数据库系统原理实验四、实验五、实验六、实验七
实验报告

毛子恒
2019211397
北京邮电大学 计算机学院

日期：2021 年 12 月 16 日

Part I

实验四

1 概述

1.1 实验目的

1. 通过实验让学生熟悉并了解 GaussDB(for openGauss) 数据库的基本机制与操作。
2. 通过用户管理、表管理、数据库对象等管理的操作，让学生熟悉并了解 DAS 环境下如何使用 GaussDB(for openGauss)。

1.2 实验平台及环境

- GaussDB(for openGauss) 8 核 | 64 GB
- GaussDB(for openGauss) 2020 主备版

1.3 实验内容

1. 本实验通过用户管理的操作，让学生熟悉并了解 DAS 环境下如何使用 GaussDB(for openGauss)；
2. 本实验通过表管理、数据库对象等管理的操作，让学生熟悉并了解 DAS 环境下如何使用 GaussDB(for openGauss)；
3. 本实验通过数据库对象管理的操作，让学生熟悉并了解 DAS 环境下如何使用 GaussDB(for openGauss)。

2 实验步骤

2.1 创建用户

选择 SQL 操作，单击 SQL 查询，进入 SQL 查询页面。库名选择 postgres，Schema 选择 root。创建用户，输入以下 SQL 语句：

```
1 CREATE USER stu2019211397 PASSWORD 'buptdata@123';
```

结果如图 1。

```
---------------开始执行---------------

【拆分SQL完成】：将执行SQL语句数量：（1条）

【执行SQL：(1)】
CREATE USER stu2019211397 PASSWORD 'buptdata@123';
执行成功，耗时：[22ms.]
```

图 1

2.2 管理用户

2.2.1 角色管理

选择账号管理，单击角色管理，进入角色管理页面，如图 2。

	角色名	角色ID
☐	bupt2019211397	17433
☐	stu2019211397	40335

图 2

单击角色名 stu2019211397，进入编辑角色页面，在密码框和确认密码框输入新密码，将用户 stu2019211397 的登录密码由 buptdata@123 修改为 Abcd@123，单击保存，显示 SQL 预览，单击确定，修改成功，如图 3。

为用户 stu2019211397 追加可以创建数据库的权限，勾选“可以创建数据库”复选框，保存，如图 4。

将 bupt2019211397 角色（用户）的权限赋予 stu 用户，选择所属角色组，勾选 bupt2019211397 角色后的“授予”复选框，保存，如图 5：

2.2.2 设置用户权限

创建数据库 yiqing_2019211397，如图 6。

创建名为 root 的 schema，如图 7。

单击 SQL 操作->SQL 查询，创建一张样例表，输入以下 SQL 语句：

图 3

图 4

图 5

```
1  CREATE TABLE 样例 (testid int);
```

结果如图 8。

单击账户管理-> 角色管理-> 单击角色名 stu2019211397-> 权限-> 添加，类型选择数据库，数据库选择 yiqing_2019211397，然后单击编辑，勾选授予 CONNECT 权限，单击确定。

再次单击添加，类型选择 Schema，数据库选择 yiqing_2019211397，Schema 选择 root，单击编辑，勾选授予 USAGE 权限，单击确定。

再次单击添加，类型选择表，数据库选择 yiqing_2019211397，Schema 选择 root，对象名称

图 6

图 7

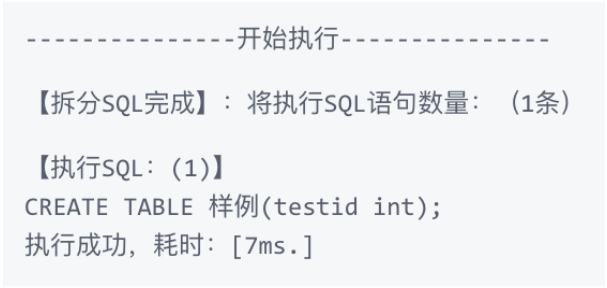


图 8

选择样例，单击编辑，勾选授予 SELECT 权限，单击确定。

如图 9。

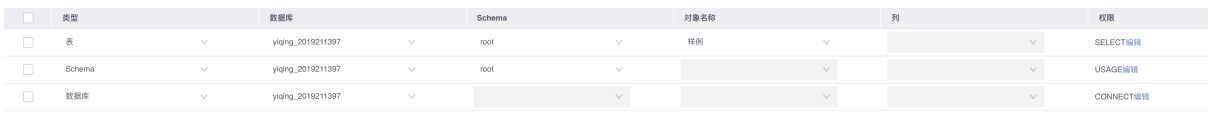


图 9

添加完成后选择保存，单击确定后，权限添加完毕，如图 10。

图 10

2.2.3 验证用户权限

单击右上角账户名，选择切换连接，用 stu2019211397 账户登录，如图 11。

图 11

进入 yiqing_2019211397 数据库的 SQL 查询，输入以下 SQL 语句：

```
1  SELECT * FROM 样例;
```

结果如图 12。

图 12

3 实验总结

本次实验使我初步认识华为云 DAS 的权限管理系统，同时巩固了课堂上所学的有关用户和权限管理的知识。

Part II

实验五

4 概述

4.1 实验目的

1. 通过实验让学生熟悉并了解 GaussDB(for openGauss) 数据库的基本机制与操作。
2. 通过索引管理、视图管理等管理的操作，让学生熟悉并了解 DAS 环境下如何使用 GaussDB(for openGauss)。

4.2 实验平台及环境

- GaussDB(for openGauss) 8 核 | 64 GB
- GaussDB(for openGauss) 2020 主备版

4.3 实验内容

1. 本实验通过索引管理、视图管理等管理的操作，让学生熟悉并了解 DAS 环境下如何使用 GaussDB(for openGauss)；

5 实验步骤

5.1 创建和管理索引

创建索引 进入 bupt2019211397 数据库，输入以下 SQL 语句：

```
CREATE INDEX 日期index ON 美国各州县确诊与死亡数统计表 (日期);
```

