

发电工程设计项目经理（设总）培训课题

第二部分：专业设计基础知识

第十八章：大件设备运输基础知识

华北电力设计院工程有限公司

2012 年 9 月 北京

编写：王文臣

校审：雷平和

目 录

1 大件设备的概念	1
1.1 大件设备等级划分	1
1.2 大件设备运输采用方式	1
2 大件运输的通路	2
2.1 大件设备铁路运输	2
2.1.1 铁路运输的限制条件	2
2.1.2 铁路特种运输车辆的分类与承载方式	8
2.1.3 铁路运输的装载加固	20
2.1.4 运输线路的选择	20
2.1.5 铁路运输费用概述	20
2.2 大件设备公路运输	22
2.2.1 公路运输车辆限制条件	22
2.2.2 公路道路等级划分	24
2.2.3 公路建筑限界	25
2.2.4 公路运输桥梁限制条件	26
2.2.5 大件运输车辆承载方式	29
2.2.6 超限运输管理	32
2.3 大件设备的水路运输	32
2.3.1 水路运输航道限制条件	32
2.3.2 水路运输桥梁限制条件	33
2.3.3 水路运输船泊限制条件	34
2.3.4 大件设备水路运输码头	35

1 大件设备的概念

根据电力大件运输规范有关规定：指：电源和电网建设生产中的大型设备或物件，其外形尺寸或质量符合下列条件之一：

- a) 长度大于 14m 或宽度大于 3.5m 或高度大于 3.0m；
- b) 质量在 20t 以上。

目前我国的大件设备主要在冶金、化工、电力、核电、航天、军事等几个方面。本次根据电力系统大件设备的运输特点, 介绍大件设备有关基本常识。

电力系统主要大件设备有：发电机静子（水轮发电机、核电发电机、风电发电机）、核电反应堆压力容器、蒸汽发生器、发电机转子（水轮机转子）、锅炉汽包、锅炉大板梁、除氧器水箱、主变压器、汽轮机低压转子、锅炉磨煤大罐、高压加热器、低压加热器等。

1.1 大件设备等级划分

按电力协会公路运输划分大件设备的标准，按其设备运输尺寸、重量分为四级，其中一级最低，四级最高。

四级大件的划分标准

电力大件等级	设备长度 m	设备宽度 m	设备高度 m	设备重量 t
一级	$14 \leq \text{长度} < 20$	$3.5 \leq \text{宽度} < 4.5$	$3.0 \leq \text{高度} < 3.8$	$20 \leq \text{重量} < 100$
二级	$20 \leq \text{长度} < 30$	$4.5 \leq \text{宽度} < 5.5$	$3.8 \leq \text{高度} < 4.4$	$100 \leq \text{重量} < 200$
三级	$30 \leq \text{长度} < 40$	$5.5 \leq \text{宽度} < 6.0$	$4.4 \leq \text{高度} < 5.0$	$200 \leq \text{重量} < 300$
四级	$\text{长度} \geq 40$	$\text{宽度} \geq 6.0$	$\text{高度} \geq 5.0$	$\text{重量} \geq 300$

1.2 大件设备运输采用方式

- 大件设备运输常采用的方式为：
- 铁路运输
- 公路运输
- 水路运输

2 大件运输的通路

2.1 大件设备铁路运输

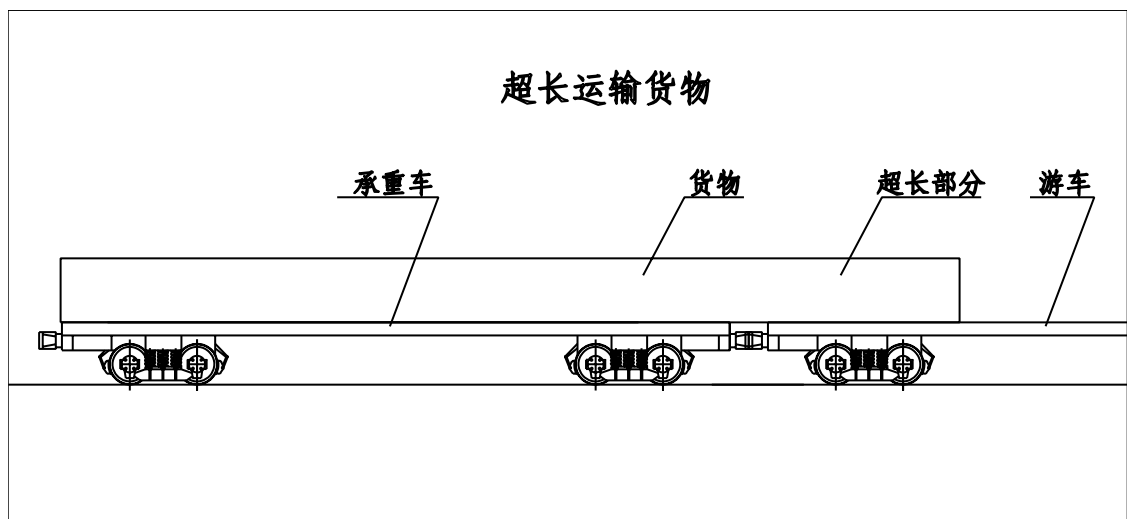
2.1.1 铁路运输的限制条件

由于铁路运输其特殊性，其设备运输在规定的范围内以及固定的轨道上运行，故有其特殊的限制条件。主要有以下几个方面：一、超长的限制，二、限界的限制；三、运输重量的限制；四、装载方式的限制。下面对上述限制条件分别做以介绍。

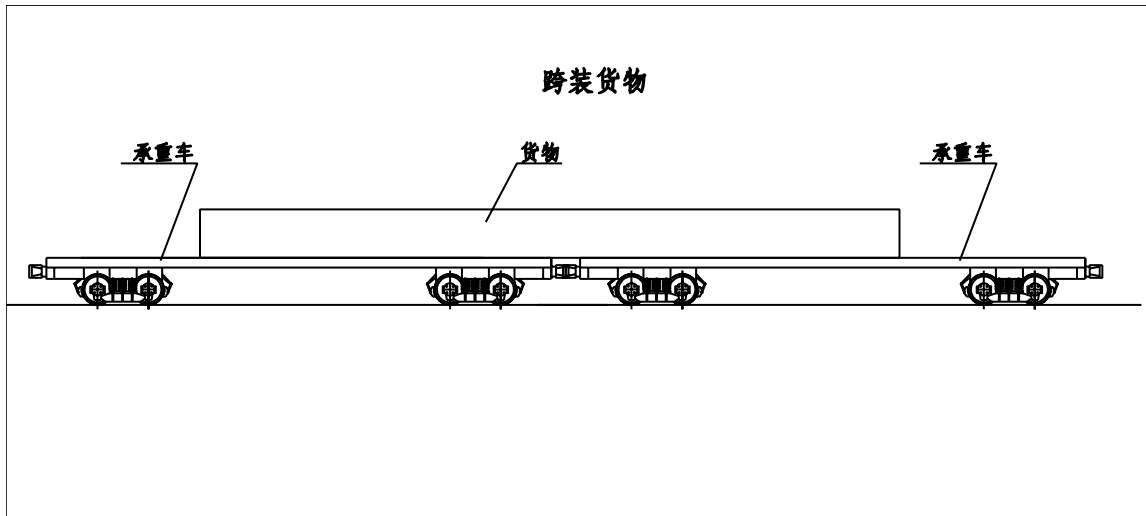
2.1.1.1 超长设备的概念

一般指当货物装在一节火车上时，一端或两端突出承载车辆的承载面长度或需要加游车以及采用跨装的货物成为超长货物。超长货物的装载方法分为一车负重，加挂游车，两边加游车或两车以上跨装。

