

G65 高速 K1848+350 处右侧挖方边坡 治理工程施工图

中铁长江交通设计集团有限公司

二〇二一年九月 重庆

目 录

1.工程概述.....	1
2、设计工作依据.....	1
3、工程地质条件.....	1
3.1 地形地貌.....	1
3.2 地质构造.....	2
3.3 地层岩性.....	2
3.4 水文地质条件.....	2
3.5 水、土腐蚀性评价.....	2
3.6 不良地质作用和特殊岩土评价.....	2
4、边坡稳定性评价.....	4
5.治理设计.....	5
5.1 设计原则.....	5
5.2 治理方案.....	5
6.工程质量检测和验收.....	5
7.建议.....	5
附图：1、图例	
2、工程布置平面图	
3、锚杆布置立面图	
4、工程布置剖面图	
5、锚杆、排水沟、嵌补结构图	
6、工程数量表	

G65 高速 K1848+350 处右侧挖方边坡治理工程 设计说明

1. 工程概述

G65 高速 K1848+350 处右侧挖方边坡位于 G65 渝湘高速黔江至酉阳方向高家庄隧道出口。2021 年 8 月 13 日，受特大暴雨影响，K1848+350 上部二级岩质边坡发生崩塌，垮塌长度 25.0m，高度约 5.0m，厚度约 0.8m。边坡垮塌影响下方高速公路通行安全。本段（AB 段）二级边坡长 200m，高约 7-15m。为防止边坡再次垮塌破坏影响车辆通行与人员安全，高速公路集团东南营运分公司委托我公司对边坡进行详细调查和治理设计。



图 1-1 技术人员现场实测、调查照片

2、设计工作依据

- (1) 《公路工程地质勘察规范》(JTJ C20-2011);
- (2) 《公路路基设计规范》(JTGD30-2015);
- (3) 《地质灾害防治工程勘查规范》DB50/T143-2018;
- (4) 《地质灾害防治工程设计标准》DB55029-2019;
- (5) 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013;
- (6) 现场测量和地质调绘。

3、工程地质条件

3.1 地形地貌

场地及周边属于剥蚀溶蚀低山地貌。G65 渝湘高速修建道路开挖，道路西侧两阶边坡，坡脚高程 624m，一级边坡平台高程约 635m，上部坡顶高程 647-650m。

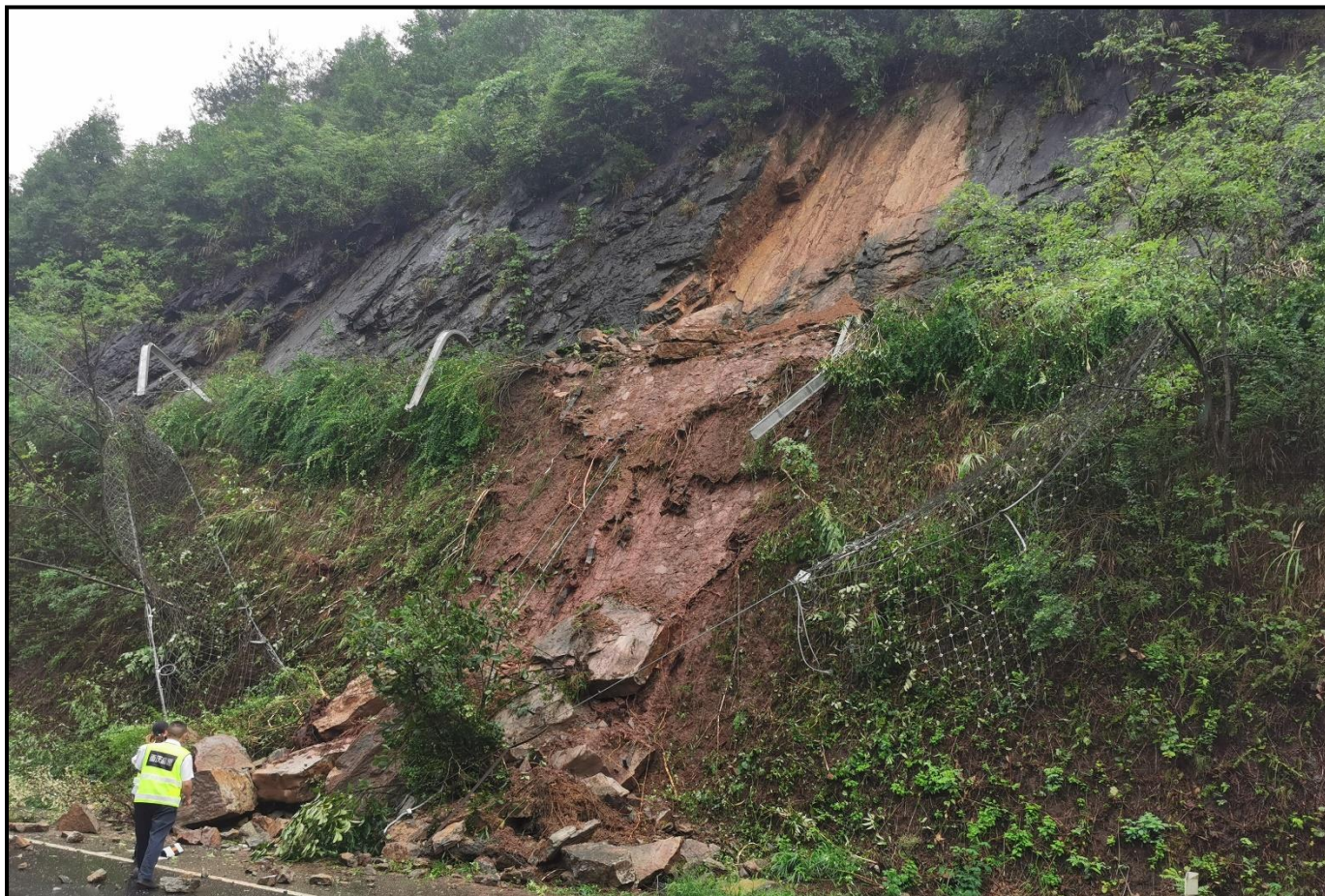


图 1-1 K1848+350 上部二级岩质边坡崩塌照片

3.2 地质构造

场地区域属七曜山凹褶束，场地位于铜西向斜西翼，岩层产状 $119^{\circ} \angle 56^{\circ}$ ，层面局部充填泥土，为软弱结构面。场地未发现断层通过，根据区域资料，拟建场地受应力作用影响相对微弱，岩体结构面主要受构造裂隙控制，岩体裂隙特征如下：

J1 裂隙产状 $209^{\circ} \angle 85^{\circ}$ ，裂隙微张 $1\sim 3\text{mm}$ ，裂隙间距 $3\sim 5\text{m}$ ，延伸 $4\sim 10\text{m}$ ；裂隙面较起伏，钙泥质半充填，结合差，为硬性结构面。

