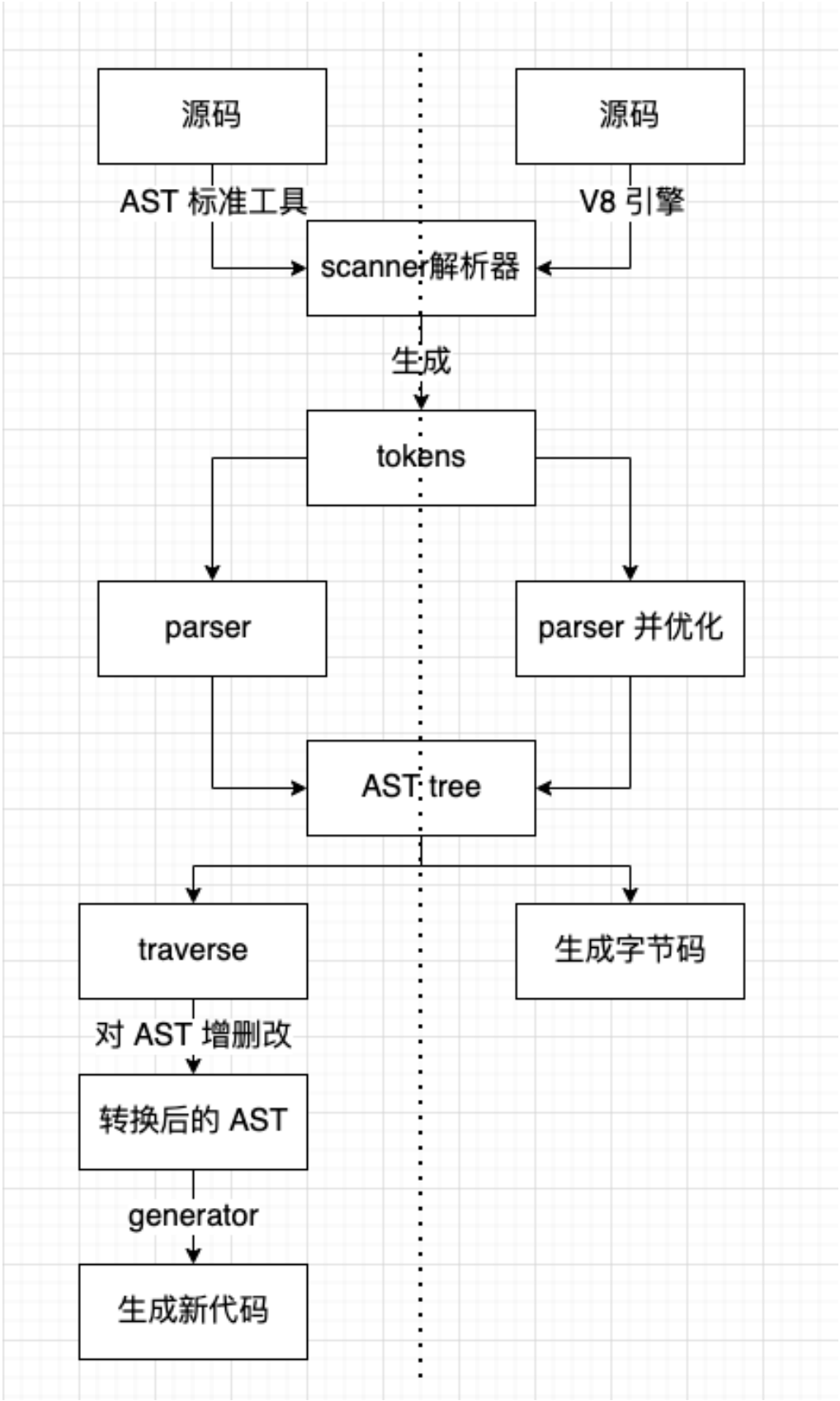
AST 简介

抽象语法树（abstract syntax trees），就是将代码转换成的一种抽象的树形结构，通常是 json 描述。AST 并不是哪个编程语言特有的概念，在前端领域，比较常用的 AST 工具如 esprima，babel (babylon) 的解析模块，其他如 vue 自己实现的模板解析器。本文主要以 babel 为例对 AST 的原理进行浅析，通过实践掌握如何利用 AST 掌握代码转换的能力。

