

附件 1

马山县白山镇兴华村板上屯 危岩地质灾害治理工程施工图设计报告

计 算 书

编 制 单 位:	鸿儒勘测设计有限公司
资质证书等级、编号:	甲级、610020241120258
编 制 日 期:	二〇二五年七月

目 录

1. 设计依据 1

2. 设计采用的参数 1

3. 安全等级和设计标准 1

4. 被动防护网的设计 1

5. 危岩临时防护锚杆设计拉拔力的计算 10

6. 钢管落地式脚手架计算 12

 6.1 参数信息 12

 6.2 活荷载参数 12

 6.3 风荷载参数 12

 6.4 静荷载参数 12

 6.5 地基参数 13

 6.6 大横杆的计算 13

 6.7 小横杆的计算 14

 6.8 扣件抗滑力的计算 15

 6.9 脚手架立杆荷载计算 15

 6.10 立杆的稳定性计算 16

 6.11 最大搭设高度的计算 17

 6.12 连墙件的稳定性计算 17

 6.13 立杆的地基承载力计算 18

1. 设计依据

- (1) 《地质灾害防治工程设计标准》（DBJ50/T-029-2019），重庆地方标准；
- (2) 《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013）；
- (3) 《地质灾害防治工程勘察规范》（DB50/143-2016）；
- (4) 《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）；
- (5) 《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010）；
- (6) 《重庆地质灾害防治工程勘察规范》（DB50143—2003）；
- (7) 《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）（2009 年版）；
- (8) 《危岩防治工程技术规范》（DB 45/T 1696-2018）；
- (9) 《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》（JGJ130-2011）；
- (10) 《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012）。

2. 设计采用的参数

本次勘查主要是对危岩的有关特征进行详查，未对岩体进行现场物理力学测试工作，尤其未对滑动面的粘聚力（C 值）、内摩擦角（ ϕ ）作原位测试，危岩体的稳定性计算参数主要是依据经验数据，同时根据现场对危岩的调查后反复分析，灰岩裂隙面大多平直光滑，呈微张状，部分石英脉充填，裂隙面结合差，裂隙抗剪强度低，查《危岩防治工程技术规范》(DB45/T1696-2018)附录 G 表 G. 1-G. 3（即下表）和现场调查情况综合确定。具体计算参数依据各危岩体主控面结合情况、充填物质等确定。岩体的物理力学参数如下表 2-1：

表 2-1 危岩体（未脱离母岩）稳定性计算参数一览表

危岩编号	类别	工况	重度 KN/m ³	岩石粘聚力 c (KPa)	岩石内摩擦角 ϕ (°)	单轴抗拉强度 (MPa)	地基承载力设计值 (kpa)
W1~8	灰岩	天然	24.0	550	35.0	2.5	2500
		饱和	24.2	480	33.5	2.3	2400

3. 安全等级和设计标准

根据《危岩防治工程技术规范》（DB 45/T 1696-2018）表 6、表 7 规定，确定危岩地质灾害危害程度大，防治工程等级为一级，防治工程设计基准期为 30 年标准设计。

4. 被动防护网的设计

根据工程经验，已崩落至坡脚的危岩体最大方量接近 3.0m³，故以落石体积为 3.0m³，设置在剖面最高点处发生崩塌滚落，采用公式和 ROCFALL 软件模拟及计算危岩体的总动能及弹跳高度，最后以两种方式模拟及计算得出总动能及弹跳高度的最大值作为选取被动防护网型号及高度的依据。

4.1 计算公式及软件模拟参数

计算公式按照《危岩防治工程技术规范》（DB 45/T 1696-2018）B2 落石弹跳运动轨迹公式，结合唐红梅发表的《危岩落石运动路径研究》论文进行计算分析。

落石弹最大高度计算公式：

$$H_{\max} = s \cdot \tan \alpha + \frac{(v_i' \sin \beta)^2}{2g} \dots\dots\dots (B. 4)$$

$$s = \frac{v_i'^2 \sin \beta \cdot \cos \beta}{g} \dots\dots\dots (B. 5)$$

$$v_i' = v_i \sqrt{(e_n \cdot \cos \alpha)^2 + (e_t \cdot \sin \alpha)^2} \dots\dots\dots (B. 6)$$

$$v_i = \sqrt{v_{0x}^2 + (v_{0y} + gt)^2} \dots\dots\dots (B. 7)$$

$$\beta = \theta - \alpha \dots\dots\dots (B. 8)$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{e_n}{e_t} \cot \alpha \right) \dots\dots\dots (B. 9)$$

式中：

$H_{\max}$ ——危岩最大弹跳高度（m）；

s ——危岩弹跳最高点距离起跳点的水平距离（m）；

v_i' ——危岩碰撞坡面后的反弹速度（m/s）；

v_i ——危岩碰撞坡面后的入射速度（m/s）；

v_{0x} ——危岩脱离母岩后沿 x 轴的初速度（m/s）；

v_{0y} ——危岩脱离母岩后沿 y 轴的初速度（m/s）；

g ——重力加速度（m/s²）；

t ——危岩坠落时间（s），由坠落初速度及具体地形按自由落体的公式试算

得出；

e_n 、 e_t ——岩块法向回弹系数与切向回弹系数由下表 4-1 确定；

α ——斜坡坡角（°）；

β ——危岩运动方向与水平面的夹角（°）；

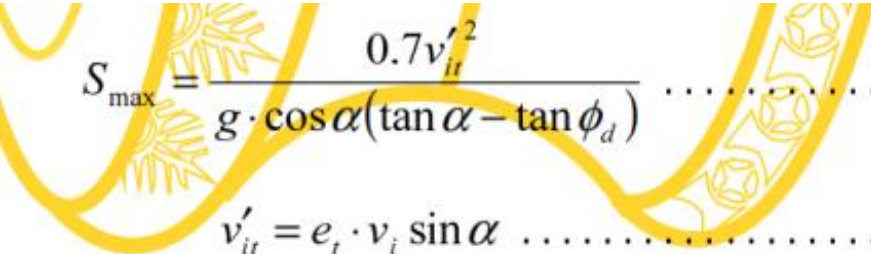
θ ——危岩反弹方向与坡面的夹角（°）。

表 4-1 岩块恢复系数

碰撞系数	地面岩性				
	硬岩	软岩	硬土	普通土	松土
法向回弹系数 e_n	0. 40	0. 35	0. 30	0. 26	0. 22
切向回弹系数 e_t	0. 86	0. 84	0. 81	0. 75	0. 65

引自：《危岩防治工程技术规范》（DB45\T1696-2018）中表 B. 2。

落石最大滚落距离计算公式：



$$S_{\max} = \frac{0.7 v_{it}'^2}{g \cdot \cos \alpha (\tan \alpha - \tan \phi_d)} \dots\dots\dots (B. 10)$$

$$v_{it}' = e_t \cdot v_i \sin \alpha \dots\dots\dots (B. 11)$$

$$\tan \phi_d = \frac{l_r}{r} \dots\dots\dots (B. 12)$$

式中：

$\tan \phi_d$ ——滚动摩擦系数，可由式 (B. 12) 或表 5-2；

v_{it}' ——危岩碰撞坡面后沿坡面的反弹速度，即初始滚动速度（m/s）；

v_i ——危岩碰撞坡面的入射速度（m/s）；

e_t ——岩块切向回弹系数，由表 5-1 求得；

r ——危岩的半径（m）；

l_r ——危岩在坡面的支撑点距离重心在坡面法线方向上的距离（m）；

$S_{\max}$ ——危岩最大滚动距离（m）。

表 4-2 岩块恢复系数

坡面特征	滚动摩擦系数
光滑岩面、混凝土表面	0.30～0.60
软岩面、强风化硬岩面	0.40～0.60
堆石堆积坡面	0.55～0.70
密实碎石堆积坡面、硬土坡面、植被（灌木丛为主）发育	0.55～0.85
密实碎石堆积坡面、硬土坡面、植被不发育或少量杂草	0.50～0.75
松散碎石坡面、软土坡面、植被（灌木丛为主）发育	0.50～0.85
软土坡面、植被不发育或少量杂草	0.50～0.85

拦石网规格的选择：基于上述假设进行设计，拦石网规格的选择主要依据落石碰撞拦石网能量的大小决定：

E=0.6mV_t²

E—危岩落石的平均动能,kJ；

m—危岩落石的质量，kg；

V_t—危岩落石的碰撞拦石网的速度，m/s。

Rocfall 软件模拟落石（1000 次）运动轨迹，模拟落石坡面设定切向、法向阻尼系数值见表 4-1（由 Rocfall 软件提供的切、法向阻尼系数参考值）。

表 4-3 切、法向阻尼系数参考值

切向阻尼系数值 R _t	坡面特征
0.87～0.92	光滑坚硬的表面，如铺砌而或光滑的层状岩石表面
0.83～0.87	基岩表面和无植被的崩塌堆积体
0.82～0.85	有少量植被的崩塌或砾石堆积体
0.80～0.83	植被覆盖的崩塌堆积体和植被稀少的土质边坡
0.78～0.82	灌木覆盖的土质边坡
法向阻尼系数值 R _n	坡面特征
0.37～0.42	光滑坚硬的表面，如铺砌面或光滑的层状岩石表面
0.33～0.37	基岩表面和砾石边坡
0.30～0.33	崩塌堆积体和坚硬的土质边坡
0.28～0.30	软土质边坡

参考表 4-1 及表 4-3 数值选取本工程坡面的切向和法向阻尼系数值见表 4-4 及

表 4-5。

表 4-4 最不利剖面落石切、法向阻尼系数的选取值（rocfall 软件模拟）

切向阻尼系数值 R _t	坡面特征
0.85	基岩表面或无植被的崩塌堆积体
0.82	有少量植被的崩塌或植被覆盖的崩塌堆积体
0.80	灌木覆盖的土质斜坡
法向阻尼系数值 R _n	坡面特征
0.35	基岩表面或无植被的崩塌堆积体
0.33	有少量植被的崩塌或植被覆盖的崩塌堆积体
0.30	灌木覆盖的土质斜坡

