

水保监测（云）字第 0001 号

弥勒县天然气利用工程

水土保持监测总结报告

建设单位：弥勒深燃巨鹏天然气有限公司

监测单位：昆明龙慧工程设计咨询有限公司

二〇二〇年四月



生产建设项目水土保持监测单位水平评价证书 (副本)

单位名称：昆明龙慧工程设计咨询有限公司
 法定代表人：罗松
 单位等级：★★★★(4星)
 证书编号：水保监测(云)字第0001号
 有效期：自2018年10月01日至2021年09月30日

发证机构：中国水土保持学会
 发证时间：2018年09月30日



**本证书此次仅供弥勒县天然
 气利用工程使用，再次复印无效！**



生产建设项目水土保持方案编制单位水平评价证书 (正本)

单位名称：昆明龙慧工程设计咨询有限公司
 法定代表人：罗松
 单位等级：★★★★★(5星)
 证书编号：水保方案(云)字第0024号
 有效期：自2018年10月01日至2021年09月30日

发证机构：中国水土保持学会
 发证时间：2018年09月30日



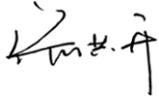
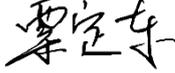
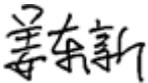
编制单位地址：昆明市二环西路625号云铜科技园工程技术中心B座二楼

项目负责人：浦仕尚 18725001332
 技术负责人：保春刚 15925116618
 项目联系人：徐源艺 15912428500
 传 真：0871—65392953
 电子邮箱：lhsb02@163.com

弥勒县天然气利用工程
水土保持监测总结报告责任页

昆明龙慧工程设计咨询有限公司



批准:	张洪开		副总经理	
核定:	王晶		高级工程师	
审查:	保春刚		高级工程师	
校核:	粟定东		高级工程师	
项目负责人:	徐源艺		助理工程师	
编写:	徐源艺		助理工程师	报告编写
	姜东新		助理工程师	参加监测人员

目 录

项目简况.....	2
监测任务由来及监测过程.....	2
监测结果.....	3
监测结论.....	3
1 建设项目及水土保持工作概况.....	4
1.1 建设项目概况.....	4
1.2 水土保持工作情况.....	15
1.3 监测工作实施情况.....	19
2 监测内容和方法.....	22
2.1 监测内容.....	22
2.2 监测方法.....	24
3 重点对象水土流失动态监测.....	29
3.1 防治责任范围监测.....	29
3.2 取料监测结果.....	31
3.3 弃渣监测结果.....	31
3.4 土石方流向情况监测结果.....	32
4 水土流失防治措施监测结果.....	34
4.1 工程措施监测结果.....	34
4.2 植物措施监测结果.....	36
4.3 临时防护措施监测结果.....	38
4.4 水土保持措施防治效果.....	38
5 土壤流失情况监测.....	41
5.1 水土流失面积.....	41
5.2 土壤流失量.....	41
5.3 取料、弃渣潜在土壤流失量.....	46
5.4 水土流失危害.....	47

6 水土流失防治效果监测结果	48
6.1 基础数据分析	48
6.2 扰动土地整治率	49
6.3 水土流失总治理度	49
6.4 拦渣率	49
6.5 土壤流失控制比	50
6.6 林草植被恢复率	50
6.7 林草覆盖率	50
7 结论	51
7.1 水土流失动态变化	51
7.2 水土保持措施评价	51
7.3 存在问题及建议	52
7.4 综合结论	52

附件:

附件 1: 建设单位名称准予变更登记通知书;

附件 2: 监测委托书;

附件 3: 云南省发展和改革委员会关于弥勒县天然气利用工程可行性研究报告的批复(云发改投资〔2010〕1444号,2010年7月28日);

附件 4: 云南省住房和城乡建设厅、云南省发展和改革委员会关于弥勒县天然气利用工程初步设计的批复(云建城〔2011〕187号,2011年3月31日);

附件 5: 云南省水利厅关于弥勒县天然气利用工程水土保持方案初步设计报告书的批复(云水保〔2011〕354号,2011年10月27日);

附件 6: 土方外运情况说明;

附件 7: 工程现场监测照片集。

附图:

附图 1: 项目区地理位置图;

附图 2: 监测分区及监测点布设图;

附图 3: 防治责任范围图。

水土保持监测特性表

主体工程主要技术指标										
项目名称		弥勒县天然气利用工程								
建设规模	LNG 气化系统新建 100m ³ LNG 低温储罐四台, 储气能力为 22.8 万 Nm ³ , 日供气能力可达 6 万 Nm ³ , 高峰小时供气量 7000Nm ³ ; CNG 供气系统新建卸车柱三套, 减压撬二套, 日供气能力可达 12 万 Nm ³ , 高峰小时供气量 12000Nm ³ ; 天然气输配管网 48.48km.	建设单位	弥勒深燃巨鹏天然气有限公司							
		联系人	联系人: 雷于朝							
		建设地点	云南省红河哈尼族彝族自治州弥勒市							
		所属流域	珠江流域							
		工程总投资	7846.42 万元							
工程总工期	3.5 年									
水土保持监测指标										
监测单位		昆明龙慧工程设计咨询有限公司			联系人及电话		徐源艺 15912428500			
自然地理类型		构造侵蚀地貌			防治标准		建设类 I 级			
监测内容	监测指标	监测方法 (设施)			监测指标		监测方法 (设施)			
	1.水土流失状况监测	调查监测			2.防治责任范围监测		调查监测			
	3.水土保持措施情况监测	调查监测			4.防治措施效果监测		调查监测			
	5.水土流失危害监测	调查监测			水土流失背景值		142t/km ² ·a			
方案设计防治责任范围		16.73hm ²			容许土壤流失量		500t/km ² ·a			
方案设计水土保持投资		346.44 万元			水土流失目标值		500t/km ² ·a			
防治措施		①工程措施: 截排水沟 370m, 分台挡墙 280m, 挂网护坡 0.15hm ² , 表土剥离 2500m ³ 。 ②植物措施: LNG 气化站园林绿化 0.54hm ² , 管道工程区道路绿化带 0.84hm ² , 栽植葛藤 400 株。 ③临时措施: 彩钢板拦挡 2460m, 铺土工布 4600m ² 。								
监测结论	防治效果	分类指标	目标值	达到值	实际监测数量					
		扰动土地整治率 (%)	95	99.74	防治措施达标面积	1.35hm ²	永久建筑物及硬化面积	10.03hm ²	扰动土地总面积	11.41hm ²
		水土流失总治理度 (%)	97	97.83	防治责任范围面积	11.41hm ²	水土流失总面积	1.38hm ²		
		土壤流失控制比	1.0	1.2	工程措施面积	0	容许土壤流失量	500t/km ² ·a		
		拦渣率 (%)	95	95	植物措施面积	1.38hm ²	监测土壤流失情况	417t/km ² ·a		
		林草植被恢复率 (%)	99	99	可恢复林草植被面积	1.38hm ²	林草类植被面积	1.38hm ²		
	林草覆盖率 (%)	27	11.83	实际拦挡弃渣量	4.21 万 m ³	总弃渣量	4.21 万 m ³			
水土保持治理达标评价		六项防治指标除林草覆盖率外其他指标均达到了方案拟定目标值, 已实施水土保持措施具有较好的水土保持效果及生态效益, 对防治水土流失起到了重要的作用。								
总体结论		本工程建设单位较为重视本工程水土保持工作, 基本按照工程批复《水保方案》结合实际情况实施了水土流失防治措施, 对抑制项目区因工程建设造成的水土流失起到了积极作用, 并有效改善了项目区生态环境。								
主要建议		后期加强绿化区植被抚育管理工作, 避免因管理不当而影响植被的保存率; 加强排水措施的日常巡视工作。								

前言

项目简况

弥勒县天然气利用工程位于红河哈尼族彝族自治州弥勒市，LNG 气化站地理坐标为：东经 $103^{\circ} 27'1.43'' \sim 103^{\circ} 27'6.77''$ ，北纬 $24^{\circ} 25'13.68'' \sim 24^{\circ} 25'19.32''$ 之间，管道工程位于弥勒市区，行政区划属云南省红河哈尼族彝族自治州弥勒县弥阳镇管辖。弥勒市距红河州府 140km，昆明 143km，昆河公路贯穿县境，气化站外侧为老弥泸公路，管网工程沿已有的街道布置，交通便利。

弥勒县天然气利用工程的建设规模为：LNG 气化系统新建 100m^3 LNG 低温储罐四台，储气能力为 22.8万 Nm^3 ，日供气能力可达 6万 Nm^3 ，高峰小时供气量 7000Nm^3 ；CNG 供气系统新建卸车柱三套，减压撬二套，日供气能力可达 12万 Nm^3 ，高峰小时供气量 12000Nm^3 ；天然气输配管网 48.48km。

工程建设区实际占地 11.41hm^2 （其中 LNG 气化站占地 1.15hm^2 ，管道工程占地 10.26hm^2 ），其中永久占地面积为 1.15hm^2 ，临时占地面积为 10.26hm^2 。

工程总投资 7846.42 万元，其中土建投资 897.34 万元。LNG 气化站施工时段为 1.33 年，即 2010 年 1 月至 2011 年 4 月；管道工程为 3.5 年，即 2010 年 1 月至 2013 年 6 月。

监测任务由来及监测过程

按照《中华人民共和国水土保持法》等有关法律法规的规定，云南润滇节水技术推广咨询有限公司受建设单位弥勒深燃巨鹏天然气有限公司（原为弥勒巨鹏天然气经营管理有限公司，准予变更登记详见附件）的委托，于 2011 年 10 月完成《弥勒县天然气利用工程水土保持方案初步设计报告书》（报批稿），2011 年 10 月 27 日，云南省水利厅以“云水保〔2011〕354 号”对《水保方案》进行了批复。

根据相关法律法规要求以及项目水土流失防治需要，2020 年 1 月，受建设单位弥勒深燃巨鹏天然气有限公司的委托，我公司（昆明龙慧工程设计咨询有限公司）承担了弥勒县天然气利用工程的水土保持监测任务。接到任务之后，我公司即组织相关监测技术人员成立了该项目的水土保持监测组，监测时段内（2020 年 1 月至 2020 年 4 月），监测组通过调查监测的方式，结合建设方提供的基础技术资料、监理资料、施工过程资料和工程竣工资料分析对比，获取了有关水土保持的资料和数据，在此基础上于 2020 年 4 月底完成了《弥勒县天然气利用工程水土保持监测总结报告》。监测内容涉及防治责任范围、弃渣量、水土流失量、土壤侵蚀形式、水土流失危害、工程措施及植物措施的防治作用、效果等。

建设单位在监测工作过程中给予了积极配合、大力支持，提供了良好的工作条件，水土保持主管部门也给予了大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

监测结果

根据施工、监理单位提供的征占地资料，结合现场踏勘量测，工程实际防治责任范围面积为 11.41hm²，均为项目建设区，无直接影响区。

项目区属以水力侵蚀为主的西南岩溶区，土壤侵蚀模数允许值为 500t/km²·a。通过各项水土保持措施的实施，现项目区平均土壤侵蚀模数低于容许值。根据同类工程情况和当地水土流失现状计算得出项目区扰动面积原生侵蚀模数为 142t/km²·a。根据监测结果，项目区经过治理后，项目区平均土壤侵蚀模数为 417t/km²·a。

截至 2020 年 4 月，弥勒县天然气利用工程实施完成水土保持措施为：

①工程措施：

截排水沟 370m，分台挡墙 280m，挂网护坡 0.15hm²，表土剥离 2500m³。

②植物措施：

LNG 气化站园林绿化 0.54hm²，管道工程区道路绿化带 0.84hm²，栽植葛藤 400 株。

③临时措施：

彩钢板拦挡 2460m，铺土工布 4600m²。

各项水土保持措施实施后，通过对项目区水土流失防治效果评价，扰动土地整治率达到 99.74%，水土流失总治理度达到 97.83%，土壤流失控制达 1.2，拦渣率大于 95%，达到林草植被恢复率达 99% 以上，林草覆盖率达 11.83%，除林草覆盖率外其他指标均达到目标值，林草覆盖率未达标是因为管道工程区为临时占地，施工结束大部分恢复硬化路面。

监测结论

根据监测成果分析，在工程施工建设过程中，工程施工未引起大面积严重水土流失，水土保持措施基本完好，基本发挥了防治因工程建设而引发水土流失的作用。

1 建设项目及水土保持工作概况

1.1 建设项目概况

1.1.1 项目基本情况

1.1.1.1 项目地理位置

弥勒县天然气利用工程位于红河哈尼族彝族自治州弥勒市，LNG 气化站地理坐标为：东经 $103^{\circ} 27'1.43'' \sim 103^{\circ} 27'6.77''$ ，北纬 $24^{\circ} 25'13.68'' \sim 24^{\circ} 25'19.32''$ 之间，管道工程位于弥勒市区，行政区划属云南省红河哈尼族彝族自治州弥勒县弥阳镇管辖。弥勒市距红河州府 140km，昆明 143km，昆河公路贯穿县境，气化站外侧为老弥泸公路，管网工程沿已有的街道布置，交通便利。

1.1.1.2 项目建设规模及特性

一、项目特性

项目名称：弥勒县天然气利用工程；

建设单位：弥勒深燃巨鹏天然气有限公司；

建设地点：云南省红河哈尼族彝族自治州弥勒市；

建设性质：已建建设类项目；

工程规模：LNG 气化系统新建 100m^3 LNG 低温储罐四台，储气能力为 22.8 万 Nm^3 ，日供气能力 6 万 Nm^3 ，高峰小时供气量 7000Nm^3 ；CNG 供气系统新建卸车柱三套，减压撬二套，日供气能力可达 12 万 Nm^3 ，高峰小时供气量 12000Nm^3 ；天然气输配管网 48.48km。