- 推荐工具： AST 在线学习和 tokens 在线分析。
- 插件集合（注意，前端 AST 并不仅针对 JavaScript，CSS、HTML 一样具有相应的解析工具，JavaScript 重点关注）

ast 解析	esprima	@babel/parser	recast.parse	V8 引擎	……
ast 遍历	estraverse	@babel/traverse	recast.visit		
生成代码	escodegen	@babel/generator	recast.print recast.prettyPrint	生成字节码	

代码的编译流程



我们把上述过程分为三部分：解析（parse），转换（transform），生成（generate），其中 scanner 部分叫做词法（syntax）分析，parser 部分叫做语法（grammar）分析。显然，词法分析的结果是 tokens，语法分析得到的就是 AST。

例：

```
1 const esprima = require('esprima');
```

```
2
3  const code = 'const number = 10';
4  const token = esprima.tokenize(code);
5  console.log(token);
6
7  // 打印结果:
8  [
9    { type: 'Keyword', value: 'const' },
10   { type: 'Identifier', value: 'number' },
11   { type: 'Punctuator', value: '=' },
12   { type: 'Numeric', value: '10' }
13 ]
```

可见词法分析，旨在将源代码按照一定的分隔符（空格/tab/换行等）、注释进行分割，并将各个部分进行分类构造出一段 token 流。

```
1  const esprima = require('esprima');
2
3  const code = 'const number = 10';
4  const token = esprima.tokenize(code);
5  const ast = esprima.parse(code);
6  console.log(JSON.stringify(ast, null, '  '));
7
8  // 打印 AST:
9  {
10   "type": "Program",
11   "body": [{
12     "type": "VariableDeclaration",
13     "declarations": [{
14       "type": "VariableDeclarator",
15       "id": {
16         "type": "Identifier",
17         "name": "number",
18       },
19       "init": {
20         "type": "Literal",
21         "value": 10,
22         "raw": "10",
23       },
24     }],
```

```
    "kind": "const"
  }],
  "sourceType": "script"
}
```

而语法分析，则基于 tokens 将源码语义化、结构化为一段 json 描述（AST）。反之，如果给出一段代码的描述信息，我们也是可以还原源码的。理论上，描述信息发生变化，生成的源码的对应信息也会发生变化。所以我们可以通过操作 AST 达到修改源码信息的目的，辅以文件的创建接口，这也是 babel 打包生成代码的基本原理。

了解到这一层，便能想象 ES6 => ES5、ts => js、uglifyJS、样式预处理器、eslint、代码提示等工具的工作方式了。

AST 的节点类型

在操作 AST 过程中，源码部分集中在 Program 对象的 body 属性下，每个节点有着统一固定的格式：

> `@babel/core` 依赖了 `parser、traverse、generator` 模块，所以安装 @babel/core 即可。下文均以 babel 作为示例工具，其他工具类似，不再赘述。

```
const babel = require('@babel/core');

const code = `
  import React from 'react';
  function add(a, b) {
    return a + b;
  }
  let str = 'hello';
`;

const ast = babel.parse(code, {
  sourceType: 'module'
});
console.log(ast.program.body);
// ast.program.body 部分
[{
  ...
  "type": "ImportDeclaration",
  "specifiers": [{ type: "ImportDefaultSpecifier", ... }],
}, {
  "type": "FunctionDeclaration",
  "async": false,
```

```
  "body": {
    type: "BlockStatement",
    "body": [{
      "type": "ReturnStatement",
      ...
    }]
  }
}, {
  "type": "VariableDeclaration",
  "kind": "let",
  "declarations": [{ type: "VariableDeclarator", init: {}, ... }]
}]
```