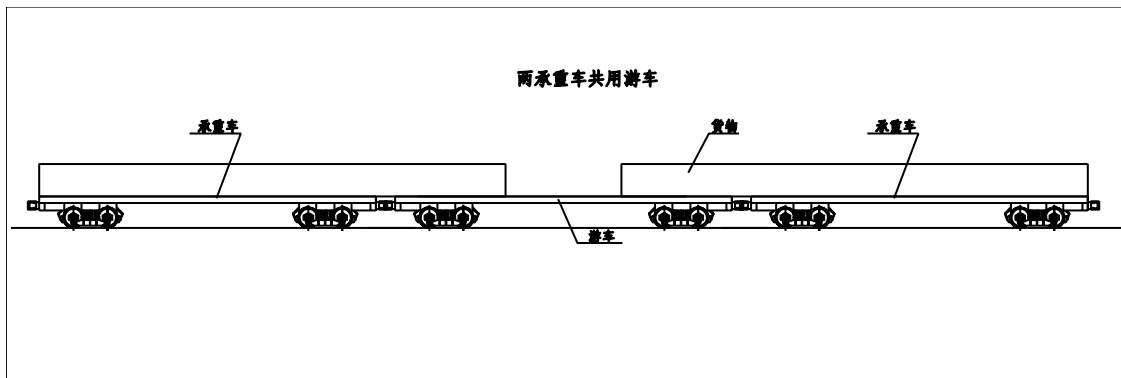
超长货物装车示意图



两车跨装



两重车共用游车

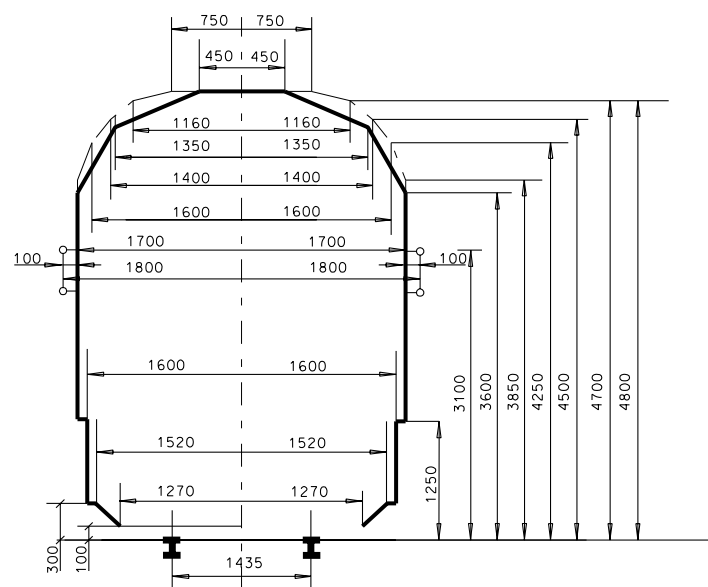


2.1.1.2 超限的概念

根据中华人民共和国铁道部《铁路超限超重货物运输规则》第二章第 5 条规定：

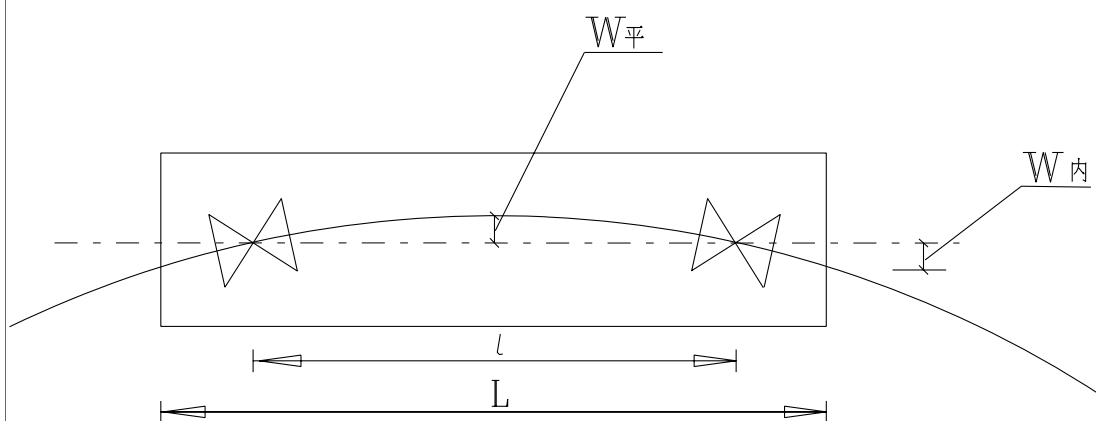
货物装车后，停留在平直线路上，货物的任何部位超出机车限界基本轮廓者或车辆行经半径为 300 米的曲线线路时，货物的计算宽度超出机车基本轮廓者，均为超限货物。

机车车辆限界见下图：

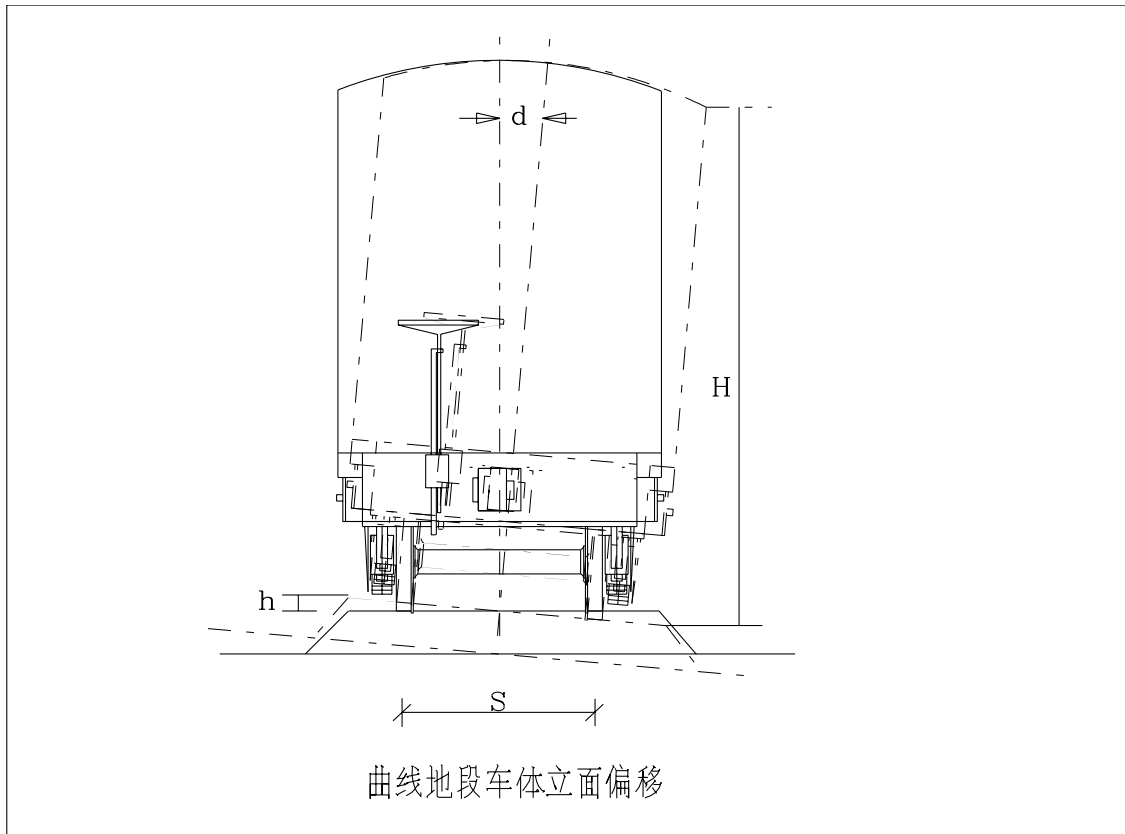


- 机车车辆限界基本轮廓
- 电气化铁路干线上运用的电力机车
- 列车信号装置限界轮廓
- * 电力机车在轨面高350mm-1250mm范围内为1675mm.