建设工期：LNG 气化站施工时段为 1.33 年，即 2010 年 1 月至 2011 年 4 月；管道工程为 3.5 年，即 2010 年 1 月至 2013 年 6 月。

工程总投资：工程总投资 7846.42 万元，其中土建投资 897.34 万元。

二、工程规模与等级

本工程的建设规模为：LNG 气化系统新建 100m^3 LNG 低温储罐四台，储气能力为 22.8 万 Nm^3 ，日供气能力可达 6 万 Nm^3 ，高峰小时供气量 7000Nm^3 ；CNG 供气系统新建卸车柱三套，减压撬二套，日供气能力可达 12 万 Nm^3 ，高峰小时供气量 12000Nm^3 ；天然气输配管网 48.48km。

项目主要经济技术指标见表 1-1。

表 1-1 工程主要经济技术指标表

项目	单位	参数	备注
一、LNG 气化站			
1、设计规模		22.8 万 Nm ³	
2、主要设施技术参数			
LNG 储罐	台	4	单台容量 100m ³
LNG 空温式气化器	台	4	Q=2000Nm ³ /h
储罐增压气化器	台	4	Q=100Nm ³ /h
BOG 空温式加热器	台	1	Q=500Nm ³ /h
卸车增压气化器	台	1	Q=200Nm ³ /h
EAG 空温式加热器	台	1	Q=300Nm ³ /h
调压计量加臭区	套	1	
消防水池	m ³	1300	
生产辅助用房	栋	1	长×宽=39.9 m×7.5 m
2、占地面积	hm ²	1.15	永久占地
建构筑物用地面积	hm ²	0.36	永久占地
道路广场面积	hm ²	0.25	永久占地
绿化面积	hm ²	0.54	永久占地
3、土石方			
挖方	万 m ³	2.75	
填方	万 m ³	0	
弃方	万 m ³	2.75	全部外运，不设置弃渣场
二、输气管网			
1、规模	km	48.48	
SDR11 系列 PE80 管 De300	km	25.0	
SDR11 系列 PE80 管 De250	km	6.0	
SDR11 系列 PE80 管 De200	km	4.0	
SDR11 系列 PE80 管 De160	km	13.48	
2、占地	hm ²	10.26	
3、土石方			
挖方	万 m ³	5.95	
填方	万 m ³	4.20	
弃方	万 m ³	1.75	
三、总投资	万元	7846.42	
四、土建投资	万元	897.34	

1.1.1.3 项目组成

本项目组成包括 LNG 气化站和管道工程两大部分，项目总占地面积 11.41hm²，其中 LNG 气化站包括建构筑物、道路广场、绿化区及辅助设施，占地面积 1.15hm²，为永久占地；管道工程包括新建输气管网、施工过程中的临时施工场地，占地面积为 10.26hm²，除阀井为永久占地外，其余的全部为临时占地，管道铺设完毕后，恢复路面或绿化。

表 1-2 项目组成表

名称	规格	单位	数量	备注	
LNG 气化站	LNG 储罐区	占地面积为 2600m ²	个	4	本区包括调压计量加臭区、LNG 空温式气化器、储罐增压气化器等
	生产辅助用房	占地 201.24m ²	座	1	尺寸为 39.9m×7.5m
	消防水池	占地 672m ²	座	1	一座分两格，容量 1300m ³
	CNG 固定车位	占地 126m ²	座	2	
管道工程	管材燃气用埋地 PE 管	DE300	km	25.0	
		DE250	km	6.0	
		DE200	km	4.0	
		DE160	km	13.48	
	阀井		座	45	
	穿（跨）越工程	穿越道路	m/次	1790/40	
跨越河流		m/次	25/5		

一、LNG 气化站

1、建构筑物

建构筑物建设工程主要由生产辅助用房、消防水池、LNG 储罐区、CNG 固定车位等组成，各个建构筑物布置详见 LNG 气化站平面布置，具体规模详见表 1-3，总占地面积 0.36hm²，总建筑面积 4232.54m²，建筑密度 31.6%。

表 1-3 建构筑物特征表

序号	名称	规格	单位	数量	备注
1	LNG 储罐区	占地面积为 2600m ²	个	4	本区包括调压计量加臭区、LNG 空温式气化器、储罐增压气化器等
2	生产辅助用房	占地 201.24m ²	座	1	尺寸为 39.9m×7.5m
3	消防水池	占地 672m ²	座	1	一座分两格，容量 1300m ³
4	CNG 固定车位	占地 126m ²	座	2	

整个厂区基本上按功能划分为生产辅助用房、LNG 储罐区、消防水池区。各区之间以道路、绿化分隔，可自成一体。

2、道路广场

道路广场建设工程主要包括项目区内连接各建筑物间的主、次干道及停车场等建设，规划占地 0.25hm²。

(1) 道路：厂内道路主干道宽 4m，长约 345m，坡降 0.3%，构成环状，便于设备维修、管道养护、消防通道等要求。厂内道路与老弥泸公路连接，道路最小转弯半径小于 6m，道路占地 0.20hm²；

(2) 硬化广场：硬化广场为生产辅助用房等楼前修建的硬化广场及停车场，硬化广场共占地 0.05hm²。

3、绿化区

整个厂区将花草、花坛有机的集合，在确保生产安全的前提下，为职工提供一个优美的工作场所。主要植物有：榕树、棕榈、女贞、紫叶小檗、冬青卫矛等，既有观赏作用，也作为厂区的隔离带。绿化的设计原则为创造清洁、卫生、美观的厂区绿化环境。绿化占地面积 0.54hm^2 。

4、辅助设施

辅助设施主要包括供水工程、排水工程、供电工程、电信工程、消防系统。

(1) 供水工程

本站用水包括以下几方面：办公生活用水、生产用水（包括污泥处理设备冲洗水、建构物冲洗水等）、道路、建构物冲洗用水、绿化用水、消防用水等几个方面。

站内办公生活用水由厂区给水管提供，消防用水从消防水池中提取。为保证安全，消防用水也由给水管提供。

根据用水量需要，自 LNG 气化站外引入 DN150 给水管，站内采用 DN100 管道按环状、树枝状相结合的方式布置。

(2) 排水工程

① 站区污水收集

生活污水包括食堂、浴室、厕所排水，生产废水包括冲洗水、建构物上清液及放空水等污水由经化粪池沉淀后，接入站内排水沟，排入老弥泸公路排水沟中。

② 站区雨水排放

站区内设雨水排水系统，雨水排水沟收集后自流排入老弥泸公路排水沟中。根据现场调查，站内排水沟有几种断面，都为矩形断面，断面尺寸为 $b \times h = 0.4 \times 0.6\text{m}$ ，渠底比降为 2%，长度为 120m，断面尺寸为 $b \times h = 1.0 \times 1.0\text{m}$ ，渠底比降为 2%，长度为 90m。

(3) 电力工程

LNG 气化站电力工程由市政电网接入。

(4) 电信工程

本工程在生产辅助用房电话总机室设 1 套 80 门电话程控交换机及 3 套以太网交换机。在生产辅助用房的各个办公室(功能区域)内 15m^2 以下设置 1 个信息插座， $15 \sim 25\text{m}^2$ 设置 2 个信息插座； 25m^2 以上设置 3 个信息插座。配电间、鼓风机房、污泥脱水机房各设 1 门调度电话。

(5) 消防系统

站区内部分建构筑物的耐火等级、防火间距、消防给水、采暖通风、空调及电力设备的选型和保护等级均按《建筑设计防火规范》执行。站内同一时间内的火灾次数按 1 次计，一次灭火用水量为 25l/s，DN150 给水管接入消防水池，再由消防水池将水接到站区各个消防点。



LNG 气化站建构筑物



LNG 气化站道路广场



LNG 气化站绿化区

二、管道工程

1、管道工程布置及组成

弥勒市 LNG 存储气化站设置在弥勒市城市以东，管道出站采用 DE300 管线，城区整个管网呈枝状结构，主干线采用 DE300 管线，支主干线采用 DE250 管线、DE200 管线，支管采用 DE160、DE110 管线。DE300 干线从气化站出站后沿城区主街道锦屏公路一直向西敷设，至红烟路改为沿红烟路至南敷设，支干线沿城区上清路、髯翁路、温泉路、王治路等主街道敷设，支干线分别沿城区道路敷设。本项目管道工程主要包括输气管道和阀井两部分组成，管道的管径尺寸主要有 DE300、DE250、DE200、DE160 等，管道总长度为 48.48km。管道共穿越道路 40 次，跨越河流 4 次，管道工程跨越道路与其他段施工方式一样采用全开挖进行施工，跨越河流采用沿河流上桥下通过，管道工程占地共 5.26hm²。

2、施工临时场地

根据施工、监理资料，管道工程施工过程中，管沟开挖需临时堆放开挖土方，开挖土方沿管沟堆放一侧，堆放的平均宽度为 1m，施工结束后，将临时堆放土方回填，恢复原地面，临时施工场地面积共计 5.0hm²。



管道工程区域



管道跨越桥梁处

阀井

1.1.1.4 施工组织及工期

1、主要建筑材料及来源

工程建设所需的石料、水泥、砂石、管道等建筑材料均就近从弥勒市内合法市场采购，各施工队派车到指定地点提料。

2、施工交通运输

根据本工程布置特点及施工安排，LNG 气化站利用老弥泸公路进行施工，城区内管道施工是在已有的道路上进行埋管施工，利用城里各个街道，能够满足施工的要求，因此，本项目建设未新修施工便道。

3、临时施工场地布设

管道工程管沟开挖需临时堆放开挖土方，开挖土方沿管沟堆放一侧，堆放的平均宽度为 1m，施工结束后，将临时堆放土方回填，恢复原地面。

4、施工供水、供电、通讯

施工电源、施工水源均由弥勒市内接入，通讯采用移动通讯。

5、施工工期

项目建设工期 42 个月，LNG 气化站施工时段为 2010 年 1 月至 2011 年 4 月；管道工程施工时段为 2010 年 1 月至 2013 年 6 月。项目实施进度详见表 1-4。

表 1-4 项目实施进度表

进度阶段	2010 年				2011 年				2012 年				2013 年	
	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6
一、LNG 气化站														
1、场地平整														
2、建构筑物工程														
3、道路广场工程														
4、绿化工程														
二、管道工程														
管槽开挖														
管道安装														
管槽回填														
恢复路面														
绿化														

1.1.1.5 工程占地

根据工程实际建设情况、施工及监理资料，工程建设区实际占地 11.41hm²（其中 LNG 气化站占地 1.15hm²，管道工程占地 10.26hm²），其中永久占地面积为 1.15hm²，临时占地面积为 10.26hm²。工程原始占地类型为坡耕地、草地、林地、交通运输用地，具体占地类型情况见表 1-5。

表 1-5 项目实际建设占地统计表 单位：hm²

项目组成	合计	工程占地面积(hm ²)				备注
		坡耕地	草地	林地	交通运输用地	
LNG 气化站	建构筑物	0.36	0.28	0.07	0.01	永久占地
	道路广场	0.25	0.22	0.02	0.01	永久占地
	绿化区	0.54	0.41	0.12	0.01	永久占地
	小计	1.15	0.91	0.21	0.03	
管道工程区	管道区	5.26		0.52	4.74	临时占地
	临时施工场地	5			5	临时占地
	小计	10.26		0.52	9.74	
合计	11.41	0.91	0.21	0.55	9.74	

1.1.1.6 土石方平衡

根据工程施工及监理资料统计，本项目共产生开挖方 8.53 万 m³，回土方 4.32 万 m³，废弃方 4.21 万 m³（其中废弃土方 2.75 万 m³，建筑垃圾 1.46 万 m³）。

LNG 气化站产生开挖土方 2.75 万 m³ 作为弃方运往花花坡回填利用，输气管沟的开挖深度为 0.8m 或 1.0m，开挖土方临时堆放于管沟一侧的临时施工场地，用于管沟回填，管沟开挖方全部回填，实际建设管道工程区开挖共产生开挖土石方量为 4.07 万 m³，回填量为 4.07 万 m³，产生建筑垃圾 1.46 万 m³（为路面破除建筑垃圾，建筑垃圾运往弥勒市建筑垃圾填埋场）。管道工程区占用一些道路绿化，施工过程中对该区域进行表土剥离，剥离

量为 0.25 万 m³，堆放于临时堆土的底部，施工回填下层土后，再回填表土。

表 1-6 土石方平衡及流向具体情况表（实际） 单位：万 m³

项目组成	开挖				回填			废弃方			
	土方	表土剥离	建筑垃圾	小计	土方回填	绿化覆土	小计	土方	建筑垃圾	小计	去向
LNG 气化站区	2.75			2.75				2.75		2.75	外运至花花坡
管道工程区	4.07	0.25	1.46	5.78	4.07	0.25	4.32		1.46	1.46	外运至建筑垃圾填埋场
合计	6.82	0.25	1.46	8.53	4.07	0.25	4.32	2.75	1.46	4.21	

注：①开挖+调入+外借=回填+调出+废弃；

②上述土石方均为自然方。

1.1.2 项目区概况

1.1.2.1 地形地貌

弥勒市属滇东高原的一部分，由于受南盘江及其支流的切割，地形高差较大，高原面被强烈剥蚀、分割，形成山谷相间的中山中低山地形与小型盆地（坝子）相间的地貌类型。地势北高南低，东西高、中间低凹，形成弥勒、竹朋、虹溪等盆地。境内东西两山由北向南走向，成三面环绕县境。最高山峰新哨布龙金顶山，主峰海拔 2315m；最低为东山乡与邱北县舍得接界的河谷地带，海拔 870m。弥勒境内地形地貌复杂，形态多样，根据成因及形态不同，主要分为构造剥蚀地貌、河流侵蚀地貌、岩溶地貌、构造溶蚀和断陷湖积盆地等四种类型。

