

YesPlayMusic Vue 3 重构学习与开发手册

目标读者: 希望通过真实项目学习 Vue 3 企业级开发的前端初学者

项目背景: 将 YesPlayMusic 从 Vue 2 + Webpack + Vuex 重构为 Vue 3 + Vite + Pinia + TypeScript

第一章：架构设计与目录工程化

1.1 原项目架构分析

YesPlayMusic 是一个功能完整的网易云音乐第三方客户端，原项目采用 Vue 2 技术栈：

技术栈概览：

- **框架:** Vue 2.6.11 + Vue Router 3.4.3
- **状态管理:** Vuex 3.4.0
- **构建工具:** Vue CLI 4.5.0 + Webpack
- **音频库:** Howler.js 2.2.3
- **HTTP 客户端:** Axios 0.26.1
- **样式:** Sass/SCSS

目录结构：

```
src/
├─ api/                # API 接口模块（按业务域划分）
│  ├─ album.js         # 专辑相关接口
│  ├─ artist.js        # 艺术家相关接口
│  ├─ auth.js          # 认证登录接口
│  ├─ playlist.js      # 歌单相关接口
│  ├─ track.js         # 歌曲相关接口
│  └─ user.js          # 用户相关接口
├─ assets/             # 静态资源（图片、字体等）
├─ components/         # 全局组件
├─ store/              # Vuex 状态管理
│  ├─ state.js         # 全局状态
│  ├─ mutations.js     # 同步修改状态
│  ├─ actions.js       # 异步操作
│  └─ plugins/         # Vuex 插件
├─ utils/              # 工具函数
│  ├─ Player.js        # 核心播放器类（29KB, 1001行）
│  ├─ request.js       # Axios 封装与拦截器
│  ├─ auth.js          # 认证工具
│  └─ db.js            # IndexedDB 缓存
├─ views/              # 页面组件
└─ router/             # 路由配置
```

架构特点与问题：

✅ 优点：

- API 层按业务域清晰划分
- Player 类封装了完整的播放逻辑
- 使用 IndexedDB 进行音频缓存优化

⚠️ 待改进：

- **Vuex 状态管理复杂**: state/mutations/actions 分散在多个文件，维护困难
- **缺乏类型安全**: 纯 JavaScript 项目，编译时无法发现类型错误
- **Player.js 过于庞大**: 单文件 1001 行，职责耦合严重
- **缺少 Composables**: 逻辑复用主要通过 Mixins，容易造成命名冲突
- **构建速度慢**: Webpack 开发服务器启动较慢

1.2 Vue 3 企业级目录结构设计

基于现代前端工程化最佳实践，我们重新设计目录结构：

```
src/
├── api/                                # API 接口层
│   ├── modules/                       # 按业务模块划分
│   │   ├── album.ts
│   │   ├── artist.ts
│   │   ├── auth.ts
│   │   ├── playlist.ts
│   │   ├── track.ts
│   │   └── user.ts
│   ├── types/                         # API 请求/响应类型定义
│   │   ├── album.types.ts
│   │   ├── artist.types.ts
│   │   └── track.types.ts
│   └── request.ts                     # Axios 实例与拦截器配置
├── assets/                            # 静态资源
│   ├── images/
│   ├── fonts/
│   └── styles/                        # 全局样式
│       ├── variables.scss            # SCSS 变量
│       ├── mixins.scss               # SCSS 混合
│       └── global.scss               # 全局样式
├── components/                        # 全局组件
│   ├── common/                       # 通用组件
│   │   ├── Button/
│   │   ├── Modal/
│   │   └── Toast/
│   └── music/                         # 音乐业务组件
│       ├── TrackList/
│       ├── Cover/
│       └── Player/
├── composables/                       # 组合式函数 (Hooks)
│   ├── usePlayer.ts                 # 播放器逻辑
│   ├── useAuth.ts                   # 认证逻辑
│   ├── useLyrics.ts                 # 歌词逻辑
│   ├── usePlaylist.ts               # 播放列表逻辑
│   └── useInfiniteScroll.ts          # 无限滚动
├── stores/                            # Pinia 状态管理
│   ├── modules/                     # 按功能模块划分
│   │   └── player.ts                # 播放器状态
```

```
| | └─ user.ts          # 用户状态
| | └─ settings.ts      # 设置状态
| | └─ liked.ts         # 喜欢的内容状态
| └─ types/             # Store 类型定义
|   └─ player.types.ts
└─ index.ts             # Pinia 实例导出

└─ types/               # 全局类型定义
  └─ entities/          # 核心实体类型
    └─ track.ts         # 歌曲实体
    └─ album.ts         # 专辑实体
    └─ artist.ts        # 艺术家实体
    └─ playlist.ts      # 歌单实体
  └─ enums/             # 枚举类型
    └─ playMode.ts      # 播放模式枚举
    └─ quality.ts       # 音质枚举
  └─ global.d.ts        # 全局类型声明

└─ services/           # 业务服务层
  └─ PlayerService.ts   # 播放器服务（拆分后的 Player.js）
  └─ AudioService.ts    # 音频播放服务
  └─ LyricService.ts    # 歌词服务
  └─ CacheService.ts    # 缓存服务

└─ utils/              # 工具函数
  └─ format.ts          # 格式化工具
  └─ storage.ts         # 本地存储工具
  └─ crypto.ts          # 加密工具
  └─ validators.ts      # 验证工具

└─ router/             # 路由配置
  └─ index.ts           # 路由实例
  └─ routes.ts          # 路由定义
  └─ guards.ts          # 路由守卫

└─ views/              # 页面组件
  └─ Home/
  └─ Playlist/
  └─ Album/
  └─ Login/

└─ App.vue             # 根组件
└─ main.ts             # 应用入口
```

1.3 目录划分原则与解耦策略

为什么要这样划分？

1. composables/ - 组合式函数（逻辑复用层）

设计目的: 将可复用的业务逻辑从组件中提取出来，实现逻辑与视图的分离。

与 Vue 2 Mixins 的区别:

```
// ❌ Vue 2 Mixins - 存在命名冲突风险
export default {
  mixins: [playerMixin, authMixin], // 如果两个 mixin 都有 data() 中的 loading 变量，会冲突
};

// ✅ Vue 3 Composables - 明确的命名空间
import { usePlayer } from "@/composables/usePlayer";
import { useAuth } from "@/composables/useAuth";

const { loading: playerLoading } = usePlayer();
const { loading: authLoading } = useAuth(); // 可以轻松重命名避免冲突
```

典型场景:

- usePlayer.ts : 封装播放、暂停、进度控制等逻辑
- useAuth.ts : 封装登录状态检查、Token 刷新逻辑
- useLyrics.ts : 封装歌词解析、时间轴同步逻辑

2. stores/ - Pinia 状态管理（全局状态层）

设计目的: 管理跨组件共享的状态，如播放器状态、用户信息、应用设置。

与 Vuex 的区别:

```
// ❌ Vuex - 需要通过 mutations 同步修改状态
store.commit("setPlaying", true);

// ✅ Pinia - 直接修改状态，代码更简洁
playerStore.playing = true;
// 或使用 action
playerStore.setPlaying(true);
```

何时使用 Store vs Composable?