表 4-5 最不利剖面落石切、法向阻尼系数的选取值（规范公式计算）

切向回弹系数 e _t	坡面特征
0.86	基岩表面或无植被的崩塌堆积体
0.84	有少量植被的崩塌或植被覆盖的崩塌堆积体
0.81	灌木覆盖的土质斜坡
0.75	耕地
法向回弹系数 e _n	坡面特征
0.40	基岩表面或无植被的崩塌堆积体
0.35	有少量植被的崩塌或植被覆盖的崩塌堆积体
0.30	灌木覆盖的土质斜坡
0.26	耕地

4.2 公式计算、软件模拟的结果分析

考虑被动防护网规格的优化、放置位置以及网高，选取最不利剖面采用公式计算和软件模拟 3.0m³ 落石的弹高及动能分析如下：

①东南面山体 1-1’ 地质剖面 3m³(质量 7408.16kg)落石的公式计算及模拟落石（1000 次）运动轨迹分析见图 4-1；布设被动防护网在同一高程位置处，公式计算结果的落石动能和弹跳高度结果见表 4-6，模拟弹跳动能、弹跳高度结果见表 4-7。

表 4-6 1-1' 地质剖面计算 3.0m³落石弹跳动能、弹跳高度等内容一览表

剖面	拟设被动网处高程	落石质量	危岩落石的碰撞拦石网的速度	动能	弹跳高度
	(m)	m (kg)	V _t (m/s)	E (kJ)	h (m)
1-1'	184.00	7408.16	19.07	1771.59	3.00

表 4-7 1-1' 地质剖面模拟 3.0m³落石弹跳动能、高度与其对应的高程一览表

序号	水平距离 [m]	总动能 [kJ]	弹跳高度 [m]	对应高程 [m]	备注
1	0.00	0.00	0.00		
2	4.33	0.00	0.00		
3	8.67	0.00	0.00		
4	13.00	0.00	0.00		
5	17.33	0.00	0.00		
6	21.67	0.00	0.00		
7	26.00	0.00	0.00		
8	30.33	0.00	0.00	383.45	假设 3m³落石位置
9	34.67	102.63	0.00		
10	39.00	160.15	0.00		
.....					
38	160.34	2226.22	1.31		
39	164.67	2252.74	2.78		
40	167.84	2338.52	3.30	184.00	拟设被动网位置(被动网防护击能 3000kJ, 网高 5.0m)
41	169.00	2474.07	3.68		
42	173.34	2635.03	8.31		
42	177.67	2906.39	5.65		现状房子位置
43	182.00	2486.18	2.50		
44	186.34	1056.08	1.35		
45	190.67	1104.52	1.45		
46	195.00	956.06	1.14		
47	199.34	687.62	0.13		
48	203.67	527.85	0.01		
49	208.00	105.78	0.00		
50	212.34	0.00	0.00		
51	216.67	0.00	0.00		

1——1' 地质剖面3m³落石公式计算软件模拟(1000次)运动轨迹对比分析图
比例 1:1000

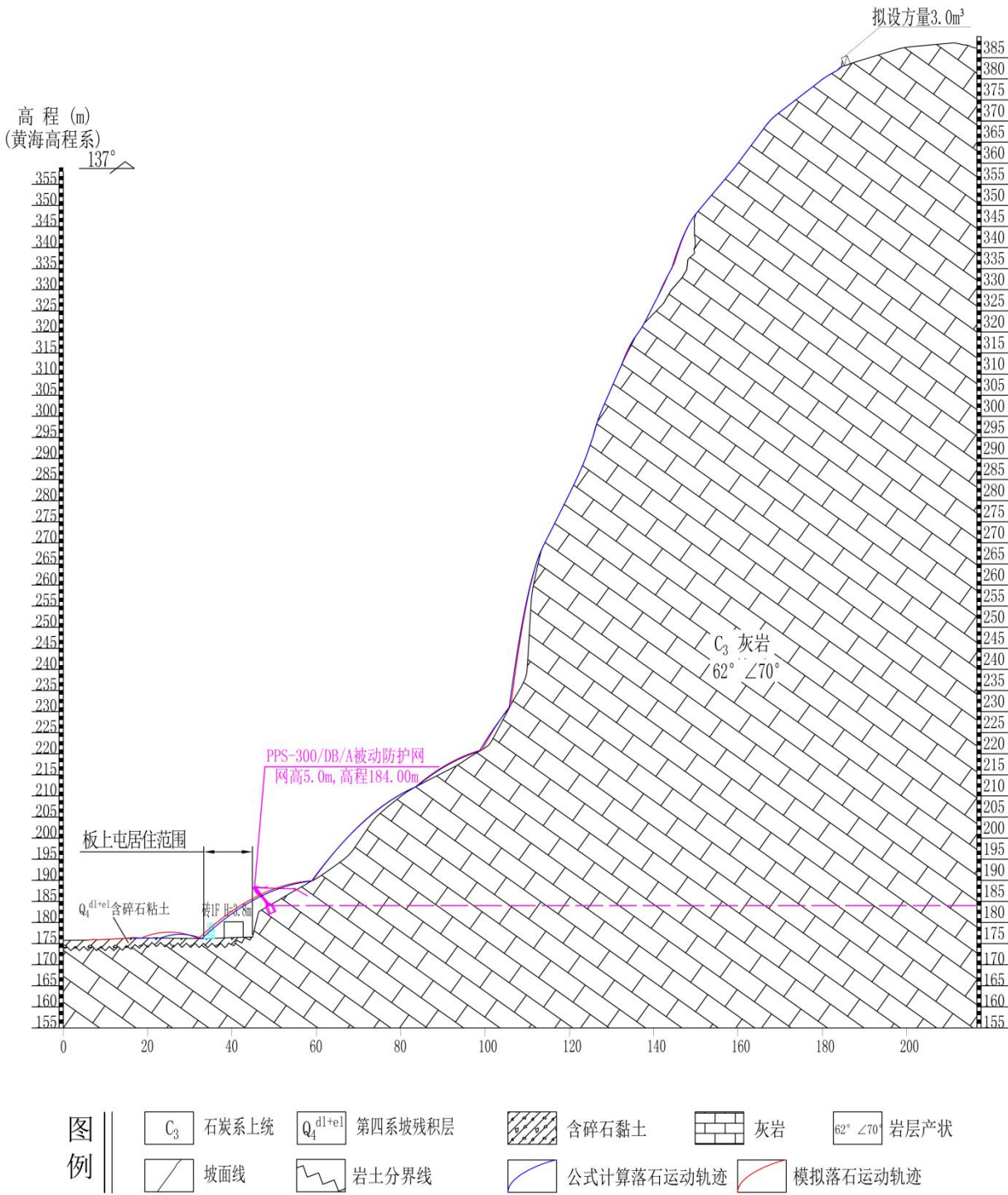


图 4-1 1-1' 地质剖面上 3m³落石公式计算轨迹和软件模拟轨迹结果对比分析图

②东南面山体 2-2' 地质剖面 3m³(质量 7408.16kg)落石的公式计算及模拟落石（1000 次）运动轨迹分析见图 4-2；布设被动防护网在同一高程位置处，公式计算结果的落石动能和弹跳高度结果见表 4-8，模拟弹跳动能、弹跳高度结果见表 4-9。

表 4-8 2-2' 地质剖面计算 3m³落石弹跳动能、弹跳高度等内容一览表

剖面	拟设被动网处高程	落石质量	危岩落石的碰撞拦石网的速度	动能	弹跳高度
	(m)	m (kg)	V_t (m/s)	E (kJ)	h (m)
2-2'	179.00	7408.16	22.50	2251.16	1.77

表 4-9 2-2' 地质剖面模拟 3m³落石弹跳动能、高度与其对应的高程一览表

序号	水平距离 [m]	总动能 [kJ]	弹跳高度 [m]	对应高程 [m]	备注
1	0.00	0.00	0.00		
2	4.05	0.00	0.00		
3	8.11	0.00	0.00		
4	12.16	0.00	0.00		
5	16.21	0.00	0.00		
6	20.27	0.00	0.00		
7	24.32	0.00	0.00		
8	28.37	0.00	0.00	385.86	假设 3m³ 落石位置
9	32.43	155.15	0.00		
10	36.48	236.55	0.00		
.....					
41	162.14	1953.20	6.40		
42	166.19	2167.38	2.33		
43	170.24	1134.34	1.92	179.00	拟设被动网位置（拦撞 击能 3000kJ，网高 4m）
44	174.30	855.06	1.95		
45	178.35	979.94	1.23	177.97	现状房子位置
46	182.40	666.15	0.35		
47	186.46	406.00	0.04		
48	190.51	197.69	0.00		
49	194.56	127.41	0.00		
50	198.62	66.35	0.00		