项目区位于弥勒市城区及周边，城区周边青山环绕，水资源丰富，北面锦屏山风景区，南依大红坡，东西山系分列城区二侧，花口河由北向南于中心城区东侧汇入甸溪河，蜿蜒曲折流经中心城区南部，洗洒水库、租舍水库、大树龙潭、湖泉生态园犹如蓝色的明珠镶嵌于城区四周。城区地处弥勒、师宗大断裂带上，地质构造较为复杂，地貌属断陷湖积盆地，项目区地面高程从 1400—1480m，其中 LNG 气化站位于县城的东侧，高程在 1445m ~ 1472m 之间，高差为 27m。

1.1.2.2 地质灾害

弥勒市地处云贵高原南部的中山地带，地质构造体系属昆明山字型构造东翼。境内山岭均属横断山脉中云岭分支的降云露山脉南延部分。北部地形起伏平缓，石灰岩广布，岩溶发育，高原面较完整；西、南、东部在南盘江及其支流的切割、侵蚀作用下，形成东西多山、中部低凹、北高南低、两山围三坝的中山山岭盆地地貌。

项目区所处大地构造位置为华南褶皱系、滇东南台褶带、罗平~师宗褶皱东南段，师宗~弥勒大断裂带南端，处于旱泥沟断裂带附近。夹持于旱泥沟断裂与小石城断裂之间，

早泥沟断裂是竹园断陷盆地的主导断裂，穿越过弥勒~竹园盆地后仍向南延伸，长度大于50km，走向北东45°左右，断裂面倾向南东，倾角较陡；该断裂具多期继承性活动特征，沿断裂带岩石被强烈挤压变形，破碎带宽达数百米。区内广泛出露三叠系个旧组地层，为一套以海相碳酸盐类为主的沉积层，总厚度大于2606m；其中沿断裂带北东走向分布的三叠系中统个旧组第四段（ T_2g^d ）白云岩被强烈挤压破碎，可作为建筑用砂矿开发利用。

地层岩性分别为第四系（Q）和三叠系中统个旧组第四段（ T_2g^d ），其特性如下：

（1）第四系（Q）：岩性为红粘土，砂质粘土，推测厚度3~8m。

（2）三叠系中统个旧组第四段（ T_2g^d ）：岩性为深灰色块状白云岩夹白云质灰岩，由于受规模巨大的地质构造动力作用，致使脆性的块状白云岩被挤压呈碎裂岩，仅局部残存有原岩可辨别岩层产状，地层产状： $113^\circ\sim 119^\circ\angle 28^\circ\sim 33^\circ$ ；该段地层厚度大于500m。

项目区处于师宗~弥勒大断裂带南部附近，在区域上属较不稳定区，根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），本区处于VII度地震基本烈度区内，地震动峰值加速度0.15g，项目建设按7度地震设防。

1.1.2.3 气象

弥勒市地处亚热带，接近北回归线纬度。由于境内地形多样，项目区位于海拔1600m以下，年平均气温16~19.7℃的河谷地带和坝区，属南亚热带或中亚热带气候；多年平均气温17.3℃，最高年18℃（1980年），最低年16.6℃（1971年）；月平均气温最高为22.2℃（6~7月），最高月25.1℃（1963年5月），月平均最低为1月9.8℃，最低月6.3℃（1962年1月），极端最高气温36.1℃（1969年5月），极端最低气温-4.5℃年（1982年12月）。降雨集中5~9月，多年平均降雨量967.9mm。风向以西南风为主，风速最大22m/s。多年平均蒸发量1368.9mm。全年日照时数为2176.4h，光照充足，霜雪日短。全年总辐射132.5千卡/cm²。

根据弥勒县气象资料，项目所在地20年一遇最大24h降雨量为143.70mm，12h降雨量为106.30mm，6h降雨量为78.60mm，1h降雨量为64.10mm。

1.1.2.4 河流水系

弥勒市境内主要江河有南盘江及其支系甸溪河。甸溪河上游有支流禹门河、白马河、花口河，皆属于珠江流域西江水系。另外还有路龙河，为巴江上游支流之一，仍汇入南盘江。比较小的河流还有者甸河、里方河等。

项目区内主要是管网通过县城的河流，主要有花口河由北向南于中心城区东侧汇入甸

溪河，蜿蜒曲折流经中心城区南部，项目区周边有洗洒水库、租舍水库、大树龙潭。由于项目建设扰动呈线型，开挖断面较小，并且建设单位在施工过程中加强管理，做好临时防护工作，项目建设未对河流及周边水库造成水土流失影响。

1.1.2.5 土壤

弥勒市土壤分为：砖红壤、红壤、石灰（岩）土、紫色土、水稻土等五个土类。其中前四种土类属旱地土壤，含9个亚类，19个土属，37个土种。红壤是弥勒县重要的农业土壤资源，根据母岩和母质不同，分为石灰岩棕红壤、砂岩棕红壤、砂岩黄红壤、石灰岩黄红壤、石灰岩红壤、玄武岩红壤、侵蚀红壤和老冲积红壤等8个土属20个土种。

项目区内表层土主要为红壤。

1.1.2.6 植被

弥勒市森林植被中乔木、灌木常见的有裸子植物6科21种，被子植物51科218种。裸子植物中，以松科中的云南松（青松）为多，华山松次之。其它有云南油杉（杉松），思茅松、罗汉松、杉木、园柏、扁柏、刺柏、柏木、苏铁、银杏（白果）等。云南松和华山松是境内蓄积量最多，用材广的植物；被子植物有香樟、云南樟（臭樟）、木姜子、麻栎、青岗、核桃、梨、苹果等数百种，其中桉类、喜树、银华、女贞、万年青是绿化林中数量最多的树种，椿树、樟木、攀枝花、桑木是境内制作家具的珍贵树种，果木和竹类为农户大量栽种的经济林木。在乔灌下，分布有各种草本植物、以及食用菌类、苔藓及蕨类植物。

项目区植被较少，其中LNG气化站主要的植被有绿化区榕树、棕榈、女贞、紫叶小檗、冬青卫矛等，管道工程区植被主要为道路绿化树种，主要有女贞、紫叶小檗、棕榈等。

1.1.2.7 侵蚀类型与强度

按全国土壤侵蚀类型区划标准，项目区属以水力侵蚀为主的西南岩溶区，土壤侵蚀模数允许值为 $500t/km^2 \cdot a$ 。项目区原地貌为主要为林地、坡耕地、草地、交通运输用地，平均土壤侵蚀模数通过计算确定为 $142t/km^2 \cdot a$ ，根据土壤侵蚀分类分级标准，区域水土流失确定为微度流失。项目建设过程中将扰动地面产生部分水土流失，随着工程建设完工，地表硬化覆盖、排水及绿化措施的实施，各扰动区域水土流失得到控制和治理，根据监测数据，项目现状侵蚀模数降为 $52t/km^2 \cdot a$ ，流失强度为微度。

1.1.2.8 水土流失重点防治区划

根据关于印发“全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果的通知”（办水保〔2013〕188号，2013年8月）、云南省水利厅公告第49号“云南

省水利厅关于划分省级水土流失重点预防区和重点治理区的公告”，项目建设区涉及的弥勒市弥阳镇属于“滇东岩溶石漠化国家级水土流失重点治理区”，结合工程所在地区自然环境条件与工程建设及水土流失的特征，水土流失防治标准采用水保方案及批复文件批复的目标等级 I 级。

1.1.2.9 项目区现状水土流失情况

弥勒县天然气利用工程已于 2010 年 1 月开工建设，并于 2013 年 6 月建设完工。根据工程实际情况，工程各建设区水土流失状况简述如下：

一、LNG 气化站

根据施工及监理资料，结合现场踏勘调查，LNG 气化站施工时段为 2010 年 1 月至 2011 年 4 月，现阶段 LNG 气化站已建成运行多年。

LNG 气化站紧邻老弥泸公路，站区内由建构筑物、绿化场地、消防水池、站内道路等组成。站区内建构筑物分为生产区、生产辅助区及行政区等三个功能区，其中生产区位于站区的中部，生产辅助区位于站区的西北侧，行政区位于站区的东南侧，在三个区之间利用道路连接，三个功能区的标高不同，过度用陡坡连接，陡坡采用浆砌石挡墙拦挡。站内地表被建构筑物、硬化地面及绿化覆盖，建构筑物及硬化地面基本无水土流失。站内道路与进站道路相连，目前已经硬化，道路区基本无水土流失；除建构筑物、路面、消防水池及硬化地面，站内其他空地基本绿化，绿化用地基本都被草地覆盖，基本无水土流失。

二、管道工程区

根据施工以及监理资料和现场踏勘调查，管道工程施工时段为 2010 年 1 月至 2013 年 6 月，现阶段输气管道已建成运行多年。

天然气输配管网从气化站接出，再输送到各个用气末端，管道主要是沿城区的道路人行道或道路绿化带进行布置，现在已经恢复成人行道或绿化带，基本无水土流失。

1.2 水土保持工作情况

1.2.1 建设单位水土保持管理

本项目开工后，建设单位重视工程水土保持和环境保护工作，设置了安全（环保）副经理岗位领导相关工作，全面负责公司安全、水保、环保工作。建设单位自主监理的过程中积极对存在的问题及时下发通知并督促整改；自主施工过程中制定了施工阶段水保实施方案、管理制度及应急预案等多项制度办法措施，水土保持管理体系相对健全。工程建设过程中，建设单位严格履行基本建设程序，认真执行项目审批制度。在项目建设过程中，

制定了多项施工管理、财务管理办法，严格按照法定程序办事。工程质量管理的内容和目标层层落实，责任到人。施工管理中以加快施工进度、避免雨季施工、减少土石方活动、土石方采用即运机制和绿化覆土采用即运即填方式等举措进行控制。工程建设项目管理的办法、制度和措施，对确保工程建设的顺利进行起到了重要的作用。

1.2.2“三同时”制度落实

2009年1月弥勒巨鹏天然气经营管理有限公司委托江西省轻工业设计院完成了《弥勒县天然气利用工程可行性研究报告》，并于2010年7月获得批复；2010年8月弥勒巨鹏天然气经营管理有限公司委托成都城市燃气设计研究院有限公司完成了《弥勒县天然气利用工程初步设计报告》，并于2011年3月获得批复。

在初步设计阶段建设单位按照《中华人民共和国水土保持法》、《中华人民共和国水土保持法实施条例》和云南省针对水土保持的有关法律法规要求，建设单位弥勒深燃巨鹏天然气有限公司委托云南润滇节水技术推广咨询有限公司承担了本项目水土保持方案的编制任务，于2011年10月完成了《弥勒县天然气利用工程水土保持方案初步设计报告书》（报批稿），2011年10月27日，取得《云南省水利厅关于弥勒县天然气利用工程水土保持方案初步设计报告书的批复》云水保〔2011〕354号。

项目于2010年1月开工，于2013年6月竣工，在项目建设过程中，建设单位按照批复的水保方案，实施了水土保持措施，水土保持方案介入时LNG气化站已建设完成，管道工程正在建设，建设单位未能严格落实“三同时”制度。

1.2.3 水土保持方案编报及批复情况

为贯彻执行《中华人民共和国水土保持法》、《中华人民共和国水土保持法实施条例》和云南省的有关法律法规，确保工程建设新增水土流失得到全面有效的治理，建设单位于2011年7月委托云南润滇节水技术推广咨询有限公司进行水土保持方案编制工作，于2011年8月编制完成《弥勒县天然气利用工程水土保持方案初步设计报告书》（送审稿），云南省水土保持生态环境监测总站于2011年9月22日在昆明主持召开《弥勒县天然气利用工程水土保持方案初步设计报告书（送审稿）》（以下简称“报告书”）的技术评审会，云南省水利厅、云南省发展和改革委员会、红河州水利局、弥勒县水务局、项目建设单位弥勒深燃巨鹏天然气有限公司及方案编制单位云南润滇节水技术推广咨询有限公司等单位的领导、专家和代表共20人参加会议，会议特邀专家5名组成专家组，与会代表在会上听取了建设单位关于项目前期情况的介绍后，编制单位进行了报告书内容的汇报，

专家组进行了认真的讨论与评审，就《报告书》需要进一步完善和改进的地方提出具体意见和建议，根据与会专家和领导的评审意见，云南润滇节水技术推广咨询有限公司进行了认真的修改和补充，于2011年10月初完成了《弥勒县天然气利用工程水土保持方案初步设计报告书》（报批稿），2011年10月27日，取得《云南省水利厅关于弥勒县天然气利用工程水土保持方案初步设计报告书的批复》云水保〔2011〕354号。

《水保方案》批复主要内容有：

（1）基本同意该项目水土流失防治责任范围 16.73hm^2 ，其中项目建设区包括LNG气化站（建构筑物、道路广场、绿化区）和管道工程区（管道区、临时施工场地），其防治责任范围面积 11.73hm^2 ，直接影响区为项目建设区周边可能影响的区域，其防治责任范围面积 5.0hm^2 。

（2）基本同意水保方案水土流失的预测分析。预测时段、预测分区基本可行。工程建设共产生土石方开挖量 8.70万 m^3 ，填方 4.20万 m^3 ，弃方 4.50万 m^3 。工程建设扰动占压地表面积 11.73hm^2 ，损坏水土保持设施面积 1.08hm^2 。预测时段内若不新增水保防治措施，工程建设可能新增的水土流失量为 3151.84t 。