机车车辆限界图



曲线地段车体平面偏移



超限等级的分类及概念

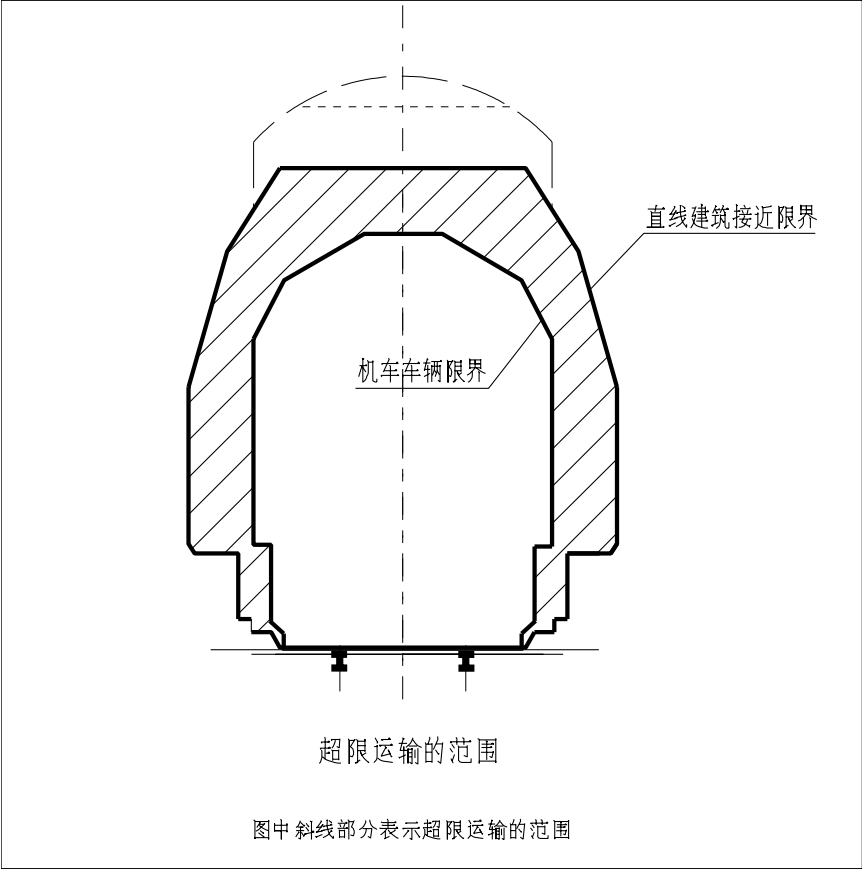
超限货物由线路中心线起分为左侧、右侧和两侧超限，并按其超限部位和超限程度划分为下列等级：

上部超限：由轨面起高度（以下简称高度）超过 3600 毫米有任何部位超限者，按其超限程度划分为一、二级和超级；

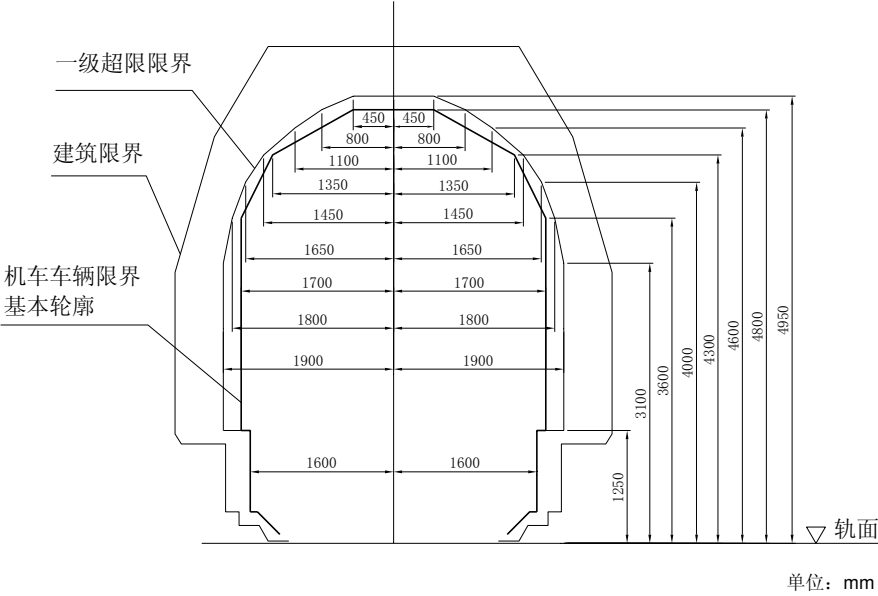
中部超限；在高度自 1250 至 3600 毫米之间，有任何部位超限者，按其超限程度划分为一、二级和超级；

下部超限；在高度自 150 毫米至未满 1250 毫米之间，有任何部位超限者，按其超限程度划分为二级和超级。

各级超限的限界图见下图。

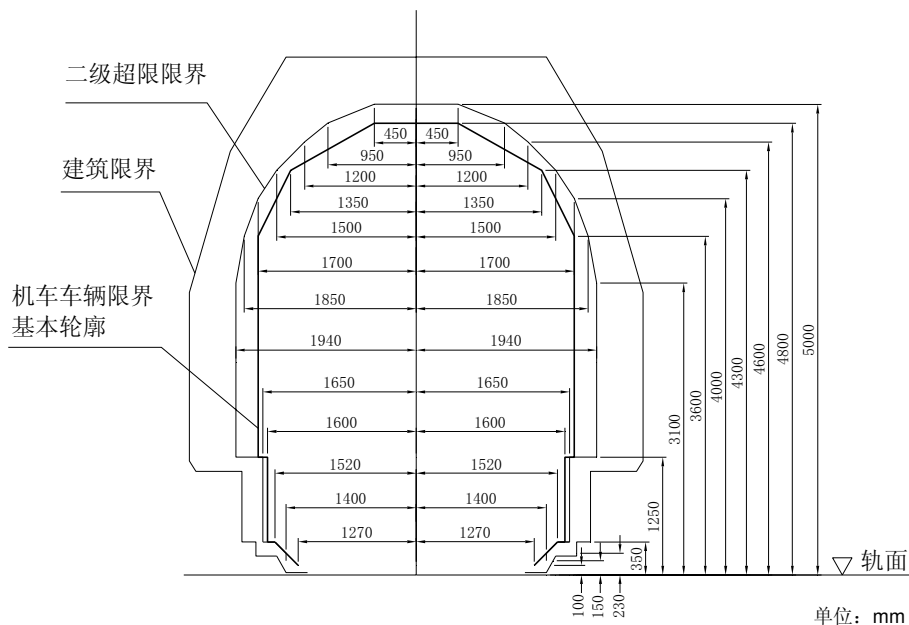


一级超限限界（现行的超限超重规则）



一级超限限界

二级超限限界（现行超限超重规则）



二级超限限界

对装载通过或到达特定装载限界区段(简称特定区段, 以下同)内各站的货物, 虽没有超出机车车辆限界, 但超出特定区段的装载限界时, 亦应视为超限货物, 其超限等级应当按照下列规定办理:

- (1) 对超出特定区段装载限界, 还没有超出一级超限限界的, 按照一级超限办理;
- (2) 对超出一级超限限界的, 应根据超出限界程度, 确定超限等级。

注: 特定区段应当根据《铁路货物装载加固规则》的规定办理

2.1.1.3 超重的概念

根据中华人民共和国铁道部《铁路超限超重运输规则》

第二章 第8条 规定 装车后, 重车总重活载效应超过桥梁设计标准活载(中-活载)的货物, 称为超重货物。

第9条 根据货物超重的程度, 超重货物分为三个等级: 一级超重、二级超重、超级超重。

1. 一级超重: $1.00 < Q \leq 1.05$;
2. 二级超重: $1.05 < Q \leq 1.09$;