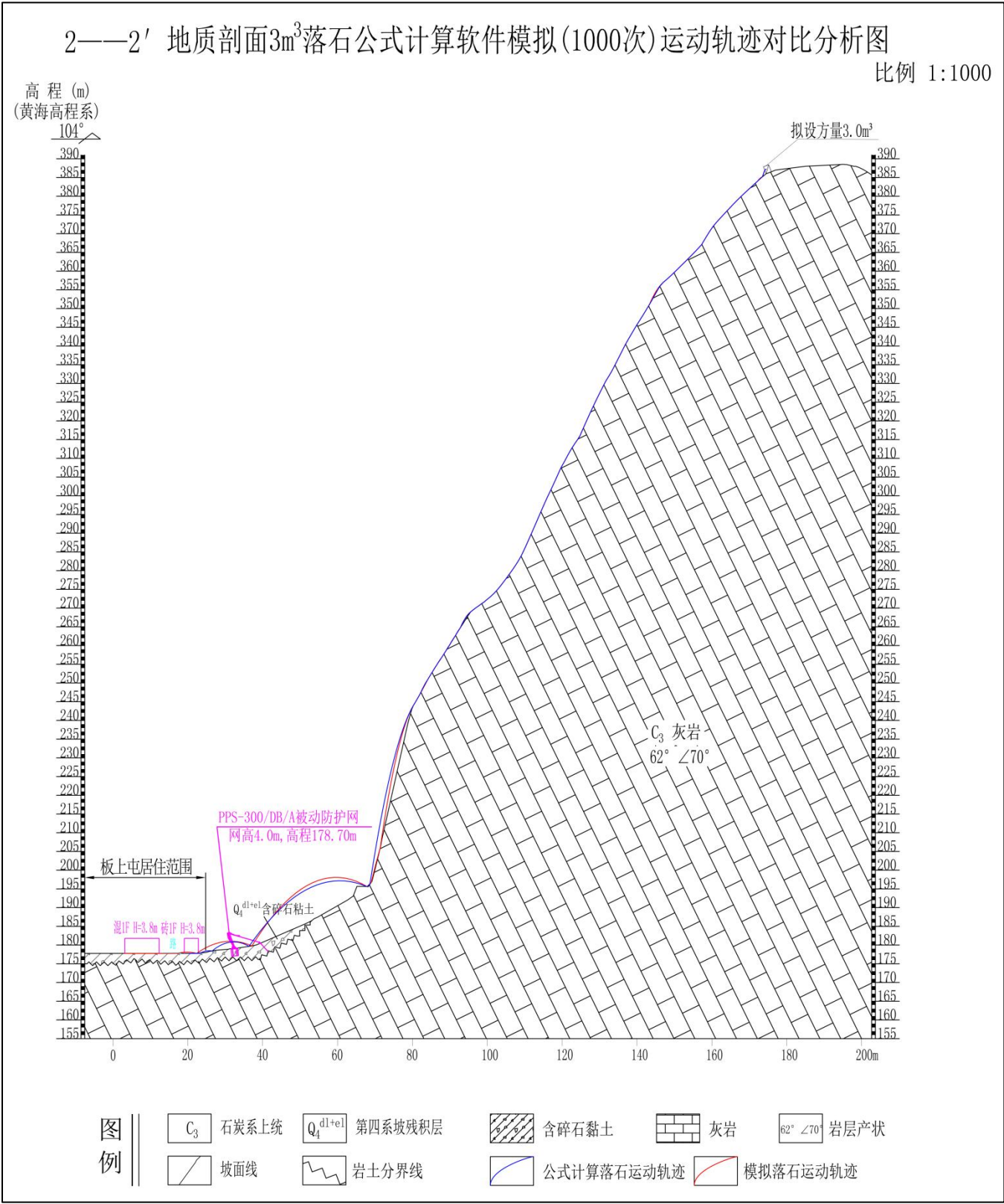


图 4-2 2-2' 地质剖面上 3m³ 落石公式计算轨迹和软件模拟轨迹结果对比分析图

③东南面山体 3-3' 地质剖面 3m³(质量 7408.16kg)落石的公式计算及模拟落石（1000 次）运动轨迹分析见图 4-3；布设被动防护网在同一高程位置处，公式计算结果的落石动能和弹跳高度结果见表 4-10,模拟弹跳动能、弹跳高度结果见表 4-11。

表 4-10 3-3' 地质剖面计算 3m³落石弹跳动能、弹跳高度等内容一览表

剖面	拟设被动网处高程	落石质量	危岩落石的碰撞拦石网的速度	动能	弹跳高度
	(m)	m (kg)	V_t (m/s)	E (kJ)	h (m)
3-3'	182.65	7408.16	20.44	1856.91	3.57

表 4-11 3-3' 地质剖面模拟 3m³落石弹跳动能、高度与其对应的高程一览表

序号	水平距离 [m]	总动能 [kJ]	弹跳高度 [m]	对应高程 [m]	备注
1	0.00	0.00	0.00		
2	4.43	0.00	0.00		
3	8.87	0.00	0.00		
4	13.30	0.00	0.00	323.86	假设 3m³落石位置
5	17.73	196.07	0.00		
6	22.16	270.02	0.00		
.....					
33	141.85	1667.45	0.76		
34	146.29	1357.49	0.75		
35	150.72	1179.36	0.32	182.65	拟设被动网位置（拦截击能 2000kJ，网高 5m）
36	155.15	930.24	0.04		
37	159.59	800.70	2.68		
38	164.02	993.15	0.38	177.70	现状房子位置
39	168.45	536.58	0.39		
.....					
46	199.48	0.00	0.00		
47	203.92	0.00	0.00		
48	208.35	0.00	0.00		
49	212.78	0.00	0.00		
50	217.21	0.00	0.00		
51	221.65	0.00	0.00		

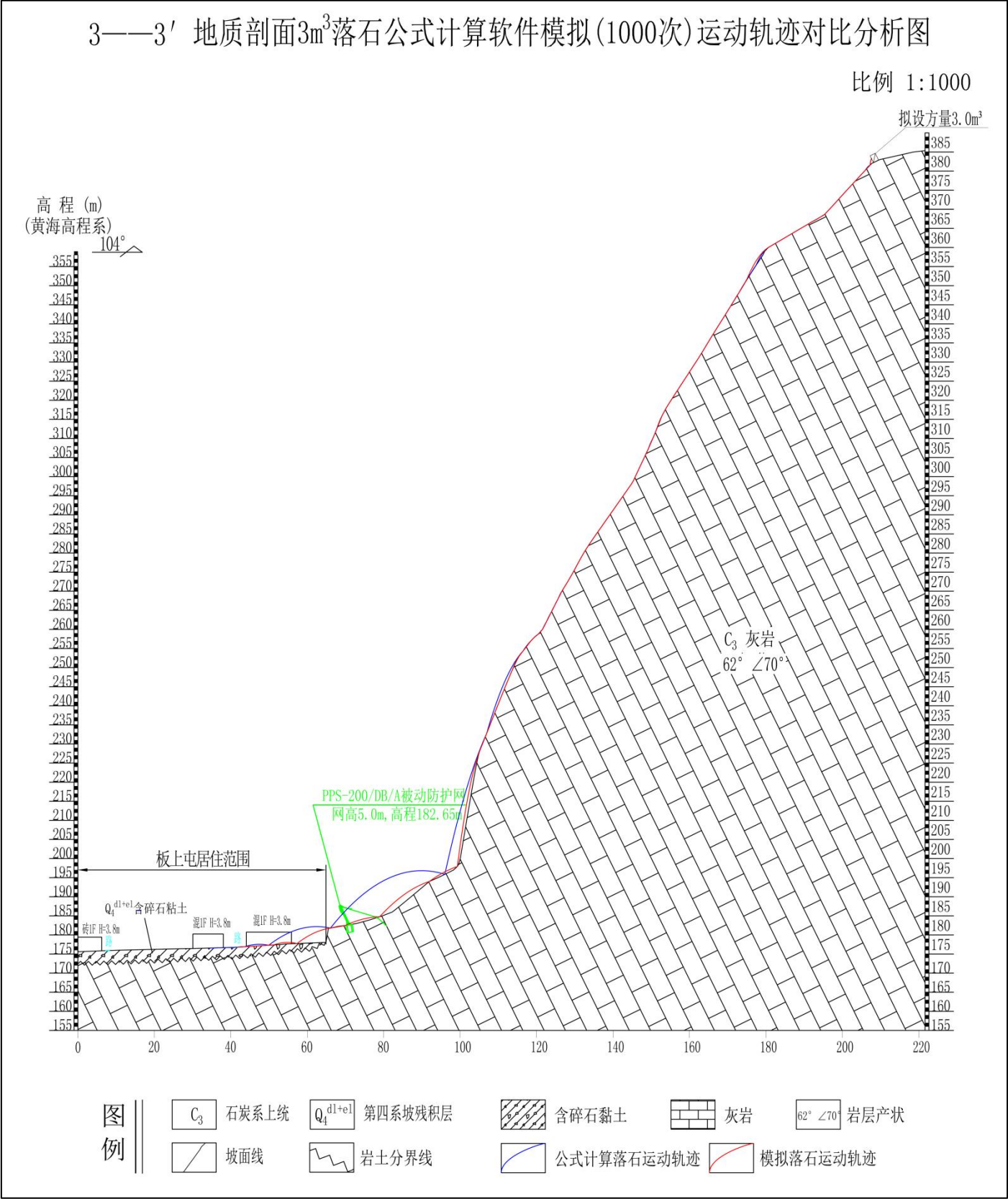


图 4-3 3-3' 地质剖面上 3m³落石公式计算轨迹和软件模拟轨迹结果对比分析图

④南面山体 5-5′ 地质剖面 3m³(质量 7408. 16kg) 落石的公式计算及模拟落石（1000 次）运动轨迹分析见图 4-4；布设被动防护网在同一高程位置处，公式计算结果的落石动能和弹跳高度结果见表 4-12,模拟弹跳动能、弹跳高度结果见表 4-13。

表 4-12 5-5′ 地质剖面计算 3m³落石弹跳动能、弹跳高度等内容一览表

剖面	拟设被动网处高程	落石质量	危岩落石的碰撞拦石网的速度	动能	弹跳高度
	(m)	m (kg)	V _t (m/s)	E (kJ)	h (m)
5-5′	186.00	7408.16	20.24	1820.73	3.59

表 4-13 5-5′ 地质剖面模拟 3m³落石弹跳动能、高度与其对应的高程一览表

序号	水平距离 [m]	总动能 [kJ]	弹跳高度 [m]	对应高程 [m]	备注
1	0.00	0.00	0.00		
2	2.65	0.00	0.00		
3	5.30	0.00	0.00		
4	7.95	0.00	0.00		
5	10.60	0.00	0.00	263.00	假设 3m³ 落石位置
6	13.25	144.84	0.20		
7	15.90	189.15	0.27		
.....					
38	98.03	1220.15	0.84		
39	100.68	1087.09	1.33		
40	103.33	1093.72	1.82	186.00	拟设被动网位置（拦截击能 2000kJ，网高 5m）
41	105.98	1052.72	2.31		
42	108.63	1199.32	5.77		
43	111.28	1378.67	3.81		
44	113.93	1480.14	1.59		
45	116.58	535.01	1.03	178.65	现状房子位置
46	119.23	502.52	1.03		
47	121.88	546.00	0.78		
48	124.53	391.95	0.07		
49	127.18	308.68	0.01		
50	129.83	161.31	0.00		
51	132.48	120.32	0.00		
52	132.49	0.00	0.00		