（3）基本同意防治措施总体布局。主要防治措施有工程措施、植物措施及临时措施等。新增水土保持措施及工程量：覆土 40m^3 ，穴状整地440个，土工布覆盖 4000m^2 ，栽植葛藤440株，绿化 0.15hm^2 。

（4）基本同意水土保持监测目的、原则及监测点的布设，监测内容、监测计划及监测结果要求等基本可行。

（5）水土保持投资估算的编制依据、方法、价格水平年、基础单价、工程单价等与主体工程一致，符合编制规定。同意本工程水土保持总投资 346.44万元 ，其中主体工程已列 249.61万元 ，水保方案新增投资 96.83万元 。水保总投资中防治措施费 254.06万元 ，水土保持设施补偿费 1.62万元 ，监测费 21.67万元 ，监理费 16.0万元 ，其他费用 53.09万元 。水土保持投资纳入工程基本建设总投资中，按年度计划安排，专款专用。

（6）基本同意水土保持防治目标值及效益分析，水土流失防治标准采用I级标准，防治目标为中，扰动土地整治率 95% ，水土流失总治理度大于 97% ，土壤流失控制比 1.0 ，拦渣率达 95% ，林草植被恢复率达到 99% ，林草植被覆盖率 27% 。经效益分析，水土保持方案实施后，基本能达到水土流失防治确定的各项目标值。

1.2.4 变更情况

本项目地点、规模、弃渣未发生重大变化，水土保持方案未做变更方案或补充方案。

根据监测结果，LNG 气化站建设与水保方案一致，管道工程实际建设较《水保方案》发生以下变化：《水保方案》中建设管道长度为 50km，实际建设长度为 48.48km，较《水保方案》减少了 1.52km，管道平面布置发生了部分调整。

二、水土保持相关变化

1、工程占地面积变化

《水保方案》中项目建设区占地面积为 11.73hm²，其中 LNG 气化站占地面积为 1.15hm²，管道工程区占地面积为 10.58hm²。

实际项目建设区占地面积为 11.41hm²，其中 LNG 气化站占地面积为 1.15hm²，管道工程区占地面积为 10.26hm²。

《水保方案》介入时，LNG 气化站已建设完成，占地面积与水保方案一致；实际建设管道较《水保方案》减少了 1.52km，因此占地面积减少了 0.32hm²。

2、土石方数量变化

《水保方案》中工程土石方开挖量总计为 8.70 万 m³（其中剥离表土 0.25 万 m³，土方 6.95 万 m³，建筑垃圾 1.50 万 m³），土石方总回填量为 4.20 万 m³，产生弃方量 4.50 万 m³（其中表土 0.25 万 m³，废弃土方 2.75 万 m³，建筑垃圾 1.46 万 m³）。

工程建设实际土石方开挖量总计为 8.53 万 m³（其中剥离表土 0.25 万 m³，土方 6.82 万 m³，建筑垃圾 1.46 万 m³），土石方总回填量为 4.32 万 m³（其中绿化覆土 0.25 万 m³，土方回填 4.07 万 m³），产生废弃方量 4.21 万 m³（其中废弃土方 2.75 万 m³，建筑垃圾 1.46 万 m³）。

土石方开挖总量减少了 0.17 万 m³，土石方总回填量增加了 0.12 万 m³，弃方量减少了 0.29 万 m³。

3、水土保持措施变化

本工程实际实施水土保持措施与方案批复水土保持措施类型基本一致，由于主体工程变化，措施工程量与水土保持方案批复的相比有一定变化，具体详见第四章水土流失防治措施监测结果。

1.2.5 水土保持监测意见及落实情况

本项目监测进场时工程已建设完成，各项水土保持措施已实施，监测相对滞后，未提出监测意见。监测单位自接收该项目监测委托后，于 2020 年 1 月到项目现场进行监测，根据现场调查结果，各项水土保持措施运行正常，项目区无水土流失隐患，可达到验收条件。

1.3 监测工作实施情况

根据《中华人民共和国水土保持法》和有关开发建设项目水土保持法规及技术规范，在开发建设项目施工准备期之前、施工期及运行期间，需对建设项目防治责任范围内的水土流失情况进行监测，以便及时、准确的掌握工程建设所引起的水土流失状况以及工程项目对区域生态环境的影响程度，为工程建设的水土流失防治工作提供依据。2020年1月受建设单位弥勒深燃巨鹏天然气有限公司的委托，我公司（昆明龙慧工程设计咨询有限公司）承担了弥勒县天然气利用工程的水土保持监测任务。

在接受任务后我单位成立了专门的水土保持监测项目组，并于2020年1月组织技术人员成立监测小组进入现场实地监测，对全区进行调查，同时收集工程相关资料，结合本项目实际，主要采用调查监测和巡查监测辅助的模式进行监测。

1.3.1 监测计划执行情况

在接受水土保持监测任务后，我公司监测组对项目区进行实地调查，资料收集，调查实际建设项目占地和扰动地表面积，挖填方数量及面积，弃方及去向；调查监测期间是否发生了水土流失危害，水土流失危害造成的损失以及对水土流失危害的处理、应对措施，水土流失危害的防护措施及运行情况；统计水土保持措施数量，调查水土保持措施防治效果，编写监测总结报告。

1.3.2 监测项目部设置

为确保本项目监测工作顺利展开，我公司成立由专门的项目监测组。其中，总监测工程师全面负责监测合同的履行，主持本项目监测机构的工作，在项目执行期间保持稳定；如果遇到特殊情况，总监测工程师需要发生变化，我公司将充分征求建设单位的意见，并书面通知建设单位，陈述变更的原因。

监测组人员负责现场的监测工作。同时组成数据分析组，负责实测数据归档、分析及报告的编写。监测人员组织安排见表1-7。

表 1-7 水土保持监测项目部人员配备表

序号	姓名	职称或职务	专业或从事专业	监测工作分工
领导小组	罗松	高级工程师	法人代表/水工	项目管理
	张洪开	高级工程师	水工	成果审查
水土流失因子监测组	保春刚	高级工程师	水土保持	水土流失因子监测组组长，负责土壤分析
	杨平	工程师	水土保持	负责水土流失因子监测
水土流失状况	栗定东	工程师	水土保持	水土流失状况监测组组长，

序号	姓名	职称或职务	专业或从事专业	监测工作分工
监测组				负责监测报告编写
	刘培静	工程师	水土保持	负责水土保持状况监测
防治效果监测组	姜东新	助理工程师	水土保持	水土流失防治效果监测组组长，项目负责人，负责监测报告统稿
	徐源艺	助理工程师	水土保持	负责水土保持效果监测

1.3.3 监测时段、频次

根据《水土保持监测技术规程》(SL277-2002)《生产建设项目水土保持监测与评价标准》(GBT51240-2018)，结合工程实际情况，弥勒县天然气利用工程水土保持监测时段为2020年第一季度。

1.3.4 监测点布设

根据《水土保持监测技术规程》(SL277-2002)中监测点布设原则和选址要求，在实地踏勘的基础上，针对弥勒县天然气利用工程的特点、施工布置、水土流失的特点和水土保持措施的布局特征，并考虑观测与管理的方便性，兼顾开展水土保持监测的典型性和可操作性原则，水土保持监测主要对水土流失情况、水土保持措施实施数量及质量、水土保持措施运行情况以及植被生长状况进行监测。主要在 LNG 气化站道路广场区、绿化区、管道工程区等具有代表性的地段布设4个监测点，布设的监测点见表1-8。

表 1-8

水土保持监测点布设情况表

监测分区	监测部位	监测对象	监测点类型	编号	监测内容	监测方法
LNG 气化站	道路广场区	排水沟	调查监测点	1#	水土保持措施防治效果	调查监测
	绿化区	边坡绿化	调查监测点	2#	水土保持措施防治效果	调查监测
管道工程区	锦屏路	绿化带	调查监测点	3#	水土保持措施防治效果	调查监测
	中山路	绿化带	调查监测点	4#	水土保持措施防治效果	调查监测

1.3.5 监测设施设备

根据《水土保持监测技术规程》(SL277-2002)、《水土保持监测设施通用技术条件》以及相关的监测技术要求，本项目监测所选定的监测点需配备多种监测设备、工具和设施。经统计，本项目水土保持监测使用了以下设备，详见下表。

表 1-9 水土保持监测使用设备表

序号	设施和设备	规格或型号	单位	数量	备注
一	设施				
1	水土保持措施运行效果监测点	/	个	1	用于观测水土保持措施实施及运行情况
2	植物样方	1m×1m	个	1	用于观测植物措施生长情况
二	设备				
1	无人机	DJI 精灵 4pro	台	1	项目全景监测
2	激光测距仪	ELITE1500	台	1	便携式
3	测高仪		台	1	
4	手持式 GPS	展望	台	1	监测点、场地、渣场的定位量测
5	罗盘		套	1	用于测量坡度
6	皮尺或卷尺		套	1	测量植物生长状况
7	数码照相机	佳能	台	2	用于监测现场的图片记录
8	数码摄像机	佳能	台	1	用于监测现场的影像记录
9	易耗品				样品分析用品、玻璃器皿等
10	辅材及配套设备				各种设备安装补助材料

1.3.6 监测技术方法

根据《水土保持监测技术规程》(SL277-2002)《生产建设项目水土保持监测与评价标准》(GBT51240-2018),结合本项目水土流失特点和实际情况,从监测可操作性出发,确定本次水土保持监测方法主要以调查监测法为主。

1.3.7 监测成果提交情况

根据《生产建设项目水土保持监测技术规程》的有关规定,结合项目所在区域气候、土壤、地形地貌等自然条件、项目实际情况,监测进场时,工程已建设完成,监测成果为监测总结报告。

2 监测内容和方法

2.1 监测内容

根据《水土保持监测技术规程》(SL277-2002)及《水保方案》，结合本项目水土保持的监测目标和原则，调查分析项目建设区水土流失及其影响因子的变化情况，查清项目建设区内水土保持措施具体完建数量、质量及其防治效果。同时，根据监测数据分析确定工程项目是否达到水土保持方案提出的防治目标。本工程水土保持监测内容主要包括以下几方面：

2.1.1 项目区水土流失因子监测

- (1) 地形、地貌、降雨、水系、土壤、林草覆盖度；
- (2) 建设项目实际占用地面积、扰动地表面积；
- (3) 损坏水土保持设施面积；
- (4) 工程实际挖方、填方数量及面积，弃土、弃石、弃渣量及堆放面积。

2.1.2 防治责任范围动态监测

防治责任范围动态监测主要是在工程的施工期开展监测工作，主要包括项目建设区。本项目监测根据现场踏勘及业主、监理单位、施工单位提供的资料来复核项目实际发生变化的防治责任范围。

(1) 项目建设区

① 永久性占地

永久性占地是指项目建设征地范围内、由项目建设单位负责管辖和承担水土保持法律责任的地方。永久性占地面积由国土部门按权限批准。水土保持监测是对范围地区进行认真复核，监测项目建设有无超范围开发的情况，以及各阶段永久性占地的变化情况。

② 临时性占地

临时性占地是指因主体工程开发需要、临时占用的部分土地，土地管辖权仍属于原单位（或个人），建设单位无土地管辖权。水土保持监测是复核临时性占地面积有否超范围使用。

③ 扰动地表面积

扰动地表面积是指开发建设项目在建设过程中扰动地表行为造成破坏或占用的面积。对原有地表植被或地形地貌发生改变的行为，均属于扰动地表行为。水土保持监测内容为

认真复核扰动地表面积。

(2) 直接影响区

主要指因工程建设引起的水土流失影响范围内（项目建设区以外）。水土保持监测主要对直接影响区是否存在占用、破坏等情况进行调查。

根据项目建设区及直接影响区面积变化情况，对整个工程的全部区域在项目建设过程中实际发生的水土流失防治责任范围变化情况进行监测。

2.1.3 水土流失量动态监测

根据项目实际建设情况，对工程在项目建设过程中实际的水土流失因子、土壤侵蚀强度、土壤侵蚀模数和土壤侵蚀量的情况进行监测，通过对监测时段内的土壤流失量进行量化以评价项目区治理达标与否。

A 土壤侵蚀强度

项目各个监测分区的土壤侵蚀强度监测，土壤侵蚀强度分为微度侵蚀、轻度侵蚀、中度侵蚀、强烈侵蚀、极强烈侵蚀及剧烈侵蚀。

B 土壤侵蚀模数

土壤侵蚀模数是单位面积土壤及其母质在单位时间内侵蚀量的大小，是表征土壤侵蚀强度的定量指标。

C 土壤侵蚀量

监测项目区内发生的水力、重力等侵蚀所产生的土壤侵蚀总量。

2.1.4 水土流失防治动态监测

根据本项目现状，水土流失防治监测主要是针对现有水保措施及水土流失情况开展监测工作，监测内容主要包括水土流失状况监测、水土保持措施防治效果监测。同时，根据监测数据分析确定工程项目是否达到水土保持方案提出的防治目标。

(1) 水土流失状况监测

主要监测项目区内土壤侵蚀类型及形式、水土流失面积。根据本项目所在地区实际情况，土壤侵蚀的类型主要为水力侵蚀及重力侵蚀，其中，水力侵蚀形式分为沟蚀和面蚀。此外，对监测内容还包括水土流失面积的监测。