3. 超级超重：Q>1.09。

注：Q 为或载系数。

超重货物分级表

超重等级	大货车型号	重车总重 P (吨)	大货车型号	重车总重 P (吨)
一级超重	D2	$317 \leq P \leq 332$	D2G	$329 \leq P \leq 344$
一级超重	D8	$P \geq 324$	D17	$P = 200$
一级超重	D9	$370 \leq P \leq 390$	D9G	$377 \leq P \leq 392$
一级超重	D19	$375 \leq P \leq 390$	D19G	$374 \leq P \leq 394$
一级超重	D20	$363 \leq P \leq 378$	D23	$299 \leq P \leq 309$
一级超重	23G	$P > 316$	D25A	$378 \leq P \leq 393$
一级超重	D26	$375 \leq P \leq 400$	D30	$406 \leq P \leq 416$
一级超重	D30A	$374 \leq P \leq 389$	D35	$500 \leq P \leq 520$
一级超重	D35 株厂	$402 \leq P \leq 417$	D38	$546 \leq P \leq 566$
超重等级	大货车型号	重车总重 P (吨)	大货车型号	重车总重 P (吨)
二级超重	D2	$332 < P \leq 364$	D2G	$344 < P \leq 359$
二级超重	D9	$390 < P \leq 420$	D9G	$392 < P \leq 407$
二级超重	D19	$390 < P \leq 410$	D19G	$394 < P \leq 408$
二级超重	D20	$378 < P \leq 418$	D23G	$309 < P \leq 334$
二级超重	D30	$416 < P \leq 451$	D30A	$389 < P \leq 419$
二级超重	35G	$520 < P \leq 570$	D35	$417 < P \leq 462$
二级超重	D38G	$566 < P \leq 606$	D35	$417 < P \leq 462$
超级超重	D2	$P > 343$	D32	$P > 535$
超级超重	D35	$P > 548$	D19G	$P > 406$
超级超重	D38	$P > 592$	50t 落下孔	$P > 632$
超级超重	D2G	$P > 335$		