JavaScript 生成的所有 AST 节点类型可在线查阅。知道了节点类型可以高效地进行节点查找可编辑。以上面的代码为例，如果想在函数返回语句之前加入一行语句 `console.log('函数执行完成')` ，最朴素的做法是这样：

before	after	

`// 其他语句略`
`function add(a, b) {`
`  return a + b;`
`}`
	`function add(a, b) {`
	`+  console.log('函数执行完成');`
	`  return a + b;`
	`}`
		已知 `console.log('函数执行完成');` 的 AST 用常量 `CONSOLE_AST` 表示。
		`const CONSOLE_AST = babel.`
		`template.ast(`
		`  console.log('函数执行完成');`
		`);`

我们参照原先的 AST 结构很容易就能实现这个需求：

```
const babel = require('@babel/core');

const code = `
  import React from 'react';
  function add(a, b) {
    return a + b;
  }
  let str = 'hello';
`;

const ast = babel.parse(code, {
  sourceType: 'module'
});
```

```
14
15 function insertConsoleBeforeReturn(body) {
16   body.forEach(node => {
17     if (node.type === 'FunctionDeclaration') { // 函数关键字声明形式
18       const blockStatementBody = node.body.body;
19       if (blockStatementBody && blockStatementBody.length) {
20         const index = blockStatementBody.findIndex(n => n.type === 'ReturnStatement');
21         if (~index) {
22           // 函数体存在语句且最后一条语句是 return（假设 return 就是最后的语句）
23           blockStatementBody.splice(index, 0, CONSOLE_AST); // 直接修改 ast，前插一个节
   点
24         }
25       }
26     }
27   });
28 }
29 insertConsoleBeforeReturn(ast.program.body);
```

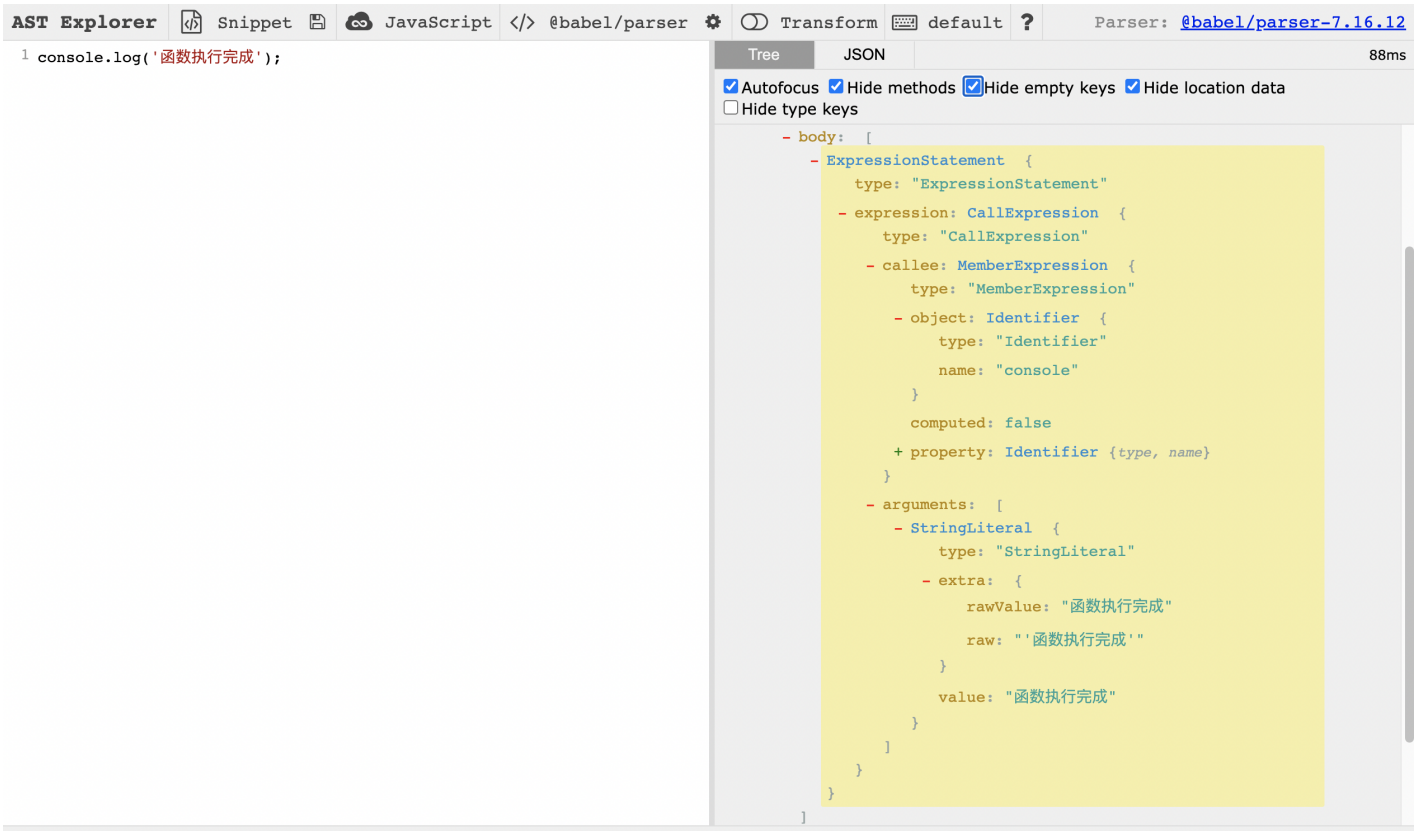
> 虽然手动操作 AST 满足了当前的需求，但是诸如箭头函数，类或对象的方法、没有 return 语句或省略 return 关键字的函数、表达式声明的函数、IIFE、语句内又嵌套的函数……上述方法都是没有考虑的，所以不推荐手动实现。

