

中国科学院知识创新重要方向性项目

项目编号：KZCX2-YW-340

项目名称：土壤湿度与积雪参量高精度微波遥感反演机理研究

积雪参量地基微波遥感实验报告（2）

之二（草地积雪遥感实验）

中国科学院东北地理与农业生态研究所

2010年1月31日

2010年1月16日下午，北京师范大学遥感车到达长春，次日进行定标实验。
1月18日上午9点从长春出发开始进行遥感实验。

2.1 2010年1月18日实验

2.1.1 实验样点

2010年1月18日下午三点到达第一实验点，进行草地积雪遥感实验。

地点：中国科学院东北地理与农业生态研究所长岭县农牧业草地生态试验站
(44.55151N 123.52407E，海拔高度 138m)

地表介质：干草与积雪混合。



图 2.1 (a) 草地样点 1



图 2.1 (b) 草地样点 2



图 2.1 (c) 草地样点 3

样地周边有草被火烧的情况，雪面有破坏。分别测量 3 个草地样点。样点 1, 2 为稀疏草地与积雪相间，草高且少，主要以积雪为主。土壤样本样号为:20100118(1)。样点 3 为密草与积雪相间，雪草界限比较清楚，与样点 1, 2 相比草密且高，积雪与高草成垄状，垄台为草，垄沟为雪，辐射计天线主波束对草观测，土壤样本号为:20100118(2)。样点 2 在样点 1 的基础上前移 1 米左右，下垫面基本一致。

2.1.2 积雪辅助参数测量

利用北师大提供的雪特性分析仪测量样地积雪含水量约为 0.6-1%。

雪密度(北师大)0.1397g/cm³，草地地方雪密度(东北地理所)0.1391g/cm³，纯雪密度为 0.182g/cm³。

表 2.1 (a) 东北地理所雪粒径测量结果：

单位：mm

样点	1	2	3	4	5	平均粒径
第一层	0.96	0.98	0.9	1.33	1.16	1.066
第二层	1.26	1.88	1.61	1.47	1.28	1.5
第三层	1.19	1.79	0.93	1.95	2.24	1.62
第四层			1.53			1.53

表 2.1 (b) 北京师范大学雪粒径测量结果

单位: mm

顶层	中层	底层	6cm	5cm	4.5cm	4cm	3cm	2-2.5cm	1.5cm	最底层
1.37	1.46	1.42	1.22	1.5	1.13	2.11	1.87	1.84	2.41	1.92

表 2.2 草地样点环境温度测量数据

时间	裸草里面	雪下面	次数	气温 (水银温度计)	雪深
14:39	-4	-6	2	-6.5	从 0 到 5.5
	-2.5	-5.5	1	-8	
	-6	-7	3	-6	
	-5	-8	1	-5.8	
14:59	-4	-8	1	-7.5	
	-2	-7	4	-10	
	-6.5	-7.5	3	-9.5	
	-6	-6	1	-8.5	
15:19	-7.5	-9	1	10	
	-10	-8	5	-11	
	-10	-6.5	1	-11	
	-10			-9	
15:39	-8	-9	1	-10	
	-11.5	-11	1	-10.5	
	-11	-7	1	-11.5	
	-9	-9.5	1	-11.5	
		-8.5	3		
	地温计测量: -12, -8.5				
样地 3: 高草, 草下有雪					
时间	高草下垫面			气温	雪深
15:59	-9	-10.5	1	-12.5	从 8cm 到 3cm
	-10	-7	1	-11.5	
	-9	-10	3	-10	
	-8	-9	1	-12	
16:19	-9	-11	1	-10	
	-10	-10	1	-14	
	-9.5	-12	1	-14	
	-8	-7.5	1	-13	
		-10	1		
	地温计: -11, -16				
		-9.5	3		
16:37	-10	-11.5	1	-16.5	
	-11	-11	1	-14	
	-10	-13.5	1	-14.5	

	-9	-8	1	-16.5	
		-10	1		
		-10.5	1		
		-9.5	2		
	地温计: -12.5, -17.5				

2.1.3 微波辐射测量

2.1.3.1 草地样点1的微波辐射测量

垂直极化观测时，气温为-7℃，裸草温度为-5℃，雪下表面温度为-6.6℃，雪深为5.5cm；水平极化观测时，气温是-8.8℃，裸草温度-5.5℃，雪下表面温度为-7.17℃，雪深为5.5cm。