(2) 水土保持措施防治效果动态监测

A 防治措施的数量与质量

主要包括防治措施的类型、防治措施的数量、防治措施质量。

B 防护工程的稳定性、完好程度和运行情况

对工程建设过程中所采取的措施的稳定性、完好程度及运行情况进行监测。

C 水土流失防治要求及水土保持管理措施实施情况监测。

水土保持措施防治效果动态监测是针对整个工程的全部区域开展的，监测工程建设实际情况是否按照《水保方案》中的防治要求实施，水土保持管理措施实施情况。

2.1.5 水土流失危害监测

- 1、产生的水土流失对下游河道、农田、乡村道路及植被的危害；
- 2、水土流失对周边居民的影响及危害；
- 3、水土流失危害趋势及可能产生的灾害现象；
- 4、水土流失对区域生态环境影响状况；
- 5、重大水土流失事件监测。

对于重大水土流失事件应及时要求建设单位进行整改，并将其上报水土保持监测管理机构，以方便管理机构进行调查和检查，重大水土流失事件还应进行专题研究，向水土保持监测管理机构提交专题水土保持监测报告。

2.2 监测方法

根据《水土保持监测技术规程》和本工程建设现状及水土流失的特点，本项目的监测主要为调查监测。

2.2.1 调查监测

调查监测是指定期采取全面调查的方式，通过现场实地勘测，采用 GPS 定位仪结合地形图、数码相机、测距仪、测高仪、标杆和尺子等工具，测定不同分区的地表扰动类型和不同类型的面积。填表记录每个扰动类型区的基本特征（特别是临时堆土和开挖面坡长、坡度、岩土类型）及水土保持措施（排水工程、绿化工程和临时工程等）实施情况。

（一）面积监测

面积监测主要通过收集项目资料及采用手持式 GPS 定位仪测定获取。首先对调查区按照扰动类型进行分区，如临时堆土、回填土、开挖面等，然后利用 GPS 沿各分区边界走一圈，确定各个分区的面积。面积监测的时段主要是建设期。

（1）水土流失防治责任范围监测

监测指标为：永久性占地、临时性占地及扰动地表面积。主要根据工程设计资料，结合 GPS、皮尺等监测设备实地核算，对面积的变化进行监测。

(2) 水土流失面积监测

对于水土流失面积，采用 GPS、皮尺等监测设备进行实地核算。水土流失面积的监测主要是在施工期开展监测工作。

水土流失面积监测是针对整个工程的全部区域开展的，结合项目建设区实地监测水土流失面积，统计项目各个时段实际发生的水土流失面积。

(二) 其它调查监测

(1) 水土流失因子

水土流失因子监测是在施工期和运行初期开展监测工作。

对于项目区的地形地貌因子、气象因子、植被因子、水文因子、原土地利用情况、社会因子及经济因子，在现场实地踏勘的基础上查阅相关资料、询问、对照《水保方案》等形式获取。

对于土壤因子的监测指标有：土壤类型、地面组成物质、土壤含水率、孔隙度、土壤容重、土壤 PH 值、土壤抗蚀性，具体监测方法如下：

土壤类型及地面组成物质识别鉴定标准见表 2-1 和表 2-2。

表2-1 国际制土壤质地分类

质地分类		各级土粒重量 (%)		
类别	质地名称	粘粒 ($<0.002\text{mm}$)	粉沙粒 ($0.02 \sim 0.002\text{mm}$)	砂粒 ($2 \sim 0.02\text{mm}$)
沙土类	沙土及壤质沙土	0 ~ 15	0 ~ 15	85 ~ 100
壤土类	砂质壤土	0 ~ 15	0 ~ 45	40 ~ 85
	壤土	0 ~ 15	35 ~ 45	40 ~ 55
	粉沙质壤土	0 ~ 15	45 ~ 100	0 ~ 55
粘壤土类	砂质粘壤土	15 ~ 25	0 ~ 30	55 ~ 85
	粘壤土	15 ~ 25	20 ~ 45	30 ~ 55
	粉沙质粘壤土	15 ~ 25	45 ~ 85	0 ~ 40
粘土类	砂质粘土	25 ~ 45	0 ~ 20	55 ~ 75
	壤质粘土	25 ~ 45	0 ~ 45	10 ~ 55
	粉沙质粘土	25 ~ 45	45 ~ 75	0 ~ 30
	粘土	45 ~ 65	0 ~ 35	0 ~ 55
	重粘土	65 ~ 100	0 ~ 35	0 ~ 35

表2-2 野外土壤质地指感法鉴定标准

土壤质地	肉眼观察形态	在手中研磨时的感觉	土壤干燥时的状态	湿时搓成土球（直径1cm）	湿时搓成土条（2mm粗）
砂土	几乎全是砂粒	感觉全是砂砾，搓时沙沙作响	松散的单位	不能或勉强成球一触即碎	搓不成条
砂壤土	以砂为主，有少量细土粒	感觉主要是砂，稍有土的感觉搓时沙沙作响	土块用手轻压或抛在铁锹上很易散碎	可成球，轻压即碎	勉强搓成不完整的短条
轻壤土	砂多，细土约占二三成	感觉有较多粘质颗粒	用手压碎土块，相当于压断一根火柴棒的力	可成球，压扁时边缘裂缝多而大	可成条，轻轻提起即断
中壤土	还能见到沙砾	感觉沙砾大致相当，有面粉状细腻感	土块较难用手压碎	可成球，压扁时有小裂缝	可成条，弯成2cm直径圆圈时易断
重壤土	几乎见不到沙砾	感觉不到沙砾存在	干土块难用手压碎	可成球，压扁时仍有小裂缝	可成条和弯成圆圈，将圆圈压扁有裂缝
粘土	看不到沙砾	完全是细腻粉末状感觉	干土块手压不碎，锤击也不成粉末	可成球，压扁后边缘无裂缝	可成条和弯成圆圈，将圆圈压扁无裂缝
土壤质地	肉眼观察形态	在手中研磨时的感觉	土壤干燥时的状态	湿时搓成土球（直径1cm）	湿时搓成土条（2mm粗）
砂土	几乎全是砂粒	感觉全是砂砾，搓时沙沙作响	松散的单位	不能或勉强成球一触即碎	搓不成条
砂壤土	以砂为主，有少量细土粒	感觉主要是砂，稍有土的感觉搓时沙沙作响	土块用手轻压或抛在铁锹上很易散碎	可成球，轻压即碎	勉强搓成不完整的短条
轻壤土	砂多，细土约占二三成	感觉有较多粘质颗粒	用手压碎土块，相当于压断一根火柴棒的力	可成球，压扁时边缘裂缝多而大	可成条，轻轻提起即断
中壤土	还能见到沙砾	感觉沙砾大致相当，有面粉状细腻感	土块较难用手压碎	可成球，压扁时有小裂缝	可成条，弯成2cm直径圆圈时易断
重壤土	几乎见不到沙砾	感觉不到沙砾存在	干土块难用手压碎	可成球，压扁时仍有小裂缝	可成条和弯成圆圈，将圆圈压扁有裂缝
粘土	看不到沙砾	完全是细腻粉末状感觉	干土块手压不碎，锤击也不成粉末	可成球，压扁后边缘无裂缝	可成条和弯成圆圈，将圆圈压扁无裂缝

B 土壤含水率测定

用铝盒在剖面上取三个土样，带回室内称得湿土重，然后在 105 度烘箱中烘 8 小时至

恒重，称得干土重，用下列公式计算土壤含水率：

$$\text{土壤含水率} = \frac{\text{湿土重} - \text{干土重}}{\text{干土重}} \times 100\%$$

水土流失因子监测中的地形地貌因子、气象因子、植被因子、水文因子、原土地利用情况、社会因子及经济因子是针对全区开展的；土壤因子的监测是根据实际需要，在工程的不同区域选取有代表性的土样进行测算，确定不同扰动类型下的土壤其土壤侵蚀强度及侵蚀量的关系。

（2）水土保持措施防治效果

① 防治措施的数量与质量

本工程全区水土保持措施的数量主要由建设单位及监理单位提供，工程的施工质量主要由监理单位确定。

水土保持监测需要对监测重点地段或重点对象的防治措施工程量进行实地测量，对于质量问题主要由监理确定。

② 防护工程的稳定性、完好程度和运行情况

本工程的防护工程主要指挡墙、护坡、排水沟等工程，工程的施工质量主要由监理单位确定，监测时主要查看其是否存在损害或砼裂缝、挡墙断裂或沉降等不稳定情况出现，做出定性描述。

③ 水土流失防治要求及水土保持管理措施实施情况监测。

主要采用实地调查、问询、收集水土保持大事记、收集业主针对水土保持相关政策等方式获得。

2.2.2 无人机监测

无人机监测主要是使用无人机航拍影像对整个工程的全部区域所采用的监测方法。结合项目实际情况，本项目监测于2020年1月份介入，使用无人机航拍LNG气化站复核扰动面积。

2.2.3 监测指标及监测方法

结合项目特点，本项目监测中选用植被样方法进行监测。

植被样方可用于调查林草植被的生长发育状况，根据监测指标不同，具体的测量方式方法也不同。根据本项目监测实际情况，主要监测指标测量方法如下：

（1）林木生长情况

① 树高：采用测高仪进行测定。

② 胸径：采用胸径尺进行测定。

(2) 存活率和保存率

根据工程实际情况，对本项目道路工程区、弃渣场区栽植乔木存活率和保存率进行统计，查看绿化苗木成活的株数占绿化苗木总株数的百分数，一定时间以后，检查保存完好的林木株数占总造林株数的百分数，单位为%。

人工种草成活率是指在随机设置 2m×2m 的多个样地内，于苗期查验，当出苗 30 株/m² 以上为合格，并计算和各样方占检查总样方的百分数及为存活率，单位为%，保存率是以上述合格标准在种草一定时间以后，再行查验，保存合格样数占总样数的百分比，单位为%。

(3) 林草覆盖度监测

覆盖度是反映林草植被覆盖情况的指标，通过测量植被（林、灌、草）冠层的枝叶地面上的垂直投影面积占该林草标准地面积的比例进行计算。计算式为：

$$\text{覆盖度} = \frac{\sum(C_i A_i)}{A} \times 100\%$$

式中： C_i 为林地、草地郁闭度或盖度； A_i 为相应郁闭度、盖度的面积； A 为流域总面积。

3 重点对象水土流失动态监测

3.1 防治责任范围监测

3.1.1 水土流失防治责任范围

根据《水保方案》及其批复文件“云水保〔2011〕354号”，本项目水土流失防治责任范围总面积为 16.73hm²，其中项目建设区 11.73hm²，直接影响区 5.0hm²。详见表 3-1。

表 3-1 《水保方案》确定防治责任范围表

防治分区		合计	工程占地面积(hm ²)				备注
			坡耕地	草地	林地	交通运输用地	
项目建设区		11.73	0.91	0.21	0.87	9.74	
LNG 气化站	建筑物	0.36	0.28	0.07	0.01		永久占地
	道路广场	0.25	0.22	0.02	0.01		永久占地
	绿化区	0.54	0.41	0.12	0.01		永久占地
	小计	1.15	0.91	0.21	0.03	0	
管道工程区	管道区	5.58			0.84	4.74	临时占地
	临时施工场地	5				5	临时占地
	小计	10.58	0	0	0.84	9.74	
直接影响区		5	0	0	0.75	4.25	
LNG 气化站		0	0	0	0		建设完毕，不计影响区
管道工程区		5			0.75	4.25	
合计		16.73	0.91	0.21	1.62	13.99	

根据施工、监理单位提供的用地红线资料，结合现场踏勘量测，本项目实际发生的防治责任范围为项目建设区，面积 11.41hm²，无直接影响区。实际发生的防治责任范围较《水保方案》减少了 5.32hm²，其中项目建设区面积减少了 0.32hm²，直接影响区面积减少了 5hm²，见表 3-2、3-3。水土流失防治责任范围变化原因为：实际建设管道较《水保方案》减少了 1.52km，因此项目建设区占地面积减少了 0.32hm²，项目建设过程中严格控制用地红线，未对项目建设区以外的范围造成影响，因此直接影响区面积为 0。

表 3-2 工程建设实际发生的水土流失防治责任范围统计表

防治分区		合计	工程占地面积(hm ²)				备注
			坡耕地	草地	林地	交通运输用地	
项目建设区		11.41	0.91	0.21	0.55	9.74	
LNG 气化站	建构筑物	0.36	0.28	0.07	0.01		永久占地
	道路广场	0.25	0.22	0.02	0.01		永久占地
	绿化区	0.54	0.41	0.12	0.01		永久占地
	小计	1.15	0.91	0.21	0.03		
管道工程区	管道区	5.26			0.52	4.74	临时占地
	临时施工场地	5				5	临时占地
	小计	10.26			0.52	9.74	
直接影响区		0	0	0	0	0	

表 3-3 水土流失防治责任范围对比表 单位: hm²

项目名称		《水保方案》批复 防治责任面积	实际发生防治责任 面积	变化情况	
项目 建设 区	LNG 气化站	建构筑物	0.36	0.36	0
		道路广场	0.25	0.25	0
		绿化区	0.54	0.54	0
		小计	1.15	1.15	0
	管道工 程区	管道区	5.58	5.26	-0.32
		临时施工场地	5	5	0
		小计	10.58	10.26	-0.32
小计		11.73	11.41	-0.32	
直接 影响 区	LNG 气化站		0	0	0
	管道工程区		5	0	0
	小计		5	0	-5
合计		16.73	11.41	-5.32	