- **Store:** 需要持久化、需要 DevTools 追踪、跨多个页面共享
- **Composable:** 仅在单个组件或少数组件间复用、临时性状态

3. services/ - 业务服务层（复杂业务逻辑封装）

设计目的: 封装复杂的业务逻辑，使其与 UI 层完全解耦。

为什么需要 Services 层？

原项目的 `Player.js` 包含了：

- 音频播放控制（Howler.js 操作）
- 播放列表管理
- 网络请求（获取音频 URL）
- 缓存逻辑（IndexedDB）
- 歌词同步、[Last.fm](#) 上报等

这些职责混在一起，违反了**单一职责原则**。重构后：

```
// PlayerService.ts - 协调各个子服务
class PlayerService {
  constructor(
    private audioService: AudioService,
    private lyricService: LyricService,
    private cacheService: CacheService,
  ) {}
}
```

```
// AudioService.ts - 专注于音频播放
class AudioService {
  private howler: Howl | null = null;
  play() {
    /* ... */
  }
  pause() {
    /* ... */
  }
}
```

```
// LyricService.ts - 专注于歌词处理
class LyricService {
  parseLyric(rawLyric: string) {
    /* ... */
  }
  getCurrentLine(time: number) {
    /* ... */
  }
}
```

4. api/ 与 types/ - 接口层与类型层分离

类型定义的位置:

- api/types/ : API 相关的请求/响应类型
- types/entities/ : 核心业务实体类型
- stores/types/ : Store 状态类型

为什么要分离?

// types/entities/track.ts - 标准化的业务实体（可在整个应用中复用）

```
export interface Track {  
  id: number;  
  name: string;  
  artists: Artist[];  
  album: Album;  
  duration: number;  
}
```

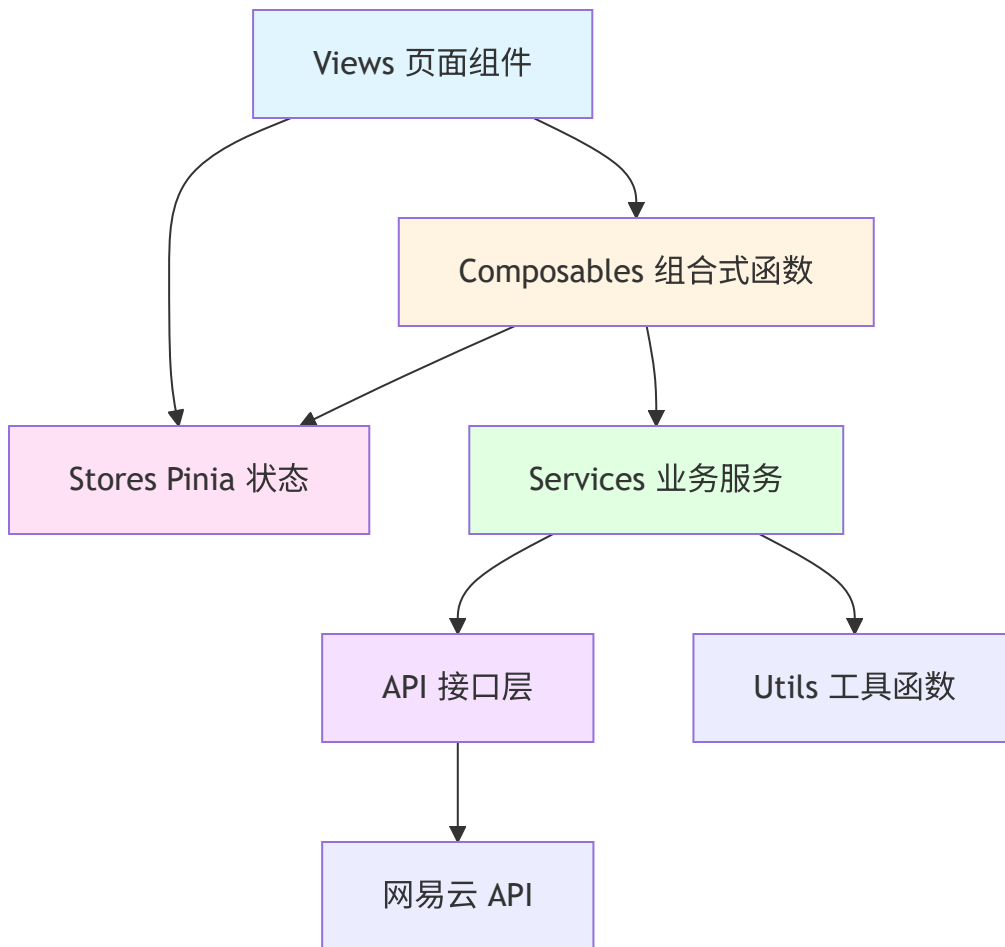
// api/types/track.types.ts - API 响应类型（与后端字段对应）

```
export interface TrackDetailResponse {  
  songs: {  
    id: number;  
    name: string;  
    ar: { id: number; name: string }[]; // 后端字段名  
    al: { id: number; name: string; picUrl: string };  
    dt: number; // duration 的缩写  
  }[];  
}
```

// 在 API 层进行转换

```
export async function getTrackDetail(id: number): Promise<Track> {  
  const res = await request.get<TrackDetailResponse>(`/song/detail?ids=${id}`);  
  return transformToTrack(res.songs[0]); // 转换为标准实体  
}
```