J2 裂隙产状 $262^{\circ} \angle 59^{\circ}$ ，裂隙张开度多为 $2\sim 3\text{mm}$ ，裂隙间距 $2\sim 4\text{m}$ ，延伸 $3\sim 4\text{m}$ ；裂隙面较起伏，偶见钙泥质充填，结合差，为硬性结构面。

3.3 地层岩性

据工程地质测绘，边坡出露三叠系及第四系（Q）地层，现从新到老分述如下：

（1）第四系全新统（Q4）

素填土：灰色、灰褐色，结构稍密-中密状，稍湿，主要由可塑状粉质粘土、灰岩碎块石组成，碎块粒径 $2\sim 50\text{cm}$ 不等，硬物质含量约为 50% ，均匀性较差，为修建高速公路回填压实，回填年限约 10 年。土石等级为 III 级。该层土分布路面下部。

次生红粘土：灰黄色，局部含约 10% 碎块石，可塑状，切面光泽，无摇振反应，干强度和韧性较高。坡顶局部分布。土石等级为 II 级。

~~~~~不整合~~~~~

#### （2）三叠系下统嘉陵江组三段（T<sub>3j</sub><sup>3</sup>）

石灰岩：灰色，主要由碳酸盐矿物组成，隐晶质结构，中厚层状构造；强风化层，岩体较破碎；中风化层，岩体较完整。土石等级为 V 级。

### 3.4 水文地质条件

根据地下水在土层、岩石中赋存条件，将场区地下水分为松散岩类孔隙水、基岩裂隙水。

#### ①松散岩类孔隙水

松散岩类孔隙水赋存于全新统第四系土层中，接受大气降雨及地表水补给，在接受补给后，向下渗透及地表迳流的方式向低洼处排泄。该类地下水动态主要受季节性影响，具较大的动态变化特征。

#### ②基岩裂隙水

基岩裂隙水赋存于侏罗系中统沙溪庙组基岩浅层风化带中的网状裂隙水及层间裂隙中，受地形、岩性及构造的控制，同时场地地处斜坡地带，致使地下水补给渗入条件较差，有利于地表水顺坡径流和排泄，因此，场地基岩裂隙水水量甚微，基岩富水性弱。

### 3.5 水、土腐蚀性评价


场区内及附近无污染源，岩土体未受污染且岩石未发现腐蚀性，据相邻场地经验判定，环境水、土对混凝土结构、钢筋混凝土中钢筋、钢结构具微腐蚀性。

### 3.6 不良地质作用和特殊岩土评价





通过对场区及周边的工程地质调查，除局部边坡存在危岩崩塌破坏外，未见泥石流、断层、岩溶、地面沉降等不良地质作用。




根据现场调查，存在  $10$  处危岩块体，其特征见表 2-1。

表 2-1 危岩块体特征一览表



| 危岩编号 | 规模特征                                                                                                                                                                             | 破坏方式              | 治理建议 |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------|
| W1   | 位于平台上部 $1.5\text{m}$ ，危岩体积 $1.5\text{m} \times 2.0\text{m} \times 0.6\text{m}$ （宽×高×厚）。<br> | 下部临空，稳定性差，顺层滑动破坏。 | 清除   |



| 危岩编号 | 规模特征                                                                                                                        | 破坏方式              | 治理建议   |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
| W2   | 位于平台上部高 3m，危岩 3m×6m×0.4m。<br>              | 下部临空，稳定性差，顺层滑动破坏。 | 清除     |
| W3   | 位于平台上部高 3m，危岩 2m×4m×0.6m。<br>              | 下部临空，稳定性差，顺层滑动破坏。 | 清除     |