3.1.2 建设期扰动土地面积

根据《水保方案》及其批复文件“云水保〔2011〕354号”，本项目建设扰动、损坏原地貌土地面积为 11.73hm²，详见表 3-4。

表 3-4 《水保方案》扰动原地貌、损坏土地面积统计表

项目组成		合计	工程占地面积(hm ²)				备注
			坡耕地	草地	林地	交通运输用地	
LNG 气化站	建构筑物	0.36	0.28	0.07	0.01		永久占地
	道路广场	0.25	0.22	0.02	0.01		永久占地
	绿化区	0.54	0.41	0.12	0.01		永久占地
	小计	1.15	0.91	0.21	0.03		
管道工程区	管道区	5.58			0.84	4.74	临时占地
	临时施工场地	5				5	临时占地
	小计	10.58			0.84	9.74	
合计		11.73	0.91	0.21	0.87	9.74	

根据施工、监理单位提供的工程征占地资料，结合监测现场调查统计，实际建设中由于管道工程减少了 1.52km，本项目实际扰动地表、损坏土地的面积较《水保方案》有所变化，面积减少为 11.41hm²，具体情况详见表 3-5、3-6。

表 3-5 工程建设实际扰动原地貌、损坏土地面积统计表

项目组成		合计	工程占地面积(hm ²)				备注
			坡耕地	草地	林地	交通运输用地	
LNG 气化站	建构筑物	0.36	0.28	0.07	0.01		永久占地
	道路广场	0.25	0.22	0.02	0.01		永久占地
	绿化区	0.54	0.41	0.12	0.01		永久占地
	小计	1.15	0.91	0.21	0.03		
管道工程区	管道区	5.26			0.52	4.74	临时占地
	临时施工场地	5				5	临时占地
	小计	10.26			0.52	9.74	
合计		11.41	0.91	0.21	0.55	9.74	

表 3-6 工程建设实际扰动原地貌、损坏土地面积与《水保方案》对比表

项目名称		《水保方案》扰动原地貌、损坏土地面积 (hm ²)	实际扰动原地貌、损坏土地面积 (hm ²)	增/减情况 (hm ²)
LNG 气 化站	建构筑物	0.36	0.36	0
	道路广场	0.25	0.25	0
	绿化区	0.54	0.54	0
	小计	1.15	1.15	0
管道工 程区	管道区	5.58	5.26	-0.32
	临时施工场地	5	5	0
	小计	10.58	10.26	-0.32
合计		11.73	11.41	-0.32

3.2 取料监测结果

3.2.1 设计取料情况

根据《水保方案》，本项目工程建设所需的石料、水泥、砂石等建筑材料均就近从弥勒市内合法市场采购，各施工队派车到指定地点提料，不涉及单独取料。

3.2.2 取料场位置、占地面积及取料量监测结果

监测组经过现场调查复核，本项目实际建设中未单独设置取料场，项目建设所需砂石料均外购，料场水土流失防治责任归石料场经营方所有。

3.3 弃渣监测结果

3.3.1 设计弃渣情况

根据《水保方案》，本项目共产生开挖方量为 8.70 万 m³（其中剥离表土 0.25 万 m³，土方 6.95 万 m³，建筑垃圾 1.50 万 m³），填方 4.20 万 m³，弃方 4.50 万 m³（其中表土 0.25

万 m^3 ，土方 2.75 万 m^3 ，建筑垃圾 1.50 万 m^3 ），弃方中弃土运往花花坡垃圾填埋场回填，建筑垃圾运往弥勒县建筑垃圾填埋场，表土用于施工结束后绿化覆土。

3.3.2 弃渣场位置、占地面积及弃渣量监测结果

监测组经过现场调查复核，工程建设实际土石方开挖量总计为 8.53 万 m^3 （其中剥离表土 0.25 万 m^3 ，土方开挖 6.82 万 m^3 ，建筑垃圾 1.46 万 m^3 ），土石方总回填量为 4.32 万 m^3 （其中绿化覆土 0.25 万 m^3 ，土方回填 4.07 万 m^3 ），产生废弃方量 4.21 万 m^3 （其中废弃土方 2.75 万 m^3 ，建筑垃圾 1.46 万 m^3 ）。弃方中弃土运往花花坡垃圾填埋场回填，建筑垃圾运往弥勒县建筑垃圾填埋场，弃方去向与《水保方案》设计一致。

3.3.3 弃渣对比分析

本项目实际产生弃渣去向与水保方案批复一致，实际建设弃渣量减少了 0.29 万 m^3 （其中建筑垃圾减少了 0.04 万 m^3 ，0.25 万 m^3 表土用作绿化覆土）。

3.4 土石方流向情况监测结果

根据《水保方案》，本项目共产生开挖方量为 8.70 万 m^3 （其中剥离表土 0.25 万 m^3 ，土方 6.95 万 m^3 ，建筑垃圾 1.50 万 m^3 ），填方 4.20 万 m^3 ，弃方 4.50 万 m^3 （其中表土 0.25 万 m^3 ，土方 2.75 万 m^3 ，建筑垃圾 1.50 万 m^3 ），弃方中弃土运往花花坡垃圾填埋场回填（具体详见弃土去向证明），建筑垃圾运往弥勒县建筑垃圾填埋场，表土用于施工结束后绿化覆土。详见表 3-8。

表 3-8 《水保方案》土石方平衡及流向表 单位：万 m^3

项目组成	开挖				回填	废弃方				去向
	土方	表土剥离	建筑垃圾	小计	土方回填	表土	土方	建筑垃圾	小计	
LNG 气化站区	2.75			2.75			2.75		2.75	外运至花花坡
管道工程区	4.20	0.25	1.50	5.95	4.20	0.25		1.50	1.75	表土堆放临时施工场地，建筑垃圾运往弥勒县建筑垃圾填埋场
合计	6.95	0.25	1.50	8.70	4.20	0.25	2.75	1.50	4.50	

注：①开挖+调入+外借=回填+调出+废弃；

②上述土石方均为自然方。

监测组经过现场过程监测，结合施工结算资料，工程建设实际土石方开挖量总计为 8.53 万 m^3 （其中剥离表土 0.25 万 m^3 ，土方 6.82 万 m^3 ，建筑垃圾 1.46 万 m^3 ），土石方总回填量为 4.32 万 m^3 （其中绿化覆土 0.25 万 m^3 ，土方回填 4.07 万 m^3 ），产生废弃方量 4.21 万 m^3 （其中废弃土方 2.75 万 m^3 ，建筑垃圾 1.46 万 m^3 ）。

表 3-9 实际建设土石方平衡及流向表 单位: 万 m³

项目组成	开挖				回填			废弃方			
	土方	表土剥离	建筑垃圾	小计	土方回填	绿化覆土	小计	土方	建筑垃圾	小计	去向
LNG 气化站区	2.75			2.75				2.75		2.75	外运至花花坡
管道工程区	4.07	0.25	1.46	5.78	4.07	0.25	4.32		1.46	1.46	外运至建筑垃圾填埋场
合计	6.82	0.25	1.46	8.53	4.07	0.25	4.32	2.75	1.46	4.21	

注: ①开挖+调入+外借=回填+调出+废弃;

②上述土石方均为自然方。

经对比, 本项目实际建设土石方数量发生以下变化: 土石方开挖总量由《水保方案》中的 8.70 万 m³ 减少为 8.53 万 m³, 其中土方开挖量减少了 0.13 万 m³, 表土剥离量不变, 建筑垃圾量减少了 0.04 万 m³; 土石方回填总量由《水保方案》中的 4.20 万 m³ 增加为 4.32 万 m³, 其中土方回填减少了 0.13 万 m³, 绿化覆土增加了 0.25 万 m³; 产生永久弃方量由《水保方案》中的 4.25 万 m³ 减少为 4.21m³, 其中废弃土方量不变, 建筑垃圾减少了 0.04 万 m³。土石方流向与《水保方案》基本一致。

表 3-10 土石方平衡及流向对比表 单位: 万 m³

项目类别	水保方案设计	实际建设发生	变化情况
土方开挖量	6.95	6.82	-0.13
表土剥离量	0.25	0.25	0
建筑垃圾量	1.50	1.46	-0.04
土石回填量	4.20	4.07	-0.13
永久弃方量	4.25	4.21	-0.04

4 水土流失防治措施监测结果

弥勒县天然气利用工程水土保持措施监测内容主要为：防治措施的类型、数量、质量，防护工程的稳定性、完好程度和运行情况，植物措施成活率、保存率、生长情况及覆盖度，水土保持管理措施实施情况等。监测过程中本项实施的水土保持措施有：截水沟、排水沟、分台挡墙、挂网护坡、彩钢板拦挡、临时覆盖、绿化等措施。针对已经实施的工程措施、植物措施等，监测组通过实地测量结合资料分析的方法进行措施类型、位置、实施时间、规格、数量、防治效果的复核调查，反映项目建设区水土流失防治措施及其效果。

4.1 工程措施监测结果

一、《水保方案》批复工程措施情况

根据《水保方案》及其批复文件，方案批复水土保持工程措施为：

主体设计：

截排水沟 370m，分台挡墙 280m，排水涵管 540m，挂网护坡 0.15hm²。

方案新增：

表土剥离 2500m³。

表 4-1 水土保持方案批复的工程措施工程量表

项目分区	措施	方案批复数量	备注
LNG 气化站	截排水沟	370m	主体设计
	分台挡墙	280m	主体设计
	挂网护坡	0.15hm ²	主体设计
管道工程区	表土剥离	2500m ³	方案新增

二、实际实施工程措施情况

根据施工结算资料及监测结果，截止 2020 年 4 月，弥勒县天然气利用工程实施的工程措施为：截排水沟 370m，分台挡墙 280m，挂网护坡 0.15hm²，表土剥离 2500m³。

LNG 气化站：截排水沟均采用浆砌石砌筑、砂浆抹面，截水沟长度为 160m，断面型式为梯形断面，断面下底宽为 0.5m，上底宽为 0.8m，深度为 0.5m；排水沟长度为 210m，断面型式为矩形断面，其中 I 型断面尺寸为 0.4m × 0.6m，长度为 120m，II 型断面尺寸为 1.0m × 1.0m，长度为 90m。LNG 气化站采用分台布置，台与台间采用浆砌石挡墙防护，挡墙采用 M7.5 浆砌石砌筑，M10 砂浆压顶，顶宽 0.5m，底宽 0.8~2.0m，高 0.5~3.0m，共布设挡墙 280m。LNG 气化站的东南侧高边坡采用钢丝挂网护坡，钢丝挂网护坡面积为

0.15hm²。

管道工程区：表土剥离 2500m³。

具体实施工程量情况及与方案批复的工程措施一致，对比表见表 4-2。

表 4-2 实际实施与方案批复的工程措施工程量对比表

项目分区	措施	方案批复数量	实际实施数量	增减情况
LNG 气化站	截排水沟	370m	370m	一致
	分台挡墙	280m	280m	一致
	挂网护坡	0.15hm ²	0.15hm ²	一致
管道工程区	表土剥离	2500m ³	2500m ³	一致

通过对比，本工程实际实施工程措施与方案批复工程措施一致，措施类型及数量无变化。监测项目组认为，弥勒县天然气利用工程水土保持工程措施数量与方案批复一致，能够满足项目区水土流失防治要求，实际实施情况基本到位。





4.2 植物措施监测结果

一、《水保方案》批复植物措施情况

根据《水保方案》及其批复文件，方案批复水土保持植物措施为：

主体设计：LNG 气化站园林绿化 0.54hm²，管道工程区道路绿化带 0.84hm²。

方案新增：栽植葛藤 440 株。

表 4-3 水土保持方案批复的植物措施工程量表

项目分区	措施	方案批复数量	备注
LNG 气化站	园林绿化	0.54hm ²	主体设计
	栽植葛藤	440 株	方案新增
管道工程区	道路绿化带	0.84hm ²	主体设计

二、实际实施植物措施情况

根据施工结算资料及监测结果，截止 2020 年 4 月，弥勒县天然气利用工程实施的工程措施为：LNG 气化站内绿化园林绿化 0.54hm²，栽植树种为：榕树、棕榈、女贞、紫叶小檗、冬青卫矛，地被为草坪；东南侧高边坡栽植葛藤 400 株。管道工程区道路绿化带 0.84hm²，栽植树种为：女贞、紫叶小檗、棕榈、小叶榕。

具体实施工程量情况及与方案批复的植物措施对比表见表 4-4、4-5。

表 4-4 实际实施植物措施工程量表

项目分区	措施	实际实施数量	备注
LNG 气化站	园林绿化	0.54hm ²	主体设计
	栽植葛藤	400 株	方案新增
管道工程区	道路绿化带	0.84hm ²	主体设计

表 4-5 实际实施与方案批复的植物措施工程量对比表

项目分区	措施	方案批复数量	实际实施数量	增减情况
LNG 气化站	园林绿化	0.54hm ²	0.54hm ²	一致
	栽植葛藤	440 株	400 株	-40 株
管道工程区	道路绿化带	0.84hm ²	0.84hm ²	一致

通过对比，本工程实际实施植物措施与方案批复植物措施类型基本一致，植物措施工程量与水土保持方案批复的相比有一定变化，具体的变化原因如下：

LNG 气化站园林绿化面积、管道工程区道路绿化带与方案批复一致，LNG 气化站东南侧高边坡方案设计栽植葛藤 4 排，共栽植 440 株，实际栽植葛藤 3 排，共栽植 400 株。

监测项目组认为，弥勒县天然气利用工程实际实施植物措施工程量较水保方案设计基本一致，植物措施实施区域植被生长良好，植被覆盖度高，无裸露地表，植物措施保存率、成活率达标，亦能够满足项目区水土流失防治要求，实际实施情况基本到位。