1.4 依赖关系与数据流



数据流向示例:

1. 用户点击播放按钮 → Player.vue 组件
2. 组件调用 → usePlayer() Composable
3. Composable 调用 → playerStore.play(trackId)
4. Store 调用 → PlayerService.playTrack(trackId)
5. Service 调用 → audioService.play() + apiModule.getTrackUrl()
6. API 层 → 发起 HTTP 请求到网易云 API
7. 响应回流 → Service → Store → Composable → 组件自动响应式更新

第二章：核心业务流拆解

2.1 音乐播放器核心逻辑深度解析

2.1.1 原 Player.js 职责分析

原项目的 `Player.js` 是一个包含 1001 行代码的超大类，主要职责包括：

1. 音频播放控制 (Howler.js 封装)
2. 播放模式管理 (顺序/随机/单曲循环)
3. 播放列表管理 (当前播放列表、下一首播放队列)
4. 音频源获取 (缓存优先 → 网易云 API → UnblockMusic)
5. 歌词同步
6. 播放进度追踪与上报 ([Last.fm](#) Scrobble)
7. 私人 FM 模式
8. **MediaSession API 集成** (系统媒体控制)

让我们逐一拆解这些核心功能：

2.1.2 Web Audio API 封装 - AudioService

原代码片段 (`Player.js:332-374`):

```
_playAudioSource(source, autoplay = true) {
  Howler.unload()
  this._howler = new Howl({
    src: [source],
    html5: true,
    preload: true,
    format: ['mp3', 'flac'],
    onend: () => {
      this._nextTrackCallback()
    },
  })

  this._howler.on('loaderror', (_, errCode) => {
    // 错误处理逻辑...
  })

  if (autoplay) {
    this.play()
  }
}
```

为什么要重构？

- 播放逻辑与其他业务逻辑耦合（如 `_nextTrackCallback`）
- 错误处理逻辑复杂，应该抽离
- 缺少类型安全

重构后的 `AudioService.ts`:

```

import { Howl, Howler } from "howler";
import type { AudioConfig, AudioEventHandlers } from "@types/audio";

/**
 * 音频播放服务
 *
 * 职责:
 * 1. 封装 Howler.js 的底层 API
 * 2. 提供统一的音频播放接口
 * 3. 处理音频加载错误与重试逻辑
 *
 * 为什么使用类而不是 Composable?
 * - AudioService 需要维护单一的 Howl 实例（单例模式）
 * - 需要在多个 Composable 中共享（通过依赖注入）
 * - 类更适合封装有状态的底层服务
 */
export class AudioService {
  private howler: Howl | null = null;
  private currentSource: string = "";

  /**
   * 播放音频
   * @param source - 音频源 URL 或 Blob URL
   * @param config - 播放配置
   * @param handlers - 事件回调函数
   */
  async play(
    source: string,
    config: AudioConfig = {},
    handlers: AudioEventHandlers = {},
  ): Promise<void> {
    // 1. 卸载之前的音频实例（释放内存）
    // ⚠ 重要: Howler 不会自动销毁，必须手动 unload
    this.unload();

    // 2. 创建新的 Howl 实例
    this.currentSource = source;
    this.howler = new Howl({
      src: [source],
      html5: true, // 使用 HTML5 Audio（而非 Web Audio API）
      // 原因: HTML5 Audio 对流媒体支持更好，内存占用更低
      preload: true, // 预加载音频数据
      format: config.format || ["mp3", "flac"],
    });
  }
}

```

```

    volume: config.volume ?? 1,

    // 3. 注册事件监听器
    onend: () => handlers.onEnd?.(),
    onloaderror: (_, errCode) =>
        this.handleLoadError(errCode, handlers.onError),
    onplayerror: (_, errCode) =>
        this.handlePlayError(errCode, handlers.onError),
  });

  // 4. 开始播放
  this.howler.play();
}

/**
 * 暂停播放
 */
pause(): void {
  this.howler?.pause();
}

/**
 * 恢复播放
 */
resume(): void {
  this.howler?.play();
}

/**
 * 跳转到指定时间
 * @param time - 时间（秒）
 */
seek(time: number): void {
  this.howler?.seek(time);
}

/**
 * 获取当前播放进度
 * @returns 当前时间（秒）
 */
getSeek(): number {
  return this.howler?.seek() ?? 0;
}

```

```
/**
 * 设置音量
 * @param volume - 音量值 (0-1)
 */
setVolume(volume: number): void {
  const clampedVolume = Math.max(0, Math.min(1, volume));
  this.howler?.volume(clampedVolume);
}
```

```
/**
 * 获取当前音量
 */
getVolume(): number {
  return this.howler?.volume() ?? 1;
}
```

```
/**
 * 获取播放状态
 */
isPlaying(): boolean {
  return this.howler?.playing() ?? false;
}
```

```
/**
 * 卸载当前音频实例
 *
 * 为什么需要手动卸载?
 * - Howler 创建的音频实例会持续占用内存
 * - 不卸载的话, 切歌多次后会导致内存泄漏
 * - unload() 会释放音频数据、事件监听器等资源
 */
unload(): void {
  this.howler?.unload();
  this.howler = null;
}
```

```
/**
 * 处理音频加载错误
 *
 * 错误码说明 (MediaError):
 * 1: MEDIA_ERR_ABORTED - 用户中止
 * 2: MEDIA_ERR_NETWORK - 网络错误
```

```

* 3: MEDIA_ERR_DECODE - 解码错误（文件损坏或格式不支持）
* 4: MEDIA_ERR_SRC_NOT_SUPPORTED - 不支持的音频格式
*/
private handleLoadError(
  errCode: number,
  onError?: (error: AudioError) => void,
): void {
  const error: AudioError = {
    code: errCode,
    source: this.currentSource,
    message: this.getErrorMessage(errCode),
    recoverable: errCode !== 3 && errCode !== 4, // 解码错误和格式不支持无法恢复
  };

  onError?.(error);
}

private handlePlayError(
  errCode: number,
  onError?: (error: AudioError) => void,
): void {
  // 处理播放错误（如自动播放被浏览器阻止）
  const error: AudioError = {
    code: errCode,
    source: this.currentSource,
    message: "播放失败，可能是浏览器阻止了自动播放",
    recoverable: true,
  };

  onError?.(error);
}

private getErrorMessage(errCode: number): string {
  const messages: Record<number, string> = {
    1: "音频加载被中止",
    2: "网络错误导致音频加载失败",
    3: "音频解码失败（文件可能已损坏）",
    4: "不支持的音频格式",
  };
  return messages[errCode] || "未知错误";
}
}

```



```
// 类型定义
export interface AudioConfig {
  format?: string[];
  volume?: number;
}

export interface AudioEventHandlers {
  onEnd?: () => void;
  onError?: (error: AudioError) => void;
}

export interface AudioError {
  code: number;
  source: string;
  message: string;
  recoverable: boolean;
}
```

关键设计决策解释:

1. 为什么使用 `html5: true` ?