表 2.3 草地样点1的微波辐射测量数据

时间	观测角度	极化方式	18.7GHz (K)	σ (K)	36.5 GHz (K)	σ (K)
14:38	30	V	254.44	0.10	256.15	0.29
14:45	40	V	252.53	0.09	253.82	0.16
14:49	50	V	251.24	0.09	251.16	0.85
14:52	60	V	247.62	0.10	247.67	0.15
14:57	60	H	240.64	0.06	238.03	0.20
15:01	50	H	245.33	0.15	245.50	0.11
15:04	40	H	248.58	0.17	248.58	0.20
15:08	30	H	250.49	0.06	252.44	0.62

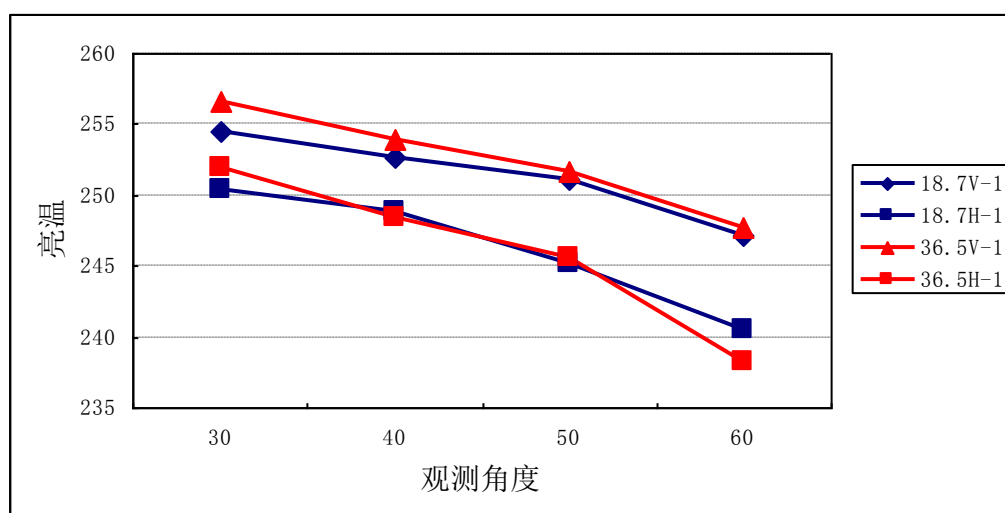


图 2.2 草地样点1的微波辐射测量结果

2.1.3.2 草地样点 2 的微波辐射测量数据

垂直极化时，气温为-10.9℃，裸草温度为-9.9℃，雪下表面温度为-8.9℃，雪深 5.5cm；水平极化观测时，气温-10.3℃，裸草温度为-8.1℃，雪下表面温度为-9.4℃雪深为 5.5cm。

表 2.4 草地样点 2 的微波辐射测量数据

时间	观测角度	极化方式	18.7GHz (K)	σ (K)	36.5 GHz (K)	σ (K)
15:15	30	H	249.01	0.10	251.33	0.17
15:18	40	H	245.90	0.12	247.55	0.14
15:23	50	H	239.84	0.14	241.00	0.14
15:26	60	H	232.09	0.16	233.84	0.11
15:32	60	V	245.51	0.18	245.67	0.32
15:35	50	V	249.28	0.06	250.18	0.16
15:38	40	V	250.56	0.05	251.17	0.21
15:41	30	V	251.20	0.14	253.28	0.33