由此可见，处理 AST 的过程就是对不同节点类型遍历和操作的过程，为简化操作，babel 提供了专门的接口，我们只需要提供相应类型的处理方法（visitor）即可。还是上面的需求（好一点的是所有的 return 语句都会处理，即使是嵌套的函数）：

```
1  const babel = require('@babel/core');
2
3  const code = `
4    import React from 'react';
5    function add(a, b) {
6      return a + b;
7    }
8    let str = 'hello';
9  `;
10 const CONSOLE_AST = babel.template.ast(`console.log('函数执行完成');`);
11
12 const ast = babel.parse(code, {
13   sourceType: 'module'
14 });
15
```

```
babel.traverse(ast, {
  ReturnStatement(path) {
    path.insertBefore(CONSOLE_AST);
  }
});

console.log(babel.transformFromAstSync(ast).code);
```

traverse 方法帮我们处理了 ast 的遍历过程，对于不同节点的处理只需要维护一份 types 对应的方法即可。进一步的，构造 `CONSOLE_AST` 节点也有几种方式。先使用在线工具将 `console.log('函数执行完成');` 结构化（如果你已经十分熟悉这个过程，可以跳过）：



- 基础方式——使用 @babel/types 来构造语句

```
const t = require('@babel/types');
const generate = require('@babel/generator').default;

const CONSOLE_AST = t.expressionStatement(
  t.callExpression(
    t.memberExpression(
      t.identifier('console'),
      t.identifier('log')
    ),
    [t.stringLiteral('函数执行完成')],
  )
```

```
);

console.log(CONSOLE_AST, '\n\n', generate(CONSOLE_AST).code);
```

- 终极简化版——模板 API，也是上面表格提前给出来的方式：

```
const template = require('@babel/template').default;
// 或 const template = require('@babel/core').template;

const CONSOLE_AST = template.ast(
  `console.log('函数执行完成')`
);

console.log(CONSOLE_AST);
```

