有可能发生土质滑塌，方量一般为几百方；de 段边坡整体稳定性较好，仅存在坡顶松散土体垮塌、坡面小规模崩塌掉块的可能性。

5、崩塌体影响坡脚 15~30m 远，边坡滑塌范围最大为坡顶以上 21.4m，崩塌体影响坡脚范围、坡顶滑塌范围构成边坡失稳影响范围，见勘查平面图。边坡失稳威胁对象为坡脚已有建筑物、规划建筑物、活动人员，坡顶寺庙、高压电塔，需要对该边坡进行工程治理。

2 设计依据

2.1 现行国家设计规范、规程

- 1、《滑坡防治工程设计与施工技术规范》（DZ/T 0219-2006）
- 2、《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2002）
- 3、《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2002）
- 4、《混凝土结构设计规范》（GB50010-2002）
- 5、《铁路沿线斜坡柔性安全防护网》（TB/T 3089-2004）
- 6、《岩土锚杆（索）技术规程》（CECS 22：2005）
- 7、《锚杆喷射混凝土支护技术规范》（GB50086-2001）
- 8、《砌体结构设计规范》（GBJ3-88）

2.2 勘查报告及合同书

- 1、《瑞安市人民医院瑞祥分院边坡地质灾害勘查报告》（浙江省第十一地质大队，2010.11）
- 2、《瑞安市人民医院瑞祥分院总平面图（1:1000）》（浙江省现代建筑设计研究院有限公司，2010.10）
- 3、合同书与任务委托书

3 防治工程设计原则及方案

3.1 防治工程设计原则

边坡治理遵循安全可靠、技术可行、经济合理的原则，根据治理目的和区内具体环境，治理工程设计时考虑以下原则：

- （1）边坡设计安全等级为一级，边坡设计使用年限为 50 年。
- （2）彻底消除场地周边边坡地质灾害对医院已建和规划建筑物、坡脚活动人员的威胁。
- （3）满足场地工程规划设计要求，边坡治理后，坡脚空地可作为建筑场地使用。
- （4）治理措施力求安全可靠、简单易行，尽可能节省治理工程的资金投入。
- （5）由于坡体地质条件的多变性，本防治工程采用信息化施工，动态设计。

3.2 防治工程设计方案比选

对此类人工高边坡，作为建筑边坡，防治方案一般有削放坡、危岩体清除、主动加固、被动拦挡、绿化隔离避让等。治理方案主要根据边坡防治效果、施工条件进行比选，结合工程建设规划方案，基本消除场地周边地质灾害隐患，满足建筑边坡安全要求，尽量节省工程造价，并给出瑞祥医院二期工程规划建议。

场地内边坡坡脚已有建筑物，或规划有建筑物分布，需要基本消除边坡崩塌地质灾害隐患。根据医院建设规划方案，Bp2坡脚无预留空间，Bp3坡脚预留空间也有限，故坡脚被动拦挡、绿化隔离避让措施难以实施或只能作为辅助措施；场地内及周边山地上分布有多处高压电塔，边坡开挖条件受到很大限制，一般不能采用爆破进行大规模的削放坡。区内3处高边坡具有不同的失稳类型和工程治理条件，工程防治方案比选思路分述如下：

Bp1防治方案：该边坡坡脚已有建筑物，坡顶也分布有一处寺庙和高压电塔，不具有削放坡的条件，仅能对边坡进行局部清理，为防止边坡发生推移式崩塌，边坡治理建议采用锚索+锚杆+SNS主动防护网加固。另外，因坡顶高压电塔承受着向坡外的拉力，增加了坡顶危岩体W1的不稳定性，建议相关部门尽早将该高压电塔移至稳定地段。

Bp2防治方案：坡脚拟建一幢5层的传染病房楼，建筑物西侧紧贴坡脚。该边坡开挖很不规整，坡面悬挂较多松动的块石和危岩体，边坡治理先清除坡表危石，再采用锚杆+SNS主动防护网对整个

坡面进行全面加固。因边坡高陡，建议坡脚预留3~5m宽的绿化隔离带，可兼做坡面碎块石的塌落台，用于防范边坡小的碎块石坠落。另外，边坡治理施工中，局部遇到难以清除的危岩体，可采用随机预应力锚杆或锚索进行加固。