- HTML5 Audio 更适合流媒体播放，支持边下载边播放
- Web Audio API 需要完整下载后才能播放，不适合大文件

2. 为什么需要 `unload()` ?

- Howler.js 不会自动销毁实例
- 每次切歌如果不 `unload`，内存会持续增长
- 在 Chrome DevTools Memory 面板可以看到 `AudioBuffer` 占用

3. 为什么错误处理要区分 `recoverable` ?

- 网络错误 (code 2) 可以重试或切换音源
- 解码错误 (code 3) 说明文件本身有问题，重试无意义

2.1.3 播放列表调度 - PlaylistService

原代码逻辑 (`Player.js:261-299`):

```

_getNextTrack() {
  const next = this._reversed ? this.current - 1 : this.current + 1

  // 1. 优先播放"下一首播放"队列
  if (this._playNextList.length > 0) {
    let trackID = this._playNextList[0]
    return [trackID, INDEX_IN_PLAY_NEXT]
  }

  // 2. 循环模式处理
  if (this.repeatMode === 'on') {
    if (this._reversed && this.current === 0) {
      return [this.list[this.list.length - 1], this.list.length - 1]
    } else if (this.list.length === this.current + 1) {
      return [this.list[0], 0]
    }
  }

  // 3. 返回下一首
  return [this.list[next], next]
}

```

播放模式的复杂性:

- 顺序播放 / 倒序播放
- 列表循环 / 单曲循环
- 随机播放（需要维护 `_shuffledList`）
- "下一首播放"队列（优先级最高）

重构后的 `PlaylistService.ts`:

```

import { shuffle as _shuffle } from "lodash-es";
import type { PlayMode, RepeatMode } from "@types/enums";

/**
 * 播放列表管理服务
 *
 * 职责：
 * 1. 管理播放列表（原始列表 + 随机列表）
 * 2. 计算下一首/上一首歌曲
 * 3. 处理"下一首播放"队列
 * 4. 处理各种播放模式的逻辑
 *
 * 为什么需要单独的 Service？
 * - 播放列表逻辑复杂，需要独立测试
 * - 与音频播放逻辑解耦，方便单元测试
 * - 可以在不实际播放音频的情况下预览下一首歌曲
 */
export class PlaylistService {
  private originalList: number[] = []; // 原始播放列表
  private shuffledList: number[] = []; // 随机打乱的列表
  private playNextQueue: number[] = []; // "下一首播放"队列

  private currentIndex: number = 0; // 当前歌曲在列表中的索引
  private shuffledIndex: number = 0; // 当前歌曲在随机列表中的索引

  private repeatMode: RepeatMode = "off"; // off / on / one
  private isShuffleMode: boolean = false; // 是否随机播放
  private isReversedMode: boolean = false; // 是否倒序播放

  /**
   * 设置播放列表
   * @param trackIds - 歌曲 ID 列表
   * @param startIndex - 从第几首开始播放
   */
  setPlaylist(trackIds: number[], startIndex: number = 0): void {
    this.originalList = trackIds;
    this.currentIndex = startIndex;

    // 如果当前是随机模式，需要重新打乱列表
    if (this.isShuffleMode) {
      this.shufflePlaylist(trackIds[startIndex]);
    }
  }
}

```

```

/**
 * 打乱播放列表
 * @param firstTrackId - 第一首歌曲 ID（保持在列表开头）
 *
 * 为什么要保持第一首歌曲？
 * - 用户点击某首歌播放后开启随机模式
 * - 期望当前歌曲继续播放，后续歌曲才随机
 */
shufflePlaylist(firstTrackId?: number): void {
  if (firstTrackId) {
    // 将第一首歌排除后打乱，再把第一首歌放回开头
    const otherTracks = this.originalList.filter((id) => id !== firstTrackId);
    this.shuffledList = [firstTrackId, ..._shuffle(otherTracks)];
    this.shuffledIndex = 0;
  } else {
    this.shuffledList = _shuffle([...this.originalList]);
  }
}

/**
 * 获取下一首歌曲
 * @returns { trackId, index } 或 null（无下一首）
 *
 * 优先级：
 * 1. "下一首播放"队列
 * 2. 单曲循环 → 返回当前歌曲
 * 3. 列表循环 → 到达列表末尾时回到开头
 * 4. 普通模式 → 播放完最后一首后停止
 */
getNextTrack(): { trackId: number; index: number } | null {
  // 1. 优先播放"下一首播放"队列
  if (this.playNextQueue.length > 0) {
    const trackId = this.playNextQueue.shift()!; // 取出队列第一首
    return {
      trackId,
      index: -1, // -1 表示来自队列，不更新当前索引
    };
  }

  // 2. 获取当前使用的列表和索引
  const currentList = this.isShuffleMode
    ? this.shuffledList

```

```

    : this.originalList;
const currentIdx = this.isShuffleMode
    ? this.shuffledIndex
    : this.currentIndex;

// 3. 计算下一首的索引
const nextIdx = this.isReversedMode ? currentIdx - 1 : currentIdx + 1;

// 4. 边界处理
if (nextIdx < 0) {
    // 到达列表开头
    if (this.repeatMode === "on") {
        // 列表循环: 跳到最后一首
        return {
            trackId: currentList[currentList.length - 1],
            index: currentList.length - 1,
        };
    } else {
        // 无循环: 停止播放
        return null;
    }
}

if (nextIdx >= currentList.length) {
    // 到达列表末尾
    if (this.repeatMode === "on") {
        // 列表循环: 跳到第一首
        return {
            trackId: currentList[0],
            index: 0,
        };
    } else {
        // 无循环: 停止播放
        return null;
    }
}

// 5. 正常情况: 返回下一首
return {
    trackId: currentList[nextIdx],
    index: nextIdx,
};
}