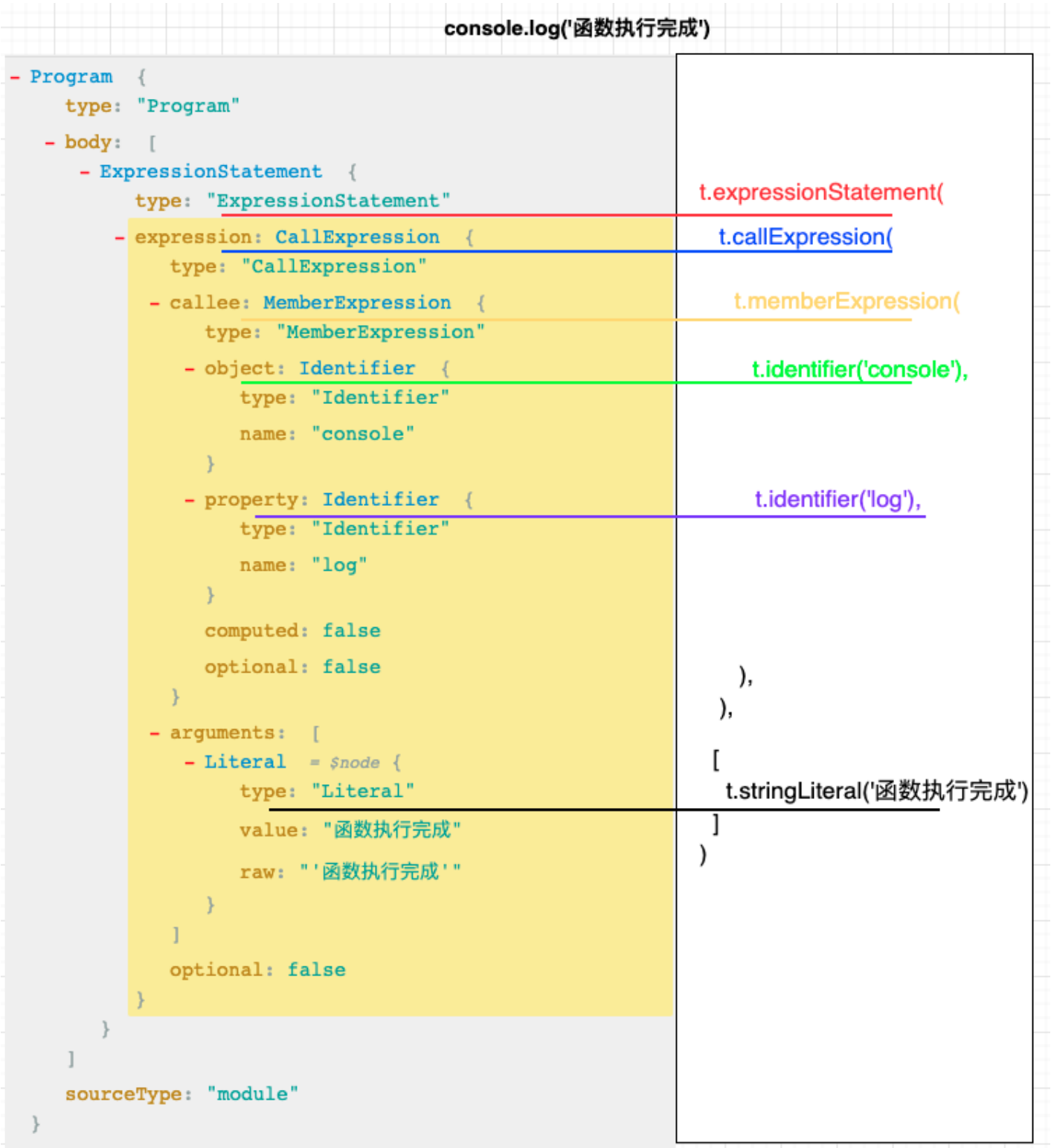
还是那个需求：

```
const babel = require('@babel/core');

const code = `
  import React from 'react';
  const add = function (a, b) {
    function nest () {return;}
    return a + b;
  }
  let str = 'hello';
`;

const ast = babel.parse(code, {
  sourceType: 'module'
});

babel.traverse(ast, {
  // 仅作示意，对省略 return 的箭头函数、没有显式 return 的函数没有处理，请知悉
  ReturnStatement(path) {
    path.insertBefore(babel.template.ast(`console.log('函数执行完成')`));
    // path 除了拥有当前节点的信息，还挂载着操作当前节点的各种方法、上下级节点的引用
  },
});

console.log(babel.transformFromAstSync(ast).code);
```

