

贵州省交通运输厅技术指南

JTZN52/T 17-2024

贵州省加筋格宾挡墙设计与施工技术指南 (试行)

2024-12-31 发布

2025-1-10 实施

贵州省交通运输厅 发布

前 言

贵州省地处山区，地质条件复杂，加筋格宾挡墙作为一种柔性支挡结构，具有柔韧性好、透水性强、快速施工等诸多优点，景观适应性好，符合绿色公路的建设理念，在贵州省公路工程建设中得到了较为广泛的应用。为规范贵州省加筋格宾挡墙的设计与施工，做到因地制宜，合理运用指标，达到技术、经济的合理统一，特制定本指南。

本指南在参照《土工合成材料应用技术规范》（GB/T 50290）、《公路路基设计规范》（JTG D30）、《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610）、《工程用机编钢丝网及组合体》（YB/T 4190）、《工程机编钢丝网用钢丝》（YB/T 4221）等现行标准、规范的基础上，针对加筋格宾挡墙建设特点，充分吸收近年来国内外研究成果，结合贵州省已建加筋格宾挡墙的实践经验，做了相关规定。

本指南按照《贵州省交通运输厅技术指南管理办法》的要求，分为 8 个部分：

- 第 1 部分：范围
- 第 2 部分：规范性引用文件
- 第 3 部分：术语和定义
- 第 4 部分：构造和材料
- 第 5 部分：勘测
- 第 6 部分：设计
- 第 7 部分：施工
- 第 8 部分：质量控制与验收

请各单位在应用本指南的过程中，如发现需要修改和补充之处，请反馈给编制单位贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司（地址：贵州省贵阳市观山湖区阳关大道附 100 号，邮政编码：550081，电话：0851-85825066），以供今后修订时参考。

批准单位：贵州省交通运输厅

编制单位：贵州纳晴高速公路有限公司

中国葛洲坝集团路桥工程有限公司

贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司

贵州省交通建设工程质量监督执法支队

主要审查人员：梅世龙 母进伟 王建国 周 勇 周德军 廖万辉 李 鹏
柳治国 王 晓

主要参编人员：谢方臣 刘耀琦 冉茂伦 张 力 陆 瑜 杨进坤 刘军辉
杨胜波 刘 彦 谢勋成 陈 冰 魏小楠 唐 志 付皇中
武海涛 刘继伟 陈 涛 陈 超 陈凯旋 张圣东 刘运恒
虞 海 谭文前 朱丹丹 罗玉林 李本云 刘 品 刘 欢
陈芳平 徐呈祥 鄢荣杰 靳丽莲 何朝奇 张 军 李永强

目 次

1 范围 1

2 规范性引用文件 2

3 术语和定义 3

4 构造和材料 5

 4.1 一般规定 5

 4.2 加筋格宾单元 5

 4.3 土工格栅 8

 4.4 网箱填石 8

 4.5 加筋体填料 9

 4.6 辅助材料 10

5 勘测 11

 5.1 一般规定 11

 5.2 勘测要求 11

6 设计 13

 6.1 一般规定 13

 6.2 总体结构设计 14

 6.3 计算参数 15

 6.4 稳定性验算 21

 6.5 防排水、绿化及附属设施设计 25

7 施工 28

7.1 一般规定 28

7.2 施工准备 29

7.3 地基平整 30

7.4 土工格栅铺设 30

7.5 加筋格宾单元施工 31

7.6 加筋体填料摊铺和压实 34

7.7 防排水、绿化及附属设施施工 36

8 质量控制与验收 37

8.1 一般规定 37

8.2 质量管理 37

8.3 质量检验 38

8.4 质量评定 41

8.5 验收 42

附录 A 常用加筋格宾单元主要技术指标 44

附录 B 加筋格宾挡墙稳定性验算算例 45

附录 C 分项工程质量检验评定表 51

1 范围

本指南规定了加筋格宾挡墙在构造和材料、勘测、设计、施工、质量控制与验收五个方面的技术要求。

本指南适用于贵州省各等级公路工程新建、改扩建加筋格宾挡墙的设计与施工。加筋格宾挡墙宜用于公路工程各类填方工程的支挡，不宜用于公路工程狭窄挖方工程的支挡。

2 规范性引用文件

下列文件对于本指南的应用是必不可少的。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有修改单）适用于本指南。

GB/T 1839 钢产品镀锌层质量试验方法

GB/T 9789 金属和其他无机覆盖层 通常凝露条件下的二氧化硫腐蚀试验

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验盐雾试验

GB/T 16422.2 塑料实验室光源暴露试验方法 第2部分：氙弧灯

GB/T 16422.3 塑料实验室光源暴露试验方法 第3部分：荧光紫外灯

GB/T 17639 长丝纺粘针刺非织造土工布

GB/T 20492 锌-5%铝-混合稀土合金镀层钢丝、钢绞线

GB/T 50290 土工合成材料应用技术规范

JTG 3430 公路土工试验规程

JTG B02 公路工程抗震规范

JTG C10 公路勘测规范

JTG C20 公路工程地质勘察规范

JTG D30 公路路基设计规范

JTG D81 公路交通安全设施设计规范

JTG E41 公路工程岩石试验规程

JTG E50 公路工程土工合成材料试验规程

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

JTG/T 3610 公路路基施工技术规范

JTG/T D31-02 公路软土地基路堤设计与施工技术细则

JTG/T D32 公路土工合成材料应用技术规范

JTG/T D33 公路排水设计规范

JT/T 1432.1 公路工程土工合成材料 第1部分：土工格栅

JB/T 10696.6 电线电缆机械和理化性能试验方法 第6部分 挤出外套刮磨试验

YB/T 4190 工程用机编钢丝网及组合体

YB/T 4221 工程机编钢丝网用钢丝

3 术语和定义

3.1 加筋格宾挡墙 **reinforced gabion retaining wall**

将石料填入格宾网箱形成面墙,并对面墙后的填料进行加筋形成的一种柔性支挡结构。

3.2 加筋格宾单元 **unit of reinforced gabion**

组成加筋格宾挡墙的结构单元,一般采用双绞合钢丝网制作,包括格宾网箱和加筋网面两部分。

3.3 双绞合钢丝网 **double twisted wire mesh**

由相邻两根钢丝经双绞合后,再与左右相邻钢丝进行双绞合形成的六边形钢丝网。

3.4 加筋体 **reinforcement**

由筋材与填料共同组成的部分。

3.5 潜在破裂面 **potential failure surface**

加筋体活动区和稳定区的分界面。

3.6 网面翻边强度 **connection to selvedge strength for wire mesh**

指取有效宽度不低于8个网孔的网面,在顺编织方向固定端丝及网面的情况下做拉伸试验,网面翻边处散开或翻边处断裂第一根网丝时的强度,以千牛顿每米(kN/m)表示。

3.7 筋土界面阻力系数 **interface resistance coefficient of reinforcement and soil**

筋材受到的最大拉力与筋土界面施加的法向应力和筋土接触面积的乘积之比。

4 构造和材料

4.1 一般规定

4.1.1 加筋格宾挡墙基本构造如图 4.1.1 所示。

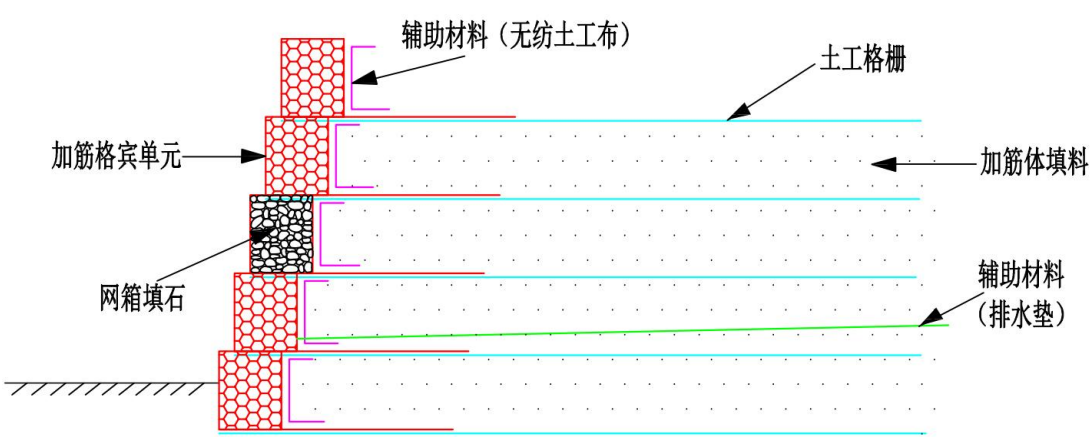


图 4.1.1 加筋格宾挡墙基本构造示意图

4.1.2 应根据设计和施工需要，对加筋格宾挡墙各部位材料的物理力学性质进行试验，试验应符合现行《公路土工试验规程》（JTG 3430）、《公路工程土工合成材料试验规程》（JTG E50）的有关规定。

4.2 加筋格宾单元

4.2.1 加筋格宾单元应为低碳钢丝经机编而成的双绞合钢丝网面构件，格宾网箱与加筋网面应为一个整体的机编钢丝网，如图 4.2.1 所示。

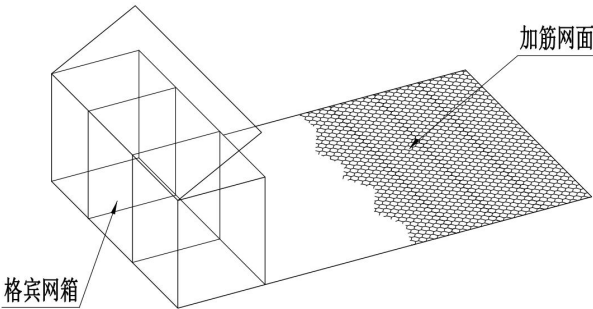


图 4.2.1 加筋格宾单元示意图

4.2.2 加筋格宾单元应选择强度高、耐久性好的低碳钢丝，并符合下列规定：

1 钢丝的抗拉强度不应小于 350MPa，断裂延伸率不应小于 8%，材质应符合现行《工程机编钢丝网用钢丝》（YB/T 4221）的有关规定。

2 钢丝表面应有金属镀层或外覆有机涂层的防腐措施，根据不同防腐条件下钢丝网的使用环境、使用年限选用不同防腐措施。钢丝网防腐层指标应符合附录 A 的规定。

3 钢丝网网孔规格应符合附录 A 的规定，网孔规格 M 的允许偏差不应超过标准值的 $\pm 10\text{mm}$ 。

4 网面翻边强度应符合附录 A 的规定。

条文说明

有防腐措施的钢丝网主要包括镀锌钢丝、5%或 10%铝锌稀合金镀层钢丝，镀锌钢丝包塑、5%或 10%铝锌稀土合金镀层钢丝包塑等。

网孔规格指与编织方向垂直的两个双绞合轴线之间的距离，用“M”表示（如图 4.2.2 所示），M 值取不少于 10 个连续网孔双绞合轴线距离的平均值（cm），例如 M8 表示网孔规格 M 为 8cm。

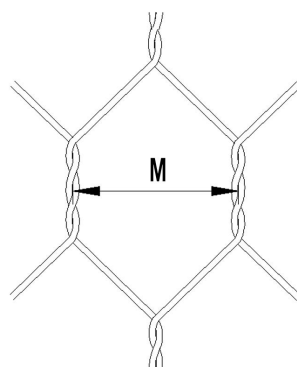


图 4.2.2 网孔规格 M 示意图

4.2.3 应在网面边缘设置与网丝同材质，起到架立作用的边丝和端丝，边丝和端丝直径应符合附录 A 的规定。网丝在边丝和端丝上的绕边应缠绕两圈半以上，如图 4.2.3 所示。