Bp3防治方案：坡脚场地为瑞祥医院二期工程规划场地，规划建设一幢3层的宿舍楼和一幢3层的康复中心。该边坡规模最大，北侧拟建宿舍楼三面环绕着高边坡ab~cd段，此处高边坡ab、cd段强风化岩体较厚，边坡开挖近乎直立，局部段呈凹腔，边坡岩体破碎，发生滑塌的可能性较大，较大规模的削放坡是较合理经济的治理措施，但北东侧cd段坡顶外18m处有一高压电塔，削放坡措施难以实施，故提出3个治理方案，三个方案的比较见表3-1：

表 3-1 Bp3 三种治理方案比较

比较方案	特点	技术可行性及工期	经济效益	防治效果评价
方案一主动加固+部分避让	在北侧边坡出口位置设立拦挡墙避让,对南东侧段边坡采用清坡+坡脚挡墙护坡+绿化隔离	施工技术成熟，工程量小，工期较短	工程量小，费用较低。	对坡体改造少，建议规划适当做调整，取消北侧段边坡坡脚约 2800m ² 的建设场地用途。
方案二主动加固	少量清坡，整个边坡采用锚杆/锚索+SNS 主动防护网加固	施工技术成熟，工程量大，工期较长。	坡面加固面积大，工程量大，造价很高。	对坡体改造少，满足现行规划设计，但造价很高。
方案三削放坡+拦挡	移除高压电塔，分台阶削放坡，坡脚挡墙拦挡,挡墙内侧填土绿化	施工技术成熟，土石方开挖工程量较大，移塔、征地政策处理难度大，工期长。	主要是土石方开挖工程，造价较高。	彻底消除地质灾害，方便后期坡面绿化，治理后景观效果最好，但实施难度最大。

方案一，因边坡面积很大，治理经费势必很大，建议规划作出适当调整，对北侧三面环绕ab~cd段高边坡的地段，取消其建设场地用途，即改为隔离避让方案，坡脚作为绿化带，在出口适当位置设立拦挡墙，进行绿化隔离，并禁止人员进入，着重对南东侧de段边坡（坡脚规划为康复中心的场地）进行治理，治理方案为削坡+坡脚挡墙护坡+绿化隔离。

方案二，清坡后，对整个边坡采用主动加固措施。ab段边坡采用锚杆+SNS主动防护网；bc段边坡坡顶松散层采用锚杆格构梁护坡，下部采用锚杆+SNS主动防护网；cd段边坡采用锚索/锚杆+ SNS主动防护网；de段边坡同方案一，采用锚杆+SNS主动防护网。坡脚也预留3~5m宽的绿化隔离带，

可兼做坡面碎块石的塌落台，用于防范边坡小的碎块石坠落。

方案三，和相关部门协调，将高压电塔移出边坡滑塌影响范围，再对边坡采用削放坡+坡脚拦挡+绿化的治理措施。考虑到方案三政策协调时间较长，高压电塔改建涉及到新工程的项目立项，且削方坡的工程治理措施对山体改造较大，需要再次征地，实施难度较大，故排除方案三，基于经济效益最大化的原则，推荐方案一。

整个瑞祥医院工程建设，将对场地进行开挖回填平整，对Bp2南侧ab段、Bp3南东侧de段两端凸出的拐角低矮段边坡（斜坡）进行适量开挖修整，使Bp3南东侧de段边坡坡脚场地与外侧场地平顺衔接。拐角处山体开挖尽量保持山体自然环境，斜坡开挖后形成的新边坡，及时采用锚杆+防护网加固或在坡脚一定距离外设置挡墙拦挡。

边坡治理后，工程建设禁止对坡脚开挖，护坡挡墙后的绿化平台或拦挡墙后绿化隔离带，铺填种植土后压实，与后期医院场地的绿化工程一起实施，建议种植灌木、乔木，一般可在高边坡的坡脚种植常绿爬藤，坡顶种植垂藤。

3.3 防治工程设计方案

对边坡Bp1治理方案采用：**坡顶松散层清理+锚索/锚杆+SNS主动防护网加固**。对边坡Bp2治理方案采用：**坡面危石清理+锚杆+SNS主动防护网**。边坡Bp3治理方案采用：北侧段边坡出口处**挡墙拦挡避让**，南东侧段边坡**坡面危石清理+锚杆+SNS主动防护网**。另外，区内边坡顶、底部设置**截排水系统**。

3.3.1 边坡Bp1治理设计方案

边坡Bp1南北两端坡顶有少量松散岩土体（包括残坡积土层、全强风化层），尽量予以清除，山顶寺庙围墙外侧土质陡坡适当放坡。对整个边坡完整中风化基岩以上均采用锚杆/锚索+SNS主动防护网加固，其中，中间bc段稳定性较差的边坡采用预应力锚索/锚杆加固，两端ab、cd段边坡采用预应力锚杆与短的系统挂网锚杆相间的方式。边坡底部坡度稍缓的中风化完整基岩不需加固。