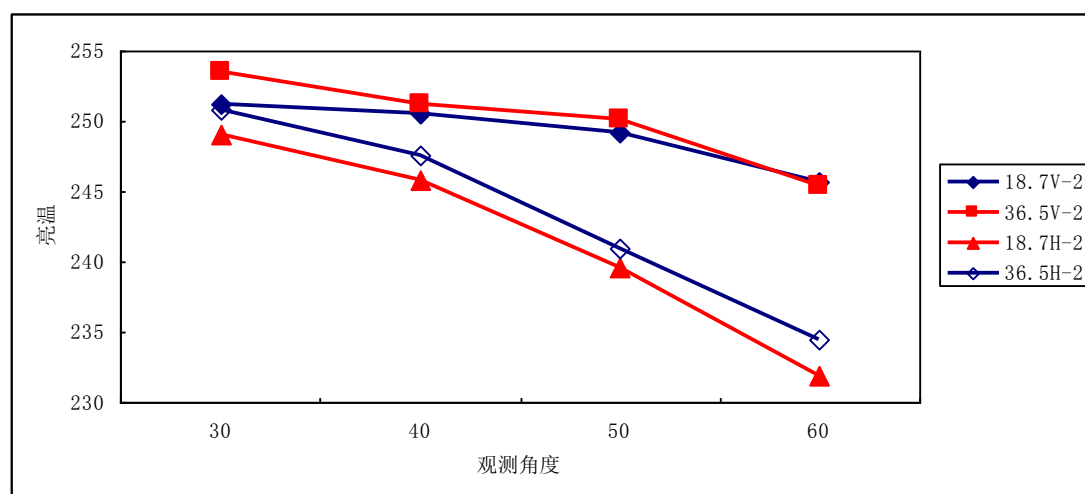


图 2.3 草地样点 2 的微波辐射测量结果

2.1.3.3 草地样点 3 的微波辐射测量数据

草高且密，与雪相间分布。

垂直极化观测时，气温为-11.5℃，裸草温度为-9.2℃，雪下表面温度为-9.7℃；水平极化观测时，气温为-12.8℃，裸草温度为-9.5℃，雪下表面温度为-10.2℃。雪深垄沟为 8cm，垄台为 3cm。

表 2.5 草地样点 3 的微波辐射测量数据

时间	观测角度	极化方式	18.7GHz (K)	σ (K)	36.5 GHz (K)	σ (K)
15:49	30	V	249.72	0.11	251.09	0.31
15:52	40	V	248.74	0.12	250.26	0.30
15:59	50	V	245.85	0.12	245.73	0.25
16:05	60	V	242.39	0.19	242.32	0.22
16:16	60	H	235.33	0.12	234.03	0.09
16:19	50	H	240.07	0.07	239.70	0.22
16:23	40	H	244.31	0.12	244.21	0.27
16:28	30	H	247.52	0.26	246.11	0.14

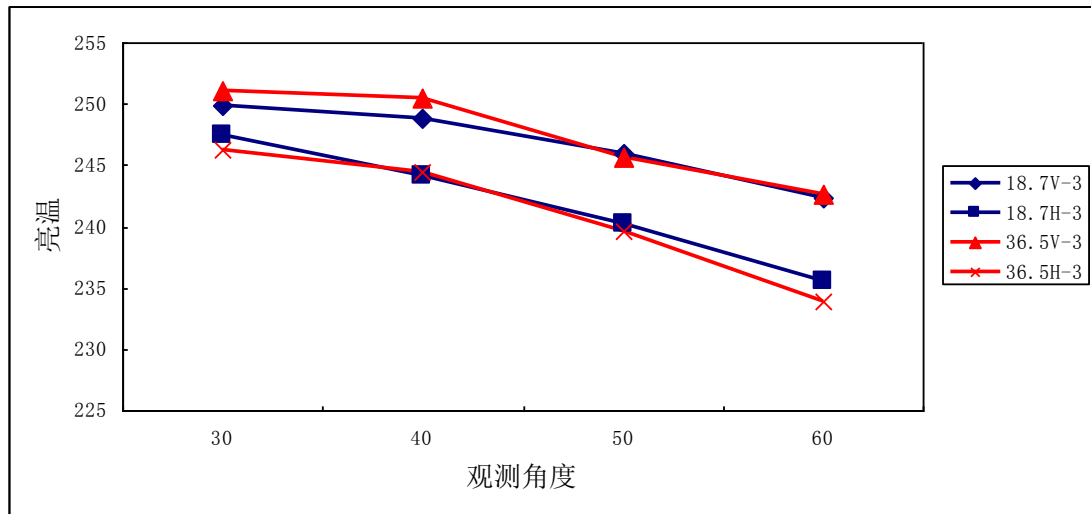


图 2.4 草地样点 3 的微波辐射测量结果

2.1.3.4 各样点间微波辐射测量数据比较

当入射角 50°时，两个频率的微波辐射测量数据比较如表 2.6 所示。

表 2.6 草地积雪测量数据比较

样地编号	18.7GHz (V)	18.7GHz (H)	36.5GHz (V)	36.5GHz (H)
1	251.24	245.33	251.16	245.50
2	249.28	239.84	250.18	241.00
3	245.85	240.07	245.73	239.70