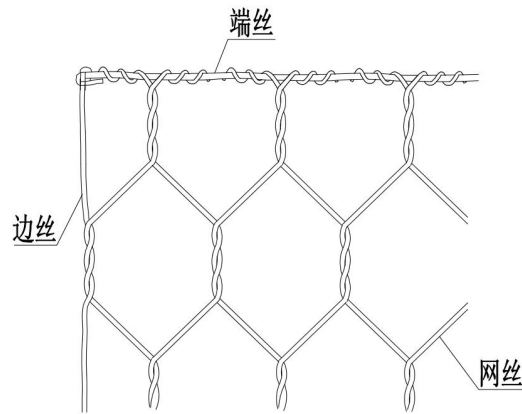


图 4.2.3 机编网示意图

4.2.4 加筋格宾单元的连接应采用绑扎钢丝或 C 型钉连接的方式，如图 4.2.4 所示，应符合下列规定：

- 1 绑扎钢丝的材质、力学性能与耐腐蚀性能应与网面一致，应按间隔 10cm～15cm 单圈缠绕一双圈锁紧相间隔的方式绞合。
- 2 C 型钉由镀锌、镀锌铝合金钢丝或不锈钢钢丝制成，钢丝直径宜为 3.0mm，镀层重量不小于 255g/m²，C 型钉最小拉开拉力值应不低于 2.0kN，两个相邻 C 型钉间距不应大于 20cm。

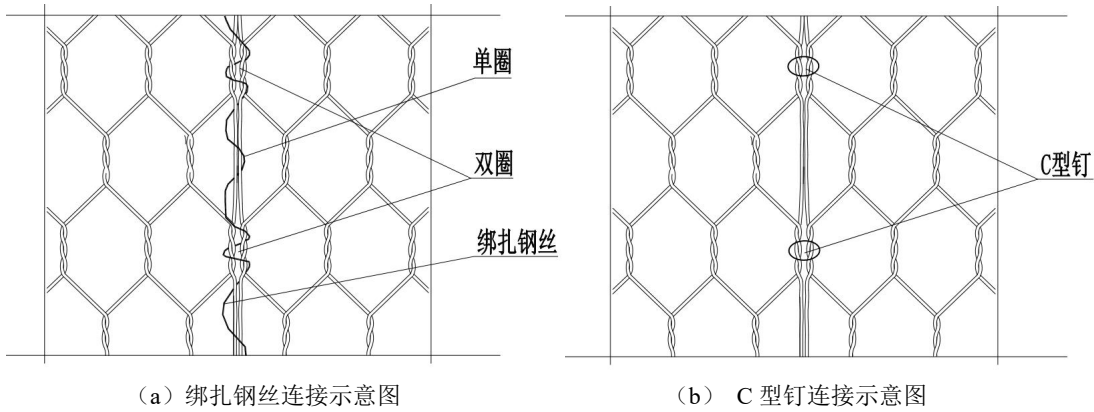
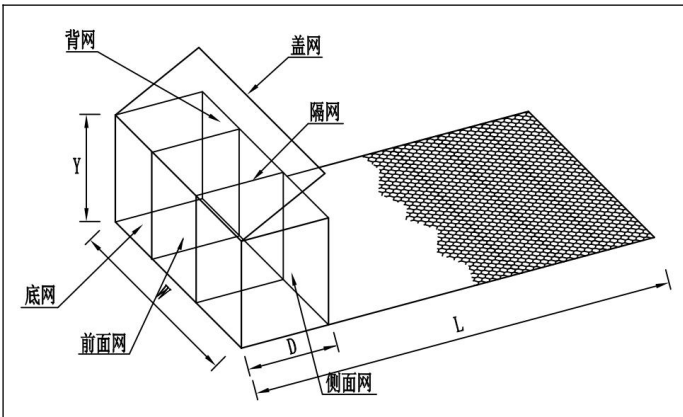


图 4.2.4 网箱连接绞合方式

4.2.5 加筋格宾单元长度（L）、宽度（W）、高度（Y）和网箱厚度（D）的允许偏差不应超过标准值的±5%，加筋格宾单元常用的定型规格尺寸见表 4.2.5。

表 4.2.5 加筋格宾单元常用定型规格尺寸

	长度 L (m)	宽度 W (m)	高度 Y (m)	网箱厚度 D (m)
	3	3	0.5、 0.8、1.0	0.8、1.0
	4	3		
	5	3		
	6	3		

注：加筋格宾单元的高度 Y 与网箱厚度 D 一般存在对应关系，当高度 Y 取 0.5m 时，网箱厚度 D 取 0.8m；当高度 Y 取 0.8m 和 1.0m 时，网箱厚度 D 取 1.0m。

4.2.6 加筋格宾单元宽度方向上应每隔 1m 设置横向垂直隔网，以防止石料侧向移动，控制箱体变形。

4.3 土工格栅

- 4.3.1 用于加筋格宾挡墙的土工格栅，应符合下列规定：
- 1 整体性好、强度高、变形小，不应产生脆性破坏。
 - 2 应具有良好的耐久性、低蠕变性和抗紫外线老化性能。
 - 3 表面应粗糙，与填料间形成良好的摩擦咬合作用，能产生足够的摩阻力，筋土界面阻力系数应符合设计要求，并与面墙牢固可靠地连接。

4.3.2 土工格栅的产品标准及环境保护要求应符合现行《土工合成材料应用技术规范》（GB/T 50290）、《公路工程土工合成材料 第 1 部分：土工格栅》（JT/T 1432.1）的有关规定。

4.4 网箱填石

- 4.4.1 网箱填石符合下列规定：
- 1 填石料应采用质地坚硬、遇水不易崩解、具备一定抗风化能力、饱和单轴抗压强度不小于 30MPa、难水解的块石、卵石，片条状的石料不宜采用。非裸露部位可以适当采用废弃混凝土碎块或耐风化的建筑废料作为填充料。

2 填石料应选择粒径大小为网箱网孔尺寸的 1.5 倍~2.0 倍且大小均匀的石料，最大粒径不应超过网箱高度的 1/3。用于嵌缝的石料数量不应超过 15%，且不应用于网箱的外露面。

4.5 加筋体填料

4.5.1 加筋体填料符合下列规定：

1 应选择易于填筑和压实，能与筋材产生良好摩擦与咬合作用，水稳定性较好的填料。

2 应优先选用具有一定级配的砂土、砾石土、碎石土，可采用中低液限的黏性土，不应采用有机质含量高的土、泥炭、淤泥、腐殖土、冻结土、盐渍土、湿陷性土、白垩土、中-强膨胀土、硅藻土、垃圾土等工程性质不良的土。

3 加筋体填料在满足设计要求时，宜优先就地取材，消化弃方。

4 与筋材直接接触部分的填料应不含有尖锐棱角的块体，填料的粒径不应超过 10cm。

5 当用于浸水工程环境时，填料必须采用水稳定性好的硬质岩石破碎料。

6 加筋体填料宜和加筋体后的路基填料为同一种材料。

7 填料应不含腐殖质以及对筋材具有腐蚀性的化学及电化学成分等杂质。与金属材质类筋材接触的填料的化学和电化学标准应满足表 4.5.1 的规定。

表 4.5.1 加筋体填料化学与电学要求

项目	电阻率 (Ω/m)	氯离子 ($m \cdot e/100g$ 土)	硫酸根离子 ($m \cdot e/100g$ 土)	pH 值
无水工程	>100	≤ 5.6	≤ 21	5~10
淡水工程	>100	≤ 2.8	≤ 10.5	5~10

条文说明

加筋体填料作为墙面系统后两层筋材之间的部分，必须易于填筑和压实，且应与拉筋之间有可靠的摩擦力，不应与拉筋有腐蚀性。填料应选择有一定级配可渗水的中粗砂类土和砾石类土（卵石土、碎石土、砾石土），采用细粒土为填料时，宜在考虑筋材特性后采用无机结合料进行稳定或固化处治。

关于加筋体填料的选择，国外大多数规范不允许使用黏性土作为加筋体填料，且对细粒土的含量也有严格要求，对于允许使用黏性土的规范中，也严格限

制了其塑性指数的取值,国内相关规范中也提出挡墙填料宜采用透水性好的粗粒料。但在贵州山区公路工程建设条件困难的路段,基于经济性和环境保护方面的考虑,加筋体填料也可就地取材,通过实验,采用符合要求的中低液限黏性土进行填筑,但必须采取相应的工程措施(如防水、压实等),以保证结构的安全。

4.5.2 填料设计参数的获取应选择有代表性的料样按现行《公路土工试验规程》(JTG 3430)的有关规定进行室内试验,并结合现场情况确定填料参数,填料参数的选取符合下列规定:

- 1 初步设计缺乏可靠试验数据时,填料的设计参数可参照表 4.5.2 采用。
- 2 填料重度可根据实测资料适当修正,计算水位以下的重度采用浮重度。

表 4.5.2 填料设计参数表

填料种类			综合内摩擦角（°）	内摩擦角（°）	填料重度（kN/m³）
细粒土	黏性土	墙高 H≤6m	35~40	—	17~18
		墙高 H>6m	30~35	—	
粗粒土 （砂类土）	中砂、细砂		—	30~35	18~19
	砂砾、粗砾、角砾、圆砾		—	35~40	19~21
巨粒土 （碎石土）	碎石、卵石		—	45~50	19~21
注：当墙高大于 12m 时，表中的综合内摩擦角或内摩擦角宜取低值					

4.6 辅助材料

4.6.1 加筋格宾挡墙使用的辅助材料主要包括反滤材料(如砂砾石垫层、无纺土工布等)、排水垫、临时固定件(U 型钉、竹钉、木桩等)、临时支撑(木模、脚手架等)。

4.6.2 用作反滤层的无纺土工布的技术要求应符合《公路土工合成材料应用技术规范》(JTG/TD 32)、《长丝纺粘针刺非织造土工布》(GB/T 17639)的有关规定。

5 勘测

5.1 一般规定

5.1.1 应按照挡墙设计要求，根据挡墙的规模、重要程度和设置环境做好工点处的现场调查、地质勘察和纵横断面勘测工作，提供的基础资料应准确可靠。勘察工作内容和深度应满足设计阶段的要求。

5.1.2 应加强勘测过程控制，重视勘测外业现场管理和资料验收等工作，确保勘测资料的真实性、完整性和准确性。

5.2 勘测要求

5.2.1 应做好场地工程地质、水文、气象和筑路材料等基础资料的收集、调查、分析和试验工作，为设计提供必要的参数，符合下列规定：

1 沿河挡墙应按路基设计要求，调查搜集洪水流量、水位、水深、流速、流向和冲刷等水文分析计算所需资料，还应征求水利部门的意见，满足防洪的相关要求。

2 加筋体填料的重度、密实度、黏聚力、内摩擦角以及基础与地基土间的摩擦系数等设计参数，应通过试验确定。

5.2.2 应根据挡墙的设置位置、工程规模（墙高、长度）、地形状况、地质条件和公路等级选用综合勘探方法，确定勘探点的数量和位置。勘探符合下列规定：

1 应采用坑探、钻探等方法进行勘探。

2 当地质条件变化大时，宜结合物探进行综合勘探，勘探深度应达到满足设计要求基底持力层以下稳定地层中不小于 3m。

5.2.3 应查明挡墙基底地质条件，包括地层结构、岩土类型及其物理力学性质，地下水的类型、分布，不良地质及特殊性岩土的发育情况，纵横向地质条件差异等。

5.2.4 加筋格宾挡墙路段应进行 1:2000 工程地质调绘,调绘范围应包括结构工程和可能产生影响的岩土体以外直径不小于 50m 的区域。在地形、地质条件特别复杂、规模较大的工点,应实地放出挡墙结构的轴线,进行纵横断面控制测量,并测绘 1:500~1:1000 的地形图。

5.2.5 应提供单独的加筋格宾挡墙工点资料,主要包括:1:2000 工程地质平面图、1:2000 工程地质纵断面图、1:100~1:400 代表性地质横断面图、1:50~1:200 钻探柱状图,岩土的物理力学指标汇总表、承载力参数推荐值表、水质分析资料、挡墙基础的(差异)沉降和稳定性对工程的影响分析等。

5.2.6 公路工程加筋格宾挡墙的勘测还应符合现行《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)、现行《公路勘测规范》(JTG C10)的有关规定。

6 设计

6.1 一般规定

6.1.1 加筋格宾挡墙设计应综合考虑地形地貌、工程地质、气象水文条件、施工条件、环境协调要求、与其他构造物交叉或搭接等因素。

6.1.2 加筋格宾挡墙设计前应收集、调查墙址处的相关资料,并进行试验分析,为挡墙设计提供依据。收集的路线设计资料包括以下内容:

- 1 地形地貌特征、斜坡坡度和自然稳定状况。
- 2 地质结构面及其产状、规模和发育情况。
- 3 地基的地层结构、岩土类型及其物理力学性质。
- 4 地下水的类型、分布、腐蚀性及其对边坡结构稳定的影响。
- 5 地表水的类型、分布及其对边坡结构稳定的影响。
- 6 不良地质和特殊性岩土的发育情况和纵横向地质条件差异。
- 7 沿河挡墙河流的洪水流量、水位、水深、流速、流向和冲刷等水文分析所需的资料。