```

```

/**
 * 获取上一首歌曲
 * 逻辑与 getNextTrack 类似，但方向相反
 */
getPrevTrack(): { trackId: number; index: number } | null {
  const currentList = this.isShuffleMode
    ? this.shuffledList
    : this.originalList;
  const currentIdx = this.isShuffleMode
    ? this.shuffledIndex
    : this.currentIndex;

  const prevIdx = this.isReversedMode ? currentIdx + 1 : currentIdx - 1;

  if (prevIdx < 0) {
    if (this.repeatMode === "on") {
      return {
        trackId: currentList[currentList.length - 1],
        index: currentList.length - 1,
      };
    }
    return null;
  }

  if (prevIdx >= currentList.length) {
    if (this.repeatMode === "on") {
      return {
        trackId: currentList[0],
        index: 0,
      };
    }
    return null;
  }

  return {
    trackId: currentList[prevIdx],
    index: prevIdx,
  };
}

/**
 * 添加到"下一首播放"队列

```

```

* @param trackIds - 歌曲 ID 列表
*/
addToPlayNext(trackIds: number | number[]): void {
  const ids = Array.isArray(trackIds) ? trackIds : [trackIds];
  this.playNextQueue.push(...ids);
}

/**
* 更新当前索引
* @param index - 新索引
*/
setCurrentIndex(index: number): void {
  if (this.isShuffleMode) {
    this.shuffledIndex = index;
  } else {
    this.currentIndex = index;
  }
}

/**
* 设置播放模式
*/
setRepeatMode(mode: RepeatMode): void {
  this.repeatMode = mode;
}

setShuffleMode(enabled: boolean): void {
  this.isShuffleMode = enabled;
  if (enabled) {
    const currentTrackId = this.getCurrentTrackId();
    this.shufflePlaylist(currentTrackId);
  }
}

setReversedMode(enabled: boolean): void {
  this.isReversedMode = enabled;
}

/**
* 获取当前歌曲 ID
*/
getCurrentTrackId(): number | null {
  const currentList = this.isShuffleMode

```

```
        ? this.shuffledList
        : this.originalList;
const currentIdx = this.isShuffleMode
    ? this.shuffledIndex
    : this.currentIndex;
return currentList[currentIdx] ?? null;
}

/**
 * 获取当前播放列表
 */
getPlaylist(): number[] {
    return this.isShuffleMode ? this.shuffledList : this.originalList;
}
}
```

单元测试示例:


```
import { describe, it, expect, beforeEach } from "vitest";
import { PlaylistService } from "@services/PlaylistService";

describe("PlaylistService", () => {
  let service: PlaylistService;

  beforeEach(() => {
    service = new PlaylistService();
    service.setPlaylist([1, 2, 3, 4, 5], 0);
  });

  it("should get next track in normal mode", () => {
    const next = service.getNextTrack();
    expect(next).toEqual({ trackId: 2, index: 1 });
  });

  it("should return null when reaching end without loop", () => {
    service.setCurrentIndex(4); // 最后一首
    const next = service.getNextTrack();
    expect(next).toBeNull();
  });

  it("should loop back to first track when repeat is on", () => {
    service.setRepeatMode("on");
    service.setCurrentIndex(4);
    const next = service.getNextTrack();
    expect(next).toEqual({ trackId: 1, index: 0 });
  });

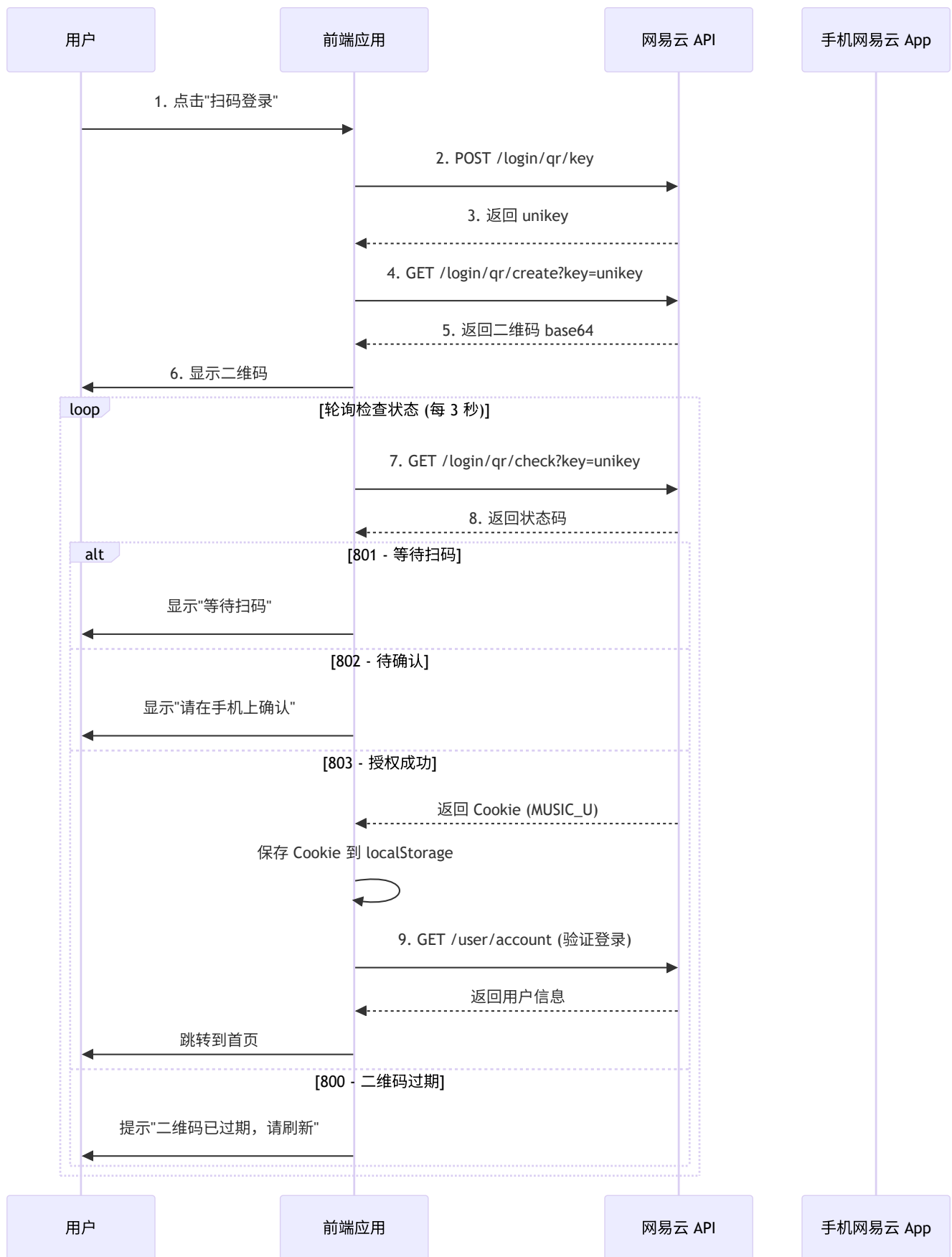
  it("should prioritize play-next queue", () => {
    service.addToPlayNext([99, 100]);
    const next = service.getNextTrack();
    expect(next).toEqual({ trackId: 99, index: -1 });
  });

  it("should keep current track first when shuffling", () => {
    service.setCurrentIndex(2); // 当前是 trackId 3
    service.setShuffleMode(true);
    const playlist = service.getPlaylist();
    expect(playlist[0]).toBe(3); // 第一首应该是当前歌曲
  });
});
```