结果如图 13。

图 13

管理索引 创建索引后刷新页面，左下角会显示表视图，单击 indexes 显示当前表的所有索引，如图 13。

删除索引，输入以下 SQL 语句：

```
DROP INDEX 日期index;
```

索引创建练习 创建唯一索引，输入以下 SQL 语句：

```
CREATE INDEX 日期index ON 美国各州县确诊与死亡数统计表 (日期);
```

输入以下 SQL 语句进行查询：

```
SELECT 日期 FROM 美国各州县确诊与死亡数统计表 WHERE 日期='2020-12-24';
```

创建索引前和索引后的结果分别如图 14和图 15。

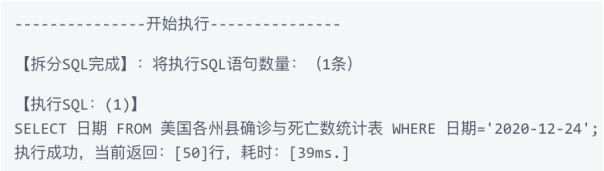


图 14

可见查询效率有提升。

创建多字段索引，输入以下 SQL 语句：

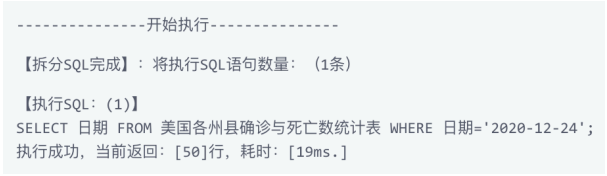


图 15

```
CREATE INDEX 累计index ON 美国各州县确诊与死亡数统计表 (日期,累计确诊);
```

输入以下 SQL 语句进行查询：

```
SELECT * FROM 美国各州县确诊与死亡数统计表 WHERE 日期='2020-12-24' AND 累计确
↪ 诊>1000;
```

创建索引前和索引后的结果分别如图 16和图 17。

图 16

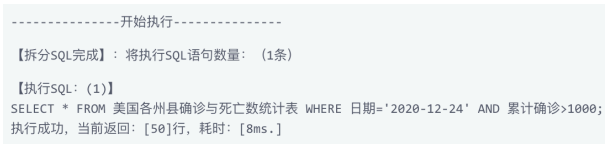


图 17

可见查询效率有提升。

如果只需要查询日期 =’2020-12-24’ 的记录，可以创建部分索引来提升查询效率，输入以下 SQL 语句：

```
CREATE INDEX 日期index ON 美国各州县确诊与死亡数统计表 (日期) WHERE 日期 =
↪ '2020-12-24';
```

输入以下 SQL 语句进行查询：

```
SELECT 日期 FROM 美国各州县确诊与死亡数统计表 WHERE 日期='2020-12-24';
```

创建索引前和索引后的结果分别如图 14和图 18。

可见查询效率有提升。

创建表达式索引，输入以下 SQL 语句：

```
---------------开始执行---------------

【拆分SQL完成】：将执行SQL语句数量：（1条）

【执行SQL：(1)】
SELECT 日期 FROM 美国各州县确诊与死亡数统计表 WHERE 日期='2020-12-24';
执行成功，当前返回：[50]行，耗时：[6ms.]
```

图 18

```sql
CREATE INDEX 累计确诊index ON 美国各州县确诊与死亡数统计表 (trunc(累计确诊));
```

输入以下 SQL 语句进行查询：

```sql
SELECT * FROM 美国各州县确诊与死亡数统计表 WHERE trunc(累计确诊)>1000;
```

创建索引前和索引后的结果分别如图 19和图 20。

```
---------------开始执行---------------

【拆分SQL完成】：将执行SQL语句数量：（1条）

【执行SQL：(1)】
SELECT * FROM 美国各州县确诊与死亡数统计表 WHERE trunc(累计确诊)>1000;
执行成功，当前返回：[50]行，耗时：[215ms.]
```

图 19

```
---------------开始执行---------------

【拆分SQL完成】：将执行SQL语句数量：（1条）

【执行SQL：(1)】
SELECT * FROM 美国各州县确诊与死亡数统计表 WHERE trunc(累计确诊)>1000;
执行成功，当前返回：[50]行，耗时：[167ms.]
```

图 20

可见查询效率有提升。

5.2 创建和管理视图

创建普通视图 bj_yq，输入以下 SQL 语句：

```sql
CREATE VIEW bj_yq AS
SELECT 行程号, x.病例号, 性别, x.日期信息, 行程信息
FROM 病例行程信息表 x LEFT JOIN 病例基本信息表 y
ON x.病例号 = y.病例号
WHERE y.省 = ' 北京市';
```

进入对象列表，单击视图，如图 21。

查询视图 bj_yq，输入以下 SQL 语句：

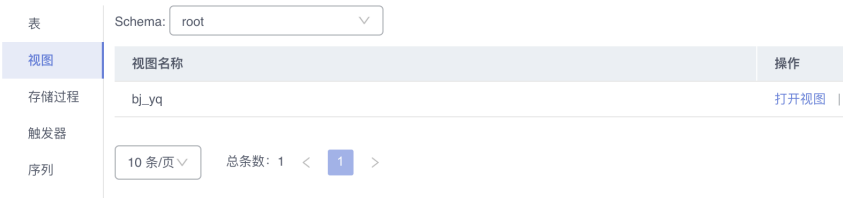


图 21

```sql
SELECT * FROM bj_yq;
```

结果如图 22。

图 22

进入对象列表，单击视图，单击查看视图详情，如图 23。

图 23

查询临床分型为普通型的病例号、行程号、性别和日期信息，按照病例号进行升序显示（截前五条记录），输入以下 SQL 语句：

```sql
SELECT 病例号, 行程号, 性别, 日期信息
FROM bj_yq
WHERE 行程信息 LIKE '% 普通型%'
ORDER BY 病例号;
```

结果如图 **24**。

	病例号	行程号	性别	日期信息
1	25	1708	男	1月19日
2	27	1825	男	1月19日
3	28	1899	女	1月19日
4	29	1959	女	1月19日
5	31	2096	男	1月19日

图 24

6 实验总结

本次实验使我对 SQL 的索引和视图有关语法更加熟悉，并且了解了几种不同类型的索引，同时巩固了课堂上所学的索引和视图的知识。

Part III

实验六

7 概述

7.1 实验目的

1. 通过实验让学生熟悉并了解 GaussDB(for openGauss) 数据库的基本机制与操作。
2. 通过创建和管理存储过程、触发器等操作，让学生熟悉并了解 DAS 环境下如何使用 GaussDB(for openGauss)。