2.1.2 铁路特种运输车辆的分类与承载方式

(1) 铁路特种运输车辆的分类

根据承载方式不同铁路特种车辆分为：

长大平车、凹型车、双联平车、钳夹车、落下孔车。

长大平车主要有：D22、D22G、D27、D28A、D23G。

D：是铁路运输中大型车的代号，后面则为系列号。

长大平车主要装载象锅炉大板梁一类可以在平板车上装载的物件长，装载后又不超限的物件。

D22G 长大平车



例如采用 **D22G** 运输的盘山电厂锅炉大板梁

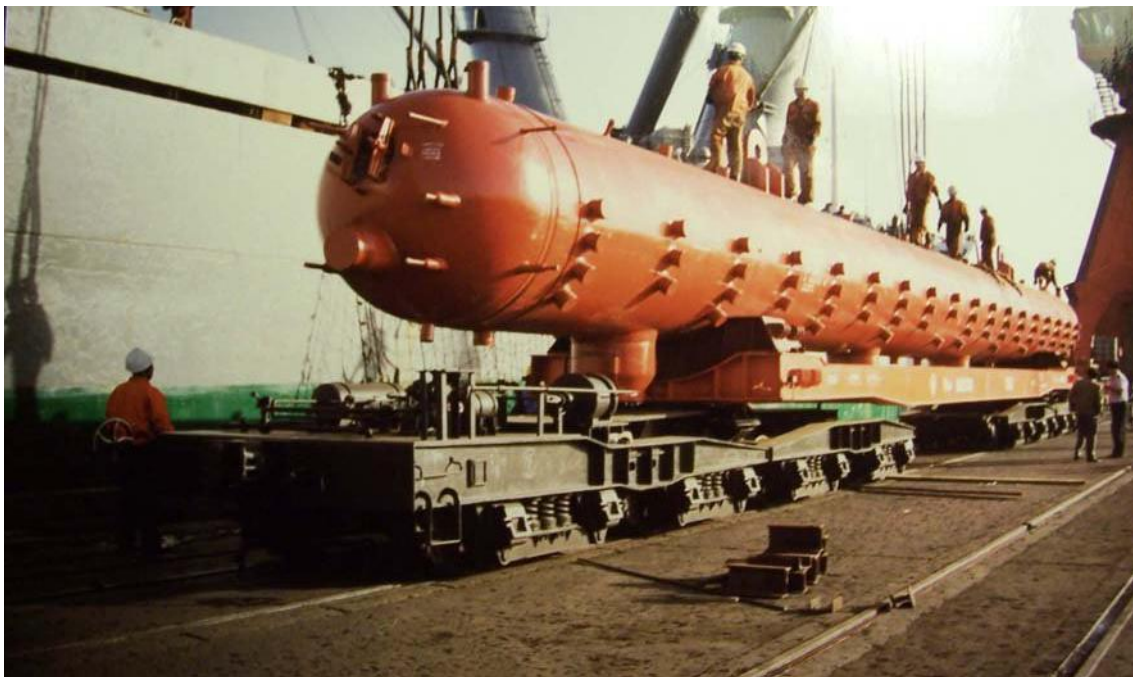


D22G 长大平车技术参数

载重：120t 自重：41.4t 轴重：20.20t 轴数：8 轴

D23G 凹长大平车

采用 D23G 运输阳城电厂锅炉汽包



D23G 长大平车技术参数

载重：265t 自重：70.7t 轴重：20.98t 轴数：16 轴

凹型车主要有：

D10、D6、D7、D8、D5、D2、D12、D26、D25、D25A、D15、D2A、
D2G、D16G、D9G、D32G，D32。

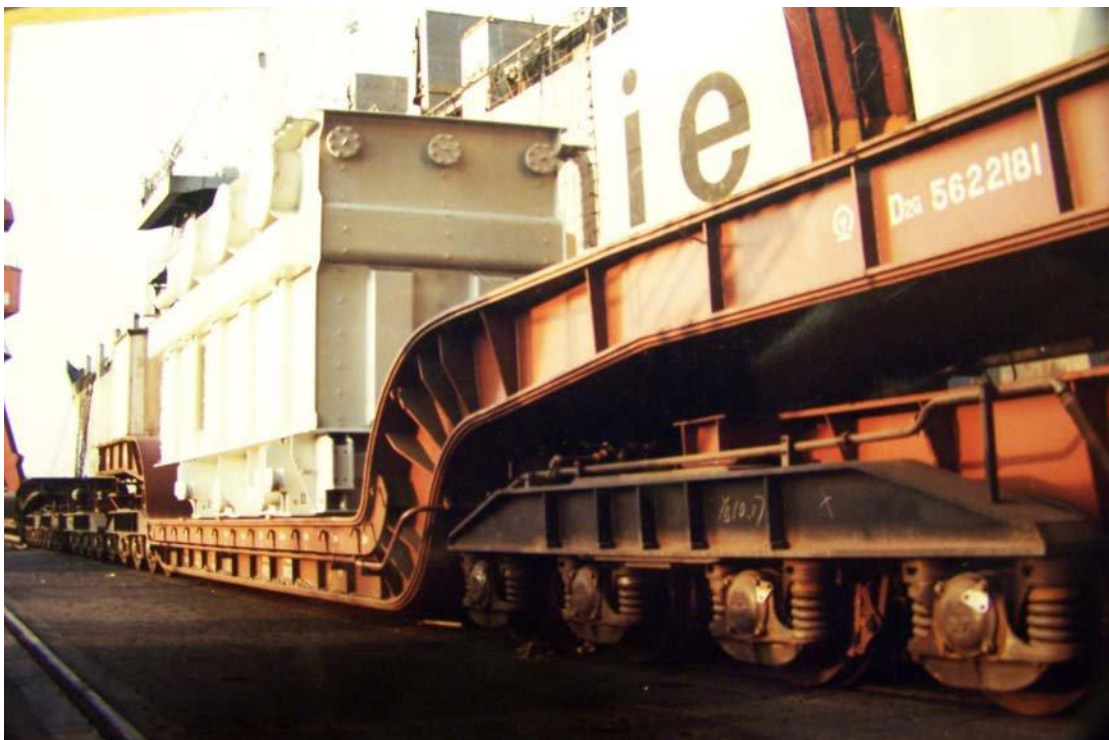
电力系统运输大件设备常用的车辆有：

D18G、D2G、D20、D25G、D26、D32

几种车辆，下面主要针对上述几种车辆进行介绍。

凹型车主要通过中间降低部分作为运输物件的承载面，从而降低物件运输高度，将物件的运输外廓尺寸控制在铁路运输限界之内，从而达到顺利运输的目的。

采用 D2G 凹型车运输变压器



D2G 凹型车技术参数如下：

载重：210t 自重：148.5t 轴重：22.4t 轴数：16 轴

D25G 凹型车

采用 D25G 凹型车运输阳城电厂发电机定子



采用 D25G 凹型车运输河津电厂发电机定子

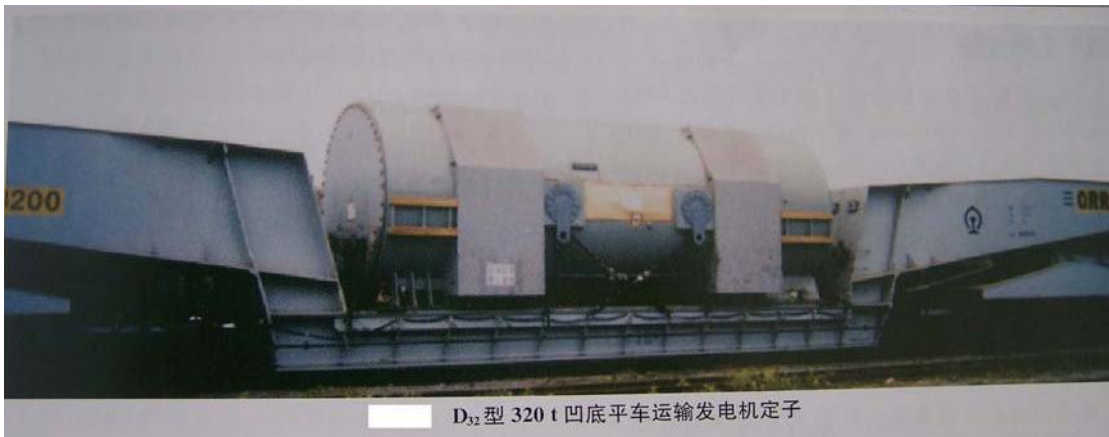


D25G 凹型车技术参数

载重：250t 自重：139.98t 轴重：24.37t 轴数：16 轴

D32 凹型车

采用 D32 凹型车装载运输韩城电厂 600MW 发电机静子



D32 凹型车技术参数

载重：320t 自重：226.0t 轴重：22.8t 轴数：24 轴

D37 凹型车

采用 D37 凹型运输华电宁夏灵武 1000MW 发电机内定子



D37 凹型车性能

载重：370t、自重：200t、轴数：24 轴、满载轴重达 23.75(t)、满载时为一级超重，当外采用导向时通过的最小曲率半径仅为 145m。

落下孔车

D26B 落下孔车



此车是专门为电网、电厂运输变压器而设计制造，主要运输 300MW—660MW 配套的主变压器。

D26B 落下孔车技术参数

载重：290t 自重：107.0t 轴重：25.0t 轴数：16 轴

DK35 落下孔车



DK35 落下孔车

此车是专门为电网、电厂运输变压器而设计制造，主要运输 300MW—660MW 配套的主变压器。

D35 落下孔车技术参数

载重：350t 自重：175.0t 轴重：21.88t 轴数：24 轴

D32 落下孔车

此车是专门为电网、电厂运输变压器而设计制造，主要运输 300MW—660MW 配套的主变压器。

D32 落下孔车技术参数

载重：350t 自重：175.0t 轴重：21.88t 轴数：24 轴

D30 双联平车



采用 D30 双联平车托电一期工程汽包在运输途中

D30 双联平车技术参数

载重：370t 自重：101.0t 轴重：23.55t 轴数：20 轴



采用 **D30G** 运输化工加氢反应装置



钳夹车

钳夹车有 D30A、D35、D38、DK45、DQ45

D30A 钳夹车

D32A 性能指标

自重 110t 运输重量 300t（含托钩重量） 20 轴。

D35 钳夹车

采用 D35 钳夹车运输盘山电厂一期工程进口发电机定子



D35 性能指标

自重 290t 运输重量 350t（含托钩重量） 32 轴（基本已淘汰）。

D38 钳夹车

采用 D38 钳夹车运输盘山电厂发二期电机静子



D38 性能指标

自重 235t 运输重量 380t（含托钩重量） 32 轴。

DQ45 钳夹车

采用 DQ45 钳夹车运输河南平顶山 1000MW 发电机定子



DQ45 性能指标

自重 200t 运输重量 450t（含托钩重量） 28 轴。

2.1.3 铁路运输的装载加固

遵照中华人民共和国铁道部《铁路运输货物装载加固规则》进行。

2.1.4 运输线路的选择

2.1.4.1 运输路线选择的原则

- 1) 运输路线最短的原则。
- 2) 对铁路运输干扰最小的原则。
- 3) 安全、快捷运输的原则。
- 4) 费用最小的原则。

2.1.5 铁路运输费用概述

铁路运输费用的计算依据

铁路运输费用依据《铁路货物运价规则》进行计算。

运输费用分为运费和杂费两部分。

运费又分为整车货物运费、零担货物和集装箱货物运费、承运人自备或租用铁路机车车辆运输货物的运费、货物快运费、冷藏车运费、自备货车装货物品及集装用具的回送费几部分。

其它费用：包括装载加固费、专列费、安全措施费，上述费用是价规中所没有的，根据采用的车辆不同和路线不同，其含有的内容也不同。

货物运费

这里和特殊运输有关的费用有：

第 12 条 承运人提供实际的 D 型长大货物车的标重大于托运人要求的货车吨位时，经中铁特货运输公司批准可根据实际使用车辆的标重减少计费重量，但减吨量最多不得超过 60 吨。

第 14 条 运输超限货物，发站应将超限货物的等级在货物名称栏内注明，按下列规定计费：

1. 一级超限货物，按运价率加 50%。
2. 二级超限货物，按运价率加 100%。
3. 超级超限货物，按运价率加 150%。

对安装超限货物检查架的车辆，不另收运费。

第 33 条 使用铁路 D 型长大货物车装运货物时，除核收运费外，并核收下列费用：

1. 按确定的计费重量、运价里程，核收 D 型长大货物使用费。
2. 按货车轴数，核收 D 型长大货物车回送费，托运人取消时托运时，仍核收此项费用。

其它费用

装载加固费：包括托钩制作费、装车后的动、静试验费、装载材料及人工费、技术指导费。

专列费：包括工具车、实验车监测车餐车、卧铺车等。

安全措施费：包括沿途技术服务费、线桥加固及监护、设备拆移、道口看守、绝缘措施等。

D 型长大货物车使用费

标 重	超重等级	单位	费率
标重不足 180 吨	不超重	元/吨公里	0.25
标重不足 180 吨	一级超重	元/吨公里	0.30

标 重	超重等级	单位	费率
标重不足 180 吨	二级超重	元/吨公里	0.35
标重 180 吨以上	不超重	元/吨公里	0.30
标重 180 吨以上	一级超重	元/吨公里	0.35
标重 180 吨以上	二级超重	元/吨公里	0.40
标重 180 吨以上	超级超重	元/吨公里	0.60

	单 位	费 率
D 型长大货物货车回送费	元/轴	300.00 元
取送车费	元/车公里	6.00 元
机车作业费	元/半小时	60.00 元
货车中转技术作业费	(每满 250 公里)	0.05 元

2.2 大件设备公路运输

2.2.1 公路运输车辆限制条件

根据交通部 2000 年第 2 号超限运输车辆行驶公路管理规定

第三条 本规定所称超限运输车辆是指在公路上行驶的、有下列情形之一的运输车辆；

- (一)车货总高度从地面算起 4 米以上(集装箱车货总高度从地面算起 4.2 米以上)；
- (二)车货总长 18 米以上；
- (三)车货总宽度 2.5 米以上；
- (四)单车、半挂列车、全挂列车车货总质量 40000 千克以上；集装箱半挂列车车货总质量 46000 千克以上；
- (五)车辆轴载质量在下列规定值以上：
 - 单轴（每侧单轮胎）载质量 6000 千克；
 - 单轴（每侧双轮胎）载质量 10000 千克；
 - 双联轴（每侧单轮胎）载质量 10000 千克；
 - 双联轴（每侧各一单轮胎、双轮胎）载质量 14000 千克；