6.1.3 设计阶段应确定挡墙设置位置、墙高、断面形式、起讫桩号及两端衔接方式等,进行工程结构设计计算,绘制挡墙平、纵面图、挡墙断面大样图和路肩墙挡墙顶部护栏基础设计图等。

6.1.4 加筋格宾挡墙与相邻构筑物应衔接平顺,并与周围环境相协调。

6.1.5 当墙址附近存在地表、地下水源时,应设计防排水措施,防止水源渗入加筋体填料中。

6.1.6 当加筋格宾挡墙有抗震设计要求时,其抗震设计强度和稳定性验算范围和要求应符合现行《公路工程抗震规范》(JTG B02)的有关规定。

6.2 总体结构设计

6.2.1 应根据工程具体情况，遵循技术可行、经济合理、施工方便的原则，经综合比较，合理确定加筋格宾挡墙的结构形式。

6.2.2 加筋格宾挡墙墙底可不设置基础，符合下列规定：

- 1 墙底宜设置厚度不小于 20cm 的砂或碎石垫层。
- 2 当墙底位于大于 5% 的纵向斜坡上时，地基顶面应设计为台阶式。
- 3 设置在一般土质地基上的挡墙埋置深度不应小于 1m。
- 4 墙底设置在岩质地基上时应清除其表面风化层，当风化层较厚难以全部清除时挡墙埋置深度不应小于 1m。

6.2.3 挡墙结构设计符合下列规定：

- 1 单级加筋格宾挡墙墙高不宜大于 12m，多级加筋格宾挡墙每级墙高不宜大于 10m、上下级墙体之间应设置宽度不小于 2m 的平台，平台应做好防冲刷处理措施。
- 2 加筋格宾面墙坡比一般陡于 1:0.5，最陡可以做成垂直面墙的形式。
- 3 路堤式加筋格宾挡墙，墙顶部宜按路线要求设置纵坡，可设计成平坡或阶梯状。
- 4 加筋格宾挡墙一般不设伸缩缝或沉降缝，只有当墙高突变或地基地质、水文情况突变时，可在面墙区域设置泡沫板伸缩缝或沉降缝，缝宽宜为 2cm~3cm，伸缩缝或沉降缝施工应符合现行《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610）的有关规定。
- 5 加筋格宾挡墙墙面端部，可采用护坡、锥坡和护墙等构造措施或直接与相邻构筑物衔接，不同变形要求的结构间应设变形缝隔断。

6.2.4 加筋格宾挡墙横断面形式应根据地形条件灵活设置，一般设计为直立式（图 6.2.4a）和退台式（图 6.2.4b），退台宽度一般为 0.05m~0.5m。

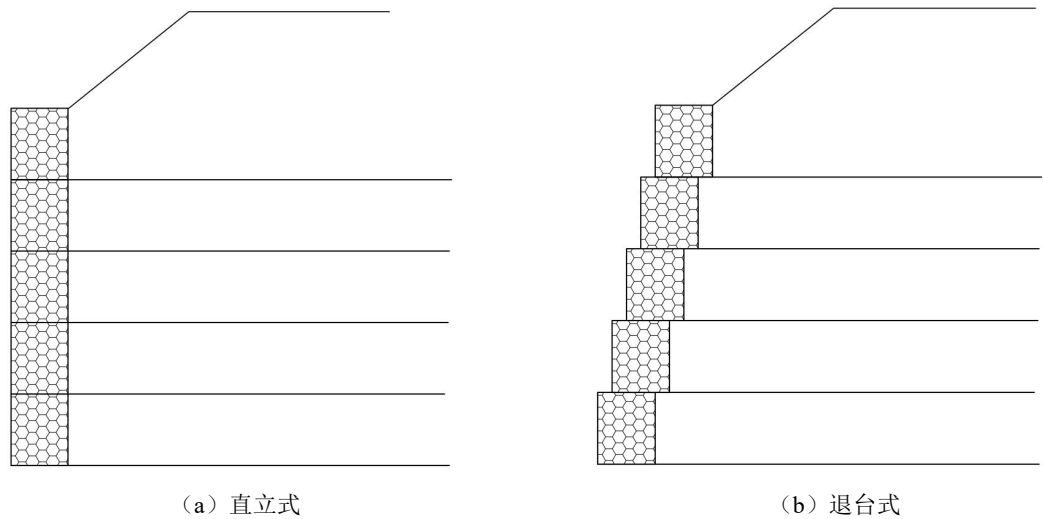


图 6.2.4 加筋格宾挡墙横断面形式

6.2.5 当墙高不大于 10m 时，可仅采用加筋格宾单元自带加筋网面作为筋材；当墙高大于 10m 时，应另行设置土工格栅作为筋材，可减小加筋格宾单元自带加筋网面长度且不考虑其加筋作用。

6.2.6 土工格栅长度应包括加筋部分长度和面墙搭接部分长度，长度应满足结构稳定性的要求。当采用不等长土工格栅时，相邻不等长土工格栅的长度差不宜小于 1.0m。

6.3 计算参数

6.3.1 荷载

1 加筋格宾挡墙荷载条件应符合现行《公路路基设计规范》（JTG D30）的有关规定。

2 加筋格宾挡墙设计时，应相应于各种荷载状态，对可能同时出现的荷载，取其最不利情况，常用荷载组合见表 6.3.1。一般情况下作用在加筋格宾挡墙上的力，可只计算永久荷载和基本可变荷载。

表 6.3.1 常用荷载组合

组合类型	荷载名称
I	挡墙结构重力、填土重力、填土侧压力、墙顶上的有效永久荷载及其他永久荷载组合
II	组合 I 与基本可变荷载组合
III	组合 II 与其他可变荷载、偶然荷载组合

6.3.2 加筋体顶面填土换算等代均布土层厚度

路堤式加筋格宾挡墙加筋体顶面以上填土对挡墙作用有斜坡型分布荷载时，会产生由加筋体上部斜坡型荷载产生的竖向土压力，计算时应将斜坡型荷载按式（6.3.2-1）、式（6.3.2-2）换算成等代均布荷载，如图 6.3.2 所示。

$$h_z = \frac{1}{m} \left(\frac{H}{2} - b \right) \qquad h_z < H' \qquad (6.3.2-1)$$

$$h_z = H' \qquad h_z \geq H' \qquad (6.3.2-2)$$

式中：

- h_z ——加筋体顶面以上填土换算等代均布荷载的土层高度（m）；
- $1/m$ ——加筋体顶面以上填土边坡坡率；
- H ——加筋格宾挡墙墙高（m）；
- b ——加筋体顶面以上填土坡脚至墙面的水平距离（m）；
- H' ——加筋体顶面以上填土实际高度。

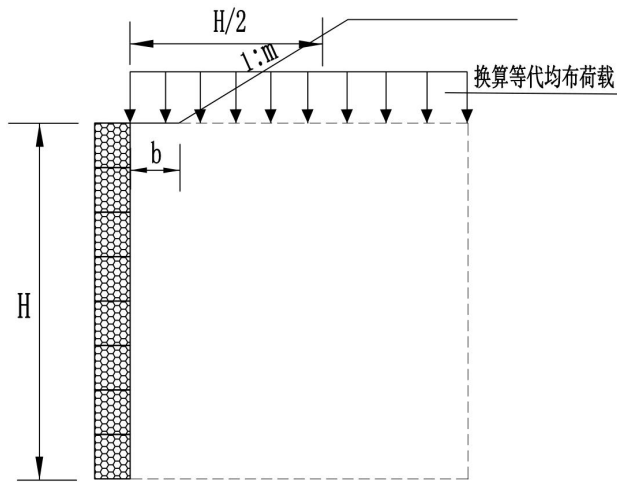


图 6.3.2 斜坡型荷载换算成等代均布荷载示意图

6.3.3 筋材设计抗拉强度

1 双绞合钢丝网设计抗拉强度按式（6.3.3-1）计算。

$$T_a = \frac{T_c}{f_m \times f_d \times f_e} \quad (6.3.3-1)$$

式中：

T_a ——筋材设计抗拉强度（kN/m）；

T_c ——双绞合钢丝网极限抗拉强度（kN/m）；

f_m ——考虑制造工艺误差以及大量数据推演的折减系数；

f_d ——施工损伤折减系数；

f_e ——环境影响折减系数（考虑老化，生物降解，腐蚀等因素）。

2 土工格栅设计抗拉强度按式（6.3.3-2）计算：

$$T_a = \frac{T_{ult}}{RF_{CR} \times RF_{ID} \times RF_D} \quad (6.3.3-2)$$

式中：

T_{ult} ——土工格栅极限抗拉强度（kN/m）；

RF_{CR} ——蠕变折减系数；

RF_{ID} ——施工损伤折减系数；

RF_D ——生物化学影响折减系数。

条文说明

土工合成材料类筋材多为高分子聚合物材料，具有蠕变特性，工程应用中，还会受到紫外线、生物或化学物质的影响致使其老化，施工摊铺碾压时机械可能会对筋材造成损伤，导致其性能降低。

6.3.4 筋土界面阻力系数的计算，应符合下列规定：

1 筋土界面阻力系数应优先采用现行《公路工程土工合成材料试验规程》（JTG E50）规定的拉拔试验或直接摩擦试验方法，按筋土界面实际条件试验确定。

2 筋土界面阻力系数可按式（6.3.4-1）计算。

$$f' = 0.9 \tan \varphi \quad (6.3.4-1)$$

式中：

f' ——筋土界面阻力系数；

φ ——加筋体填料有效内摩擦角（°）。对无黏性土取土体直接快剪内摩擦角，黏性土取考虑黏聚力影响的综合内摩擦角。

3 筋土界面阻力系数经验值可按表 6.3.4 选取。

表 6.3.4 筋土界面阻力系数经验值

种类	细粒土（黏性土）	粗粒土（砂类土）	巨粒土（碎石土）
土工合成材料	0.25~0.40	0.35~0.45	0.40~0.50
金属材料	0.30~0.50	0.45~0.65	0.60~0.90

注：当墙高大于 12m 时，表中的筋土界面阻力系数宜取低值。

6.3.5 侧向土压力系数

1 进行内部稳定性分析时，加筋体内填料侧向土压力系数宜采用朗肯主动土压力系数 K_a ，按式（6.3.5-1）计算。

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (6.3.5-1)$$

式中：

K_a ——朗肯主动土压力系数。

2 进行外部稳定性分析时，加筋体后填料侧向土压力系数 K_{ab} 宜依据库伦土压力理论计算，按式（6.3.5-2）计算。

$$K_{ab} = \frac{\cos^2(\varphi' - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cos(\alpha + \delta) \left[1 + \sqrt{\sin(\varphi + \delta) / [\cos(\alpha + \delta) \cos \alpha]} \right]^2} \quad (6.3.5-2)$$

当墙背垂直或倾角不小于 80° 时，墙顶作用有均布荷载时，加筋体后填料侧向土压力系数 K_{ab} 按式（6.3.5-3）计算。

$$K_{ab} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2} \right) \quad (6.3.5-3)$$