7.2 实验平台及环境

- GaussDB(for openGauss) 8 核 | 64 GB
- GaussDB(for openGauss) 2020 主备版

7.3 实验内容

1. 本实验通过存储过程管理、触发器管理等操作，让学生熟悉并了解 DAS 环境下如何使用 GaussDB(for openGauss)；

8 实验步骤

8.1 创建存储过程

在全国各省累计数据统计表中增加一条记录。执行存储过程：增加 2021 年 10 月 8 日吉林省累计确诊 578 例，累计治愈 571 例，累计死亡 3 例。

创建存储过程 insertRecord，内容如图 25。

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE root."insertRecord"("日期" date, "省" character varying, "累计确诊" integer, "累计治愈" integer, "累计死亡" integer)
AS  DECLARE
BEGIN
INSERT INTO 全国各省累计数据统计表 VALUES (日期, 省, 累计确诊, 累计治愈, 累计死亡);
END
;
```

图 25

执行存储过程，设置参数如图 26。

图 26

执行结果如图 27。

图 27

查询美国指定州指定日期的新冠肺炎累计确诊总数与累计死亡总数。通过该存储过程统计 California 州截至 2021 年 1 月 1 日的新冠疫情数据情况。

创建存储过程 queryRecord，内容如图 28。

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE root."queryRecord"("指定日期" character varying, "指定州" character varying, OUT "累计确诊总数" integer, OUT "累计死亡总数" integer)
AS  DECLARE
BEGIN
SELECT SUM(累计确诊), SUM(累计死亡) FROM 美国各州县确诊与死亡数统计表 WHERE 日期 = 指定日期 AND 州 = 指定州 INTO 累计确诊总数, 累计死亡总数;
END
;
```

图 28

执行存储过程，设置参数如图 29。

图 29

执行结果如图 30。

图 30

8.2 管理存储过程

管理存储过程，切换到库管理-> 对象列表，选择存储过程，选择 insertRecord 存储过程中的操作，单击查看存储过程详情，如图 31。

图 31

删除存储过程，输入以下 SQL 语句：

```
drop procedure "insertRecord";
```

结果如图 32。

```
---------------开始执行---------------

【拆分SQL完成】：将执行SQL语句数量：（1条）

【执行SQL：(1)】
drop procedure "insertRecord";
执行成功，耗时：[6ms.]
```

图 32

8.3 创建触发器

创建 INSERT 触发器，向美国各州县确诊与死亡数统计表中插入记录时，检查该记录的州县在参考信息表中是否存在。如果不存在，则不允许插入。

创建函数 check_on_insert，如图 33。

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION root.check_on_insert()
 RETURNS trigger
 LANGUAGE plpgsql
 NOT FENCED NOT SHIPPABLE
AS $function$
BEGIN
    IF NEW.州 NOT IN (SELECT 省州 FROM 参考信息表 WHERE 国家地区 = 'US') OR NOT EXISTS (SELECT 市县 FROM 参考信息表 WHERE 国家地区 = 'US' AND 省州 = NEW.州 AND 市县 = NEW.县) THEN
        RAISE EXCEPTION '未通过数据一致性验证';
    END IF;
    RETURN NEW;
END
$function$;
```

图 33

创建触发器，输入以下 SQL 语句：

```
CREATE TRIGGER trigger_insert BEFORE INSERT ON 美国各州县确诊与死亡数统计表 FOR
↪  EACH ROW EXECUTE PROCEDURE check_on_insert();
```

输入以下 SQL 语句测试：

```
INSERT INTO 美国各州县确诊与死亡数统计表 VALUES ('2021-10-19', 'US', 'AAA',
↪  'BBB', 123, 1);
```

结果如图 34。

```
---------------开始执行---------------

【拆分SQL完成】：将执行SQL语句数量：（1条）

【执行SQL：(1)】
INSERT INTO 美国各州县确诊与死亡数统计表 VALUES ('2021-10-19', 'US', 'AAA', 'BBB', 123, 1);
执行失败，失败原因：ERROR: 未通过数据一致性验证
```

图 34

创建 DELETE 触发器，当从病例基本信息表中删除一条记录时，该病例 ID 对应的行程信息记录也进行删除操作。

创建函数 on_delete，如图 35。

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION root.on_delete()
 RETURNS trigger
 LANGUAGE plpgsql
 NOT FENCED NOT SHIPPABLE
AS $function$
BEGIN
    DELETE FROM 病例行程信息表1
    WHERE 病例号 = OLD.病例号;
    RETURN OLD;
END
$function$;
```

图 35

创建触发器，输入以下 SQL 语句：

```
CREATE TRIGGER trigger_delete AFTER DELETE ON 病例基本信息表1 FOR EACH ROW
↪  EXECUTE PROCEDURE on_delete();
```

查看病例基本信息表和病例行程信息表中病例号为 1 的患者的信息，如图 36和图 37。

图 36

图 37

输入以下 SQL 语句测试：

```
DELETE FROM 病例基本信息表1 WHERE 病例号 = 1;
```

结果如图 38。

再次查看病例基本信息表和病例行程信息表中病例号为 1 的患者的信息，如图 39和图 40。

发现两个表中该患者的信息都已经删除。

创建 UPDATE 触发器，禁止修改全国各省累计数据统计表中的累计确诊、累计治愈和累计死亡数据。

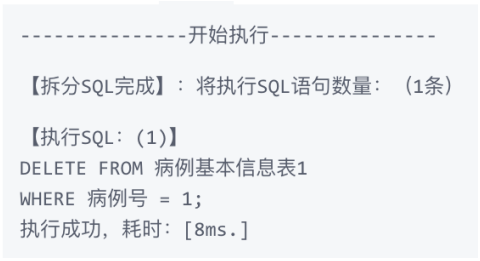


图 38

图 39

图 40

```sql
CREATE OR REPLACE FUNCTION root.check_on_update()
 RETURNS trigger
 LANGUAGE plpgsql
 NOT FENCED NOT SHIPPABLE
AS $function$
BEGIN
    IF OLD.累计确诊 != NEW.累计确诊 OR OLD.累计治愈 != NEW.累计治愈 OR OLD.累计死亡 != NEW.累计死亡 THEN
        RAISE EXCEPTION '禁止修改数据';
    END IF;
    RETURN NEW;
END
$function$;
```

图 41

创建函数 check_on_update，如图 41。

创建触发器，输入以下 SQL 语句：

```sql
CREATE TRIGGER trigger_update BEFORE UPDATE ON 全国各省累计数据统计表 FOR EACH ROW EXECUTE PROCEDURE check_on_update();
```

输入以下 SQL 语句测试：

```sql
UPDATE 全国各省累计数据统计表
SET 累计确诊 = 1
WHERE 日期 = '2020-12-31';
```