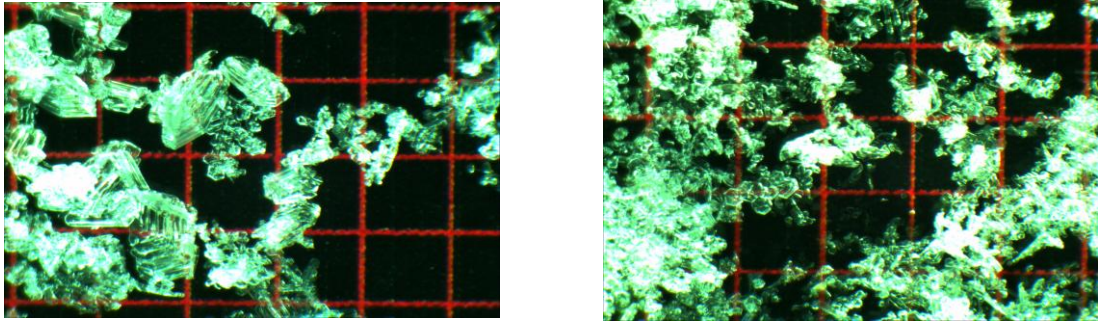


图 2.5 雪粒径测量图片

雪粒径测量网格为 2 mm。

2.2 2010 年 1 月 19 日实验

2.2.1 实验样点

2010 年 1 月 19 日，天气：阴。早上 8 点出发到新选实验地点（草场，44.53547N，123.47753E，海拔高度 146m）。开始实验，实验顺序为：样点 1（雪；雪草混合）；样地 2（雪；雪草混合）；样地 3（雪）。

积雪深度为 5cm 左右，范围为 4-7cm。早上 10 点气温约为 -4°C ，之后气温一直降低，晚上 4 点气温为 -13.5°C 。土壤雪界面温度由 -1.5 上升到 -10°C 。早上雪表有轻微融化，随气温降低，雪表有轻微融化后的重结晶现象。

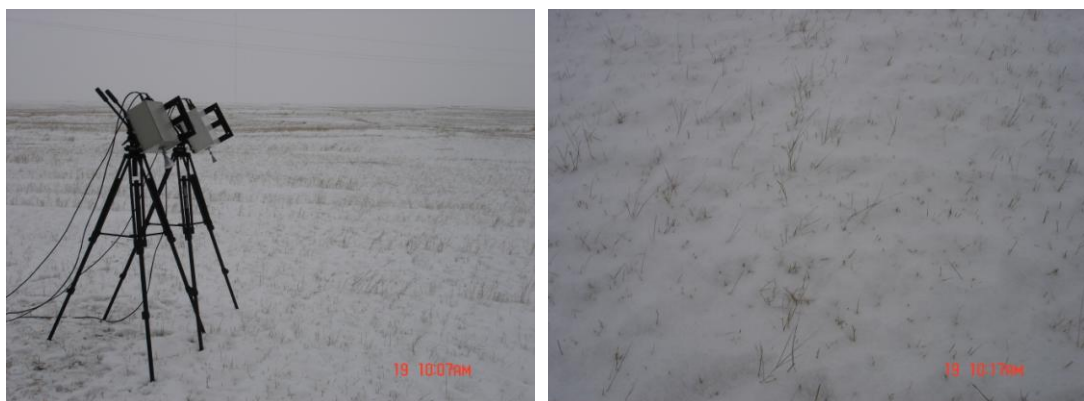


图 2.6(a) 草地积雪样地 1



图 2.6 (b) 草地积雪样地 2 (混合像元测量)



图 2.6 (c) 草地积雪样地 3

2.2.2 积雪辅助参数测量

表 2.7 雪粒径测量结果

粒径位置	粒径时间						
9-9.5cm	到 10: 19 到 6	2.36	1.66	1.68	1.9		1.9
8-9cm	从 10: 29 开始 到 15	1.27	0.99	1.11	1.123333		1.123333
7-8cm	10: 34-10: 35 到 22	0.8	1.17	0.62	0.71		0.825
6-7cm	10: 38-10: 39 到 32	1.28	1.84	1.28	1.16		1.39
5-6cm	10: 43-10: 45 到 47	3.68	1.34	1.04	2.02		2.02
4-5cm	10: 48-10: 49 到 56	2.84	1.94	1.52	1.58	1.58	1.892
3-4cm	10: 53-10: 54 到 64	3.62	3.19	1.24	1.88		1.88
2-3cm 最底层	10: 58-10: 59 到 70	2.63	2.27	2.28	2.393333		2.393333