3.3.2 边坡Bp2治理设计方案

对坡面松动破碎、悬挂突出的岩体、稳定性极差的危岩孤石均予以彻底清除。南侧ab段土质边坡削坡或挖除。采用锚杆+GSS2A型SNS主动防护网对整个坡面进行全面系统加固。

施工过程中发现坡面不利结构面较发育，危岩区难以清除的，经设计人员现场验收确定采用随机预

应力锚索/锚杆进行加固。

3.3.3 边坡Bp3治理设计方案

因边坡面积很大，治理经费势必很大，建议规划作出适当调整，对北侧三面环绕高边坡的地段，取消其建设场地用途，即改为隔离避让方案，坡脚作为绿化带，在出口适当位置设立拦挡墙，禁止人员进入，着重对南东侧de段边坡（坡脚规划为康复中心的场地）进行治理。治理方案主要为清坡，清除边坡顶部松散土层、坡面松动破碎的块石，坡顶土层以1：1的坡率开挖；坡脚修建低矮的护坡挡墙，挡墙内填种植土，设置5m宽的绿化平台，兼做坡面碎块石的塌落台。

另外，对de段两端凸出的拐角低矮段边坡（斜坡）进行开挖修整，使坡脚建设场地平顺，开挖至坡脚场地标高，d段边坡岩体较破碎，以1:0.5的坡率开挖基岩，基岩上方设置3m宽的平台，顶部土层以1:1的坡率开挖；e段边坡岩体较完整，以1:0.3的坡率开挖基岩，基岩上方设置3m宽的平台，顶部土层以1:1的坡率开挖。Bp3东、西两侧坡脚设置1.5m高的护坡挡墙，挡墙后方设置5m宽的绿化平台兼碎石塌落台。Bp3北侧坡脚设置2.5m高的拦挡墙，墙后为10~55m宽的绿化隔离带。

3.3.4 截排水系统设计

一般在边坡的顶、底部设置截排水沟，可在人工边坡坡顶5m以外设置截水沟，拦截坡顶以上斜坡汇水范围内坡面水，坡脚排水沟拦截坡面范围汇水，最终引入坡脚场地内的排水管网系统中。

4 防治工程设计

4.1 Bp1 防治设计

1、清坡

该边坡坡顶松散层大多已被清除，仅在南北两端ab、cd段边坡坡顶有少量的松散岩土体（包括残坡积土层、全强风化层），尽量予以清除，山顶寺庙围墙外侧3m高的土质陡坡以1:1的坡率适当放坡，寺庙围墙前边坡发生滑塌后，围墙出现少量裂缝，建议将其拆除往后移动3~4m重建，坡顶需要清坡方量约200m³。边坡南侧岩体有一处15cm宽的空洞，用块石砂浆充填。

清除的坡顶松散土体及道观后方坡脚的崩塌堆积体一并清理外运，一般搬运至场地低洼地段或指定地方，做场地工程填方用途。

2、预应力锚索、锚杆及格构梁

边坡 Bp1 顺坡向节理发育，坡顶有一处危岩体 W1，方量约 2300m³，采用预应力锚索进行加固。危岩体 W1 至断层 F1 之间坡顶设置 3~6 排预应力锚索，边坡下部采用预应力锚杆与挂网锚杆相间布置，上部土质坡面采用格构梁将锚索纵横向连接，锚头放置在格构交叉点上，对下部岩质坡面，锚头直接放置在基岩面上。

根据《岩土锚杆（索）技术规程》（CECS 22：2005，以下简称规程），锚杆锚固段长度可以按下式估算，并取其中的较大值：

$$La>\frac{KN_t}{\pi Df_{mg}\psi}\quad (4-1)$$

$$La>\frac{KN_t}{n\pi d\varepsilon f_{ms}\psi}\quad (4-2)$$

其中 K——锚杆锚固体的抗拔安全系数，按规程表7.3.1选取，本次取2.2；
N_t——锚杆或单元锚杆的轴向拉力设计值（KN）；
La——锚杆锚固段长度（m）；
f_{mg}——锚固段注浆体与地层之间的粘结强度标准值（kPa），按规程表7.5.1-1取值，本次取700kPa；
f_{ms}——锚固段注浆体与筋体之间的粘结强度标准值（kPa），按规程表7.5.1-3取值，本次取3000kPa；
D——锚杆锚固段的钻孔直径（mm）；
d——钢筋或钢绞线的直径（mm）；
ε——采用2根或2根以上钢筋或钢绞线时，界面的粘结强度降低系数，取0.6~0.85；
ψ——锚固长度对粘结强度的影响系数，按规程，本次取1.0；
n——钢筋或钢绞线根数。