| W4   | 位于平台上部高 6m，危岩 4m×1m×0.5m。<br>            | 下部临空，稳定性差，顺层滑动破坏。 | 清除     |
| W5   | 位于平台上部高 2m，中部 3m 凹腔，上部危岩 3m×4m×0.8m。<br> | 下部临空，稳定性差，顺层滑动破坏。 | 中部凹腔嵌补 |

| 危岩编号 | 规模特征                                                                                                                                         | 破坏方式              | 治理建议              |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| W6   | 位于平台上部高 4m，上部危岩 4m×3m×0.6m。<br>                           | 下部临空，稳定性差，顺层滑动破坏。 | 清除                |
| W7   | 位于平台上部高 4m，上部危岩 8m×4m×0.8m。交界面溶蚀中空，缝宽 0.3-0.5m，泥质半充填。<br> | 下部临空，稳定性差，顺层滑动破坏。 | 清除                |
| W8   | 位于平台上部高 5m，上部危岩 1.5m×2m×0.5m。<br>                        | 稳定性差，上部危岩体顺层滑动破坏。 | 清除上部危岩体，嵌补封闭下部岩腔。 |
| W9   | 位于平台上部高 6m，上部危岩 5.0m×3m×0.6m。交界宽 0.2m 泥质充填。                                                                                                  | 下部临空，稳定性差，顺层滑动破坏。 | 清除                |



| 危岩编号 | 规模特征                                                                                                                                 | 破坏方式              | 治理建议 |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------|
|      |                                                    |                   |      |
| W10  | 位于平台上部高 1m，上部危岩 2.0m×3.0m×0.5m。交界宽 0.3m 泥质充填。<br> | 下部临空，稳定性差，顺层滑动破坏。 | 清除   |

(3) 边坡开挖坡型不规范，存在超挖或少挖情况，局部坡脚存在岩腔（上部岩体临空），坡顶存在危险块体。

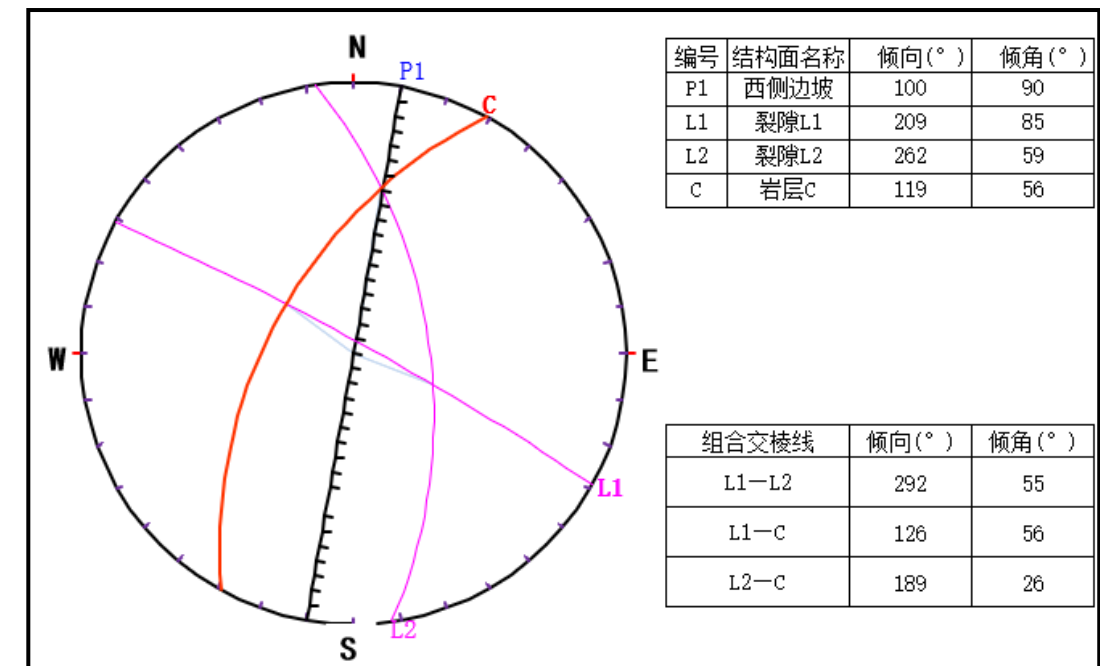


图 2-1 边坡赤平投影简图

#### 4、边坡稳定性评价

本段边坡为两阶边坡，边坡坡向约 100°，坡体为石灰岩，根据赤平投影分析，边坡为顺向坡，岩层 C 倾向坡外，为不利结构面。

下阶边坡高约 10m，边坡沿 50° 层面放坡并进行坡面防护，整体稳定，未见边坡变形破坏。

上阶边坡高 7-15m，边坡沿 50-53° 层面放坡，坡面未进行防护。边坡整体稳定。

根据调查分析，边坡局部崩塌破坏原因以下 3 方面：

(1) 层面结构面结合较差，且坡面为进行护面，边坡外层岩体易沿层面向外松弛卸荷；

(2) 上部未设置排水沟拦截上坡坡面汇水，降雨时积水沿裂隙面、层面进入坡体，并带入大量泥土填充层面间，加速层面软化；

## 5. 治理设计

### 5.1 设计原则

本工程以“确保安全、经济、实用”为原则进行设计，兼顾与环境的合理衔接。

本段边坡为永久性边坡，使用年限为 50 年。工程安全等级：二级。