式中：

K_{ab} ——加筋体后填料侧向土压力系数；

φ' ——加筋体后填料有效内摩擦角（°）；

α ——墙面与竖直线的夹角（°）；

δ ——加筋体墙背与假想墙后填料之间的摩擦角（°）。取加筋体内填料有效内摩擦角与加筋体后填料有效内摩擦角中的小值。

6.3.6 垂直应力

1 永久荷载作用下，第 i 层筋材受到的垂直应力包括加筋体填土自重产生的垂直应力、加筋体顶面以上填土换算成均布土层的垂直应力，按式（6.3.6-1）计算，加筋体填土自重产生的垂直应力按式（6.3.6-2）计算，加筋体顶面以上填土换算成均布土层的垂直应力按式（6.3.6-3）计算。

$$\sigma_{vi} = \sigma_{zi} + \sigma_{ai} \quad (6.3.6-1)$$

式中：

σ_{vi} ——第 i 层筋材在永久荷载下的垂直应力（kPa）；

σ_{zi} ——作用于第 i 层筋材上由填料自重产生的垂直应力（kPa）；

σ_{ai} ——加筋体顶面以上填土重力换算等代均布荷载后作用于第 i 层筋材上的垂直应力（kPa）。

$$\sigma_{zi} = \gamma \cdot z_i \quad (6.3.6-2)$$

$$\sigma_{ai} = \gamma \cdot h_z \quad (6.3.6-3)$$

式中：

γ ——加筋体填料和加筋体顶面以上填土重度（kN/m³）；

z_i ——第 i 层筋材距加筋体顶面的距离（m）。

2 车辆和人群荷载引起的垂直应力

1) 车辆荷载和人群荷载作用在挡墙上引起的附加土压力，可按式（6.3.6-4）换算成等代均布土层厚度。

$$h_0 = \frac{q_1 + q_2}{\gamma} \quad (6.3.6-4)$$

式中：

h_0 ——车辆荷载和人群荷载换算等代均布荷载的土层高度（m）；

q_1 ——作用于挡墙上的车辆荷载（kN/m²）；

q_2 ——作用于挡墙上的人群荷载（kN/m²）；

2) 车辆荷载和人群荷载可沿深度按 1: 0.5 的扩散率计算扩散宽度, 扩散宽度 L_{ci} 按式 (6.3.6-5) 和式 (6.3.6-6) 计算, 车辆荷载和人群荷载垂直应力按式 (6.3.6-7) 计算, 如图 6.3.6 所示。

$$\text{当 } z_i \leq \frac{2b_c - H'}{1 - 2 \tan \alpha} \text{ 时} \quad L_{ci} = L_c + H' + z_i \quad (6.3.6-5)$$

$$\text{当 } z_i > \frac{2b_c - H'}{1 - 2 \tan \alpha} \text{ 时} \quad L_{ci} = L_c + \frac{H' + z_i}{2} + z_i \tan \alpha \quad (6.3.6-6)$$

$$\sigma_{fi} = \gamma h_0 \frac{L_c}{L_{ci}} \quad (6.3.6-7)$$

式中:

b_c ——墙面至路基边缘水平距离 (m);

L_{ci} ——加筋体内深度 z_i 处的应力扩散宽度 (m);

L_c ——路基宽度 (m);

σ_{fi} ——车辆和人群荷载作用下, 加筋体内深度 z_i 处的垂直应力。

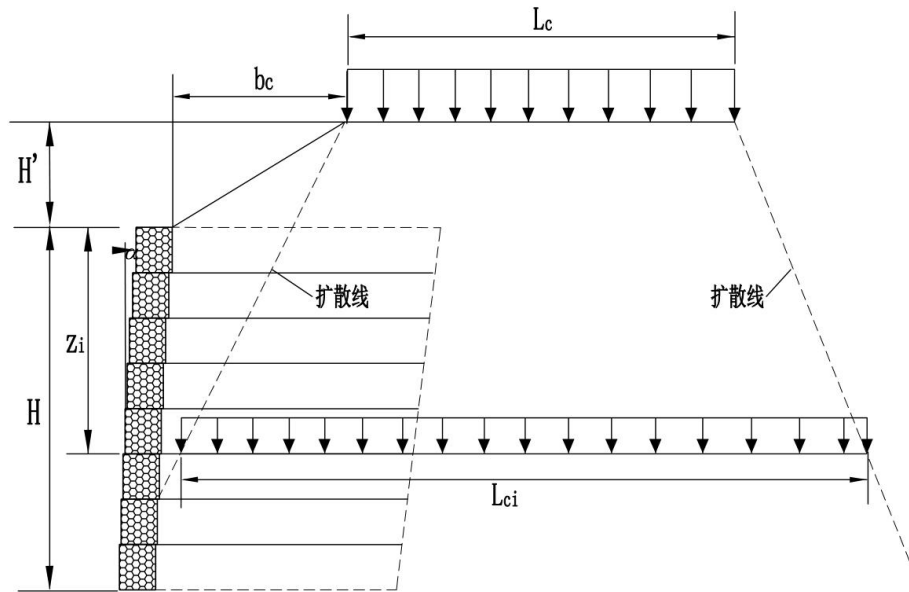


图 6.3.6 车辆荷载、人群荷载作用下竖向压应力计算图

6.3.7 筋材有效锚固长度

筋材有效锚固长度 L_{ei} 为潜在破裂面以外的筋材锚固长度, 加筋格宾挡墙潜在破裂面如图 6.3.7 所示。

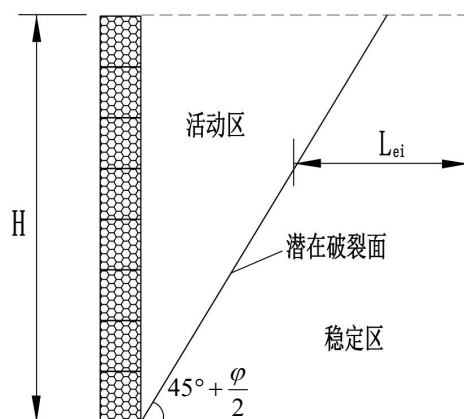


图 6.3.7 加筋格宾挡墙潜在破裂面和筋材有效锚固长度示意图

6.4 稳定性验算

6.4.1 根据本指南 6.2 条的有关规定初步确定挡墙结构尺寸后，应对挡墙进行稳定性验算，挡墙稳定性验算符合下列规定：

- 1 内部稳定性验算可按局部平衡法计算，应包括筋材抗拉强度验算和筋材抗拔稳定性验算。
- 2 外部稳定性验算可将加筋范围内的土体视为刚体，按《公路路基设计规范》（JTG D30）中重力式挡土墙的相关要求进行稳定性验算，应包括抗滑稳定性验算、抗倾覆稳定性验算、地基承载力验算和整体稳定性验算。
- 3 当挡墙高度较大或需要进行特殊设计时，宜通过数值分析法预先进行稳定性校核、沉降和变形计算。
- 4 稳定性验算工作量较大时，可借助专门的计算程序或软件辅助验算。
- 5 加筋格宾挡墙稳定性验算算例见附录 B。

条文说明

内部稳定性验算通过计算每层筋材的最大拉力和抗拔阻力，主要解决筋材的设置问题。内部稳定性验算中首先要明确加筋格宾挡墙破裂面形式、活动区和稳定区、拉应力的分布，进行理论分析和相关试验，为稳定性验算提供依据。

外部稳定性验算视结构为加筋复合体，将加筋范围内的土体视为刚性体，即相当于厚度为加筋长度的一般重力式挡墙，主要验算挡墙的整体稳定性。加筋格宾挡墙的基本稳定原理与重力式挡墙相同，均是通过墙体自身重力来维持挡墙在土压力下的稳定，因此其计算内容与计算方法与重力式挡墙相近。

6.4.2 内部稳定性验算

1 筋材抗拉强度验算

1) 每层筋材均应进行抗拉强度验算。第 i 层筋材受到的水平拉力 T_i 按式 (6.4.2-1) 计算。

$$T_i = (\sigma_{vi} + \sigma_{fi}) \cdot K_a \cdot S_v \quad (6.4.2-1)$$

式中:

T_i ——第 i 层筋材受到的水平拉力 (kN/m) ;

S_v ——筋材垂直间距 (m), 当筋材采用非等竖向间距布置时, S_v 为本层筋材与上下层筋材竖向间距的平均值。

2) 筋材抗拉强度验算应符合式 (6.4.2-2) 的规定:

$$T_{i\max} \leq T_a \quad (6.4.2-2)$$

式中:

$T_{i\max}$ ——各层筋材受到的水平拉力的最大值 (kN/m) ;

2 筋材抗拔稳定性验算

1) 考虑筋材上下两面都承受摩擦力, 第 i 层筋材的抗拔力按式 (6.4.2-3) 计算。

$$T_{pi} = 2(\sigma_{vi} + \sigma_{fi}) L_{ei} f' \quad (6.4.2-3)$$

式中:

T_{pi} ——第 i 层筋材有效锚固长度提供的抗拔力 (kN/m) ;

L_{ei} ——筋材有效锚固长度 (m) ;

2) 第 i 层筋材筋材抗拔稳定安全系数按式 (6.4.2-4) 计算。

$$F_b = \frac{T_{pi}}{T_i} \quad (6.4.2-4)$$

式中:

F_b ——筋材的抗拔稳定安全系数, 取 $F_b \geq 1.5$;

3) 全墙筋材抗拔稳定安全系数按式 (6.4.2-5) 计算。

$$F_{b1} = \frac{\sum T_{pi}}{\sum T_i} \quad (6.4.2-5)$$

F_{b1} ——全墙筋材抗拔稳定安全系数，取 $F_{b1} \geq 2$ ；

$\sum T_{pi}$ ——各层筋材抗拔力总和（kN/m）；

$\sum T_i$ ——各层筋材受到的水平拉力总和（kN/m）。

3 当内部稳定性验算不满足要求时，应加长筋材或增加筋材用量，并重新进行验算，直到满足要求为止。

6.4.3 外部稳定性验算

1 抗滑稳定性验算

1) 抗滑稳定系数按式（6.4.3-1）计算。

$$K_c = \frac{\mu \sum N}{\sum E_x} \quad (6.4.3-1)$$

式中：

K_c ——抗滑稳定系数；

μ ——基底摩擦系数（ $\mu = \tan \varphi_f$ ， φ_f 为地基土的内摩擦角）；

$\sum N$ ——作用于基底上的竖向力总和（kN），浸水挡墙应计浸水后的浮力；

$\sum E_x$ ——墙后主动土压力总水平分力（kN）。

2) 挡墙抗滑稳定系数 K_0 不应小于 1.3，施工阶段验算时不应小于 1.2。

2 抗倾覆稳定性验算

1) 抗倾覆稳定系数按式（6.4.3-2）计算。

$$K_0 = \frac{\sum M_y}{\sum M_0} \quad (6.4.3-2)$$

式中：

K_0 ——抗倾覆稳定系数；

$\sum M_y$ ——稳定力系对墙体墙趾的力矩（kN·m）；

$\sum M_0$ ——倾覆力系对墙体墙趾的力矩（kN·m）。

2) 挡墙 I、II 类荷载组合时抗倾覆稳定系数 K_0 不应小于 1.5，III 类荷载组合时 K_0 不应小于 1.3，施工阶段验算时 K_0 不应小于 1.2。

3 地基承载力验算

1) 挡墙地基承载力验算时, 传至基础底面的荷载效应, 应按正常使用极限状态下荷载效应标准组合, 计算挡墙等效基底压力, 相应的抗力采用修正后的地基承载力特征值。

2) 基底合力偏心矩 e 按式 (6.4.3-3) 计算:

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_y - \sum M_0}{\sum N} \quad (6.4.3-3)$$

式中:

e ——基底合力偏心矩 (m), $e \leq \frac{B}{6}$ (土质地基), $e \leq \frac{B}{4}$ (岩质地基);

B ——基底宽度 (m), 倾斜基底为其斜宽;

$\sum M_y$ ——稳定力系对墙体墙趾的力矩 (kN·m);

$\sum M_0$ ——倾覆力系对墙体墙趾的力矩 (kN·m);

3) 挡墙等效基底压力 σ 按式 (6.4.3-4) 计算:

$$\sigma = \frac{\sum N}{B - 2e} \quad (6.4.3-4)$$

式中:

σ ——挡墙等效基底压力 (kPa), 当 $e \geq 0$ 时, $\sigma = \frac{\sum N}{B - 2e}$, 当 $e \leq 0$, $\sigma = \frac{\sum N}{B}$;

4) 地基承载力验算应满足式 (6.4.3-5) 的要求:

$$\sigma \leq f'_a \quad (6.4.3-5)$$

式中:

f'_a ——经基础埋深修正后的地基承载力特征值 (kPa)。

4 整体滑动稳定性验算

1) 地基下可能存在深层滑动面时, 为避免滑动面通过挡墙与地基而发生整体滑动, 应进行整体滑动稳定性验算, 宜采用条分法计算整体滑动稳定系数 K_s , 按式 (6.4.3-6) 计算:

$$K_s = \frac{\sum (c_i x_i + W_i \cos \beta_i \tan \varphi_i)}{\sum W_i \sin \beta_i} \quad (6.4.3-6)$$

式中:

K_s ——整体滑动稳定系数；

c_i ——第 i 土条的黏聚力 (kPa)；

x_i ——第 i 土条的弧长 (m)；

W_i ——第 i 土条的重力 (kN/m)；

β_i ——第 i 土条滑动弧法线与竖直线的夹角 (°)；

φ_i ——第 i 土条滑动面处内摩擦角 (°)。

2) 挡墙整体滑动稳定系数不应小于 1.2。

3) 若整体滑动稳定性验算不能满足要求，应加长筋材或进行地基处理，然后重新验算，直到满足要求为止。

6.5 防排水、绿化及附属设施设计

6.5.1 加筋格宾挡墙应结合当地气候条件和水文地质条件设置完善的防排水系统，防止挡墙墙面及结构受水体冲刷侵蚀破坏。防排水设计符合下列规定：

1 加筋格宾挡墙应进行外部和内部防排水的综合设计。排水设施的结构形式与尺寸、铺设范围与位置应根据场地水的情况确定。

2 墙背与加筋体之间应设置无纺土工布反滤层，防止细粒土流失。

3 加筋体中可设置排水垫辅助排水，应确保排水垫的连续性。

4 当墙后水量较大时，可在排水层底部加设纵向渗沟，配合排水层把水导出墙外。如遇有泉水、渗水等地段，应设纵、横向暗沟将水引出。

5 加筋体顶部应设一定厚度的防水层（如不透水黏土层或混凝土面墙），防止地表水浸入加筋体。墙顶处宜向墙外方向设散水坡和纵向排水沟，将路面水集中排出，防止路面水直接冲刷墙面。

6 加筋格宾挡墙其他排水设计要求应符合现行《公路排水设计规范》(JTG/T D33-2012) 的有关规定。

条文说明

虽然加筋格宾挡墙面墙部分为透水结构，但水进入加筋体后，会降低加筋材料与填料间的界面强度，影响筋土的相互作用及填土的力学性能，降低加筋效果，因此有必要在加筋体底部及墙背设置完善的排水措施。同时为避免地下水对筋材造成腐蚀，筋材不应直接铺设于原地基表面。

公路面层具有一定程度的防水功能，但挡墙从施工完成到公路面层铺设之间

有一定的间隔时间，在此阶段应注意加筋体顶部的防水问题，避免雨水下渗。

6.5.2 墙面绿化设计符合下列规定：

1 可采用在加筋格宾挡墙面墙上扦插枝条，种植垂吊植物、低矮灌木等方式进行绿化，通用绿化方式如图 6.5.2 所示。

2 植被类型选择原则：

1) 墙面植物防护应结合工程周边环境、植被防护类型合理选择目标植物群落，宜设计成草本型、草灌结合型。

2) 选用草种应根据防护目的、气候、土质和施工季节等确定，应采用易成活、生长快、根系发达、叶茎矮或有匍匐茎的多年生本地草种。

3) 灌乔木植物种类应结合现场调查情况，选择根系发达、固土护坡能力强、耐干旱、耐瘠薄、抗风耐寒能力强，具有较强的抗污染能力的乡土树种或适生树种。

4) 植物种子的配合、播种量等的设计应根据选用植物的生长特点、挡墙地点及施工方法确定。

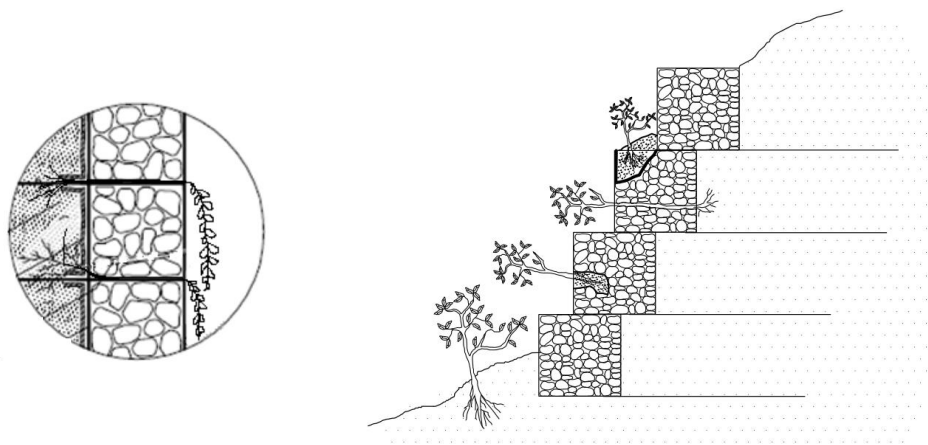


图 6.5.2 加筋格宾墙面通用绿化方法

6.5.3 附属设施设计符合下列规定：

1 路肩式加筋格宾挡墙设计时应考虑护栏基础设置的要求，应预留混凝土基础高度，墙顶应设置与面墙网箱同宽度的混凝土标高调节块后布置护栏混凝土基础。墙顶护栏的设置应符合现行《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81）的有关规定。

2 加筋格宾挡墙长度大于 100m 或墙高大于 6m 时，宜根据养护、维修及监

测的需要，设置检修台阶或检修梯。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 加筋格宾挡墙施工一般按下列工艺流程进行，如图 7.1.1 所示。

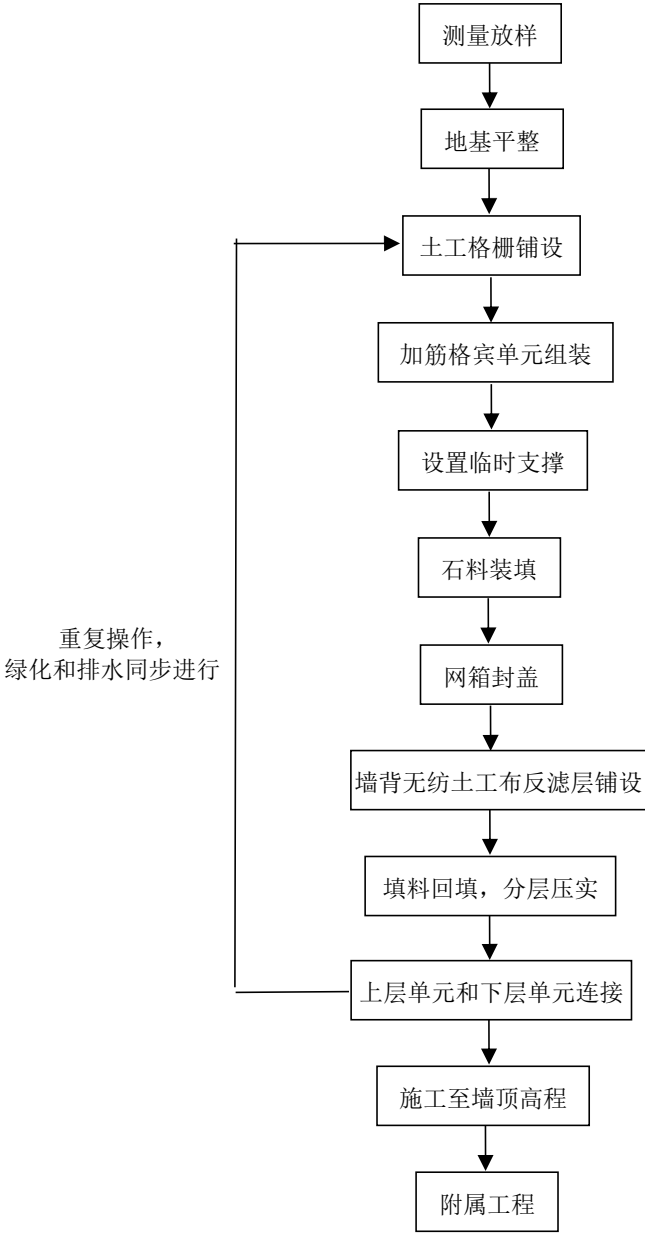


图 7.1.1 加筋格宾挡墙工程施工工艺流程图

7.1.2 加筋格宾挡墙施工应符合现行《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610)、《公路土工合成材料应用技术规范》(JTG/T D32)的技术要求,并加强施工质量检查工作,保证工程质量。

7.1.3 用作路基支挡的加筋格宾挡墙工后位移和沉降要求应与路基一致。

7.1.4 施工期宜对加筋格宾挡墙进行稳定与变形监测,监测点位和装置宜兼顾运营期观测需要。

7.2 施工准备

7.2.1 开工前应根据现场调查情况制定相应的安全技术和环境保护措施,并做好防雨雪、冰冻、风暴、汛情等应急措施。

7.2.2 根据调查情况、设计要求和工期要求,做好实施性施工组织设计。其内容主要包括施工方法,主要工程数量,开工与完工日期,需要劳动力、机械设备、运输车辆和主要材料数量,临时工程和现场布置,安全、质量及环水保保证措施等。

7.2.3 做好现场测量工作,应精确测定挡墙的面墙基线、路基中心线、基础主轴线、墙顶轴线、挡墙起讫点和横断面等。

7.2.4 在确定填料及压实机械后,宜先进行施工工艺试验,获取填料的最大干密度与最佳含水率指标,以获取达到设计压实度时,对应的压实机械、压实遍数等施工参数。

7.2.5 应核对所用的筋材和其他材料等,可根据设计文件提出的技术指标要求,委托具有相应资质的机构进行相关检测试验。

7.2.6 材料在运输、储存、施工中的管理符合下列规定:

- 1 材料在运输、储存过程中应覆盖,避免暴露在阳光下或被雨水淋泡。

2 各种材料应分类保管，现场存放时应通风干燥，远离火源。

3 土工合成材料应严格执行产品要求的装卸吊运方法，在运输、保管、加工中应防止阳光照射和高温辐射，应堆放在阴凉通风的室内，不应露天存储，并做好防火工作。

7.3 地基平整

7.3.1 基坑开挖符合下列规定：

1 基坑开挖前应按照设计要求对施工现场测量放线，划线后清除地表腐植土。

2 应将基坑开挖至设计标高，开挖范围应保证足以容纳筋材设计长度，并便于填料的摊铺、碾压，且应大于基础外缘 0.5m~1.0m。

3 基坑开挖后应及时整平、压实，不应长时间暴露，并防止受扰动和浸泡，以防止其承载力降低。

4 在松散软弱土质地段，基坑不应全墙段连通开挖，应采用跳槽开挖。

5 沿河路段基坑开挖完成后，应在基坑底四周做排水沟，如有水流入，还应设置专门的排水设施。

7.3.2 地基处理符合下列规定：

1 应对地基进行检验，确认地基土与设计文件的土质是否相符，若地基土质与设计文件有出入时，应有文字和影像记录并取样分析，及时提请变更。

2 应对地基承载力进行校核，若地基承载力达不到设计要求，应对地基进行处理。当基底为软弱土层时，应按照《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》（JTG/T D31-02）的相关规定处理。

3 挡墙施工前，应将地基表面浮土、滞水、植物和其他杂物清理干净，并将表面被开挖扰动的土整平压实。

7.4 土工格栅铺设

7.4.1 土工格栅铺设时应拉直、铺平，不应卷曲、扭结，并应进行张拉，使其紧贴承接土层，不应出现皱褶、突起现象，应防止发生变形、折断。筋材尾部可采用人工拉紧或采用 U 型钉、木桩固定。

7.4.2 土工格栅强度高的方向应垂直于墙面铺设,横向相邻土工格栅搭接宽度不应小于 15cm,不同层面的搭接位置应相互错开,错开距离不应小于 1.0m。土工格栅应避免在主受力方向(垂直墙面方向)连接,必须连接时应采用专业连接技术,连接处强度不应低于土工格栅极限抗拉强度的 80%。

7.4.3 可将细网、草席或土工织物置于坡面格栅内侧,防止填料漏出。

7.4.4 应避免土工格栅长时间暴露和受雨水的侵蚀,应及时回填、覆盖。

7.5 加筋格宾单元施工

7.5.1 加筋格宾单元组装与安装符合下列规定:

1 宜在原位进行加筋格宾单元的组装工作,不具备条件的,可在周边坚硬平整的场地组装。

2 应用卷尺校核加筋格宾单元的折痕是否在设计尺寸上,否则就不能按折痕进行弯起组装。

3 应对加筋格宾单元中的折痕和由于搬运过程中操作不当所产生的弯曲变形进行校正。

4 将折叠的单个加筋格宾单元展开至其预定形状,确保前面网、侧面网、隔网及背网均与底网垂直,立起前面网、侧面网、隔网及背网,如图 7.5.1-1 所示。

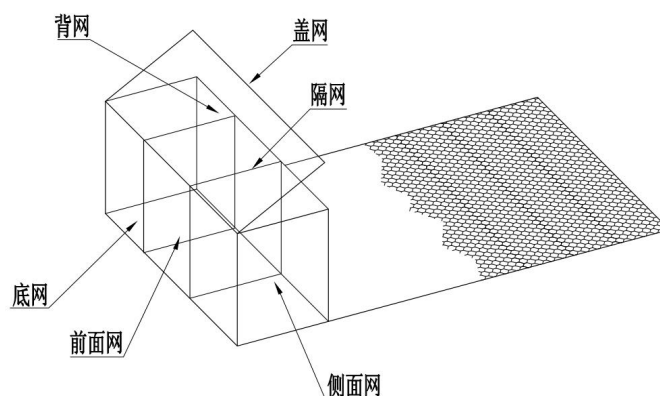


图 7.5.1-1 组装加筋格宾单元

5 组装后的加筋格宾单元应形状规则、绞合牢固、所有竖直网上边缘在同一水平面上并且盖网边缘能够与侧面网、背网上端水平边缘绞合。

6 安装加筋格宾单元前应先放线，确定外边沿线以及地基倾斜度达到设计要求。将预先组装好的单个加筋格宾单元放置在相应位置，应将自带的加筋网面完全拉撑，可在尾部按每间隔 1.0m 用木桩临时固定。

7 将多个单元紧密整齐地摆放在设计位置上，相邻横向和竖向单元的所有邻边均应进行连接，构成一个连续的整体面，单元连接方式应满足本指南 4.2.2 条的有关规定。

8 弧形面墙凹型弧面相临单元必须紧密连接，后部加筋网面就势错开处理，空隙处用土工格栅补强。弧形面墙凸型弧面单元连接应将网箱部位紧靠，后部加筋网面进行重叠。如图 7.5.1-2 所示。

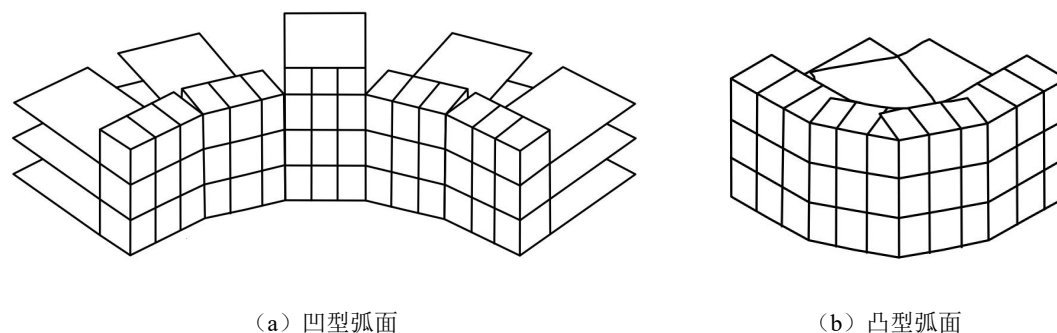


图 7.5.1-2 弧形面墙段构件连接处理示意图

7.5.2 网箱填石符合下列规定：

1 石料填充前，应采用一定的临时支撑（如木模、脚手架等）约束加筋格宾单元的变形，以确保施工完成后墙体外观平顺、整齐。

2 应分层、分级向网箱内填充石料，严禁将单格网箱一次性填满。一般分三层投料为宜，在同级长度段内相邻网箱中填充的石料的高差不应超过网箱高度的 1/3，如图 7.5.2-1 所示。

3 单格网箱每装填完 1/3 网箱高度石料时，应在前面网与背网间加装加固钢丝，加固钢丝应与网丝同材质和直径，其横向间距宜为 40cm（即 1m 幅宽的加筋格宾单元，每层加固钢丝数量为 2 根），用以限制面墙变形，保证面墙的平整度，如图 7.5.2-2 所示。

4 当一层石料填充完毕后，应用小粒径石料继续充填以减小空隙率，并采取妥当的捣实措施，确保网箱填石的密实度符合设计要求。

5 每层网箱中填充的石料应超高 3cm~5cm，以预留填充石料的一定沉陷。

6 裸露的填充石料，表面必须用人工砌垒整平，石料间应相互嵌锁。

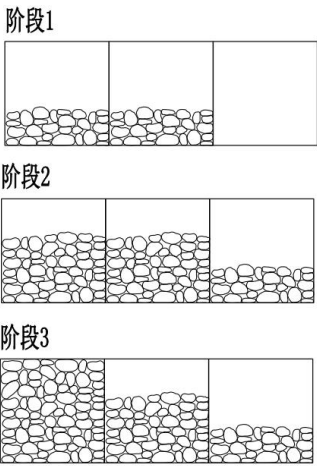


图 7.5.2-1 分层装填示意图

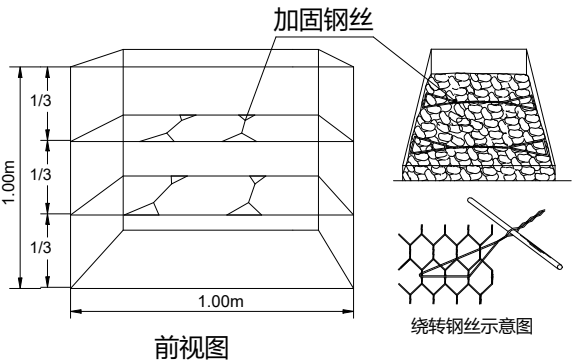


图 7.5.2-2 加固钢丝的绑扎

7.5.3 网箱封盖符合下列规定：

- 1 绞合盖网之前，应对整体结构进行检查，对一些弯曲变形、表面不平整的地方进行校正。
- 2 若隔网弯曲，应将鼓出一边的石料移到另一方格，然后扳直隔网来加以纠正。
- 3 当填石基本平整且空隙率达到设计要求后，折叠加筋格宾单元盖网，盖网边端钢丝应与侧面网、背网边端钢丝紧紧绞合，相邻加筋格宾单元的盖网应同时绞合，剩余边端钢丝应折入构件内部。
- 4 靠在一起的竖直网上边缘与前面网边缘应绞在一起，一般可 4 条边一起绞，将整个结构连成一个整体。
- 5 网箱封盖之后，所有绞合边缘应成一条直线，而且绞合点的几根钢丝须紧密靠拢，绞合不拢的地方必须用钢钎校正，保持同一层面的上表面在同一水平面

上。

7.6 加筋体填料摊铺和压实

7.6.1 填料摊铺符合下列规定：

1 填料应分层摊铺、分层压实，摊铺厚度应均匀一致，摊铺顺序应由面墙向筋材尾部进行，分层松铺厚度应通过试验确定。

2 填料表面应平整，严禁有尖锐突出物，若填料中难以避免含有硬质锐利颗粒时，可在贴近筋材处覆盖厚度不小于 5cm 的细土料，避免硬质锐利颗粒损伤筋材。

3 距面墙 1.0m 以外，可采用机械摊铺，机械行驶方向应与筋材主受力方向垂直，并不应在未覆盖填料的筋材上行驶，不应在未经压实的填料上急剧改变运行方向和急刹车，不应在距离面墙 1m 范围内作业。

4 严禁交通车辆、运料机械、摊铺机械和压实机械在裸露的筋材上行驶和作业，重型机械在加筋区作业时，筋材上填料厚度应大于 20cm。

5 距面墙 1.0m 范围内，应采用人工摊铺的方式，应顺筋材主受力方向进行摊铺，分层厚度不应超过 0.2m，并应采用人工夯实或小型压实机械碾压密实，不应使用重型压实机械压实，避免扰动下层筋材或碰撞面墙。

7.6.2 填料压实符合下列规定：

1 应通过压实试验确定填料填筑的分层松铺厚度和碾压遍数，使压实后的层面恰好与上层筋材铺设标高相同。

2 填料碾压时含水率应符合现行《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610）的有关规定。

3 填料碾压时应先从筋材主受力方向长度的中部开始，向筋带尾部碾压，然后再从中部向面墙碾压（面墙 1m 范围内不得采用大型机械碾压），如图 7.6.1 所示。碾压时压路机运行方向应垂直于筋材主受力方向，且下一次碾压的轮迹与上一次碾压轮迹重叠的宽度应不小于轮宽的 1/3。

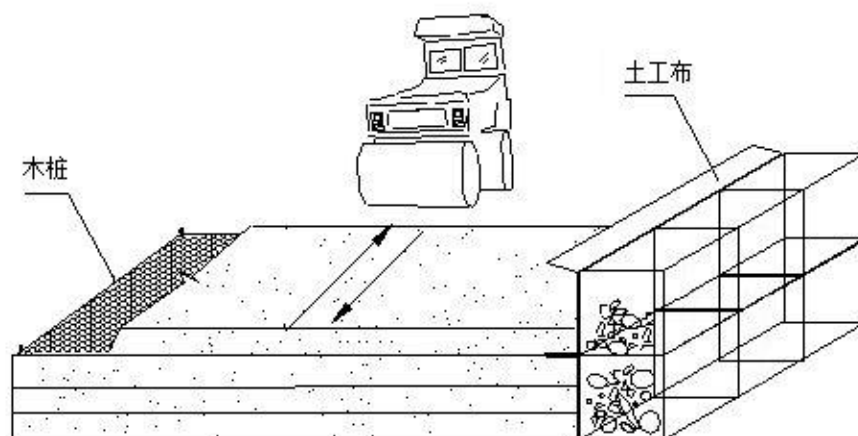


图 7.6.1 分层碾压示意图

4 机械碾压应先轻后重，第一遍宜用轻型压路机械碾压，若采用振动压路机时，第一遍应静压，不得采用羊足碾、冲击式碾压路机。

条文说明

填料良好的压实度是保证土工合成材料与填料之间具有足够的相互作用力、发挥加筋作用的关键。第一遍宜轻轻慢压，以免拥土将筋带推起或错位，第二遍以后可稍快并重压。每次应碾压整个横向碾压范围内，再进行下一遍碾压，碾压的遍数以试验确定的遍数为指导，以现场检验达到规定的压实度为指导。

不同碾压机具对筋材造成的损伤不同，光面压路机对筋材损伤较小，羊足碾、冲击式碾等压路机可能造成筋材严重损伤，在施工中应注意施工机具的选择，减少对筋材的损伤。

5 每层填料摊铺完毕，应及时碾压。特殊情况需延时碾压时，可用塑料薄膜覆盖填料，尽量保持最佳含水率，雨天严禁进行填料的摊铺和压实作业。

6 压实后的填料表面应平整，横坡度应满足设计要求。墙面 1m 范围内压实度应达到 90%，其他区域填土压实度应符合现行《公路路基设计规范》(JTG D30)的有关规定。

7.7 防排水、绿化及附属设施施工

7.7.1 防排水系统施工符合下列规定：

1 加筋格宾挡墙施工时，应采取有效措施截排地表水和导排地下水，应按设计要求设置完善的排水系统。

2 防排水设施（如反滤层、隔水层、排水管等）应按设计要求与墙体施工同步进行，同时完成。

3 墙背无纺土工布反滤层其上部及下部各折入压实填料中的宽度应不少于0.3m，以保证安装牢固。土工布的内侧应先回填一层无尖锐砾石的填料，平整压实后然后进行正常的回填作业。

4 砂砾石反滤层铺设应符合《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610）的有关规定。

5 加筋体顶部封闭层应选用黏土筑成，填筑时，应使其保持最佳含水率，压实度应达到93%以上。

6 施工时可修筑临时排水设施，最大限度减少水的影响。

7.7.2 墙面绿化符合下列规定：

1 挡墙施工前，应根据坡面植物群落设计类型要求，准备绿化物种。

2 采用插枝、种藤蔓草种进行绿化的，应在下一层网箱装填石料前，将枝条、藤蔓放置于两层网箱之间，植物的根或枝条末端必须插入到加筋体填料中。

3 绿化施工完成后，应对植被进行维护，并对外观质量和局部缺陷进行整修或处理。

7.7.3 与挡墙相关的其他附属设施（如交通安全设施、检修道等）的施工应符合现行《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610）、《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81）的有关规定。

8 质量控制与验收

8.1 一般规定

8.1.1 加筋格宾挡墙所属单位工程、分部工程和分项工程的划分见表 8.1.1。

表 8.1.1 加筋格宾挡墙单位工程、分部工程和分项工程的划分

单位工程	分部工程	分项工程
路基工程（每 10km 或每标段）	加筋格宾挡墙 （一座或一处）	基底，加筋格宾单元，网箱填石，土工格栅， 加筋体填料，排水与绿化

8.1.2 加筋格宾挡墙质量检验与评定应按分项工程、分部工程逐级进行，符合下列规定：

- 1 分项工程的每个检验单元，应按本指南 8.3 节的要求进行检验。
- 2 分项工程完工后，应按评定单元汇总评定所有检验单元的检验资料，对工程质量进行评定。
- 3 分部工程完工后，应汇总评定所属分项工程、分部工程质量资料，对工程质量进行评定。