表 2.8 积雪密度与雪水当量测量结果

雪密度			雪水当量				
雪体积	雪质量	桶质量	密度值	试管号	雪深	水深	雪水当量
3.2	290.9	278.5	0.197452	No. 6	3.2	10	0.159236
4.7	299	279.4	0.212495	No. 13	4.7	15	0.162624
7	303	278.6	0.177616	No. 14	6.3	23.5	0.190072

表 2.9 积雪参数测试仪测量结果

雪密度	湿度	备注
0.3042	0.33800%	第一组表层
0.1602	0.00000%	第一组中层
0.0958	0.99000%	第一组底层
0.1551	0.00000%	第二组表层
0.1464	0.33700%	第二组中层
0.1131	0.66000%	第二组底层

2.2.3 环境温度测量

表 2.10 温度测量结果

日期: 2010-1-19 地点: 去长岭草地站的路边草场, 天气: 阴天					
样地描述: 草场的草很稀疏, 是干草					
时间	雪表面	雪下温度 (玻璃管)	雪下温度 (地温计)	气温 (水银温度计)	
9:52	-4	-5, -4	-1.5	-4.2	
	-4.5	-4, -4	-1.5	-3.5	
		-4, -3.5	-3	-4.3	
		-3.5, -3.5	-3		
10:15	-6	-5.5, -4	-4	-8	
	-5.5	-4, -6	-3	-8	
		-5, -3.5	-5	-7	
		-4, -4	-4		
10:44	-7.5	-4, -6	-4	-8.5	
	-8	-5, -5	-4	-8	
		-5.5, -4.5	-6	-8	
		-4.5, -4	-5		
11:05	-8.5	-6, -5.5	-6	-10	
	-9.5	-6, -5.5	5.5	-9	
		-6.5, -7	-6.5	-10	
		-5.5, -4.5	-6		
10:22	-9	-7, -7	-7	-10	
	-9.5	-4, -4.5	-6	-10.5	
		-6, -6	-6	-9	
		-6, -5	-6		

10:44	-10	-6, -5	-7	-10	
	-10	-7, -6.5	-6.5	-11	
		-7.5, -7	-7	-11	
		-5, -5	-7		
12:12	-10.5	-7	-7	-11.5	
	-10	-6.5, -6.5	-6.5	-11.5	
		-7, -7.5	-7.5	-10	
		-5, -5.5	-8		
12:48	-11	-7.5	-7	-10.5	
	-11	-7, -6.8	-6.5	-11.5	
		-8, -7	-8	-11.8	
		-5.5, -6	-8		
13:35	-11.5	-8, -7	-7.5	-12.2	
	-11	-6, -6	-7.5	-12	
		-8, -7	-7.5	-10.9	
		-7	-7.5		
14:09	-11	-8, -7.5	-8	-10.5	
	-11	-7.5	-7.8	-12	
		-6, -6	-7.5		
		-8, -8	-8		
14:36	-11.5	-8, -8.5	-7.5	-11.8	
	-11.5	-7.5	-8.5	-12	
		-6, -8	-8	-11.5	
		-8.5, -6	-8.3		
15:02	-13	-8.5	-8	-13	
	-13	-9, -8	-9.5	-13	
		-8.5, -8.5	-9	-12	
		-6.5, -6	-9	-11.3	电子
15:30	-13	-9	-9	-12.5	
	13	-10.5, -11.5	-11	-13.5	
		-9, -8.5	-10	-13.8	
		-7, -7	-10		
16:00	-14	-9.5	-9	-15	
	-14	-10, -11	-11	-15	
		-9, -9.5	-10	-13.5	
		-7, -7	-10		

表 2.11 不同温度计测量结果的比较

裸土：玻璃管：-11, -7. 电子：-7	
电子：-5.2, 地温计：-4, 玻璃管：-6.5	
气温：电子：-11.2, 玻璃管：-11.5, -12.5, -12.5	