采用动态设计法，及时根据边坡最新情况调整设计。

### 5.2 治理方案

根据调查，边坡坡体为石灰岩，岩体整体较完整，场地地下水补给条件差，水量贫乏，水文地质条件简单。边坡采用“清除危岩+岩腔嵌补+锚杆+截排水”治理方案。

#### (1) 清除危岩体

根据地质调查，边坡上部存在多处危岩体（表 2-1），应将稳定性差的危岩块体作清除治理，清理危岩时做好安全防护措施，避免造成施工人员安全和高速行驶安全。

#### (2) 嵌补岩腔

二级边坡坡脚局部存在 1-3m 不等岩腔，采用 C30 混凝土浇筑嵌补，凹岩腔嵌补加强筋采用  $\phi 12$  HRB400 钢筋，采用植筋方式与基岩连接，植入岩体长度 600mm。

#### (3) 锚杆

二级边坡清除危岩体和岩腔嵌补后，整体稳定。边坡坡度较陡，防止边坡岩体向临空面卸荷变形破坏，边坡按设置构造锚杆进行支挡。

锚杆按 2500mm×2500mm 矩形布置；锚孔直径 91mm，与水平面夹角 20°。锚杆长度为 6.0m。锚筋采用 1 根  $\phi 25$ HRB400 钢筋，锚筋采用机械连接。锚固砂浆标号 M30。锚筋每 2000mm 设置 2~3 个定位支架，使锚筋置于锚孔中部，支架采用  $\phi 8$ HPB300。边坡经放坡后整体稳定，锚杆按构造设计。局部松动稳定差的岩块区域增设随机锚杆。锚头内置  $\phi 12$ HRB400 钢筋网片。C30 混凝土浇筑封闭。

#### (4) 截排水系统

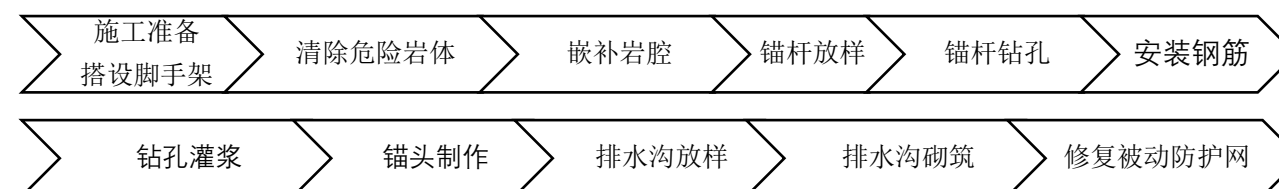
边坡坡顶设置截水沟一道，顺坡而建，坡度陡变段设置跌水，将坡面汇水引排至

截水沟内，排入排水系统。截水沟内部断面尺寸 400mm×400mm，沟壁厚 300mm，M10 浆砌片石砌筑。截(排)沟每 15m 设置沉降缝一道，内填沥青玛蹄脂。

#### (5) 修复被动防护网

因崩塌破坏一级边坡平台设置被动防护网和排水沟受损，被动防护网长度约 30m，排水沟约 10m。应对受损被动防护网和排水沟进行修复。

#### (6) 施工顺序



#### (7) 监测

边坡施工和使用过程中进行边坡变形监测，确保施工期间施工人员、周围建构主物及道路等财产安全；监测成果用于施工期间反馈设计，指导调整后续工程施工及使用期间的安全。

## 6. 工程质量检测 and 验收

(1) 施工期间应对各种原材进行质量检测。

(2) 在施工期间应做好砂浆试块制作和强度检测。

(3) 本工程的所有锚杆施工完并达到设计强度后，应随机抽检做锚杆验收试验。

锚杆设计轴向拉力 147KN，验收试验荷载为 220KN。

## 7. 建议

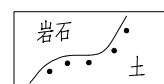
(1) 边坡分段开挖，逆作法施工。加强边坡的观测、监测工作。

(2) 工程施工所需各类建筑材料质量必须满足设计要求，应附材料证明、出厂单及质量检查合格书。

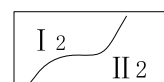
(3) 工程质量验收应按现行规范进行；隐蔽工程应组织中间验收，上一工序验收合格后才能进入下道工序。

(4) 未尽事宜，按相关施工规范执行。采用动态设计，信息法施工。

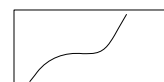
# 工程地质图例



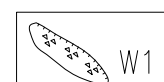
岩土体地质界线



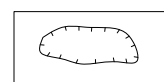
工程地质岩组界线 (虚线为推断部分)



地层分界线 (虚线为推断部分)



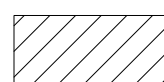
危岩/崩塌 (虚线为推断部分)



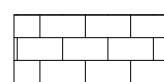
溶蚀洼地



填土



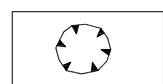
粘土



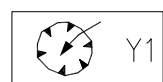
灰岩



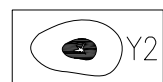