锚索自由段长度根据边坡岩体结构面发育情况确定，因边坡结构面延伸深度难以确定，推测不利结构面影响深度在边坡上部较大为10~15m，下部稍浅为5~10m。据此确定锚索自由段长度为10~16m。

bc段边坡上部设置3~6排预应力锚索，锚索采用4Φ^s15.24高强度低松弛钢绞线，其设计锚固力为500KN，预应力锁定值为400 KN，钢绞线标准强度不小于1860MPa，孔内灌注M30水泥砂浆，锚索

孔径为130m，锚索设计长度20m、25m，其中锚固段长度为7m，锚索间距为4.0×4.0m，入射角度为20°。根据式4-1、4-2分别计算可得锚固段长度分别为4.55m、3.19m，锚固段长度设计为7m，满足锚固要求。不考虑危岩体W1上部高压电塔对其不利作用，危岩体W1经锚索加固后，在天然工况下稳定性系数为1.73，在暴雨工况下，其稳定性系数提高为1.52，满足设计安全要求。

ab、cd段边坡及bc段边坡下部采用预应力锚杆进行加固，杆体采用精轧螺纹钢筋，牌号K40Si₂MnV，直径Φ25，锚杆孔径为110mm，锚杆抗拉强度设计值为200kN，极限抗拔力不小于360kN，锁定拉力为150kN（锚杆设计拉力的0.75倍），孔内贯注M30水泥砂浆，竖直、水平间距为4.0m，一般菱形布置，垂直坡面成孔，入射角度为20°。根据式4-1、4-2分别计算可得锚固段长度分别为0.96m、2.55m，取大值为2.55m，锚固段长度设计为4m，设定预应力锚杆长度为9m。

3、锚杆+SNS柔性防护网

对整段边坡采用 GSS2A 主动防护网加固，加固范围为坡脚完整中风化基岩以上至坡顶 2m 以外的范围，以上预应力锚杆/锚索兼做挂网锚杆，同时在预应力锚杆/锚索之间采用 3m 长的砂浆锚杆进行加密，以提高浅表层坡体的整体稳定性，砂浆锚杆采用普通螺纹钢筋，HRB335Φ28 钢筋，锚杆孔径为 42mm，风钻成空，孔内灌注 M30 水泥砂浆，锚杆拉力设计值 110kN，极限拉拔力为 180kN。锚杆孔位可根据节理发育情况，适当进行调整，挂网锚杆全长均需进行热镀锌等防腐处理（具体布置见立面图、剖面图设计及说明）。

预应力锚索/锚杆、普通挂网锚杆的结构图见附图，Bp1治理工程量见表4-1。

表4-1 Bp1治理工程量

序号	项目	单位	数量	备注
一	坡顶松散岩土体清除	m ³	200	
二	SNS 防护网+锚杆/锚索			
1	3m 长的 Φ28 挂网锚杆	m	1080	3m 长砂浆锚杆预估 360 根; 9m 长预应力锚杆 125 根; 锚索 120 根, 其中 25m 长的 30 根, 20m 长的 90 根
2	9m 长的 Φ25 预应力锚杆	m	1125	
3	9m 长的锚杆锚头	套	125	
4	20、25m 预应力锚索	m	2550	
5	锚索锚墩	套	120	
6	GSS2A 型 SNS 柔性防护网	m ²	6100	
7	脚手架	m ²	8200	
三	格构梁			
1	Φ20 钢筋	t	3.13	横梁 3 根, 共 81m 长
2	Φ8 钢筋	t	0.57	竖肋 13 根, 共 63m 长
3	格构 C25 砼	m ³	35	

序号	项目	单位	数量	备注
四	截排水沟			
1	截水沟槽土质挖方	m ³	306	坡顶排水沟长 280m
2	排水沟槽基岩挖方	m ³	311	坡脚排水沟长 262m
3	坡顶截水沟浆砌块石	m ³	205	
4	坡脚排水沟浆砌块石	m ³	217	
五	坡脚土石方清理外运	m ³	1700	
六	医院门口浆砌块石护坡挡墙			Bp1 对面小山包
1	基槽开挖（中风化基岩）	m ³	19.3	挡墙 28m 长，1.5m 高
2	浆砌块石	m ³	67.2	