5——5′ 地质剖面3m³落石公式计算软件模拟(1000次)运动轨迹对比分析图
比例 1:1000

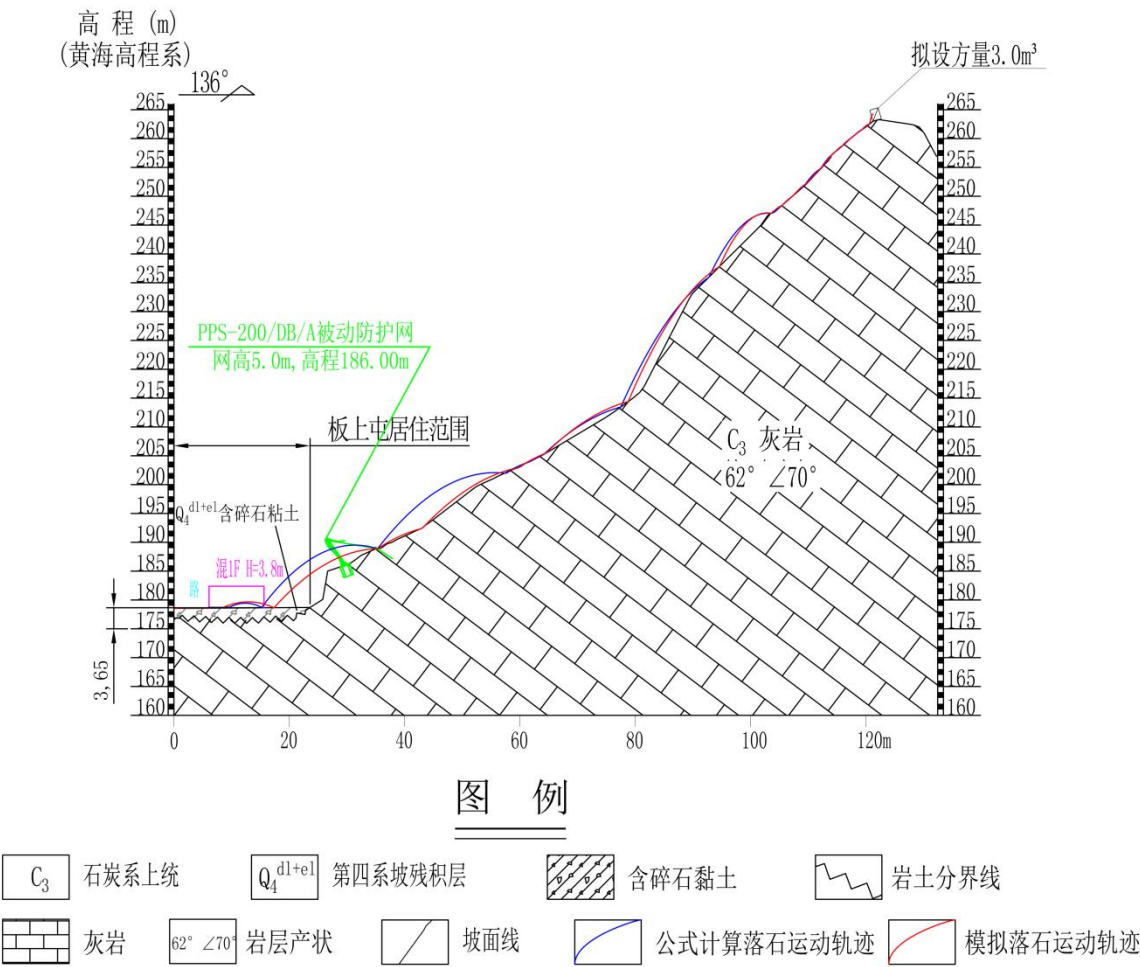


图 4-4 5-5′ 地质剖面上 3m³ 落石公式计算轨迹和软件模拟轨迹结果对比分析图

⑤西南面山体 7-7′ 地质剖面 3m³(质量 7408. 16kg) 落石的公式计算及模拟落石（1000 次）运动轨迹分析见图 4-5；布设被动防护网在同一高程位置处，公式计算结果的落石动能和弹跳高度结果见表 4-14,模拟弹跳动能、弹跳高度结果见表 4-15。

表 4-14 7-7′ 地质剖面计算 3m³落石弹跳动能、弹跳高度等内容一览表

剖面	拟设被动网处高程	落石质量	危岩落石的碰撞拦石网的速度	动能	弹跳高度
	(m)	m (kg)	V _t (m/s)	E (kJ)	h (m)
7-7′	185.00	7408.16	18.78	1567.05	3.77

表 4-15 7-7' 地质剖面模拟 3m³落石弹跳动能、高度与其对应的高程一览表

序号	水平距离 [m]	总动能 [kJ]	弹跳高度 [m]	对应高程 [m]	备注
1	0.00	0.00	0.00		
2	5.68	0.00	0.00		
3	11.36	0.00	0.00	473.60	假设 3m³落石位置
4	17.03	193.69	0.00		
5	22.71	272.18	0.00		
.....					
32	176.01	3326.13	8.90		
33	181.68	3753.84	4.07		
34	187.36	1817.62	3.61	185.00	拟设被动网位置（拦撞 击能 2000kJ，网高 5m）
35	193.04	1984.90	6.76		
36	198.72	2226.53	7.04		
37	204.39	2037.41	4.93		
38	210.07	1714.25	0.88		
39	215.75	1016.80	0.91		
40	221.43	541.25	0.09		
41	227.10	370.61	0.00		
42	232.78	284.20	0.00		
43	238.46	197.78	0.00	178.95	现状房子位置
44	244.14	0.00	0.00		
.....					
50	278.20	0.00	0.00		
51	283.88	0.00	0.00		

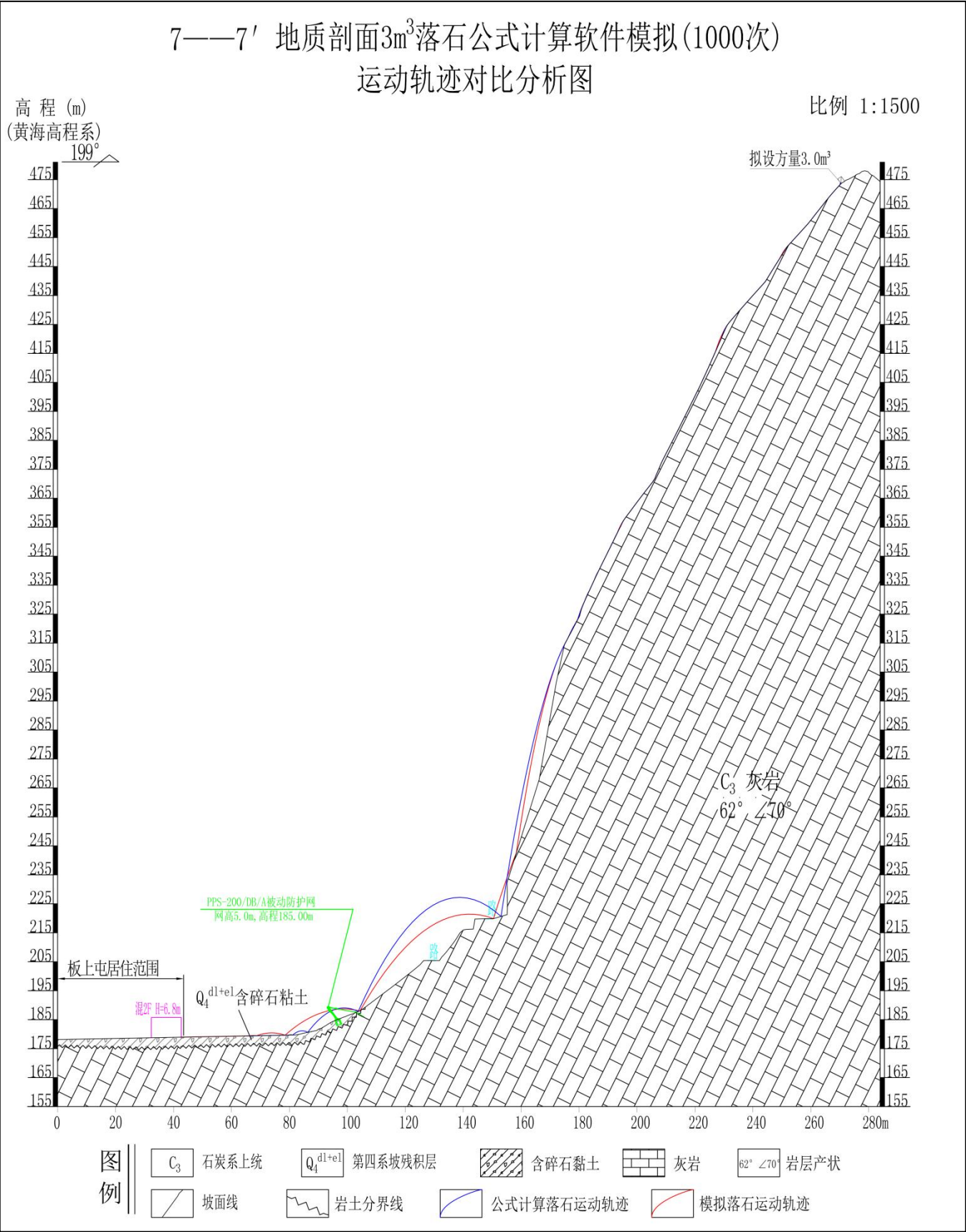


图 5-5 7-7' 地质剖面上 3m³落石公式计算轨迹和软件模拟轨迹结果对比分析图

⑥西南面山体 8-8' 地质剖面 3m³(质量 7408.16kg)落石的公式计算及模拟落石（1000 次）运动轨迹分析见图 4-6；根据轨迹得知，该剖面上的落石不会威胁到村庄，故此处不布设被动防护网。