8.2 质量管理

8.2.1 工程质量管理应遵循“分项保分部、分部保单位”的原则，建立健全质量管理、工程检测及工序间交接验收等各项制度。应做到原始记录、分项工程质量验收检查报告等资料齐全，数据真实可靠。

8.2.2 施工单位应建立健全完善的质量保证体系，监理单位也应建立相应的质量检查体系，分别承担工程质量的自检和抽检任务，实行全面质量管理。各道工序须经施工单位自检、监理单位检查合格后方可进行下道工序施工，并做好施工检验记录。

8.2.3 施工单位应有完整的施工原始记录、试验数据和分项工程自查数据等质量保证资料，并进行整理分析，提交齐全、真实和系统的施工资料和图表。监理

单位应提交齐全、真实和系统的监理资料。

8.2.4 工程质量检验人员所需资质条件以及工程质量检验的职责范围、工作程序、事故处理、数据处理等要求，均应符合相关规定。应保证检测成果、材料检验资料的真实性，严禁伪造或任意舍弃成果和资料，质量检验记录应妥善保管，严禁涂改或自行销毁。

8.2.5 应加强对原材料的质量控制，严把原材料质量关，杜绝不合格的原材料进场。施工单位应对筋材、填料和辅助材料进行进场检验，并做好相应记录。监理单位应检查施工单位全部原材料进场检验资料，并经抽检合格后方可投入使用。

8.2.6 施工过程中采用新工艺时应编制专项施工方案或作业指导书，重点明确工艺流程及质量管控要点，加强技术交底。

8.2.7 施工过程中存在质量问题或安全事故隐患的，应要求整改，未整改或整改不合格的不得进行下一道工序施工。隐蔽工程在隐蔽前应检查合格，其他所有工程在进行下道工序前都应检查合格。

8.3 质量检验

8.3.1 加筋格宾挡墙所包含的各分项工程质量检验内容应包括基本要求、实测项目、外观质量和质量保证资料四个方面。只有在使用的原材料、半成品、成品及施工控制要点等符合规定，无外观质量限制缺陷且质量保证资料真实齐全时，方可进行检验评定。

8.3.2 应对各分项工程按表 8.3.2 所列基本要求逐项检查。

表 8.3.2 加筋格宾挡墙各分项工程的基本要求

项次	分项	基本要求
1	基底	基础施工前应对天然或人工加固地基进行地基承载力检测，地基承载力应满足设计要求。
2	加筋格宾单元	加筋格宾单元的质量、规格和数量应满足设计要求，组装和安装规范。

项次	分项	基本要求
3	网箱填石	填充石料强度、类别和级配应满足设计要求。
4	土工格栅	土工格栅的质量和规格应满足设计要求，无老化、无破损、无污染。
5	加筋体填料	填料类别应满足设计和相关规范的要求，填料分层压实。
6	排水与绿化	排水工程齐全，排水畅通。墙面植被品种和数量满足设计要求，灌木和草木错落有致。

8.3.3 实测项目

1 应对检测项目按规定的检测方法和频率进行分段随机抽样检验并计算合格率。表 8.3.3-1~8.3.3-6 列出各分项工程检测项目的相关要求。

表 8.3.3-1 基底实测项目

项次	检测项目		规定值或允许偏差	检测方法和频率
1	轴线偏位 (mm)		≤ 25	全站仪：每 20m 沿纵、横轴线各测 2 处
2	平面尺寸 (mm)		± 50	尺量：每 20m 长、宽各测 3 处
3	基底标高 (mm)	土质	± 50	水准仪：每 20m 测 5 处
		石质	+50, -200	
4	基底承载力		满足设计要求	按 JTG F80/1 的要求检测

表 8.3.3-2 加筋格宾单元实测项目

项次	检测项目		规定值或允许偏差	检测方法及其频率
1	长度、宽度、高度、网箱厚度 (%)		± 5	尺量：抽查 10%，每套各方向测 1 次
2	网孔尺寸		满足设计要求	尺量：抽查 10%
3	钢丝直径		满足设计要求	尺量：抽查 10%
4Δ	绞合连接	绑扎钢丝单双圈间距 (cm)	10~15	尺量和目测：每 20m 检查 2 处，用手用力拽，不会滑动
		C 型钉间距 (cm)	≤ 20	

表 8.3.3-3 网箱填石实测项目

项次	检测项目	规定值或允许偏差	检测方法 & 频率
1	石料强度 (MPa)	符合设计要求	按 JTG E41 的规定方法检测, 抽查 5%
2	石料粒径 (mm)	100~300	尺量: 每 20m³ 检查 2 处

表 8.3.3-4 土工格栅实测项目

项次	检测项目	规定值或允许偏差	检测方法 & 频率
1Δ	长度	符合设计要求	尺量: 每 20m 检查 5 束
2	与面墙连接	符合设计要求	目测: 每 20m 检查 5 处
3	搭接宽度和连接	符合设计要求	目测: 每 20m 检查 5 处
4Δ	铺设	层数	符合设计要求
		间距 (mm)	±50

表 8.3.3-5 加筋体填料实测项目

项次	检测项目	规定值或允许偏差	检测方法 & 频率
1Δ	距面墙 1m 范围以内 压实度 (%)	≥90	按 JTG F80/1 的规定方法检测, 每 50m 每 压实层测 1 处, 且不得小于 1 处
2Δ	距面墙 1m 范围以外 压实度 (%)	与路基相同或符合设计 要求	按 JTG F80/1 的规定方法检测, 每 50m 每 压实层测 2 处, 且不得小于 2 处

表 8.3.3-6 排水与绿化实测项目

项次	检测项目	规定值或允许偏差	检测方法 & 频率
1	排水垫长度	符合设计要求	尺量: 全部测量
2	绿化苗木规格与数量	符合设计要求	目测: 抽查 10%

2 按式 (8.3.3) 计算检测项目合格率:

$$\text{检测项目合格率 (\%)} = \frac{\text{合格的点 (组) 数}}{\text{该检测项目的全部检查点 (组) 数}} \times 100 \quad (8.3.3)$$

3 检测项目合格判定应符合下列规定:

- 1) 关键项目的合格率应不低于 95%, 否则该检测项目为不合格。
- 2) 一般项目的合格率应不低于 80%, 否则该检测项目为不合格。

3) 有规定极值的检测项目, 任意单个检测值不应突破规定极值, 否则该检测项目为不合格。

条文说明

分项工程中对结构安全、耐久性和主要使用功能起决定性作用的检查项目为关键项目(以“△”标识), 分项工程中除关键项目以外的检查项目为一般项目。可根据实际情况合理减少部分检测项目。

8.3.4 外观质量应进行全面检查, 符合下列规定, 否则该检验项目为不合格。

- 1 基础底面无明显凹凸不平或积水现象, 无杂物。
- 2 墙面平整, 无漏土、无通缝和外凸等严重缺陷; 网面无断丝、破损和锈蚀等现象; 墙面外露面石块砌筑平整。
- 3 筋材铺设平整、无褶皱, 外观无破损, 无污染。
- 4 每层填料表面平整, 边线直顺。
- 5 排水边沟内侧及沟底平顺, 没有杂物; 墙面绿化覆盖均匀、无明显鼓包、坑洞、冲刷流失、剥离和病虫害现象。
- 6 墙面直顺、线形顺适, 与其他构造物衔接平顺, 与周围环境协调性好。

8.3.5 质量保证资料包括下列内容:

- 1 所用原材料、半成品和成品质量检验结果。
- 2 施工质量控制检验和试验数据。
- 3 地基处理、隐蔽工程施工记录。
- 4 各项质量控制指标的试验记录和质量检验汇总图表。
- 5 施工过程中非正常情况的记录及其对工程质量的影响分析。
- 6 施工过程中如发生质量事故, 经处理补救后, 达到设计要求的认可证明文件等。

8.4 质量评定

8.4.1 加筋格宾挡墙质量评定应按分项、分部工程逐级进行, 可参照附录 C 的格式填写“分项工程质量检验评定表”, 质量评定符合下列规定:

- 1 分项工程完工后, 应对工程质量进行检验, 根据检验结果对其质量等级进

行评定。

2 分部工程完工后，应汇总所属分项工程质量资料，检查外观质量，对工程质量进行评定。

8.4.2 工程质量评定等级应分为合格与不合格。

8.4.3 分项工程质量评定为合格，应符合下列规定：

- 1 检测记录应完整。
- 2 实测项目应合格。
- 3 外观质量应满足要求。

8.4.4 分部工程质量评定为合格，应符合下列规定：

- 1 评定资料应完整。
- 2 所含分项工程应合格。
- 3 外观质量应满足要求。

8.4.5 评定为不合格的分项工程、分部工程，经返工、加固、补强，满足设计要求后，重新进行检验评定。

8.5 验收

8.5.1 加筋格宾挡墙工程应作为分部工程进行验收，其包括的每个分项工程均需要评定合格后，才能进行验收。

8.5.2 加筋格宾挡墙竣（交）工验收时，施工单位必须提交经签署完成的下列文件和资料，才能申请进行竣（交）工验收，并在竣（交）工验收合格后，将下列资料整理成册，移交管理单位，并抄报相关部门备查。

- 1 竣（交）工图纸。
- 2 施工中有关变更的说明和记录。
- 3 分部工程质量评定表。
- 4 隐蔽工程检查记录，照片或摄像资料。

- 5 质量事故记录分析资料及处理结果。
- 6 施工单位的试验、测量原始资料及主要材料的质保书和抽样检验资料。
- 7 施工单位的工程质量自检报告。
- 8 施工总结报告和清单。
- 9 施工大事记。

附录 A 常用加筋格宾单元主要技术指标

A.1 常用双绞合钢丝网主要技术指标应满足表 A.1 的要求。

表 A.1 常用双绞合钢丝网主要技术指标表

网孔 型号	网面钢丝 直径(mm)	网面钢丝镀层 克重 (g/m ²)	网面拉伸强度 (kN/mm ²)	网面翻边强度 (kN/mm ²)	边丝、端丝 直径 (mm)	绑扎钢丝 直径(mm)	加强钢丝 直径(mm)
M8	≥2.7	≥233	≥42	≥35	≥3.4	≥2.0	≥2.7

注：网面翻边强度测试步骤和要求依据 YB/T 4190 的相关规定。

A.2 常用双绞合钢丝网防腐层指标应满足表 A.2 的要求。

表 A.2 钢丝网防腐层指标

防腐类型	测试项目	技术要求
金属镀层	镀层克重	依据 GB/T 1839 对成品钢丝进行测试，镀层重量符合设计要求。
	铝含量	依据 GB/T 20492 中附录 A 规定方法对成品钢丝进行测试，镀层铝含量符合设计要求。
	二氧化硫腐蚀试验	依据 GB/T 9789 的试验方法对成品网面钢丝按照测试要求进行二氧化硫腐蚀试验，网面样品上产生深棕色红锈的面积应不大于试样面积腐蚀试验的 5%。
	盐雾试验	依据 GB/T 10125 的试验方法对成品网面钢丝按照测试要求进行盐雾试验，网面样品上产生深棕色红锈的面积应不大于试样面积的 5%。
有机涂层	抗开裂性能	依据 YB/T 4190 网面拉伸试验方法，对网面试件加载拉伸强度的 50% 时，双绞合区域有机涂层应不开裂。
	抗紫外线老化性能	有机涂层原材料经过氙弧灯（GB/T 16422.2）照射 4000h 或 I 型荧光紫外灯按暴露方式 1（GB/T 16422.3）照射 2500h 后，其延伸率和抗拉强度变化范围，不得大于初始值的 25%。
	耐磨性能	依据 JB/T 10696.6 的要求对钢丝施加 20N 的垂直作用力，在刮磨 100000 次后，有机涂层不应破损。