双联轴（每侧双轮胎）载质量 18000 千克

三联轴（每侧单轮胎）载质量 12000 千克；

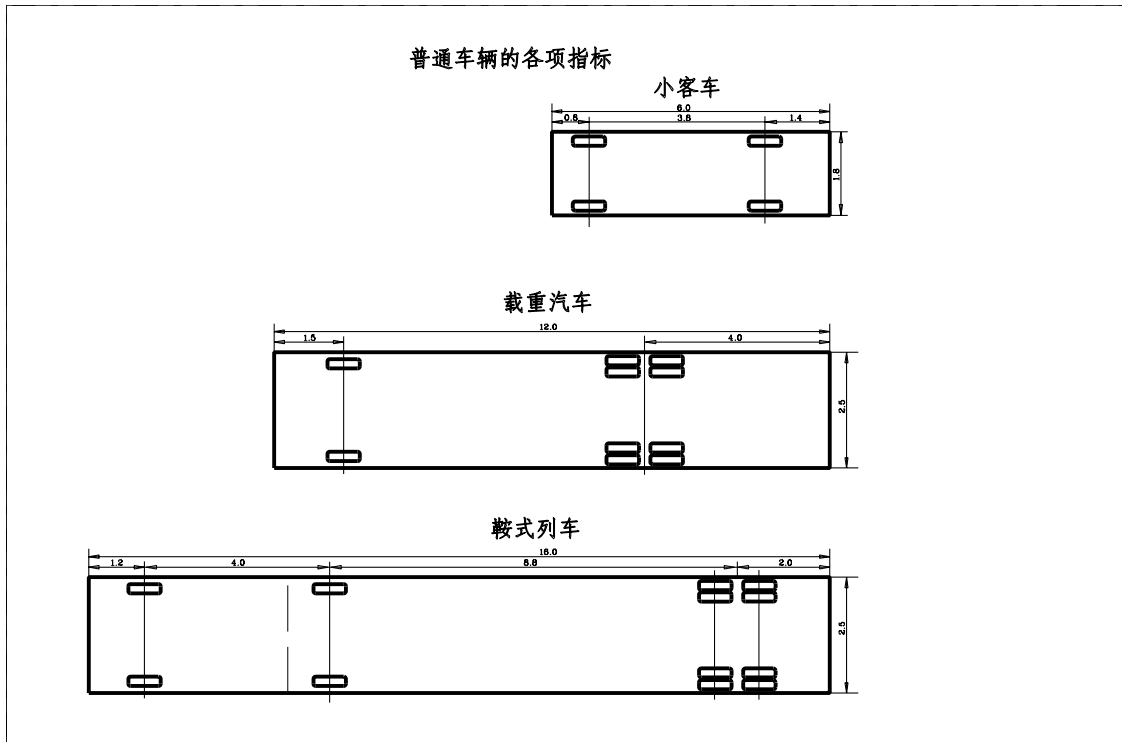
三联轴（每侧双轮胎）载质量 22000 千克；

在公路上行驶的车辆的轴载质量应当符合《公路工程技术标准》的要求。但对有限定荷载要求的公路和桥梁，超限运输车辆不得行驶。

车辆外廓尺寸限制条件

汽车设计外廓尺寸

车辆类型	总 长	总 宽	总 高	前 悬	轴 距	后 悬
小 客 车	6	1.8	2	0.8	3.8	1.4
鞍式汽车	12	2.5	4	1.5	6.5	4
载重汽车	16	2.5	4	1.2	4+8.8	2