第二个混合象元，雪深：7.2，6.5，5.5，6.7cm			
时间	裸土面积比例	裸土温度 1	裸土温度 2
13:53	1/8	-11	-8
14:04	2/8	-11	-8
14:14	3/8	-10	-8
14:26	4/8	-11.3	-7
14:39	5/8	-11	-7

2.2.4 微波辐射测量

2.2.4.1 草地样点 1 的微波辐射测量数据

进行测量时，雪表面有轻微融化结晶现象，样地为较开阔矮草与雪混合，有细条状高草出现。土样样本号：1.19-1，雪深 5cm。

表 2.12 草地样点 1 微波辐射测量结果

时间	观测角度	极化方式	18.7GHz (K)	σ (K)	36.5GHz (K)	σ (K)
9:47	30	V	255.25	0.15	257.04	0.55
9:53	40	V	255.96	0.13	257.20	0.23
9:55	50	V	255.44	0.57	255.64	0.18
10:01	60	V	251.16	0.06	248.14	0.22
10:07	60	H	232.39	0.20	230.07	0.33
10:10	50	H	238.60	0.12	233.49	0.15
10:13	40	H	245.90	0.07	243.36	0.17
10:18	30	H	250.01	0.05	247.73	0.17

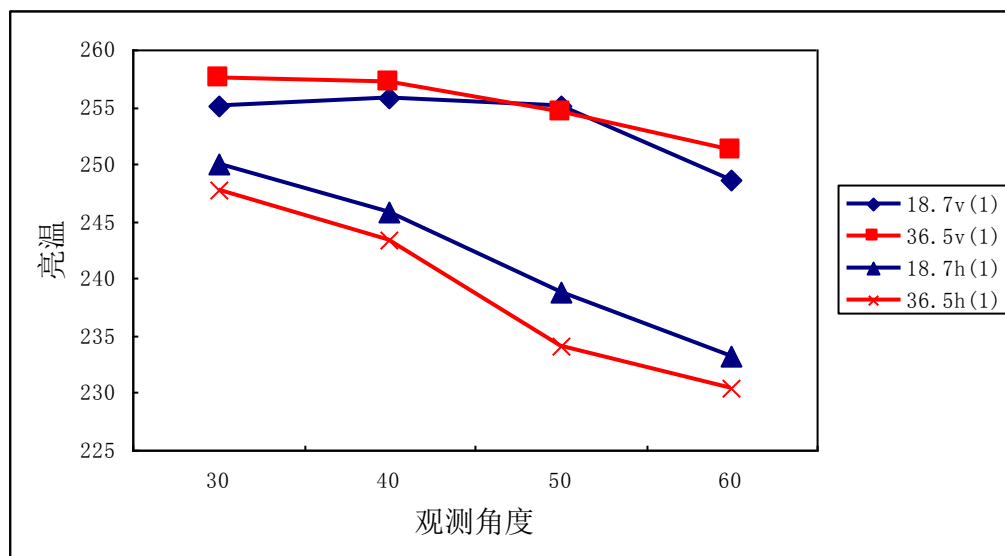


图 2.7 草地样点 1 的微波辐射测量结果

2.2.4.2 草地样点 2 的微波辐射测量数据

表 2.13 草地样点 2 的微波辐射测量结果

时间	观测角度	极化方式	18.7GHz (K)	σ (K)	36.5GHz (K)	σ (K)
12:09	45	H	242.16	0.07	239.25	0.11
12:15	30	H	248.50	0.18	245.34	0.11
12:18	40	H	245.84	0.08	242.67	0.30
12:25	50	H	237.38	0.14	234.85	0.10
12:32	60	H	223.10	0.06	223.00	0.23
12:38	60	V	244.94	0.11	245.70	0.09
12:45	50	V	249.75	0.12	249.76	0.10
12:52	40	V	251.02	0.13	249.55	0.10
12:58	30	V	251.54	0.14	249.69	0.11