结果如图 42。

8.4 管理触发器

删除 INSERT 触发器、DELETE 触发器、UPDATE 触发器，输入以下 SQL 语句：

```
---------------开始执行---------------

【拆分SQL完成】：将执行SQL语句数量：（1条）

【执行SQL：(1)】
UPDATE 全国各省累计数据统计表
SET 累计确诊 = 1
WHERE 日期 = '2020-12-31';
执行失败，失败原因：ERROR: 禁止修改数据
```

图 42

```
DROP TRIGGER trigger_insert ON 美国各州县确诊与死亡数统计表;
DROP TRIGGER trigger_delete ON 病例基本信息表1;
DROP TRIGGER trigger_update ON 全国各省累计数据统计表;
```

结果如图 43。

```
---------------开始执行---------------

【拆分SQL完成】：将执行SQL语句数量：（3条）

【执行SQL：(1)】
DROP TRIGGER trigger_insert ON 美国各州县确诊与死亡数统计表;
执行成功，耗时：[5ms.]

【执行SQL：(2)】
DROP TRIGGER trigger_delete ON 病例基本信息表1;
执行成功，耗时：[5ms.]

【执行SQL：(3)】
DROP TRIGGER trigger_update ON 全国各省累计数据统计表;
执行成功，耗时：[6ms.]
```

图 43

8.5 事务级全局临时表

创建临时表 t_test2，输入以下 SQL 语句：

```
CREATE GLOBAL TEMPORARY TABLE t_test2(
    id integer,
    lbl text
) ON COMMIT DELETE ROWS;
```

结果如图 44。

首先，用 begin 开始一个事务，其次，向表中插入数据，最后，对表进行查询。可以查出相应数据，输入以下 SQL 语句：

```
BEGIN;
INSERT INTO t_test2 VALUES(1,'data1');
SELECT * FROM t_test2;
```

```
---------------开始执行---------------

【拆分SQL完成】：将执行SQL语句数量：（1条）

【执行SQL：(1)】
CREATE GLOBAL TEMPORARY TABLE t_test2(
id integer,
lbl text
) ON COMMIT DELETE ROWS;
执行成功，耗时：[8ms.]
```

图 44

以下是select * from t_test2;的执行结果集　　该表不可编辑。

	id	lbl
1	1	data1

图 45

结果如图 45。

先用 commit 提交来结束事务，此时再对表进行查询，可以发现已经查询不出数据了，输入以下 SQL 语句：

```
1  COMMIT;
2  SELECT * FROM t_test2;
```

结果如图 46。

以下是select * from t_test2;的执行结果集　　该表不可编辑。

	id	lbl

图 46

删除临时表，输入以下 SQL 语句：

```
1  drop table t_test2;
```

结果如图 47。

```
---------------开始执行---------------

【拆分SQL完成】：将执行SQL语句数量：（1条）

【执行SQL：(1)】
drop table t_test2;
执行成功，耗时：[7ms.]
```

图 47

9 实验总结

实验中，我参考 PostgreSQL 的语法说明和教材上的内容编写存储过程和触发器的 SQL 语句，使我对 SQL 语法的熟悉程度大大增加，同时增强了我的英文文献阅读能力。

本次实验使我对触发器的理解更加深刻，同时巩固了课堂上所学的有关触发器的知识。

Part IV

实验七

10 概述

10.1 实验目的

1. 华为的 GaussDB(for openGauss) 支持基于 C、Java 等应用程序的开发。了解它相关的系统结构和相关概念，有助于更好地开发和使用 GaussDB(for openGauss) 数据库。
2. 通过实验了解通用数据库应用编程接口 ODBC/JDBC 的基本原理和实现机制，熟悉连接 ODBC/JDBC 接口的语法和使用方法。
3. 熟练 GaussDB(for openGauss) 的各种连接方式与常用工具的使用。
4. 利用 C 语言 (或其它支持 ODBC/JDBC 接口的高级程序设计语言) 编程实现简单的数据库应用程序，掌握基于 ODBC 的数据库访问基本原理和方法。

10.2 实验平台及环境

- GaussDB(for openGauss) 8 核 | 64 GB
- GaussDB(for openGauss) 2020 主备版
- Windows 10 Pro 21H1
- MinGW-w64 8.1.0

10.3 实验内容

1. 本实验内容通过使用 ODBC/JDBC 等驱动开发应用程序。
2. 连接语句访问数据库接口，实现对数据库中的数据进行操作（包括增、删、改、查等）；
3. 要求能够通过编写程序访问到华为数据库，该实验重点在于 ODBC/JDBC 数据源配置和高级语言 (C/C++/Java/Python) 的使用。

11 实验步骤

11.1 配置数据源

下载 GaussDB-Kernel-V500R001C10-Windows-Odbc.tar.gz 并解压，点击 psqlodbc_x64.msi 进行安装。

进入 C:\Windows\System32\odbcad32.exe，选择用户 DSN-> 添加->PostgreSQL Unicode，输入用户名和密码，点击测试，如图 48所示。测试成功后保存并退出。

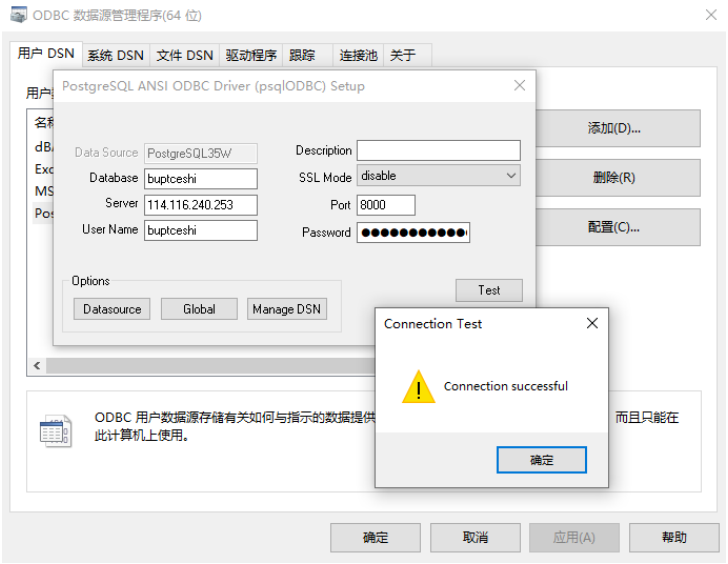


图 48: 配置数据源

11.2 编写程序

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <wchar.h>
#ifdef WIN32
#include <windows.h>
#endif
#include <sqlext.h>
#include <locale.h>