注：此表含医院门口东侧（Bp1对面）小山丘的挡墙工程量

4.2 Bp2 防治设计

1、清坡

Bp2高边坡顶部土体开挖呈3~6m的一个台坎，对台坎以1:1的坡率适当放坡。Bp2南侧坡顶为5~8m厚的松散土体，尽量挖除或以1:1的坡率削坡。尽可能的清除整段边坡坡面浮石、节理裂隙发育较明显的松散块石、悬挂突出的危岩体，使坡面平顺，避免形成新的凹腔、倒悬体。需清除的坡顶松散土体、ab段土体方量约3500m³，坡面危石约1000m³。坡脚原有弃渣及清理的岩土体一并外运，方量约6000m³。

2、锚杆+SNS柔性防护网

用GSS2A型SNS柔性防护网布置于Bp2整个坡面，加固范围为坡脚完整中风化基岩以上至坡顶2m以外的范围，主要是防护坡面碎块石的崩落。柔性防护网系统覆盖在有潜在危岩体的边坡面，采用带锚垫板的钢筋锚杆（根据需要可设计施加不超过50kN的预应力）将S250型SPIDER绞索网张紧固定覆盖于边坡上，提高边坡表部潜在危岩体的稳定性，阻止危岩失稳的发生。

柔性防护网系统的挂网锚杆采用普通螺纹钢筋，锚杆长3m，竖向和横向间距为3.0m×3.0m，呈菱形分布。杆体采用HRB335Φ28钢筋，锚杆孔径为42mm，风钻成空，孔内灌注M30水泥砂浆，锚杆拉力设计值110kN，极限拉拔力为180kN，锚杆全长均需进行热镀锌等防腐处理（具体布置见立面图、剖面图设计及说明）。

Bp2治理工程量见表4-2。

表4-2 Bp2治理工程量

序号	项目	单位	数量	备注
一	清方			
1	坡顶松散土体	m ³	3500	
2	坡面危石	m ³	1000	
二	SNS 防护网+锚杆			
1	GSS2A 型 SNS 柔性防护网	m ²	12000	包含系统挂网锚杆
三	排水沟			
1	排水沟槽基岩挖方	m ³	298	坡脚排水沟长 230m
2	坡脚排水沟浆砌块石	m ³	199	
四	坡脚土石方清理外运	m ³	6000	

4.3 Bp3 防治设计

Bp3防治设计仅对Bp3南东侧段进行治理，取消其北侧建设场地用途，在出口处拦挡避让。

1、清坡

Bp3南东侧de段坡顶有2~6m厚的松散土体（残坡积层、全~强风化层），以1:1的坡率适当放坡，坡面较多节理裂隙发育明显的松散块石，也尽量予以清除。对de段两端凸出的山体拐角低矮段边坡（斜坡）进行适量开挖修整，开挖坡率基岩为1:0.3~1:0.5，坡顶土层为1:1，基岩上方设置3m宽的平台。另外，对Bp3北西侧ab段坡顶松散土体进行适当清理、整个坡面尤其是bc段坡面弃渣进行清理外运。

需清除的坡顶松散土体约2500m³，坡面危石方量约200m³，de段边坡两端山体基岩开挖方量约56000m³。整段Bp3坡脚及坡面弃渣约4000m³，连同需清理的岩土体一并外运，方量约62700m³。

2、浆砌块石挡墙+绿化平台

因Bp3北侧段边坡高陡，坡脚场地三面环山，边坡加固面积较大，故建议取消其建设场地用途，在出口处设拦挡墙，防范坡面块石崩落到外侧场地，并禁止人员进入活动。挡墙位置的选定原则为：挡墙设置在边坡失稳影响范围外，从而减少治理费用，并使绿化隔离面积尽可能的少。

挡墙依地势修建，北侧高，南侧低，挡墙总长275m，浆砌块石砌筑，地面以上墙高1.5m、2.5m，墙顶厚0.6m、0.8m，基础底厚1.2m，墙背竖直，墙面坡率1:0.2，基础埋入中风化基岩0.5m。Bp3东、西两侧约180m长段为护坡挡墙，挡墙设置在坡脚5m处，挡墙高1.5m，墙后回填0.8m厚的碎石土+0.7m厚的种植土，作为绿化平台种植乔、灌木；正北侧挡墙距离坡脚较远段为拦挡墙，挡墙高2.5m，墙