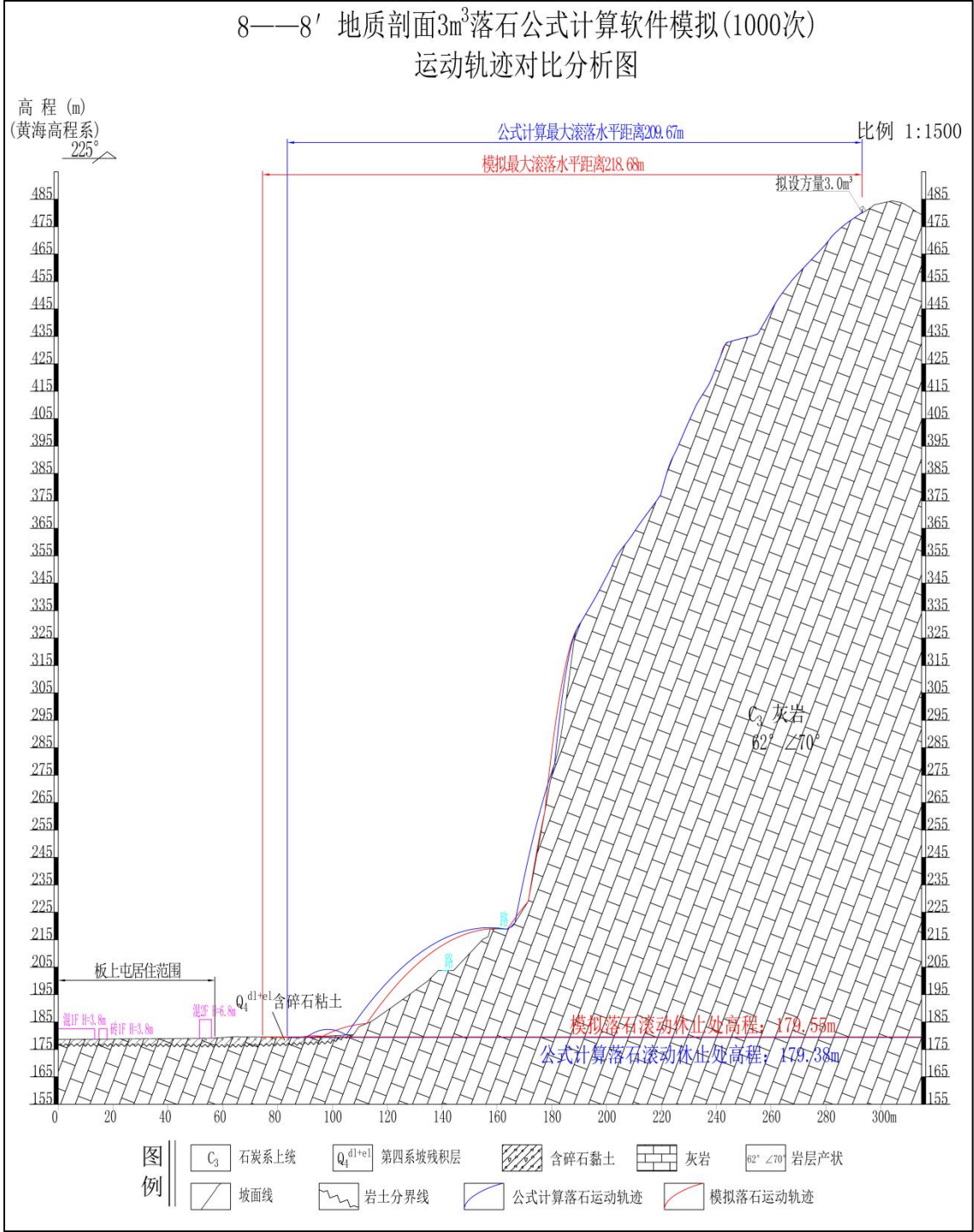


图 4-6 8-8' 地质剖面上 3m³ 落石公式计算轨迹和软件模拟轨迹结果对比分析图

根据上述最不利剖面的计算和软件模拟结果，及考虑被动防护网规格的优化、放置位置，结合临近山体的现状建构筑物分布和建构筑物筑最大高度情况分析，最终结果汇总见表 4-16。

表 4-16 不利剖面的落石计算和软件模拟 1000 次结果汇总一览表

剖面编号	模拟落石方量(m³)	斜坡坡度(°)	被动防护网放置高程(m)	计算的弹跳高度 h(m)	模拟落石至被动网处弹跳高度 H(m)	计算落石至被动网处撞击动能 P(kJ)	模拟落石至被动网处撞击动能 P(kJ)	拟采用被动防护网能级(kJ)	拟设置防护网高度(m)	备注
1-1'	3.0	3~84	184.00	3.00	3.30	2338.52	1771.59	3000	5	网高考虑临近建筑物高度，网高于最大建筑物高度
2-2'	3.0	5~69	179.00	1.77	1.92	2251.16	1134.34	3000	4	
3-3'	3.0	4~80	182.65	3.57	0.32	1856.91	1179.36	2000	5	
5-5'	3.0	6~80	186.00	3.59	1.82	1820.73	1093.72	2000	5	
7-7'	3.0	8~89	185.00	3.77	3.61	1567.05	1817.62	2000	5	

根据以上计算及软件模拟结果，结合山体落石分布规模及特征，为防护山下居民的生命和财产的安全，在马山县白山镇兴华村板上屯西至东侧山体坡脚处设置 3 道不连续（端部重叠长度 5.0m）被动防护网拦挡崩落的石块，被动网型号是以落石撞击能的大小确定，网高不仅考虑了防护网所在位置落石弹跳高度，而且还考虑了临近山体侧最高建筑物高度，网高需高于建筑物最大高度，以防落石越过网威胁建筑物和人民生命、财产安全，因此网高以防护网所在位置落石弹跳高度和临近山体

侧最高建筑物综合确定。考虑安全性、经济性和被动网与现状建筑物高度和相对位置以及需预留当地居民上山出入口，结合计算落石和软件模拟落石滚落撞击动能和弹跳高度进行分析，选用的被动防护网型号为 PPS-200/DB/A 及 PPS-300/DB/A，被动网使用耐久年限为 30 年，被动防护网参数及工作量见表 4-17。

表 4-17 被动防护网参数及工作量一览表

型号	网型	结构配置	主要防护功能	工程量	备注
PPS-300/DB/A	RN/19/3/300	钢柱+支撑绳+拉锚绳+柔性金属网+环形消能装置〔钢柱（间距 10m），带环式消能装置的 φ22 上下支撑绳、φ20 “人”字形上拉锚绳和 φ20 侧拉锚绳，RN/19/3/300 环形网，双绞六边形网（DT/2.2/80×100）。	拦截撞击能 3000kJ 以内的落石。	布设的高程为 184.00m，总长：62.00m，高 5.0m，总面积 372.00m ² 。	拐点编号：A1～A8 段
				布设的高程为 179.00m，总长：66.00m，高 4.0m，总面积 330.00m ² 。	拐点编号：A9～A19 段
PPS-200/DB/A	RN/16/3/300	钢柱+支撑绳+拉锚绳+柔性金属网+环形消能装置〔钢柱（间距 10m），带环式消能装置的 φ22 上下支撑绳、φ18 “人”字形上拉锚绳和 φ18 侧拉锚绳，RN/16/3/300 环形网，双绞六边形网（DT/2.2/80×100）。	拦截撞击能 2000kJ 以内的落石。	布设的高程为 180～185m，总长：84.00m，高 5.0m，总面积 504.00m ² 。	拐点编号：B1～B10 段
				布设的高程为 186.00m，总长：71.00m，高 5.0m，总面积 426.00m ² 。	拐点编号：B11～B17 段
				布设的高程为 185.00m，总长：98.00m，高 5.0m，总面积 588.00m ² 。	拐点编号：B18～B30 段

5. 危岩临时防护锚杆设计拉拔力的计算

据勘查报告，勘查区内危岩下方为当地村民居民楼，为重点防护区域，且分布在山体上的危岩体方量较大，治理前需进行临时加固防护。治理前应对危岩体进行

捆绑，捆绑宜采用 Φ14 钢丝绳在危岩体重心高度处及其上、下部位置进行捆绑，联结钢绳两端与 Φ25mm 锚杆联结固定在完整母岩上，绳钢丝绳绳索不宜少于三圈。每根 Φ25mm 锚杆（单根锚杆锚固力 75kN），锚杆长 2m，锚固段长 1.7m，锚杆孔径 50mm。保证锚杆共同受力，避免受力不均匀，确保安全，锚杆规格参数详见表 5-1（经计算，锚杆轴向拉力为 111.2KN，考虑到有部分锚杆是固定多块危岩体的，统一每根锚杆设计抗拔力值为 75kN。单根锚杆锚固力 f=75kN）。

表 5-1 普通螺纹钢筋抗拉强度设计值、标准值（N/mm²）

种类	直径（mm）	抗拉强度设计值（f _y ）	屈服强度标准值（f _{yk} ）	极限强度标准值（f _{stk} ）
HRB400	25	360	400	540

（1）锚杆钢筋截面面积应满足下式要求：

$$A_s \geq \frac{K_b N_{ak}}{f_y}$$

式中 A_s —锚杆钢筋或预应力钢绞线截面面积（ m^2 ）；

N_{ak} —锚杆轴向拉力标准值（KN）；

f_y 、 f_{py} —锚筋或预应力钢绞线抗拉强度设计值（KPa），可根据《危岩防治工程技术规范》（DB 45/T 1696-2018）表 E.4 取值抗拉强度取 $f_y=360\text{MPa}=360\text{N/mm}^2$ 。

K_b —锚杆杆体抗拉安全系数，根据《危岩防治工程技术规范》（DB 45/T 1696-2018）表 10 取值 2.0。

（2）锚杆锚固体与地层的锚固长度应满足下式要求：

$$l_a \geq \frac{K \bullet N_{ak}}{\pi d f_{rbK}}$$

式中 l_a —锚固段长度（m）；

d—锚固体直径（mm）；

N_{ak} —锚杆轴向拉力标准值（KN）；

f_{rbK} —地层与锚固体粘结强度特征值（KPa），应通过试验确定，当无试验数据时可根据《危岩防治工程技术规范》（DB 45/T 1696-2018）表 11 取值，
 f_{rb} =1000kpa；