SQLHENV V_OD_Env; // 环境句柄
SQLHSTMT V_OD_hstmt; // 句柄
SQLHDBC V_OD_hdbc; // 连接属性
SQLINTEGER V_OD_erg, V_OD_err; // 存放返回值
SQL_DATE_STRUCT date;
SQLWCHAR prov[50];
SQLINTEGER defi, cure, death;
SQLLEN cb_date, cb_prov, cb_defi, cb_cure, cb_death;
SQLLEN res_cnt;
char query[200]; // 存放查询语句

```

```
21  int main(int argc, char *argv)
22  {
23      // 区域设置，用于处理中文
24      setlocale(LC_ALL, "");
25      // 申请环境句柄
26      V_OD_erg = SQLAllocHandle(SQL_HANDLE_ENV, SQL_NULL_HANDLE, &V_OD_Env);
27      if ((V_OD_erg != SQL_SUCCESS) && (V_OD_erg != SQL_SUCCESS_WITH_INFO))
28      {
29          printf("Error AllocHandle\n");
30          exit(0);
31      }
32      // 设置环境属性
33      SQLSetEnvAttr(V_OD_Env, SQL_ATTR_ODBC_VERSION, (void *)SQL_OV_ODBC3, 0);
34      // 申请连接句柄
35      V_OD_erg = SQLAllocHandle(SQL_HANDLE_DBC, V_OD_Env, &V_OD_hdbc);
36      if ((V_OD_erg != SQL_SUCCESS) && (V_OD_erg != SQL_SUCCESS_WITH_INFO))
37      {
38          SQLFreeHandle(SQL_HANDLE_ENV, V_OD_Env);
39          exit(0);
40      }
41      // 设置连接属性
42      SQLSetConnectAttr(V_OD_hdbc, SQL_ATTR_AUTOCOMMIT,
    ↪ (SQLPOINTER)SQL_AUTOCOMMIT_ON, 0);
43      // 连接数据源
44      V_OD_erg = SQLConnect(V_OD_hdbc, (SQLCHAR *)"PostgreSQL35W", SQL_NTS,
    ↪ (SQLCHAR *)"buptceshi", SQL_NTS, (SQLCHAR *)"bupt20211201@", SQL_NTS);
45      if ((V_OD_erg != SQL_SUCCESS) && (V_OD_erg != SQL_SUCCESS_WITH_INFO))
46      {
47          printf("Error SQLConnect %d\n", V_OD_erg);
48          SQLFreeHandle(SQL_HANDLE_ENV, V_OD_Env);
49          exit(0);
50      }
51      printf("Connected!\n");
52      // 设置语句属性
53      SQLSetStmtAttr(V_OD_hstmt, SQL_ATTR_QUERY_TIMEOUT, (SQLPOINTER *)3, 0);
54      // 申请语句句柄
55      SQLAllocHandle(SQL_HANDLE_STMT, V_OD_hdbc, &V_OD_hstmt);
56
57      // 将长字符的字符串转为多字节的字符串
58      wcstombs_s(NULL, query, 200, L"SELECT * FROM root. 全国各省累计数据统计表
    ↪ WHERE 日期 = '2020-12-8'", _TRUNCATE);
59      // 执行查询
60      SQLExecDirect(V_OD_hstmt, query, SQL_NTS);
61      // 绑定结果集
62      SQLBindCol(V_OD_hstmt, 1, SQL_C_TYPE_DATE, (SQLPOINTER)&date, 50,
    ↪ &cb_date);
63      SQLBindCol(V_OD_hstmt, 2, SQL_C_WCHAR, (SQLPOINTER)prov, 50, &cb_prov);
64      SQLBindCol(V_OD_hstmt, 3, SQL_C_SLONG, (SQLPOINTER)&defi, 50, &cb_defi);
65      SQLBindCol(V_OD_hstmt, 4, SQL_C_SLONG, (SQLPOINTER)&cure, 50, &cb_cure);
66      SQLBindCol(V_OD_hstmt, 5, SQL_C_SLONG, (SQLPOINTER)&death, 50, &cb_death);
67      // 取一条数据
```

```
68      V_OD_erg = SQLFetch(V_OD_hstmt);
69      while (V_OD_erg != SQL_NO_DATA)
70      {
71          printf("%S: %d-%d-%d %S: %S %S: %d %S: %d %S: %d\n", L" 日期",
    ↪ date.year, date.month, date.day, L" 省", prov, L" 累计确诊", defi, L" 累计
    ↪ 治愈", cure, L" 累计死亡", death);
72          // 取下一条数据
73          V_OD_erg = SQLFetch(V_OD_hstmt);
74      }
75      printf("Query Done!\n\n");
76      // 释放游标
77      SQLCloseCursor(V_OD_hstmt);
78
79      wcstombs_s(NULL, query, 200, L"INSERT INTO root. 全国各省累计数据统计表
    ↪ values(?,?,?,?,?)", _TRUNCATE);
80      // 准备执行
81      SQLPrepare(V_OD_hstmt, query, SQL_NTS);
82      // 准备参数
83      date.year = 2021;
84      date.month = 10;
85      date.day = 8;
86      wcscpy(prov, L" 吉林省");
87      defi = 578;
88      cure = 571;
89      death = 3;
90      // 绑定参数
91      SQLBindParameter(V_OD_hstmt, 1, SQL_PARAM_INPUT, SQL_C_TYPE_DATE,
    ↪ SQL_TYPE_DATE, sizeof(date), 0, (SQLPOINTER)&date, 0, &cb_date);
92      SQLBindParameter(V_OD_hstmt, 2, SQL_PARAM_INPUT, SQL_C_WCHAR, SQL_WCHAR,
    ↪ 50, 0, (SQLPOINTER)prov, 0, &cb_prov);
93      SQLBindParameter(V_OD_hstmt, 3, SQL_PARAM_INPUT, SQL_C_SLONG, SQL_INTEGER,
    ↪ 0, 0, (SQLPOINTER)&defi, 0, &cb_defi);
94      SQLBindParameter(V_OD_hstmt, 4, SQL_PARAM_INPUT, SQL_C_SLONG, SQL_INTEGER,
    ↪ 0, 0, (SQLPOINTER)&cure, 0, &cb_cure);
95      SQLBindParameter(V_OD_hstmt, 5, SQL_PARAM_INPUT, SQL_C_SLONG, SQL_INTEGER,
    ↪ 0, 0, (SQLPOINTER)&death, 0, &cb_death);
96      // 执行
97      SQLExecute(V_OD_hstmt);
98      // 提取行计数
99      SQLRowCount(V_OD_hstmt, &res_cnt);
100     printf("Inserted %d row.\n\n", res_cnt);
101
102     wcstombs_s(NULL, query, 200, L"SELECT * FROM root. 全国各省累计数据统计表
    ↪ WHERE 日期 = '2021-10-8'", _TRUNCATE);
103     SQLExecDirect(V_OD_hstmt, query, SQL_NTS);
104     V_OD_erg = SQLFetch(V_OD_hstmt);
105     while (V_OD_erg != SQL_NO_DATA)
106     {
107         // 通过 SQLGetData 取数据
108         SQLGetData(V_OD_hstmt, 1, SQL_C_TYPE_DATE, (SQLPOINTER)&date, 50,
    ↪ &cb_date);
```