2.2.2 公路道路等级划分

《公路工程技术标准》JTG B01—2003 中规定：

根据使用任务、功能和适应交通流量分为：高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路五个等级。

相应汽车折合成小客车规划流量为年昼夜交通流量

高速公路：

四车道高速公路为 25000—55000 辆；

六车道高速公路为 45000—80000 辆；

八车道高速公路为 65000—100000 辆；

一级公路：

四车道高速公路为 15000—30000 辆；

六车道高速公路为 25000—55000 辆；

二级双车道：

二级公路为：5000—1500 辆；

三级公路为：2000--6000 辆；

四级公路为：双车道 1500 以下；单车道 200 辆以下。

公路设计年限：

高速公路和一级公路为 20 年；

二、三级公路 15 年；

四级公路根据实际情况进行调整。

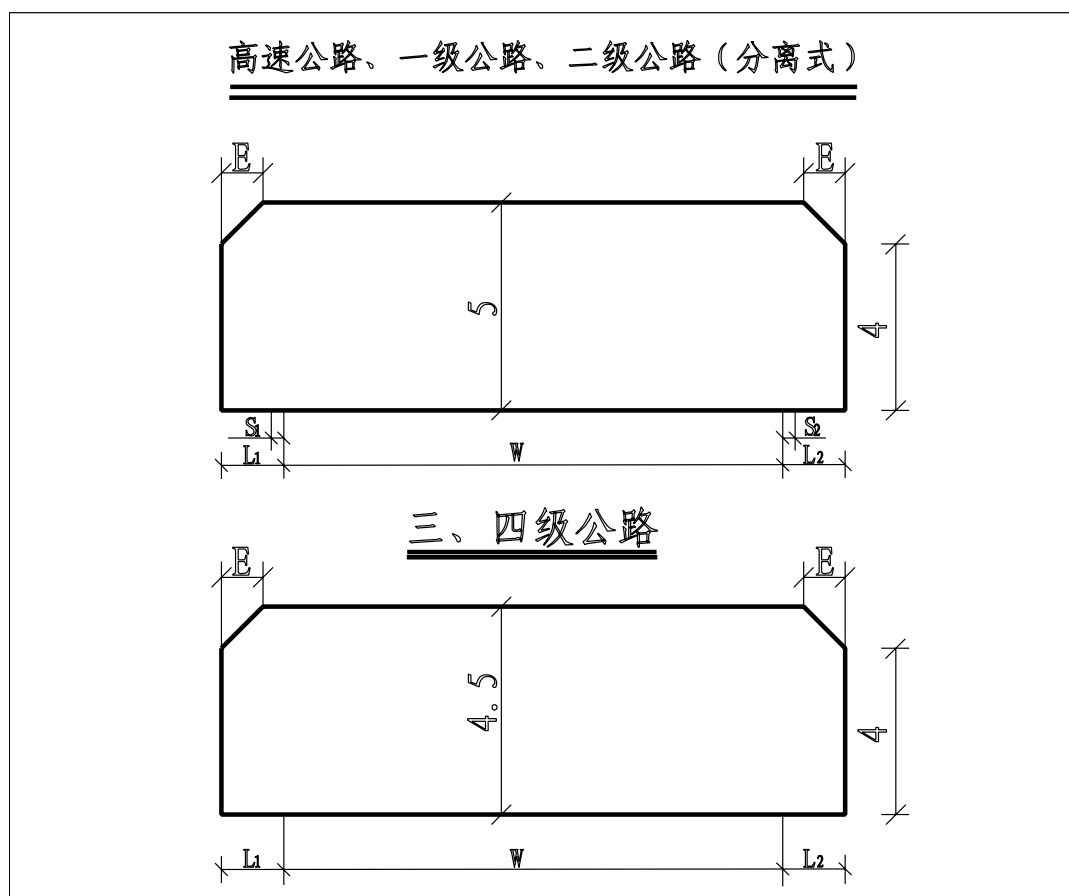
干线公路宜选二级以上公路。

2.2.3 公路建筑限界

公路建筑限界一般规定在建筑限界内，不得有任何部件侵入。

一条公路应采用同一净高。高速公路、一级公路、二级公路净高应为 5.00m，三级、四级公路应为 4.50m。

公路建筑限界如下图：



2.2.4 公路运输桥梁限制条件

根据《公路工程技术标准》JTG B01—2003 桥涵分类如下表：

桥涵分类表

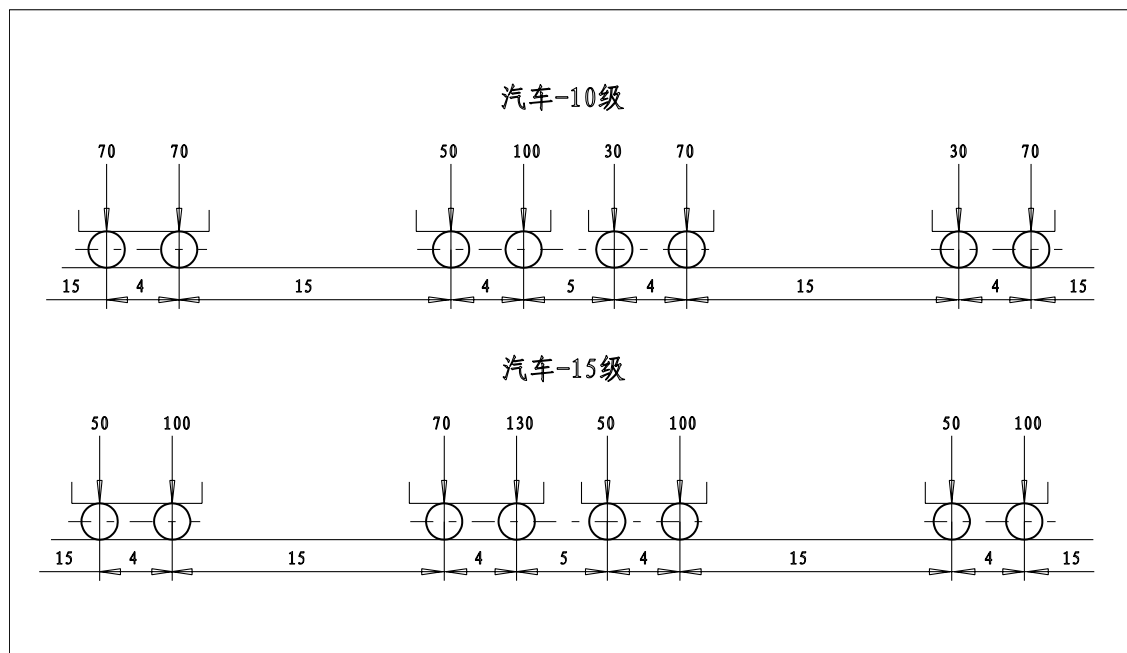
桥涵分类	多孔跨径总长 L (m)	单孔跨径 L_K (m)
特大桥	$L > 1000$	$L_K > 150$
大桥	$100 \leq L \leq 1000$	$40 \leq L_K \leq 150$
中桥	$30 < L < 100$	$20 \leq L_K \leq 40$
小桥	$8 < L < 30$	$5 \leq L_K < 20$
涵洞	—	$L_K < 5$