2.2 登录与权限流程深度解析

2.2.1 网易云 API 扫码登录流程

完整流程图:



完整代码实现:

Step 1: API 层封装

```
// api/modules/auth.ts
import request from "@api/request";
import type {
  QrKeyResponse,
  QrCreateResponse,
  QrCheckResponse,
  LoginResponse,
} from "@api/types/auth.types";

/**
 * 二维码登录 - Step 1: 获取二维码 key
 */
export function getQrKey(): Promise<QrKeyResponse> {
  return request.get("/login/qr/key", {
    params: {
      timestamp: Date.now(), // 防止缓存
    },
  });
}

/**
 * 二维码登录 - Step 2: 生成二维码图片
 * @param key - 第一步返回的 unikey
 */
export function createQrCode(key: string): Promise<QrCreateResponse> {
  return request.get("/login/qr/create", {
    params: {
      key,
      qrimg: true, // 返回 base64 图片
      timestamp: Date.now(),
    },
  });
}

/**
 * 二维码登录 - Step 3: 轮询检查扫码状态
 * @param key - 第一步返回的 unikey
 * @returns 状态码 800/801/802/803
 */
export function checkQrStatus(key: string): Promise<QrCheckResponse> {
  return request.get("/login/qr/check", {
```

```
    params: {  
      key,  
      timestamp: Date.now(),  
    },  
  });  
}
```

```
/**  
 * 获取账户信息（验证登录状态）  
 */  
export function getUserAccount(): Promise<LoginResponse> {  
  return request.get("/user/account");  
}
```

```
/**  
 * 退出登录  
 */  
export function logout(): Promise<void> {  
  return request.post("/logout");  
}
```

Step 2: Composable 层封装业务逻辑

```
// composables/useQrLogin.ts
import { ref, onUnmounted } from "vue";
import {
  getQrKey,
  createQrCode,
  checkQrStatus,
  getUserAccount,
} from "@api/modules/auth";
import { useUserStore } from "@stores/modules/user";
import { useRouter } from "vue-router";
import { showToast } from "@utils/toast";

/**
 * 二维码登录状态枚举
 */
export enum QrLoginStatus {
  IDLE = "idle", // 初始状态
  LOADING = "loading", // 加载中
  WAITING_SCAN = "waiting", // 等待扫码 (801)
  WAITING_CONFIRM = "confirm", // 等待确认 (802)
  SUCCESS = "success", // 登录成功 (803)
  EXPIRED = "expired", // 二维码过期 (800)
  ERROR = "error", // 错误
}

/**
 * 二维码登录 Composable
 *
 * 使用示例:
 * const { qrCodeUrl, status, startQrLogin, refreshQr } = useQrLogin()
 *
 * 为什么用 Composable 而不是 Store?
 * - 登录状态是临时的, 不需要持久化
 * - 轮询逻辑应该在组件挂载时启动, 卸载时停止
 * - 多个组件不需要同时共享登录状态
 */
export function useQrLogin() {
  const userStore = useUserStore();
  const router = useRouter();

  // 响应式状态
```

```

const qrCodeUrl = ref<string>(""); // 二维码图片 base64
const status = ref<QrLoginStatus>(QrLoginStatus.IDLE);
const errorMessage = ref<string>("");

// 轮询相关
let pollingTimer: NodeJS.Timeout | null = null;
let currentKey: string = "";

/**
 * 启动二维码登录流程
 */
async function startQrLogin() {
  try {
    status.value = QrLoginStatus.LOADING;

    // Step 1: 获取二维码 key
    const keyRes = await getQrKey();
    if (keyRes.code !== 200) {
      throw new Error("获取二维码 key 失败");
    }
    currentKey = keyRes.data.unikey;

    // Step 2: 生成二维码
    const qrRes = await createQrCode(currentKey);
    if (qrRes.code !== 200) {
      throw new Error("生成二维码失败");
    }
    qrCodeUrl.value = qrRes.data.qrimg;

    // Step 3: 开始轮询
    status.value = QrLoginStatus.WAITING_SCAN;
    startPolling();
  } catch (error: any) {
    status.value = QrLoginStatus.ERROR;
    errorMessage.value = error.message || "登录失败";
    showToast(errorMessage.value);
  }
}

/**
 * 开始轮询检查扫码状态
 *
 * 为什么使用轮询而不是 WebSocket?