K —锚杆锚固体抗拔安全系数，根据《危岩防治工程技术规范》（DB 45/T 1696-2018）表 10 取值 2.4。

（3）锚杆钢筋与锚固砂浆间的锚固长度应满足下式应满足下式要求：

$$l_a \geq \frac{KN_a}{n \pi d f_b}$$

式中 l_a —锚杆钢筋与砂浆间的锚固长度（m）；

d—锚杆钢筋直径（mm）；

N_{ak} —锚杆轴向拉力标准值（KN）；

n—钢筋根数（根）；

f_b —钢筋与锚固砂浆间的粘结强度设计（kpa），根据《危岩防治工程技术规范》（DB 45/T 1696-2018）表 12 取值 1400 kpa。

K —锚杆锚固体抗拔安全系数，根据《危岩防治工程技术规范》（DB 45/T 1696-2018）表 10 取值 2.4。

表 5-2 临时锚杆计算参数表

《危岩防治工程技术规范》（DB 45/T 1696-2018）及《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2002）计算		GB50330-2002	DB 45/T 1696-2018
一、计算参数			
锚杆锚固体抗拔安全系数（临时）K	2.4		
锚固体直径 D(m)	0.05	表 8.2.3-1	表 10
地层与锚固体粘结强度特征值 f _{rbk} (kPa)	1000		
设计锚固长度 (m)	1.7	表 8.2.3-2	表 11
Nak: 锚杆轴向拉力标准值 N _{ak} (kN)	111.2		
Na: 锚杆轴向拉力设计值 Na (kN)	75		
二、检算			
1、锚杆抗拉承载力检算			
锚杆杆体抗拉安全系数 K _b	2.0		
锚筋抗拉强度设计值 f _y (kPa)	360000		
锚杆截面面积 AS (m ²)	0.000416666	计算出数据	
设计锚杆截面面积 (m ²)	0.001963437		
检算结果	符合规范要求		
2、锚固体与地层的锚固长度检算			
锚杆锚固体抗拔安全系数 K	2.4		
锚固体直径 D(m)	0.05		
地层与锚固体粘结强度特征值 f _{rbk} (kPa)	1000	表 8.2.3-2	表 11
锚固段长度 l _a (m)	1.145949	计算出数据	
设计锚固长度 (m)	1.7		
检算结果	符合规范要求		
3、钢筋与锚固砂浆的锚固长度检算			
锚杆锚固体抗拔安全系数 K	2.4		
钢筋根数 n	1		
钢筋直径 d (m)	0.025		
钢筋与锚固砂浆的粘结强度特征值 f _b (kPa)	1400		
锚固段长度 l _a (m)	1.6370	计算出数据	
设计锚固长度 (m)	1.7		
检算结果	符合规范要求		

6. 钢管落地式脚手架计算

扣件式钢管落地脚手架的计算依据《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2011)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2011)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009-2012)、《钢结构设计规范》(GB 50017-2017)等编制。本设计脚手架仅针对施工搭建时参考，不作为设计脚手架依据。

对于超高脚手架，施工方对超高脚手架编制安全专项施工方案和进行安全专项施工方案专家论证。专项方案编制和专家论证按照《危岩防治工程技术规范》(DB 45/T 1696-2018)中的 14.1.4 条执行，并参照住房与建设行业危险性较大的分部分项工程安全管理有关规定执行。对搭设高度 20m~39m 落地式钢管脚手架（小于 20m 高度的一般在施工组织方案中说明）及 1m~14m 的悬挑式脚手架须编制安全专项施工方案并经监理单位审批，不需要进行专家技术论证；对搭设高度 40m 及以上落地式钢管脚手架、架体高度 15m 及以上悬挑式脚手架还需进行专家技术论证。

6.1 参数信息

- 双排脚手架搭设高度为 40 m，立杆采用单立杆；
- 搭设尺寸为：横距L_b为 1.05m，纵距L_a为1.5m，大小横杆的步距为1.5 m；
- 内排架距离墙长度为0.20m；
- 大横杆在上，搭接在小横杆上的大横杆根数为 2 根；
- 采用的钢管类型为 Φ48.3×3.6，钢管截面几何特征参数见表6-1；
- 横杆与立杆连接方式为双扣件；取扣件抗滑承载力系数为 1.00；
- 连墙件采用二步三跨，竖向间距1.5 m，水平间距4.5 m，采用扣件连接；
- 连墙件连接方式为双扣件；

表 6-1 钢管截面几何特性

外径 Φ	壁厚 t	截面积 A (cm ²)	惯性矩 I (cm ⁴)	截面模量 W (cm ³)	回转半径 i (cm)	抗弯、抗压容许应 力[σ]N/mm ²	每米长质量 (kg/m)
48.3	3.6	5.06	12.71	5.26	1.59	205	3.97

6.2 活荷载参数

- 施工均布活荷载标准值:2.000 kN/m²；
- 块石荷载（20cm×20cm×40cm的块石）：
[0.2*0.2*0.4*25.1/（1.5*1.05）]=0.25kN/m²；
- 总活荷载标准值：2.0+0.25=2.25kN/m²。
- 同时施工层数:2 层。

6.3 风荷载参数

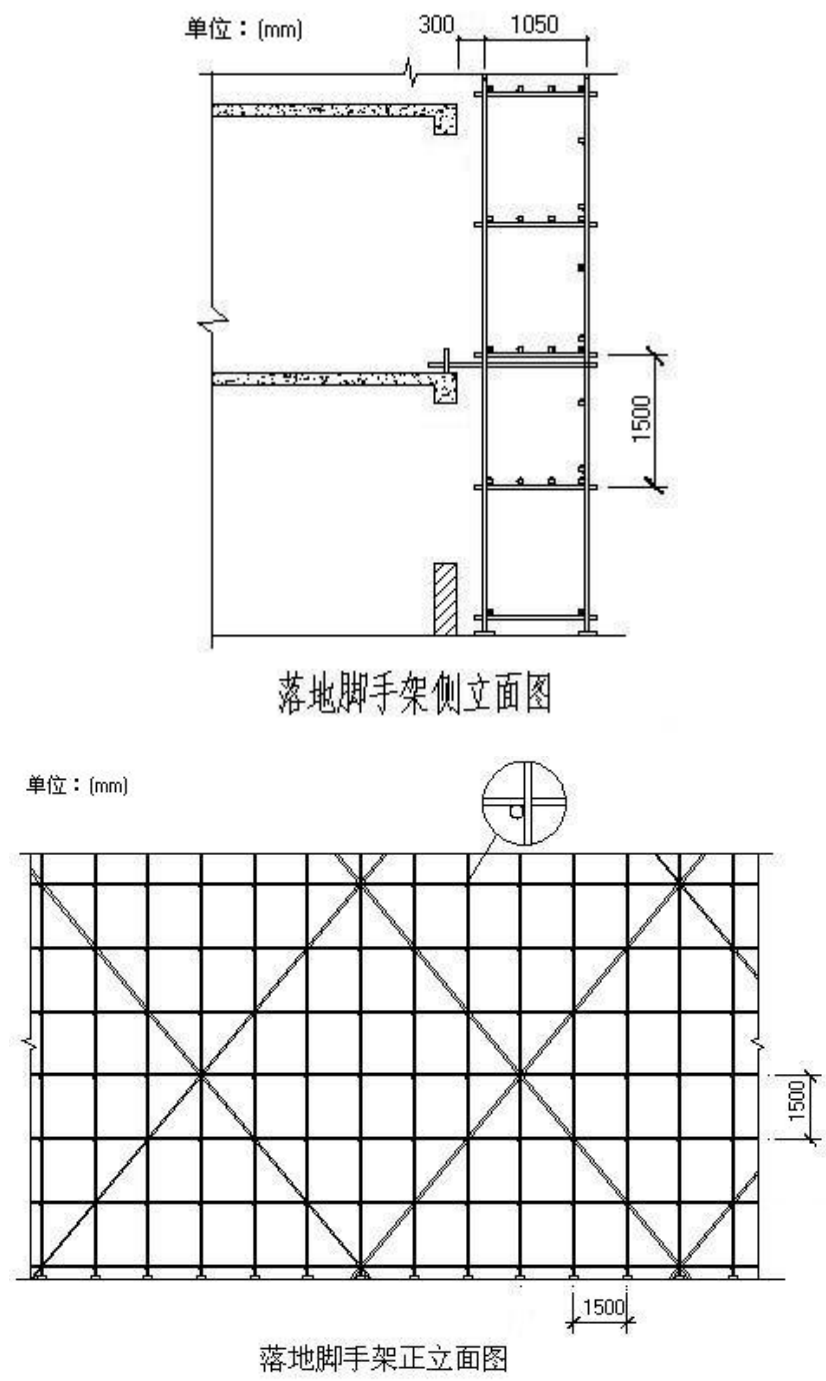
- 本工程地处广西南宁市，基本风压0.40 kN/m²；
- 风荷载高度变化系数 μ_z，取1.62；
- 风荷载体型系数： μ_s=1.3 Φ=1.3×0.096=0.125；
- Φ为挡风系数，取0.096；

6.4 静荷载参数

- 每米立杆承受的结构自重标准值(kN/m):0.1444；
- 脚手板自重标准值(kN/m²):0.350；栏杆挡脚板自重标准值(kN/m):0.170；
- 安全设施与安全网(kN/m²):0.01；
- 脚手板类别:竹串片脚手板；栏杆挡板类别:竹串片脚手板挡板；
- 每米脚手架钢管自重标准值(kN/m):0.04；
- 脚手板铺设层数:2；

6.5 地基参数

地基类型: 破碎灰岩; 地基承载力标准值(kPa): 900.00;
立杆基础底面面积(m²): 0.20; 地基承载力调整系数: 1.00。



6.6 大横杆的计算:

按照《扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2001)第 5.2.4 条规定, 大横杆按照三跨连续梁进行强度和挠度计算, 大横杆在小横杆的上面。将大横杆上面的脚手板自重和施工活荷载作为均布荷载计算大横杆的最大弯矩和变形。

1、均布荷载值计算

大横杆的自重标准值: $P_1=0.04 \text{ kN/m}$;
脚手板的自重标准值: $P_2=0.35 \times 1.05 / (2+1)=0.122 \text{ kN/m}$;
活荷载标准值: $Q=2.25 \times 1.05 / (2+1)=0.8 \text{ kN/m}$;
静荷载的设计值: $q_1=1.2 \times 0.04+1.2 \times 0.122=0.195 \text{ kN/m}$;
活荷载的设计值: $q_2=1.4 \times 0.8=1.12 \text{ kN/m}$;

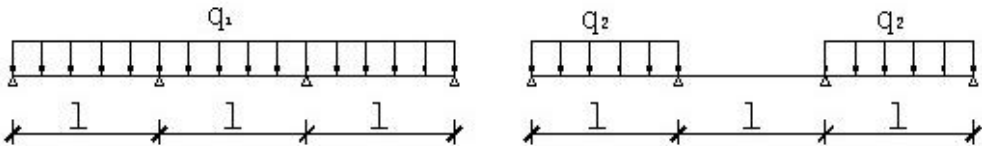


图1 大横杆设计荷载组合简图(跨中最大弯矩和跨中最大挠度)

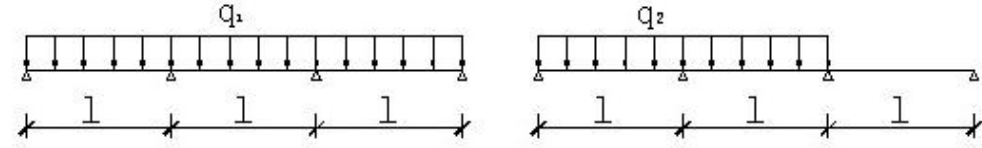


图2 大横杆设计荷载组合简图(支座最大弯矩)

2、强度验算

跨中和支座最大弯距分别按图1、图2组合。

跨中最大弯距计算公式如下:

$$M_{lmax} = 0.08q_1l^2 + 0.10q_2l^2$$

跨中最大弯距为 $M_{lmax}=0.08 \times 0.195 \times 1.5^2+0.10 \times 1.12 \times 1.5^2 =0.287 \text{ kN} \cdot \text{m}$;

支座最大弯距计算公式如下:

$$M_{2\max} = -0.10q_1l^2 - 0.117q_2l^2$$

支座最大弯距为 $M_{2\max} = -0.10 \times 0.195 \times 1.5^2 - 0.117 \times 1.12 \times 1.5^2 = -0.339 \text{ kN} \cdot \text{m}$;

选择支座弯矩和跨中弯矩的最大值进行强度验算：

$$\sigma = \text{Max}(0.287 \times 10^6, 0.339 \times 10^6) / 5260 = 64.448 \text{ N/mm}^2;$$

大横杆的最大弯曲应力为 $\sigma = 64.448 \text{ N/mm}^2$ 小于大横杆的抗压强度设计值

$[f] = 205 \text{ N/mm}^2$ ，满足要求！

3、挠度验算

最大挠度考虑为三跨连续梁均布荷载作用下的挠度。

计算公式如下：

$$v_{\max} = (0.677q_1l^4 + 0.990q_2l^4) / 100EI$$

其中：静荷载标准值： $q_1 = P_1 + P_2 = 0.04 + 0.122 = 0.162 \text{ kN/m}$ ；

活荷载标准值： $q_2 = Q = 0.8 \text{ kN/m}$ ；

最大挠度计算值为： $v = 0.677 \times 0.162 \times 1500^4 / (100 \times 2.06 \times 10^5 \times 127100) + 0.990 \times 0.8 \times 1500^4 / (100 \times 2.06 \times 10^5 \times 127100) = 1.743 \text{ mm}$ ；

大横杆的最大挠度 1.743 mm 小于大横杆的最大容许挠度 $1500/150 \text{ mm}$ 与 10 mm ，满足要求！

6.7 小横杆的计算

根据《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2011)第5.2.4条规定，小横杆按照简支梁进行强度和挠度计算。大横杆在小横杆的上面，用大横杆支座的最大反力计算值作为小横杆集中荷载，在最不利荷载布置下计算小横杆的最大弯矩和变形。

1、荷载值计算

大横杆的自重标准值： $p_1 = 0.04 \times 1.5 = 0.06 \text{ kN}$ ；

脚手板的自重标准值： $P_2 = 0.35 \times 1.05 \times 1.5 / (2+1) = 0.184 \text{ kN}$ ；

活荷载标准值： $Q = 2.25 \times 1.05 \times 1.5 / (2+1) = 1.181 \text{ kN}$ ；

集中荷载的设计值： $P = 1.2 \times (0.06 + 0.184) + 1.4 \times 1.181 = 1.946 \text{ kN}$ ；

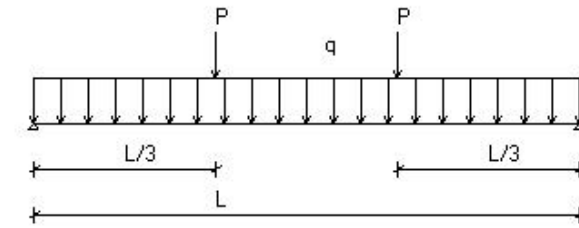


图3 小横杆计算简图

2、强度验算

最大弯矩考虑为小横杆自重均布荷载与大横杆传递荷载的标准值最不利分配的弯矩和；

均布荷载最大弯矩计算公式如下：

$$M_{q\max} = ql^2/8$$

$$M_{q\max} = 1.2 \times 0.04 \times 1.05^2 / 8 = 0.007 \text{ kN} \cdot \text{m}；$$

集中荷载最大弯矩计算公式如下：

$$M_{p\max} = Pl/3$$

$$M_{p\max} = 1.946 \times 1.05 / 3 = 0.681 \text{ kN} \cdot \text{m}；$$

$$\text{最大弯矩 } M = M_{q\max} + M_{p\max} = 0.688 \text{ kN} \cdot \text{m}；$$

$$\text{最大应力计算值 } \sigma = M / W = 0.688 \times 10^6 / 5260 = 130.798 \text{ N/mm}^2；$$

小横杆的最大弯曲应力 $\sigma = 130.798 \text{ N/mm}^2$ 小于 小横杆的抗压强度设计值

205 N/mm²，满足要求！

3、挠度验算

最大挠度考虑为小横杆自重均布荷载与大横杆传递荷载的设计值最不利分配的挠度和；

小横杆自重均布荷载引起的最大挠度计算公式如下：

$$v_{qmax} = 5ql^4/384EI$$
$$v_{qmax}=5\times0.04\times1050^4/(384\times2.06\times10^5\times127100) = 0.024 \text{ mm} ;$$

大横杆传递荷载 $P = p_1 + p_2 + Q = 0.06+0.184+1.181 = 1.425 \text{ kN}$;

集中荷载标准值最不利分配引起的最大挠度计算公式如下：

$$v_{pmax} = P l (3l^2 - 4l^2/9)/72EI$$
$$v_{pmax} = 1425\times1050\times (3\times1050^2-4\times1050^2/9) / (72\times2.06\times10^5\times127100) = 2.24 \text{ mm};$$

最大挠度和 $v = v_{qmax} + v_{pmax} = 0.024+2.24 = 2.264 \text{ mm}$;

小横杆的最大挠度为 2.264 mm 小于 小横杆的最大容许挠度 1050/150=7与10 mm,满足要求！

6.8 扣件抗滑力的计算

按照《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范培训讲座》刘群主编，P96页，双扣件承载力设计值取16.00kN，按照扣件抗滑承载力系数0.85，该工程实际的旋转双扣件承载力取值为13.6kN 。

纵向或横向水平杆与立杆连接时，扣件的抗滑承载力按照下式计算（《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》5.2.5）：

$$R \leqslant R_c$$

其中 R_c -- 扣件抗滑承载力设计值,取16.00 kN;

R -- 纵向或横向水平杆传给立杆的竖向作用力设计值；

大横杆的自重标准值： $P_1 = 0.04\times1.5\times2/2=0.06 \text{ kN}$;

小横杆的自重标准值： $P_2 = 0.04\times1.05/2=0.021 \text{ kN}$;

脚手板的自重标准值： $P_3 = 0.35\times1.05\times1.5/2=0.276 \text{ kN}$;

活荷载标准值： $Q = 2.25\times1.05\times1.5 /2 = 1.772 \text{ kN}$;

荷载的设计值： $R=1.2\times (0.06+0.021+0.276)+1.4\times1.772=2.909 \text{ kN}$;

$R < 13.6 \text{ kN}$,所以双扣件抗滑承载力的设计计算满足要求！

6.9 脚手架立杆荷载计算

作用于脚手架的荷载包括静荷载、活荷载和风荷载。静荷载标准值包括以下内容：

- (1) 每米立杆承受的结构自重标准值，为0.1444kN/m
 - $N_{G1} = [0.1444+(1.50\times2/2)\times0.040/1.50]\times40 = 7.376\text{kN}$;
 - (2) 脚手板的自重标准值；采用竹串片脚手板，标准值为0.35kN/m²
 - $N_{G2}= 0.35\times4\times1.5\times (1.05+0.2)/2 = 1.313\text{kN}$;
 - (3) 栏杆与挡脚手板自重标准值；采用木脚手板挡板，标准值为0.17kN/m
 - $N_{G3} = 0.17\times4\times1.5/2 = 0.51 \text{ kN}$;
 - (4) 吊挂的安全设施荷载，包括安全网:0.01 kN/m²
 - $N_{G4} = 0.01\times1.5\times45= 0.675 \text{ kN}$;
- 经计算得到，静荷载标准值

$$N_G = N_{G1} + N_{G2} + N_{G3} + N_{G4} = 9.874 \text{ kN};$$

活荷载为施工荷载标准值产生的轴向力总和，立杆按一纵距内施工荷载总和的1/2取值。经计算得到，活荷载标准值。

$$N_Q = 2.25 \times 1.05 \times 1.5 \times 2/2 = 3.54 \text{ kN};$$

考虑风荷载时，立杆的轴向压力设计值为

$$N = 1.2 N_G + 0.9 \times 1.4 N_Q = 1.2 \times 9.874 + 0.9 \times 1.4 \times 3.54 = 16.309 \text{ kN};$$