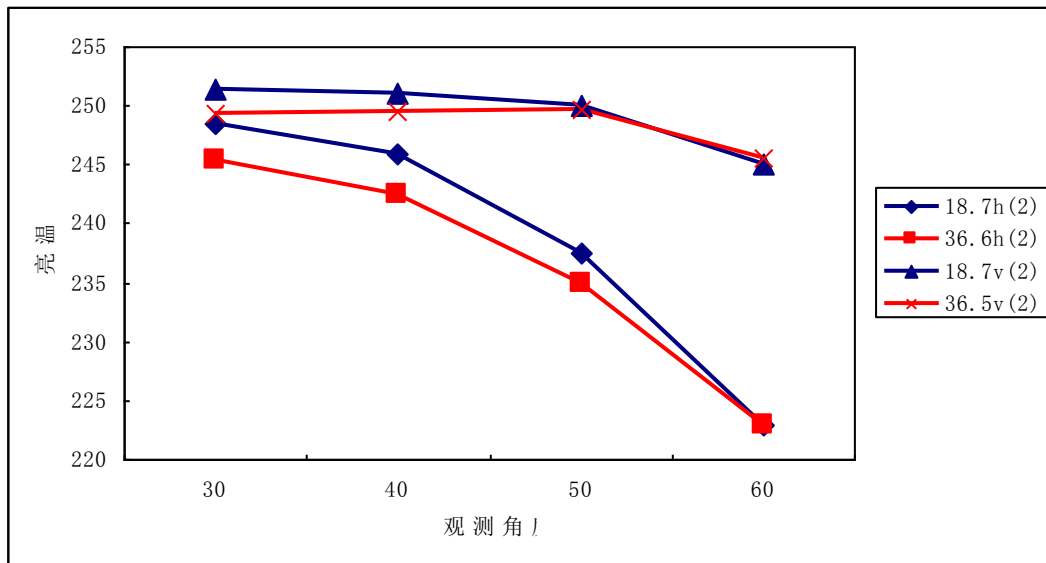


图 2.8 草地样点 2 的微波辐射测量结果

2.2.4.3 草地样点 3 的微波辐射测量数据

样地 3 的特性与样地 1 相近，积雪厚度 5~6 cm。

表 2.14 草地样点 3 的微波辐射测量结果

时间	观测角度	极化方式	18.7GHz (K)	σ (K)	36.5GHz (K)	σ (K)
15:18	30	H	246.84	0.07	245.02	0.06
15:23	40	H	242.53	0.10	240.13	0.30
15:26	50	H	235.22	0.09	231.48	0.16
15:30	60	H	223.00	0.07	219.98	0.33
15:41	60	V	243.91	0.07	242.49	0.27
15:46	50	V	248.86	0.07	247.66	0.11
15:53	40	V	249.79	0.11	249.85	0.23
15:59	30	V	250.68	0.08	249.40	0.14

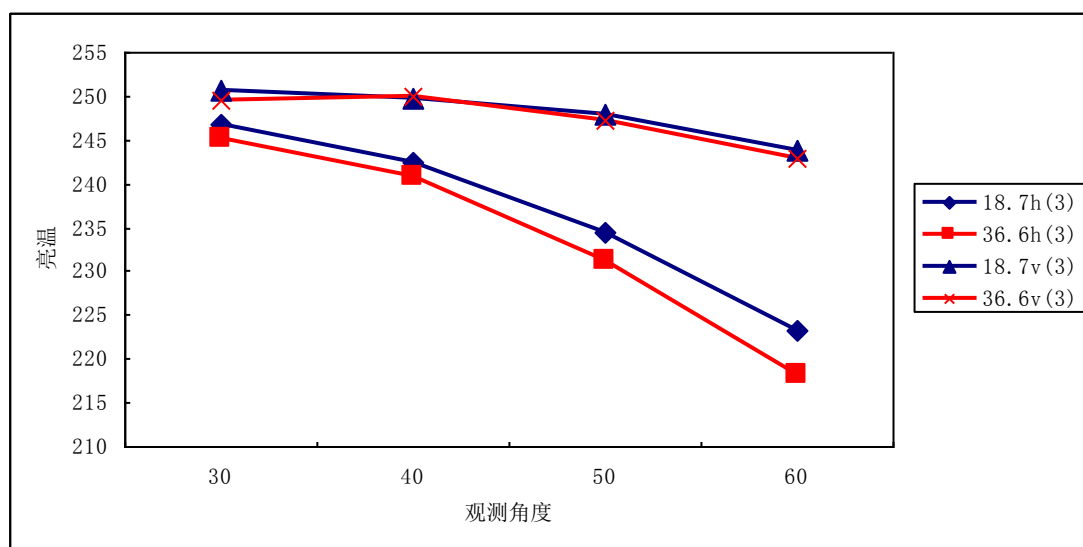


图 2.9 草地样点 3 的微波辐射测量结果

三个样地在 50 度入射角的微波辐射特性测量结果如表 2.15 所示。

表 2.15 草地积雪测量数据比较

样地编号	18.7GHz (V)	18.7GHz (H)	36.5GHz (V)	36.5GHz (H)
1	255.44	238.60	255.64	233.49
2	249.75	237.38	249.75	234.85
3	248.86	235.22	247.66	231.48