强风化岩石



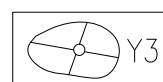
岩溶 (不分类)



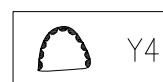
落水洞及岩溶编号



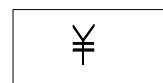
岩溶塌陷及岩溶编号



漏斗及岩溶编号



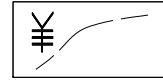
溶洞及岩溶编号



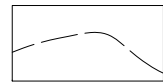
中风化岩石



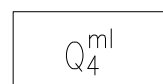
工程地质岩土体界线



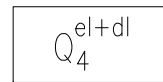
岩石风化程度分界线



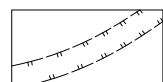
地层界线



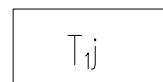
第四系人工填土层



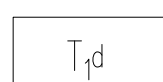
第四系残坡积层



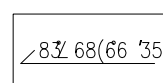
水平溶洞及暗河



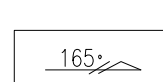
三叠系下统嘉陵江组



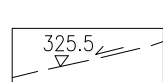
三叠系下统大冶组



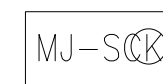
真倾角(视倾角)



断面方向(°)



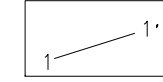
地下水及地下水位线



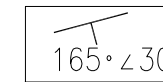
钻孔及编号



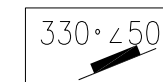
探坑、探井及编号



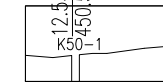
断面位置及编号



岩层产状 (数字表倾向 < 倾角)



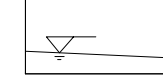
节理、裂隙产状 (数字表倾向 < 倾角)



钻孔位置 (孔号  $\frac{\text{孔口标高}}{\text{孔深}}$ )



勘探断面位置及编号

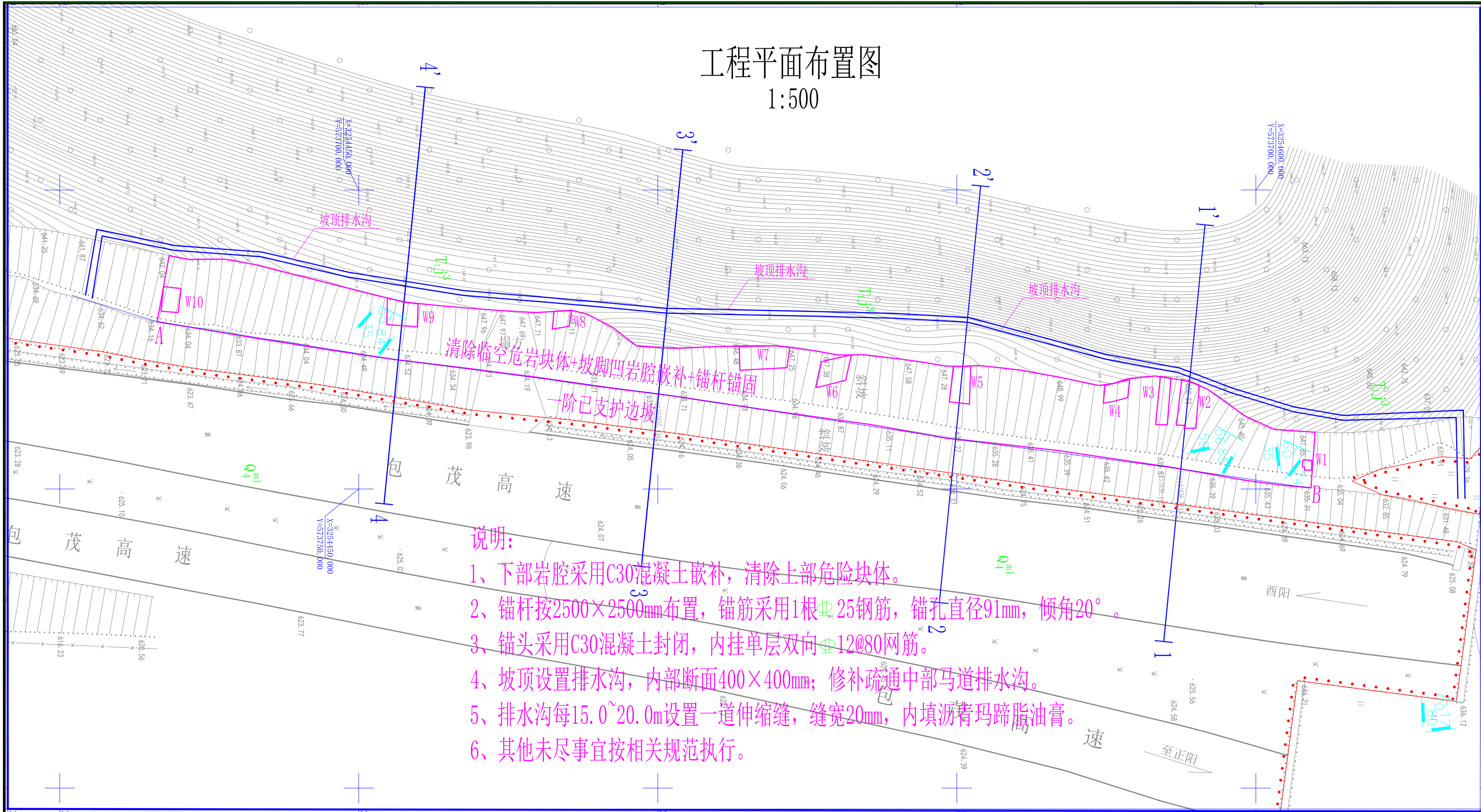


路面位置及高程



# 工程平面布置图

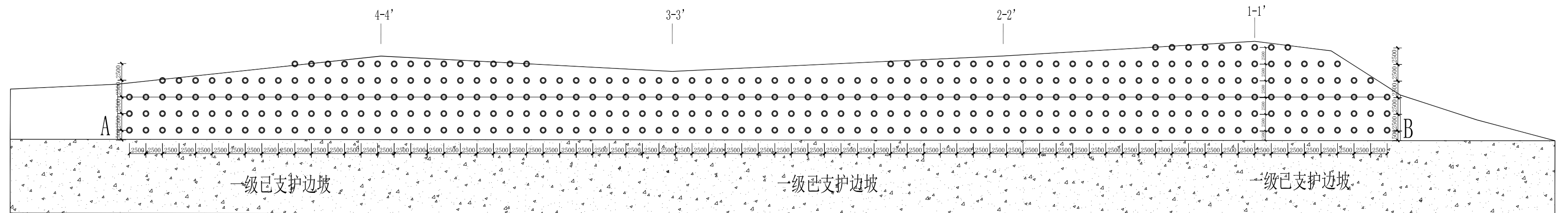
## 1:500



### 说明:

- 1、下部岩腔采用C30混凝土嵌补，清除上部危险块体。
- 2、锚杆按2500×2500mm布置，锚筋采用1根 $\Phi$ 25钢筋，锚孔直径91mm，倾角20°。
- 3、锚头采用C30混凝土封闭，内挂单层双向 $\Phi$ 12@80网筋。
- 4、坡顶设置排水沟，内部断面400×400mm；修补疏通中部马道排水沟。
- 5、排水沟每15.0~20.0m设置一道伸缩缝，缝宽20mm，内填沥青玛蹄脂油膏。
- 6、其他未尽事宜按相关规范执行。

|                |                           |                 |    |    |    |    |    |         |
|----------------|---------------------------|-----------------|----|----|----|----|----|---------|
| 中铁长江交通设计集团有限公司 | G65高速K1848+350处右侧挖方边坡治理工程 | 工程平面布置图 (1:500) | 设计 | 李军 | 一审 | 李军 | 图号 | NO.1-01 |
|                |                           |                 | 复核 | 孔良 | 二审 | 周馨 | 日期 | 2021.09 |