实施的植物措施照片集



LNG 气化站绿化



LNG 气化站绿化



4.3 临时防护措施监测结果

一、《水保方案》批复临时措施情况

根据《水保方案》及其批复文件，方案批复水土保持临时措施为：

主体设计：彩钢板拦挡 2000m；

方案新增：铺土工布 4000m²。

表 4-6 水土保持方案批复的临时措施工程量表

项目分区	措施	方案批复数量	备注
管道工程区	彩钢板拦挡	2000m	主体设计
	铺土工布	4000m ²	方案新增

二、实际实施临时措施情况

根据施工结算资料，项目建设期内本项目实际实施的水土保持临时措施实施主要为：彩钢板拦挡 2460m、铺土工布 4600m²。具体实施工程量情况及与方案批复的临时措施对比表见表 4-7。

表 4-7 实际实施与方案批复的临时措施工程量对比表

项目分区	措施	方案批复数量	实际实施数量	增减情况
管道工程区	彩钢板拦挡	2000m	2460m	+460m
	铺土工布	4000m ²	4600m ²	+600 m ²

通过对比，本工程实际实施临时措施与方案批复临时措施类型一致，临时措施工程量与水土保持方案批复的相比有所增加。

监测项目组认为，弥勒县天然气利用工程水土保持临时措施数量与方案批复相比数量有所增加，施工过程中注重临时防护，起到更好的水土保持效果。

4.4 水土保持措施防治效果

(1) 水土保持措施实施情况汇总

经监测统计，弥勒县天然气利用工程实施完成水土保持措施为：

①工程措施：

截排水沟 370m，分台挡墙 280m，挂网护坡 0.15hm^2 ，表土剥离 2500m^3 。

②植物措施：

LNG 气化站园林绿化 0.54hm^2 ，管道工程区道路绿化带 0.84hm^2 ，栽植葛藤 400 株。

③临时措施：

彩钢板拦挡 2460m，铺土工布 4600m^2 。

（2）水土保持措施防治效果评价

弥勒县天然气利用工程水土保持措施共划分为斜坡防护工程、土地整治工程、防洪排导工程、植被建设工程和临时防护工程。

斜坡防护工程工程护坡工程量充足，能够有效控制项目区回填边坡可能引起的水土流失，发挥其水土保持效益。

土地整治工程实施表土剥离，后期用作绿化覆土，保护了珍贵的表土资源。

防洪排导工程实施的排洪导流设施（截水沟、排水沟）形成完整的排水系统，运行良好，沟内无淤积，无破损毁坏，排水顺畅，正确引导水流，能有效地防止径流对地表的冲刷，保持水土的效果明显。后期运行管理中需重点巡察排洪导流设施是否出现淤积、破损，如有淤积应及时进行疏通，如有破损应及时进行维修。

植被建设工程植物绿化成活率、覆盖率较高，植物生长良好，发挥了较好的水土保持功能。

临时防护措施中彩钢板拦挡起到阻挡土体泥沙外泄的作用，临时覆盖效果较好，临时措施总体质量合格。

表 4-8 水土保持措施质量评定结果表

单位工程	分部工程	布设位置	单元工程划分 (个)	单元工程评定				分部工程 质量 评定	单位工程 质量 评定	项目工程 质量 评定
				合格项 数	合格 率%	优良 项数	优良 率%			
斜坡防护工程	工程护坡	LNG 气化站	2	2	100	0	0	合格	合格	合格
土地整治工程	场地整治(表土 剥离)	管道工程区	25	25	100	0	0	合格	合格	合格
防洪排导工程	排洪导流设施	LNG 气化站	4	4	100	1	25	合格	合格	合格
植被建设工程	点片状植被	LNG 气化站	5	5	100	0	0	合格	合格	合格
	线状植被	管道工程区	10	10	100	2	20	合格	合格	合格
临时防护工程	拦挡	管道工程区	25	25	100	0	0	合格	合格	合格
	覆盖	管道工程区	46	46	100	0	0	合格	合格	合格
合计			117	117		3	2.56			

综上所述,本项目在工程建设过程中实施的工程措施、植物措施、临时措施有效保证了工程质量,达到了水土流失防治效果,发挥了较好的水土保持功能。

5 土壤流失情况监测

5.1 水土流失面积

本项目属于新建项目，建设期内整个工程占地区域均造成了新的扰动和水土流失。经过程监测分析，本项目在施工期造成水土流失总面积为 11.41hm^2 ，施工期结束后，进入自然恢复期，随着各项水土保持措施发挥效益，LNG 气化站建构筑物覆盖、道路广场硬化部分、管道工程区路面硬化部分，不再产生水土流失，造成轻微水土流失的主要为绿化工程区域，自然恢复期造成的水土流失面积为 1.38hm^2 。

5.2 土壤流失量

5.2.1 侵蚀单元划分

一、原地貌侵蚀单元划分

原地貌侵蚀单元主要根据不同的土地占用类型而确定。依据弥勒县天然气利用工程水土保持方案，原地貌侵蚀主要为各区域占地类型的原生侵蚀，项目水土流失防治责任范围内的原生占地类型主要为：坡耕地、草地、林地、交通运输用地。

二、地表扰动类型划分

通过现场踏勘和调查，根据重塑地貌后形成新的地形地貌，分析划分项目建设后的地表扰动类型。为了客观地反映建设项目的水土流失特点，对项目区现状地表类型进行适当的分类。在实地调查的基础上，依照同一扰动类型的流失特点和流失强度基本一致、不同扰动类型的流失特点和流失强度明显不同的原则，弥勒县天然气利用工程在施工过程中对地表的扰动主要表现为开挖面（包括 LNG 气化站场地平整开挖和管槽开挖）、施工扰动平台等 2 种地表扰动类型。施工结束后，自然恢复期的地表主要表现为硬化地表、平台绿化、边坡绿化。地表扰动分类见下表 5-1、5-2，扰动类型面积统计见表 5-3、5-4。

根据工程建设实际情况，施工期间地表扰动类型主要为：① LNG 气化站场地平整开挖、管槽开挖造成原地表裸露，属于开挖面扰动类型；② 管道工程区临时施工场地属于施工扰动平台类型；③ 项目建设后由建构筑物、地表硬化和绿化覆盖的区域属于无危害扰动。

表 5-1 施工期地表扰动现状分类表

扰动类型	开挖面	施工扰动平台
分类	有危害扰动	
侵蚀对象形态	LNG 气化站场地平整开挖区域为土质坡面或土夹石坡面，实施有浆砌石挡墙起到挡护作用；管道工程开挖区域为土质坡面，实施有彩钢板拦挡	施工区域临时堆土、施工材料堆放
特征描述	LNG 气化站开挖坡面坡长<4m，管道工程开挖坡面<1m	施工扰动
代号	土质、土石质风化物	土质、土石质风化物
侵蚀类型	水蚀为主	水蚀

表 5-2 自然恢复期地表扰动现状分类表

扰动类型	硬化地表	平台绿化	边坡绿化
分类	无危害扰动		
侵蚀对象形态	建构筑物、道路路面、硬化广场	道路绿化带、LNG 气化站园林绿化	LNG 气化站边坡绿化
特征描述	硬化覆盖，无土体裸露	植被覆盖	植被覆盖
代号	/	/	/
侵蚀类型	水蚀	水蚀为主	水蚀为主

表 5-3 项目施工期地表扰动类型统计表

项目分区	扰动土地类型	面积 (hm ²)
LNG 气化站	开挖面	0.15
	施工扰动平台	1
管道工程区	开挖面	5.26
	施工扰动平台	5
合计		11.41

表 5-4 自然恢复期地表扰动类型统计表

项目分区	扰动土地类型	面积 (hm ²)
LNG 气化站	硬化地表	0.61
	平台绿化	0.39
	边坡绿化	0.15
管道工程区	硬化地表	9.42
	平台绿化	0.84
合计		11.41

三、防治措施分类

依据水土保持措施防治对象，本工程水土保持措施包括工程措施、植物措施、临时措施，具体措施为：

①工程措施：

截排水沟 370m，分台挡墙 280m，挂网护坡 0.15hm²，表土剥离 2500m³。

②植物措施:

LNG 气化站园林绿化 0.54hm²，管道工程区道路绿化带 0.84hm²，栽植葛藤 400 株。

③临时措施:

彩钢板拦挡 2460m，铺土工布 4600m²。

5.2.2 各侵蚀单元侵蚀模数的确定

一、原地貌侵蚀模数

监测项目组通过对项目区及其周边进行现场调查，收集项目区及周边占地、植被状况等文字及影像资料，结合《水保方案》中原生水土流失量预测成果，确定项目区内各占地类型的原生土壤侵蚀模数，见表 5-5，结合本项目各防治区原始占地面积，加权平均后各单元的土壤侵蚀模数背景值为 142t/km²·a，见表 5-6。

表 5-5 原生土壤侵蚀模数取值表

占地类型	自然因素	原生土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)	备注
林地	为灌木林、乔木	300	无明显侵蚀
坡耕地	地形坡度在 5~10°	1500	轻度
交通运输用地	为硬化地面	0	无明显侵蚀
草地	自然草地，多为缓坡地形，覆盖度为 40~60%左右	450	无明显侵蚀

表 5-6 土壤侵蚀模数背景值计算表

工程建设区		工程占地面积 (hm ²)					平均土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)
		合计	坡耕地	草地	林地	交通运输用地	
LNG 气化站	建构筑物	0.36	0.28	0.07	0.01		1263
	道路广场	0.25	0.22	0.02	0.01		1368
	绿化区	0.54	0.41	0.12	0.01		1244
	小计	1.15	0.91	0.21	0.03		1277
管道工程区	管道区	5.26			0.52	4.74	30
	临时施工场地	5				5	0
	小计	10.26			0.52	9.74	15
合计		11.41	0.91	0.21	0.55	9.74	142

二、施工期内各地表扰动类型侵蚀模数

由于监测介入滞后，无法对工程施工建设过程地表扰动侵蚀情况进行动态监测，故本次监测不对工程施工期间水土流失量进行分析统计，本次施工期监测的水土流失情况结合现场施工照片并参考同类工程进行分析评价，重点针对各分区水土流失发生原因进行分析。

项目主要包括 LNG 气化站和管道工程，施工过程中，LNG 气化站场地平整及管槽开

挖等活动将对工程占地区造成扰动和破坏,损毁地表植被,造成局部裸露地表及再塑地貌,不同程度地降低或改变其水土保持功能,造成新的水土流失。随着项目配套的排水、绿化等措施的完工,场区扰动地表基本被硬化和绿化覆盖,地表水土保持功能得以恢复,水土流失逐渐减小。项目水土流失主要集中在基建施工期,基建施工期土壤侵蚀分析详见表 5-7,土壤侵蚀模数参照同类工程经验取值,详见表 5-8。

表 5-7 项目施工期土壤侵蚀分析表

监测分区	工程活动	破坏形式	工程中已采取措施	水土流失影响	流失类型
LNG 气化站	场地平整开挖、施工扰动	地表扰动	浆砌石挡墙、截排水沟、工程护坡	开挖平台及边坡裸露,降雨易造成侵蚀。	水力侵蚀(面蚀为主)
管道工程区	管槽开挖、施工扰动	地表扰动	彩钢板拦挡、临时覆盖	沟槽裸露、施工临时场地临时堆土存在裸露,降雨易侵蚀。	水力侵蚀(面蚀为主)

表 5-8 项目施工期土壤侵蚀模数取值表

工程建设区		占地面积 (hm ²)	平均土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)
LNG 气化站	建构筑物	0.36	1800
	道路广场	0.25	1650
	绿化区	0.54	2200
	小计	1.15	1955
管道工程区	管道区	5.26	2500
	临时施工场地	5	2300
	小计	10.26	2403
合计		11.41	2357

三、现状土壤侵蚀模数

项目建设过程中 LNG 气化站布置了浆砌石挡墙、截排水沟、工程护坡等工程防护措施以及绿化区植物措施,有效控制和治理了该区域的水土流失;管道工程区占地就地进行原地貌恢复,占用道路绿化带的区域实施植物措施,占用硬化地表的区域进行地面硬化恢复,有效防治水土流失。目前,绿化区域植物长势良好、覆盖度高,通过监测情况分析,项目区水土流失程度为微度,建构筑物覆盖及地面硬化区域不再产生水土流失。

表 5-9 现状项目区土壤侵蚀模数计算表

工程建设区		占地面积 (hm ²)	平均土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)
LNG 气化站	建构筑物	0.36	450
	道路广场	0.25	465
	绿化区	0.54	485
	小计	1.15	470
管道工程区	管道区	道路绿化带	0.84
		路面硬化	4.42
	临时施工场地		5
	小计		10.26
合计		11.41	398

5.2.3 项目建设区土壤流失量分析

本工程为建设类项目，结合该工程建设实际监测情况，监测介入滞后，对现状项目区产生的土壤流失量与原生土壤流失量进行对比分析。

一、原生土壤流失量分析

根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)，本工程属水力侵蚀为主的西南土石山区。根据监测小组对工程沿线水土流失状况实地调查资料，结合《水保方案》确定的侵蚀模数进行分析，水土流失背景值为 142t/km²·a，采用公式：流失量=∑侵蚀单元面积×侵蚀强度，计算时段按建设工期计算，LNG 气化站施工时段为 1.33 年，管道工程为 3.5 年。项目建设区原生水土流失量详见表 5-10。

表 5-10 项目区原生土壤流失量计算表

项目分区		水土流失面积 (hm ²)	流失时段 (a)	平均土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)	水土流失量(t)
LNG 气化站	建构筑物	0.36	1.33	1263	6.04
	道路广场	0.25	1.33	1368	4.55
	绿化区	0.54	1.33	1244	8.94
	小计	1.15	1.33	1277	19.53
管道工程区	管道区	5.26	3.5	30	5.46
	临时施工场地	5	3.5	0	0.00
	小计	10.26	3.5	15	5.46
合计		11.41			49.98