内边坡坡脚弃渣清理外运后回填0.7m厚的种植土，种植乔、灌木，作为绿化隔离带。

另外，对医院门口东侧（Bp1对面）小山丘也采用此种类型的浆砌块石挡墙护坡，沿边坡坡脚修建，挡墙长28m，挡墙高1.5m，埋深0.5m，挡墙内填土种植灌木、乔木。

Bp3治理工程量见表4-3。

表4-3 Bp3治理工程量

序号	项目	单位	数量	备注
一	清方			
1	坡顶松散土体	m ³	2500	
2	坡面危石	m ³	200	
3	山体基岩开挖	m ³	56000	
二	截排水沟			
1	排水沟槽基岩挖方	m ³	353	坡脚排水沟长 272m
2	坡脚排水沟浆砌块石	m ³	235	
三	浆砌块石拦挡墙/护坡墙			Bp3 北侧坡脚
1	基槽开挖（中风化基岩）	m ³	190	挡墙 2.5m 高 95m 长， 1.5m 高 180m 长
2	浆砌块石	m ³	807	
3	挡墙内填种植土	m ³	3600	
四	坡脚土石方清理外运	m ³	62700	

4.4 截排水系统

场地周边斜坡（边坡）平时无水流，仅Bp3北东侧有一条天然小溪沟。一般在人工边坡坡顶以外大于5m处设置截水沟，在边坡坡脚设置排水沟，边坡周边截排水沟的设置，一方面可减少雨水对坡面的冲刷，另一方面是将坡面水流及时引入场地的排水管网系统中。

Bp1坡顶截水沟断面型式为梯形，底宽0.5m，顶宽0.7，沟深0.5m，0.3m厚的浆砌块石砌筑。坡脚排水沟断面形式为矩形，宽0.5~0.6m，深0.6m，0.3m厚的浆砌块石砌筑，当排水沟在坡脚中风化基岩中砌筑时，直接在基岩中挖0.7m深、0.7~0.8m宽的矩形沟槽，沟内壁用C25的砼抹面。截、排水沟最后接入场地的排水管网系统中。截排水沟大样图见附图，根据坡面汇水量，Bp1坡脚排水沟沟道宽0.5m，Bp2、Bp3坡脚沟道宽0.6m。

Bp1上方斜坡汇水面积较小，约0.014km²；Bp2坡顶至山顶，汇水量很小或无，故不设置截水沟；Bp3北东侧de段边坡坡顶开挖至山顶平台，汇水量小，不设置截水沟。Bp3北侧ab~cd段坡顶上方斜

坡汇水面积较大约0.25km²，坡面水向斜坡两侧冲沟汇集最终流入场地，因该段边坡坡脚为拦挡避让方案，故不必在坡顶处设置截水沟，场地内的排洪工程设计需要在斜坡冲沟沟口处做好排洪沟，与场地的排水管网相结合。

Bp1坡面汇水量约0.006m²；Bp2坡面汇水量约0.014m²；Bp3坡面汇水量也较大为0.013km²。

根据《浙江省短历时暴雨》计算出百年一遇年最大24小时雨量为496mm，最大1小时雨量为126.48mm。截排水沟流量计算利用地区经验公式 $Q=0.278F\frac{h_i}{\Delta t}$ ，式中F为截、排水沟上方的汇水面积， $\frac{h_i}{\Delta t}$ 为单位时间内的暴雨平均强度为126.48mm，计算出Bp1坡顶截水沟流量为0.50m³/s，Bp1坡脚排水沟流量为0.21m³/s, Bp2坡脚排水沟流量为0.50m³/s，Bp3坡脚排水沟流量为0.46m³/s。设计Bp1坡顶截水沟流量0.61m³/s，Bp1坡脚排水沟流量0.36m³/s，Bp2、Bp3坡脚排水沟流量0.61m³/s，满足截排水沟设计要求。

Bp2、Bp3 坡脚排水沟可根据医院工程的规划要求，同时结合场地的防洪要求，统一设计、施工。本边坡坡脚排水沟设计，仅满足边坡坡面汇水要求，可作为医院“给排水工程设计”参考使用。Bp3 北东侧 d 段冲沟处预留排洪沟道，沟道由场地防洪排水工程设计。

5 防治工程施工组织设计

5.1 施工条件

- （1）交通条件
工作区位于瑞安市人民医院瑞祥分院内，医院门口有瑞枫公路经过，交通较便利。除 Bp1 坡脚建有 2 层楼的建筑物外，其余场地均为空地。
- （2）水电供应
治理工程施工区位于医院内，水电供应有一定保障，施工时只需添置变压器，架设临时线路即可。