```
109         SQLGetData(V_OD_hstmt, 2, SQL_C_WCHAR, (SQLPOINTER)prov, 50,
    ↪ &cb_prov);
110         SQLGetData(V_OD_hstmt, 3, SQL_C_SLONG, (SQLPOINTER)&defi, 50,
    ↪ &cb_defi);
111         SQLGetData(V_OD_hstmt, 4, SQL_C_SLONG, (SQLPOINTER)&cure, 50,
    ↪ &cb_cure);
112         SQLGetData(V_OD_hstmt, 5, SQL_C_SLONG, (SQLPOINTER)&death, 50,
    ↪ &cb_death);
113         printf("%S: %d-%d-%d %S: %S %S: %d %S: %d %S: %d\n", L" 日期",
    ↪ date.year, date.month, date.day, L" 省", prov, L" 累计确诊", defi, L" 累计
    ↪ 治愈", cure, L" 累计死亡", death);
114         V_OD_erg = SQLFetch(V_OD_hstmt);
115     }
116     printf("Query Done!\n\n");
117     SQLCloseCursor(V_OD_hstmt);
118
119     wcstombs_s(NULL, query, 200, L"UPDATE root. 全国各省累计数据统计表 SET 累计
    ↪ 确诊 = 0 WHERE 日期 = '2021-10-8'", _TRUNCATE);
120     SQLExecDirect(V_OD_hstmt, query, SQL_NTS);
121     SQLRowCount(V_OD_hstmt, &res_cnt);
122     printf("Updated %d row.\n\n", res_cnt);
123
124     wcstombs_s(NULL, query, 200, L"SELECT * FROM root. 全国各省累计数据统计表
    ↪ WHERE 日期 = '2021-10-8'", _TRUNCATE);
125     SQLExecDirect(V_OD_hstmt, query, SQL_NTS);
126     V_OD_erg = SQLFetch(V_OD_hstmt);
127     while (V_OD_erg != SQL_NO_DATA)
128     {
129         SQLGetData(V_OD_hstmt, 1, SQL_C_TYPE_DATE, (SQLPOINTER)&date, 50,
    ↪ &cb_date);
130         SQLGetData(V_OD_hstmt, 2, SQL_C_WCHAR, (SQLPOINTER)prov, 50,
    ↪ &cb_prov);
131         SQLGetData(V_OD_hstmt, 3, SQL_C_SLONG, (SQLPOINTER)&defi, 50,
    ↪ &cb_defi);
132         SQLGetData(V_OD_hstmt, 4, SQL_C_SLONG, (SQLPOINTER)&cure, 50,
    ↪ &cb_cure);
133         SQLGetData(V_OD_hstmt, 5, SQL_C_SLONG, (SQLPOINTER)&death, 50,
    ↪ &cb_death);
134         printf("%S: %d-%d-%d %S: %S %S: %d %S: %d %S: %d\n", L" 日期",
    ↪ date.year, date.month, date.day, L" 省", prov, L" 累计确诊", defi, L" 累计
    ↪ 治愈", cure, L" 累计死亡", death);
135         V_OD_erg = SQLFetch(V_OD_hstmt);
136     }
137     printf("Query Done!\n\n");
138     SQLCloseCursor(V_OD_hstmt);
139
140     wcstombs_s(NULL, query, 200, L"DELETE FROM root. 全国各省累计数据统计表
    ↪ WHERE 日期 = '2021-10-8'", _TRUNCATE);
141     SQLExecDirect(V_OD_hstmt, query, SQL_NTS);
142     SQLRowCount(V_OD_hstmt, &res_cnt);
143     printf("Deleted %d row.\n\n", res_cnt);
```

```
144
145     wcstombs_s(NULL, query, 200, L"SELECT * FROM root. 全国各省累计数据统计表
    ↪ WHERE 日期 = '2021-10-8'", _TRUNCATE);
146     SQLExecDirect(V_OD_hstmt, query, SQL_NTS);
147     V_OD_erg = SQLFetch(V_OD_hstmt);
148     while (V_OD_erg != SQL_NO_DATA)
149     {
150         SQLGetData(V_OD_hstmt, 1, SQL_C_TYPE_DATE, (SQLPOINTER)&date, 50,
    ↪ &cb_date);
151         SQLGetData(V_OD_hstmt, 2, SQL_C_WCHAR, (SQLPOINTER)prov, 50,
    ↪ &cb_prov);
152         SQLGetData(V_OD_hstmt, 3, SQL_C_SLONG, (SQLPOINTER)&defi, 50,
    ↪ &cb_defi);
153         SQLGetData(V_OD_hstmt, 4, SQL_C_SLONG, (SQLPOINTER)&cure, 50,
    ↪ &cb_cure);
154         SQLGetData(V_OD_hstmt, 5, SQL_C_SLONG, (SQLPOINTER)&death, 50,
    ↪ &cb_death);
155         printf("%S: %d-%d-%d %S: %S %S: %d %S: %d %S: %d\n", L" 日期",
    ↪ date.year, date.month, date.day, L" 省", prov, L" 累计确诊", defi, L" 累计
    ↪ 治愈", cure, L" 累计死亡", death);
156         V_OD_erg = SQLFetch(V_OD_hstmt);
157     }
158     printf("Query Done!\n\n");
159     SQLCloseCursor(V_OD_hstmt);
160
161     // 断开数据源连接并释放句柄
162     SQLFreeHandle(SQL_HANDLE_STMT, V_OD_hstmt);
163     SQLDisconnect(V_OD_hdbc);
164     SQLFreeHandle(SQL_HANDLE_DBC, V_OD_hdbc);
165     SQLFreeHandle(SQL_HANDLE_ENV, V_OD_Env);
166     return 0;
167 }
```

程序首先查询国内 2021 年 12 月 8 日的所有确诊信息，之后向表中插入一条 2021 年 10 月 8 日吉林省的数据，紧接着查询该日的所有数据，之后将该行数据中的确诊数改为 0，再查询一次，最后删除该行数据，再查询一次。

注：SQLAllocEnv、SQLAllocConnect 等函数在 ODBC 3.0 版本中已弃用，用相同功能的函数替代。

11.3 编译