```

- * - 网易云 API 不提供 WebSocket 接口
 - * - 轮询足够满足需求，二维码有效期只有 3 分钟
 - * - 每 3 秒轮询一次，不会造成明显的服务器压力
- */

```
function startPolling() {
  pollingTimer = setInterval(async () => {
    try {
      const res = await checkQrStatus(currentKey);

      switch (res.code) {
        case 801:
          // 等待扫码
          status.value = QrLoginStatus.WAITING_SCAN;
          break;

        case 802:
          // 已扫码，等待确认
          status.value = QrLoginStatus.WAITING_CONFIRM;
          break;

        case 803:
          // 登录成功
          status.value = QrLoginStatus.SUCCESS;
          stopPolling();
          await handleLoginSuccess(res.cookie);
          break;

        case 800:
          // 二维码过期
          status.value = QrLoginStatus.EXPIRED;
          stopPolling();
          showToast("二维码已过期，请刷新");
          break;

        default:
          throw new Error(`未知状态码: ${res.code}`);
      }
    } catch (error: any) {
      status.value = QrLoginStatus.ERROR;
      errorMessage.value = error.message;
      stopPolling();
    }
  }, 3000); // 每 3 秒轮询一次
```



```

}

/**
 * 停止轮询
 */
function stopPolling() {
  if (pollingTimer) {
    clearInterval(pollingTimer);
    pollingTimer = null;
  }
}

/**
 * 处理登录成功
 * @param cookie - 网易云返回的 Cookie 字符串
 *
 * Cookie 格式示例:
 * "MUSIC_U=xxx; Max-Age=xxx; Expires=xxx; ..."
 */
async function handleLoginSuccess(cookie: string) {
  try {
    // 1. 解析并保存 MUSIC_U
    const musicU = parseMusicU(cookie);
    if (!musicU) {
      throw new Error("Cookie 解析失败");
    }

    // 保存到 localStorage (后续请求会用到)
    localStorage.setItem("MUSIC_U", musicU);

    // 2. 获取用户信息
    const accountRes = await getUserAccount();
    if (accountRes.code !== 200) {
      throw new Error("获取用户信息失败");
    }

    // 3. 保存到 Store
    userStore.setUserInfo(accountRes.profile);
    userStore.setLoginStatus(true);

    // 4. 跳转到首页
    showToast("登录成功");
    router.push("/");
  }
}

```

```

    } catch (error: any) {
        status.value = QrLoginStatus.ERROR;
        errorMessage.value = error.message;
        showToast("登录失败: " + error.message);
    }
}

/**
 * 解析 MUSIC_U Cookie
 * @param cookieString - Cookie 字符串
 * @returns MUSIC_U 的值
 */
function parseMusicU(cookieString: string): string | null {
    const regex = /MUSIC_U=(^;+)/;
    const match = cookieString.match(regex);
    return match ? match[1] : null;
}

/**
 * 刷新二维码（二维码过期时调用）
 */
async function refreshQr() {
    stopPolling();
    await startQrLogin();
}

/**
 * 组件卸载时清理定时器
 *
 * 为什么需要清理？
 * - 防止内存泄漏
 * - 用户离开登录页后，不应该继续轮询
 */
onUnmounted(() => {
    stopPolling();
});

return {
    qrCodeUrl,
    status,
    errorMessage,
    startQrLogin,
    refreshQr,

```

```
};  
}
```

Step 3: 组件层使用

```
<!-- views/Login/QrLogin.vue -->
<template>
  <div class="qr-login">
    <h2>扫码登录</h2>

    <!-- 加载中 -->
    <div v-if="status === QrLoginStatus.LOADING" class="loading">
      <span class="spinner"></span>
      <p>生成二维码中...</p>
    </div>

    <!-- 显示二维码 -->
    <div v-else-if="qrCodeUrl" class="qr-container">
      

      <!-- 状态提示 -->
      <p v-if="status === QrLoginStatus.WAITING_SCAN" class="tip">
        请使用网易云音乐 App 扫码登录
      </p>
      <p
        v-else-if="status === QrLoginStatus.WAITING_CONFIRM"
        class="tip confirm">
        >
        ✓ 已扫码，请在手机上确认
      </p>
      <p v-else-if="status === QrLoginStatus.SUCCESS" class="tip success">
        ✓ 登录成功，即将跳转...
      </p>

      <!-- 二维码过期遮罩 -->
      <div v-if="status === QrLoginStatus.EXPIRED" class="expired-overlay">
        <p>二维码已过期</p>
        <button @click="refreshQr">刷新二维码</button>
      </div>
    </div>

    <!-- 错误提示 -->
    <div v-else-if="status === QrLoginStatus.ERROR" class="error">
      <p>{{ errorMessage }}</p>
      <button @click="startQrLogin">重试</button>
    </div>
  </div>
</template>
```

```
</div>
</template>
```

```
<script setup lang="ts">
import { onMounted } from "vue";
import { useQrLogin, QrLoginStatus } from "@/composables/useQrLogin";

// 使用 Composable（自动包含响应式状态和方法）
const { qrCodeUrl, status, errorMessage, startQrLogin, refreshQr } =
  useQrLogin();

// 组件挂载时启动登录流程
onMounted(() => {
  startQrLogin();
});
</script>
```

```
<style scoped lang="scss">
.qr-login {
  display: flex;
  flex-direction: column;
  align-items: center;
  padding: 40px;
}
```

```
.qr-container {
  position: relative;
  width: 300px;
  height: 300px;

  img {
    width: 100%;
    height: 100%;
  }

  .tip {
    margin-top: 16px;
    color: #666;

    &.confirm {
      color: #1890ff;
      font-weight: 500;
    }
  }
}
```

```
&.success {
  color: #52c41a;
  font-weight: 500;
}
}

.expired-overlay {
  position: absolute;
  top: 0;
  left: 0;
  right: 0;
  bottom: 0;
  background: rgba(255, 255, 255, 0.95);
  display: flex;
  flex-direction: column;
  align-items: center;
  justify-content: center;

  button {
    margin-top: 16px;
    padding: 8px 24px;
    background: #1890ff;
    color: white;
    border: none;
    border-radius: 4px;
    cursor: pointer;
  }
}
}
</style>
```

2.2.2 Token 持久化与 Axios 拦截器

为什么需要拦截器？

1. **自动添加认证信息**: 每个请求自动带上 Cookie 或 Token
2. **自动刷新 Token**: Token 过期时自动刷新
3. **统一错误处理**: 401 错误自动跳转登录页
4. **请求/响应格式化**: 统一处理 camelCase ↔ snake_case 转换