说明:

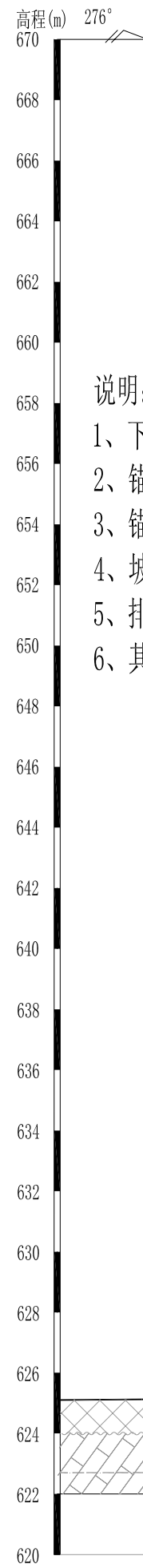
- 1、下部岩腔采用C30混凝土嵌补，清除上部危险块体，坡体采用锚杆支护。
- 2、锚杆按2500×2500mm布置，锚筋采用1根 $\Phi$ 25钢筋，锚孔直径91mm，倾角20°。
- 3、锚头采用C30混凝土封闭，内挂单层双向 $\Phi$ 12@80网筋。
- 4、坡顶设置排水沟，内部断面400×400mm；修补疏通中部马道排水沟。
- 5、排水沟每15.0~20.0m设置一道伸缩缝，缝宽20mm，内填沥青玛蹄脂油膏。
- 6、其他未尽事宜按相关规范执行。

|                |                           |                 |    |    |    |          |
|----------------|---------------------------|-----------------|----|----|----|----------|
| 中铁长江交通设计集团有限公司 | G65高速K1848+350处右侧挖方边坡治理工程 | 锚杆布置立面图 (1:500) | 设计 | 一审 | 图号 | NO. 2-01 |
|                |                           |                 | 复核 | 二审 | 日期 | 2021.09  |



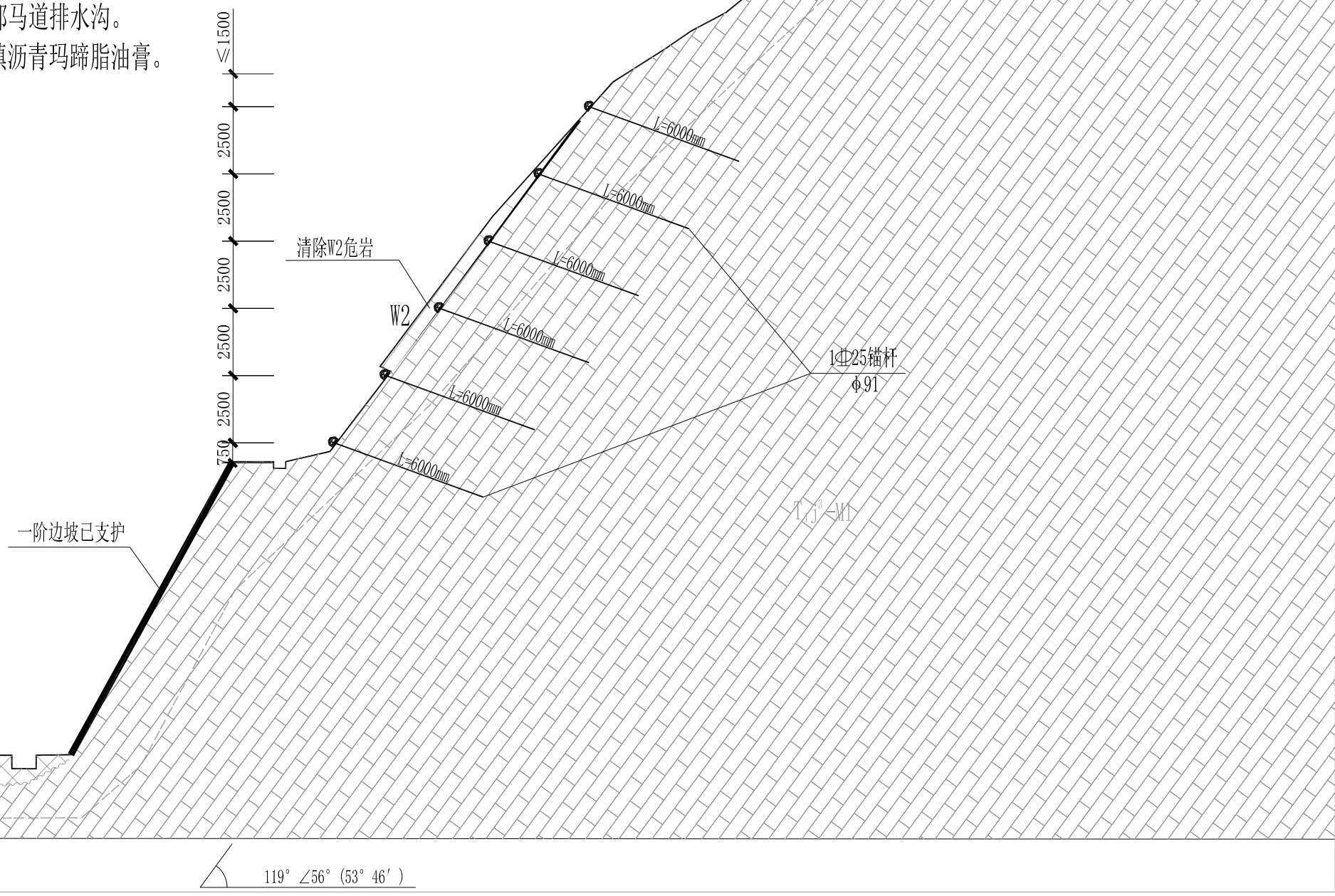
# 工程布置剖面图 1:200

1-----1'



**说明:**

- 1、下部岩腔采用C30混凝土嵌补，清除上部危险块体，坡体采用锚杆支护。
- 2、锚杆按2500×2500mm布置，锚筋采用1根 $\Phi$ 25钢筋，锚孔直径91mm，倾角20°。
- 3、锚头采用C30混凝土封闭，内挂单层双向 $\Phi$ 12@80网筋。
- 4、坡顶设置排水沟，内部断面400×400mm；修补疏通中部马道排水沟。
- 5、排水沟每15.0~20.0m设置一道伸缩缝，缝宽20mm，内填沥青玛蹄脂油膏。
- 6、其他未尽事宜按相关规范执行。







# 工程布置剖面图 1:200

3-----3'

高程 (m)

670  
276°

668

666

664

662

660

658

656

654

652

650

648

646

644

642

640

638

636

634

632

630

628

626

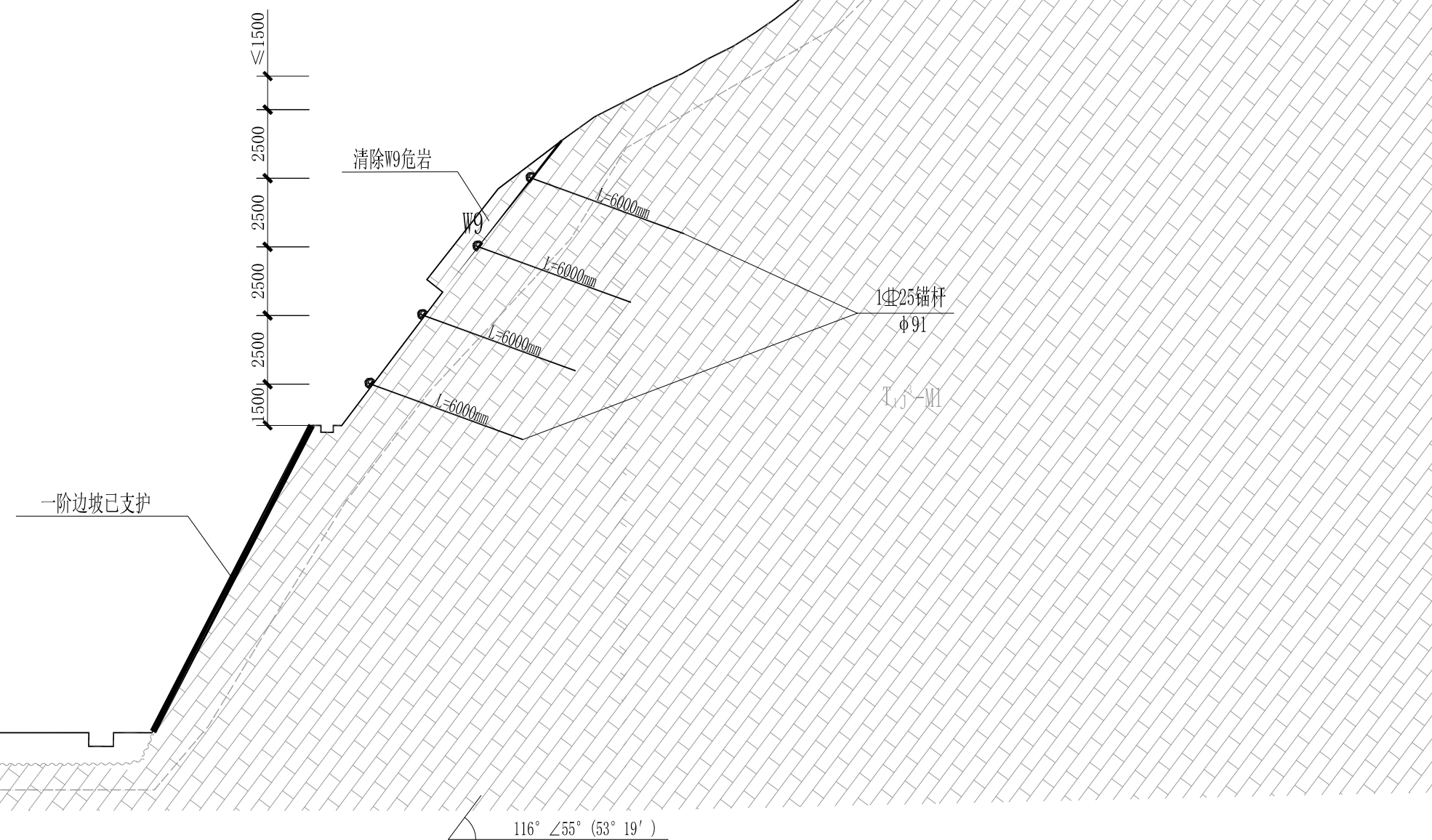
624

622

620

### 说明:

- 1、下部岩腔采用C30混凝土嵌补，清除上部危险块体，坡体采用锚杆支护。
- 2、锚杆按2500×2500mm布置，锚筋采用1根Φ25钢筋，锚孔直径91mm，倾角20°。
- 3、锚头采用C30混凝土封闭，内挂单层双向Φ12@80网筋。
- 4、坡顶设置排水沟，内部断面400×400mm；修补疏通中部马道排水沟。
- 5、排水沟每15.0~20.0m设置一道伸缩缝，缝宽20mm，内填沥青玛蹄脂油膏。
- 6、其他未尽事宜按相关规范执行。



# 工程布置剖面图 1:200

4-----4'

高程 (m)  
670  
668  
666  
664  
662  
660  
658  
656  
654  
652  
650  
648  
646  
644  
642  
640  
638  
636  
634  
632  
630  
628  
626  
624  
622  
620

说明:

- 1、下部岩腔采用C30混凝土嵌补，清除上部危险块体，坡体采用锚杆支护。
- 2、锚杆按2500×2500mm布置，锚筋采用1根Φ25钢筋，锚孔直径91mm，倾角20°。
- 3、锚头采用C30混凝土封闭，内挂单层双向Φ12@80网筋。
- 4、坡顶设置排水沟，内部断面400×400mm；修补疏通中部马道排水沟。
- 5、排水沟每15.0~20.0m设置一道伸缩缝，缝宽20mm，内填沥青玛蹄脂油膏。