```
gcc -o A A.c -lodbc32
```

11.4 运行

运行截图如图 **49**。

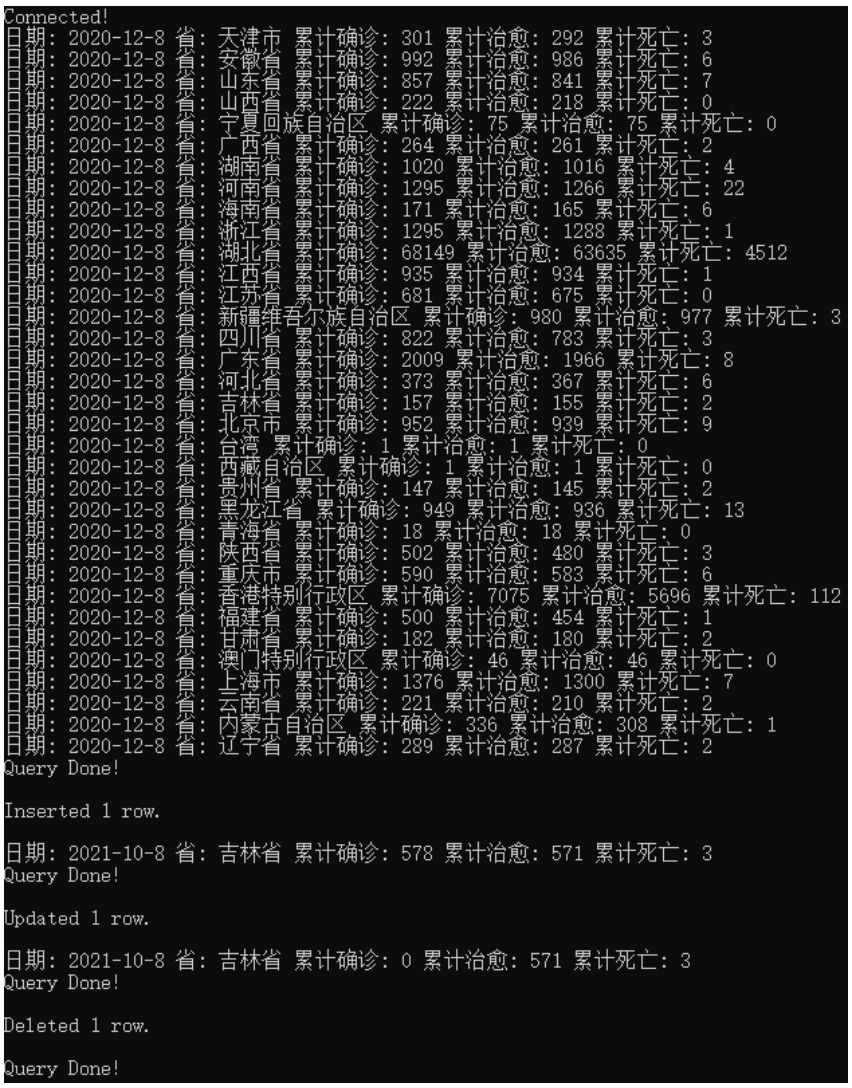


图 49: 运行截图

12 实验总结

在配置数据源环节，按照华为云的文档完成，没有产生问题，但是测试华为云的样例时，发现没有建表权限，并且无论如何替换表名都查询不到表，通过 `SQLGetDiagField` 诊断函数得到报错 42501 和 42P01。

之后尝试使用`SELECT * FROM pg_catalog.pg_tables` 语句查看所有表的属性，发现打印出乱码，于是加上了长字符 (`wchar_t`) 的字符串和地区设置，正确打印了结果。

发现长字符的查询语句无法直接执行，于是使用 `wcstombs_s` 函数转为多字节的字符串再执行，终于查询出了结果。

在查询完成后，下一条查询报 HY010 错误，查看文档发现需要通过 `SQLCloseCursor` 释放游标。

12.1 数据库驱动的概念

数据库驱动是应用程序和数据库存储之间的一种接口，如图 50所示，数据库厂商为了某一种开发语言环境（比如 Java，C）能够实现数据库调用而开发的类似翻译员功能的程序，将复杂的数据库操作与通信抽象成为了当前开发语言的访问接口。

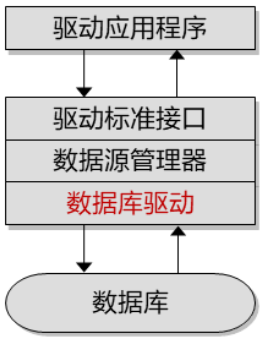
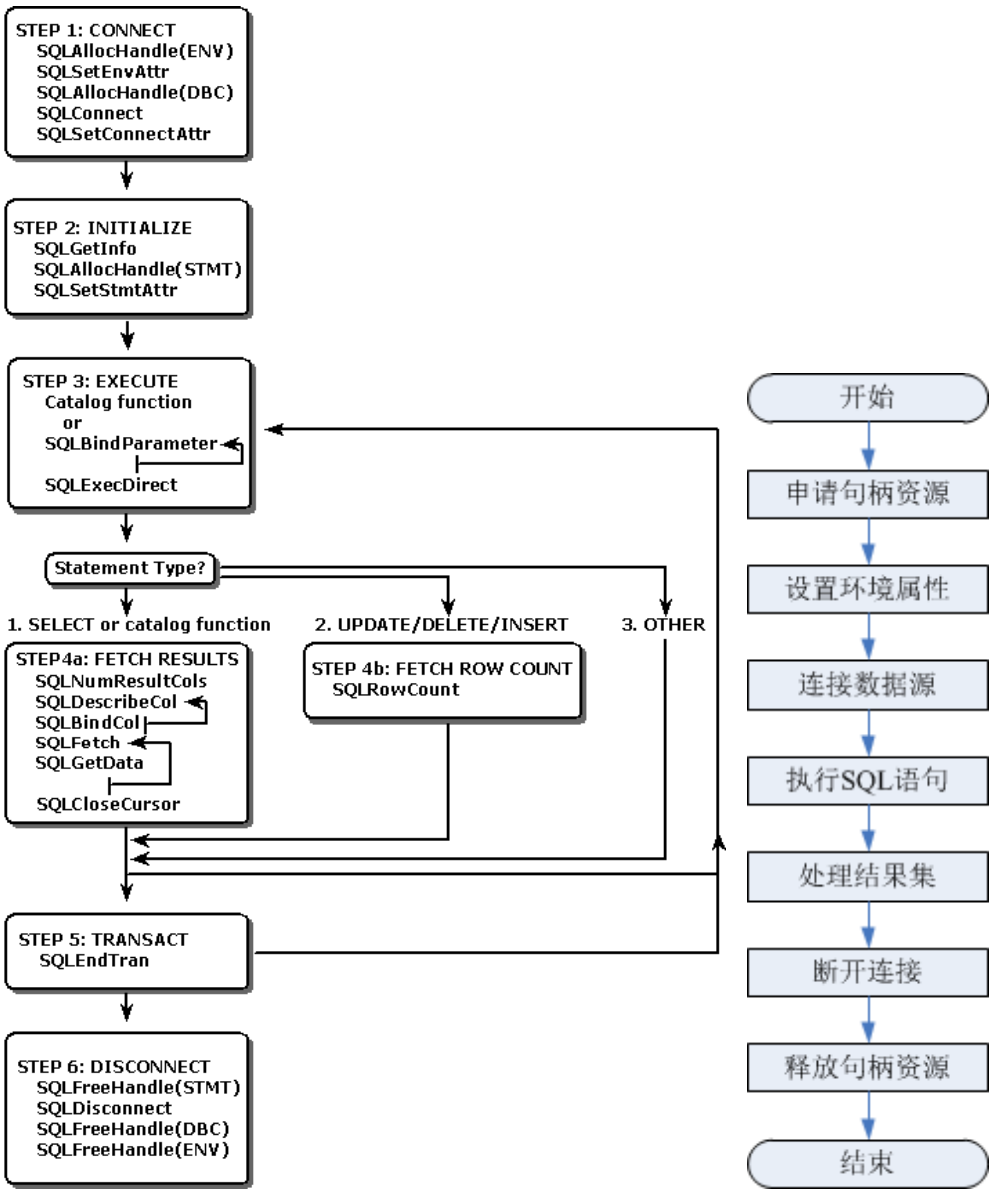


图 50: 数据库驱动

12.2 使用 ODBC 开发的流程

使用 ODBC 开发的流程如图 51所示。

1. 任何应用程序中的第一步是连接到数据源。连接到数据源的第一步是加载驱动程序管理器，然后使用 `SQLAllocHandle` 分配环境句柄。然后，应用程序使用 `SQL_ATTR_APP_ODBC_VER` 属性调用 `SQLSetEnvAttr` 来注册它所遵循的 ODBC 版本。接下来，应用程序使用 `SQLAllocHandle` 分配连接句柄，然后使用 `SQLConnect`、`SQLDriverConnect` 或 `SQLBrowseConnect` 连接到数据源。然后，应用程序设置任何连接属性，例如是否手动提交事务。
2. 第二步是初始化应用程序。此时，通常使用 `SQLGetInfo` 来发现驱动程序的功能。所有应用程序都需要使用 `SQLAllocHandle` 来分配语句句柄，许多应用程序使用 `SQLSetStmtAttr` 设置语句属性（如游标类型）。