5.2 天然建筑材料

防治工程所需建材主要是竹排、砂石、水泥、脚手架、精轧螺纹钢筋、锚索、SNS 柔性防护网、块石等，均可在市区就近购买或者通过代理商购得。

5.3 施工方法及技术要求

一、危石清理

Bp1坡顶松散岩土体的清除采用人工清除的方法，施工期间，在坡脚与房屋之间架起临时安全防护网，高3.5m，用于阻止滚落下的块石，禁止无关人员靠近边坡坡脚，坡脚建筑物内人员需撤离。

Bp2、Bp3坡顶松散土体清除采用挖掘机清除，坡面危石采用人工配合手持风镐及镐头机破碎方法清除，施工时，注意避让边坡上方的高压电线，禁止较大规模的爆破开挖。清方后的边坡坡面顺直，无凹腔、倒悬体，无松散的块体和孤石。并经设计人员、监理人员现场验收后方可进行下一步锚杆、挂网施工。

削方及危岩清除有以下注意事项：

- （1）削方需严格按照设计坡率自上而下进行，削方弃土应及时分散处理，不得将弃土堆置在坡顶及坡面上。
- （2）削方及危岩清除必须具有有效的防御措施，施工时应保证削方体两侧边坡岩土体的稳定，杜绝在削方及清除危岩过程中诱发危岩崩落灾害，造成对其坡脚其他施工人员和机械设备的毁损；
- （3）清除危岩应避免因人工松动危岩而造成危岩体的整体崩落、弹跳、冲击；
- （4）清除前应作好坡脚及周围的安全防护工作，设专人负责，加强现场监测。
- （5）削方及清除危岩应遵循“信息施工、动态设计”的原则，发现特殊情况，应立即与设计方联系，对设计作出适当的调整。

二、预应力锚索

（1）锚孔钻进过程中应对每个孔的地层变化、钻进状态、地下水及一些特殊情况做好记录，如遇局部地层松散、破碎时，应采用跟管钻进，以使钻孔完整不坍。如遇坍孔，应立即停钻，进行固壁灌浆处理，待水泥浆初凝后，重新清孔钻进。必要时，应采取跟管钻进的方法成孔。锚孔造好后，需经有关质检部门检查后，方可进行下一步工序。

（2）锚索孔距允许误差±100mm，成孔倾角偏差±2%，钻孔深度超过锚索设计长度不应小于0.5m，也不宜大于设计长度0.5m。锚索安装装前，必须清除孔内积水和岩粉等杂物，钢绞线使用前应清除油污、锈斑，严格按设计尺寸下料，每根钢绞线的下料长度误差不应大于50mm。钢绞线应平直排列，沿杆体轴向方向每隔1.0~1.5m，设置一个隔离架，注浆管和排气管应与杆体绑扎牢固，绑扎材料不宜采用镀锌材料。注浆管的出浆口应插入距孔底300~500mm处，浆液自下而上连续灌

注，且确保从孔内顺利排水、排气；注浆设备应有足够的浆液生产能力和所需要的额定压力，采用的注浆管应能在1h内完成单根锚索的连续注浆。

（3）锚索注浆采用二次高压注浆，第一次为低压注浆，第二次为高压注浆，孔口安装密封装置，注浆压力为1.5-2.0MPa，并稳定2min。注浆材料采用水泥砂浆，强度等级为M30。

（4）根据有关规范进行锚杆抗拔试验，锚索技术要求按《岩土锚杆（索）技术规程》（CECS22:2005）执行，锚固区试验锚杆数量不少于3根。

三、GSS2A型SNS柔性防护网

（1）清坡：规整地形边界，清除浮土浮石，需要时回填凹坑，砍伐无特殊保留价值的树木至根部；

（2）以坡脚为基准线放线布置锚杆孔位，宜设于天然凹坑处，但间距不应大于设计值的10%；

（3）对于采用GSS2A型系统加固的存在区域性潜在滑动失稳的土质或似土质边坡，在不具备能使绞索网紧贴坡面的天然凹坑的孔位处开凿能容纳锚垫板的孔口凹坑；

（4）自上向下钻凿锚杆孔；

（5）安装锚杆并注浆，清理锚杆头并使其裸露长度为10~18cm，锚杆需进行热镀锌等防腐处理；

（6）从上向下铺挂格栅网，格栅网间重叠宽度不宜小于5cm，两张格栅网间以及必要时格栅网与支撑绳间用φ1.5扎丝进行扎结，当坡角小于45°时,扎结点间距一般不宜大于2m,当坡角大于45°时，扎结点间距一般不宜大于1m；