手动构造 AST 的过程

还记得【· 基础方式——使用 @babel/types 来构造语句】那部分吧？相信所有人都会有一个疑问：那个表达式怎么来的？怎么知道一个表达式使用什么方法来构造？下面就来解决这个问题！

1. 借助网站 https://astexplorer.net/，输入源码 `console.log('函数执行完成')` ，看到生成的 AST 结构如下：



2. 参数顺序与含义的确定，打开 https://babeljs.io/docs/en/babel-types，针对上图右侧的每一个方法进行查阅，来确定参数的类型、个数。例如：

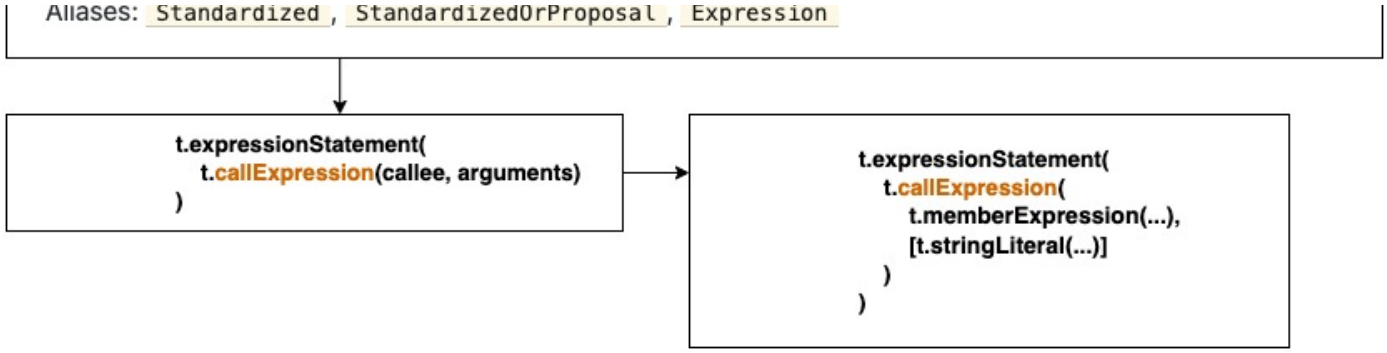
callExpression

```JavaScript
t.callExpression(callee, arguments);
```

See also `t.isCallExpression(node, opts)` and `t.assertCallExpression(node, opts)`.

AST Node `CallExpression` shape:

- `callee`: `Expression | V8IntrinsicIdentifier` (required)
- `arguments`: `Array<Expression | SpreadElement | JSXNamespacedName | ArgumentPlaceholder>` (required)
- `optional`: `true | false` (default: `null`, excluded from builder function)
- `typeArguments`: `TypeParameterInstantiation` (default: `null`, excluded from builder function)
- `typeParameters`: `TSTypeParameterInstantiation` (default: `null`, excluded from builder function)



> 手动构造 AST 的方式比较低效繁琐，但却是基于对 AST 结构的充分认识。要想深入掌握 AST、编写插件，这一过程不可忽视。建议在使用 template 之前，构造 AST 进行熟悉与实践。

AST 与 babel 插件

- 官方插件

随着 ECMAScript 的发展，不断涌出一些新的语言特性（如管道操作符、可选链操作符、控制合并操作符……），也包括但不限于 JSX 语法等。遇到 babel 本身的解析引擎模块不能识别新特性的问题，可以由插件来处理。

```
1  ...
2  const code = `
3    const square = x => x ** 2;
4    const sum = a => a + 2;
5    const list = 5 |> square |> sum;
6  `;
7
8  const ast = parser.parse(code, {
9    sourceType: 'module'
10 });
11
12 console.log(ast);
```