完整实现:

```

// api/request.ts
import axios, { AxiosInstance, AxiosRequestConfig, AxiosResponse } from "axios";
import { useUserStore } from "@stores/modules/user";
import { showToast } from "@utils/toast";
import router from "@router";

/**
 * 创建 Axios 实例
 */
const instance: AxiosInstance = axios.create({
  baseURL: import.meta.env.VITE_API_BASE_URL || "/api",
  timeout: 15000,
  withCredentials: true, // 允许携带 Cookie
});

/**
 * 请求拦截器
 *
 * 作用：
 * 1. 添加认证信息（Cookie 或 Token）
 * 2. 添加通用参数（时间戳、设备信息等）
 * 3. 请求数据格式化
 */
instance.interceptors.request.use(
  (config: AxiosRequestConfig) => {
    // 1. 添加 Cookie 认证
    const musicU = localStorage.getItem("MUSIC_U");
    if (musicU && !config.params?.cookie) {
      config.params = {
        ...config.params,
        cookie: `MUSIC_U=${musicU}`,
      };
    }

    // 2. 添加真实 IP（绕过网易云地域限制）
    // ⚠ 注意：这需要后端 API 服务器支持
    const settings = JSON.parse(localStorage.getItem("settings") || "{}");
    if (settings.realIP) {
      config.params = {
        ...config.params,
        realIP: settings.realIP,
      };
    }
  }

```



```

// 3. 开发环境下打印请求信息
if (import.meta.env.DEV) {
  console.log(
    "[Request]",
    config.method?.toUpperCase(),
    config.url,
    config.params,
  );
}

return config;
},
(error) => {
  return Promise.reject(error);
},
);

/**
 * 响应拦截器
 *
 * 作用：
 * 1. 统一处理响应数据格式
 * 2. 处理 Token 过期（301 错误）
 * 3. 统一错误提示
 */
instance.interceptors.response.use(
  (response: AxiosResponse) => {
    const res = response.data;

    // 网易云 API 返回格式：{ code: 200, data: {...} }
    if (
      res.code !== 200 &&
      res.code !== 800 &&
      res.code !== 801 &&
      res.code !== 802 &&
      res.code !== 803
    ) {
      // 不是成功状态码，且不是二维码登录的状态码
      showToast(res.message || "请求失败");
      return Promise.reject(new Error(res.message || "Error"));
    }
  }
);

```

```

    return res;
  },
  (error) => {
    const response = error.response;

    if (!response) {
      // 网络错误或请求超时
      showToast("网络错误，请检查网络连接");
      return Promise.reject(error);
    }

    // 处理 HTTP 状态码
    switch (response.status) {
      case 401:
      case 301: // 网易云 API 的"需要登录"错误码
        handleUnauthorized();
        break;

      case 500:
        showToast("服务器错误");
        break;

      case 404:
        showToast("请求的资源不存在");
        break;

      default:
        showToast(response.data?.message || "请求失败");
    }

    return Promise.reject(error);
  },
);

/**
 * 处理未授权错误
 *
 * 为什么需要单独处理？
 * - Token 过期时需要清理本地状态
 * - 跳转到登录页
 * - 防止多个请求同时触发（使用防抖）
 */
let isRedirecting = false; // 防止重复跳转

```

```
function handleUnauthorized() {
  if (isRedirecting) return;
  isRedirecting = true;

  console.warn("[Auth] Token expired or invalid, redirecting to login page");

  // 1. 清理本地存储
  localStorage.removeItem("MUSIC_U");

  // 2. 清理 Store 状态
  const userStore = useUserStore();
  userStore.logout();

  // 3. 跳转到登录页
  router.push("/login");

  // 4. 提示用户
  showToast("登录已过期，请重新登录");

  // 5. 延迟重置标志（防止短时间内重复触发）
  setTimeout(() => {
    isRedirecting = false;
  }, 1000);
}

/**
 * 导出封装好的请求方法
 */
export default {
  get<T = any>(url: string, config?: AxiosRequestConfig): Promise<T> {
    return instance.get(url, config);
  },

  post<T = any>(
    url: string,
    data?: any,
    config?: AxiosRequestConfig,
  ): Promise<T> {
    return instance.post(url, data, config);
  },

  put<T = any>(
    url: string,
```

```
    data?: any,  
    config?: AxiosRequestConfig,  
  ): Promise<T> {  
    return instance.put(url, data, config);  
  },  
  
  delete<T = any>(url: string, config?: AxiosRequestConfig): Promise<T> {  
    return instance.delete(url, config);  
  },  
};
```

Token 自动刷新（进阶功能）：

```

// utils/tokenRefresh.ts
import { refreshCookie } from "@api/modules/auth";

/**
 * Token 刷新管理器
 *
 * 功能：
 * - 定期刷新 Token（每 30 分钟）
 * - 防止 Token 在用户活跃时过期
 * - 在 Token 即将过期时自动刷新
 */
class TokenRefreshManager {
  private refreshTimer: NodeJS.Timeout | null = null;
  private readonly REFRESH_INTERVAL = 30 * 60 * 1000; // 30 分钟

  /**
   * 启动自动刷新
   */
  start() {
    this.stop(); // 先停止之前的定时器

    this.refreshTimer = setInterval(() => {
      this.refresh();
    }, this.REFRESH_INTERVAL);

    // 立即执行一次刷新
    this.refresh();
  }

  /**
   * 停止自动刷新
   */
  stop() {
    if (this.refreshTimer) {
      clearInterval(this.refreshTimer);
      this.refreshTimer = null;
    }
  }

  /**
   * 执行刷新
   */
  private async refresh() {

```

```

try {
  const musicU = localStorage.getItem("MUSIC_U");
  if (!musicU) {
    this.stop();
    return;
  }

  const res = await refreshCookie();
  if (res.code === 200) {
    console.log("[TokenRefresh] Token refreshed successfully");
  }
} catch (error) {
  console.error("[TokenRefresh] Failed to refresh token:", error);
}
}

export const tokenRefreshManager = new TokenRefreshManager();

// 在 main.ts 中启动
// if (isLoggedIn()) {
//   tokenRefreshManager.start()
// }

```

本手册将继续包含以下章节（由于篇幅限制，分次提供）：

第三章：TypeScript 类型驱动开发

- 核心实体类型定义
- 泛型与 Utility Types 实践
- API 响应类型安全

第四章：Pinia 状态管理深度实践

- Vuex 到 Pinia 迁移
- Store 间通信
- 状态持久化

第五章：代码实现示例

- 核心 Composables

- 组件重构
- Vite 配置

第六章：性能优化与进阶技巧

- 虚拟列表
- 图片懒加载
- 音频性能优化