（7）从上向下铺设SPIDER网（当可能发生网片下滑或坠落时，可在上边界绳处设置一根临时悬挂绳，用少量绳卡将网片连接并悬挂到该绳上）；

（8）将边界绳从SPIDER网边沿网孔穿过至两端钢丝绳锚杆，张紧并用4个绳卡紧固；

（9）用缝合绳缠绕网片间边沿网孔绞索完成网片间缝合连接，端头应用两个绳卡紧固；

（10）安装锚垫板并拧紧螺母，使SPIDER网张紧并紧贴坡面或稍压入地层；锚垫板的扣爪应卡住上下相邻两网孔的两侧绞索，上边界及侧边界绳必须卡压在锚杆外侧，下边界绳必须卡压在锚杆的上侧；

（11）选择性步骤：检查SPIDER网与坡面的贴紧情况，根据需要布置安装辅助锚杆。未明确处，按《铁路沿线斜坡柔性安全防护网》（TB/3089-2004）执行。

该施工程序的优点是铺设格栅时无外露锚杆头的干扰，易于明显确定锚杆的最佳位置，格栅为

后续作业提供了落石防护，有助于攀爬行走和系安全带（绳）等。若施工时坡面无落石或者坡脚安全防护措施充分，步骤（5）与步骤（7）可互换，即先钻锚杆后挂网。

四、截排水沟

（1）地表排水工程施工，首先按设计要求，选定位置，确定轴线。然后按设计图纸尺寸、高程，量定开挖基础范围，准确放出基脚大样尺寸，进行建筑物施工，开挖地基，进行修建，施工时必须满足排水沟沟底纵比降要求。遇陡坡处应设置台阶式跌水措施。

（2）排水工程施工，严禁大断面开挖，每次开挖10m，施工完成后才能进行下一步的开挖施工。

（2）排水渗沟的反滤层和排水层必须保证填料质量，按规定尺寸分层夯实，达到设计要求。

（3）截排水沟边墙的砌筑为人工操作，质量不易均匀。砌筑工艺总的要求为：平(砌筑层面大体平整)、稳(块石大面向下，安放稳实)、紧(石块间必须靠紧)、满（石缝要以砂浆填满捣实，不留空隙）。

5.4 施工总体布置

本防治工程有一定的施工难度，人员物质交通运输、供电、供水、建筑材料等方面需做好总体调配，统筹安排，为此对施工工序、施工布置安排等提出原则要求。

施工布置以少占地、尽量减少对天然坡体的扰动破坏，临时设施距工地就近为原则，按施工工序有条理进行。

各施工区域之间独立性较大，一般情况下可以并行施工而无相互影响，为缩短施工工期，各防治区域可按照合适的施工顺序同时施工，确保施工质量的同时兼顾施工工期的缩短，但同一边坡段施工应自上而下，如Bp2，先清除坡顶、坡面危石后，在挂网锚杆，清除外运坡脚弃渣，最后进行坡脚排水沟施工。边坡Bp2坡度大多45~60°，搭脚手架施工较不方便，可采用人工捆绑安全绳索，攀爬在坡面施工。

5.5 施工顺序及工期

本工程治理包括坡顶松散岩土体、坡面危石的清除、预应力锚索/锚杆、挂网锚杆+SNS 防护网、截排水沟、浆砌块石挡墙、坡脚弃渣外运 6 项，预计工期 5 个月（具体见表 6-1）。

表 6-1 施工顺序及进度表

项 目	第一个月	第二个月	第三个月	第四个月	第五个月
前期准备	————				
削方、清除危岩	———	————	————	———	
预应力锚索/锚杆		————	————		
挂网锚杆+SNS 防护网		———	————	————	———
浆砌块石挡墙				———	
坡脚弃渣外运			———	————	————
坡顶、坡脚截排水沟				———	————

5.6 检测与巡查观测

（1）施工检测

锚杆施工完成后，应根据有关锚杆设计施工标准规范（《岩土锚杆（索）技术规程》）进行锚杆抗拔试验，试验锚杆数量不少于各类锚杆总数的5%，且各类不得少于3根。

（2）巡查观测

①施工过程中必须加强巡查观测。

②施工完成后，应对区内边坡、斜坡进行长期巡查监测，以人工巡查为主，一旦发现变形破坏迹象（如坡顶斜坡出现变形裂缝、坡面锚杆松动等），及时向相关主管部门汇报。

③长期巡查观测的时间间隔以平时半月一次，汛期（5~9 月）一周一次，台风暴雨等强降雨或持续降雨期应天天巡查。

（3）反馈

施工检测及巡查观测信息应及时反馈给设计、施工单位及工程管理部门。