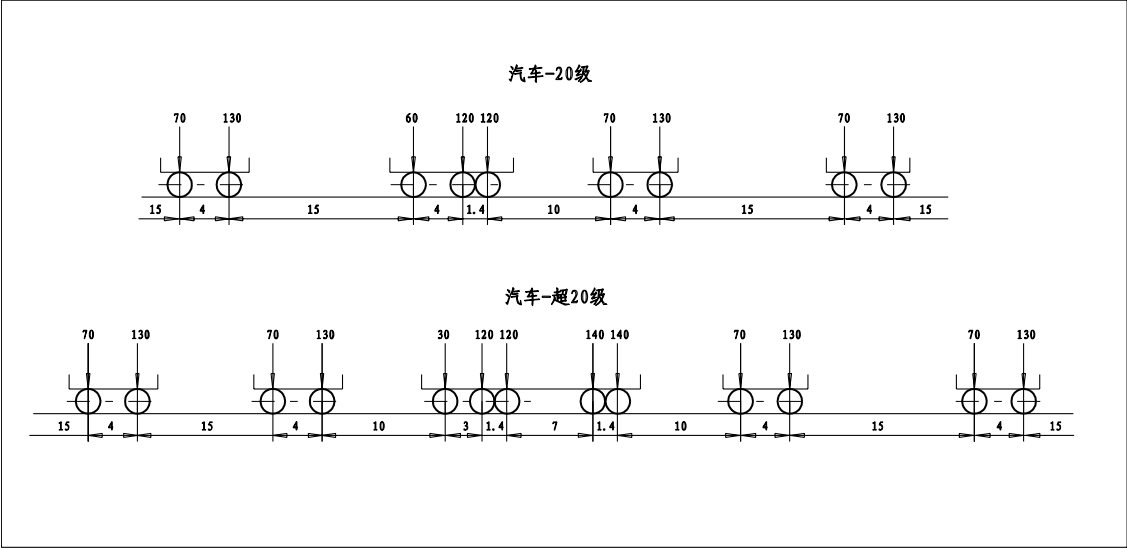
桥梁通行的汽车车道计算载荷及车辆载荷

设计桥涵或受车辆影响的构造物所用的车辆载荷，分为计算载荷和验算载荷两种。

老《公路工程技术标准规定》计算载荷规定了四个等级：

计算载荷的汽车车队分为汽车-10 级、汽车-15 级、汽车-20 级和汽车-超 20 级。





计算载荷（新公路工程技术标准）

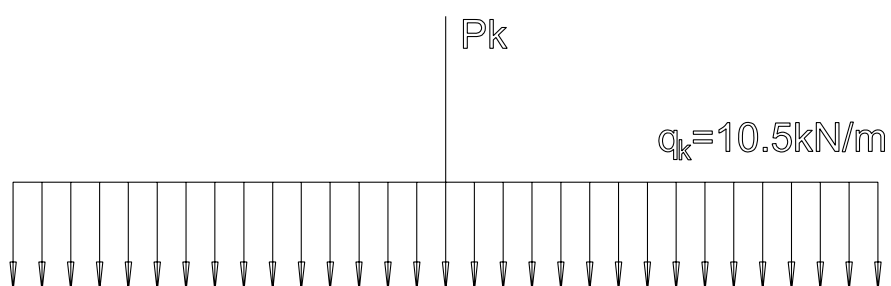
汽车载荷分为公路Ⅰ级和公路Ⅱ级两个等级。

各级公路桥涵设计的汽车载荷等级应符合下表：

公路等级对应的桥梁标准					
公路等级	高速公路	一级公路	二级公路	三级公路	四级公路
汽车载荷等级	公路Ⅰ级	公路Ⅰ级	公路Ⅱ级	公路Ⅱ级	公路Ⅱ级

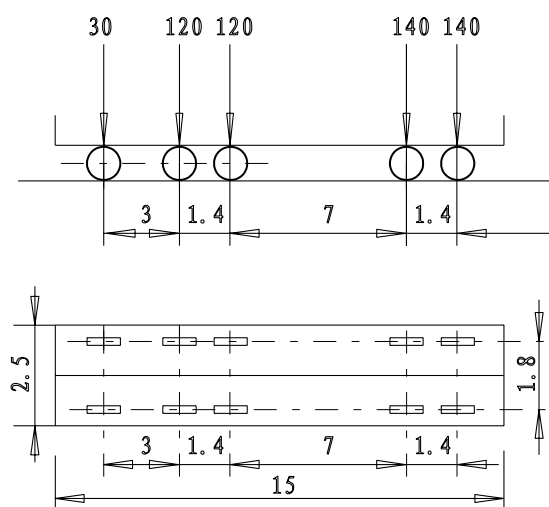
二级公路作为干线公路且重型车辆多时，其桥梁设计可采用公路Ⅰ级汽车载荷。

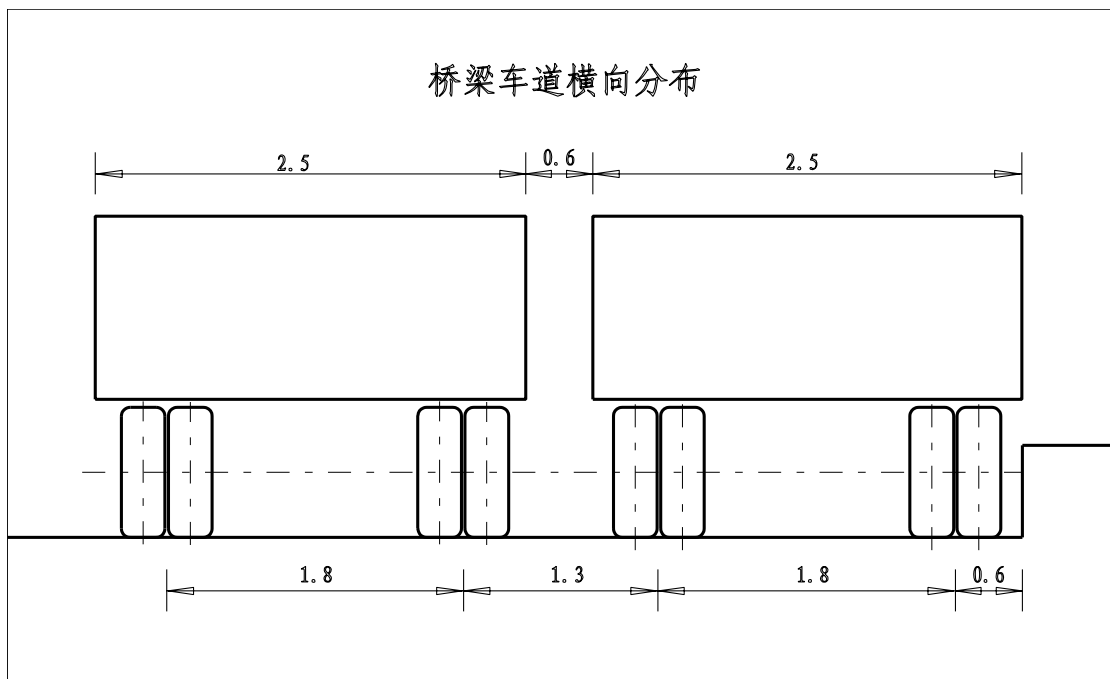
车道载荷计算图式如下图



车辆荷载布置图

公路-I级和公路-II级汽车荷载采用相同的车辆荷载标准值





公路 I 级车道荷载的均布荷载标准值为 $q_k=10.5 \text{ kN/m}$ 集中荷载标准值 P_k 按以下规定

选取桥涵计算跨径小于或等于 5m 时 $P_k=180\text{kN}$;

桥涵计算跨径等于或大于 50m 时 $P_k=360\text{kN}$ 。

桥涵计算跨径大于 5m 小于 50m 时 P_k 值采用直线内插求得。

上述计算得到的剪力效应值应乘以 1.2 的系数。

公路-II级车道荷载的均布荷载标准值 q_k 和集中荷载标准值 P_k 为公路 I 级车道荷载的 0.75 倍。

2.2.5 大件运输车辆承载方式

中心穿孔式承载运输方式



桥式承载方式运输



低平板承载方式运输



凹型车运输方式



低平板车运输方式



2.2.6 超限运输管理

根据交通部 1995 年 12 月 4 日交公路发(1995)1154 号文《道路大型物件运输管理办法》进行管理。

2.3 大件设备的水路运输

2.3.1 水路运输航道限制条件

内河航道等级

一级航道：可通航 3000 吨

二级航道：可通航 2000 吨

三级航道：可通航 1000 吨，三级航道尺度的最低标准为水深 2.0-2.4 米、单线宽度 30-55 米（船型不同通行宽度不同）。根据《内河通航标准》GB50139-2004，新建的桥梁采用一跨过河，桥梁净空高度不小于 7m。

四级航道：可通航 500 吨

五级航道：可通航 300 吨

六级航道：可通航 100 吨

七级航道：可通航 50 吨

限制性航道：

III级航道水深为 3.2m。

船队设计吃水深度 2.0m。

珠江三角洲至港澳线内河航道：

III级航道水深为 3.5—4.0m。

船队设计吃水深度 2.0—2.8m。（船型不同）

黑龙江水系航道：

III级航道水深为 1.6—1.9m。

船队设计吃水深度 1.6m。

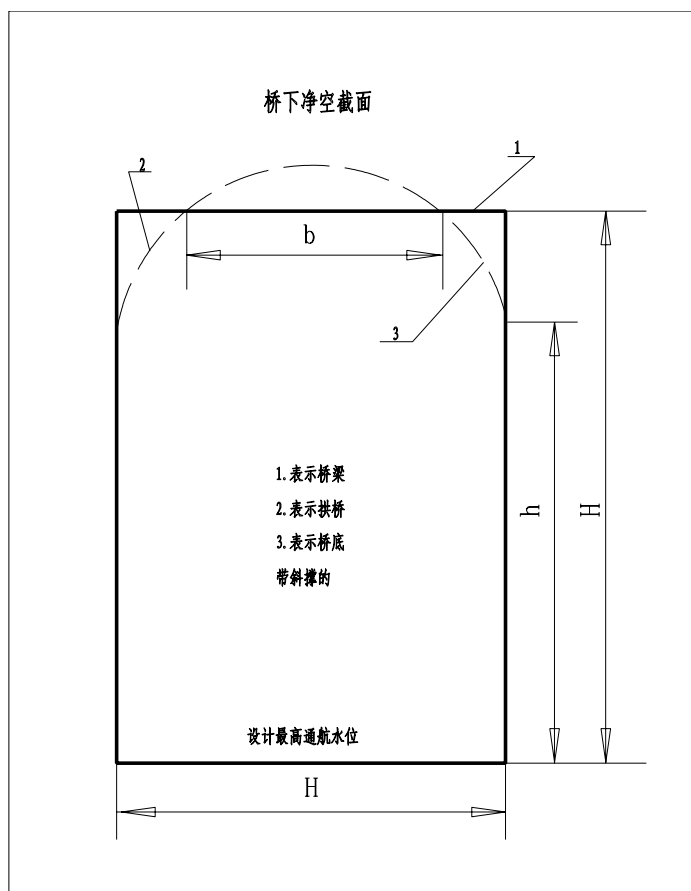
内河航区的划分

根据《内河船舶法定检验技术规则（2004）》（海法规[2003]489 号）规定：内河船舶航行区域划分为 A、B、C 三级，其中某些水域，依据水流湍急情况，又划分为急流航段，即 J 级航段。航区级别按 A 级、B 级、C 级高低顺序排列，不同的 J 级航段分别从属于所在水域的航区级别。

高级航区覆盖低级航区，一般 A 级航区的船舶能够到 B、C 级航区航行。但是三峡库区对船舶航行另有特别规定的应按其规定执行。

长江 A 级航区是指江阴以下至吴淞口，包括横沙岛以内水域；B 级航区是指宜昌至江阴段水域；C 级航区是指宜昌以上水域。

2.3.2 水路运输桥梁限制条件



桥下通航净空尺寸

航道等级	通航驳船吨位 (t)	桥下净跨 (m)				桥下净高 (m)	
		天然及渠化河流		人工运河		H	h
		B	b	B	b		
一	3000	70	65	50	35	12.5	5
二	2000	70	55	50	35	11.0	5
三	1000	60	45	40	30	10.0	3
四	500	44	35	28—30	23	7—8	3
五	300	32—38.5	30	25	20	4.5—5.5	2
六	50—100	20	20	13	10	3.5—4.5	1.5

注：本表不包括通航海轮和长江干流段（宜宾至海口段）。

2.3.3 水路运输船舶限制条件

- 1、根据航道的等级进行选择和确定；

2、根据大件设备的重量和规格确定；

3、根据码头所能靠泊的条件确定；

4、满足船舶稳性、船舶纵向强度、局部强度及甲板单位负荷的条件和要求。

4.1 船舶稳性:船舶受外力作用离开平衡位置而倾斜,当外力消除后能自行回复至原来平衡位置的能力,称为船舶稳性。

4.2 船舶纵向强度:船体结构抵抗沿船长方向产生的弯曲变形的能力称为船体纵向强度。

4.3 船舶局部强度:船体结构抵抗局部变形或破坏的能力称为船体局部强度。

2.3.4 大件设备水路运输码头

码头靠泊条件

(1) 一般的康口码头只要具备船舶系缆设备,前沿水深满足船舶吃水,水域满足船舶掉头操作,船舶均可在此进行装卸作业。

(2) 自然坡码头:由于不具备机械吊装条件,船舶可能选择自然坡码头靠泊,便于人工大件设备滚拉(装)卸船)。自然坡码头由于收到气候、水位、季节的变化会发生一些不确定的变化。

(3) 码头的靠泊要求:大件设备码头的靠泊方式可以采取平靠方式,但码头岸线前沿要提供足够拉力的地锚和地桩才能满足船舶安全靠泊的要求。如果是斜坡码头,则采取顶靠方式靠泊,码头要满足船舶停泊和移动作业的空间。因此,斜坡码头的水域宽度要保证 \geq (船长+船宽)才能保证船舶安全停靠进行装卸作业。