2.2.4.4 草地样地 1 的混合像元的测量

按照实验计划的技术方案，进行了混合像元的微波辐射特性测量。雪深为，7cm，4cm，6cm，气温 -7° ， -8° 。



图 2.10 草地样地 1 混合像元测量

测量共分 8 次，每次等尺寸去掉积雪面积占总面积的 1/8。测量结果如表 2.16 所示。天线入射角 45°，水平极化方式。

表 2.16 草地样地 1 混合像元微波辐射特性测量结果

时间	雪面积比	18.7GHz (K)	σ (K)	36.5GHz (K)	σ (K)
11:05	1	238.88	0.26	234.93	0.24
11:12	7/8	241.10	0.20	237.72	0.09
11:18	6/8	243.13	0.10	242.91	0.17
11:26	5/8	243.74	0.05	245.30	0.28
11:33	4/8	244.45	0.09	245.39	0.25
11:41	3/8	247.14	0.21	245.90	0.11
11:46	2/8	249.39	0.09	249.69	0.18
11:51	1/8	250.31	0.30	252.09	0.27
11:54	0/8	250.45	0.31	254.28	0.14



图 2.11 (a) 7/8 混合像元



图 2.11 (b) 6/8 混合像元



图 2.11 (c) 5/8 混合像元



图 2.11 (d) 4/8 混合像元



图 2.11 (e) 2/8 混合像元

图 2.11 (f) 1/8 混合像元



图 2.11 (g) 0/8 混合像元

2.2.4.5 草地样地 2 混合像元的测量

测量共分 8 次, 每次等尺寸去掉积雪面积占总面积的 1/8。测量结果如表 2.17 所示。天线入射角 45° , 水平极化方式。

表 2.17 草地样地 2 混合像元的测量结果

时间	雪面积比	18.7GHz (K)	σ (K)	36.5GHz (K)	σ (K)																																			
13:34	1	241.17	0.06	238.13	0.21																																			
13:50	7/8	242.77	0.08	239.62	0.16																																			
14:01	6/8	244.32	244.23	0.14	14:11	5/8	244.82	0.10	244.14	0.14	14:23	4/8	244.89	0.07	244.80	0.09	14:34	3/8	246.02	0.03	246.21	0.16	14:45	2/8	247.22	0.11	248.76	0.08	14:53	1/8	247.69	0.09	249.71	0.15	15:00	0/8	246.95	0.08	251.61	0.18
14:11	5/8	244.82	0.10	244.14	0.14																																			
14:23	4/8	244.89	0.07	244.80	0.09																																			
14:34	3/8	246.02	0.03	246.21	0.16																																			
14:45	2/8	247.22	0.11	248.76	0.08																																			
14:53	1/8	247.69	0.09	249.71	0.15																																			
15:00	0/8	246.95	0.08	251.61	0.18																																			



图 2.12 (a) 8/8 草地样地 2 混合像元



图 2.12 (b) 7/8 草地样地 2 混合像元

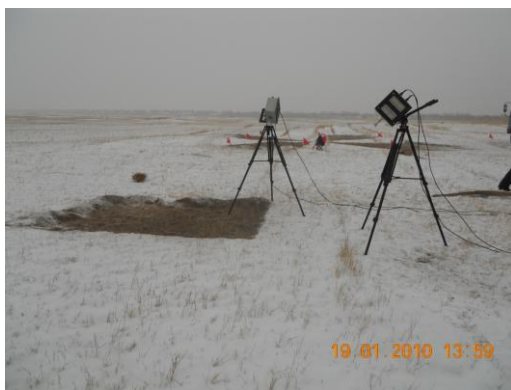


图 2.12 (c) 6/8 草地样地 2 混合像元



图 2.12 (d) 5/8 草地样地 2 混合像元



图 2.12 (e) 4/8 草地样地 2 混合像元

图 2.12 (f) 2/8 草地样地 2 混合像元



图 2.12 (g) 0/8 草地样地 2 混合像元