- 6、其他未尽事宜按相关规范执行。

一阶边坡已支护

≤1500  
2500  
2500  
2500  
2500  
2500  
2500  
2500

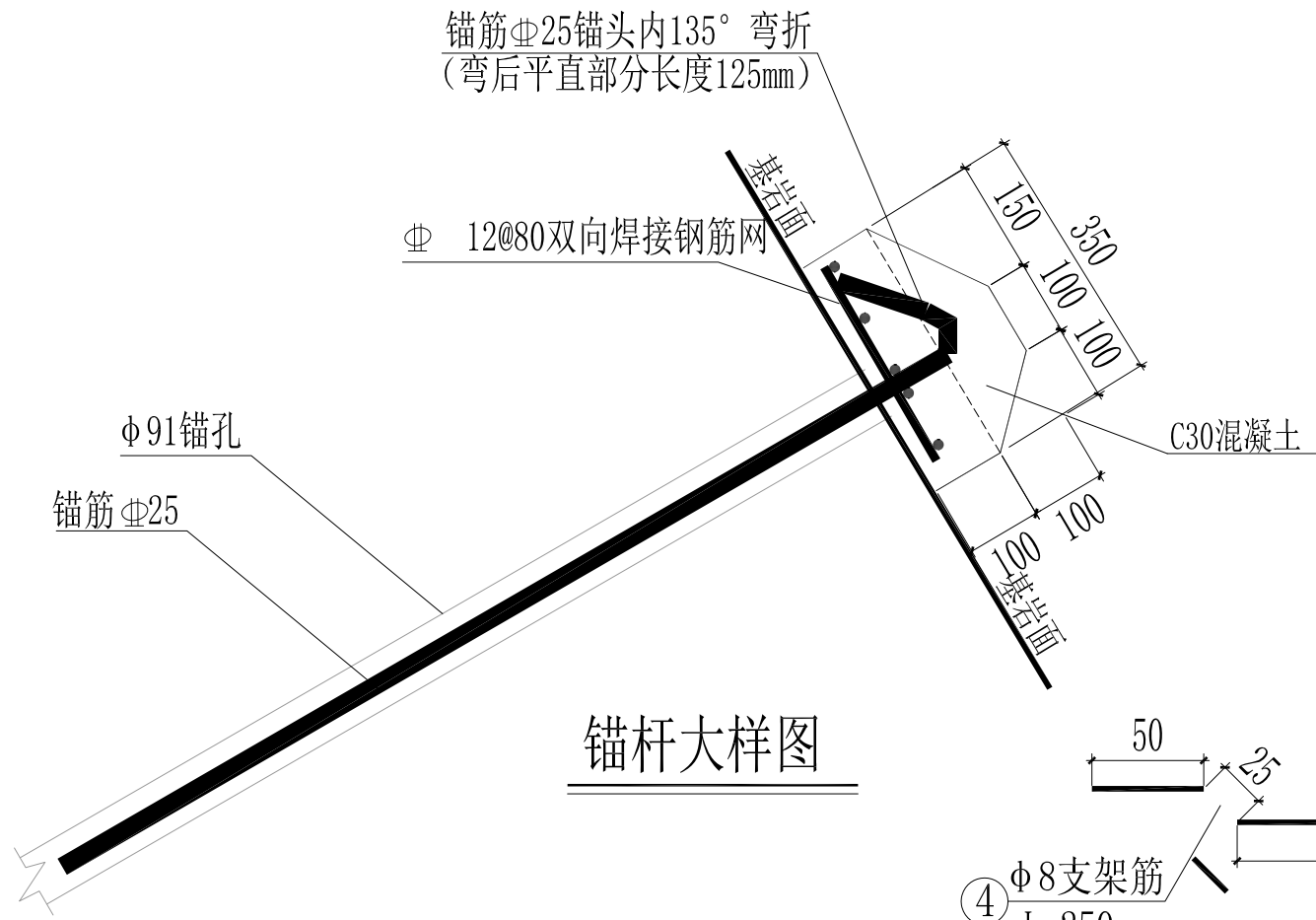
116° ∠55° (53° 19')

1Φ25锚杆  
Φ91

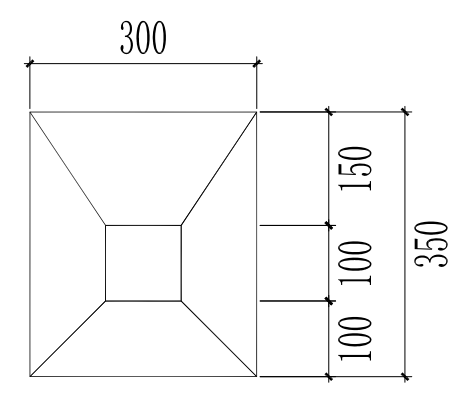
Tj j-M1

|                |                           |                |    |  |    |  |    |         |
|----------------|---------------------------|----------------|----|--|----|--|----|---------|
| 中铁长江交通设计集团有限公司 | G65高速K1848+350处右侧挖方边坡治理工程 | 工程布置剖面图 (4-4') | 设计 |  | 一审 |  | 图号 | NO.3-04 |
|                |                           |                | 复核 |  | 二审 |  | 日期 | 2021.09 |

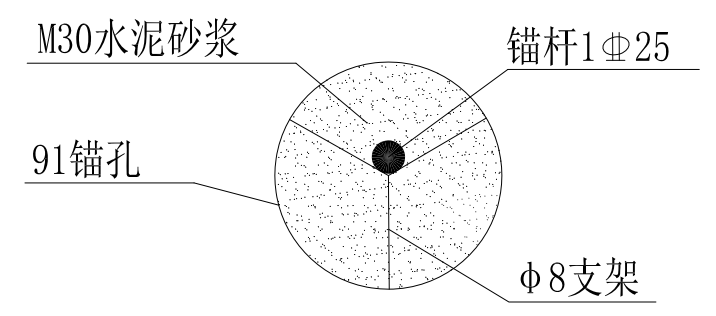




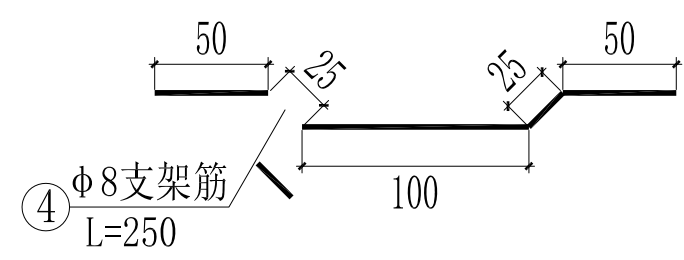
锚杆大样图



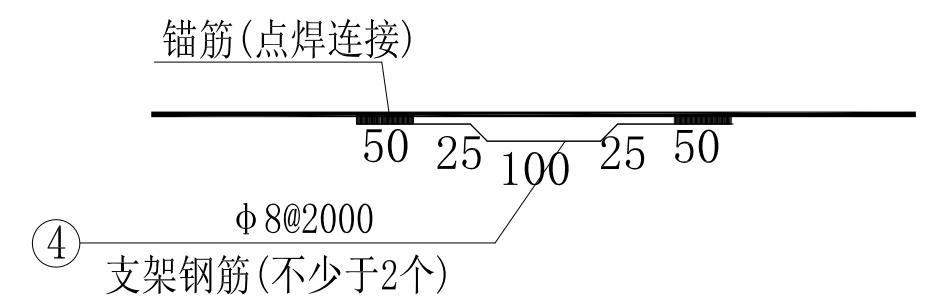
锚头大样图



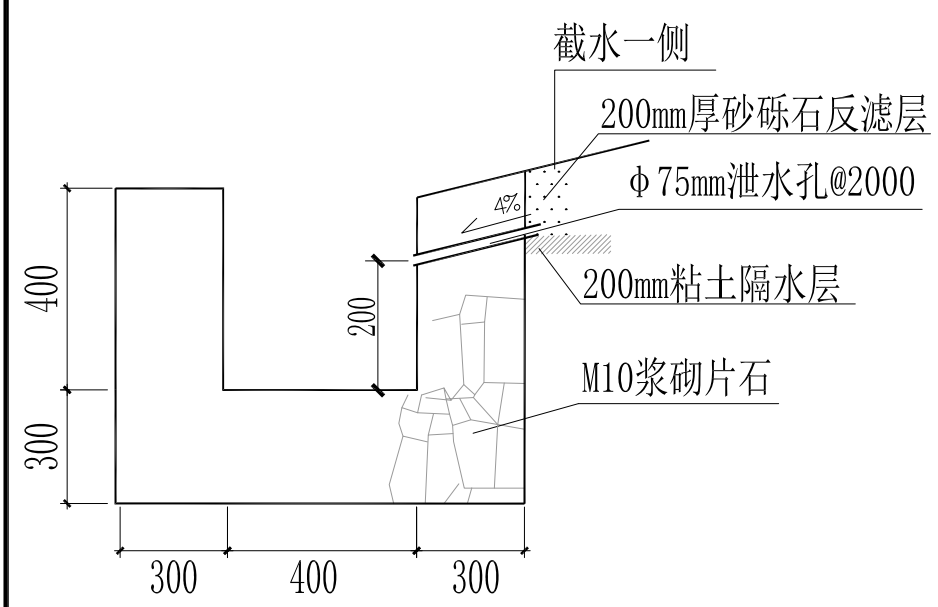
锚孔大样图



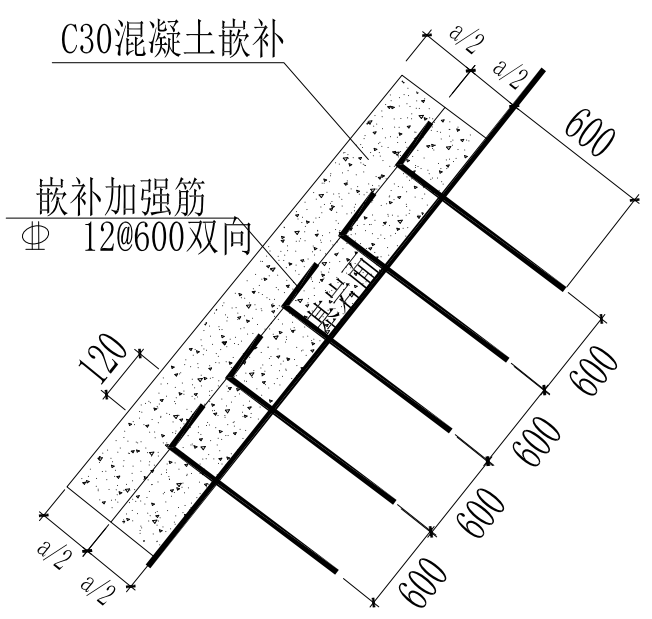
支架大样图



支架连接



排水沟结构图



凹岩腔嵌补结构图

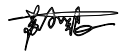

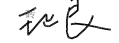

说明:

- 1、本图尺寸除高程外，其余均以mm计。
- 2、锚杆孔径91mm，锚筋采用1根25mmHRB400钢筋，锚杆类型为全粘结水泥砂浆锚杆。砂浆强度等级不得低于M30，锚杆采用矩形布置。
- 3、锚头内置12mmHRB400钢筋网片，采用C30混凝土浇筑封闭。锚筋支架采用 $\Phi 8$ HPB300。
- 4、凹岩腔嵌补加强筋采用12mmHRB400钢筋，采用植筋方式与基岩连接，采用C30混凝土浇筑。
- 5、排水沟采用M10浆砌片石砌筑，表面M30砂浆抹面，厚度大于20mm。排水沟每15.0~20.0m设置一道伸缩缝，缝宽20mm，内填沥青玛蹄脂油膏。排水沟位置可根据地形作适当调整。
- 6、其他未尽事宜按相关规范执行。

|                |                           |              |    |  |    |  |    |         |
|----------------|---------------------------|--------------|----|--|----|--|----|---------|
| 中铁长江交通设计集团有限公司 | G65高速K1848+350处右侧挖方边坡治理工程 | 锚杆、排水沟、嵌补结构图 | 设计 |  | 一审 |  | 图号 | NO.4-01 |
|                |                           |              | 复核 |  | 二审 |  | 日期 | 2021.09 |

### 工程数量表

| 项目      | HRB400 $\phi$ 25钢筋 | HRB400 $\phi$ 12钢筋 | HPB300 $\phi$ 8钢筋 | $\phi$ 91钻孔 | M30砂浆             | C30混凝土            | M10浆砌片石           | 防护网 | 备注      |