运行上面的代码会直接报错，源码（第 5 行）使用的管道操作符处于提案中，需要借助插件来解析：

a. `@babel/parser` 模块 + 内联配置（记得安装 `@babel/plugin-proposal-pipeline-operator` ）解析

```
1  const parser = require('@babel/core')
2  ...
3  const ast = parser.parse(code, {
4    sourceType: 'module',
5    plugins: [
6      ['pipelineOperator', {
7        proposal: 'hack',
```

```
      topicToken: '^^'
    }],
  ]
});
...
```

b. `@babel/core` 模块 + 文件 `babel.config.json` 解析（babel 会自动到项目目录查找最近的 babel 配置文件）

```
const babel = require('@babel/core')
...
const ast = babel.parse(code, {
  sourceType: 'module'
});
...
```

babel.config.json：

```
{
  "plugins": [
    ["@babel/plugin-proposal-pipeline-operator", {
      "proposal": "hack",
      "topicToken": "^^"
    }]
  ]
}
```

同理，其他插件通过相同的方式使用。

- 当项目需要支持的语言特性越来越多， plugins 需要逐一添加，为了解决插件的管理与依赖问题，通过预设（presets）提供常用的环境配置。因此 babel 配置文件 总能看到这样的配置 (react 项目)：

```
{
  "presets": ["@babel/preset-env", "@babel/preset-react"]
  "plugin": []
}
```

1. 先执行完所有 plugins，再执行 presets。
2. 多个 plugins，按照声明次序顺序执行。
3. 多个 presets，按照声明次序逆序执行。

- 自定义插件（在线指南：注意链接中的 # 号，如果被转义打不开就手动替换一下）

以下面的源码为例，实现变量标识的重命名，源码及转换逻辑：

```
const babel = require('@babel/core');
```

```
2
3  const code = `
4    const square = x => x ** 2, ddd = 0;
5    const sum = a => a + 2;
6    const list = 5 |> square(^^) |> sum(^^);
7  `;
8
9  console.log(babel.transform(code).code)
```

补充内容：

```
1  // ./my-plugin.js
2  module.exports = function (babel) {
3    return {
4      visitor: {
5        VariableDeclaration(path, state) {
6          path.node.declarations.forEach(each => {
7            path.scope.rename(
8              each.id.name,
9              path.scope.generateUidIdentifier("uid").name
10           );
11         });
12       }
13     },
14   }
15 }
16
17 //babel.config.json
18 {
19   "plugins": [
20     ["@babel/plugin-proposal-pipeline-operator", {
21       "proposal": "hack",
22       "topicToken": "^^"
23     }],
24     ["./my-plugin"]
25   ]
26 }
```

输出结果：

```
1  const _uid = x => x ** 2, _uid2 = 0;
```

```
const _uid3 = a => a + 2;
const _uid4 = _uid3(_uid(5));
```

试想，如果当前作用域内，生成 uid 的方法换作最简化的不重复标识的算法，是不是就有代码压缩的效果了呢？最后，关于 path 参数上操作 ast 的一系列方法，可以在线学习（注意链接中的 # 号，如果被转义打不开就手动替换一下）。

复杂的插件可以借助一些外部工具、插件参数来实现，安装预设 `@babel/preset-env` ，查看部分插件源码。如 `@babelplugin-transform-classes` （ES6 的 class 转换）的实现（关注第二种类型）：

```
var _core = require("@babel/core");

// _helperPluginUtils.declare 是插件声明的工具方法
var _default = (0, _helperPluginUtils.declare)((api, options) => {
  // api 是定义插件函数的第一个参数，能够访问到一些 babel 环境和方法
  return {
    visitor: {
      ExportDefaultDeclaration(path) { // 默认导出的 class
        if (!path.get("declaration").isClassDeclaration()) return;
        (0, _helperSplitExportDeclaration.default)(path);
      },
      ClassDeclaration(path) { // class 关键字声明的类
        const { node } = path;
        const ref = node.id || path.scope.generateUidIdentifier("class");
        path.replaceWith(_core.types.variableDeclaration("let", [
          _core.types.variableDeclarator(ref, _core.types.toExpression(node))
        ]));
      },
      ClassExpression(path, state) {} // 类表达式
  };
});

exports.default = _default
```

可见，以 ClassDeclaration 类型声明的 class，将被替换为一条 let 语句，这里依赖了 `@babel/core` 模块构造 AST 节点。当然，这里的 _core.types 也可以从插件的首个参数解构出来。