不考虑风荷载时，立杆的轴向压力设计值为

$$N' = 1.2 N_G + 1.4 N_Q = 1.2 \times 9.874 + 1.4 \times 3.54 = 16.805 \text{ kN};$$

6.10 立杆的稳定性计算

风荷载标准值按照以下公式计算

$$W_k = \mu_z \cdot \mu_s \cdot \omega_0$$

其中 ω_0 —— 基本风压 (kN/m^2)，按照《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012)的规定采用： $\omega_0 = 0.40 \text{ kN/m}^2$ ；

μ_z —— 风荷载高度变化系数： μ_z 取值为1.62；

μ_s —— 风荷载体型系数：取值为0.125；

经计算得到，风荷载标准值为：

$$W_k = 0.40 \times 0.125 \times 1.62 = 0.081 \text{ kN/m}^2;$$

风荷载设计值产生的立杆段弯矩 M_w 为：

$$M_w = 0.9 \times 1.4 W_k L_a h^2 / 10 = 0.9 \times 1.4 \times 0.081 \times 1.5 \times 1.5^2 / 10 = 0.034 \text{ kN} \cdot \text{m};$$

考虑风荷载时，立杆的稳定性计算公式

$$\sigma = N / (\phi A) + M_w / W \leq [f]$$

立杆的轴心压力设计值： $N = 16.309 \text{ kN}$ ；

不考虑风荷载时，立杆的稳定性计算公式

$$\sigma = N / (\phi A) \leq [f]$$

立杆的轴心压力设计值： $N = N' = 16.805 \text{ kN}$ ；

立杆的截面回转半径： i 取1.59 cm；

计算长度附加系数： $k = 1.155$ ；

计算长度系数参照《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2011)

表5.2.8得： $\mu = 1.5$ ；

计算长度，由公式 $l_0 = k \mu h$ 确定： $l_0 = 2.599 \text{ m}$ ；

长细比： $L_0 / i = 163$ ；

轴心受压立杆的稳定系数 ϕ ，由长细比 l_0 / i 的结果查表得到： $\phi = 0.265$

立杆净截面面积： $A = 5.06 \text{ cm}^2$ ；

立杆净截面模量(抵抗矩)： $W = 5.26 \text{ cm}^3$ ；

钢管立杆抗压强度设计值： $[f] = 205 \text{ N/mm}^2$ ；

考虑风荷载时

$$\sigma = 16309 / (0.265 \times 506) + 125000 / 5260 = 145.392 \text{ N/mm}^2;$$

立杆稳定性计算 $\sigma = 145.392 \text{ N/mm}^2$ 小于立杆的抗压强度设计值 $[f] = 205 \text{ N/mm}^2$ ，满足要求！

不考虑风荷载时

$$\sigma = 16805 / (0.265 \times 506) = 125.326 \text{ N/mm}^2;$$

立杆稳定性计算 $\sigma = 125.326 \text{ N/mm}^2$ 小于立杆的抗压强度设计值 $[f] = 205$

N/mm²，满足要求！

6.11 最大搭设高度的计算

按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》（JGJ130-2011）5.2.11条，脚手架允许搭设高度按照下列公式计算，并应取最小值。

考虑风荷载时：

$$[H] = [\phi Af - (1.2N_{G2k} + 0.9 \times 1.4(\sum N_{Qk} + M_{wk} \phi A/W))]/1.2G_k;$$

不考虑风荷载时：

$$[H] = [\phi Af - (1.2N_{G2k} + 1.4 \sum N_{Qk})]/1.2G_k ;$$

构配件自重标准值产生的轴向力 N_{G2K}(kN)为：

$$N_{G2K} = N_{G2}+N_{G3}+N_{G4} =1.313+0.51+0.675= 2.498 \text{ kN};$$

活荷载标准值：N_q = 3.54 kN；

每米立杆承受的结构自重标准值：G_k = 0.1444 kN/m；

$$\text{立杆段由风荷载标准值产生的弯矩： } M_{wk}=M_w / (1.4 \times 0.90) =0.034 / (1.4 \times 0.90) = 0.027\text{kN} \cdot \text{m};$$

考虑风荷载时，脚手架允许搭设高度：

$$[H] =(0.265 \times 5.06 \times 10^{-4} \times 205 \times 10^3 - (1.2 \times 2.498 + 0.90 \times 1.4 \times (3.54 + 0.034 \times 5.06 \times 100 \times 0.265 / 5.26))) / (1.2 \times 0.1444) = 109.293 \text{ m};$$

不考虑风荷载时，脚手架允许搭设高度：

$$[H] = [\phi Af - (1.2N_{G2k} + 1.4 \sum N_{Qk})]/1.2G_k = [0.265 \times 5.06 \times 10^{-4} \times 205 \times 10^3 - (1.2 \times 2.498 + 1.4 \times 3.54)] / (1.2 \times 0.1444) = 92.345 \text{ m}$$

[H] =109.293m和92.345m比较取较小值，经计算得到，脚手架允许搭设高度[H]

$$= 92.345\text{m}$$

脚手架单立杆搭设高度为40m，小于[H]，满足要求！

6.12 连墙件的稳定性计算

连墙件的轴向力设计值应按照下式计算：

$$N_l = N_{lw} + N_0$$

连墙件风荷载标准值按脚手架顶部高度计算 μ_z=1.62，μ_s=0.125，ω₀=0.40

kN/m²，

$$W_k = \mu_z \cdot \mu_s \cdot \omega_0 = 1.62 \times 0.125 \times 0.40 = 0.081 \text{ kN/m}^2;$$

每个连墙件的覆盖面积内脚手架外侧的迎风面积 A_w = 13.5 m²；

按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》（JGJ130-2011）5.2.12条连墙件约束脚手架平面外变形所产生的轴向力(kN)，N₀= 3.000 kN；

风荷载产生的连墙件轴向力设计值(kN)，按照下式计算：

$$N_{lw} = 1.4 \times W_k \times A_w = 1.4 \times 0.081 \times 13.5 = 1.531 \text{ kN};$$

连墙件的轴向力设计值 N_l = N_{lw} + N₀=1.531+3.00 =4.531 kN；

连墙件承载力设计值按下式计算：

$$N_f = \phi \cdot A \cdot [f]$$

其中 φ -- 轴心受压立杆的稳定系数；

由长细比 λ=l/i = 200/15.9的结果查表得到 φ=0.97，l为内排架距离墙的长度；

$$A = 5.06 \text{ cm}^2; [f]=205 \text{ N/mm}^2;$$

连墙件轴向承载力设计值为 N_f = 0.97×5.06×10⁻⁴×205×10³ =100.618 kN；

$N_1 = 4.796\text{kN} < N_f = 100.618\text{kN}$, 连墙件的设计计算满足要求!

连墙件采用双扣件与墙体连接。

由以上计算得到 $N_1 = 4.531\text{kN}$ 小于双扣件的抗滑力 13.6 kN , 满足要求!

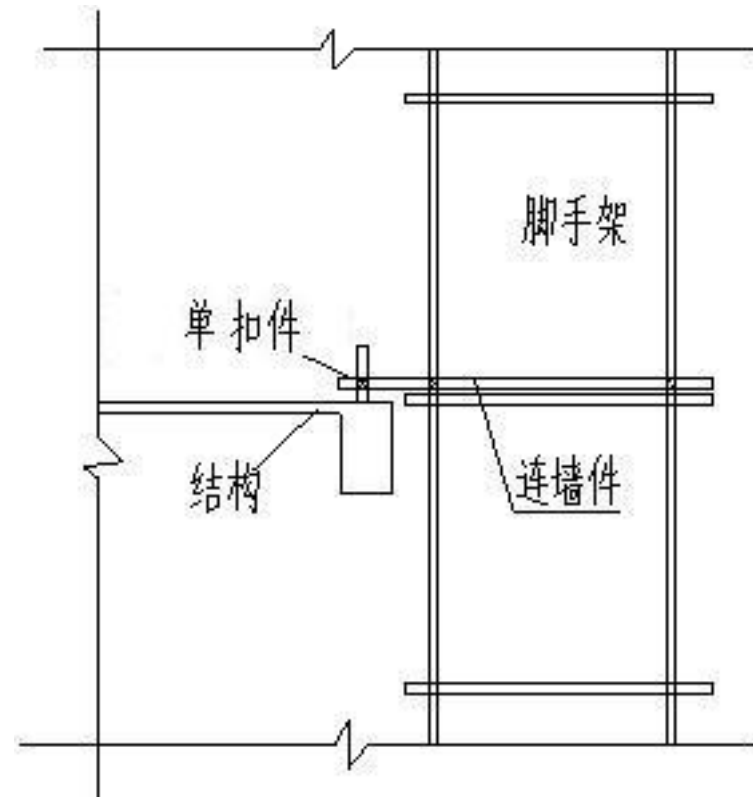


图4 连墙件扣件连接示意图

6.13 立杆的地基承载力计算

立杆基础底面的平均压力应满足下式的要求

$$p \leq f_g$$

地基承载力设计值:

$$f_g = f_{gk} \times k_c = 900 \text{ kPa};$$

其中, 地基承载力标准值: $f_{gk} = 900 \text{ kPa}$;

脚手架地基承载力调整系数: $k_c = 1$;

立杆基础底面的平均压力: $p = N/A$;

其中, 上部结构传至基础顶面的轴向力设计值 : $N = 16.805 \text{ kN}$;

基础底面面积 : $A = 0.2 \text{ m}^2$ 。

$p = 95.09\text{kPa} \leq f_g = 900 \text{ kPa}$ 。地基承载力满足要求!