|---------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----|---------|
|         | (kg)               | (kg)               | (kg)              | (m)         | (m <sup>3</sup> ) | (m <sup>3</sup> ) | (m <sup>3</sup> ) | (m) |         |
| 锚杆      | 8934               | 856                | 212               | 2320.5      | 25.7              | 6.4               |                   |     | 357根6m长 |
| 岩腔嵌补    |                    | 431                |                   |             |                   | 90                |                   |     |         |
| 清除危岩    |                    |                    |                   |             |                   |                   |                   |     |         |
| 排水沟     |                    |                    |                   |             |                   |                   | 140.4             |     |         |
| 修复被动防护网 |                    |                    |                   |             |                   |                   |                   | 30  |         |
| 合计      | 8934               | 1287               | 212               | 2321        | 26                | 96                | 140               | 30  |         |

|                |                           |       |    |                                                                                       |    |                                                                                       |    |          |
|----------------|---------------------------|-------|----|---------------------------------------------------------------------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------|----|----------|
| 中铁长江交通设计集团有限公司 | G65高速K1848+350处右侧挖方边坡治理工程 | 工程数量表 | 设计 |  | 一审 |  | 图号 | NO. 4-01 |
|                |                           |       | 复核 |  | 二审 |  | 日期 | 2021.09  |