3. 第三步是生成并执行 SQL 语句。用于执行此步骤的方法可能会有很大差异。应用程序可能会提示用户输入 SQL 语句，根据用户输入生成 SQL 语句，或者使用硬编码的 SQL 语句。如果 SQL 语句包含参数，则应用程序会通过对每个参数调用 `SQLBindParameter`，将这些参数绑定到应用程序变量中。生成 SQL 语句并绑定任何参数后，将通过 `SQLExecDirect` 执行语句。如果语句将多次执行，则可以通过 `SQLPrepare` 准备，并通过 `SQLExecute` 执行。应用程序还可以放弃地执行 SQL 语句，而调用函数返回包含目录信息的结果集，如可用的列或表。
4. - 如果在步骤 3 中执行的语句为 `SELECT` 语句或目录函数，应用程序将首先调用 `SQLNumResultCols` 以确定结果集中的列数。如果应用程序已知道结果集列的数目，则不需要执行此步骤，例如，当在垂直或自定义应用程序中对 SQL 语句进行硬编码时。接下来，应用程序通过 `SQLDescribeCol` 检索每个结果集列的名称、数据类型、精度和小数位数。同样，对于已知道此信息的应用程序（如垂直和自定义应用程序），这并不是必需的。应用程序



(a) (b)

图 **51:** 使用 ODBC 开发的流程

将此信息传递给 SQLBindCol，这会将应用程序变量绑定到结果集中的列。现在，应用程序会调用 SQLFetch 来检索第一行数据，并将该行中的数据置于与 SQLBindCol 绑定的变量中。如果行中有任何长数据，则它会调用 SQLGetData 来检索该数据。应用程序继续调用 SQLFetch 和 SQLGetData 以检索其他数据。完成数据提取后，它将调用 SQLCloseCursor 以关闭游标。现在，应用程序返回到步骤 3 来执行同一事务中的另一个语句；或转到步骤 5 以提交或回滚事务。

- 如果步骤 3 中执行的语句是 UPDATE、DELETE 或 INSERT 语句，则应用程序使用 SQLRowCount 检索受影响的行的计数。应用程序现在返回到步骤 3，以在同一事务中执行另一个语句，或继续执行步骤 5 以提交或回滚事务。

5. 第五步是调用 SQLEndTran 来提交或回滚事务。仅当应用程序将事务提交模式设置为手动提交时，应用程序才会执行此步骤；如果事务提交模式为自动提交（这是默认值），则执行语句时，将自动提交事务。若要在新事务中执行语句，应用程序会返回到步骤 3。若要断开与数据源的连接，应用程序将继续执行步骤 6。
6. 最后一步是断开与数据源的连接。首先，应用程序通过调用 SQLFreeHandle 释放所有语句句柄。接下来，应用程序与 SQLDisconnect 断开与数据源的连接，并通过 SQLFreeHandle 释放连接句柄。最后，应用程序通过 SQLFreeHandle 释放环境句柄，并卸载驱动程序管理器。