附录 B 加筋格宾挡墙稳定性验算算例

B.1 挡墙概况

某双向四车道高速公路拟采用加筋格宾挡墙作为路基支挡结构，路基宽度 $L_c=26\text{m}$ ，加筋格宾挡墙墙面为直立式，高度 $H=9\text{m}$ （其中埋置深度为 1m ），墙顶填土高度 $H'=1\text{m}$ ，坡率为 $1:1.5$ ，填土坡脚距墙面水平距离 $b=2\text{m}$ ，墙面至路基边缘水平距离 $b_c=3\text{m}$ ，各层加筋长度均为 5.5m ，筋材垂直间距 $S_v=1\text{m}$ ，加筋格宾挡墙结构见图 B.1.1。

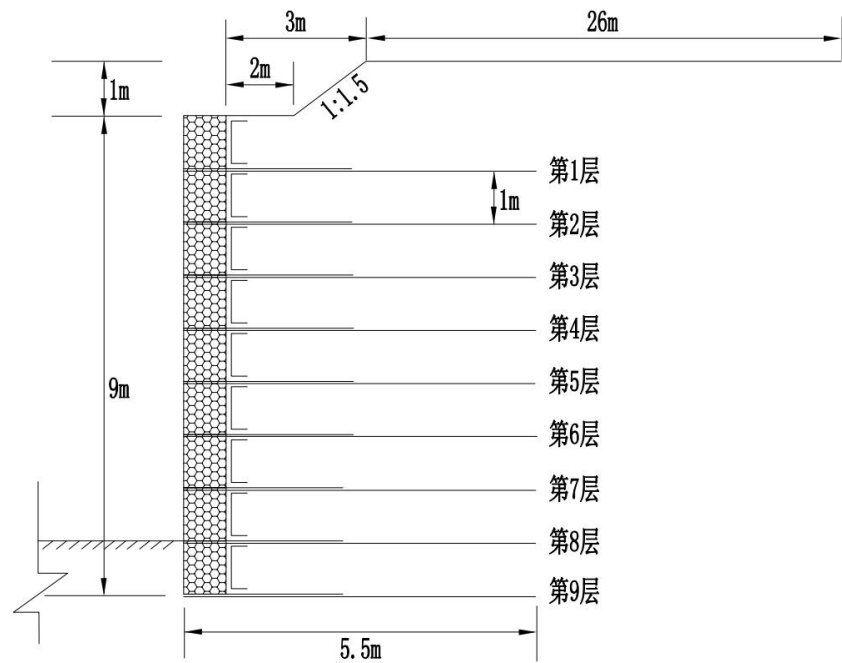


图 B.1.1 加筋格宾挡墙结构示意图

B.2 工程参数

- （1）地基土：地基基础上覆硬塑粉质黏土，地基土的内摩擦角 $\varphi_f=16^\circ$ ，基底宽度 $B=5.7\text{m}$ ，经基础埋深修正后的地基承载力特征值 $f'_a=250\text{kPa}$ 。
- （2）加筋体填料和加筋体顶面以上填土：为砂性土，重度 $\gamma=19\text{kN/m}^3$ ，内摩擦角 $\varphi=32^\circ$ 。
- （3）加筋体后填土：为砂性土，内摩擦角 $\varphi'=30^\circ$ 。

B.3 计算参数

B.3.1 荷载

永久荷载包括挡墙结构自重、加筋体顶面填土自重、车辆荷载和人群荷载 ($q=20\text{kN/m}^2$)，不考虑地震荷载和水的影响。

B.3.2 加筋体顶面填土换算等代均布土层厚度

按式 (6.3.2) 计算加筋体顶面填土换算等代均布土层厚度：

$$h_z = \frac{1}{m} \left(\frac{H}{2} - b \right) = \frac{1}{1.5} \times \left(\frac{9}{2} - 2 \right) = 1.67\text{m}$$

因此按式 (6.3.2-2) 取 $h_z = 1\text{m}$ 。

B.3.3 筋材设计抗拉强度

参考所采用土工格栅长期强度折减系数测试报告，土工格栅极限抗拉强度 T_{ult} 取 150kN/m ，蠕变折减系数 RF_{CR} 取 1.38 ，施工损伤折减系数 RF_{ID} 取 1.03 ，生物化学损伤折减系数 RF_D 取 1.04 。按式 (6.3.3-2) 计算土工格栅的设计抗拉强度：

$$T_a = \frac{T_{ult}}{RF_{CR} \times RF_{ID} \times RF_D} = \frac{150}{1.38 \times 1.03 \times 1.04} = 101\text{kN/m}$$

B.3.4 筋土界面阻力系数

按式 (6.3.4-1) 计算筋土界面阻力系数：

$$f' = 0.9 \tan \varphi = 0.9 \times \tan 32^\circ = 0.56$$

B.3.5 侧向土压力系数

进行内部稳定性分析，按式 (6.3.5-1) 计算加筋体内填土侧向土压力系数：

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{32^\circ}{2} \right) = 0.31$$

进行外部稳定性分析，按式 (6.3.5-3) 计算加筋体背部（加筋体后填土）侧向土压力系数：

$$K_{ab} = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right) = \tan^2\left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2}\right) = 0.33$$

B. 3. 6 垂直应力

1 按式（6.3.6-1）、（6.3.6-2）、（6.3.6-3）计算永久荷载作用下第*i*层筋材受到的垂直应力：

$$\sigma_{vi} = \sigma_{zi} + \sigma_{ai} = \gamma z_i + \gamma h_z = 19(z_i + 1)kPa$$

2 按式（6.3.6-4）计算车辆荷载和人群荷载作用在挡墙上引起的附加土压力换算成的等代均布土层厚度。

$$h_0 = \frac{q_1 + q_2}{\gamma} = \frac{20}{19} = 1.05m$$

按式（6.3.6-5）、（6.3.6-6）、（6.3.6-7）计算车辆荷载和人群荷载垂直应力，计算结果见表 B.4.1。

B. 3. 7 筋材有效锚固长度

根据图 6.3.7 所示潜在破裂面，可以计算出各层筋材锚固长度*L_{ei}*，具体计算结果见表 B.4.2。

B. 4 内部稳定性验算

B. 4. 1 筋材抗拉强度验算

按式（6.4.2-1）计算各层筋材受到的水平拉力*T_i*，计算结果见表 B.4.1。

表 B. 4. 1 各层筋材受到的水平拉力*T_i*计算表

筋材序号	σ_{vi} (kPa)	σ_{β} (kPa)	K_a	S_v (m)	T_i (kN/m)
1	38	18.53	0.31	1	17.52
2	57	17.89	0.31	1	23.22
3	76	17.29	0.31	1	28.92
4	95	16.73	0.31	1	34.63
5	114	16.21	0.31	1	40.37
6	133	17.58	0.31	1	46.68
7	152	17.29	0.31	1	52.48
8	171	17.01	0.31	1	58.28

筋材序号	σ_{vi} (kPa)	σ_{β} (kPa)	K_a	S_v (m)	T_i (kN/m)
9	190	16.73	0.31	1	64.09
$\sum T_i$					366.19

各层筋材受到的水平拉力的最大值 $T_{i_{\max}}$ 为 64.09kN/m，小于土工格栅的设计抗拉强度 $T_a=101\text{kN/m}$ ，符合式 (6.4.2-2) 的规定，通过筋材抗拉强度验算。

B. 4. 2 筋材抗拔稳定性验算

按式 (6.4.2-3) 计算各层筋材受到的抗拔力 T_{pi} ，计算结果见表 B.4.2。

表 B. 4. 2 各层筋材受到的抗拔力 T_{pi} 计算表

筋材序号	σ_{vi} (kPa)	σ_{β} (kPa)	L_{ei} (m)	f'	T_{pi} (kN/m)
1	38	18.53	1.06	0.56	67.11
2	57	17.89	1.61	0.56	135.04
3	76	17.29	2.17	0.56	226.73
4	95	16.73	2.72	0.56	340.37
5	114	16.21	3.28	0.56	478.34
6	133	17.58	3.83	0.56	645.93
7	152	17.29	4.39	0.56	832.37
8	171	17.01	4.94	0.56	1040.22
9	190	16.73	5.5	0.56	1273.46
$\sum T_{pi}$					5039.57

第 1 层筋材抗拔稳定安全系数 $F_b=67.11/17.52=3.83>1.5$ ，满足要求。其他各层筋材的抗拔稳定安全系数均大于第 1 层，通过筋材抗拔稳定验算。全墙筋材抗拔稳定性安全系数 $F_{bl}=5039.57/366.19=13.76>2$ ，满足要求，通过全墙筋材抗拔稳定验算。

B. 5 外部稳定性验算

B. 5. 1 抗滑稳定性验算

按式 (6.4.3-1) 计算抗滑稳定系数 K_c ：

$$K_c = \frac{\mu \sum N}{\sum E_x} = \frac{0.28 \times 1155}{97.35} = 3.32$$

抗滑稳定系数 $K_c = 3.32 > 1.3$ ，通过抗滑稳定性验算。

各参数的计算步骤如下：

$$(1) \mu = \tan \varphi_f = \tan 16^\circ = 0.28$$

(2) 加筋体填土及顶面填土自重：

$$N_1 = (H + h_z)L\gamma = 10 \times 5.5 \times 19 = 1045 \text{ kN/m}$$

为了简化计算，车辆和人群荷载在外部稳定性验算时均不考虑扩散的影响，车辆和人群荷载：

$$N_2 = qL = 20 \times 5.5 = 110 \text{ kN/m}$$

作用在基底的竖向力总和：

$$\sum N = N_1 + N_2 = 1155 \text{ kN/m}$$

(3) 加筋体填土及顶面填土自重的水平分力：

$$E_{x1} = \frac{K_{ab}\gamma(H + h_z)}{2} = \frac{0.33 \times 19 \times 10}{2} = 31.35 \text{ kN/m}$$

交通荷载水平分力：

$$E_{x2} = K_{ab}q(H + h_z) = 0.33 \times 20 \times 10 = 66 \text{ kN/m}$$

墙后主动土压力总水平分力总和：

$$\sum E_x = E_{x1} + E_{x2} = 97.35 \text{ kN/m}$$

B. 5. 2 抗倾覆稳定性验算

按式 (6.4.3-2) 计算抗倾覆稳定系数 K_0 ：

$$K_c = \frac{\sum M_y}{\sum M_0} = \frac{3176.25}{434.5} = 7.31$$

抗倾覆稳定系数 $K_c = 7.31 > 1.5$ ，通过抗倾覆稳定性验算。

各参数的计算步骤如下：

(1) 稳定力系对墙体墙趾的力矩 $\sum M_y$ ：

$$\sum M_y = N_1 \times L/2 + N_2 \times L/2 = 1045 \times 5.5/2 + 110 \times 5.5/2 = 3176.25 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

(2) 倾覆力系对墙体墙趾的力矩 $\sum M_0$ ：

$$\sum M_0 = E_{x1} \times (H + h_z)/3 + E_{x2} \times (H + h_z)/2 = 31.35 \times 10/3 + 66 \times 10/2 = 434.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

B. 5. 3 地基承载力验算

(1) 基底合力偏心距:

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_y - \sum M_0}{\sum N} = \frac{5.7}{2} - \frac{3176.25 - 434.5}{1155} = 0.48$$

(2) 挡墙等效基底压力 σ :

$$\sigma = \frac{\sum N}{B - 2e} = \frac{1155}{5.7 - 2 \times 0.48} = 243.67 \text{ kPa}$$

修正后的地基承载力特征值 $f'_a = 250 \text{ kPa}$, 等效基底压力 $\sigma = 243.67 < 250$, 通过地基承载力验算。

B. 5. 4 整体滑动稳定性验算

假设整体滑动为圆弧形滑动面, 将计算坐标原点设为坡脚处, 采用网格法确定最不利圆心和半径, 按条分法对滑动体进行分条, 计算各分条的相关系数。由于计算量太大, 因此采用计算机辅助计算, 通过假定不同的滑动面, 按式(6.4.3-6)计算得到整体滑动稳定系数最小值 $K_s = 1.56 > 1.2$, 因此通过整体滑动稳定性验算。

附录 C 分项工程质量检验评定表

表 C 分项工程质量检验评定表

分项工程名称：
 所属分部工程名称：
 所属建设项目：

工程部位：
 施工单位：
 监理单位：
 分项工程编号：

基本要求																	
实 测 项 目	项次	检查项目	规定值或 允许偏差	实测值或实测偏差										质量评定			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值、代表值	合格率(%)	合格判定	
	1																
	2																
	3																
	4																
外观质量										质量保证资料							
工程质量等级评定																	

检验：
 记录：
 复核：
 年 月 日