二、建设期内土壤流失量分析

通过 5.2.2 各侵蚀单元侵蚀模数的确定，采用公式：流失量=∑侵蚀单元面积×侵蚀强度，对建设时段内水土流失情况进行计算对比。计算时段按建设工期计算，LNG 气化站施工时段为 1.33 年，管道工程为 3.5 年。详见表 5-11。

表 5-11 建设期土壤流失量计算表

项目分区		水土流失面积 (hm ²)	流失时段 (a)	平均土壤侵蚀模 数 (t/km ² ·a)	水土流失 量(t)
LNG 气化站	建构筑物	0.36	1.33	1800	8.62
	道路广场	0.25	1.33	1650	5.49
	绿化区	0.54	1.33	2200	15.80
	小计	1.15	1.33	1955	29.91
管道工程区	管道区	5.26	3.5	2500	460.25
	临时施工场地	5	3.5	2300	402.50
	小计	10.26	3.5	2403	862.75
合计		11.41			1785.31

表 5-12 现状土壤流失量计算表

项目分区		水土流失面积 (hm ²)	流失时段 (a)	平均土壤侵蚀模 数 (t/km ² ·a)	水土流失 量(t)
LNG 气化站	建构筑物	0.36	1.33	450	2.15
	道路广场	0.25	1.33	465	1.55
	绿化区	0.54	1.33	485	3.48
	小计	1.15	1.33	470	7.18
管道工程区	管道区	5.26	3.5	420	77.32
	临时施工场地	5	3.5	380	66.50
	小计	10.26	3.5	450	161.60
合计		11.41		417	319.78

三、水土流失情况对比分析

经对比分析，项目区原生平均土壤侵蚀模数为 142t/km²·a，施工期间平均土壤侵蚀模数为 2357t/km²·a，现状平均土壤侵蚀模数为 417t/km²·a，水土流失量由施工期间 1785.31t 减少为 319.78t，与原地貌对比，施工期间项目的施工扰动造成了一定程度的水土流失，随着工程施工完成，通过各项水土保持措施的实施，各项水土保持措施发挥效益，本项目产生的水土流失危害减少，因此本工程水土保持措施可满足水土保持要求。

5.3 取料、弃渣潜在土壤流失量

监测组经过现场调查复核，本项目实际建设中未单独设置取料场，本项目管槽开挖产生的土方全部进行回填，回填利用率较高，施工所需砂砾石及块石料均由当地合法料场购买商品骨料，本项目不存在因取料带来的潜在水土流失量。

本项目实际建设过程中产生的废弃土方运往花花坡进行回填利用，拆除的地面建筑垃圾运往弥勒市建筑垃圾填埋场，现花花坡已被建筑物覆盖，弃方去向合理，废弃土方未造成水土流失。

5.4 水土流失危害

通过对本项目周边区域实地走访巡查，监测组针对弥勒县天然气利用工程在建设过程中未发现直接或间接对所在流域水系内的水体、周边农田等因水土流失造成危害。监测结果显示弥勒县天然气利用工程在建设期间未发生水土流失危害事件。

6 水土流失防治效果监测结果

本项目已全部施工结束，监测组根据现场踏勘及收集数据分别对现阶段的六项指标进行量化计算，检验项目区内水土保持工程是否达到治理要求，以便对工程的维护、加固和养护提出建议。

根据关于印发“全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果的通知”（办水保〔2013〕188号，2013年8月）、水利部公告〔2006〕2号文“关于划分国家级水土流失重点防治区的公告”和云南省水利厅公告第49号“云南省水利厅关于划分省级水土流失重点预防区和重点治理区的公告”，项目建设区涉及的弥勒市弥阳镇属于“滇东岩溶石漠化国家级水土流失重点治理区”，结合工程所在地区自然环境条件与工程建设及水土流失的特征，水土流失防治标准采用水保方案及批复文件批复的目标等级I级。

按全国土壤侵蚀类型区划标准，项目区属以水力侵蚀为主的西南岩溶区，土壤允许流失量为 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。项目的建设对所在区域直接产生水土流失影响，因此本项目水土保持工作重点是坚持以预防为主、保护优先的方针，建立健全管护机构，制定有力措施，强化监督管理；依法实施重点监督，加强执法检查，加大宣传力度，增强法制观念，遏制人为造成的水土流失。

本项目水保方案批复水土保持防治指标作为弥勒县天然气利用工程水土保持监测和后期验收的目标依据，具体情况如下表6-1。

表 6-1 水土保持措施（设施）分类分级评价指标

防治标准	计算方法	防治标准值
扰动土地整治率（%）	项目建设区内扰动土地的整治面积占扰动土地总面积的百分比	95
水土流失总治理度（%）	项目建设区内水土流失治理达标面积占水土流失总面积的百分比	97
土壤流失控制比	项目建设区内，容许土壤流失量与治理后的平均土壤流失强度之比	1.0
拦渣率（%）	项目建设区内采取措施实际拦挡的弃土（石、渣）量与工程弃土（石、渣）总量的百分比	95
林草植被恢复率（%）	项目建设区内，林草类植被面积占可恢复林草植被面积的百分比	99
林草覆盖率（%）	林草类植被面积占项目建设区面积的百分比	27

6.1 基础数据分析

本工程各项水土保持措施实施完全后，效益分析相关数据如下：

（1）本项目扰动原地貌面积共计 11.41hm^2 。

(2) 建设区水土流失面积为除去建构筑物覆盖及硬化以外区域的占地面积，即扰动原地貌面积除去永久建构筑物、地面硬化面积。经统计，永久建构筑物面积为 LNG 气化站 0.36hm²，地面硬化面积 9.67hm²，建设区水土流失面积 1.38hm²。

(3) 水土保持工程措施面积为植物措施面积 1.38hm² (含工程护坡 0.15hm²)。

(4) 工程建设后且各项水土保持措施发挥效益后，经过加权平均计算，整个项目区水土保持措施实施后平均土壤侵蚀模数为 52t/km²·a。

6.2 扰动土地整治率

扰动土地是指开发建设项目在建设活动中形成的各类挖损、占压、堆弃用地，均以垂直投影面积计。扰动土地整治面积，指对扰动土地采取各类整治措施的面积。扰动土地整治率为水保措施防治面积、永久建筑物面积之和与扰动地表面积的比值。

至监测结束，工程扰动土地面积为 11.41hm²，扰动土地整治达标面积为 11.31hm²，扰动土地整治率达 99.74%，达到水土流失防治目标。具体分析见表 6-2。

表 6-2 扰动土地整治率计算表 单位: hm²

建设区扰动土地总面积	扰动土地整治面积				扰动土地整治率 (%)	
	建构筑物面积	植物措施覆盖度达标面积	硬化覆盖面积	小计	目标值	监测结果
11.41	0.36	1.35	9.67	11.38	95	99.74%

6.3 水土流失总治理度

水土流失总治理度为项目建设区内水土流失治理达标面积占水土流失总面积的百分比。本工程建设区内仍存在水土流失区域为建构筑物及硬化以外的区域，水土流失面积为 1.38hm²，水土流失总治理达标面积 1.35hm²。通过水土保持工程措施和植物措施进行治理后，水土流失总治理度达 97.83%。具体分析见表 6-3。

表 6-3 水土流失总治理度计算表 单位: hm²

水土流失面积	扰动土地整治面积	扰动土地整治率 (%)	
	植物措施达标面积	目标值	监测结果
1.38	1.35	97	97.83%

6.4 拦渣率

根据监测调查及施工、监理资料，本工程实际建设过程中产生废弃土方 4.21 万 m³ (其中废弃土方 2.75 万 m³，建筑垃圾 1.46 万 m³)。根据水土保持的治理要求，废弃土方全部用封闭车辆运往花花坡回填利用，建筑垃圾运往弥勒市建筑垃圾填埋场，水土流失量大为

减少，拦渣率达 95% 以上，达到了治理目标值。

6.5 土壤流失控制比

土壤流失控制比是指项目区容许土壤流失量与水保措施实施后土壤侵蚀强度之比。项目区属以水力侵蚀为主的西南岩溶区，容许土壤流失量为 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。通过各水土保持工程措施和植物措施的实施，项目区各分区的土壤侵蚀模数均低于或等于容许值。各项防治措施实施后，项目区加权平均土壤流失强度降到 $417\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ ，经计算项目区土壤流失控制比为 1.2，达到了治理目标。

6.6 林草植被恢复率

林草恢复率为植物措施面积与可绿化面积的比值，工程林草植被恢复达标面积为 1.38hm^2 ，可恢复林草植被面积为 1.38hm^2 ，林草植被恢复率达 99%。

6.7 林草覆盖率

林草覆盖率为林草总面积与项目建设区面积的比值，本工程植物措施达标面积为 1.35hm^2 ，项目区总面积为 11.41hm^2 ，林草覆盖率达 11.83%。

各项指标达标情况见表 6-4。

表 6-4 水土流失防治效果监测达标情况

序号	防治指标类型	防治标准值	监测指标	达标情况
1	扰动土地治理率 (%)	95	99.74	达标
2	水土流失治理度 (%)	97	97.83	达标
3	土壤流失控制比	1.0	1.2	达标
4	拦渣率 (%)	95	95	达标
5	林草植被恢复率 (%)	99	99	达标
6	林草覆盖率 (%)	27	11.83	未达标

综上所述，通过各种防治措施的有效实施，使工程占地区域内扰动土地整治率达到 99.74%，水土流失总治理度达到 97.83%，土壤流失控制达 1.2，拦渣率大于 95%，达到林草植被恢复率达 99% 以上，林草覆盖率达 11.83%，除林草覆盖率外其他指标均达到目标值，林草覆盖率未达标是因为管道工程区为临时占地，施工结束大部分恢复硬化路面。

7 结论

7.1 水土流失动态变化

水土流失是一个动态变化过程，其强度也是动态变化的。

根据监测结果，在项目区水土流失强度变化主导因子是降雨情况，随着雨季旱季的更替增大减小，项目区的水土流失强度有明显变化。项目区水土流失量随着时间的增加累积。防治目标达标情况能反映项目区防治措施的到位情况，项目施工初期水土流失强度最大，随着各项水土保持措施的实施，水土流失强度逐渐减小，通过各项水土保持措施的实施，截止 2020 年 4 月，本工程各项水土保持指标的达标情况见表 7-1。

表 7-1 六项指标监测结果与方案目标对比情况表

防治标准	方案目标值	监测值	达标情况
扰动土地整治率 (%)	95	99.74	达标
水土流失总治理度 (%)	97	97.83	达标
土壤流失控制比	1.0	1.2	达标
拦渣率 (%)	95	95	达标
林草植被恢复率 (%)	99	99	达标
林草覆盖率 (%)	27	11.83	未达标

从表中可以看出，本项目六项防治指标除林草覆盖率外其他指标均达到方案批复的目标值，林草覆盖率未达标是因为管道工程区为临时占地，施工结束大部分恢复硬化路面。项目建设实施的水土保持工程措施、植物措施、临时措施有效，一定程度地遏制了新增水土流失量，具有一定的生态效益。

7.2 水土保持措施评价

本项目实施完成的工程措施为：截排水沟 370m，分台挡墙 280m，挂网护坡 0.15hm²，表土剥离 2500m³。截排水沟形成完整的排水系统，正确引导水流，能有效地防止径流对地表的冲刷，分台挡墙发挥拦挡功效，现状工程措施运行良好，无破损毁坏，保持水土的效果明显。

本项目实施完成的植物措施为：LNG 气化站园林绿化 0.54hm²，管道工程区道路绿化带 0.84hm²，栽植葛藤 400 株。植物措施布局满足水土保持要求，选用树种合理，植物生长较好，植被成活率达 100%，覆盖度达 90%，通过植物的生长活动达到根系加筋、茎叶防冲蚀的目的，可在坡面形成茂密的植被覆盖，在表土层形成盘根错节的根系，有效抑制

暴雨径流对边坡的侵蚀，增加土体的抗剪强度，减小孔隙水压力和土体自重，从而大幅度提高边坡的稳定性和抗冲刷能力。在美化环境的同时，能够有效控制项目区水土流失，发挥其水土保持效益，起到较好的水土保持效果。

本项目实施完成的临时措施为：彩钢板拦挡 2460m，铺土工布 4600m²。临时防护措施布局合理，数量充足，防治效果明显，基本达到水土保持方案设计要求。

7.3 存在问题及建议

通过监测，对弥勒县天然气利用工程提出以下问题及建议：

(1) 对植被恢复区域加强植物措施的抚育管理，对绿化效果欠佳的区域及时进行补植补种。

(2) 在工程运行期间要重点对已有水土保持措施的管理维护，保证各项措施的有效运行，发现问题及时完善补救。

7.4 综合结论

监测结果表明，弥勒县天然气利用工程水土保持方案的设计基本上合理可行。在工程施工过程中，建设单位基本能按照批复的水土保持方案和有关法律法规要求开展水土流失防治工作，保障水土保持投资专项使用，有效控制了工程的水土流失。

截至 2020 年 4 月，随着工程区各项水保措施已完全发挥防护作用，取得了较好的水土保持防护效果。通过项目区巡查及查阅工程资料，项目建设未发生水土流失危害，六项水土保持防治指标除林草覆盖率外其他指标均达到了方案批复目标值。

综上所述，建设单位在水土流失防治责任范围内的水土保持设施具备正常运行条件，且能持续、安全、有效运行，水土保持设施的管护、维护措施落实到位，符合交付使用要求。